

WYKORZYSTANIE WCZESNOWIOSENNYCH ZOBRAZOWAŃ SATELITY LANDSAT-ETM W MONITORINGU ZBIOROWISK Z UDZIAŁEM TRZCINY POSPOLITEJ

Paweł PRÓCHNICKI

Politechnika Białostocka, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

Słowa kluczowe: Landsat, monitoring, trzcina pospolita (Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.)

Streszczenie

Trzcina pospolita (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), powszechnie występujący hydrofit, stanowi zagrożenie wielu nieleśnych torfowisk. Wegetatywnie rozwijające się szuwały trzcinowe negatywnie wpływają na różnorodność biologiczną i ograniczają rozwój innych gatunków. W klasycznym ujęciu monitorowanie ich przestrzennej ekspansji jest możliwe z wykorzystaniem inspekcji terenowej lub wysokorozdzielczej teledetekcji. Metody te są jednak kosztowne i pracochłonne, zwłaszcza w monitoringu obiektów wielkoobszarowych. Proponuje się wykorzystanie do tego celu zobrażeń Landsat-ETM, rejestrowanych wiosną. Jednoroczne nadziemne łodygi trzcin pospolitej po sezonie wegetacyjnym pozostają w siedlisku do wiosny, przez długi czas przesłaniając kielkującą świeżą roślinność. Nawet niewielka ich ilość wpływa na wartość odbitego promieniowania w podczerwieni. Zjawisko to modyfikuje właściwości spektralne obrazu i umożliwia identyfikację trzcinowisk na zobrażeniach satelitarnych na podstawie kompozycji *NDVI*.

WSTĘP

Trzcina pospolita (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) jest gatunkiem kosmopolitycznym o bardzo szerokiej amplitudzie ekologicznej [TOMASZEWICZ,

PODBIELKOWSKI 1996]. Możemy ją spotkać prawie na każdej szerokości i długości geograficznej z wyjątkiem obszarów polarnych. Porasta siedliska wodne i lądowe o różnym statusie troficznym. Pojawia się w wodach płynących i stojących, słodkich i słonawych. Doskonale radzi sobie zarówno z trwałym podtopieniem, jak i trwałym wynurzeniem. Zasadza m.in. strefy brzegowe zarówno dużych, jak i małych zbiorników wodnych, brzegi rzek, strumieni i kanałów [ASAEDA, KARUNARATNE 2000; KOPPITZ 1999; ROBERTS 2000].

Ekolodzy w ostatnich latach poświęcają temu gatunkowi coraz więcej uwagi. Najistotniejszym omawianym problemem, związanym z tym taksonem, jest jego przestrzenna ekspansja. Rozmnażająca się wegetatywnie trzcina tworzy rozrastające się i zajmujące duże powierzchnie polikormony. Pokrywają one duże arealy nieleśnych torfowisk, monotypizując je i ograniczając rozwój innych gatunków. Wpływają przez to na zmniejszenie różnorodności biologicznej [AMSBERRY i in. 2000; BART, HARTMAN 2000; BURDICK i in. 2001; LENSSEN i in. 2000]. Przykładem mogą być mało- i wielkoobszarowe łąki bagienne [DEMBEK 2002], a w szczególności tereny Bagien Biebrzańskich i Narwiańskiego Parku Narodowego, gdzie dodatkowo zjawisko to wpływa negatywnie na dostępność terenów lęgowych dla wielu gatunków awifauny [BANASZUK 1996; LEWARTOWSKI 1996; PRÓCHNICKI 2005; ZEMBROWSKI i in. 2010]. Można jednak znaleźć wiele doniesień z obszaru Europy Zachodniej, gdzie – głównie w środowisku limnicznym – dochodzi do ustępowania trzciny ze stref brzegowych. Jest to zjawisko niekorzystne, zbiorowiska z dominacją trzciny w takich lokalizacjach spełniają bowiem funkcję barier geochemicznych. Następuje ono głównie z powodu hipertofizacji siedlisk [ARMSTRONG, ARMSTRONG 2001; CLEVERING 1998; HARTOG i in. 1989; PUTTEN 1997]. Przestrzenny rozwój tego gatunku może mieć też aspekt gospodarczy. Nadziemne łądygi można pozyskiwać i wykorzystywać jako źródło energii [GRANÉLI 1984; MIROWSKI i in. 2005] lub materiał do produkcji pokryć dachowych [HALL 1997].

Niezależnie od tego czy trzciniowiska są ekspansywne, czy nie, zachodzi potrzeba monitorowania zmian przestrzennych w ich rozwoju. Monitoring umożliwi kontrolę i analizę rozwoju tych szuwarów lub szacowanie ilości biomasy możliwej do pozyskania. Tradycyjnie wykorzystywane metody badania szaty roślinnej, tj. inspekcje terenowe i teledetekcja wysokorozdzielcza mogą jednak być zbyt kosztowne i czasochłonne [CIOLKOSZ i in. 1999; LILLESAND, KIEFER 2002]. Rozwiązaniem może być zastosowanie nowej metody, w której wykorzystuje się zobrazenia Landsat-ETM (obrazy można uzyskać bez opłat z Internetu), mogącej w warunkach określonych założeń dostarczać wystarczająco dokładnych i porównywalnych danych do wieloletniego monitoringu.

Celem niniejszej pracy jest określenie założeń proponowanego podejścia metodycznego i jego przydatności.

METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano zgeometryzowane zobrazenie Landsat-ETM (pas 187 rząd 023), zarejestrowane w maju 2001 r. Scena ta obejmuje obszar północno-wschodniej Polski. Do testów wybrano obszar Narwiańskiego Parku Narodowego, obejmującego fragment doliny górnej Narwi (województwo podlaskie). Dla terenu Parku autor wykonał dokładną analizę kartograficzną stanu trzcinowisk na podstawie zdjęć spektrostrefowych, wykonanych w 1997 r. [PRÓCHNICKI 2005]. Wyniki tych badań zostały użyte do porównania i oceny przydatności wyników fotointerpretacji sceny satelity Landsat-ETM. Dobór materiałów teledetekcyjnych wynikał z ich dostępności. Autorowi nie udało się pozyskać zobrażeń satelitarnych, zarejestrowanych w bardziej zbliżonym terminie w stosunku do zdjęć lotniczych.

Do przetwarzania obrazu sceny satelitarnej użyto oprogramowania Microstation z nakładką Image Analyst. Z danych satelitarnych zarejestrowanych w zakresie odbitego promieniowania czerwonego i podczerwonego wygenerowano kompozycję *NDVI* (znormalizowany wskaźnik roślinności) i poddano klasyfikacji nie nadzorowanej [LILLESAND, KIEFER 2002]. Jako pola treningowe wybrano jednorodne obszary, dla których określono stopień pokrycia trzciną pospolitą na podstawie zdjęć lotniczych z 1997 r. [PRÓCHNICKI 2005]. W wyniku klasyfikacji kompozycji *NDVI* powstała mapa trzcinowisk, podzielonych na dwie kategorie: z pokryciem trzciną poniżej 75% i od 75 do 100%. Wyniki kartowania i pomiarów powierzchni trzcinowisk porównano z wynikami uzyskanymi z fotointerpretacji zdjęć lotniczych [PRÓCHNICKI 2005].

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Planując monitoring i badania szaty roślinnej, mamy do wyboru metody bezpośredniej inspekcji terenowej lub metody teledetekcyjne. Inspekcja terenowa umożliwia, z założeniem użycia systemu GPS, uzyskanie dość dużej dokładności. Jest to jednak metoda bardzo czasochłonna i kosztowna. Kartowanie rozległych obszarów, takich jak obszary Narwiańskiego lub Biebrzańskiego Parku Narodowego, nie jest zadaniem prostym ze względu na trudną dostępność terenu i dużą powierzchnię. Kartowanie zasięgu trzcinowisk w strefie brzegowej jezior wymaga przemieszczania się np. łodzią wzdłuż frontu szuwaru i kartowania tzw. metodą online GPS.

Kolejną możliwością jest użycie materiałów teledetekcyjnych: zdjęć lotniczych i/lub zobrażeń satelitarnych. W klasycznym ujęciu, z uwagi na pokrój trzcin pospolitej i innych gatunków niskich, używa się do kartowania zasięgu obrazów wysokorozdzielczych: zdjęć lotniczych lub obrazów satelitarnych, np. Ikonos, QuickBird. Takie podejście metodyczne zapewnia prawidłową identyfikację trzcinowisk i dużą dokładność kartograficzną [CIOŁKOSZ i in. 1999; LILLESAND, KIE-

FER 2002]. Dużą wadą jest jednak wysoki koszt tych materiałów i kłopotliwa procedura ich pozyskania.

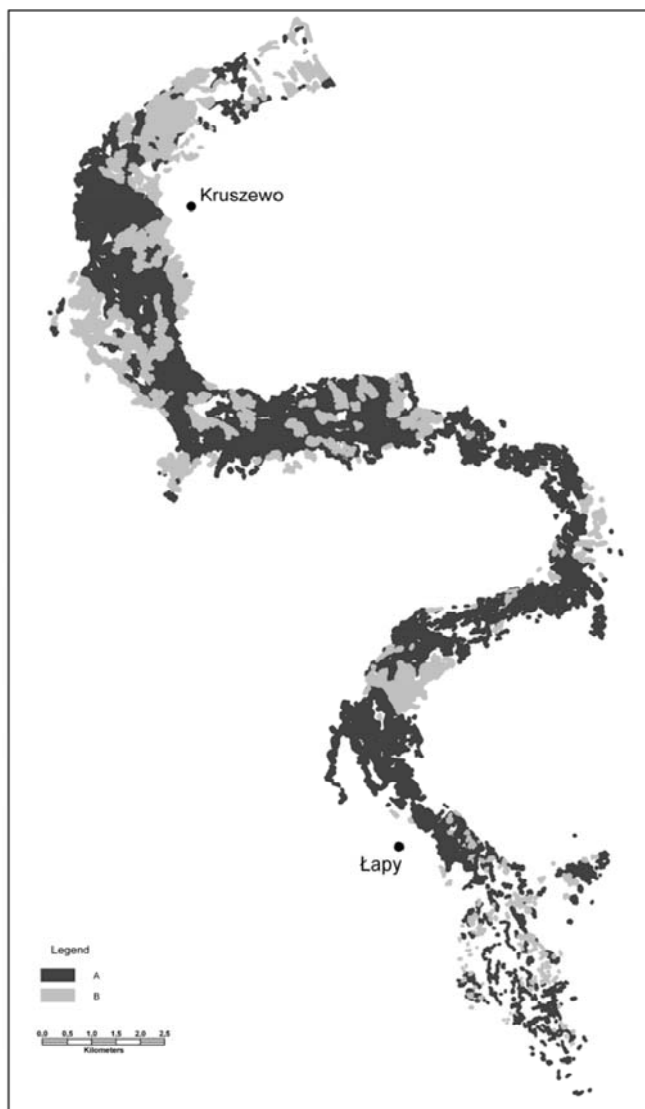
Alternatywą dla tych metod jest użycie satelitarnych zobrazowań, np. Landsat-ETM. Satelita ten rejestruje obraz w 7 kanałach spektralnych i dodatkowo w paśmie panchromatycznym. W badaniach roślinności wykorzystuje się kompozycje odpowiednich zakresów spektralnych. Najczęściej stosuje się wskaźnik *NDVI*. W kompozycji tej wykorzystuje się zakres czerwony (0,63–0,69 μm) oraz bliskiej podczerwieni (0,76–0,90 μm). Wybarwienie obrazu zależy od udziału fotosyntetyzującej materii roślinnej na danym obszarze. Powierzchnie pozbawione żywej roślinności to wskaźnik *NVDI* od -1 do 0 , a z wegetującą roślinnością od 0 do $+1$. Obraz *NVDI* doskonale nadaje się do różnicowania materiału roślinnego na obumarły i żywy, określania biomasy roślinnej, określenia pokrycia szatą roślinną, stanu zdrowotnego roślin itp. [LILLESAND, KIEFER 2002].

Ograniczeniem w wykorzystaniu tych zobrazowań w badaniach roślinności jest stosunkowo niska rozdzielczość przestrzenna. W paśmie panchromatycznym wynosi 15 m , a w pozostałych 30 m . Pojedynczy obiekt, aby był widoczny na zdjęciu, musi mieć wymiary większe niż $15 \times 15\text{ m}$ (225 m^2). Na podstawie struktury obrazu nie można rozpoznać żadnych gatunków drzewiastych, zwłaszcza niskich drzew. Jedynie informację spektralną można wykorzystać do interpretacji obrazu roślinności [LILLESAND, KIEFER 2002].

W tradycyjnym ujęciu do interpretacji zobrazowań satelitarnych pod kątem szaty roślinnej wykorzystuje się obrazy z sezonu wegetacyjnego. W takim przypadku jednak zróżnicowanie wartości albedo trzcinowisk i innej roślinności szuwarowej i łąkowej jest niewielkie i uniemożliwia jednoznaczne określenie typu roślinności. Rozwiązaniem tego problemu może być wykorzystanie zobrazowań Landsat-ETM, rejestrowanych wiosną, na początku sezonu wegetacyjnego. Trzcina pospolita jest gatunkiem wieloletnim, jednak jej nadziemne części (łodygi i liście) są jednoroczne. Po sezonie wegetacyjnym obumierają i zazwyczaj pozostają na siedlisku jako suche martwe ulistnione łany [AMSBERRY i in. 2000; TOMASZEWICZ, PODBIELKOWSKI 1996]. Gatunek ten wypuszcza nowe łodygi stosunkowo późno w porównaniu z inną roślinnością [ASAEDA, KARUNARATNE 2000; BART, HARTMAN 2000]. Suche pozostałości roślinne wczesną wiosną w dużym stopniu (zależnym od zagęszczenia łodyg z poprzedniego sezonu wegetacyjnego) przesłaniają odrastającą świeżą roślinność. Zarejestrowane przez satelitę widmo spektralne takiej powierzchni, przetworzone do kompozycji *NVDI*, daje dobre zróżnicowanie i umożliwia identyfikację zasięgu szuwarów trzcinowych zarówno w strefach brzegowych jezior, jak i na otwartych torfowiskach w dolinach rzecznych. Monitoring szuwarów trzcinowych tą metodą wymaga, oczywiście, doboru daty rejestracji sceny satelitarnej, tak aby stan roślinności spełniał opisane powyżej założenia.

Analiza zdjęć lotniczych, przeprowadzona przez autora, pozwoliła oszacować, że w 1997 r. na terenie NPN powierzchnia szuwarów trzcinowych wynosiła $1\,626,3\text{ ha}$, szuwarów mieszanych turzycowo-trzcinowych $674,3\text{ ha}$, czyli łącznie

2 300,6 ha. Tempo ich przyrostu w granicach NPN w latach 1987–1997 wyniosło $11 \text{ ha} \cdot \text{rok}^{-1}$ [PRÓCHNICKI 2005]. Zakładając stałe tempo wzrostu, możemy oszacować powierzchnię trzcinowisk w 2000 r. na ok. 2333 ha (rys. 1).



Rys. 1. Mapa szuwarów z udziałem trzciny pospolitej (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), wykonana na podstawie zdjęć lotniczych z 1998 r.; A – 75–100% udziału trzciny, B – <75% udziału trzciny; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Map of common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) rush based on aerial photo taken in 1998; A – 75–100% share of common reed, B – <75% share of common reed; source: own studies



Rys. 2. Mapa szuwarów z udziałem trzciny pospolitej (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), wykonana na podstawie sceny satelitarnej Landsat-ETM z 2001 r.; A – 75–100% udziału trzciny, B – <75% udziału trzciny; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Map of common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) rush based on satellite Landsat-ETM image taken in 2001; A – 75–100% share of common reed; B – <75% share of common reed; source: own studies

Pomiary powierzchni szuwarów trzcinowych, na podstawie kompozycji *NDVI* sceny satelitarnej Landsat-ETM, wykazały że powierzchnia szuwarów trzcinowych (pokrycie trzciny od 75 do 100%) to ok. 1 631 ha, a szuwarów trzcinowo-turzycowych (pokrycie trzciny <75%) – ok. 664 ha (rys. 2). Łącznie powierzchnia trzcinowisk wynosi ok. 2 295 ha. Różnica między pomiarami na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych to 38 ha (ok. 1,7%) i można ją uznać za niewielką. Ogólnie można stwierdzić, że wykorzystanie wiosennych Landsat-ETM zapewnia dostatecznie dokładne wyniki do wieloletniego monitoringu przestrzennego rozwoju szuwarów z dominacją trzciny pospolitej.

WNIOSKI

1. Trzcina pospolita (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) jest gatunkiem wymagającym kontroli i monitoringu. Wegetatywnie rozwijające się szuwały trzcinowe stanowią zagrożenie wielu torfowisk otwartych.

2. Stosowanie tradycyjnych metod kartowania trzcinowisk (inspekcje terenowe, wysokorozdzielcza teledetekcja) daje dużą dokładność, jest jednak kosztowne.

3. Pozostające po sezonie wegetacyjnym martwe ulistnione łodygi trzciny pospolitej wpływają na wartość odbicia w podczerwieni i stanowią element ułatwiający identyfikację trzcinowisk na zobrażeniach satelitarnych.

4. Wykorzystanie zobrażeń wiosennych i kompozycji *NDVI* umożliwia wykorzystanie zobrażeń Landsat-ETM do wieloletniego monitoringu przestrzennego rozwoju szuwarów trzcinowych.

Badania przeprowadzono w ramach projektu nr S/WBiŚ/1/2011, realizowanego w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska Politechniki Białostockiej.

LITERATURA

- AMSBERRY L., BAKER M.A., EWANCHUK P.J., BERTNESS M.D. 2000. Clonal integration and the expansion of *Phragmites australis*. Ecological Applications. Vol. 10 no. 4 s. 1110–1118.
- ARMSTRONG J., ARMSTRONG W. 2001. An overview of the effects of phytotoxins on *Phragmites australis* in relation to die-back. Aquatic Botany. No. 69 s. 251–268.
- ASAEDA T., KARUNARATNE S., 2000. Dynamic modelling of growth of *Phragmites australis*: model description. Aquatic Botany. No. 67 s. 301–318.
- BANASZUK H. 1996. Paleogeografia. Naturalne i antropogeniczne przekształcenia Doliny Górnej Narwi. Białystok. Wydaw. Ekonomia i Środowisko ss. 212.
- BART D., HARTMAN J.M. 2000. Environmental determinants of *Phragmites australis* expansion in a New Jersey salt marsh: an experimental approach. Oikos. Vol. 89 no. 1 s. 59–69.
- BURDICK D., BUCHSBAUM R., HOLT E. 2001. Variation in soil salinity associated with expansion of *Phragmites australis* in salt marshes. Environmental and Experimental Botany. No. 46 s. 247–261.

- CIOLKOSZ A., MISZALSKI J., OLEDZKI J.R. 1999. Interpretacja zdjęć lotniczych. Warszawa. PWN ss. 460.
- CLEVERING O. 1998. An investigation into the effects of nitrogen on growth and morphology of stable and die-back population of *Phragmites australis*. Aquatic Botany. No. 60 s. 11–25.
- DEMBEK W. 2002. Problemy ochrony i restytucji mokradeł w Polsce. Inżynieria Ekologiczna. Nr 6 s. 68–85.
- GRANÉLI W. 1984. Reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel as an energy source in Sweden. Biomass. Vol. 4 no. 3 s. 183–208.
- HALL N. 1997. The basics of biomass roofing. St.Gallen. Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT) ss. 325.
- HARTOG D., KVET C., SUKOPP H. 1989. Reed: a common species in decline. Aquatic Botany. No. 35 s. 1–4.
- KOPPITZ H. 1999. Analysis of genetic diversity among selected populations of *Phragmites australis* world-wide. Aquatic Botany. No. 64 s. 209–221.
- LENSEN J., MENTING F., PUTTEN W., BLOM C. 2000. Variation in species composition and species richness within *Phragmites australis* dominated riparian zones. Plant Ecology. No. 147 s. 137–146.
- LEWARTOWSKI Z. 1996. Waloryzacja awifauny łęgowej Doliny Górnej Narwi i konieczność jej ochrony. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 428 s. 123–141.
- LILLESAND T.M., KIEFER R.W. 2002. Remote sensing and image interpretation. New York. John Wiley & Sons Inc. ss. 763.
- MIROWSKI T., SZURLEJ A., WIELGOSZ G. 2005. Kierunki energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Polityka Energetyczna. Nr 8 z. 2 s. 55–75.
- PRÓCHNICKI P. 2005. The expansion of common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) in the anastomosing river valley after cessation of agriculture use (Narew river valley, NE Poland). Polish Journal of Ecology. Vol. 53 no. 1 s. 105–111.
- PUTTEN W. 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of European Research Programme on Reed Die-back and Progression. Aquatic Botany. No. 59 s. 263–275.
- ROBERTS J. 2000. Changes in *Phragmites australis* in south-eastern Australia: A habitat assessment. Folia Geobotanica. Vol. 35 no. 4 s. 353–362.
- TOMASZEWICZ H., PODBIELKOWSKI Z. 1996. Zarys hydrobotaniki. Warszawa. PWN ss. 366.
- ZEMBROWSKI K., DUBOWSKI A.P., RAKOWICZ A., ROGALSKI M., WOJTKOWIAK R. 2010. Ochrona bioróżnorodności na obszarach wodno-błotnych parków narodowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 55 no. 4 s. 185–188.

Paweł PRÓCHNICKI

THE USE OF SPRING LANDSAT-ETM IMAGES IN THE MONITORING OF *Phragmites australis*

Key words: common reed, Landsat, monitoring

S u m m a r y

Common reed is a widespread hydrophyte which poses a threat for flora of nonforest open wetlands. Reed rushes reproduce vegetatively and forming single-species aggregations restrain the development of other species and decrease biodiversity. In a traditional approach, a field study or application of high resolution remote sensing data are proposed for monitoring reed's spatial expansion.

However, the methods are very expensive and time-consuming especially in monitoring wide-extent areas. The method of using Landsat-ETM data could be applied for monitoring reed vegetation. Annual above ground reed parts remain after the vegetation season until spring. Even small amount of reed affects a near infrared albedo by eclipsing young sprouting plants. This phenomenon modifies spectral properties of satellite images and enable identification of reed rushes. The process of photo interpretation should be executed on the basis of NDVI composition.

Recenzenci:

prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska-Zielińska

dr Monika Szewczyk

Praca wpłynęła do Redakcji 05.04.2011 r.