

Kazimierz Furmańczyk

## BADANIA WÓD, STREFY BRZEGOWEJ MORZA, LODÓW I POKRYWY ŚNIEGOWEJ\*

### 1. Wstęp

Spośród licznych referatów Komisji VII ISPRS nt. „Monitorowania zasobów i środowiska” na Kongresie w Wiedniu w 1996 roku, 12 dotyczyło badania wód strefy brzegowej oraz lodów i pokrywy śniegowej. Analizując te referaty, daje się zaobserwować wzrastającą systematycznie liczbę obrazów satelitarnych użytych do rozwiązywania problemów. Jest to bardzo istotne, szczególnie, gdy mamy do czynienia z dynamicznym, szybko zmieniającym się środowiskiem, jakim jest woda. Tylko w jednym referacie korzystano z pojedynczej sceny satelitarnej. Na ogół używano od kilku do kilkunastu obrazów, a w jednym przypadku nawet 80 scen ze skanera CZCS.

Wzrasta również różnorodność danych przyjmowanych do badań. Obrazy radarowe wykorzystano w 5 pracach, w tym w jednym przypadku stosowano radar morski i również w jednym przypadku obok obrazów radarowych stosowano zdjęcia lotnicze i obraz ze SPOT'a.

W pięciu pracach wykorzystano wysokorozdzielcze obrazy z Landsata - TM oraz SPOT'a lub obu. W dwóch pracach zastosowano obrazy satelitarne o średniej rozdzielczości zarejestrowane przez skanery AVHRR lub CZCS.

Jedna praca dotyczyła badań laboratoryjnych.

Pod względem tematycznym prace można podzielić na 4 grupy:

- badanie zjawisk zachodzących w morzu lub rzece;
- badanie przydatności metod teledetekcyjnych do rozwiązywania konkretnego problemu;
- badania eksperymentalne;
- sporządzanie modelu rzeźby dna (DEM) w strefie pływów.

### 2. Badanie zjawisk zachodzących w morzu lub rzece

Do grupy badań zjawisk zachodzących w morzu lub rzekach można zaliczyć cztery prace dotyczące wód przybrzeżnych zachodniego Atlantyku: jedną kanadyjską i trzy brazylijskie.

Praca kanadyjska [*Larouche i in., VII*] dotyczy badań przestrzenno czasowej zmienności barwy fitoplanktonu w Zatoce Św. Lawrence'a w Kanadzie. Przeanalizowano 80 scen ze skanera Coastal Zone Color Scanner (CZCS) z trzech lat 1979 - 81 z miesięcy

---

\* Publikację opracowano na podstawie referatów prezentowanych na XVIII Kongresie ISPRS w ramach Komisji Nr VII „Monitorowanie zasobów i środowiska”

od marca do września. Po dokonaniu korekcji radiometrycznej, atmosferycznej i geometrycznej, i dowiązaniu geograficznym określono barwę fitoplanktonu dla każdej sceny. Następnie szczegółowo przeanalizowano sezonowe zmienności rozkładu barwy fitoplanktonu oraz porównano ich zróżnicowanie pomiędzy trzema sezonami. Analiza danych satelitarnych znacznie rozszerzyła wiedzę o prawidłowościach i anomaliach koncentracji fitoplanktonu w Zatoce Św. Lawrence'a w porównaniu z tradycyjnie przeprowadzonymi badaniami ze statku.

Pierwsza z brazylijskich prac [*Lorenzotti i Gaeta, VII*] dotyczyła studium upwellingu „Cape Frio” w Zatoce Południowo Brazylijskiej z użyciem obrazów AVHRR. Na podstawie codziennych danych AVHRR - HRPT z satelity NOAA od września 1992 do lutego 1993 roku określono rozkład temperatury powierzchniowej morza z użyciem jednego z wielokanałowych algorytmów NOAA. Na serii zobrazowań zaobserwowano rozwój upwellingu decydującego o warunkach biochemicznych w tym rejonie, a po raz pierwszy zaobserwowano jego zasięg aż do odległości ok. 400 km od brzegu. Dane te uzupełnione wynikami 10-dniowych biologicznych i chemicznych badań ekspedycyjnych prowadzonych w tym rejonie na przełomie stycznia i lutego 1993. Skorelowano zasięg upwellingu z wysoką koncentracją nutrientów i chlorofilu „a”.

Następna brazylijska praca [*Filho, VII*] dotyczyła badania zasięgu wypływu wód estuariowych przez wąską cieśninę w pobliżu Barra de Cananeia na południowym wybrzeżu stanu Sao Paulo. Do badań użyto tą samą scenę zarejestrowaną trzykrotnie przez skaner TM z satelity Landsat 5 z kwietnia 1984, maja 1985 i września 1986. Przetwarzanie obrazów wykonano przy użyciu brazylijskiego systemu SITIM - 340, w wyniku którego po szeregu nieskomplikowanych korekcjach i zabiegach uzyskano pseudo-barwne i barwne kompozycje. Przeanalizowano szczegółowo wpływ naturalnych czynników hydrobiologicznych na zróżnicowaną barwę poszczególnych kompozycji, mimo podobnej fazy pływów i warunków pogodowych. Przedyskutowano również czynniki hydrofizyczne, jak źródła zawiesiny (z erozji brzegu i dna) oraz kształt i lokalizację frontów oceanicznych określających zasięg wypływu wód estuariowych do oceanu.

Kolejna brazylijska praca [*Martini i Garcia, VII*] dotyczy określenia głównego nurtu rzeki Amazonki z użyciem danych teledetekcyjnych. Do rozwiązania tego problemu użyto obok innych materiałów 17 scen ze skanera TM satelity Landsat. Przebieg głównego koryta rzeki identyfikowano za pomocą zróżnicowanego zabarwienia wód (przez różną barwę zawiesiny) dopływów i nurtu głównego. Używając takich kryteriów zlokalizowano inne od dotychczasowego miejsce, jako źródło Amazonki, przez co według autorów stała się ona najdłuższą rzeką świata.

### 3. Badanie przydatności metod teledetekcyjnych do rozwiązania konkretnego problemu

Badania przydatności metod teledetekcyjnych do rozwiązania konkretnego problemu obejmują cztery prace: turecka, brazylijska, amerykańska i kanadyjska.

Praca turecka [*Coskun i Ormeci, VII*] dotyczy zastosowania teledetekcji w badaniach zanieczyszczenia środowiska wodnego Bosforu. Do analizy użyto dwie sceny Landsata TM z 1986 i 1992 roku oraz jedną scenę SPOT wielospektralną z 1993 roku. Po korekcji radiometrycznej i geometrycznej zastosowano analizę regresyjną do obliczenia korelacji między parametrami jakości wody określonymi drogą pomiarów terenowych i danymi teledetekcyjnymi. Mimo ok. 10-cio dniowej różnicy między datą zobrazowań i badań terenowych uzyskano dosyć duże wartości współczynników korelacji. Przestrzenny rozkład

parametrów jakości wody określano metodami klasyfikacji minimum odległości i maximum podobieństwa. Wykazano przydatność danych Landsat TM i SPOT wielospektralne do badań zanieczyszczenia wód Bosforu.

Praca kanadyjska [*Bajzak i Roberts, VII*] dotyczy możliwości określenia „wodnego ekwiwalentu śniegu” używając wielokanałowego lotniczego radaru z syntetyczną aperturą (SAR). Jest to bardzo ważny problem w gospodarce wodnej zlewni sztucznego zbiornika wodnego, szczególnie przy wiosennych odwilżach. Do realizacji użyto lotniczego wielospektralnego radaru (pasma X i C) z syntetyczną aperturą (SAR). Przy jego użyciu wykonano rejestrację pól testowych na obszarze zlewni dwukrotnie: tuż po pierwszym mrozie przy pokrywie śniegowej minimalnej <10 cm oraz drugi raz przy maksymalnej pokrywie śniegowej. Niezbędne było wykonanie badań terenowych w punktach testowych jednocześnie z rejestracją radarową. Niestety pierwsze badania wykonano dopiero po upływie doby po przejściu burzy śnieżnej, natomiast drugie we właściwym czasie. Autorzy doszli do wniosku, że metoda jest właściwa, lecz wymaga dopracowania szczególnie w zakresie precyzji zbierania danych terenowych oraz modyfikacji podejścia przy przetwarzaniu danych. Prace są kontynuowane.

Praca amerykańska [*Sohn i Jezek, VIII*] dotyczy przydatności metod teledetekcyjnych w badaniach położenia skraju pokrywy lodowej zachodniej Grenlandii. Do badań użyto zdjęć lotniczych z 10.VI.85, jednej sceny panchromatycznej SPOT z 30.V.88 i jednej sceny obrazu radarowego SAR z satelity ERS-1 z 20.VIII.92. Zdjęcia lotnicze zamieniono na postać cyfrową, po czym wszystkie dane teledetekcyjne przetworzono do jednakowej rozdzielczości - 50 m oraz wykonano korekcję geometryczną i dowiązanie geograficzne. Dla wspólnego obszaru wyznaczono położenie skraju pokrywy lodowej używając połączonych algorytmów przetwarzania obrazów: (anisotropic diffusion, local dynamic thresholding i recursive edge following scheme). Umożliwiło to zautomatyzowanie, a zatem zobjektywizowanie procesu. Wyniki wskazują na dużą zgodność położenia skraju pokrywy lodowej, gdzie przy siedmioletniej rozpiętości rejestracji fluktuacja położenia lądowego skraju nie przekracza 350 m, a w rejonie cieleńia się lodowca sięga 2.8 km.

Brazylijska praca [*Noernberg, VII*] dotyczy badań roślinności wodnej w sztucznym zbiorniku wodnym Tucuruí w Brazylii z użyciem wielopolarizacyjnych obrazów z lotniczego radaru SAR - C. W czterech polaryzacjach zarejestrowano obraz fragmentu zbiornika. Oprócz tego wykonano zdjęcia lotnicze tego samego obszaru w skali 1: 10 000, które posłużyły do wydzielenia granic pięciu klas powierzchni zbiornika: otwartej wody, martwych drzew, lasu i roślinności wodnej *Eichhornia sp.* oraz *Scirpus sp.* Dla każdej z klas na podstawie obrazu radarowego obliczono wskaźniki: wartości średniej, odchylenia standardowego, dynamiki sygnału (różnicy maksymalnej) oraz wartości trzech biofizycznych wskaźników: struktury pokrycia, objętościowego rozpraszania oraz biomasy. Przedyskutowano przydatność każdego ze wskaźników przy wyróżnieniu klas powierzchni zbiornika.

#### 4. Badania eksperymentalne

Do grupy badań eksperymentalnych można włączyć dwie prace: japońską i rosyjską.

Praca japońska [*Goto i in. VIII*] dotyczy możliwości wyznaczania parametrów falowania przy użyciu radaru morskiego. W dniach 5 i 6 stycznia 1995 zarejestrowano obrazy pochodzące z radaru morskiego zainstalowanego na brzegu Morza Japońskiego w pobliżu miasta Komatsu, jednocześnie przeprowadzając pomiary falowania in situ. Na podstawie zarejestrowanych obrazów, stosując ich transformację Fouriera wyznaczono spektrum

kierunkowe i długościowe falowania. Porównując uzyskane wyniki z pomiarami in situ stwierdzono, że radarowa obserwacja kierunku falowania jest wystarczająco dokładna, natomiast częstotliwość i wysokość falowania (jako pochodne z pomiarów długości) wymagają sprawdzenia przez pomiary dodatkowe.

Praca rosyjska [*Patsajeva, VII*] porusza problemy zdalnej diagnostyki rozlewu olejów mineralnych w wodzie morskiej w postaci filmu olejowego oraz zdyspergowanej. Prezentowane są wyniki prac laboratoryjnych, w których próbki olejów w postaci zdyspergowanej oraz filmu powierzchniowego różnej grubości pobudzono laserem do fluorescencji i badano ich emisję spektralną oraz widmo Ramana. Na tej podstawie określano zasięg i grubość warstwy filmu olejowego oraz odróżniano film od obszaru objętego olejem zdyspergowanym w wodzie.

## 5. Sporządzanie modelu rzeźby dna (DEM) w strefie pływów

Do odrębnej grupy dotyczącej sporządzania modelu rzeźby dna (DEM) w strefie pływów można włączyć dwie prace: tajwańską i holenderską.

Praca tajwańska [*Chen i Ran, VII*] dotyczyła określenia zmian linii brzegowej z użyciem wielokrotnie wykonywanych obrazów satelitarnych. Rejon badań położony był w strefie pływów na wybrzeżu tajwańskim. Do analizy użyto 6 obrazów SPOT z czego 5 z okresu od stycznia do kwietnia 1994 roku oraz jeden z września 1986 roku. Dla każdej sceny zanotowano aktualny poziom morza (uwzględniając pływy). Na podstawie tych notowań oraz usytuowania linii wody z 5 obrazów z 1994 roku sporządzono wysokościowy model dna (DEM) strefy pływów. Na tej podstawie określono położenie linii brzegowej w 1994 roku odpowiadające poziomowi morza okresu historycznego z 1986 roku. Dopiero tak wyznaczone położenie linii brzegowej bieżącej 1994 i historycznej 1986 porównano.

Praca holenderska [*Wang i Koopmans, VII*] dotyczy konstrukcji wysokościowego modelu dna (DEM) w strefie pływów z użyciem obrazów radarowych SAR z satelity ERS-1. Do konstrukcji modelu użyto 9 obrazów radarowych SAR z 1993 roku rejonu Vlieland w Holandii zarejestrowanych przy różnych fazach pływu. Droga odpowiedniej filtracji wyznaczona została granica lądu i wody, a następnie skorygowana przez wysokościowy model powierzchni wody w badanym rejonie, w którym uwzględniono warunki meteorologiczne, spiętrzenia wiatrowe, interakcje między systemami kanałów itp. Opracowany model porównano z mapą rzeźby dna obejmującego strefę pływów wykonaną tradycyjną metodą echosondazową z powierzchni wody. W przypadku 71 % pikseli różnica głębokości określonej z DEM oraz drogą echosondażu mieściła się w granicy (30 cm, co należy uważać jako bardzo dobry wynik.

### Uwaga

Odsyłacze bibliograficzne z liczbą rzymską odnoszą się do spisu opracowań prezentowanych w czasie Kongresu, który zamieszczony jest na końcu niniejszego zeszytu. Rzymska liczba podana po nazwisku autora określa numer komisji do której należy cytowany tytuł.

Recenzował: dr inż. Stanisław Mularz