

ZNACZENIE ROZDZIELCZOŚCI SPEKTRALNEJ ZDJĘĆ LANDSAT ETM+ W IDENTYFIKACJI ŁĄK O RÓŻNYM UWILGOTNIENIU I UŻYTKOWANIU

Streszczenie. *Oceniono wpływ rozdzielczości spektralnej zdjęć Landsata ETM+ na możliwość identyfikacji łąk¹ różniących się uwilgotnieniem i użytkowaniem. Materiał do badań pozyskano z dwóch (traktowanych łącznie) zdjęć, wykonanych na początku maja i w październiku. Na podstawie analizy wizualnej ustalono, że spośród kanałów spektralnych najlepsze zobrazowanie tworzą kanały 3 i 4. Porównano informację pozyskaną z kanałów 4 i 3 z informacją zawartą w kanale 8 i sumie kanałów widzialnych.*

Analizę porównawczą wykonano na podstawie klastrów dwuwymiarowych histogramów reprezentujących zidentyfikowane w terenie kategorie łąk. Okazało się, że bazując na kanałach 3 i 4, jak również przy użyciu sumy kanałów widzialnych oraz kanału 8 uzyskano podobny wynik. W obu przypadkach wyodrębniono pięć kategorii łąk: łąki mokre, silnie wilgotne użytkowane, pozostałe łąki użytkowane, łąki nieużytkowane z innych przyczyn niż uwilgotnienie oraz łąki suche łącznie z samozadarnieniami poornymi.

1. Wstęp

Teledetekcja zmierza w kierunku wykorzystania większej ilości danych rejestrowanych w węższych pasmach [ERDAS Fideld Guide..., 1998, Hobish, 1998]. Klasyfikacja wielospektralnych zdjęć satelitów serii IRS i Landsat umożliwia rozpoznanie z wysoką dokładnością głównych typów pokrycia terenu, z oddzieleniem terenów pokrytych roślinnością darniową i drzewiastą od gruntów ornych, obszarów zabudowanych i wód [Bochenek, 2004]. Przyjmuje się, że do wydzielenia łąk¹ o różnym stopniu uwilgotnienia wystarczająca jest rozdzielczość spektralna zdjęcia Landsat TM [Pawlak, 1999]. Według Jakomulskiej [1998] rozdzielczość spektralna Landsat MSS wystarcza do identyfikacji muraw wysokogórskich z dokładnością nawet do podzespołu.

Nad identyfikacją łąk o różnym stopniu uwilgotnienia korzystnie jest pracować na dwóch zdjęciach landsatowskich wykonanych w różnych terminach [Kosiński i Kozłowska, 2003, Kozłowska i in., 2004].

Celem pracy jest ocena przydatności danych z satelity Landsat o różnej rozdzielczości spektralnej do wydzielenia łąk różniących się poziomem użytkowania i uwilgotnienia.

Hipoteza robocza: Przydatność pary zdjęć z satelity Landsat wykonanych w różnych porach roku do identyfikacji łąk nie zależy od rozdzielczości spektralnej.

Badania prowadzono w południowej części woj. łódzkiego na dwóch zdjęciach Landsat ETM+, wykonanych 10 września 1999 i 1 maja 2001. W tych

¹ Łąki szeroko rozumiane jako całość użytków zielonych.

terminach dobrze widoczna jest odrębność łąk od innych form użytkowania ziemi. Na zdjęciu majowym zaznacza się zróżnicowanie fenologiczne łąk.

2. Metoda

Kanały spektralne dwóch zdjęć z satelity Landsat oraz sumy odpowiednich kanałów z dwóch terminów ($ETM(1)_{1999-09-10} + ETM(1)_{2001-05-01}$, $ETM(2)_{1999-09-10} + ETM(2)_{2001-05-01}$, ...) połączono w jeden wielokanałowy raster. Spośród dwudziestu jeden kanałów wybierano trójki i tworzone z nich kompozycje barwne. Następnie porównywano je wizualnie, korzystając przy interpretacji z wcześniejszych obserwacji terenowych. Do dalszych analiz wybrano kompozycję RGB: $ETM(4)_{2001-05-01}$, $ETM(4)_{1999-09-10} + ETM(4)_{2001-05-01}$, $ETM(3)_{1999-09-10}$, na której zaobserwowano najlepsze zróżnicowanie łąk. Składowe barwne tej kompozycji zapisano jako nowy raster utworzony z kanałów spektralnych 4 i 3. Rozdzielczość spektralna wyrażona szerokością pasm wynosi odpowiednio 60 nm (zakres 630÷690 nm) oraz 140 nm (zakres 760÷900 nm). Raster ten w dalszym ciągu pracy będzie oznaczany symbolem Sp.

Ze zdjęć landsatowskich pozyskano dane o niskiej rozdzielczości spektralnej: kanały panchromatyczne $ETM(8)$ oraz sztuczne kanały panchromatyczne obliczone jako sumy kanałów widzialnych ($ETM(1) + ETM(2) + ETM(3)$). Z danych tych utworzono kompozycje barwne, które analizowano wizualnie. Spośród wielu kompozycji do dalszych analiz wybrano jedną, najlepiej różnicującą łąki. Kompozycję tę utworzono jako RGB: $ETM(8)_{1999-09-10}$, $ETM(8)_{2001-05-01}$, $(ETM(1)_{1999-09-10} + ETM(2)_{1999-09-10} + ETM(3)_{1999-09-10}) / ETM(8)_{1999-09-10}$. Składowe tej kompozycji zapisano jako nowy raster utworzony z danych panchromatycznych. Rozdzielczość spektralna wyrażona szerokością pasm wynosi w tym wypadku 240 nm (zakres 450÷690 nm) oraz 380 nm (zakres 520÷900 nm). Raster ten oznaczono symbolem Pan.

Na podstawie wcześniejszych obserwacji terenowych, częściowo z wykorzystaniem pozycjonowania satelitarnego, utworzono zbiory poligonów AOI reprezentujących podstawowe formy użytkowania ziemi: wody, lasy, zarośla, grunty orne, samozadarnienia poronne, samozadarnienia poronne z zakrzewieniami oraz pięć kategorii łąk.

- Łąki mokre. Do łąk mokrych zaliczono szuwary właściwe (związek *Phragmition*) i część szuwarów wielkoturzycowych (związek *Magnocaricion*), zbiorowiska z klasy *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* oraz mokre zbiorowiska śmiałka darniowego — *Deschampsia caespitosa* z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. W badanym terenie łąki mokre nie były użytkowane.
- Łąki silnie wilgotne użytkowane — część zbiorowisk ze związku *Magnocaricion*, wśród nich szuwar mozgowy — *Phalaridetum arundinaceae*. Łąki silnie wilgotne były koszone.
- Łąki suche — obejmują murawy napiaskowe z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* i nie były użytkowane.

- Łąki produkcyjne użytkowane — pozostałe łąki użytkowane. Należą tu umiarkowanie uwilgotnione, okresowo suche oraz wilgotne zbiorowiska z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, których uwilgotnienie nie ogranicza rolniczego użytkowania.
- Łąki produkcyjne nieużytkowane z innych przyczyn niż uwilgotnienie.

Poligony AOI wyznaczano prawie zawsze z wykorzystaniem procedury Region Growing na kompozycji kanałów spektralnych (raster Sp), z zastosowaniem granicznej wartości odległości euklidesowej ustalonej empirycznie dla poszczególnych form użytkowania ziemi.

Za pomocą tych samych zbiorów AOI pobrano sygnatury z rastra kanałów spektralnych (Sp) i z rastra danych panchromatycznych (Pan). W ten sposób utworzono dwie tabele sygnatur, z których każda reprezentowała jeden z rastrów.

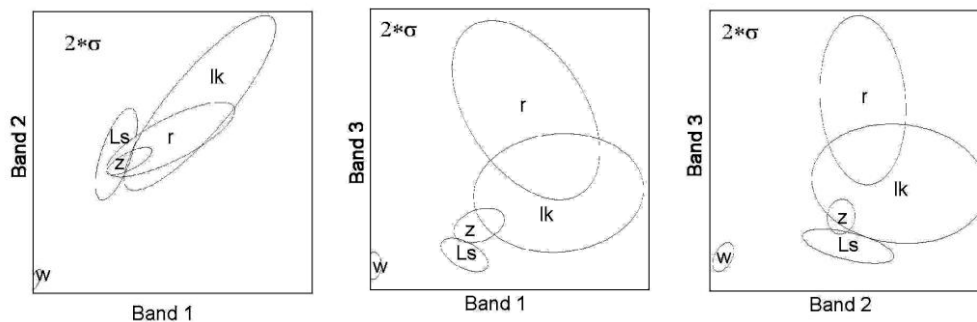
W każdej z tabel przez połączenie sygnatur odpowiadających tej samej formie użytkowania ziemi, utworzono sygnatury zbiorcze. Sygnatury te wykorzystano w pierwszym etapie analizy porównawczej rastra kanałów spektralnych i rastra danych panchromatycznych. Podstawą analizy były klastry dwuwymiarowych histogramów, reprezentujące główne formy użytkowania ziemi. Oceniono przydatność każdego z rastrów do odróżnienia łąk i samozadarnień od innych form użytkowania ziemi.

W kolejnych etapach prac wykonano szczegółową analizę możliwości odróżnienia łąk i samozadarnień od gruntów orných oraz rozdzielenia samozadarnień porolnych i różnych kategorii łąk. W tym celu wykorzystano źródłowe sygnatury (nie połączone w sygnatury zbiorcze). Wykreślone na ich podstawie klastry dwuwymiarowych histogramów odpowiadają poszczególnym AOI. Klastry odpowiadające gruntom ornym, samozadarnieniom poornym oraz różnym kategoriom łąk przedstawiono odmiennymi kolorami. W efekcie poszczególne formy użytkowania ziemi przedstawiają się jako skupienia klastrów.

3. Wyniki

Analiza klastrów reprezentujących główne formy użytkowania ziemi (rys. 1., 2.) pozwala stwierdzić, że każdy z analizowanych rastrów umożliwia odróżnienie łąk i samozadarnień poornych od pozostałych form użytkowania. Wody w obu przypadkach można wydzielić według dowolnego kanału. Lasy i zarośla wyróżniają się w kombinacji kanałów Sp(1, 3)² oraz Pan(1, 2). Zarośla dobrze odróżniają się od lasów na podstawie kanałów Sp(1, 3) i Sp(2, 3) oraz Pan(1, 3) i Pan(2, 3). Można je również oddzielić od terenów otwartych, według Sp(1, 3) i Pan(1, 2), jednak w przypadku rastra kanałów spektralnych Sp (Rys. 1.) stosunkowo słabo różnią się od łąk i samozadarnień poornych.

² Symbolem Sp oznaczono raster utworzony z kanałów spektralnych ETM(4) i ETM(3), symbolem Pan oznaczono raster utworzony z danych panchromatycznych (ETM(8) i suma kanałów widzialnych). Numery w formule typu Sp(1, 3) odnoszą się do kolejności kanałów w analizowanym rastrze, podanej w podpisie do Rys. 1. i 2. Na przykład Sp(1, 3) oznacza parę kanałów: ETM(4)₂₀₀₁₋₀₅₋₀₁, ETM(3)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀.



Rys. 1. Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące główne formy użytkowania ziemi (wody w, lasy Ls, zarośla z, łąki i samozadarnienia poorne lk, grunty orne r)

— dla rastra Sp utworzonego z kanałów spektralnych dwóch zdjęć landsatowskich.

Kanał (Band) 1: $ETM(4)_{2001-05-01}$

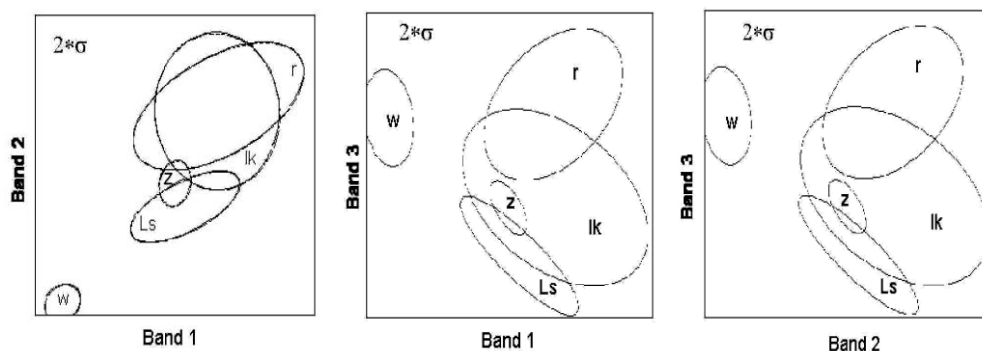
Kanał (Band) 2: $ETM(4)_{1999-09-10} + ETM(4)_{2001-05-01}$

Kanał (Band) 3: $ETM(3)_{1999-09-10}$

Klastry wykreślono w zasięgu 2σ .

Na każdym z rastrów można wyróżnić na terenach otwartych grunty orne (według kanałów Sp(1, 3) i Sp(2, 3) — Rys. 3. oraz Pan(1, 3) — Rys. 4.). Wśród pozostałych terenów otwartych (łąk i gruntów poornych) znaczną odrębność wykazują samozadarnienia poorne z zakrzewieniami (kanał Sp(2) — Rys. 5., kanał Pan(1) — Rys. 6.). Samozadarnienia poorne i łąki suche nie dają się rozdzielić, natomiast można je odróżnić od reszty łąk według kanałów Sp(2, 3) oraz Pan(1, 3) i Pan(2, 3). Wśród łąk wyróżniają się trzy kolejne ogniwa szeregu wilgotnościowego: łąki produkcyjne, silnie wilgotne użytkowane oraz mokre (według Sp(2, 3) oraz Pan(1, 3)). Łąki produkcyjne podzielić można na użytkowane i aktualnie nie użytkowane (według Sp(2, 3) oraz Pan(1, 2) i Pan(2, 3)).

Wszystkie te podziały — jak wynika z analizowanego materiału (Rys. 5., 6.) — można przeprowadzić na każdym z porównywanych rastrów. W obu przypadkach można zidentyfikować te same 10 klas: wody, lasy, zarośla, grunty orne, samozadarnienia poorne z zakrzewieniami, samozadarnienia poorne i łąki suche (nie rozdzielone), łąki mokre, łąki silnie wilgotne użytkowane, łąki produkcyjne użytkowane oraz łąki produkcyjne nieużytkowane.



Rys. 2.

Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące główne formy użytkowania ziemi (wody w, lasy Ls, zarośla z, łąki i samozadarnienia poorne lk, grunty orne r)

— dla rastra Pan utworzonego z kanałów panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć landsatowskich.

Kanał (Band) 1: ETM(8)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀

Kanał (Band) 2: ETM(8)₂₀₀₁₋₀₅₋₀₁

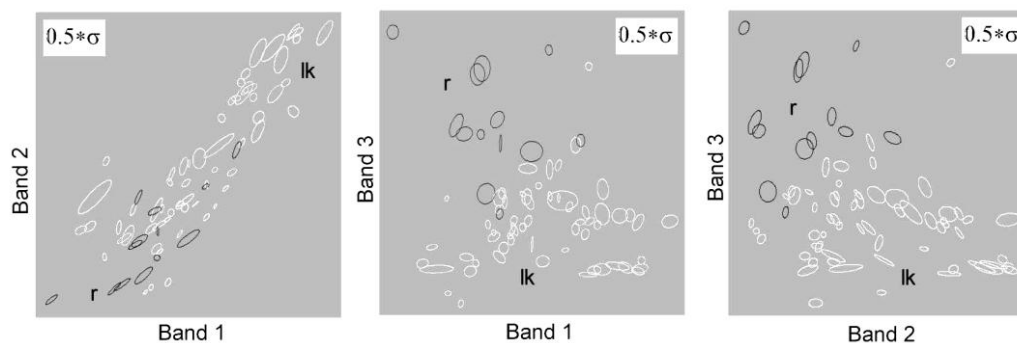
Kanał (Band) 3: (ETM(1)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀ + ETM(2)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀ + ETM(3)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀) / ETM(8)₁₉₉₉₋₀₉₋₁₀

Klastry wykreślono w zasięgu 2σ .

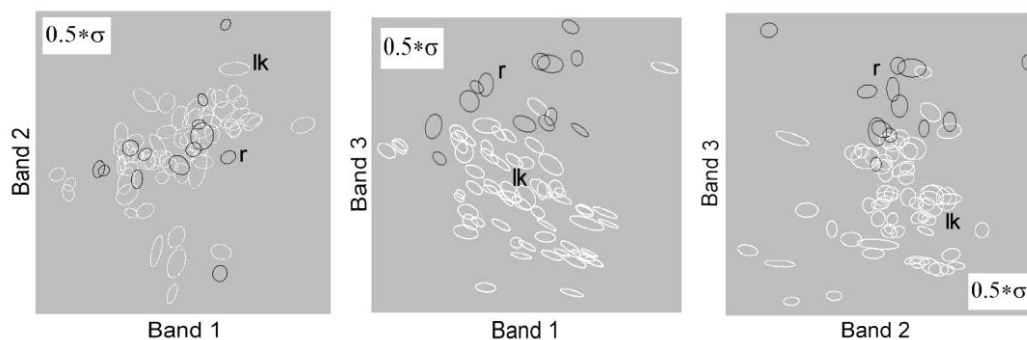
4. Krytyczna analiza wyników

Rozdzielczość terenowa zdjęć z satelity Landsat jest zbyt mała, aby utworzone w wyżej opisany sposób AOI mogły w każdym spełnić warunek reprezentatywności dla konkretnego ekosystemu jako jednostki względnie jednorodnej przestrzennie. Jedno AOI zazwyczaj obejmuje przestrzenny kompleks ekosystemów. Procedura generowania AOI z zastosowaniem granicznej odległości euklidesowej oznacza, że ekosystemy w obrębie takiego kompleksu wykazują niewielkie zróżnicowanie charakterystyk spektralnych. Zastosowana metoda z założenia nie uwzględnia kompleksów o wysokiej heterogeniczności. Badanie takich kompleksów wymaga odmiennego podejścia metodycznego.

Wśród nieląkowych form użytkowania ziemi wyróżniono tylko główne, szeroko ujęte kategorie: wody, lasy, zarośla, grunty orne, samozadarnienia poorne z zakrzewieniami. Sprawdzano czy kategorie te odróżniają się od łąk. Niemożność oddzielenia samozadarnień poornych (bez zakrzewień) od łąk suchych wynika z podobieństwem zwarcia, a często i składu florystycznego zbiorowisk roślinnych [Kozłowska i in., 2004]



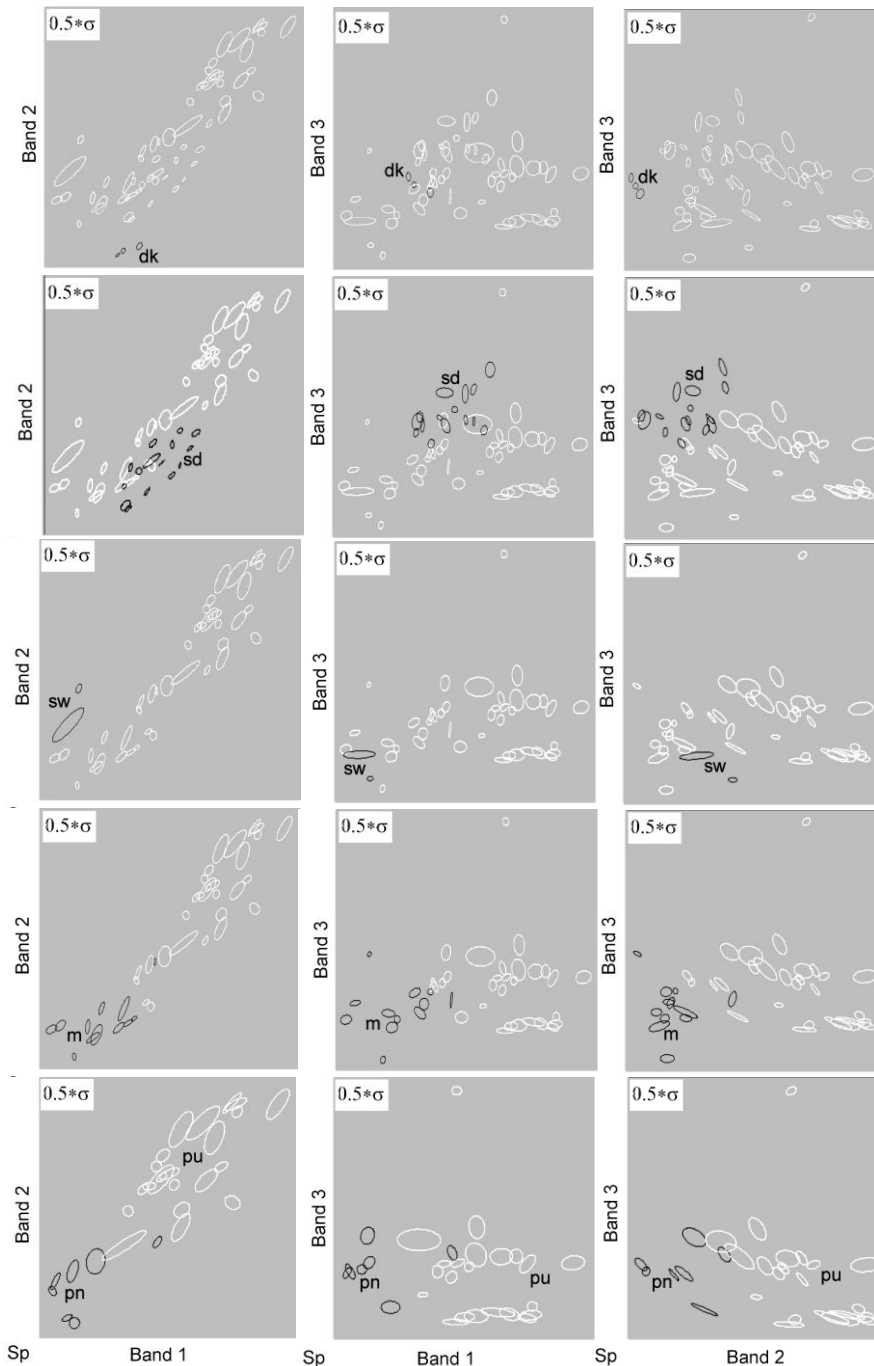
Rys. 3. Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące dwie formy użytkowania ziemi: łąki i samozadarnienia poorne lk (kolor biały), grunty orne r (kolor czarny) — dla rastra utworzonego z kanałów spektralnych dwóch zdjęć landsatowskich (opis kanałów przy Rys. 1). Klastry wykreślono w zasięgu $0,5\sigma$.



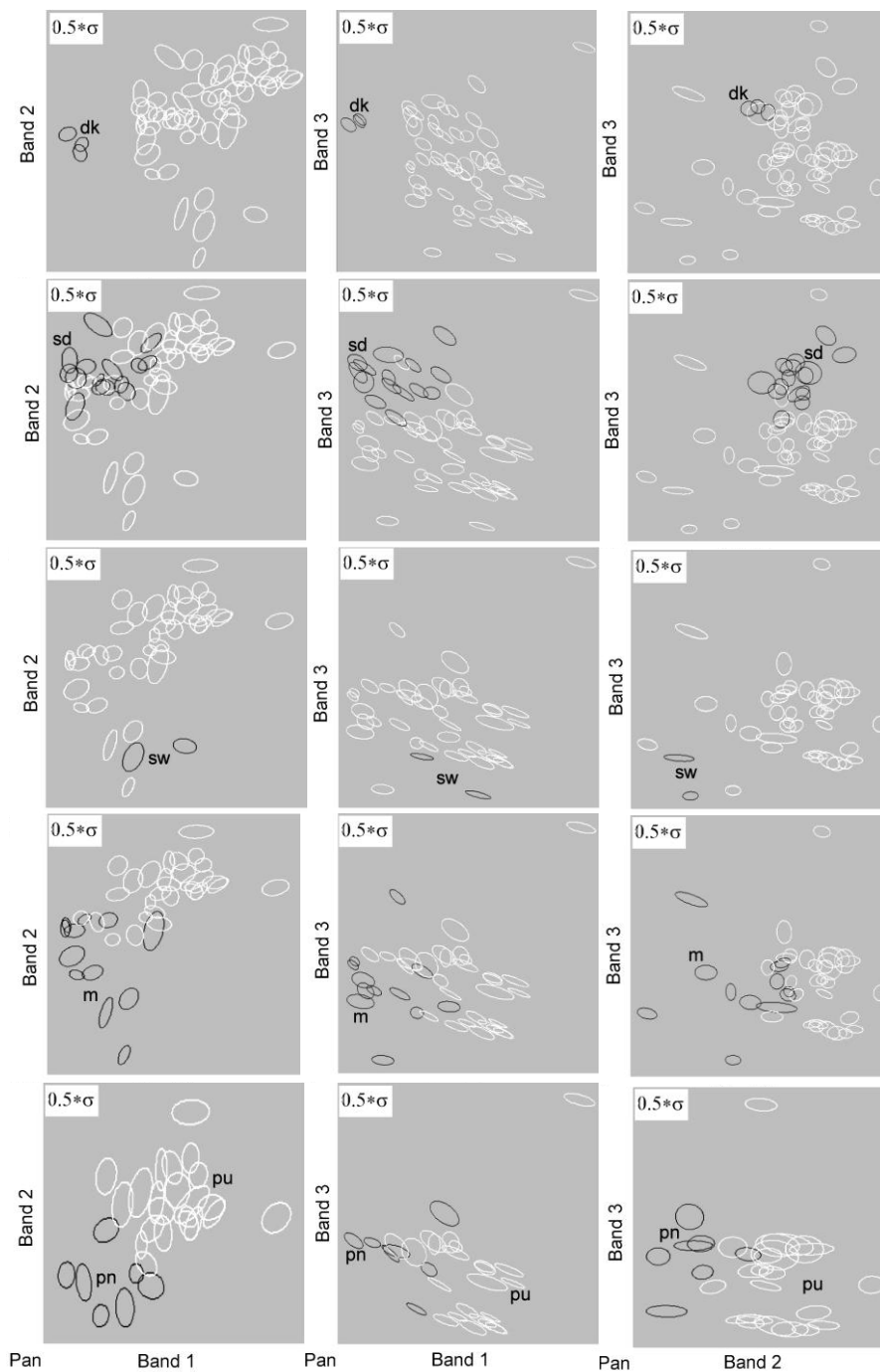
Rys. 4. Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące dwie formy użytkowania ziemi: łąki i samozadarnienia poorne lk (kolor biały), grunty orne r (kolor czarny) — dla rastra utworzonego z kanałów panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć z satelity Landsat (opis kanałów przy Rys. 2). Klastry wykreślono w zasięgu $0,5\sigma$.

Należy zauważyć, że zastosowana tu metoda nie poddaje analizie cech strukturalnych obrazu. Analiza klastrow w odniesieniu do oddzielania zarośli od łąk i samozadarnień wskazuje na mniejszą przydatność kanałów ETM(4) i ETM(3) niż kanałów panchromatycznych. Ponadto kanał ETM(8), dzięki większej rozdzielczości przestrzennej, wnosi więcej informacji strukturalnej.

Kanały spektralne ETM(3) i ETM(4) mają górne krańce takie same, jak kanały panchromatyczne (ETM(1) + ETM(2) + ETM(3)) i ETM(8): odpowiednio 690 nm i 900 nm. Rozszerzenie zakresów w kierunku wartości niższych nie ogranicza możliwości identyfikacji łąk o różnym poziomie uwilgotnienia i użytkowania.



Rys. 5. Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące łąki zróżnicowane pod względem użytkowania i uwilgotnienia oraz samozadarnienia poorne — dla rastra utworzonego z kanałów spektralnych dwóch zdjęć landsatowskich (opis kanałów przy Rys. 1). Wyróżniono: samozadarnienia poorne z zakrzewieniami **dk**, samozadarnienia poorne i łąki suche (nie rozdzielone) **sd**, łąki silnie wilgotne użytkowane **sw**, łąki mokre **m**, łąki produkcyjne użytkowane **pu** oraz łąki produkcyjne nieużytkowane **pn**. Klastry wykreślono w zasięgu $0,5\sigma$.



Rys. 6. Klastry dwuwymiarowych histogramów reprezentujące łąki zróżnicowane pod względem użytkowania i uwilgotnienia oraz samozadarnienia poorne (oznaczenia jak na rys. 5) — dla rastra utworzonego z kanałów panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć landsatowskich (opis kanałów przy Rys. 2). Klastry wykreślono w zasięgu $0,5\sigma$.

5. Wnioski

Na podstawie pary zdjęć z satelity Landsat wykonanych 1 maja i 10 września można zidentyfikować te same pięć kategorii łąk, niezależnie od rozdzielczości spektralnej zastosowanych danych. Uzyskane wyniki nie dają podstaw do odrzucenia hipotezy roboczej.

Dla potrzeb teledetekcji łąk można rozdzielczość spektralną danych pozyskanych z badanej pary zdjęć z satelity Landsat zredukować ze 140 i 60 nm (kanały ETM(4) i ETM(3)) do 380 i 240 nm (kanał ETM(8) i suma kanałów widzialnych ETM+).

6. Literatura

- Bochenek, Z. (2004) Prace Instytutu Geodezji i Kartografii. Tom L, z. 106; s. 27-61
- ERDAS Fideld Guide. Przewodnik geoinformatyczny*, 1998. Erdas, Inc. Atlanta, Georgia. Geosystems Polska. Warszawa. Ss. 612
- Hobish, Mitchell K. (Aktualizacja: październik 1998) *Section 16. Earth system science, mission to Planet Earth, and The Earth observing system.* http://teachserv.earth.ox.ac.uk/nasa/Sect16/nicktutor_16-7.html. W: Short, Sr., Nicholas M. *Remote Sensing and Image Interpretation & Analysis.* <http://teachserv.earth.ox.ac.uk/nasa/TofC/toc1.html>. Goddard Space Flight Center, NASA
- Jakomulska, A., 1998. *Kartowanie wysokogórskiej roślinności Tatr metodami teledetekcji i fizjologii roślin.* Fotointerpretacja w Geografii nr26, s. 13-20
- 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* z. 13a
- Kozłowska, T., Kosiński, K., Szymczak, R., Ziaja, W. (2004) Zastosowanie wskaźnika NDVI do wyróżniania łąk o różnym poziomie użytkowania i uwilgotnienia. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie*. T. 4 z. 2(11), s. 201-218
- Pawlak A., 1999. *Mapa pokrycia terenu opracowana według propozycji czwartego poziomu legendy CORINE Land cover a zróżnicowanie środowiska dla arkusza N-34-106-D.* Fotointerpretacja w geografii. *Problemy telegeoinformacji* nr 30 s. 41-61.

Recenzował: prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska-Zielińska