

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

EXPLO-SHIP 2004

Jarosław Duda, Mariusz Borawski

**Wykorzystanie baz ortogonalnych do rozróżniania
zmian powierzchni na obrazach sonarowych**

Słowa kluczowe: bazy ortogonalne, obraz sonarowy

Przeprowadzono badania dotyczące możliwości wykorzystania baz ortogonalnych do rozpoznawania przejść między różnymi formami dna, zapisanymi na obrazie sonarowym. Rozkład zmian form dna jest charakterystyczny dla danego miejsca, stąd można je powiązać z konkretnymi współrzędnymi geograficznymi, co może być wykorzystane do określenia pozycji statku w nawigacji porównawczej.

**The Use of Orthogonal Bases to Discern Surface Changes
on the Sonar Images**

Key words: orthogonal bases, sonar image

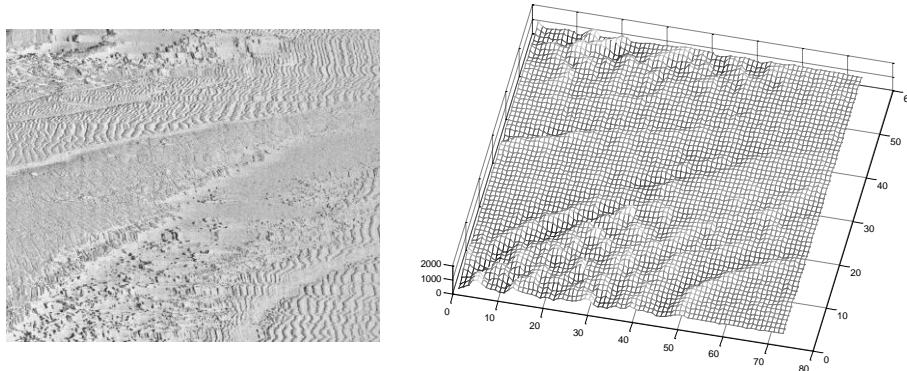
The paper describes a research concerning possible applications of orthogonal bases for the recognition of changes between various forms on the seabed recorded as sonar images. The distribution of changes in seabed forms is characteristic of any place. Therefore, they can be associated with geographical co-ordinates, which can be used for determining ship position in comparative navigation.

Wstęp

Rozłożenie na dnie linii rozdzielających obszary o różnym składzie dna, jak również przejścia pomiędzy formami są stosunkowo charakterystyczne dla danego rejonu. Można więc wykorzystać te dane do ustalenia współrzędnych geograficznych obszaru dna, nad którym się znajdujemy. Artykuł przedstawia wyniki badań wykrywania zmian form dna z zastosowaniem baz ortogonalnych.

1. Analiza wyników

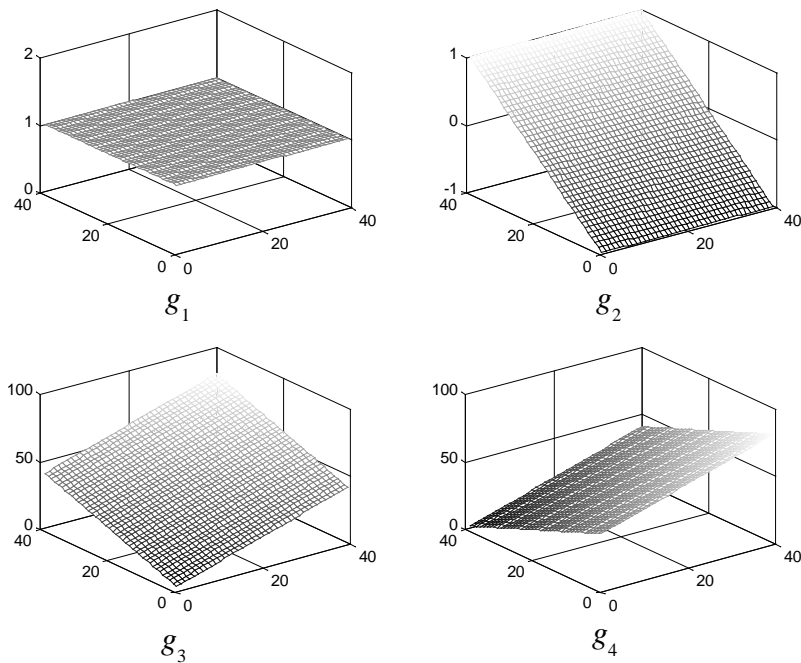
W obrazie sonarowym możemy wyróżnić obszary o dużej zmienności i obszary o względnie stałej jasności (rys. 1). Na granicy obszarów o stałej jasności możemy wyróżnić linie, gdzie jasność w sposób prawie skokowy przechodzi od jednego poziomu jasności do drugiego. Linie te oddzielają fragmenty dna o różnej fakturze, czyli często obszary o różnym składzie dna.



Rys. 1. Zmienność jasności obrazu sonarowego
Fig. 1. Varying brilliance of the sonar image

Obraz sonarowy możemy podzielić na małe fragmenty, dla których można wyliczyć średnie wartości jasności i sprawdzić na ile wartości pikseli w tym obszarze odbiegają od tej wartości. Wyznaczenie parametrów określających stopień odstępstwa od wartości średniej nie zawsze musi być skuteczne, gdyż nie otrzymujemy informacji o „kierunku” odstępstwa. Każda linia rozgraniczająca dwa obszary ma ustalony pewien kierunek, w którym różnice pomiędzy wartością średnią, a wartością bieżącą rosną.

Określając wzorcowe płaszczyzny o ustalonym kierunku zmiany jasności (rys. 2), możemy przyrównać je do fragmentów obrazu sonarowego i określić stopień ich podobieństwa.



Rys. 2. Przykładowe wzorcowe obszary o ustalonym kierunku zmienności jasności
 Fig. 2. Examples of reference areas with pre-set direction of brilliance change

Należałoby sobie odpowiedzieć na pytanie, ile powinno być wzorcowych płaszczyzn. Ich liczba winna być wystarczająca do określenia wszystkich kątów, a jednocześnie jak najmniejsza, żeby zredukować liczbę obliczeń. Należy wyeliminować wszystkie płaszczyzny, które reprezentują kąty i mogą być obliczone za pomocą płaszczyzn sąsiednich. Sprowadza się to do wyszukania płaszczyzn wzajemnie ortogonalnych czyli spełniających warunek:

$$\int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} f(x, y)g(x, y)dx dy = 0 \quad (1)$$

gdzie:

$f(x,y)$, $g(x,y)$ – funkcje dwuwymiarowe definiujące płaszczyzny.

Redukując płaszczyzny określające kierunki do płaszczyzn wzajemnie ortogonalnych zmniejszamy liczbę obliczeń, przy nie zmniejszonych możliwościach określania kątów.

Najprostszą metodą wyznaczenia płaszczyzn ortogonalnych jest wygenerowanie szeregu płaszczyzn ortogonalnych i poddanie ich procesowi ortonormalizacji Grama-Schmidta [1]. Dla przykładu z rysunku 2 możemy je wyznaczyć, korzystając ze wzorów:

$$g'_1(x, y) = \frac{g_1(x, y)}{\int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} g_1^2(x, y) dx dy} \quad (2)$$

$$g'_2(x, y) = \frac{g_2(x, y) - g'_1(x, y) \int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} g'_1(x, y) g_2(x, y) dx dy}{\int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} \left[g_2(x, y) - g'_1(x, y) \int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} g'_1(x, y) g_2(x, y) dx dy \right]^2 dx dy} \quad (3)$$

$$g'_n(x, y) = \frac{g_n(x, y) - \sum_{i=1}^{n-1} g'_i(x, y) \int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} g'_i(x, y) g_n(x, y) dx dy}{\int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} \left[g_n(x, y) - \sum_{i=1}^{n-1} g'_i(x, y) \int_y^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} g'_i(x, y) g_n(x, y) dx dy \right]^2 dx dy} \quad (4)$$

gdzie:

- $g(x, y)$ – funkcje przed ortonormalizacją,
- $g'(x, y)$ – funkcje po ortonormalizacji.

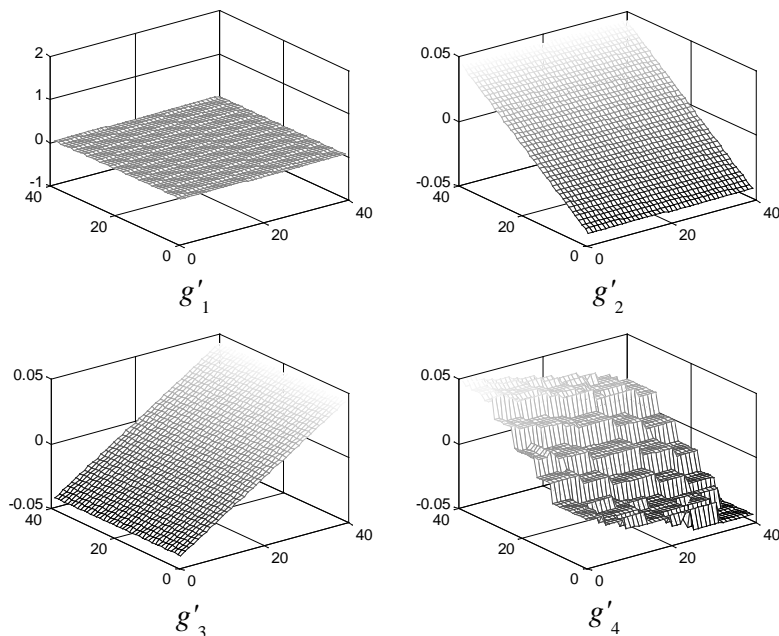
Rysunek 3 przedstawia funkcje z rysunku 1 po przeprowadzeniu procesu ortonormalizacji Grama-Schmidta. Dla liczby płaszczyzn większej niż cztery proces ortonormalizacji „nie potrafi” znaleźć płaszczyzn ortogonalnych. Ostatnia czwarta płaszczyzna jest na ogół nieco zdeformowana przez błędy numeryczne procesu ortonormalizacji.

Współczynniki podobieństwa do poszczególnych płaszczyzn możemy obliczyć ze wzoru [1]:

$$c_r = \frac{\int_{y_1, x_1}^{y_2, x_2} o(x, y) g'_r(x, y) dx dy}{\int_{y_1, x_1}^{y_2, x_2} g_r'^2(x, y) dx dy} \quad (5)$$

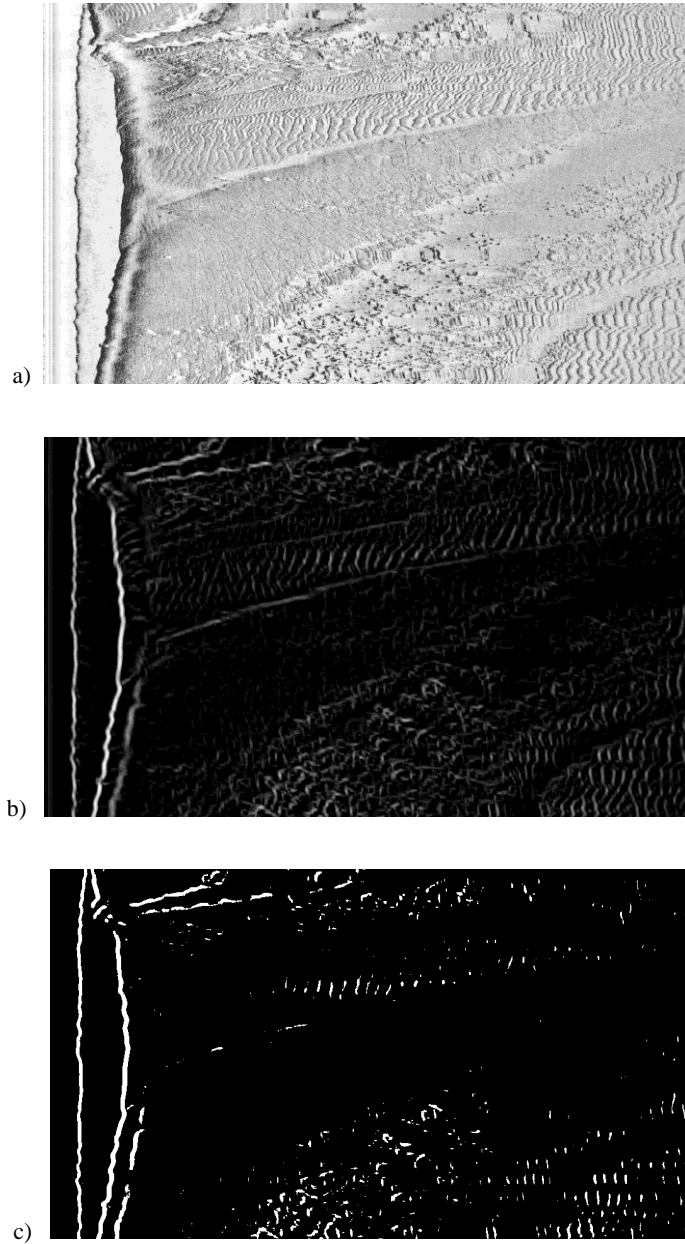
gdzie:

- $o(x, y)$ – porównywany fragment obrazu sonarowego,
- c_r – współczynnik porównania.



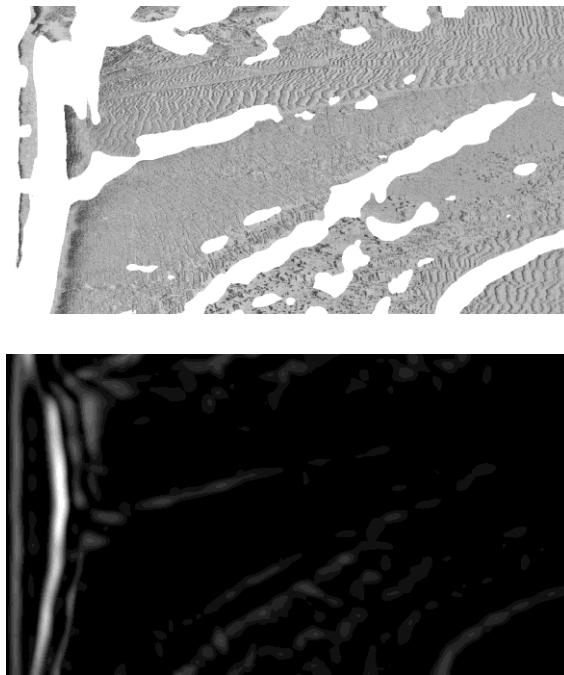
Rys. 3. Przykładowe wzorcowe obszary o ustalonym kierunku zmienności jasności
 Fig. 3. Examples of reference areas with pre-set direction of brilliance change

Płaszczyzna g'_1 reprezentuje wartość średnią i w dalszych obliczeniach jest mało przydatna. Współczynniki wyznaczone dla pozostałych płaszczyzn umożliwiają wykrycie linii lub granic pomiędzy obszarami o silnie odcinających się jasnościach. Na rysunku 4 u góry widać granicę martwej strefy. Po obliczeniu współczynników dla płaszczyzn g'_2, g'_3, g'_4 , ich wartości maksymalne tworzą dwie najjaśniejsze linie, z których jedna tworzy linię wyznaczającą martwą strefę. Po „sprogowaniu” linii, można wyznaczyć dokładnie przebieg martwej strefy.



Rys. 4. a) Przykładowy obraz sonarowy, b) maksymalne wartości współczynników dla płaszczyzn $g'2$, $g'3$, $g'4$ o rozmiarach 10×10 , c) sprogowany obraz z rysunku 4b
Fig. 4. a) a sonar image, b) maximum values of coefficients for the planes $g'2$, $g'3$, $g'4$ with dimensions 10×10 , c) thresholded image from Fig. 4b

Do wyznaczenia granic między obszarami o różnej fakturze konieczne jest zastosowanie filtru uśredniającego usuwającego szum oraz płaszczyzn o większych rozmiarach. Na podstawie wartości maksymalnej jednego z trzech współczynników związanych z płaszczyznami g'_2 , g'_3 , g'_4 , można wyznaczyć kierunek zmiany jasności (rys. 5). Większe obszary o jednakowym kierunku zmiany jasności oznaczają występowanie granic między obszarami o różnej fakturze. Można łączyć te informacje z wartościami współczynników podobieństwa w celu określenia, jak silnie różnią się graniczące obszary.



Rys. 5. Wydzielone kąty (u góry) i maksymalne wartości współczynników (u dołu) dla płaszczyzn g'_2 , g'_3 , g'_4 o rozmiarach 70×70 (obraz został przefiltrowany filtrem splotowym uśredniającym o masce 17×17)

Fig. 5. Separated angles (top) and maximum coefficient values (bottom) for the planes g'_2 , g'_3 , g'_4 with dimensions 70×70 (image was filtered with a mean convolution filter with 17×17 mask)

Wnioski

Jak wynika z analizy, zastosowanie baz ortogonalnych pozwala na wydzielenie obszarów dna o różnym składzie, jak również na określenie wartości podobieństwa wydzielonych rejonów. Można więc pozyskane w taki sposób informacje o dnie wykorzystać do celów nawigacji porównawczej.

Literatura

1. Białasiewicz J.T., *Falki i aproksymacje*, WNT, Warszawa 2000.
2. Tang X., Stewart W.K., *Optical and sonar image classification: wavelet packet transform vs Fourier transform*, Computer Vision and Image Understanding, July 2000.
3. Mignotte M., Collet C., P'erez P., Bouthemy P., *Sonar image segmentation using an unsupervised hierarchical MRF model*, IEEE Trans. on Image Processing, September 1998.
4. Yuan C., Azimi-Sadjadi M. R., Wilbur J., *Underwater target detection using multichannel subband adaptive filtering and high-order correlation schemes*, IEEE Journal of Oceanic Engineering, January 2000.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Andrzej Felski
prof. dr hab. inż. Andrzej Stateczny

Adresy Autorów

mgr inż. Jarosław Duda
Akademia Morska w Szczecinie
Zakład Automatyki Okrętowej
ul. Podgórna 51/52, 70-205 Szczecin
tel. 431 85 59
e-mail: jarry@wsm.szczecin.pl

dr inż. Mariusz Borawski,
Politechnika Szczecińska,
ul. Żołnierska 49, 71-210 Szczecin,
e-mail: mborawski@wi.ps.pl