

Anna Otfinowska

## **WYKORZYSTANIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH ORAZ ZOBRAZOWAŃ SATELITARNYCH W OCENIE ZASOBÓW WODNYCH I ZAGOSPODAROWANIU ZLEWNI**

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wykorzystanie narzędzi fotogrametrycznych i teledetekcyjnych w badaniach małych zlewni w Afryce Zach. (Mauretania, Burkina Faso, Niger), z punktu widzenia ich potencjalnego zagospodarowania. Rodzaj zastosowanych tutaj metod pochodzi od ekipy francuskich uczonych, którzy szukali rozwiązań prostych i optymalnych.

### **1. Wstęp**

Wykorzystanie metod teledetekcji środowiska pozwala na określenie relacji przestrzennych oraz ocenę jakościową i ilościową wybranych elementów środowiska. Celem niniejszego referatu jest przedstawienie użyteczności narzędzi teledetekcyjnych i fotogrametrycznych z punktu widzenia badań hydrograficznych.

Materiał źródłowy opracowania stanowi ogół projektów dotyczących zagospodarowania wybranych zlewni zlokalizowanych w Afryce Zach. (Mauretania, Burkina Faso, Niger) realizowanych w oparciu o dane pozyskane z pułapu lotniczego i satelitarnego.

Rodzaj zastosowanych tutaj metod pochodzi od ekipy francuskich uczonych, którzy szukali rozwiązań nieskomplikowanych, a jednocześnie optymalnych, zatem otrzymane rezultaty są zarazem proste jak i łatwe do pozyskania przez techników czy inżynierów pracujących w terenie.

W dokumencie syntetyzującym przeprowadzone badania wyszczególniono trzy następujące kwestie:

- rozważania dotyczące wybory narzędzi teledetekcyjnych w zależności od celu i obiektu badań oraz skali kartograficznej;
- podstawowe aspekty techniczne dotyczące wykorzystania i użyteczności zdjęć lotniczych i zobrażeń satelitarnych dla potrzeb hydrografii;
- proste przykłady zastosowania w których teledetekcja i fotogrametria ze wszystkimi swoimi możliwościami wydaje się użytecznym i optymalnym rozwiązaniem.

## 2. Rozważania ogólne

Upraszczając, w studiach nad zagospodarowaniem terenu można wyróżnić trzy etapy badań (identyfikację, analizę możliwości wdrożenia, realizację) adekwatne do wielkości skali badanego obszaru (region, zlewnia, mniejsza jednostka terenowa). Oczywiście sposób postępowania badawczego oraz wielkość przyjętej skali jest ściśle powiązana z wielkością badanego obszaru. Wykorzystanie teledetekcji i fotogrametrii ma znaczenie zwłaszcza na poziomie badań regionalnych oraz w skali zlewni, w skali mniejszych jednostek terenowych, zastosowanie mają tradycyjne badania terenowe.

przedmiot badań	sposób postępowania	skala (średnia)	wielkość obszaru
region	Identyfikacja	1:100 000	>1000 km <sup>2</sup>
zlewnia	Analiza	1:20 000	od 10 1000 km <sup>2</sup>
mniejsza jednostka terenowa	Realizacja	1:5 000	<50 km <sup>2</sup>

Dwa spostrzeżenia są tutaj niezbędne:

1. Przeprowadzając analizę terenu w oparciu o dane pozyskane metodami teledetekcji środowiska jest niezbędne by dokonać weryfikacji otrzymanych wyników w terenie. Co więcej często interesujące jest połączenie tych metod z uzupełniającymi je tradycyjnymi badaniami terenowymi;
2. Na każdym etapie studiów aspekt przestrzenny może być łączony z aspektem czasowym. Dzięki „pamięci kartograficznej” zdjęcia lotnicze i satelitarne pozwalają z coraz większą precyzją, prześledzić zmiany w czasie interesujących nas elementów środowiska geograficznego.

## 3. Wybór narzędzi i metod

W przeprowadzonych badaniach w zależności od przedmiotu i celu badań wykorzystano różne narzędzia i materiały dostępne w teledetekcji począwszy od teledetekcji lotniczej po satelitarną:

1. zdjęcia lotnicze amatorskie;
2. zdjęcia lotnicze profesjonalne;
3. zdjęcia satelitarne o wysokiej rozdzielczości.

Mowa jest tutaj tylko o technikach najprostszych będących, w powszechnym użyciu. Zobrazowania radarowe lub z skanerów umieszczonych na pokładach lecących samolotów nie są tutaj przywołane.

Interesujące jest zestawienie ze sobą różnorodnych nośników informacji geograficznej o równoważnej wielkości skali kartograficznej.

Ad.1) Zdjęcia lotnicze typu „amator” wykonane są w z góry założonym celu. Rezultaty zależą od rodzaju zastosowanego obiektywu oraz wysokości lotu. Na ich podstawie można z łatwością sporządzić mapy w skali od 1:1000 do 1:10000. Niewątpliwą korzyścią jest

możliwość zadecydowania o dacie sporządzania zdjęć oraz możliwość porównania zdjęć z różnych okresów.

Ad.2) Zdjęcia lotnicze o systematycznym pokryciu terenu, wykonywane na zlecenie Instytutu Geografii, w skali klasycznej zaczynającej się od 1:5000 do 1:50000. Jakość i precyzyjność negatywów jest różna, zwłaszcza zdjęć najstarszych.. Ze względu jednak na ich przydatność w obserwacji zaistniałych zmian w czasie są bardzo użyteczne w badaniu powierzchni i zagospodarowania terenu. Utrudnieniem jest niemożność wyboru preferowanej przez nas daty (pory roku) pozyskania danych.

Ad.3) Zdjęcia satelitarne (Spot XS o rozdzielczości przestrzennej 20 m, Panchromatic 10 m, lub Landsat TM o 30 m i MSS 80 m). Korzyści tutaj są przeciwne: możliwość wyboru daty spośród najnowszych zdjęć. Wykorzystanie licznych kanałów pozwala na bardziej skuteczne przedstawienie zagospodarowania terenu. Mankamentem jest fakt, że brakuje danych archiwalnych, gdyż dysponujemy tylko zdjęciami z okresu przeszło 20 lat, pozyskanymi przez Landsat MSS.

Skale równoważne są rzędu:

1:50000 dla SPOT XS (ewentualnie 1:25000)

1:100000 dla Landsat TM (ewentualnie 1:50000)

W omawianych badaniach wykorzystano m.in. następujące techniki fotogrametryczne: mozaikowanie, wybór ogniskowej, wysokości lotu, wybór emulsji, warstwy światłoczułej, analiza stereoskopowa zdjęć.

#### 4. Zastosowanie w hydrografii

W dziedzinie dotyczącej zasobów wodnych i zagospodarowania zlewni dane teledetekcyjne wykorzystano do:

- a) w analizie stanu powierzchni terenu:
  - wyznaczenia stref erozji powierzchniowej;
  - wyznaczenia potencjalnych stref erozji powierzchniowej;
  - inwentaryzacji i kartograficznego przedstawienia naturalnego pokrycia roślinnego i gleb;
- b) sporządzenia numerycznego modelu terenu (wyznaczenie krzywych hipsometrycznych) oraz mapy spadków (szczególna użyteczność zdjęć na obszarach gdzie brak tradycyjnej kartografii);
- c) wyznaczania granic zlewni;
- d) wyznaczenia:
  - stref intensywnego spływu powierzchniowego;
  - koryta wysokiego stanu wody;
  - koryta niskiego stanu wody;
- e) inwentaryzacji zbiorników wodnych:
  - pomiar powierzchni zbiorników wodnych,
  - sporządzenie krzywych wysokości/powierzchni/objętości
  - badanie jakości wód (zmętnienie).

## 5. Przykłady praktycznego zastosowania

Poniżej przedstawiono trzy przykłady optymalnego zastosowania metod teledetekcyjnych i fotogrametrycznych w zależności od celu i przedmiotu badań z wyborem narzędzi najbardziej optymalnych.

### 5.1. Przykład ukazujący wykorzystanie „amatorskich” zdjęć lotniczych.

#### Kartografia zlewni

#### Racjonalne zagospodarowanie zlewni Oued Amour

**Cel:** Rekonstrukcja zapory wodnej wykorzystywanej do regulacji nawodnienia obszarów objętych działalnością rolniczą oraz ograniczenie procesów erozyjnych.

**Miejsce:** Mauretania.

**Okoliczności:** brak map oraz wcześniejszych zdjęć lotniczych.

**Wytyczne:** sporządzenie mapy w skali 1:10000 przez mozaikowanie 12 zdjęć lotniczych.

**Lot:** samolot Cessna 150, wysokość 2000 stóp, szybkość lot 150 km/h.

**Użyty materiał:** format 24×36, ogniskowa 50 mm, film Ektachrome 200 ASA.

**Metody:** Projekt został zrealizowany przy wykorzystaniu aparatury fotograficznej typu „amator” oraz samolotu typu „aeroklub”. Ukazuje skuteczność oraz możliwości wykorzystania technik fotogrametrycznych nawet gdy koszty są mocno ograniczone.

Złączono 12 negatywów w mozaikę i ze skalowano do 1:10000.

W wyniku przeprowadzonej fotointerpretacji:

- wyznaczono osie (kierunki) odpływu wody spuszczonej przez zapórę;
- oznaczano granice równiny aluwialnej;
- wyodrębniło miejsca o zachwianej równowadze naturalnej;
- strefy zagrożone erozją powierzchniową;
- strefy osadzania się materiału piaszczystego.

W badaniach wykorzystano również dane zaczerpnięte z innych źródeł, a dotyczące:

- zasięgu zwierciadła wody przy min/max stanie wody;
- granic obszaru wykorzystywanego rolniczo;
- rozmieszczenia wałów ziemnych usypanych przez mieszkańców.

Efektom jest mapa powierzchni terenu z umiejscowieniem wszystkich elementów pomocnych w podejmowaniu decyzji dotyczących zagospodarowania badanej zlewni, a ukierunkowanych na prowadzenie racjonalnej gospodarki rolnej i wodnej na tym obszarze oraz podjęcie działań zabezpieczających glebę przed erozją. W sposób bardziej racjonalny i precyzyjny wydzielono strefy o ochronie przeciwerozyjnej, w których zaproponowano trasowanie stoków oraz budowę progów.

## 5. 2. Przykład ukazujący wykorzystanie profesjonalnych zdjęć lotniczych.

### Zmiany zagospodarowania i ukształtowania terenu w czasie

#### Erozja/zagospodarowanie terenu

- Cel: Ustalenie wytycznych optymalnego zagospodarowania zlewni. Realizacja mapy głównych zasobów zlewni służącej bardziej racjonalnemu jej wykorzystaniu.
- Miejsce: zlewnia Baongo w Hitte (Titao, Burkina Faso).
- Metoda: porównanie zajęć lotniczych z okresu 1952-1982.

Zastosowana metoda polega na mozaikowaniu 5 zdjęć IGB w skali 1:50 000 dla każdej daty pozyskania. Zdjęcia mają pokrycie stereoskopowe co umożliwiło sporządzenie mapy spadków.

Zlewnię o powierzchni 4000 ha podzielono na siatkę kwadratów o powierzchni 5 ha. W każdym elementarnym polu rozpoznano elementy ocenione jako użyteczne dla scharakteryzowania natężenia danego zjawiska.

EROZJA: Przyporządkowano indeksy 0/1/2 odpowiednio: brak erozji, erozja słaba, erozja silna. Następnie dane pochodzące z dwóch wyszczególnionych dat złączono w jednym pliku i na tych połączonych danych przeprowadzono klasyfikację. Łatwo dało się wyodrębnić obszary o dużej intensywności procesów erozyjnych oraz obszary nie zagrożone erozją.

ZAGOSPODAROWANIE TERENU: Zastosowano metodę jak wyżej, lecz odnotowywano tylko przynależność lub nie do obszarów zagospodarowanych rolniczo. Sporządzono mapę zmian zagospodarowania terenu w latach 1952 i 1982. Zauważono silny regres terenów wykorzystywanych rolniczo.

NACHYLENIE STOKÓW: Przy wykorzystaniu analizy stereoskopowej zaklasyfikowano każde elementarne pole siatki do jednej z trzech wyróżnionych klas pochyłości terenu:

- stoki o słabym nachyleniu <2%;
- stoki o średnim nachyleniu od 2% do 5%;
- stoki o silnym nachyleniu >5%.

GEOMORFOLOGIA: Tutaj klasy zdefiniowano następująco: równina aluwialna, przedgórze, zbocze, płaskowyż ze strefami mieszany.

Zestawienie otrzymanych wyników pozwoliło podzielić całą zlewnię na strefy o określonym przeznaczeniu z punktu widzenia jej zagospodarowania. W zależności od czterech zdefiniowanych kryteriów i ich zmienności czasowej ustalono przeznaczenie różnych obszarów do określonego użytkowania. Niektóre obszary nie były trudne do zaklasyfikowania np. działalność rolnicza na terenie równinnym o znikomej erozji.

Rezultatem jest mapa syntezująca, która może stanowić bazę wyjściową do procesów decyzyjnych w racjonalnym zagospodarowaniu zlewni.



### 5. 3. Przykład ukazujący wykorzystanie zdjęć satelitarnych.

#### Ocena zasobności powierzchniowych zbiorników wodnych z myślą o wykorzystaniu w gospodarce wodnej (krzywe wysokości/powierzchni/objętości)

Cel: Projekt zagospodarowania okresowych zbiorników wodnych.  
Miejsce: TILLABERY, NIGER  
Materiały: 3 zdjęcia SPOT XS pozyskane w porze suchej.

Zastosowana metoda łączy ze sobą trzy różne typy informacji:

- dane satelitarne (3 zdjęcia satelitarne trzech zbiorników wodnych z trzech dat pozyskania w tej samej porze suchej danego roku);
- dane dotyczące parowania (pozwalające określić spadek zwierciadła wody w zbiornikach w analizowanym okresie, bazę stanowi proste równanie bilansu wodnego w porze suchej; uważa się że niskie stany wody w tym rejonie są wynikiem intensywnego parowania; wzięto również pod uwagę wskaźnik infiltracji);
- dane charakterystyczne dla regionu pozwalające dostosować krzywą łączącą wysokość i powierzchnię do lokalnego ukształtowania terenu.

Krzywa utworzona na podstawie równania:

$$S=So(H-Ho)^{\alpha}$$

gdzie:

Ho, So są parametrami zmiennymi (Ho reprezentuje głębokość wysuszenia), S powierzchnia, H głębokość,  $\alpha$  współczynnik stały charakterystyczny dla regionu dla Nigerii wynosi 1.25).

Rezultatem są sporządzone krzywe wysokości/powierzchni i wysokości/objętości, które stanowią pomoc w zarządzaniu zbiornikami wodnymi w tym regionie.

Dokładność opracowania jest rzędu 5% dla policzonych powierzchni oraz 30% dla objętości zbiorników wodnych o powierzchni do 10 ha (przy wykorzystaniu zdjęć satelity SPOT XS z rozdzielczością przestrzenną 20 m). Dokładność ta oceniana jest za wystarczającą z punktu widzenia użyteczności uzyskanych krzywych. Ewidentną korzyścią zastosowanej metody jest szybkość uzyskania informacji i ich usystematyzowanie, które następnie posłużą wyodrębnieniu zbiorników wodnych potencjalnie nadających się do zagospodarowania, w tym regionie. Metoda ta jest alternatywna do technik tradycyjnych (batymetria, pomiary terenowe), dających rezultaty bardziej precyzyjne, jednakże bardziej czasochłonne i kosztowniejszych. Nie może być jednak zastosowana do badania jednego zbiornika wodnego, można uważać tę metodę jako optymalną i interesującą jeżeli zastosujemy ją do badań kilku zbiorników wodnych na raz.

**Literatura:**

1. Puech C., Carette J., 1989, *Apport de la teledetection a l'amenagement des bassins versants par petits ouvrages en Afrique Soudano Sahelienne*, Stage AFVP;
2. Carette J., Puech C., 1994, *Fiches methodologiques d'utilisation de la teledetection satellitaire et aeriennne pour l'amenagement de petits bassins versants en Afrique de l'Quest*, Min.Cooperation;
3. Puech C., Lamachere J-M., 1995, *Teledetection, etats de surface et observations au sol*, [In]: *Teledetection et gestion des ressources en eau*, Communications Pre-Proceedings, Montpellier 29.11 – 01.12.1995;
4. Lamachere J-M., Puech C., 1995, *Teledetection et cartographie des etats de surface*, [In]: *Teledetection et gestion des ressources en eau*, Communications Pre-Proceedings, Montpellier 29.11 – 01.12.1995.

Recenzował: dr inż. Stanisław Mularz