

Zygmunt Miatkowski, Adam Sołtysik, Janusz Turbiak
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy
Wanda Kowalik, Stanisław Lewiński
Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie

IDENTYFIKACJA GŁĘBOKO ODWODNIONYCH SIEDLISK HYDROGENICZNYCH W REJONIE KWB BEŁCHATÓW NA PODSTAWIE ZDJĘĆ ZE SKANERA LANDSAT TM

Streszczenie

Głębokie i długotrwałe odwodnienie siedlisk hydrogenicznych wywołuje procesy przeobrażeń, prowadzące do ich degradacji. Identyfikacja przeobrażeń tych siedlisk i ich monitorowanie, jest trudne, a czasami mało efektywne, metodami tradycyjnymi. Podjęto próbę wykorzystania zdjęć satelity Landsat TM do identyfikacji przeobrażonych wskutek głębokiego odwodnienia siedlisk hydrogenicznych i ich zasięgu. Porównanie informacji zawartych na zdjęciach satelitarnych z informacją uzyskaną metodami konwencjonalnymi w toku bezpośrednich badań terenowych wykazało zadowalającą zgodność identyfikacji siedlisk i ich zasięgu. Wyniki badań wykazały, że w rejonie KWB Bełchatów w wyniku odwodnienia oraz oceny zasięgu ujemnego wpływu leja depresji wód gruntowych KWB Bełchatów na użytki zielone.

Wprowadzenie

Eksploatacji złóż surowców mineralnych oraz zasobów wód gruntowych zawsze towarzyszy zmiana warunków hydrologicznych w otoczeniu, polegająca najczęściej na głębokim i rozległym odwodnieniu terenu. Pod wpływem odwadniania odkrywką Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów wytworzył się rozległy lej depresji wód gruntowych, którego powierzchnia wynosi aktualnie około 700 km². Znajduje się w jego zasięgu teren został głęboko odwodniony. Najbardziej wrażliwe na zmiany warunków wodnych są siedliska hydrogeniczne, które ukształtowały się pod dominującym wpływem wody. W warunkach głębokiego i trwałego odwodnienia podlegają one procesom przeobrażeń, prowadzącym do ich degradacji [Frankowski 1990, 1991; Frankowski, Feliński 1994; Gawlik 1994; Grzyb i in. 1988]. Identyfikacja przeobrażeń tych siedlisk i ich monitorowanie metodami tradycyjnymi, jest trudne, a dotyczy to dużych powierzch-

ni, jest trudne, a czasami mało efektywne. W badaniach naturalnych lub antropogenicznych przekształceń środowiska, obejmujących duże obszary, coraz częściej znajduje zastosowanie teledetekcja satelitarna [Dąbrowska-Zielińska 1995; Kozłowska i in. 2000; Liu i in. 2004; Price i in. 2002].

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania zdjęć satelitarnych do identyfikacji i monitoringu przeobrażeń siedlisk hydrogenicznych, wywołanych zmianami warunków wodnych wskutek odkrywkowej eksploatacji kopalni. W dalszym etapie podjęto próbę integracji informacji zawartych w obrazie wielospektralnym na zdjęciu satelitarnym z informacjami o rozmieszczeniu i charakterystyce siedlisk hydrogenicznych, uzyskanymi metodami tradycyjnymi w toku bezpośrednich badań terenowych.

Hipotezy, zakres i metody badań

Wychodząc z założenia, że naturalne lub indukowane zmiany pokrycia terenu powodują znaczne zmiany odpowiedzi spektralnej, pochodzącej z obserwowanej powierzchni oczekiwano, że głębokie przemiany, jakim podlegają siedliska hydrogeniczne wraz z występującymi w nich glebami i zbiorowiskami roślinnymi po zaniku zasilania gruntowego, znajdą swoje odzwierciedlenie na wielospektralnych zdjęciach satelitarnych i w wybranych wskaźnikach glebowo-roślinnych.

Realizacja celu badań obejmowała 3 etapy:

- terenowe prace badawcze kartarskie, gleboznawcze i warunków wodnych,
- przetworzenie wielospektralnych zdjęć satelitarnych,
- porównanie informacji uzyskanej w badaniach terenowych z informacją teledetekcyjną.

Obszar badań obejmował Kotlinę Szczercowską, zaliczaną do Niziny Wielkopolskiej. W terenie wytyczono 27 powierzchni testowych, jednorodnych pod względem warunków glebowo-wodnych i składu florystycznego, obejmujących różne typy siedlisk ze względu na kryteria fizjograficzno-siedliskowe:

- siedliska składowe o naturalnych warunkach wodnych, poza zasięgiem odwodnienia - 11 powierzchni,
- siedliska składowe dawno odwodnione, zdegradowane w różnym stopniu - 9 powierzchni.

Do analizy wybrano zdjęcia satelitarne wykonane w latach suchych, w okresach suszy atmosferycznej, przyjmując, że najbardziej kontrastowe różnice odbicia spektralnego między poszczególnymi rodzajami siedlisk wilgotnościowych wystąpi w okresach największych niedoborów wody dla roślinności skosowej. Ostatecznie do analizy wybrano sześć zdjęć satelitarnych Landsat TM wykonanych w warunkach bezchmurnej pogody. Pięć z nich (z lat 1987, 1989, 1992, 1993, 1995) zostało wykonanych skanerem TM (Thematic Mapper) z pokładu satelity Landsat 5, natomiast ostatnie zdjęcie z 1999 r. pochodziło z satelity Landsat 7 i było wykonane skanerem ETM+ (Enhanced Thematic Mapper +). Zdjęcia satelitarne poddano procedurze geometryzacji i korekcji atmosferycznej. Następnie z wykonano barwne kompozycje RGB obszaru badań, będące kombinacją trzech wybranych kanałów spektralnych, na których naniesiono obrysy powierzchni testowych.

Ocenę stanu roślinności, wykonano na podstawie analizy wskaźnika zieleni NDVI, a jego zmiany w czasie metodą PROD [Wehde 1995]. W celu weryfikacji wizualnej identyfikacji siedlisk odwodnionych na obrazach satelitarnych wyodrębniono 9 dodatkowych powierzchni, a następnie wyznaczono je w terenie i wykonano na nich badania glebowo-wodne i florystyczne.

Ocenę warunków wodnych siedlisk skosowych w terenie wykonano metodą fitoindykacji [Owitt 1992]. Zaletą tej metody jest możliwość liczbowego wyrażenia warunków wilgotnościowych w formie średniej liczby wilgotnościowej zbiorowiska. Umożliwiło to poszukiwanie związków ilościowych między różnymi cechami siedlisk, jak na przykład parametrami odbicia spektralnego.

Wyniki badań

Charakterystyka wielospektralnego obrazu użytków zielonych jest wypadkową szeregu zmiennych w czasie i przestrzeni cech ich pokrywy roślinnej, takich jak faza rozwojowa i żywotność roślin, zagęszczenie i wielkość biomasy, własności optyczne i innych. Te cechy zbiorowisk roślinności skosowej są silnie modyfikowane przez okresowy lub trwały niedobór wody, ponieważ roślina wymaga stałego, odpowiednio dużego uwilgotnienia gleby. W siedliskach trwale pozbawionych zasilania gruntowego prawdopodobieństwo wystąpienia niedoboru wody oraz jego wartość jest większe. Częste i długotrwałe okresy suszy glebowej, występujące w tych siedliskach, znalazły odzwierciedlenie w charakterystyce zbiorowisk roślinnych, ich gorszej kondycji i mniejszej biomasy.

Zgodnie z oczekiwaniami, w okresie suszy atmosferycznej użytki zielone siedlisk długotrwanie odwodnionych charakteryzowały się większą wartością odbicia spektralnego w paśmie czerwieni i mniejszą w paśmie bliskiej podczerwieni.

ni w porównaniu z użytkami zielonymi w siedliskach o niezmienionych warunkach wodnych. Największe różnice średnich wartości odbicia spektralnego powierzchni testowych, w zależności od warunków wodnych, wystąpiły w kanałach o numerach 3, 4, 5 i 7 (tab.1). Wartość średnia odbicia spektralnego powierzchni testowych odwodnionych była większa w kanałach 3 (R), 5 (MIR) i 7 (MIR) oraz mniejsza w kanale 4 (NIR). Bardzo wyraźnie zróżnicowana w zależności od warunków wodnych była także wartość znormalizowanego wskaźnika zieleni NDVI.

Wskaźnik NDVI charakteryzuje stosunek odbicia promieniowania w bliskiej podczerwieni do promieniowania w czerwonym zakresie widma. Rośliny z zielonymi liśćmi mają dużą wartość NDVI, natomiast rośliny suche, porośnięte oraz prześwietlone spod pokrywy roślinnej gleba - małą.

Począwszy od 1989 r. wartości NDVI powierzchni testowych o naturalnych warunkach wodnych były wyraźnie większe od wartości tego wskaźnika powierzchni odwodnionych (tab. 2). Wyjątek stanowi rok 1987 r., w którym stopień przeobrażenia siedlisk pod wpływem odwodnienia był jeszcze stosunkowo mały.

Tabela 1. Średnie wartości pikseli powierzchni testowych w okresie 1987-1999, zarejestrowane w poszczególnych kanałach skanera satelity Landsat TM w zależności od warunków wodnych siedlisk

Table 1. Mean values of test polygons pixels in the period 1987-1999, recorded in particular bands of the Landsat TM satellite scanner depending on sites water conditions

Kanał TM	A	B
1	11,0	11,9
2	17,2	17,6
3	15,1	17,9
4	82,6	65,1
5	56,7	61,0
6.1	134,9	138,2
6.2	152,7	162,7
7	28,1	35,4

A - siedliska o niezmienionych warunkach wodnych, B - siedliska odwodnione, zdegradowane

A - sites with unchanged water conditions, B - drained, and degraded sites

W celu określenia zależności między parametrami teledetekcyjnymi odzwierciedlającymi warunki wodne siedlisk ³¹ kowych, a takimi parametrami określonymi bezpośrednio w terenie, porównano archiwalne wartości znormalizowanego wskaźnika zieleni (NDVI) powierzchni testowych z aktualnymi wartościami liczb wilgotnościowych zbiorowisk roślinnych tych siedlisk (tab. 3). We wszystkich latach badań, z wyjątkiem 1987 r., aktualna liczba wilgotnościowa zbiorowisk roślinnych, określona w latach 1999-2003, była istotnie skorelowana ze wskaźnikiem NDVI (tab. 3). Było to dowodem na zależność oceny warunków wodnych siedlisk metodą fitoindykacji i teledetekcyjną. W 1987 r., w początkowym okresie odwodnienia, na większej powierzchni testowych degradacja zbiorowisk roślinnych w wyniku odwodnienia nie była jeszcze mocno zaawansowana, dlatego mały zróżnicowany wskaźnik NDVI nie wykazywał jeszcze korelacji z liczbą wilgotnościową aktualnych zbiorowisk roślinnych.

Do celów wizualnej analizy treści obrazów satelitarnych wykonano barwne kompozycje RGB, stanowiące kombinację trzech kanałów spektralnych o numerach 4, 5, 3 oraz 4, 7, 3. W celu wyodrębnienia siedlisk ³¹ kowych odwodnionych, kompozycje barwne poddano dodatkowej filtracji. Porównanie kompozycji utworzonych z kanałów 4, 5, 3 i 4, 7, 3 wykazało, że na tych ostatnich są większe kontrasty barwne między siedliskami ³¹ kowymi odwodnionymi i wilgotnymi. Do dalszych prac mających na celu identyfikację i zobrazowanie siedlisk ³¹ kowych zdegradowanych przyjęto kompozycje RGB, utworzone z kanałów 4, 7, 3.

Wnioski

1. Analiza informacji zawartej na wielospektralnych zdjęciach satelitarnych Landsat TM, uzupełniona i zweryfikowana wynikami bezpośrednich badań terenowych, była efektywną metodą identyfikacji i zobrazowania rozmieszczenia siedlisk hydrogeniczných przekształconych w wyniku głębokiego odwodnienia w rejonie KWB Bełchatów.
2. Ocena warunków wodnych siedlisk ³¹ kowych na obszarze oddziaływania leja depresji KWB Bełchatów, dokonana na podstawie analizy znormalizowanego wskaźnika zieleni (NDVI) i metodą fitoindykacji na podstawie analizy składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych, była zgodna.
3. Do identyfikacji i monitoringu przekształceń siedlisk hydrogeniczných, wywołanych ich odwodnieniem na dużych obszarach, może być zastosowana metoda interpretacji wizualnej barwnych kompozycji z danych teledetekcyjnych satelity Landsat TM. Jednak ze względu na niejednoznaczność oceny wizualnej obrazów satelitarnych konieczna jest ich weryfikacja w terenie w wybranych, typowych dla danego obszaru rodzajach siedlisk.

Tabela 2. Średnia wartość wskaźnika NDVI i liczby wilgotnościowej zbiorowisk roślinnych powierzchni testowych

Table 2. Mean NDVI index value and humidity figure value of plant communities on the test polygons

Data wykonania zdjęcia	Wskaźnik NDVI			
	A		B	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
01.09.1987	194,7	14,5	196,8	6,49
21.08.1989	151,5	14,0	130,7	10,6
29.08.1992	151,4	10,0	105,1	14,8
31.07.1993	191,8	6,21	170,6	9,34
21.07.1995	201,6	13,9	152,4	17,9
10.09.1999	148,0	18,6	87,3	23,6
Średnio (1989 -1999)	168,9	-	129,2	-
	Liczba wilgotnościowa			
Średnio (1999 - 2003)	6,14	0,33	5,25	0,23

A - siedliska o niezmiennych warunkach wodnych, B - siedliska odwodnione, zdegradowane

A - sites with unchanged water conditions, B - drained, and degraded sites

\bar{x} - wartość średnia, SD - odchylenie standardowe,

\bar{x} - mean value, SD - standard deviation

Tabela 3. Zależności między średnim wskaźnikiem NDVI powierzchni testowych a średnią liczbą wilgotnościową zbiorowisk roślinnych, określonych w latach 1999-2003

Table 3. Relationships between the mean NDVI index of the test polygons and the mean humidity figure of plant communities, determined in the years 1999-2003

Zdjęcie	$y = a + bx$		
	a	b	r
01.09.1987	-	-	0,180
21.08.1989	17,68	21,86	0,690*
29.08.1992	-88,44	37,37	0,793*
31.07.1993	77,09	18,48	0,713*
21.07.1995	-75,69	45,25	0,826*
10.09.1999	-210,0	58,09	0,868*

r - współczynnik korelacji, r - correlation coefficient

* - istotny na poziomie $\mu = 0,05$, * - significant at the level of $\mu = 0,05$

Bibliografia

Dłubowska-Zielińska K. 1995. Szacowanie ewapotranspiracji, wilgotności gleb, i masy zielonej roślin na podstawie zdjęć satelitarnych NOAA. PAN, Prace Geograf, 165, s. 81

Frąckowiak H. 1990. Przeobrażenia właściwości biologicznych i chemicznych w glebach torfowo-murszowych i mineralno-murszowych w warunkach ekstremalnie posusznych. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Intensyfikacja użytków zielonych a ochrona środowiska przyrodniczego. NOT, SI-TWM, Warszawa, ss. 80-95

Frąckowiak H. 1991. Wpływ głębokiego odwodnienia słabych gleb organicznych na wielkość mineralizacji masy organicznej i związków azotowych. *Fragm. Agronomica, Z. specj.*, 1: 118-127

Frąckowiak H., Feliński T. 1994. Obniżanie się powierzchni słabych gleb organicznych w warunkach intensywnego przesuszenia. *Wiadomości IMUZ*, t.18, 2: 9-29

Gawlik J. 1994. Wpływ głębokiego i długotrwałego odwodnienia gleb hydrogenicznych na ich fizyczno-wodne właściwości. *Wiadomości IMUZ*, XVIII, z. 2: 9-28

Grzyb S., Frąckowiak H., Kozłowska T. 1988. Effect of depression funnel of the brown coal strip mine "Bełchatów" on organic soils and their agricultural productivity. *Proceedings VIII International Peat Congress, Leningrad*, ss. 177-183

Kozłowska T., Dłubowska-Zielińska K., Ostrowski J., Ciołkosz A., Stankiewicz K., Bochenek Z. 2000. Szacowanie plonów z użytków zielonych w skali regionalnej z zastosowaniem teledetekcji satelitarnej. *Wiadomości IMUZ*, 95, s.107

Liu Y., Zha Y., Gao J., Ni S., 2004. Assessment of grassland degradation near Lake Qinghai, West China, using Landsat TM and in situ reflectance spectra data. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 25, no. 20: 4177-4189

Ołowit J. 1992. Identyfikacja warunków wilgotnościowych w siedliskach słabych za pomocą wskaźników roślinnych (metoda fitoindykacji). *Wiadomości IMUZ*, 79: 39-68

Price K.P., Guo X., Stiles J.M. 2002. Optimal Landsat TM band combinations and vegetation indices for discrimination of six grassland types in eastern Kansas. *International Journal of Remote Sensing*. vol. 23: no. 23, 5031-5042

Wehde M.E. 1995. Digital image comparison by subtracting contextual transformations: Percentile rank order differentiation. *Photogrammetric engineering & remote sensing*, vol. 61 (10): 1273-1278

**IDENTIFICATION OF DEEPLY DRAINED HYDROGENIC HABITATS
IN THE REGION OF THE BEŁCHATÓW BROWN COAL MINE BASED
ON THE IMAGES FROM THE LANDSAT TM SCANNER**

Summary

Deep and long-lasting drainage of hydrogenic habitats causes transformation processes leading to their degradation. Identification of these sites transformations and their monitoring, if they occur in large areas, are difficult and sometimes low-effective by traditional methods. In the paper an attempt to use images from the Landsat TM satellite for the identification of transformed due to deep drainage hydrogenic habitats and of their range has been made. A comparison of information contained in the satellite images with information obtained by conventional methods during direct field studies showed satisfactory agreement of identification of grassland sites transformed as a result of drainage and of assessment of the range of the KWB Bełchatów ground water depression cone negative effect on grasslands.

Key words: satellite scanning, Landsat TM, hydrogenic habitats, land drainage

Praca została zrealizowana w ramach projektu KBN 8 T12 E 02821.

Recenzent: Krzysztof Wierzbicki


