

WYKORZYSTANIE TELEDETEKCJI SATELITARNEJ DO BADANIA PROCESU AKUMULACJI ZANIECZYSZCZEŃ W REJONIE ZBIORNIKA DOBCZYCKIEGO

USING OF SATELLITE REMOTE SENSING FOR WATER CONTAMINANTS ACCUMULATION PROCESS ASSESSMENT IN DOBCZYCE RESERVOIR

Stanisław Mularz, Wojciech Drzewiecki, Beata Hejmanowska, Tomasz Pirowski

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Akademia Górniczo-Hutnicza
w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: teledetekcja satelitarna, sensor ALI, zanieczyszczenia wód, zbiorniki wodne

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono wstępne wyniki badań dotyczących próby wykorzystania wielospektralnych obrazów zarejestrowanych z pokładu satelity EO-1 za pomocą sensora ALI (*Advanced Land Imager*), dla oceny stanu, relacji przestrzennych procesu akumulacji oraz sposobu propagacji zanieczyszczeń w obrębie testowanego rezerwuaru. Metodologia badań polegała na wykorzystaniu różnych procedur przetwarzania pełnego zestawu wielospektralnych danych obrazowych. Procedury te można ująć w dwa główne segmenty, a to (1) wzmacnianie odwzorowania (modyfikacja kontrastu, progowanie, techniki filtracyjne, fuzja kanału panchromatycznego z kanałami spektralnymi) oraz (2) ekstrakcja informacji tematycznej (wagowanie obrazów, generowanie kompozycji barwnych wraz z ich analizą statystyczną, automatyczna klasyfikacja danych wielospektralnych). W toku badań uzyskano niezwykle interesujący obraz przestrzenny rozplywu zawiesiny, stanowiącej efekt dostawy materii mineralnej i organicznej, przede wszystkim z obszaru zlewni bezpośredniej zbiornika, a zwłaszcza z jej północnej części. Obserwuje się przy tym wyraźną strefowość, będącą wynikiem zróżnicowanej koncentracji zawiesiny oraz dających się śledzić kierunków jej propagacji. Rezultaty badań pozwalają na stwierdzenie, że satelitarne obrazy pozyskiwane za pomocą sensora ALI mogą być z powodzeniem wykorzystywane do oceny stopnia i przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń sztucznych zbiorników wodnych, ładunkiem materii mineralnej i organicznej.

1. WPROWADZENIE

Zachowanie pojemności zbiorników retencyjnych oraz utrzymanie w nich odpowiedniej jakości wód, zwłaszcza w zbiornikach wykorzystywanych do zaopatrzenia w wodę pitną ludności dużych aglomeracji, (do których należy Zbiornik Dobczycki) posiada ogromne znaczenie społeczne i gospodarcze. W wielu miejscach na świecie podejmowane więc są działania mające na celu ograniczenie ilości osadów transportowanych przez wody powierzchniowe zasilające zbiornik. Działania takie przyjmować mogą różnorodną postać – od rozwiązań „końca rury” polegających np. na

budowie małych zbiorników retencyjnych powyżej głównego zbiornika czy wprowadzaniu buforowych pasów zieleni w strefie brzegowej rzek, aż po rozwiązania mające na celu ograniczenie ilości osadów w miejscu ich powstawania czyli zapobieganie erozji wodnej gleb, np. poprzez zmianę sposobu i struktury użytkowania terenu (por. Verstraeten et al., 2003). Niejednokrotnie działania te przybierają formę zintegrowanych programów zarządzania zlewnią. Podjęcie odpowiednich działań i dobór metod ograniczania ilości osadów transportowanych przez wody powierzchniowe wymaga przede wszystkim oceny ładunku osadów docierających do wód w efekcie zachodzących w zlewni procesów erozyjnych. Ogromne znaczenie ma w tym przypadku rozpoznanie przestrzennej zmienności nasilenia procesów erozji wodnej gleb, jak również określenie głównych dróg zasilania sieci wód wynoszonym materiałem glebowym. Należy bowiem pamiętać, iż nie cały erodowany materiał dociera do wód powierzchniowych – część ulega wcześniejszej akumulacji. A zatem dopiero łączne określenie obszarów erozji i akumulacji materiału glebowego pozwala na delimitację terenów w największym stopniu przyczyniających się do zanieczyszczania wód powierzchniowych osadami, a co za tym idzie racjonalizację podejmowanych działań zapobiegawczych, zwłaszcza w odniesieniu do sztucznych zbiorników retencyjnych.

Badania funkcjonowania zbiorników i ekosystemów brzegowych bazowały do niedawna prawie wyłącznie na metodach bezpośrednich pomiarów i analizie chemicznej, z niewielkim tylko udziałem teledetekcji, zwłaszcza satelitarnej. Natomiast aktualnie metody teledetekcyjne stanowią nie tylko komplementarne narzędzie, dające istotne wsparcie dla klasycznych metod analitycznych, ale stają się wręcz niezastąpione w badaniu relacji przestrzennych zbiornik – ekosystem brzegowy oraz dla potrzeb szeroko pojętego monitoringu środowiska wodnego, zwłaszcza naturalnych i sztucznych akwenów śródlądowych. Wykorzystane są do tego celu, zarówno średniorozdzielcze, wielospektralne obrazy satelitarne systemów Landsat (TM, ETM+), SPOT, ASTER, jak również wysokorozdzielcze dane obrazowe, np. z satelitów Ikonos, Quickbird (Verdin, 1985; Schiebe et al., 1992; Mayo et al., 1995; Dekker et al., 1998, Dekker et al., 2001; Lindell et al., 1999; Baruah et al., 2002; Kloiber et al., 2002a; Kloiber et al., 2002b; Sawaya et al., 2003; Hellweger et al., 2004). Intensywne badania w tym zakresie są prowadzone, zwłaszcza w ostatnich latach, w związku z dostępnością nowego zestawu danych obrazowych rejestrowanych z pokładu satelity EO-1 (*Earth Observing-1*), za pomocą wielospektralnego skanera ALI (Advanced Land Imager) oraz hiperspektralnego sensora Hyperion (Barry et al., 2001; Campbell et al., 2001; Pearlman et al., 2001; Dekker et al., 2002; Mustard 2002).

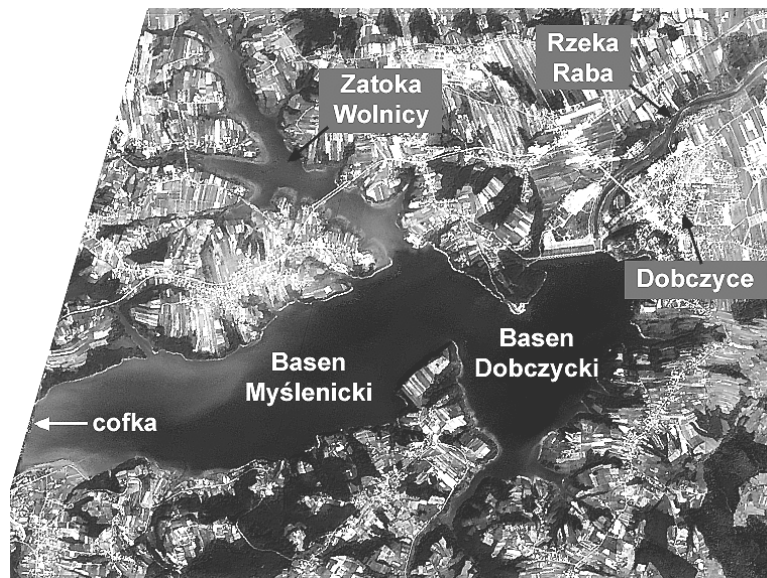
Głównym celem prezentowanych w artykule badań było sprawdzenie przydatności wielospektralnych obrazów ALI dla oceny stanu oraz relacji przestrzennych procesu akumulacji zanieczyszczeń a także sposobu ich propagacji w wodach testowanego rezerwuaru, którym był Zbiornik Dobczycki. W toku badań stwierdzono, że metody teledetekcyjne mogą stanowić istotne wsparcie dla klasycznego monitoringu środowiska wodnego, oraz że możliwe jest wykorzystanie wielospektralnych obrazów ALI dla geometryzacji przestrzennego rozkładu zanieczyszczenia wód zbiornika materią mineralną i organiczną.

Prezentowane prace badawcze wykonano w ramach projektu KBN 3T 09D 09429 pt. „Badania procesów akumulacji i przemian związków chemicznych w osadach

Dobczyckiego Zbiornika wody pitnej dla miasta Krakowa w celu oceny jego stanu jako ekosystemu”.

2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU TESTOWEGO

Zbiornik Dobczycki (rys. 1) zajmuje fragment doliny rzeki Raby pomiędzy Myślenicami i Dobzycami i został podzielony na trzy główne akweny: Basen Dobczycki i Basen Myślenicki stanowiące odpowiednio wschodnią i zachodnią część rezerwaru oraz Zatoka Wolnicy obejmująca przyujściowy odcinek doliny tego potoku. Całkowita powierzchnia zlewni rzeki Raby do przekroju w Dobzycach wynosi około 768 km², zaś zlewnia własna zbiornika obejmuje obszar około 72 km². Oprócz rzeki Raby bezpośrednio do Zbiornika Dobczyckiego uchodzi szereg dopływów, z których największym jest prawobrzeżny potok Trzemeśnianka o zlewni 29,1 km² a następnie potoki: Bulinka (9,9 km²), Ratanica (1,6 km²) i Brzezówka o zlewni 4,2 km². Sieć lewobrzeżnych dopływów otwiera potok San wpływający do cofki w rejonie Myślenic o zlewni 3,5 km², a następnie potok Dębnik (3,9 km²) oraz potok Wolnica, największy lewobrzeżny dopływ, którego powierzchnia zlewni wynosi 15,5 km². (Starmach, Mazurkiewicz-Boroń, red., 2000). Kształt czaszy zbiornika determinują warunki morfologiczne doliny rzeki Raby wraz z dolinami cieków wpływających bezpośrednio do tego rezerwaru.. Brzegi zbiornika są w przewadze strome i urozmaiconym, nieregularnym kształcie linii brzegowej. Podłoże geologiczne obszaru testowego tworzą piaskowcowo-lupkowe utwory serii magurskiej, na których wykształciła się dość jednolita pokrywa gleb gliniastych. Charakter pokrywy glebowej w połączenie z urozmaiconą rzeźbą oraz w przewadze rolniczym użytkowaniem terenu sprzyjają niewątpliwie rozwojowi procesów erozyjnych.



Rysunek 1. Zbiornik Dobczycki - obraz panchromatyczny z sesnora ALI.

3. DANE TELEDETEKCYJNE

Do badań wykorzystano obrazy z sensora ALI (*Advanced Land Imager*) zarejestrowane z pokładu satelity EO-1 jako dane komplementarne do rejestracji hiperspektralnej (Hyperion) wykonanej w ramach eksperymentu teledetekcyjnego, który przeprowadzono w rejonie Zbiornika Dobczyckiego w czerwcu 2006 roku. Podstawowe parametry wykorzystanych danych satelitarnych zawiera Tabela 1.

Należy dodać, że rejestracja wielospektralna sensorem ALI nie obejmuje zachodniej części Basenu Myślenickiego wraz ze strefą cofki i ujściem rzeki Raby do Zbiornika Dobczyckiego.

Tabela 1. Charakterystyka obrazów sensora ALI

Kod kanału	Pasmo (μm)	Piksel (m)
Pan	0.48 - 0.69	10
MS - 1'	0.433 - 0.453	30
MS - 1	0.45-0.515	30
MS - 2	0.525-0.605	30
MS - 3	0.63-0.69	30
MS - 4	0.775-0.805	30
MS - 4'	0.845-0.89	30
MS - 5'	1.2-1.3	30
MS - 5	1.55-1.75	30
MS - 7	2.08-2.35	30

4. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Metodyka badań polegała na wykorzystaniu różnych procedur przetwarzania pełnego zestawu wielospektralnych danych obrazowych. Procedury te można ująć w dwa główne segmenty, a to (1) wzmacnianie odwzorowania oraz (2) ekstrakcja informacji tematycznej.

4.1. Ocena pojemności informacyjnej kompozycji barwnych

W pierwszym etapie badań dokonano kompleksowej oceny pojemności informacyjnej pełnego zestawu wielospektralnych danych satelitarnych, w oparciu o różne procedury statystyczne. Głównym celem tego etapu był wybór optymalnego zestawu danych obrazowych dla przeprowadzenia właściwych procedur analitycznych, które w pierwszym rzędzie obejmowały operacje wzmacniania odwzorowania, polegające na uwydatnieniu cech, ważnych z punktu widzenia potrzeb interpretacji przy wykorzystaniu procedur wzmacniania kontrastu, progowania oraz różnych technik filtracyjnych.

W przypadku danych skanera ALI procedura selekcji nabiera szczególnego znaczenia, gdyż liczba dostępnych kompozycji wzrasta tu do 84 (kombinacje 9 kanałów) z 20-stu, jakie są dostępne w systemie Landsat (6 kanałów).

W badaniach wykorzystano dwie procedury statystyczne: wskaźnik OIF - *Optimum Index Factor* (Chavez *et al.*, 1984), który wyraża normalizację sumy odchyłeń standardowych i współczynników korelacji trzech dowolnych kanałów spektralnych tworzących daną kompozycję barwną oraz wskaźnik MOIK (Moik, 1980), który jest sumą modułów korelacji trypletu kanałów spektralnych. Dla OIF wysokie wartości oznaczają, że z formalnego punktu widzenia zestaw trzech kanałów zawiera dużą objętość i różnorodność informacji. Natomiast niskie wartości wskazują na podobieństwo i powielanie informacji zawartych w kanałach. W przypadku wskaźnika MOIK zasada jest odwrotna. Obliczenia wykonano na masce obejmującej wyłącznie wody zbiornika oraz na masce obejmującej zbiornik wraz z otoczeniem. Poniżej zestawiono ranking dla wybranych kompozycji barwnych wg wskaźników OIF i MOIK uzyskany dla obszaru zbiornika (Tabela 2).

Tabela 2. Ranking kompozycji barwnych – pierwsze dziesięć kombinacji.

KB	OIF	KB	MOIK
1'4 4'	294	1'3 5'	1,66
1 4 4'	275	1'3 4'	1,70
2 4 4'	259	1'2 5'	1,73
3 4 4'	256	1'3 5	1,75
1'3 4'	236	1'3 4	1,77
1'4'5'	225	1'2 4'	1,78
1'3 4	221	1'4'5'	1,79
1'2 4'	220	1'2 5	1,81
1'4 5'	216	1'5'5	1,81
1'4'5	213	1'4 5'	1,81

Łatwo zauważyć, że występuje duża rozbieżność pomiędzy dwoma rankingami. Wskaźnik OIF, stosowany z powodzeniem dla danych Landsat (Chavez *et al.*, 1984; Park *et al.*, 1999; Mularz *et al.*, 2000), w tym przypadku funkcjonuje nieprawidłowo. Wyraźnie preferuje on kompozycje barwne z udziałem kanałów 4 i 4' (KB 1'44', 144', 244', 344'), pomimo, że są one ze sobą bardzo wysoko skorelowane ($r=0,999$). Ich wysoka pozycja w zestawieniu wynika z faktu, że oba kanały charakteryzują się o rząd wielkości wyższymi wartościami wariancji niż pozostałe kanały. Odrzucając kombinacje, gdzie kanały 4 i 4' występują równocześnie, można wskazać jako optymalne kompozycje z udziałem kanałów 1' i 3 (np. KB 1'34', 1'34), 1' i 4' (1'34', 1'4'5', 1'24', 1'4'5) lub 1' i 5' (1'4'5', 1'4'5).

Dużo przydatniejszym wskaźnikiem w przypadku danych o tak zróżnicowanej wariancji jest wskaźnik MOIK. Preferuje on kompozycje z udziałem kanałów 1' i 3 (KB '35', 1'34', 1'35, 1'34), 1' i 2 (KB 1'25', 1'24', 1'25) lub 1' z kanałami podczerwonymi (KB 1'4'5', 1'5'5, 1'4'5).

Podsumowując rankingi należy zauważyć, że selekcja kompozycji nie może być prowadzona w sposób automatyczny dla obrazów, jakie otrzymujemy ze skanera ALI.

Dopiero weryfikacja parametrów statystycznych pozwala wskazać jako najbardziej przydatne kanały 1' i 3 uzupełnione o pasmo podczerwone. Ten formalny wybór stoi w przeczości z teorią, że informacje o zróżnicowaniu wody powinny wystąpić przede wszystkim w kanałach o promieniowaniu najkrótszym (KB 1'12, 1'13, 1'23, 123). Jednak w estawieniach OIF i MOIK te kompozycje znajdują się dopiero w siódmej dziesiątce. Wysokie miejsca kompozycji z udziałem kanałów z podczerwieni (np. KB 1'34, 1'34', 1'35', 1'35) można jedynie wyjaśnić faktem, że na obszarze Zatoki Wolnicy występuje w tym spektrum promieniowania znaczne zróżnicowanie wynikające z zadymienia/zamglenia oraz z trudnej do rozpoznania bez badań terenowych sytuacji w północnej części odnogi.

Natomiast wszystkie powyższe analizy prowadzą do wniosku, że kanał 1' zawiera więcej informacji o wodzie niż wysoko z nim skorelowany kanał 1. Potwierdza ten wniosek fakt, że jeśli w rankingu rozpatrywalibyśmy tylko kanały widzialne, za najlepszą kompozycję należy uznać KB 1'23.

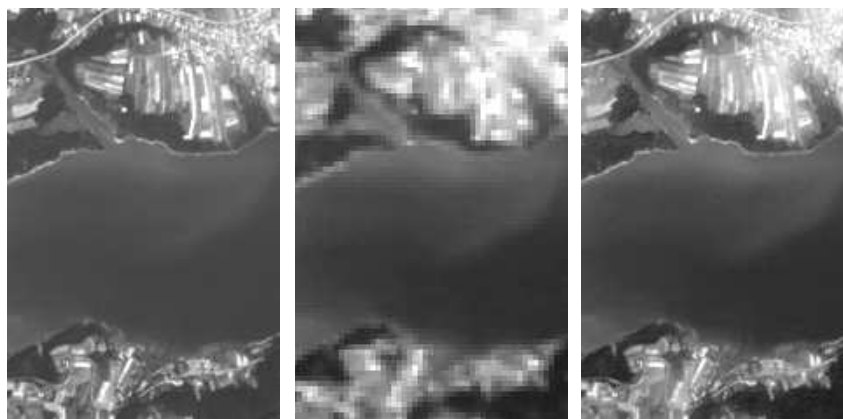
Rezultaty formalnej oceny pełnego zestawu kompozycji barwnych wskazują wyraźnie na preferencję zawartości informacyjnej w kanale niebieskim, który w rankingu najlepszych kompozycji pojawia się we wszystkich dziesięciu kombinacjach kanałów wg skażnika MOIK oraz w siedmiu wg wskaźnika OIF. Prawidłowość ta znajduje również uzasadnienie z teoretycznego punktu widzenia, gdyż jak wiadomo odpowiedź spektralna wody w paśmie niebieskim widma jest najwyższa.

4.2. Wzmocnienie przestrzenne informacji spektralnej

Testowano również różne metody wzmocniania informacji spektralnej poprzez integrację kanału panchromatycznego o rozdzielczości przestrzennej 10 m z kombinacją różnych segmentów pasma widzialnego i podczerwonego o rozdzielczości 30m. Dla zachowania oryginalnych wartości 16-bitowych zrezygnowano z popularnej metody IHS wymagającej 8-bitowego zapisu. Zastosowano w tym przypadku metodę HPF oraz rozwiązania, w których poszukiwane są relacje lokalne pomiędzy obrazami spektralnymi o niższej rozdzielczości a obrazem panchromatycznym. Dzięki wyznaczonym w ten sposób zależnościom, innym dla każdego fragmentu obrazu, następuje wygenerowanie nowych, syntetycznych zobrazowań. W badaniach oparto się o metodę lokalnej średniej i wariancji (LMM/LMVM) podaną przez Béthune *et al.* (1997) oraz metodę lokalnej korelacji (LCM) podaną przez Hill'a *et al.* (1999). Z trzech testowanych metod scalania: HPF, LMVM i LCM za najlepszą uznano metodę lokalnej korelacji, dla której już w oknie 5x5 uzyskano akceptowalne wyniki dla interpretacji wizualnej (rys. 2).

W metodzie LCM zakłada się, że podobieństwo umiejscowienia krawędzi powinno manifestować się lokalną korelacją pomiędzy kanałami, o ile okno analiz okaże się wystarczająco małe. Taka lokalna zależność powinna występować nawet wtedy, kiedy nie zachodzi globalna korelacja między zestawami danych. Kształt lokalnej korelacji może zostać opisany poprzez lokalną analizę regresji. Dla wykorzystania tych zależności dla scalania obrazów czyni się założenie, że lokalna korelacja stwierdzona pomiędzy obrazem spektralnym a zdegradowanym obrazem panchromatycznym ma również odniesienie do oryginalnego obrazu panchromatycznego. Wtedy obliczone współczynniki lokalnej regresji

i odchyłki można zastosować do odpowiadającego im obszaru kanału panchromatycznego o wysokiej rozdzielczości.



Rys. 2. Integracja danych metodą LCM: a) obraz panchromatyczny (10m), b) oryginalny kanał spektralny 2 (30m), c) kanał 2 po scaleniu z kanałem panchromatycznym.

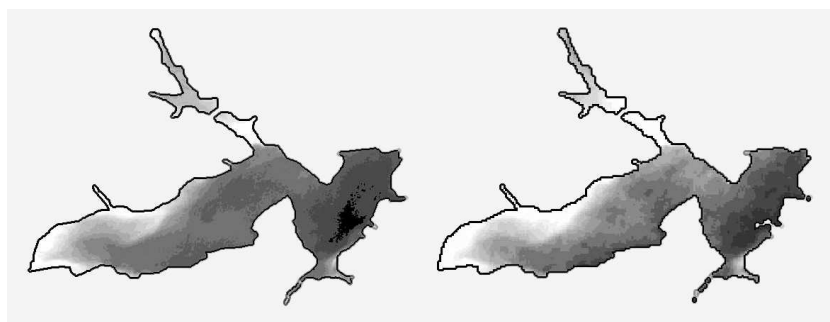
Procedura integracji danych obrazowych podnosi niewątpliwie walory interpretacyjne elementów topograficznych, natomiast nie poprawia w istotny sposób, a niekiedy nawet nieco degraduje odwzorowanie zawiesiny w wodzie zbiornika. Stąd też, przydatność produktów scalania obrazu panchromatycznego z kanałami spektralnymi wydaje się być ograniczona dla potrzeb interpretacji wizualnej zanieczyszczeń w zbiorniku.

4.3. Analiza i interpretacja wyników

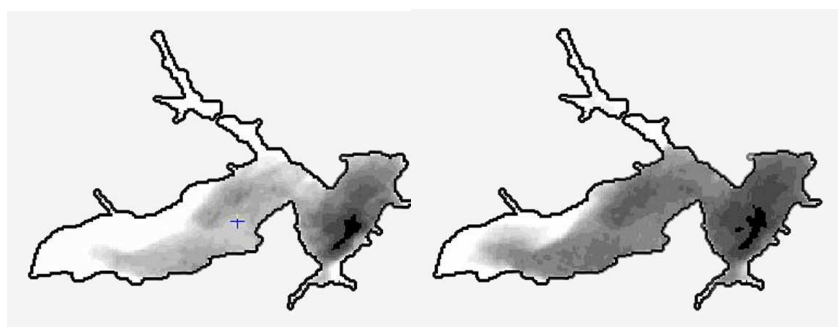
Kolejny etap prowadzonych badań stanowiła ekstrakcja zawartości tematycznej polegająca na wydobyciu z cyfrowych obrazów multispektralnych pożądanej porcji informacji poprzez odpowiednie przetworzenie i analizę odwzorowania jednego, dwóch lub większej liczby kanałów spektralnych. Wykorzystano tutaj procedury progowania i wagowania obrazów oraz automatycznej klasyfikacji danych wielospektralnych. Pierwszą z wykorzystanych technik przetwarzania danych obrazowych stanowiło progowanie (segmentacja obrazu). Progowaniu poddano obraz panchromatyczny oraz obrazy zarejestrowane w wybranych kanałach spektralnych, w każdym przypadku wydzielając na obrazie 16 klas. Wszystkie obrazy przefiltrowano wcześniej przy użyciu filtra uśredniającego o rozmiarach 3x3 piksele. Rysunki 3 i 4 prezentują wyniki progowania obrazu panchromatycznego, kanału niebieskiego (0.45 - 0.515 μm), czerwonego (0.63 - 0.69 μm) oraz obrazu uzyskanego w wyniku dzielenia międzykanałowego kanałów czerwonego i niebieskiego. Spośród testowanych metod progowania wielopoziomowego najlepsze rezultaty uzyskano przy wykorzystaniu liniowej segmentacji, zarówno odwzorowania panchromatycznego jak i kanałów niebieskiego i czerwonego.

W kolejnym etapie badań wykonano klasyfikację nienadzorowaną metodą ISOCLUST. W klasyfikacji wykorzystano kanały spektralne z zakresu promieniowania

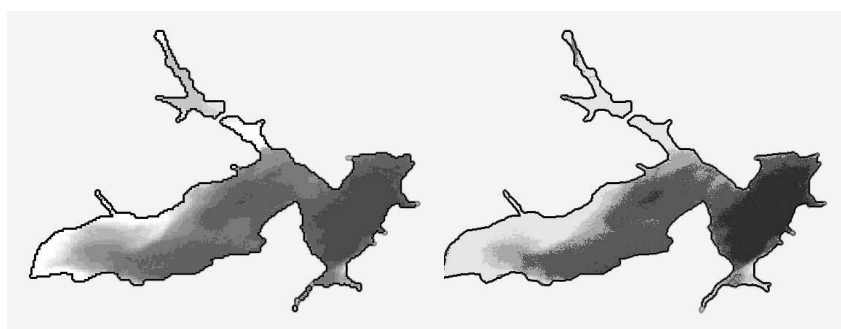
widzialnego, zarówno oryginalne jak i będące efektem mergingu. W celu zapewnienia porównywalności z obrazami uzyskanymi w wyniku progowania ilość wydzielanych klas określono na 16. Uzyskane wyniki przedstawiono na Rysunku 5. Zwraca uwagę fakt, iż na obrazie oryginalnym uzyskano większe zróżnicowanie przestrzenne wyróżnionych klas niż na obrazie o podwyższonej rozdzielczości przestrzennej.



Rysunek 3. Wynik progowania: a) obraz panchromatyczny, b) kanał niebieski. Najwyższe wartości - kolor biały, najniższe - czarny.



Rysunek 4. Wynik progowania: a) kanał czerwony, b) dzielenie międzykanałowe kanałów czerwonego i niebieskiego. Najwyższe wartości - kolor biały, najniższe - czarny.



Rysunek 5. Klasyfikacja nienadzorowana: a) oryginalne kanały spektralne, b) kanały spektralne o zwiększonej rozdzielczości przestrzennej

W toku przeprowadzonych badań uzyskano niezwykle interesujący obraz, w ujęciu przestrzennym, rozplywu zawiesiny, stanowiącej jak się okazało efekt dostawy materii mineralnej i organicznej, przede wszystkim z obszaru zlewni bezpośredniej zbiornika, a zwłaszcza z jej północnego fragmentu. Obserwuje się przy tym wyraźną strefowość, będącą wynikiem zróżnicowanej koncentracji zawiesiny oraz dających się śledzić kierunków jej propagacji na co wskazuje ewidentnie analiza porównawcza prezentowanych powyżej wyników przetwarzania satelitarnych danych wielospektralnych.

5. KONKLUZJA

Rezultaty przedstawionych badań pozwalają na stwierdzenie, że satelitarne zobrazowania pozyskiwane za pomocą sensora ALI mogą być z powodzeniem wykorzystywane do oceny stanu i propagacji w sztucznych zbiornikach wodnych. Niezbędne jest jednak dalsze doskonalenie metodyki, w zakresie przetwarzania i interpretacji tego rodzaju danych teledetekcyjnych.

6. LITERATURA

Barry P., Jarecke, P., Pearlman, J., Jupp, D., Lovell, J., and Campbell, S., 2001. Use of the Lake Frome Ground Truth Campaign as a Cross-Calibration of the Hyperion Instrument. *IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Sydney, Australia, July 9-14, 2001.

Baruah, P.J., Tamura, M., Oki, K., Nishimura, H., 2002. Neural network modeling of surface chlorophyll and sediment content in inland water from Landsat Thematic Mapper imagery using multivariate spectrometer data. [w:] Gilbert, G.D., Frouin, R.J. (Eds.), *Ocean Optics: Remote Sensing and Underwater Imagery. Proceedings of SPIE the International Society for Optical Engineering*, Seattle.

Béthune S., Muller F., Donnay J. P., 1998. Fusion of multispectral and panchromatic images by local mean and variance matching filtering techniques, *Fusion of Earth Data*, Sophia, Antipolis.

Campbell, S., J. Lovell, D.L.B. Jupp, D. Graetz, P. Barry, P. Jarecke, and J. Pearlman, 2001. The Lake Frome Field Campaign in Support of Hyperion Instrument Calibration and Validation. *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2001)*, Sydney, Australia, 2001

Chavez P. S, Jr., Gupill S. C., Bowell J. A., 1984. Image Processing techniques for Thematic Mapper data. *Proceedings, ASPRS-ACSM Technical Papers Vol. 2*

Dekker A.G., Peters SWM, Rijkeboer M, Berghuis H., 1998. Analytical processing of multi-temporal SPOT and Landsat images. *Proceedings of EARSeL Conference May 1998 in Enschede, Netherlands: Operational Remote Sensing for Sustainable Development*. Rotterdam: Balkema, 1998

Dekker A. G., Vos R.J., Peters S.W.M., 2001. Comparison of remote sensing data, model results and in situ data for total suspended matter /TSM/ in the southern Frisian lakes. *The Science of the Total Environment*, 268

Dekker, A.G., Brando V.E., Pinnel N., Held A., 2002. Backscatter magazine "HYPERION: the first imaging spectrometer from space: also suitable for inland and coastal water

observations”

<http://www.waterobserver.org/backscatter/issue-02-winter.html>

Hellweger F.L., Schlosser P., Lall U., Weissel J.K., 2004. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 61.

Hill J., Diemer C., Stöver O., Udelhoven Th., 1999. A local correlation approach for the fusion of remote sensing data with different spatial resolutions in forestry applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32.

Kloiber, S.M., Brezonik, P.L., Olmanson, L.G., Bauer, M.E., 2002a. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 82.

Kloiber, S.M., Brezonik, P.L., Bauer, M.E., 2002b. Application of Landsat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. *Water Research*, 3.

Lindell L.T., Pierson D., Premazzi G., Zillioli E., 1999. *Manual for monitoring European lakes using remote sensing techniques*. Luxembourg: European Community.

Mayo, M., Gitelson, A., Yacobi, Y.Z., Ben-Avraham, Z., 1995. Chlorophyll distribution in Lake Kinneret determined from Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 16.

Moik, J. G., 1980. *Digital Processing of Remotely Sensed Images*. Washington, D.C.NASA, Government Printing Office.

Mularz S., Drzewiecki W., Pirowski T., 2000. Merging Landsat TM images and airborne photographs for monitoring of open-cast mine area. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XIX Kongres ISPRS. Amsterdam

Mustard J. Evaluation of ALI and Hyperion for Water Investigations. *EO-1 Science Validation Team Meeting*, Greenbelt, Maryland, April 2002

Park J. H., Wikantika K., Tateishi R., 1999. Comparison of four different methods to fuse multi-sensor and multi-resolution remotely sensed data for urban topographic mapping *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 28 June - 2 July, Hamburg, Germany.

Pearlman, J., Carman S., Segal C., Jarecke P., and Barry P., Overview of the Hyperion Imaging Spectrometer for the NASA EO-1 Mission, *IEEE IGARRS*, 2001.

Sawaya, K.E., Olmanson, L.G., Heinert, N.J., Brezonik, P.L., Bauer, M.E., 2003. Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 88.

Schiebe, F.R., Harrington, J.A., Ritchie, J.C., 1992. Remote sensing of suspended sediments: the Lake Chicot, Arkansas project. *International Journal of Remote Sensing*, 13.

Starmach J., Mazurkiewicz-Boroń (red), 2000. *Zbiornik Dobczycki. Ekologia - eutrofizacja - ochrona*. Zakład Biologii Wód im. Karola Starmacha, PAN, Kraków, 2000.

Verdin, J.P., 1985. Monitoring water quality conditions in a large western reservoir with Landsat imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51.

Verstraeten G., Van Rompaey A., Poesen J., Van Oost K., Govers G., 2003. Evaluating the impact of watershed management scenarios on changes in sediment delivery to rivers. *Hydrobiologia*, 494.

USING OF SATELLITE REMOTE SENSING FOR WATER CONTAMINANTS ACCUMULATION PROCESS ASSESSMENT IN DOBCZYCE RESERVOIR

KEY WORDS: satellite remote sensing, sensor ALI, water contamination, water reservoirs

Summary

The preliminary results of using multispectral images from ALI (*Advanced Land Imager*) sensor on board the EO-1 satellite for assessment of the process accumulation and spatial propagation of water contaminations in the tested reservoir, are presented in the paper. Methodology of this study was based on different procedures of the full set of mutispectral data processing compiling into two segments, namely (1) image enhancement (radiometric correction, contrast manipulation, thresholding, spatial filtering, merging of panchromatic and spectral bands) and (2) thematic information extraction (multi-image manipulation, color composite generation and quantitative criteria analysis, unsupervised image classification). A very interesting pattern of suspended matter propagation as a deposition of mineral and organic matter coming from immediate watershed, especially from its northern part, was obtained in the course of investigation. A very clear zoning as an indicator of different concentration of water contamination, is also observed. As a conclusion one can say, that all sensor data are very useful for spatial distribution of water mineral and organic contamination within the inland water reservoirs.

Dane autorów:

dr hab. inż. Stanisław Mularz, prof. AGH

mularz@agh.edu.pl

012 6172288

dr inż. Wojciech Drzewiecki

drzewiec@agh.edu.pl

012 6173993

dr hab. inż. Beata Hejmanowska

galia@agh.edu.pl

012 6172288

dr inż. Tomasz Pirowski

pirowski@agh.edu.pl

012 6173993