

**ZESZYTY NAUKOWE NR 2 (74)  
AKADEMII MORSKIEJ  
W SZCZECINIE**

---

**EXPLO-SHIP 2004**

---

Krzysztof Bojarowski

**Wykorzystanie modeli przestrzennych typu GRID  
do analiz zmian obiektów powierzchniowych**

Słowa kluczowe: numeryczny model terenu, analiza zmian

*Okresowe wyniki pomiarów przemieszczeń zostały wykorzystane do wizualizacji zmian obiektów powierzchniowych. Jako platformę opracowania wykorzystano system ArcView z nakładkami Spatial Analyses i 3D Analyses. Opracowany przykład ukazuje możliwości wykorzystania funkcji systemów informacji przestrzennej do analizy odkształceń i przemieszczeń obiektów.*

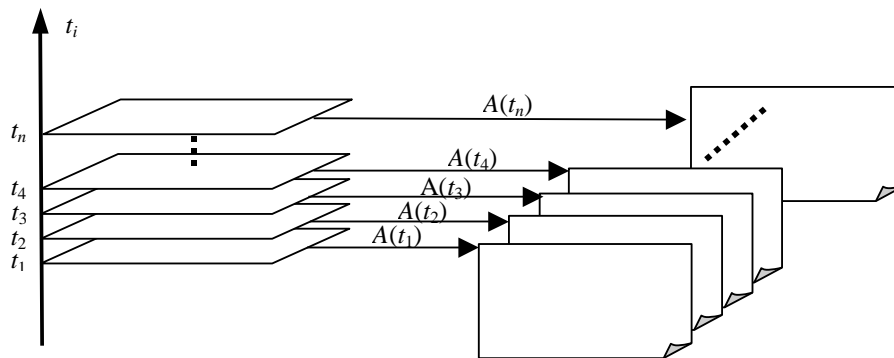
**Analyses of Alteration of Surface Objects  
Using GRID Models**

Key words: digital terrain model, analysis of alteration

*The results of repeated surveys were used to visualize and evaluate shifts and alteration of the configuration of surface objects. The ArcView system with Spatial Analyses and 3D Analyses applications was adopted as the elaboration platform. The presented examples have served to demonstrate some of the new facilities created by the application of spatial information systems in deformation analyses.*

Prace z zakresu monitoringu i wyznaczania deformacji konstrukcji inżynierskich i przemieszczeń z wykorzystaniem techniki komputerowej sięgają końca lat 70. [6, 7]. Badania związane z wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej i systemów wspomagających projektowanie w badaniach przemieszczeń i odkształceń, w tym przy rejestracji i wizualizacji w układzie 3D, są również prowadzone od szeregu lat w Instytucie Geodezji UWM w Olsztynie [1, 5, 8].

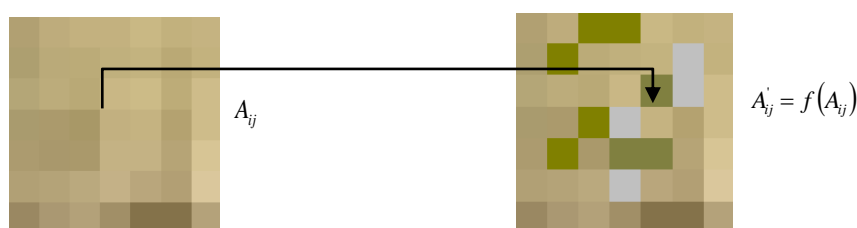
Systematyczny rozwój systemów oprogramowania i sprzętu komputerowego doprowadził do zaawansowanych technologii przetwarzania wyników pomiarów, stanowiących podstawę opracowania mapy numerycznej i wizualizacji wyników analiz przestrzennych. Ich możliwości przestrzenne w zakresie modelowania informacji przestrzennych i ich analizy są uzależnione przede wszystkim od struktury bazy danych, zastosowanego modelu przestrzennego oraz funkcji oferowanych przez oprogramowanie. Szczególnego znaczenia w analizach obiektów powierzchniowych nabierają funkcje umożliwiające tworzenie i analizowanie numerycznego modelu terenu typu GRID.



Rys. 1. Struktura bazy danych  
Fig. 1. Data base structure

Zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1, analiza i ocena zmian obiektów powierzchniowych wymaga utworzenia określonej struktury bazy danych systemu informacji przestrzennej [4]. W mapie numerycznej są rejestrowane geometryczne zależności występujące w obiekcie w kolejnych okresach pomiarowych. W zależności od celu opracowania stosuje się dwa rodzaje układów odniesienia. Układ zewnętrzny umożliwiający rejestrację i analizę względnych i bezwzględnych zmian obiektu (określenie zgodności zewnętrznej i wzajemnej). Układ wewnętrzny, najczęściej ustalany na podstawie charakterystycznych elementów badanego obiektu, pozwala na wyznaczenie stałości wzajemnej zarejestrowanych elementów.

Format oraz struktura wewnętrzna zbioru z wynikami pomiarów przemieszczeń i odkształceń powinna być dostosowana do możliwości oprogramowania. W większości przypadków może to być zbiór punktów z wyznaczonymi atrybutami, adaptowane mapy izoliniiowe lub numeryczne modele przestrzenne. Istotne jest przy tym, aby oprogramowanie adaptowane na potrzeby analiz zmian posiadało funkcje umożliwiające transferowanie zbiorów wejściowych do jednolitej struktury i utworzenie na ich podstawie modeli typu GRID na oddzielnych warstwach reprezentujących kolejne okresy pomiarowe.



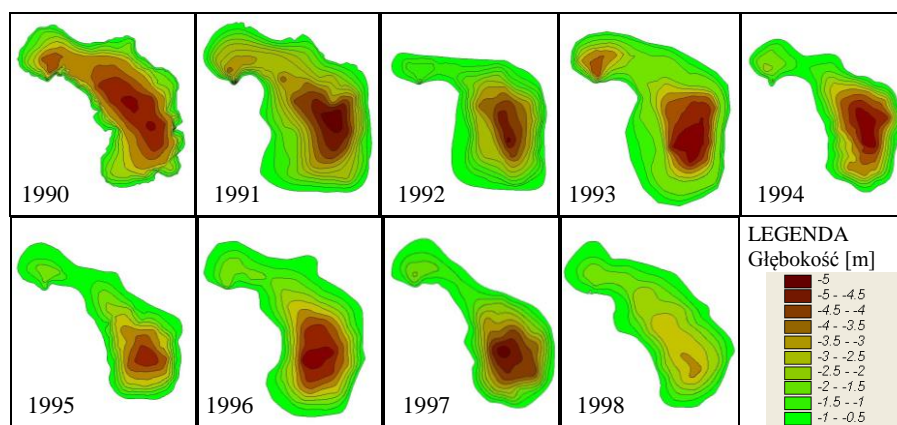
Rys. 2. Analizy przestrzenne  
Fig. 2. Spatial analyses

Modelom przestrzennym, opisującym zachowanie obiektu w badanym okresie, zostają przyporządkowane atrybuty. Tym samym zostaje utworzona baza danych przestrzennych i opisowych, umożliwiająca określenie stanu obiektu w wybranym okresie pomiarowym, w dowolnym punkcie analizowanej powierzchni. Poszczególne elementy struktury typu GRID mogą być również traktowane jako dane statystyczne wykorzystywane do obliczenia wskaźników określających dynamikę obiektu. Wyniki analiz są zapisywane w bazie danych na oddzielnych warstwach, najczęściej jako modele przestrzenne typu GRID (rys. 2).

Możliwości wykorzystania systemu informacji przestrzennej do analiz zmian obiektów powierzchniowych ukazano na przykładzie przetwarzania i wizualizacji wyników pomiaru zbiornika poflotacyjnego „Żelazny most”. Jako platformę opracowania przyjęto system ArcView z nakładkami Spatial Analyst i 3D Analyst [2, 3].

Zbiornik poflotacyjny „Żelazny most” był zbudowany na początku lat siedemdziesiątych w Miedziowym Zagłębiu Lubiąsko-Głogowskim. Stanowił on wtedy największą tego typu konstrukcję hydrotechniczną w Europie. Do badań wykorzystano rezultaty pomiarów z 9 epok pomiarowych, wykonanych w latach 1990 – 1998 (rys. 3). Wszystkie pomiary przeprowadzono w jednolitym układzie współrzędnych, opartych na specjalnie założonej technice GPS, osnowie. Punkty osnowy były zlokalizowane w miejscach nie narażonych na działanie zbiornika,

a ich stałość położenia była okresowo kontrolowana. Wyniki pomiarów zostały opracowane w formie izoliniowej mapy numerycznej w systemie AutoCAD. Zastosowanie oprogramowania ArcView do tworzenia numerycznego modelu terenu oraz analiz przestrzennych wymagało utworzenia odpowiedniej struktury bazy danych. Zatem numeryczne mapy izoliniowe zostały przetransferowane do systemu ARC/INFO, a po zbudowaniu modelu przestrzennego do docelowego systemu przetwarzania ArcView. Podstawę struktury mapy numerycznej stanowiły numeryczne modele dna typu GRID, traktowane w dalszej części opracowania jako powierzchnie statystyczne.



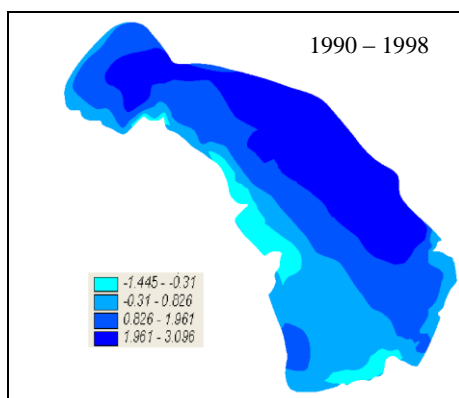
Rys. 3. Wyniki pomiarów  
Fig. 3. The results of measurements

Własności modelu przestrzennego typu GRID, wspomagane funkcjami oprogramowania ArcView wykorzystano w analizach, do przeprowadzenia wizualizacji wyników i oceny zmian zbiornika „Żelazny most”, a w szczególności umożliwiły one:

- wyszukiwanie fragmentów obiektu o wybranych cechach przestrzennych,
- analizy statystyczne opisujące obiekt,
- wyznaczenie trendów i opracowanie prognoz.

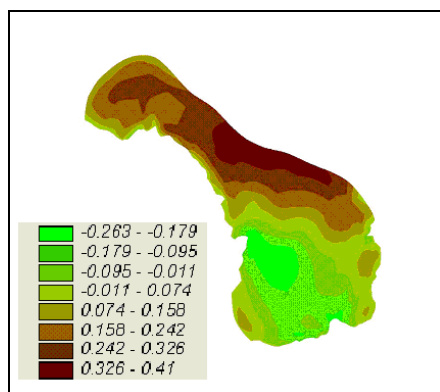
Działania te można zilustrować przykładami obliczeń wybranych wskaźników charakteryzujących dynamikę obiektu. W tych przypadkach danymi podlegającymi przetwarzaniu są atrybuty utworzonych wcześniej numerycznych modeli przestrzennych.

Obliczenia i analizy statystyczne można przeprowadzić wykonując proste operacje arytmetyczne na odpowiednich polach atrybutowej bazy danych. Na rysunku 4 wygenerowano w formie numerycznego modelu przestrzennego różnicę głębokości zbiornika w latach 1990 – 1998.



Rys. 4. Różnice głębokości w latach 1990 – 1998 [m]  
Fig. 4. Alteration of the depth 1990 – 1998 [m]

Za szczególnie dogodną w ocenie przemieszczeń i odkształceń obiektów należy uznać funkcje systemu ArcView, które umożliwiają ich wizualizację w układzie 2D lub 3D. Dane z całego okresu pomiarowego posłużyły do prezentacji stosownego przykładu zamieszczonego na rysunkach 5 i 6. Ukazują one odpowiednio prędkości zmian głębokości zbiornika w latach 1990 – 1998 oraz przestrzenne ukształtowanie dna z izobatami w ostatnim okresie pomiarowym.



Rys. 5. Prędkości zmian m/rok  
Fig. 5. Velocities of alteration m/year

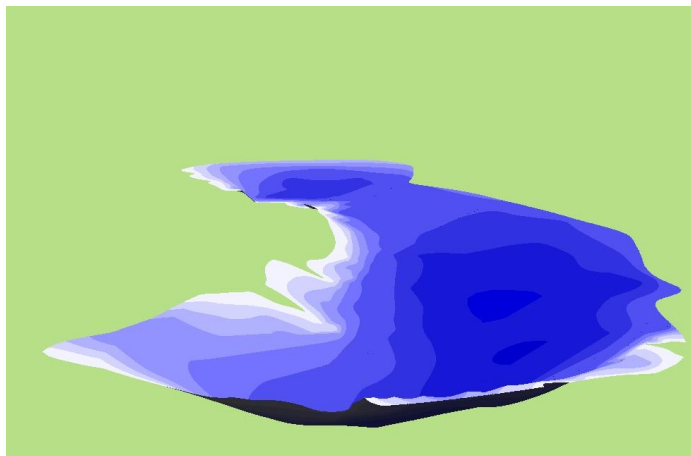
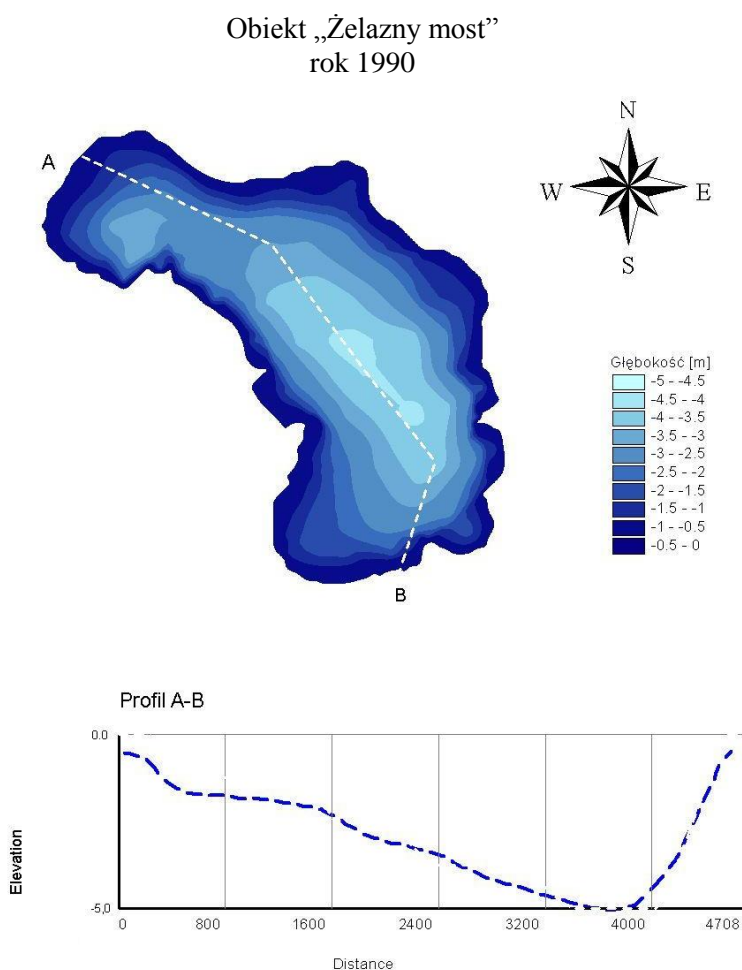


Fig. 6. Wizualizacja 3D  
*Fig. 6. 3D visualization*

Analizy przestrzenne uzupełniono opracowaniem profili wzdłuż charakterystycznych linii przecinających obszar zbiornika, a także analizami numerycznymi obejmującymi obliczenie przyrostu objętości odpadów poflotacyjnych, wyznaczenie trendu i ekstrapolację zmian. Na tej podstawie można przewidzieć, że przy dotychczasowym tempie eksploatacji, zbiornik w ciągu kolejnych 5 lat zostanie wypełniony do poziomu ok. 155 m n.p.m. Przykładową kompozycję opracowań końcowych przedstawiono na rysunku 7.

Opisane przykłady nie wyczerpują oczywiście wszystkich możliwości wykorzystania systemów informacji przestrzennej w rejestracji, modelowaniu, wizualizacji i interpretacji przemieszczeń przestrzennych obiektów. Warto jednak pamiętać, że jest to obecnie szczególnie efektywne narzędzie do prowadzenia tego typu badań, zwłaszcza jeśli jako materiały źródłowe wykorzystywano wyniki pomiarów dokonywanych również w układzie przestrzennym. Przeprowadzone prace potwierdziły też szczególną przydatność systemu ArcView, wspomaganego aplikacjami do tworzenia numerycznych modeli przestrzennych, w numerycznym i graficznym opracowaniu wyników opisujących zmiany obiektu.



Rys. 7. Wyniki analiz  
Fig. 7. The results of analyses

## Literatura

1. Bojarowski K., Gościewski D., Szacherska M.K., *Wizualizacja zmian ukształtowania dna morskiego jako etap modelowania procesów w systemach przestrzennych*, Materiały XII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Rola nawigacji w zabezpieczeniu działalności ludzkiej na morzu”, Gdynia – Okcywie 2000.
2. Bojarowski K., Jackowski M., Szacherska M.K., Tusk D., *Evaluation of Visualization of Alterations of a Post-flotation Reservoir Bottom Using the*

- ARC/INFO, ArcView System*, Proceedings of The 9<sup>th</sup> FIG International Symposium on Deformation Measurements, Olsztyn 1999.
3. Bojarowski K., Jackowski M., Szacherska M.K., Tusk D., *Rejestracja i wizualizacja przemieszczeń przestrzennych na przykładzie zbiornika „Żelazny most”*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 90 „Geodezja w systemach geoinformacyjnych”, XVII Jesienna Szkoła Geodezji, Wrocław 2000.
  4. Bojarowski K., Szacherska M.K., *Zróźnicowanie położenia i cech obiektów w systemach przestrzennych*, Materiały XXVIII Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej „Mapa w systemach komputerowych”, Szczecin 2001.
  5. Bojarowski K., Szacherska M.K., Wasilewski A., *Systemy informacji przestrzennej w projektowaniu i geodezyjnej obsłudze inwestycji*, Materiały IX Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej”, Warszawa 2000.
  6. Loesekraut H., *Kontinuierliche Messungen In der Ingenieur-Geodäsie*. Veröffentlichung des Geod. Inst. der RWTH, Heft 28, Aachen 1980.
  7. Pelzer H. u.a., *Deformationsmessungen. Zeitschrift für Vermessungswesen*, Sonderheft 19.
  8. Szacherska M.K., Bojarowski K., *Spatial information systems In the designing and registration of architectural and engineering objects*, Proceedings of the 4<sup>th</sup> Polish-Dutch Symposium “Cadastral, geodetic and cartographic information in land planning”, Delft 1998.

*Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.*

#### **Recenzent**

prof. dr hab. inż. Józef Sanecki

#### **Adres Autora**

dr inż. Krzysztof Bojarowski  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej  
Instytut Geodezji  
ul. Heweliusza 12, 10-957 Olsztyn  
tel., fax (0-89) 523 36 35  
e-mail: [kboj@uwm.edu.pl](mailto:kboj@uwm.edu.pl)