

WIELOCZASOWE DANE OBRAZOWE W BADANIU ZMIAN POKRYCIA TERENU

MULTI-TEMPORAL DATA FOR LAND COVER CHANGE DETECTION

Krystyna Michałowska, Ewa Głowienka-Mikrut

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: wieloczasowe obrazy satelitarne, klasyfikacja nadzorowana, SPN, zmiany pokrycia terenu

STRESZCZENIE: W badaniach wykorzystane zostały wieloczasowe zdjęcia satelitarne z lat 1979, 2000 i 2007 dla obszaru Słowińskiego Parku Narodowego charakteryzującego się dużą dynamiką zmian krajobrazu. Bazując na wynikach klasyfikacji nadzorowanej dla trzech roczników zdjęć satelitarnych obszaru Parku przeprowadzono badanie zmian pokrycia terenu i określono wielkość oraz kierunek przekształceń dla poszczególnych klas. Na podstawie map pokrycia terenu wykonano analizę korelacji krzyżowej w programie IDRISI. Wykonano również ilościową analizę zmian powierzchni poszczególnych klas pokrycia terenu w danym przedziale czasowym. Obliczone wielkości (pikselowe) zmian w zakresie poszczególnych form pokrycia dla obszarów w granicach Parku pozwoliły na utworzenie map przedstawiających tereny, które w okresie 1979÷2000 oraz 1979÷2007 uległy przekształceniu oraz map terenów „stałych”. W ramach badań przeprowadzona została ilościowa i jakościowa analiza stopnia i kierunku przekształceń poszczególnych elementów krajobrazu Parku w badanych okresach. W rezultacie określono procentowy poziom zmian dla danych form pokrycia terenu SPN z uwzględnieniem przejścia jednej kategorii w inną. Prace finansowane w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.949.

1. WPROWADZENIE

Zastosowanie technologii opartych na fotogrametrii cyfrowej i teledetekcji do badania środowiska naturalnego jest obecnie coraz bardziej popularne zarówno w Polsce jak i na świecie. Liczne przykłady zastosowania obrazów satelitarnych oraz zdjęć lotniczych często zintegrowanych w jednym systemie GIS do monitorowania zachodzących w środowisku zjawisk i ich skutków, a także do badania zmian pokrycia terenu opisane zostały w pracach wielu autorów (Jano i in. 1998, Kloiber i in. 2002, Mousavi i in. 2003, Hejmanowska i in. 2006, Mularz i in. 2006.). Możliwości wykorzystania zobrażeń satelitarnych, a w szczególności indeksu wegetacji NDVI do monitorowania stanu biomasy na badanych obszarach opisują w swoich pracach m.in. (Justice i in. 1985, Weiss i in. 2004, Archer 2004).

Szczególne miejsce w badaniach dotyczących zmian środowiska naturalnego mają prace oparte o dane pochodzące z różnych źródeł i okresów (Nori i in. 2008, Zhou i in. 2008). Stwarzają bowiem możliwości szerszego podejścia do problemu badania zmian krajobrazu. Wykorzystanie obrazów satelitarnych i narzędzi GIS do określania dynamiki

zmian pokrycia terenu przez zastosowanie metod obliczania obrazów różnicowych i indeksów wegetacji przedstawiono w opracowaniu Ramachandr'a (Ramachandr i in. 2004). Obrazy Landsata TM i ETM+ z jednoczesnym zastosowaniem nowych metod do ekstrakcji informacji ze zdjęć satelitarnych wykorzystano do tworzenia map zmienności linii brzo-wej bezodpływowego, słonego jeziora Urmia w północnym Iranie (Alesheikh i in. 2004). Opracowanie Mousavi'ego (Mousavi i in. 2003) jest przykładem zastosowania wielocza-sowych zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych dla obszaru Zatoki Gorgan do tworzenia bazy danych GIS, wykorzystanej następnie do analizy zmian pokrycia terenu.

W artykule przedstawiono badania przeprowadzone dla obszaru Słowińskiego Parku Narodowego, który wyróżnia się wśród innych Parków Narodowych w Polsce, nie tylko z powodu ruchomych wydm, lecz także ze względu na znaczną dynamikę siedlisk fauny i flory, co jest cechą charakterystyczną, konstytutywną tego Parku. Tym niemniej, część powierzchni SPN zajmują zbiorowiska klimaksowe, tj. trwałe w danych warunkach siedliskowych. W niniejszym artykule przedstawiono badania stopnia i kierunku prze-kształceń poszczególnych elementów krajobrazu Parku w okresie 1979÷2007 oraz próbę ustalenia terenów stałych, nie zmieniających swojego charakteru.

2. DANE I METODYKA BADAŃ

W badaniach wykorzystano ortofotomapy satelitarne systemu LANDSAT MSS z roku 1979 oraz LANDSAT ETM+ z roku 2000 i 2007 udostępniane przez GLCF (*Global Land Cover Facility*) – serwer *University of Maryland* (Tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyka wykorzystanych materiałów satelitarnych

sensor	Zakres spektralny	Ilość kanałów	Rozdzielczość przestrzenna	Data rejestracji
LANDSAT MSS	0.50 – 1.10	4	60	31.05.1979
LANDSAT ETM+	0.45 – 2.35	6	30	13.06.2000
LANDSAT ETM+	0.45 – 2.35	6	30	09.06.2007

W analizach zmian pokrycia terenu SPN wykorzystano częściowo wyniki klasyfikacji nadzorowanej uzyskane na podstawie obrazów satelitarnych z lat 1979 i 2000 (Głowienka, Michałowska, 2007). Przy czym mapy te zostały zmodyfikowane m.in. zredukowano liczbę klas z 7 na 6, tworząc z kategorii „łąki i pastwiska” oraz „tereny rolne” nową klasę „łąki, podmokłe i rolne”.

Obraz LANDSAT ETM+ zarejestrowany w roku 2007 (podobnie jak obrazy z lat 1979 i 2000 – Głowienka, Michałowska, 2007) poddano korekcji atmosferycznej w celu minimalizacji wpływu atmosfery na wartości zarejestrowanego odbicia spektralnego. Korekcję wykonano za pomocą modułu *ATCOR2* programu *PCI Geomatica* (Rys. 1). Na podstawie przetworzonego obrazu przeprowadzono klasyfikację nadzorowaną w programie *ENVI*, metodą *Maximum Likelihood*. Zdefiniowane zostały następujące klasy:

- wydmy 1 (wydmy ruchome, odkryty piasek),
- wydmy 2 (pola wydmowe częściowo pokryte roślinnością),

- woda (wody morskie oraz jeziorne),
- lasy (liściaste, iglaste inne niż wydmowe),
- łąki, tereny rolne i podmokłe,
- las wydmowy (lasy mieszane i bory na wydmach nadmorskich).



Rys. 1. Zastosowanie korekcji atmosferycznej do poprawy jakości obrazów satelitarnych dla obszaru SPN (obraz satelitarny z 2007 roku przed korekcją – z lewej, fragment obrazu dla obszaru SPN po korekcji – z prawej)

Dla otrzymanych wyników klasyfikacji przeprowadzona została analiza dokładności. Dokładność klasyfikacji określa się w wybranych, często w sposób przypadkowo wygenerowanych punktach kontrolnych, dla których znane jest rzeczywiste użytkowanie/pokrycie terenu. Może być ono określone w oparciu o informacje pozyskane w wyniku wywiadu terenowego. W przypadku obrazów archiwalnych nie jest to możliwe. W związku z tym do porównania wykorzystuje się inne dane, np. ortofotomapy, czy wyniki interpretacji wizualnej obrazu satelitarnego, dla którego wykonano klasyfikację. Z założenia, bowiem wynik klasyfikacji automatycznej może być co najwyżej tak dobry jak wyniki wizualnej interpretacji przeprowadzonej przez doświadczonego specjalistę. Dokładność klasyfikacji obrazów z Landsata została określona właśnie w ten sposób. I tak dla obrazów z lat 1979, 2000, 2007 wynosiła odpowiednio: 71%, 89% i 88% (Tab. 2). Przy czym, dokładność wyników klasyfikacji obrazów z lat 2000 i 2007 spełnia warunki minimalnych standardów klasyfikacji (85%) uzgodnionych przez USGS (Anderson i in., 1976). Natomiast wyniki klasyfikacji obrazu z roku 1979 można uznać za zadowalające i wykorzystać do analizy zmienności pokrycia badanego terenu.

Tab. 2. Dokładność wyników klasyfikacji obrazów Landsata

Rok	1979	2000	2007
Dokładność całkowita (Overall Accuracy)	71.5%	89.3%	87.9%
Współczynnik Kappa	0.67	0.87	0.86

Należy jednak zauważyć, iż w przypadku klas „lasy” oraz „łąki, tereny rolne i podmokłe” dokładność klasyfikacji wynosiła odpowiednio 53% i 36%. Do wyników analiz w obszarze tych klas nie należy mieć takiego zaufania jak do pozostałych. Gorszy wynik klasyfikacji spektralnej wymienionych klas wynika z natury odbicia promieniowania elektromagnetycznego, a dokładnie z podobieństwa krzywych spektralnych lasów, szczególnie iglastych i wody. W przypadku automatycznej klasyfikacji spektralnej nie jesteśmy

w stanie uniknąć mieszania się tych klas, możemy jedynie takie błędy korygować ręcznie. Istnieje oczywiście możliwość zastosowania alternatywnej metody np. klasyfikacji obiektowej uwzględniającej np. teksturę klasyfikowanych obiektów. W przypadku analizy wyników klasyfikacji wykorzystującej jedynie właściwości spektralne obiektów należy brać pod uwagę ograniczenia metody.

Bazując na wynikach klasyfikacji nadzorowanej dla trzech roczników zdjęć satelitarnych obliczono udział powierzchniowy (w hektarach oraz procentowo) poszczególnych klas pokrycia terenu. Następnie przeprowadzono analizę zmian pokrycia terenu i określono wielkość oraz kierunek przekształceń dla poszczególnych klas. W tabeli 4 przedstawiono zestawienie powierzchni klas dla wszystkich trzech roczników, natomiast w tabeli 5 zaprezentowano wielkości zmian powierzchni poszczególnych klas w stosunku do roku 1979 i 2000.

Na podstawie map pokrycia terenu wykonano analizę korelacji krzyżowej w programie IDRISI (Clark 2006, Shalaby i in., 2007). Wykorzystując funkcję pozwalającą na automatyczne porównanie klas jednego obrazu z klasami obrazu drugiego, przeprowadzono ilościową analizę zmian powierzchni poszczególnych klas pokrycia terenu w danym przedziale czasowym. Obliczone wielkości (pikselowe) zmian w zakresie poszczególnych form pokrycia terenu dla obszarów w granicach Parku pozwoliły na utworzenie map przedstawiających tereny, które w okresie 1979÷2000 oraz 1979÷2007 uległy przekształceniu (Rys. 2). Ponadto na mapach (Rys. 3) przedstawiono obszary poszczególnych klas, które w danych przedziałach czasowych nie zmieniły swojego charakteru. Wyniki przedstawiające zmiany w obrębie poszczególnych klas z uwzględnieniem przejścia danej klasy w drugą oraz zmiany związane z przekształceniem jednej lub kilku form w analizowaną klasę, zestawiono w tabeli 6.

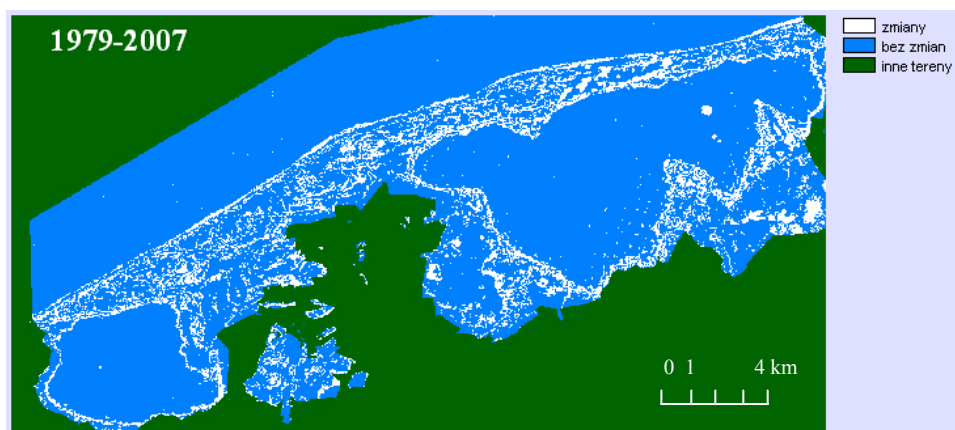
3. WYNIKI BADAŃ

W dalszej części badań, przeprowadzono ilościową i jakościową analizę stopnia i kierunku przekształceń poszczególnych elementów krajobrazu Parku w badanych okresach. W rezultacie określono procentowo poziom zmian całkowitych (Tab. 3) oraz poszczególnych form pokrycia terenu SPN (Tab. 5).

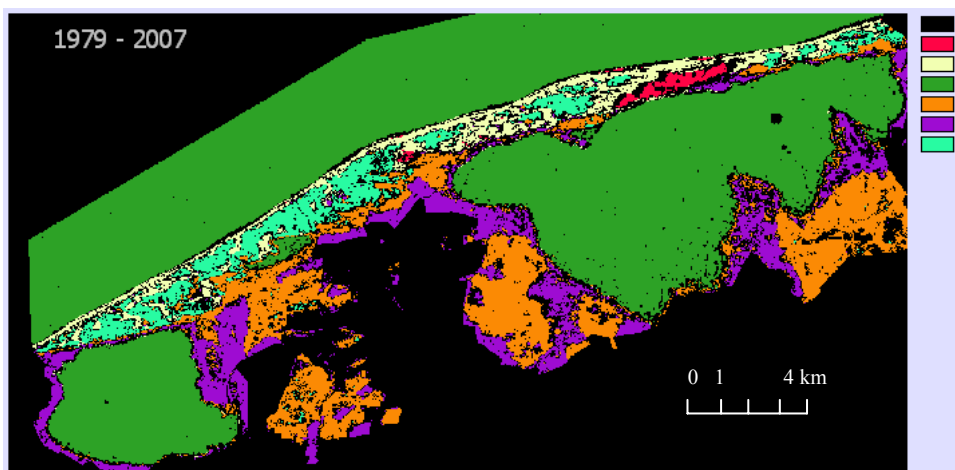
Z analizy zmian całkowitych w okresie 1979÷2000 (Tab. 3) wynika, że przekształceniu uległo 4063 hektary powierzchni SPN, co stanowi 12,6% obszaru Parku. W dłuższym przedziale czasowym tj. w latach 1979÷2007 zmiany zaszły na 4199 hektarach (13% powierzchni Parku). Na podstawie uzyskanych wyników analizy krzyżowej w postaci map przedstawiających powierzchnie ulegające przekształceniu (Rys. 2) i tereny bez zmian (Rys. 3) można stwierdzić, iż największą dynamiką zmian charakteryzują się tereny znajdujące się w strefie brzegowej morza i jezior tj. plaża oraz pas wydm nadmorskich jak również obszary znajdujące się w sąsiedztwie jezior Łebsko i Gardno. Są to tereny sklasyfikowane jako wydmy 1, wydmy 2 oraz łąki, tereny rolne i podmokłe. Głównym powodem tych zmian na terenie Parku jest „wkraczanie” zbiorowisk roślinnych na tereny wydm, a także sukcesywne zarastanie brzegów jezior. Zmiany spowodowane są również degradacją siedlisk roślinnych (np. trawy, las wydmowy) przez migrujące wydmy.

Tab. 3. Wielkość powierzchni obszarów Parku, które uległy zmianom oraz obszarów, które nie zmieniły swojego charakteru w stosunku do roku 1979

Przedział czasowy	1979÷2000		1979÷2007	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Tereny SPN				
bez zmian	28154.8	87.4	28019.5	87.0
ulegające zmianom	4063.3	12.6	4198.5	13.0



Rys. 2. Powierchnie, które w latach 1979 i 2007 uległy zmianie (kolor biały)



Rys. 3. Wynik analizy krzyżowej dla map pokrycia terenu z lat 1979 i 2007: wyeksponowane obszary (poszczególne klasy), które nie uległy zmianie (1 – wydmy 1, 2 – wydmy 2, 3 – woda, 4 – lasy, 5 – łąki, tereny rolne podmokłe, 6 – las wydmy)

Z tabeli 4 wynika, iż w 1979 roku łączna powierzchnia zajmowana przez: aktywne wydmy, pola odkrytego piasku oraz plażę (wydmy 1), a także wydmy częściowo pokryte roślinnością (wydmy 2) wynosiła 2098 ha (6,49%). Klasa wody zajmowała 60,27% obszaru Parku. Natomiast lasy iglaste, liściaste oraz wydmy pokrywały 6984 ha, co stanowi 21,2% powierzchni analizowanego terenu. Udział procentowy łąk, pastwisk i terenów rolnych wynosił 11,62%. W przypadku roku 2000 klasy wydmy 1 oraz wydmy 2 zajmowały już mniejszą powierzchnię w stosunku do poprzedniego roku tj. 1848 ha (5,72%). Woda stanowiła 62,31% powierzchni obszarów chronionych. Lasy pokrywały łącznie 21% (6796 ha), natomiast łąki, pastwiska oraz tereny rolne 10,94% powierzchni całkowitej Parku. W roku 2007 pierwsza i druga klasa zajmowała 1933 ha tj. dokładnie 6% obszaru Parku. Wody stanowiły 62,3% powierzchni SPN, podobnie jak w poprzednich latach. Powierzchnia lasów zwiększyła się w ciągu 7 lat o 64 hektary i wynosiła 6860 ha. Udział powierzchniowy łąk, pastwisk, terenów rolnych i podmokłych wynosił 10,3%.

Tab. 4. Udział powierzchniowy klas w [ha] i [%] na mapach pokrycia terenu (częściowo wg Głowienka, Michałowska 2007, uzupełnione)

klasa		Rok 1979		Rok 2000		Rok 2007	
		[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
1	wydmy 1	289.0	0.9	273.6	0.8	271.3	0.8
2	wydmy 2	1809.0	5.6	1574.4	4.9	1662.0	5.2
3	woda	19479.6	60.3	20138.5	62.3	20054.4	62.3
4	las	4976.2	15.4	4661.7	14.4	4670.0	14.5
5	łąki, tereny rolne i podmokłe	3757.1	11.6	3537.2	10.9	3328.9	10.3
6	las wydmy	2008.2	6.2	2133.8	6.6	2189.9	6.8

Tab. 5. Zmiany powierzchni klas w stosunku do roku 1979 i 2000 (częściowo wg Głowienka, Michałowska 2007, uzupełnione)

klasa		zmiany		1979÷2000		1979÷2007		2007÷2000	
		[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
1	wydmy 1	-15.4	-5.3	-17.7	-6.1	-2.4	-0.9		
2	wydmy 2	-234.6	-13.0	-147.0	-8.1	87.6	5.3		
3	woda	658.9	3.4	574.8	3.0	-84.1	-0.4		
4	las	-314.5	-6.3	-306.2	-6.2	8.3	0.2		
5	łąki, tereny rolne i podmokłe	-219.9	-5.9	-428.2	-11.4	-208.3	-6.3		
6	las wydmy	125.6	6.3	181.7	9.0	56.1	2.6		

Na podstawie obliczonych różnic powierzchni klas pokrycia terenu w analizowanych latach (Tab. 5), można stwierdzić, że powierzchnia zajmowana przez klasę wydmy 1 w roku 2000 i 2007 zmniejszyła się w stosunku do roku 1979 odpowiednio o 15 ha (co stanowi zaledwie 5,3% powierzchni tej klasy) i o 18 ha (6,1%). W przypadku wydmy 2 różnica powierzchni wynosiła odpowiednio -235 ha (13% powierzchni klasy) i -147 ha (8,1%). Mniejsza różnica w okresie 1979÷2007 jest efektem zwiększenia powierzchni tej

klasy o 87.6 ha w latach 2000÷2007 (Tab. 5). Zmiany powierzchniowe w stosunku do 1979 dla klasy nr 3 i 4 w obu okresach były porównywalne i stanowiły odpowiednio dla wody około 3%, zaś dla lasów 6%. Duże zmiany zaobserwowano w przypadku grupy łąki, pastwiska, tereny rolne i podmokłe. W przedziale czasowym 1979÷2000 powierzchnia tej klasy zmniejszyła się o 220 ha (6%), natomiast w okresie o 7 lat dłuższym (1979÷2007) zmniejszenie powierzchni wynosiło już 428 ha (11%), co wskazuje na dynamiczne zmiany w obrębie tej klasy. W przypadku lasu wydmowego zaobserwowano dodatni bilans i zwiększenie powierzchni tej klasy o 6% (2000 r.) i 9% (2007 r.) w stosunku do roku 1979.

Tab. 6. Wyniki analizy krzyżowej w [%] na podstawie map pokrycia terenu z lat 1979 i 2007

		1979					
2007	[%]	wydmy 1	wydmy 2	woda	lasy	łąki, tereny rolne i podmokłe	las wydmowy
		[%]	51.80	5.45	0.00	0.02	0.33
	wydmy 1	41.26	61.40	0.23	1.22	3.00	11.95
	wydmy 2	4.92	10.75	99.31	6.10	0.44	2.80
	woda	0.03	2.72	0.38	72.32	26.07	15.98
	lasy	2.00	7.11	0.06	12.94	68.64	4.93
	łąki, pastwiska, tereny rolne i podmokłe	0.00	12.58	0.00	7.41	1.53	63.76
	las wydmowy						

Z analizy tabeli 6 wynika, że na 40% powierzchni (116 ha) klasy wydmy 1 wkroczyła roślinność wydmowa. Przez okres 21 lat 156 ha (53.5% powierzchni) aktywnych pól wydmowych i odkrytych piasków nie zmieniła swojego charakteru. W porównaniu do roku 1979 tylko 17.6 ha tj. 6% powierzchni tej klasy przeszła w wody, co mogło być efektem działania np. procesów erozyjnych w strefie brzegowej Bałtyku. Około 100 ha wydym częściowo zarośniętych (5.5% powierzchni tej klasy) przeszło w aktywne pola wydmowe, a 240 ha (13%) w las wydmowy. W przypadku klasy łąki, pastwiska, tereny rolne i podmokłe oraz klasy lasy można zaobserwować, że łącznie ponad 70% powierzchni tych form pokrycia terenu pozostało bez zmian. Natomiast 16% lasów przeszło w łąki, tereny rolne i podmokłe, z kolei 18% ich powierzchni uległo przejściu w kategorię lasy.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony sposób analizy pokazuje ogólną tendencję dynamiki zmian i rozwoju poszczególnych klas w latach 1979÷2007. Obliczone wielkości zmian nie uwzględniają jednak relacji przestrzenno-czasowych pomiędzy klasami, a więc kierunku, stopnia przekształcenia oraz przejścia (przekształcania) form jednych w drugie w danym przedziale czasowym. Zastosowanie korelacji krzyżowej pozwala na uwzględnienie tego typu relacji pomiędzy klasami tj. określenie w jakim stopniu dana klasa pozostała stała (nie uległa zmianom), jaka część jej powierzchni przeszła w inną, a jaka powierzchnia innej kategorii uległa przekształceniu i przeszła w badaną klasę (Gao i in. 2009, Shalaby i in. 2007).

Z analizy zmian całkowitych w okresie 1979–2007, wynika, że przekształceniu uległo 13% powierzchni Parku. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż największą dynamiką zmian charakteryzują się tereny sklasyfikowane jako wydmy 1, wydmy 2 oraz łąki, tereny rolne i podmokłe. Głównym powodem tych zmian na terenie Parku jest sukcesja roślinności wyrażająca się wkraczaniem zbiorowisk roślinnych na tereny wydm, a także sukcesywnym zarastaniem brzegów jezior. Zmiany spowodowane są również zjawiskiem odwrotnym czyli degradacją zbiorowisk roślinnych (np. trawy, las wydmy) przez migrujące formy wydmy. Przyczyną przechodzenia jednych klas w inne, może też być rozwijająca się na terenie parku turystyka.

5. LITERATURA

- Anderson R., Hardy E., Roach J., 1976. A Land Use And Land Cover Classification System For Use with Remote Sensor Data. *Geological Survey Professional Paper* 964.
- Alesheikh A., Ghorbanali A., Talebzadeh A., 2004. Generation the coastline change map for Urmia Lake by TM and ETM+ imagery. Map Asia Conference 2004, Beijing, China
- Archer E. 2004. Beyond the “climate versus grazing” impasse: using Remote Sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. *Journal of Arid Environments* vol. 57, s. 381–408
- Clark Labs 2006, IDRISI Andes Guide. Clark University.
- Gao J., Liu Y. 2009. Determination of land degradation causes in Tongyu County, Northeast China via land cover change detection. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. vol.12. s. 9–16.
- Głowienka E., Michałowska K., 2007. Możliwość monitorowania zmian środowiska z użyciem narzędzi GIS na przykładzie Słowińskiego Parku Narodowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 17, s. 241–250.
- Hejmanowska B., Drzewiecki W., Głowienka E., Mularz S., Zagajewski B., Sanecki J., 2006. Próba integracji satelitarnych obrazów hiperspektralnych z nieobrazowymi naziemnymi danymi spektrometrycznymi na przykładzie zbiornika Dobczyckiego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16, 2006.
- Jano A., Jefferies R., Rockwell R., 1998. The Detection of vegetational change by multitemporal analysis of Landsat data: the effects of goose foraging. *Journal of Ecology* 1998, vol. 86, s. 93–99.
- Justice C., Townshend J., Holben B. and Tucker C., 1985. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 6, s. 1271–1318.
- Kloiber S., Brezonik P., Bauer M., 2002. Application of Landsat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. *Water Research*, 3, s. 4330–4340.
- Mousavi S., Muller J., Vita-Finzi C., Price D., 2003. Application of Remote Sensing and GIS Methods to Dynamic Studies of The Southern Caspian Sea Coastal Zone, Iran. *Impact of Sealevel Change on Coastal Regions. EGS – AGU – EUG Joint Assembly*, Nice, France.
- Mularz S., Drzewiecki W., Hejmanowska B., Pirowski T., 2006. Wykorzystanie teledetekcji satelitarnej do badania procesu akumulacji zanieczyszczeń w rejonie zbiornika Dobczyckiego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16, 2006.
- Nori W., Elsiddig E. N., Niemeyer I., 2008. Detection of land cover changes using multitemporal satellite imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing.

Ramachandra T., Kumar U., 2004. Geographic Resources Decision Support System for land use, land cover dynamics analysis. *Proceedings of the FOSS/GRASS Users, Conference* – Bangkok, Thailand, 12–14 September.

Shalaby, A., Tateishi, R., 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, vol. 27 (1), s. 28–41.

Weiss J., Gutzler D., Coonrod J. and Dahm C., 2004. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semiarid setting, central New Mexico, USA. *Journal of Arid Environments* 58.2, s. 249–272.

Zhou Q., Li B., Sun B., 2008. Modelling spatio-temporal pattern of landuse change using Multitemporal remotely sensed imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing.

MULTI-TEMPORAL DATA FOR LAND COVER CHANGE DETECTION

KEY WORDS: multitemporal satellite image, supervised classification, SPN, analysis of changes

SUMMARY: The research employed multitemporal satellite photos from 1979, 2000, and 2007 of the area of the Słowiński National Park, which is marked by its high dynamics of landscape changes. Based on the results of a supervised classification concerning three annual volumes of satellite images of the Park area, a research of the area coverage changes has been conducted, and the size of changes and direction of transformations for particular classes were determined. Using land cover maps, an analysis of cross correlation in IDRISI software was conducted, as well as a quantitative analysis of surface area changes of particular land coverage classes in certain time intervals. The calculated (pixel) volumes of changes in particular land coverage forms for the areas within the Park limits made it possible to create maps showing those areas, which in 1979÷2000 and in 1979÷2007 were subjected to transformations, as well as maps of "constant" areas. The scope of the research included a quantitative and qualitative analysis of the degree and direction of transformations of particular Park landscape elements in the examined time periods. As a result, percentage level of the changes for the area coverage forms of the Park were determined, allowing for transformations of one category into another.

dr inż. Krystyna Michałowska
e-mail: michalowska@interia.eu
telefon: 696 044 460
fax: 012 617 39 93

mgr inż. Ewa Głowienka-Mikrut
e-mail: eglo@agh.edu.pl
telefon: 12 617 39 93
fax: 12 617 39 93