



Kosiński Krzysztof, Kozłowska Teresa

**ZASTOSOWANIE WSKAŹNIKA NDVI I FILTRACJI
KIERUNKOWEJ DO ROZPOZNAWANIA UŻYTKÓW
ZIELONYCH ORAZ ANALIZY ZMIAN SIEDLISK
I ZBIOROWISK ŁĄKOWYCH**

**APPLICATION OF NDVI INDEX AND DIRECTIONAL
FILTRATION IN GRASSLAND RECOGNITION AND CHANGES
OF GRASSLAND HABITATS AND COMMUNITIES
ANALYZING**

*Institut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, 05-090 Raszyn
Institute of Land Reclamation and Grassland Farming, 05-090 Raszyn*

STRESZCZENIE: Przedstawiono metodę konstrukcji mapy satelitarnej użytków zielonych oraz zmian siedlisk i zbiorowisk łąkowych w okresie wieloletnim na podstawie analizy wartości i rozkładu przestrzennego wskaźnika NDVI. Użyto kompozycji trójbarwnej, w której dwie składowe barwne stanowią wartości NDVI obliczone ze zdjęć landsatowskich wykonanych w odstępnie 14 lat. Jako trzeciej składowej użyto wskaźnika zmian NDVI, który w celu odróżnienia łąk od innych form użytkowania ziemi poddano filtracjom kierunkowym. Utworzona w ten sposób fotomapa pozwoliła wyodrębnić 11 form użytkowania ziemi. W szczególności powala odróżnić łąki użytkowane od nieużytkowanych, a w obrębie tych ostatnich łąki zabagniające od niezabagniających.

SŁOWA KLUCZOWE: teledetekcja, użytki zielone, NDVI, filtracja kierunkowa

1. WSTĘP

Użytki zielone ze względu na obszar oraz położenie fizjograficzne nierozzerwalnie związane są z krajobrazem Polski. Ogólny ich obszar wynosi około 4,1 mln ha, stanowi to 13% powierzchni kraju. W środowisku przyrodniczym pełniły one zawsze podwójną funkcję; zarówno produkcyjną jak i ekologiczną. Użytki zielone należą do najbardziej ekologicznych użytków rolnych i nadal zachowały seminaturalny charakter, a jednocześnie dostarczają paszy dla zwierząt. Jest to możliwe dzięki specyficznym siedliskom i roślinności łąkowej, kształtowanym zarówno przez czynniki przyrodnicze jak i antropogeniczne.

Zmiany gospodarcze w Polsce w latach 90. spowodowały obniżenie poziomu pratotechniki na użytkach zielonych oraz zaniechanie konserwacji urządzeń melioracyjnych. W wyniku tego na części użytków zielonych zmieniły się warunki siedliskowe, szczególnie wilgotnościowe, również dość często zaprzestano ich użytkowania. Efektem zaniedbań konserwacji urządzeń melioracyjnych były zmiany warunków siedliskowych i wykształconych tam zbiorowisk łąkowych. Całkowite zaniechanie zabiegów pratotechnicznych powiększa areal łąk¹ nieużytkowanych, na których dochodzi do degradacji zbiorowisk łąkowych, a często i siedlisk łąkowych.

Efektem zaniedbań gospodarczych było wystąpienie dużych zmian warunków siedliskowych i związanych z nimi zbiorowisk roślinnych na użytkach zielonych w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku. Należy podkreślić, że zapoczątkowane zmiany siedlisk i zbiorowisk łąkowych w ubiegłym wieku zachodzą nadal i tempo ich zależy głównie od warunków geologicznych i ekonomicznych oraz innych. Rolnicy również dość często zaprzestają użytkować pola orne. Ulegają one wówczas samozadarnieniu, a ich odbicie spektralne bardzo jest zbliżone do odbicia spektralnego użytków zielonych suchych. Dlatego potrzebna jest umiejętność oddzielenia tych ostatnich od samozadarnień porolnych oraz upraw zbożowych. Uchwycenie zaistniałych zmian oraz ich śledzenie jest sprawą pilną, gdyż gospodarowanie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju środowiska przyrodniczego, wymaga znajomości stanu użytków zielonych i umiejętności odróżnienia ich od pozostałych form użytkowania ziemi.

Celem badań jest opracowanie metody wydzielenia użytków zielonych oraz rejestracja zmian siedlisk i zbiorowisk łąkowych w okresie wieloletnim na podstawie analizy wartości i rozkładu przestrzennego wskaźnika NDVI. Przyjmuje się, że zmiana wartości wskaźnika NDVI oznacza zmiany w zbiorowisku łąkowym. Z kolei przeobrażenia zbiorowisk są następstwem zmian warunków siedliskowych lub użytkowania.

Do analizy zmian roślinności leśnej Sader i Winne (Sader, Winne 1992) wykorzystali kompozycje barwne z wartości NDVI z różnych terminów. Dobre zobrazowanie zbiorowisk łąkowych daje kompozycja wartości wskaźnika NDVI obliczonego z dwóch zdjęć landsatowskich wykonanych w odstępie wieloletnim i wskaźnika zmian NDVI (Kozłowska, Kosiński, Szymczak 2003). Jednak nadal występują trudności w oddzieleniu zbiorowisk łąkowych od agrocenoz, a w szczególności od upraw zbożowych i samozadarnień porolnych, z uwagi na duże podobieństwo odbicia spektralnego, jak również podobieństwo wartości wskaźnika NDVI. W interpretacji upraw rolnych drobnopowierzchniowych szczególne znaczenie ma fakt ich występowania w postaci różnokolorowych rozłogów z przewagą struktury pasowej.

Dla wykrycia obiektów liniowych w strukturze roślinności zdjęcia satelitarne poddaje się filtracji. Mają tu zastosowanie zarówno filtry kierunkowe, jak i bezkierunkowe (Juhari, Ibrahim 1997). W poniższej pracy dla uchwycenia struktury pasowej upraw rolnych zastosowano filtrację kierunkową wskaźnika zmian NDVI.

¹ łąki – nazwy użyto w szerokim znaczeniu i obejmują wszystkie użytki zielone

2. TEREN BADAŃ

Do badań wytypowano dwa mezoregiony: Kotlinę Szczercowską oraz Wysoczyznę Bełchatowską, położone w południowej części Nizin Środkowopolskich (Kondracki 2002). Mezoregiony te znajdują się w południowo-zachodniej części woj. łódzkiego, poza zasięgiem wpływu leja depresji wód gruntowych KWB Bełchatów. Większość użytków zielonych występujących na Wysoczyźnie Bełchatowskiej charakteryzuje się glebami mineralnymi, a w Kotlinie Szczercowskiej organicznymi. W obu mezoregionach użytki zielone były zmeliorowane w latach 60. i do początku lat 90. prawie wszystkie użytkowane.

3. MATERIAŁY I METODY

W latach 1991–2001 prowadzono badania stacjonarne w wybranych reprezentatywnych stanowiskach na użytkach zielonych położonych w źródłowej części niewielkich dopływów rzeki Pilsni i Grabi (dopływy Widawki) oraz Dąbrówki (dopływy Luciąży). W stanowiskach określano: rodzaj gleby (jednorazowo na początku badań), poziom wody gruntowej i skład botaniczny. Badania stanowiskowe uzupełniano obserwacjami marszrutowymi. Były one podstawowym materiałem źródłowym do weryfikacji uzyskanych fotomap.

Pracowano na zdjęciach satelitarnych zarejestrowanych w dwóch terminach: 1987-05-03 z Landsata 5 TM oraz 2001-05-01 z Landsata 7 ETM, oba o rozdzielczości terenu 30 m. Na zdjęciach satelitarnych analizowano wartości odbicia spektralnego w dwóch zakresach: widzialnej czerwieni i bliskiej podczerwieni, na stanowiskach, gdzie były prowadzone badania terenowe.

- Zdjęcia przepróbkowano do wspólnego układu odniesienia WGS 84.
- Obliczono znormalizowany wskaźnik zieleni (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) dla obu terminów zgodnie z wzorem:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R),$$

NIR – bliska podczerwień,

R – widzialna czerwień.

Do dalszych analiz zdjęcia landsatowskie zastąpiono utworzonymi w powyższy sposób zobrazowaniami NDVI. Przyjmuje się, że obraz zmienności wskaźnika NDVI wyraża przestrzenne zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych. Dzięki wspólnemu układowi odniesień przestrzennych zobrazowania wskaźnika NDVI dla lat 1987 i 2001 można było bezpośrednio porównywać ze sobą.

- Obliczono wskaźnik zmian NDVI wg wzoru:

$$wzNDVI_{87/01} = (NDVI_{1987} + 1) / (NDVI_{2001} + 1),$$

wzNDVI_{87/01} – wskaźnik zmian NDVI,

NDVI₁₉₈₇ – znormalizowany wskaźnik zieleni obliczony ze zdjęcia z 1987 r.,

NDVI₂₀₀₁ – znormalizowany wskaźnik zieleni obliczony ze zdjęcia z 2001 r.

- Wykonano barwną kompozycję, w której barwy składowe (czerwoną, zieloną i niebieską) reprezentowały trzy warstwy informacyjne: NDVI_1987, NDVI_2001 i wskaźnik zmian NDVI (rys. 1).
- Wykonano filtrację kierunkową wskaźnika zmian NDVI. Zastosowano 4 filtry kierunkowe: 2 filtry pakietu ERDAS IMAGINE, poziomy i pionowy (7×7 Horizontal i 7×7 Vertical) oraz ich modyfikacje o układzie prawoskośnym i lewoskośnym.

3 -3 -2 -2 -1 -1 -1	-1 -1 -1 -2 -2 -3 3
-3 12 -3 -2 -2 -1 -1	-1 -1 -2 -2 -3 12 -3
-2 -3 17 -3 -2 -2 -1	-1 -2 -2 -3 17 -3 -2
-2 -2 -3 20 -3 -2 -2	-2 -2 -3 20 -3 -2 -2
-1 -2 -2 -3 17 -3 -2	-2 -3 17 -3 -2 -2 -1
-1 -1 -2 -2 -3 12 -3	-3 12 -3 -2 -2 -1 -1
-1 -1 -1 -2 -2 -3 3	3 -3 -2 -2 -1 -1 -1
filtr lewoskośny	filtr prawoskośny

Stosując osobno każdy z wymienionych filtrów, utworzono 4 rastry. Na rastrach tych wykonano obliczenia, zastępując wartości ujemne wartościami bezwzględными, zgodnie z poniższą formułą:

$$| |H| - |V| | + | |psk| - |lsk| |;$$

- H – wskaźnik wzNDVI_87/01 przetworzony filtrem 7×7 Horizontal,
 V – wskaźnik wzNDVI_87/01 przetworzony filtrem 7×7 Vertical,
 psk – wskaźnik wzNDVI_87/01 przetworzony filtrem prawoskośnym,
 lsk – wskaźnik wzNDVI_87/01 przetworzony filtrem lewoskośnym.

Raster wynikowy poddano jeszcze filtracji dolnoprzepustowej filtrem 3×3 Low Pass pakietu ERDAS IMAGINE.

Z uzyskanych przetworzeń utworzono kompozycję barwną, w której składową czerwoną, zieloną i niebieską reprezentowały odpowiednio: NDVI_1987, NDVI_2001 i warstwa po filtracjach wskaźnika zmian NDVI (rys. 2).

4. WYNIKI BADAŃ

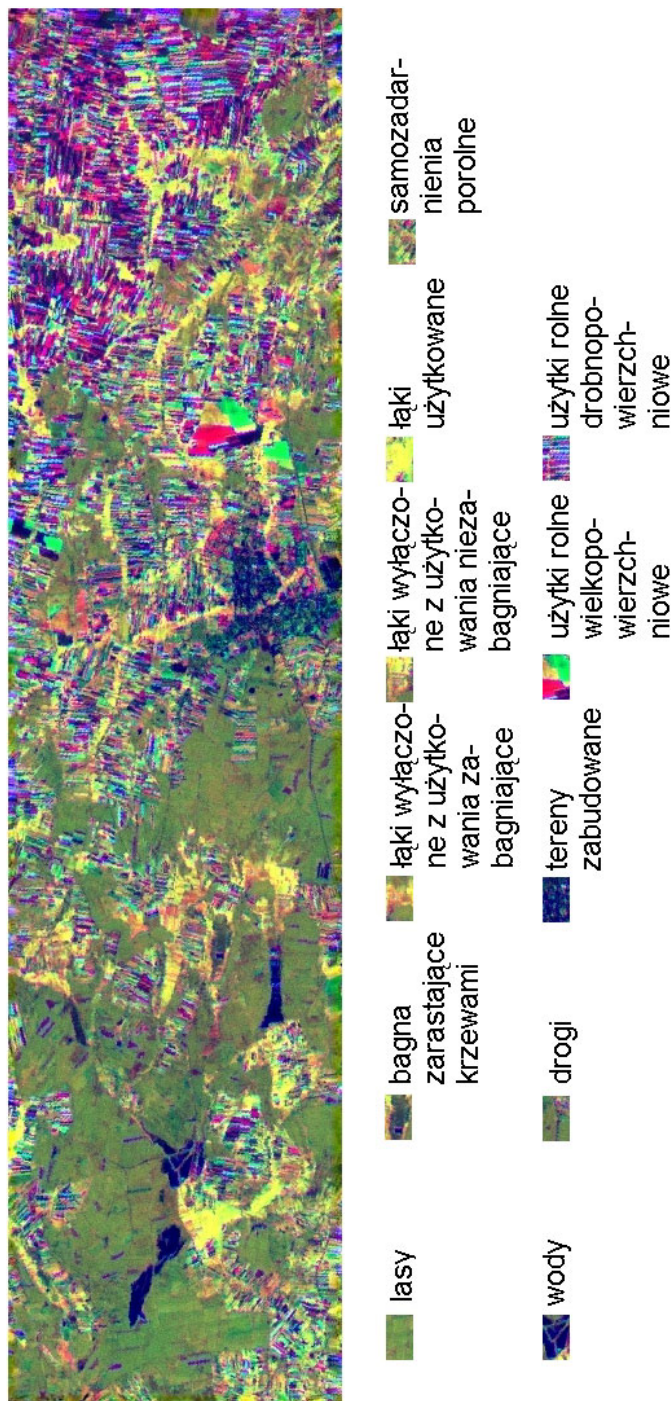
Na barwnej kompozycji utworzonej z trzech warstw informacyjnych: NDVI_1987, NDVI_2001 i wskaźnik zmian NDVI (rys. 1) można rozpoznać różne formy użytkowania ziemi. Powierzchnie leśne zobrazowane są w ciemnych odcieniach zieleni (lasy) aż po fiolet (zręby). Widoczne są linie podziału powierzchniowego. Wody, drogi i tereny zabudowane oddane są w kolorze niebieskim. Można je odróżnić na podstawie cech strukturalnych (kompleks zabudowy i zieleni miejskiej), kształtu i wzajemnego usytuowania w przestrzeni (linie dróg łączące tereny zabudowane, stawy oddzielone liniami grobli).



Kompozycja RGB: NDVI-1987, NDVI-2001, wzNDVI_87/01

Rys. 1. Kompozycja barwna wartości wskaźnika NDVI ze zdjęć landsatowskich wykonanych w dwóch terminach (1987-05-03 – składowa czerwona, 2001-05-01 – składowa zielona) i wskaźnika zmian NDVI (składowa niebieska)

Fig. 1. Colour composition of the NDVI indexes computed from two dates of Landsat imagery (1987-05-03 – red plane, 2001-05-01 – green plane) and the index of NDVI changes (blue plane)



Rys. 2. Kompozycja barwna wartości wskaźnika NDVI ze zdjęć landsatowskich wykonanych w dwóch terminach (1987-05-03 – składowa czerwona, 2001-05-01 – składowa zielona) i warstwy pofiltracyjnej (składowa niebieska)

Fig. 2. Colour composition of the NDVI indexes computed from two dates of Landsat imagery (1987-05-03 – red plane, 2001-05-01 – green plane) and the index of NDVI changes after filtrations (blue plane)

Większość łąk i pastwisk użytkowanych w obu terminach (1987 i 2001) odwzorowała się w kolorze żółtym (wysokie wartości NDVI w terminie pierwszym i drugim). Łąki te charakteryzowały się siedliskami umiarkowanie wilgotnymi. W kompleksie łąk użytkowanych (kolor żółty) spotyka się łąki użytkowane ale zobrazowane w kolorze jasnej zieleni. Kolor jasnej zieleni uzyskano na łąkach użytkowanych występujących w siedliskach okresowo nadmiernie lub niedostatecznie uwilgotnionych.

Siedliska mokre i zabagniające, nieużytkowane (ze względu na nadmierne uwilgotnienie dla rolnictwa) oraz siedliska umiarkowanie wilgotne gdzie zaniechano użytkowania (z innych przyczyn niż uwilgotnienie) przyjmują barwę słabo nasyconej purpury (niskie wartości NDVI w obu terminach lub spadek wartości NDVI w 2001 roku). Wyróżnianie wśród łąk nieużytkowanych siedlisk mokrych i zabagnianych od umiarkowanie wilgotnych jest możliwe na podstawie analizy cech strukturalnych obrazu. Tekstura pasowa (pasy żółte lub zielone na przemian z purpurowymi) odzwierciedla pasowy układ użytkowania łąk i pastwisk. W terenie często spotyka się łąki umiarkowanie wilgotne gdzie pas łąk użytkowanych występuje na przemian z nieużytkowanymi. Natomiast układ plamisty odzwierciedla naturalne zróżnicowanie warunków siedliskowych, w tym przypadku łąki o różnym stopniu uwilgotnienia. Na podstawie cech strukturalnych można wydzielać siedliska mokre i zabagniane od pozostałych siedlisk użytków zielonych, pomimo że na jednych i drugich zaniechano użytkowania.

Wyjątek w odwzorowaniu łąk nieużytkowanych na fotomapie stanowią łąki nieużytkowane, ale położone w siedliskach żyznych o zmiennym uwilgotnieniu (okresowo mokre lub okresowo suche w zależności od sezonu wegetacyjnego i układu warunków meteorologicznych), z dużą, uschniętą biomasą. Łąki te oddane są w kolorze zielonym. W okresie wykonywania zdjęć satelitarnych, występowała na nich sucha biomasa traw, a z powodu wysokiego uwilgotnienia wiosną wegetacja była opóźniona i odwzorowały się podobnie jak łąki użytkowane okresowo suche lub nadmiernie wilgotne.

Pola uprawne tworzą mozaikę plam o różnych barwach, głównie nasyconej purpury, niebieskiej i żywej zieleni. Spośród nich łatwo wydzielić użytki rolne wielkopowierzchniowe. Natomiast samozadarnienia porolne przedstawiają układ pasowy lub plamisty w kolorach zielonym i purpurowym, podobny z jednej strony do użytków zielonych okresowo nadmiernie uwilgotnionych, ale nadal użytkowanych lub upraw polowych, a z drugiej do łąk nieużytkowanych, ale mokrych.

Odróżnienie łąk od pól uprawnych możliwe jest przede wszystkim dzięki odmiennym cechom strukturalnym obrazu. Pola uprawne wielkopowierzchniowe różnią się od podobnych kolorystycznie do nich łąk nieużytkowanych (kolor słabo nasyconej purpury) lub łąk użytkowanych, ale okresowo nadmiernie wilgotnych (kolor jasnej zieleni) przede wszystkim zgeometryzowanym kształtem, podczas gdy te ostatnie mają granice nieregularne i często rozmyte. Rozłogi pól uprawnych drobnopowierzchniowych ujawniają się przede wszystkim w rozkładzie przestrzennym indeksu zmian NDVI (składowa niebieska) w efekcie nakładania się struktur zarejestrowanych w dwóch terminach.

Po filtracji kierunkowej wskaźnika zmian NDVI utworzono kompozycje barwną z NDVI_1987, NDVI_2001 i warstwy pofiltracyjnej (rys. 2). Kompozycja ta jest kolorystycznie podobna do poprzednio omówionej (rys. 1). Wskazuje to na korelację wartości wskaźnika zmian NDVI z jego charakterystyką strukturalną zapisaną

w wartościach warstwy pofiltracyjnej tego wskaźnika. Zasadniczą różnicą jest zmiana kolorystyczna pól uprawnych w kierunku barw niebieskiej i czerwonej, a łąk, na których zaprzestano użytkowania w wyniku trwałego zabagnienia, z purpury na pomarańcz. Przesunięcie barw pozwala na dodatkowe wyróżnienia.

Tekstura pasowa i kolor oliwkowy na przemian z jasno beżowo-żółtym wskazują na utrzymywanie się na łąkach nieużytkowanych warunków siedliskowych dających potencjalną możliwość ich użytkowania. Łąki zabagniane odwzorowane są w barwie brudno-pomarańczowej i strukturze plamistej. Na fotomapie nr 2 łąki nieużytkowane o dużej, uschniętej biomasy również oddane są w kolorze zielonym, podobnie jak łąki okresowo suche lub nadmiernie wilgotne. Wymaga to dalszych poszukiwań możliwości ich wydzielenia, pomimo że jest ich bardzo mało.

Samozadarnienia porolne występują jako pasowe lub plamiste układy w kolorze zielonym i brudno pomarańczowym. Niejednorodność kolorystyczna samozadarnień porolnych wynika z różnego okresu zaniechania uprawy i zróżnicowanego rozwoju zbiorowisk trawiastych oraz nalotów i upraw leśnych drzew liściastych czy iglastych. Samozadarnienia porolne różnią się wyraźnie od lasów, których zobrazowania mają bardziej wyrównaną zieleń z wyraźnymi liniami podziału powierzchniowego. Samozadarnienia dobrze odróżniają się od pól ornych, ale mogą wystąpić trudności w oddzieleniu ich od łąk zabagniających i bardzo suchych.

5. WNIOSKI

Przedstawiona w pracy metoda analizy wartości wskaźników NDVI i ich przestrzennego rozkładu, zarejestrowanych na dwóch zdjęciach wykonanych w odstępach 14 lat w tej samej fazie wegetacji, pozwala interpretować przeobrażenia roślinności łąkowej pod wpływem zmian użytkowania i zmiany warunków wodnych. Metoda ta może być wykorzystana w monitoringu zbiorowisk i siedlisk łąkowych.

Analiza wartości NDVI i ich zmian w okresie wieloletnim umożliwiła:

- odróżnianie łąk na których zaniechano użytkowania od łąk użytkowanych, z wyjątkiem sporadycznie występujących łąk nieużytkowanych w siedliskach żyznych o zmiennym uwilgotnieniu.
- wśród łąk, na których zaniechano użytkowania: odróżnianie łąk zabagniających od łąk umiarkowanie uwilgotnionych.
- Dodatkowo zastosowanie filtracji kierunkowej wskaźnika zmian NDVI ułatwiła:
- odróżnianie łąk od upraw rolnych,
- odróżnianie samozadarnień porolnych od upraw rolnych.
- Zastosowane metody:
- nie umożliwiają odróżnianie łąk bagiennych od łąk na których w latach badań nastąpił proces zabagnienia,
- w niezadowalającym stopniu pozwalają odróżnić samozadarnienia porolne od łąk zabagniających.

LITERATURA

- Juhari M. A., Ibrahim A., 1997. Geological Application of LANDSAT Thematic Mapper Imagery: Mapping and Analysis of Lineaments in NW Peninsula Malaysia – GIS Development. The Geographic Information Systems (GIS) Portal. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts10/ts10001.shtml>
- Kondracki J., 2002. Geografia regionalna Polski PWN Warszawa, s. 441.
- Kozłowska T., Kosiński K., Szymczak R., 2003. Metoda badania przestrzennych zmian warunków siedliskowych i zbiorowisk łąkowych przy pomocy zdjęć satelitarnych w rejonie Szczercowa W: Geograficzne aspekty globalizacji i integracji Europejskiej. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Uniwersytet Opolski. Opole 2003, s. 197–202.
- Sader S.A., Winne J. C., 1992. *RGB-NDVI colour composites for visualising forest change dynamics*. Int. J. Remote Sensing, 13, 16: 3055–3067.

APPLICATION OF NDVI INDEX AND DIRECTIONAL FILTRATION IN GRASSLAND RECOGNITION AND CHANGES OF GRASSLAND HABITATS AND COMMUNITIES ANALYZING

Summary

A simple method was elaborated to display changes in meadow communities and habitats using two dates of Landsat imagery. The normalized difference vegetation index (NDVI) was computed for each date of imagery to define high and low vegetation biomass. Color composites were generated by combining the two dates of NDVI and the index of NDVI changes with either the red, green, or blue (RGB) image plans. Directional filtration of the index of NDVI changes were used to register a striped structure of arable areas. The result was that the structural difference between meadows and arable areas was quantified and visualized in color composition. Finally 11 categories of land use were distinguished.

KEY WORDS: remote sensing, grasslands, NDVI, directional filtration

Recenzent: dr hab. Andrzej Świątkiewicz, prof. AR, Akademia Rolnicza, Wrocław