

**ZESZYTY NAUKOWE NR 11(83)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

IV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
EXPLO-SHIP 2006

Wojciech Maleika

**Problem efektu stykowego w kompresji danych opisujących
kształt powierzchni dna morskiego**

Słowa kluczowe: kompresja, dno morskie, problem stykowy, KLT, SBSC

W artykule omówiono występowanie problemu efektu stykowego w kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego. Wyjaśniono przyczynę jego występowania, a następnie zaproponowano rozwiązanie problemu. Przedstawiono kompletny algorytm kompresji uwzględniający przyjęte rozwiązanie.

**Boundary Effect in the Compression of Sea-Floor
Surface Compression**

Key words: compression, sea surface, joint problem, KLT, SBSC

In the article the problem of artefacts in the block compression of sea-floor surface data is presented. The cause of such artefacts as well as an appropriate solution are included. In the end the complete compression algorithm dealing with the boundary effect is proposed.

Wstęp

W dzisiejszych czasach znajomość ukształtowania powierzchni terenu dna morskiego ma ogromne znaczenie i znajduje wiele zastosowań. Przykładem może być wykorzystanie modelu powierzchni dna jako informacji do tworzenia map nawigacyjnych, niezbędnych do prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania ruchu morskiego. Informacje te są potrzebne także przy projektowaniu budowlanych prac podwodnych, badaniu i poszukiwaniu obiektów znajdujących się na dnie morza, w hydrografii, ochronie środowiska morskiego czy też przemyśle mineralnym [3, 7].

Prace hydrograficzne związane z tworzeniem modelu kształtu dna morza są procesem złożonym, wymagającym dużych nakładów technicznych. Tworzonym modelom dna stawiane są wysokie wymagania co do ich dokładności w celu zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi na danym akwenu [2, 14]. Dzięki zastosowaniu zaawansowanej aparatury (echosondy wielowiązkowe, systemy pozycjonowania) oraz specjalizowanych algorytmów przetwarzania danych, opracowane dane cechują się bardzo dużą dokładnością [6, 8]. W procesie tworzenia kształtu dna morza obejmującego większy obszar generowane są znaczne ich ilości [17]. Celowe staje się więc zastosowanie w takich przypadkach pewnych metod kompresji danych opisujących powierzchnię, z zachowaniem dużej dokładności ich rekonstrukcji. Dzięki temu uzyskamy znaczną redukcję danych niezbędną do opisanego kształtu dna badanego akwenu [9, 10, 11].

W dotychczasowych badaniach dotyczących opracowania adaptacyjnej metody kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego przebadano wybrane stratne metody kompresji danych, oparte na przekształceniu DCT [9, 4], kompresji falkowej [10, 1] oraz transformacie Karhunen-Loevego (KLT) [11, 5]. Najlepsze rezultaty kompresji (najwyższy stopień kompresji) uzyskano wykorzystując przekształcenie KLT. Opracowanej metodzie kompresji nadano nazwę SBSC [12].

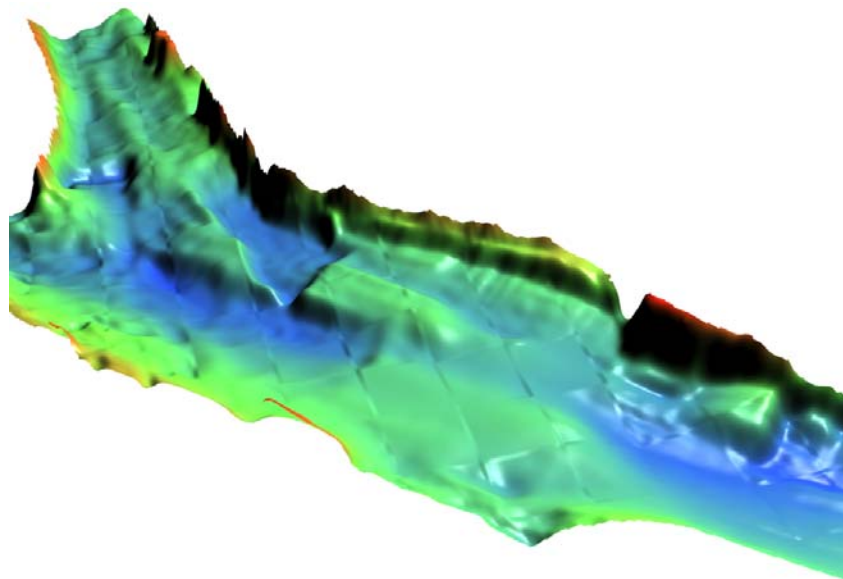
Algorytm kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego może stanowić podstawę do budowy systemu gromadzenia informacji, przetwarzania ich i zarządzania informacją o kształcie dna morza [16]. Przechowywane informacje obejmowałyby znaczne obszary. Idealną sytuacją byłoby zgromadzenie szczegółowych danych, obejmujących wszystkie obszary morskie. System taki musiałby umożliwiać szybkie wyszukanie i zaprezentowanie pewnych wybranych niewielkich podobszarów (co wiąże się z szybką rekonstrukcją określonego podobszaru).

Zastosowanie kompresji stratnej daje dużo lepsze rezultaty (wyższy stopień kompresji) w porównaniu z metodami bezstratnymi [13]. W szczególnych przypadkach może jednak wystąpić konieczność zapamiętania informacji o

ukształtowaniu powierzchni z możliwie największą dokładnością. W takim przypadku należałoby użyć bezstratnej metody kompresji danych.

1. Występowanie problemu efektu stykowego

W dotychczasowych badaniach w opracowanym algorytmie (WM04) każda powierzchnia poddawana kompresji dzielona jest na bloki o rozmiarze 32×32 punkty. Każdy z tych bloków przetwarzany jest niezależnie, a inne bloki nie mają wpływu na uzyskany wynik. Z tego też powodu po rekonstrukcji powierzchni powstają często zauważalne zniekształcenia (widoczne zmiany głębokości) w miejscu stykania się sąsiednich bloków. Zniekształcenia te mieszczą się w granicach określonej przez operatora dokładności rekonstrukcji, powodują jednak widoczne niewielkie zaburzenia ukształtowania na mapach 3D lub też nienaturalne niewielkie załamania izolinii na mapach głębokości (2D). Efekt ten jest charakterystyczny dla większości używanych metod kompresji stratnej (np. widoczne kwadraty w obrazach skompresowanych metodą JPEG). Zjawisko to nazwano efektem stykowym.

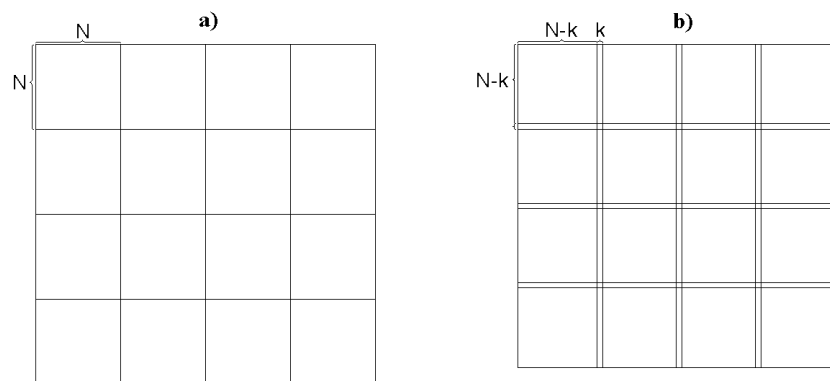


Rys. 1. Przykładowa powierzchnia po rekonstrukcji (widoczny efekt stykowy)
Fig. 1. Sample surface after the reconstruction (boundary effect can be clearly seen)

2. Rozwiązanie problemu efektu stykowego

Istnieje wiele różnych metod służących eliminacji zjawiska efektu stykowego. Najczęściej są one na zmianie wartości węzłów w pobliżu styku podobszarów. Dokonuje się tego stosując metody interpolacji lub też przez wykorzystanie filtrów (np. filtr medianowy, filtr rozmywający). Zastosowanie tych metod w kompresji danych opisujących kształt dna morskiego jest jednak niemożliwe, ponieważ w takim przypadku nie możemy zagwarantować założonej dokładności rekonstrukcji (E). Istnieje prawdopodobieństwo, iż w wyniku interpolacji lub filtracji nowo wyliczona wartość głębokości w danym punkcie przekroczy dopuszczalny błąd rekonstrukcji (co z założenia jest niedopuszczalne).

Aby wyeliminować efekt stykowy, z zachowaniem wymaganej dokładności rekonstrukcji, autor zaproponował metodę polegającą na podziale obszaru na bloki, tak by każdy z nich nieznacznie nachodził na bloki sąsiednie (rysunek 2).



Rys. 2. Metody podziału powierzchni na bloki: tradycyjna (a) oraz bloków nachodzących (b)
 Fig. 2. The methods of dividing a surface into blocks: traditional (a) and overlapping blocks (b)

Zastosowanie metody bloków nachodzących powoduje, że wystąpią niewielkie obszary (na styku bloków), które zostaną zapamiętane dwukrotnie (przy kompresji sąsiednich bloków), a nawet czterokrotnie (na rogach). W trakcie rekonstrukcji dane uzyskane z tych obszarów należy uśrednić (średnia arytmetyczna). Spełniony jest w ten sposób warunek konieczny, dotyczący zachowania dokładności rekonstrukcji (jeżeli ten sam punkt jest opisany za pomocą kilku liczb z dokładnością e , to średnia z tych liczb również opisuje ten punkt z dokładnością nie większą niż e). Dzięki uśrednieniu niewłaściwych punktów leżących na styku bloków w znaczny sposób zniwelujemy efekt stykowy (choć nie wyeliminujemy go całkowicie). Wadą tej metody jest

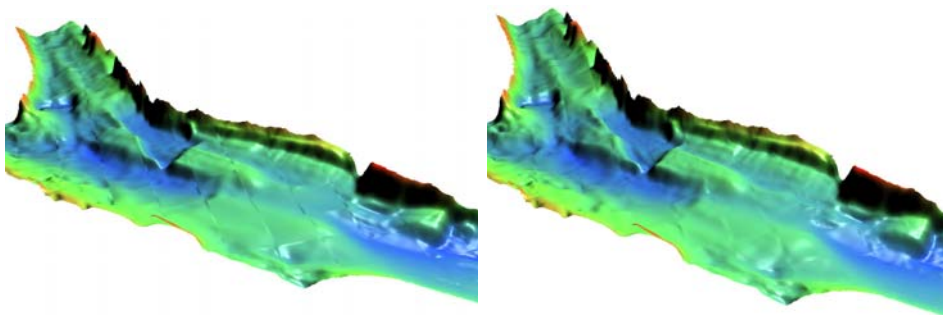
konieczność wielokrotnego (zazwyczaj dwukrotnego, ale także i czterokrotnego) przechowywania niektórych informacji (danych o głębokości na krawędziach obszarów). Powoduje to nieznaczny spadek skuteczności kompresji (poprzez zmniejszenie współczynnika stopnia kompresji). Jednakże przy dużych blokach (32×32 punkty) oraz nieznacznym nachodzeniu bloków na siebie ($k = 1 - 3$ punkty) straty te są nieznaczne (tab. 1).

W badaniach eksperymentalnych sprawdzono skuteczność eliminacji efektu stykowego przez zastosowanie wyżej opisanej metody. Blok kompresji wynosi 32×32 punkty, natomiast wielkość nachodzenia obszarów badano w zakresie od 1 do 3 punktów. Skuteczność metody oceniono analizując błąd średniokwadratowy, wierność obrazu oraz dokonując wizualnej oceny na podstawie modelu 3D. Wyniki uzyskane dla powierzchni 'obrotnica_3' przy dokładności rekonstrukcji $E = 20$ cm zaprezentowano w tabeli 1 i na rysunku 3.

Tabela 1

Stopień kompresji, błąd średniokwadratowy (MSE) oraz wierność obrazu (IF) uzyskane w wyniku kompresji powierzchni testowej z zastosowaniem metody SBSC oraz eliminacją efektu stykowego
Compression factor, mean square error and image fidelity obtained for compression of test surface by means of the SBSC method and boundary effect reduction

Wielkość nachodzenia (k) [punkty]	Stopień kompresji	MSE	IF
0	36,35	0,002756245	0,999977845
1	33,26	0,002495606	0,999981708
2	31,41	0,002266462	0,999983429
3	30,67	0,002105439	0,999984526



Rys. 3. Fragment powierzchni testowej po rekonstrukcji z widocznym efektem stykowym – po lewej oraz po rekonstrukcji z zastosowaniem metody niwelowania efektu stykowego – po prawej

Fig. 3. Fragment of a test surface after reconstruction. Boundary effect can be seen (on the left side) and after elimination (on the right side)

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz otrzymanych rezultatów stwierdzono:

- zastosowanie metody bloków nachodzących na siebie powoduje zwiększenie wierności rekonstrukcji (mniejszy błąd średniokwadratowy oraz wyższa wierność obrazu),
- wraz ze wzrostem współczynnika nachodzenia powierzchni (k) zwiększa się wierność rekonstrukcji, maleje jednak także stopień kompresji powierzchni; dla kolejnych wartości k , zmiany te są coraz mniejsze.

Zakres nachodzenia na siebie sąsiednich bloków (k) może być jednym z parametrów metody kompresji ustalanych przez użytkownika, proponuje się jednak, aby współczynnik ten był niewielki ($k = 1 - 2$). W takiej sytuacji współczynnik kompresji powierzchni maleje nieznacznie (około 5 – 10%), uzyskujemy zaś znaczne zniwelowanie efektu stykowego. W dalszych badaniach przyjęto $k = 1$.

Podsumowanie

Najistotniejszym wynikiem całości prowadzonych prac badawczych jest opracowanie nowej metody kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego (WM04) z wykorzystaniem transformaty KLT oraz uniwersalnych wektorów własnych. Jej podstawowe cechy to [11]:

- zastosowanie stratnej metody kompresji opartej na algorytmie SBSC,
- kompresja danych z dokładnością możliwą do określenia przez operatora,
- stopień kompresji dobierany adaptacyjnie dla różnych podobszarów (uzyskujemy maksymalny stopień kompresji przy zadanej dokładności),
- przechowywanie szczegółowej informacji o kształcie obrysu powierzchni oraz ewentualnych „dziurach”,
- możliwość szybkiej rekonstrukcji dowolnego fragmentu powierzchni,
- ze względu na blokową konstrukcję możliwość dodawania, uaktualniania i usuwania wybranych fragmentów powierzchni.

Ponieważ podczas kompresji dochodzi do segmentacji na bloki, a następnie każdy blok przetwarzany jest niezależnie, po rekonstrukcji na styku tych bloków występują niewielkie zniekształcenia (problem efektu stykowego). Zaprezentowany algorytm w znacznym stopniu niweluje ten efekt z zachowaniem założonej dokładności rekonstrukcji powierzchni.

Motywacją do opracowania metody kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego były nierozwiązane problemy ich ilości, co stanowi

ograniczenie w opracowywaniu prac sondażowych rozległych obszarów, a także zarządzaniu tymi danymi i ich przechowywaniu.

Literatura

1. Antonini M., Barlaud M., Mathieu P., Daubeschies I., *Image Coding Using Wavelet Transform*, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 1, No. 2, 1992.
2. *The International Hydrographic Review*, 1992, No. 1, Vol. LXIX.
3. Gaździcki J., *Systemy informacji przestrzennej*, PPWK, Warszawa 1990.
4. Heim K., *Metody kompresji danych*. Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2000.
5. Khalid S., *Kompresja danych – wprowadzenie*, Wydawnictwo RM, wydanie I, Warszawa 2002.
6. Kistowski M., Iwańska M., *Systemy informacji geograficznej*, Wydawnictwo Naukowe, Poznań 1997.
7. Kukharev G., Parczewski S., *Algorithms of image obtaining of sea bottom for computer-aided of sea and ocean researches*, Proceedings of International Conference: Computer Data Analysis and Modeling, vol. 2, Mińsk 1995.
8. Kukharev G., Ruciński W., Śmiałkowska B., Soldek J., *Odwzorowywanie stanów środowiska morskiego na potrzeby eksploatacji jego zasobów*, Materiały konferencji: „Zaawansowane techniki informatyczne w nauce polskiej”, Kraków 1996.
9. Maleika W., *Adaptive Compression of Real Data Describing Sea Bottom using DCT*, Międzynarodowa Konferencja – Advanced Computer Systems, 2001.
10. Maleika W., Forczmański P., *Wavelets in adaptive compression of data describing sea-bottom*, Materiały Międzynarodowej Konferencji – Advanced Computer Systems, Mielno 2002.
11. Maleika W., *Kompresja danych opisujących kształt powierzchni dna morza z wykorzystaniem algorytmu analizy składowych głównych – PCA*, X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna – Inżynieria Ruchu Morskiego, Szczecin 2003.
12. Maleika W., *Dobór wektorów własnych w kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morza z wykorzystaniem algorytmu KLT*, XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna pod hasłem „Rola nawigacji w działalności ludzkiej na morzu”, Gdynia 2004.
13. Maleika W., *Badanie bezstratnych metod kompresji danych opisujących kształt powierzchni dna morskiego*, X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna – Inżynieria Ruchu Morskiego, Szczecin 2003.

14. *Przepisy służby nawigacyjnej – prace hydrograficzne*, Ministerstwo Obrony Narodowej – Dowództwo Marynarki Wojennej, Gdynia 1974.
15. Pang T., *Metody numeryczne w fizyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
16. Stateczny A., Warchhold A.H., *Baza danych przestrzennych elektronicznej mapy nawigacyjnej do zastosowań specjalnych*, EXPLO-SHIP 99, Problemy eksploatacji statków morskich i śródlądowych oraz urządzeń portowych, Szczecin – Międzyzdroje – Kopenhaga 1999.
17. Stateczny A., *Nawigacja porównawcza*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2001.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2006 r.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Andrzej Stateczny

Adres Autora

dr Wojciech Maleika
Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej
Instytut Grafiki Komputerowej i Systemów Multimedialnych
e-mail: wmaleika@wi.ps.pl