

AUTOMATYCZNA DETEKCCJA OBIEKTÓW SONAROWYCH

Mariusz Wąż¹, Artur Grządziel², Dariusz Nowak³

¹Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej, Akademia Marynarki Wojennej
w Gdyni

²Dywizjon Zabezpieczenia Hydrograficznego Marynarki Wojennej, Gdynia

³North Star Shipping Aberdeen Ltd

Streszczenie. Współczesne systemy sonarowe wykorzystywane są głównie do poszukiwania i wykrywania obiektów podwodnych, które mogą wpłynąć na bezpieczeństwo pływania i postępu jednostek pływających. Zadaniem operatora takich systemów jest optymalne ustawienie zobrazowania oraz odpowiedni dobór parametrów operacyjnych umożliwiających detekcję echa a następnie identyfikację wykrytych celów. Operator dokonuje korekty uzyskanych danych sonarowych, poprawiając tym samym jakość zobrazowania i możliwości interpretacji wyników pomiarów. W artykule rozpatrywanym problemem badawczym jest przekształcanie obrazów, dokonywanie korekcy geometrycznej oraz ekstrakcja obiektów z tła obrazu sonarowego. Zaprezentowana metoda automatycznego wyszukiwania obiektów wykorzystuje cechy morfologiczne sonogramów oraz geometryczne i arytmetyczne metody przetwarzania sygnałów stosowane do obróbki i analizy obrazów cyfrowych. Na etapie wyszukiwania cech obiektów sonarowych wykorzystano metody minimalno-odległościowe stosowane w rozpoznawaniu obrazów. Opracowana aplikacja umożliwiła przeprowadzenie eksperymentu badawczego przedstawiającego kolejne etapy detekcji obiektów sonarowych. Otrzymane wyniki mogą wskazywać na poprawność przyjętych założeń do badań oraz poprawność ich przeprowadzenia.

Słowa kluczowe: pomiary hydrograficzne, sonar boczny, obraz sonarowy, detekcja obiektów

WSTĘP

Współczesne systemy sonarowe są dzisiaj niezastąpione w pracach ukierunkowanych na wykrywanie przeszkód podwodnych. Umożliwiają wstępne przeszukiwanie dużych obszarów dna morskiego w stosunkowo krótkim czasie. Wadą sonarowych obrazów dna jest ich zdeformowanie wynikające z nierównej rozdzielczości skanowania sonarowego w kierunkach poprzecznych do ruchu i wzdłuż ruchu statku. Dane sonarowe uzyskane w trakcie prac pomiarowych w basenie portowym rejestrowane są w pliku i zapisywane na dysku twardym stacji roboczej systemu komputerowego. Dzięki temu możliwe jest wielokrotne odtwarzanie i przeglądanie danych, które przedstawiane są w postaci obrazów w odpowiedniej skali szarości lub wybranej tonacji barwnej [Grządziel i in. 2012].

Po wykonaniu sondażu sonarowego basenu portowego przystępuje się do opracowania wyników pomiarów. Etap ten polega na wstępnym przygotowaniu danych pierwotnych, korekcji danych nawigacyjnych, zastosowaniu poprawki na przesunięcia horyzontalne sonaru względem anteny GPS, korekcji zniekształceń obrazu. Głównymi celami opracowania wyników pomiarów sonarowych są między innymi:

- 1) uzyskanie obrazów sonarowych dna dobrej (wysokiej) jakości;
- 2) wykrycie, zlokalizowanie, zwymiarowanie i wstępne sklasyfikowanie obiektów podwodnych;
- 3) wygenerowanie mapy sonarowej dna badanego akwenu (mozaiki) [Bennel 2001].

Aby uzyskany w pomiarach materiał sonarowy mógł być w pełni wykorzystany, musi przejść pewne procesy korekcyjne. Należy do nich z pewnością korekta wzmocnienia sygnału TVG (ang. Time Varied Gain, Time Varying Gain). Drugą, niezmiernie istotną jest korekta zniekształceń geometrycznych obrazu sonarowego SRC (ang. Slant Range Correction) polegająca na kompensacji czasu przebiegu sygnału względem odległości bocznych od sonaru. Kolejnym źródłem zniekształceń geometrycznych jest zmiana parametru prędkości rozchodzenia dźwięku w wodzie, powodowana zmianami temperatury wody morskiej, ciśnienia i zasolenia [Cobra i in. 1992].

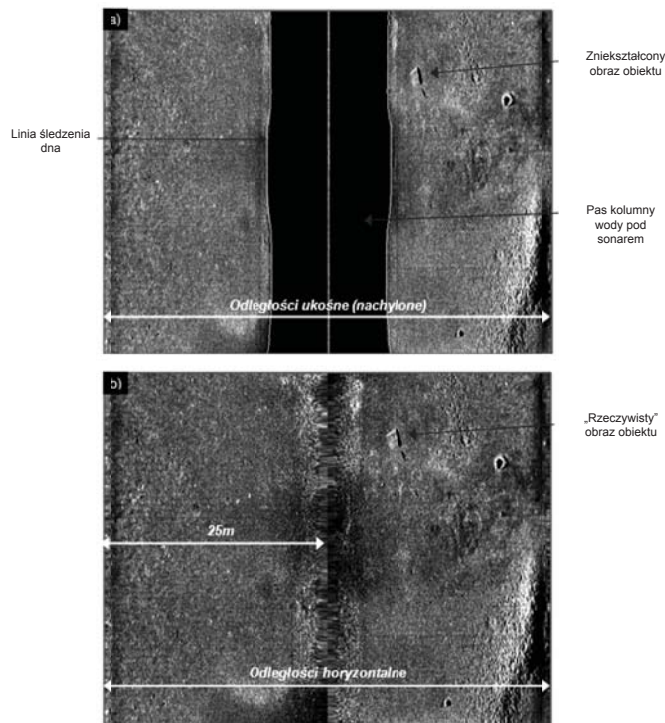
Innym rodzajem zniekształceń obrazów sonarowych jest zniekształcenie jasności zobrazowania. Jest to standardowe odchylenie od idealnej, liniowej zależności pomiędzy stopniem intensywności zobrazowania a amplitudą odbicia rozproszonego (wstecznego) sygnału akustycznego od struktury powierzchni dna i obiektów podwodnych.

KOREKCJA ODLEGŁOŚCI NACHYLONYCH SRC

Pierwotne dane sonarowe (ang. raw sonar data) to sygnały fali dźwiękowej wyemitowanej w postaci wiązki impulsów, które po odbiciu od dna powróciły do przetworników sonaru bocznego i zostały wykorzystane do projekcji dwuwymiarowych obrazów. Obrazy te zbudowane są z pikseli w odpowiedniej skali szarości reprezentującej poziom energii akustycznej zgromadzonej w powracających echach. W większości prostych sonarów odległości mierzone na sonogramie przedstawiają dystans mierzony po najkrótszej linii łączącej przetworniki z echem, czyli po linii ukośnej. Określenie rzeczywistej odległości bocznej wymaga dokonania prostych przeliczeń opartych na zasadach trygonometrii.

Obrazy, które powstały bezpośrednio z pierwotnych pomiarów (dane surowe), posiadają strefę martwą (ang. blind zone) występującą w centralnej części zobrazenia. Jest to strefa reprezentująca kolumnę wody znajdującą się pomiędzy sonarem a dnem akwenu. Dane pierwotne są mało użyteczne i muszą być poddane obróbce, w efekcie której otrzymuje się w przybliżeniu obraz odpowiadający powierzchni dna. Znając parametr wysokości sonaru nad dnem, czas przejścia sygnału do dna i z powrotem, możliwe jest obliczenie pozycji danego punktu na tej powierzchni. Obliczenia takie wykonywane są współcześnie przez specjalistyczne programy sterujące pracą systemów sonarowych. Po zastosowaniu korekty SRC strefa martwa w środku zobrazenia zostaje usunięta, a każdy pojedynczy piksel (pomiar) przemieszczany jest automatycznie w pozycję odpowiadającą pozycji rzutowanej na płaszczyznę dna (rys. 1).

Do obliczenia poprawki SRC niezbędne jest dokładne pozycjonowanie dna, a ściślej pierwszego odbicia od dna (ang. first bottom return). Parametr ten definiuje wysokość prowadzenia sonaru nad dnem. Jakiegokolwiek błędy w śledzeniu linii dna powinny być usunięte lub poprawione przed przeprowadzeniem korekty odległości nachylonych.



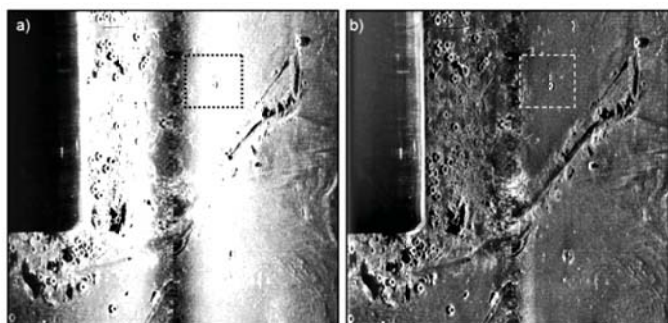
Rys. 1. Przykład danych sonarowych przed korektą (a) i po korekcie odległości nachylonych (b) [Grządziel i in. 2012]

Fig. 1. Example of sonar data before (a) and after (b) slant-range correction [Grządziel et al 2012]

KOREKCJA TVG

Obrazy sonarowe często przedstawiają różnice w stopniu jasności powodowane charakterystyką kierunkową promieniowania przetwornika, a także stale zmieniającą się wysokością sonaru nad dnem (rys. 2). Czynniki te powodują pewne trudności w odczytywaniu i interpretacji obrazu sonarowego dna a użyteczność tak zarejestrowanych danych maleje [Chang i in. 2010].

W całym zakresie pracy sonaru bocznego ilość energii akustycznej powracającej do przetwornika po odbiciu od dna będzie zmieniała się wraz z odległością od sonaru. Największa ilość energii akustycznej zgromadzona jest w obrębie osi listka głównego wiązki promieniowania. W celu skompensowania nierównomiernego oświetlenia dna należy znać funkcję rozkładu energii względem kąta padania wiązki na dno. Niejednorodności rozkładów jasności zobrazowania sonarowego należą do tzw. kategorii zniekształceń radiometrycznych, które częściowo kompensowane są za pomocą opcji TVG. Poprawka TVG wykorzystywana jest w procesie „czyszczenia danych” do wzmocnienia sygnału w całym zakresie pomiarowym, a w szczególności na większych odległościach wybranego zasięgu pracy. Kompensuje ona straty energii akustycznej na różnych odległościach prostopadłych do kierunku ruchu sonaru i normalizuje amplitudę sygnału echa dla całego zakresu pomiarowego.



Rys. 2. Fragmenty sonogramów dna basenu portowego przed (a) i po korekcji TVG (b) [Grządziel i in. 2012]

Fig. 2. Side-scan sonar images of the harbour basin sea bottom before (a) and after TVG correction (b) [Grządziel et al. 2012]

GEOMETRYCZNA KOREKCJA OBRAZU SONAROWEGO

Posiadając wiedzę na temat geometrycznych rozmiarów wielkogabarytowych obiektów obserwowanych na obrazach sonarowych, operator-programista może dokonać pewnych geometrycznych modyfikacji obrazu w celu przekształcenia go do postaci zbliżonej do rzeczywistego obrazu dna morskiego.

Na obrazach zarejestrowanych w akwenu portowym w łatwy sposób można zidentyfikować takie obiekty jak molo, nabrzeże, podwodną część kadłuba jednostki. Przy założeniu, że przetwornik sonaru zamocowany jest na sztywno na zadanej głębokości obiekty płaskie obserwowane wzdłuż przejścia jednostki powinny charakteryzować się

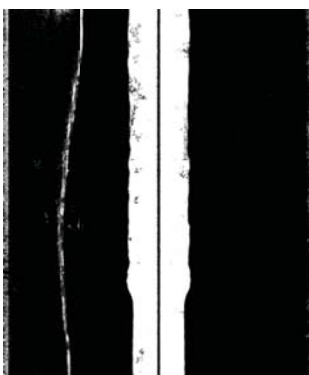
echem sonarowym „prostym” nie pofalowanym. Przekształcając (prostując) obraz echa takich obiektów, jednocześnie dokonuje się transformacji całego obrazu sonarowego. Na rysunku 3 widać echo pochodzące od podwodnej (płaskiej liniowej) części nabrzeża portowego. Jednostka pływająca wykonująca pomiar manewrowała na profilu równoległym do nabrzeża.



Rys. 3. Pofalowane echo sonarowe od podwodnej części nabrzeża portowego

Fig. 3. Side scan sonar image of the harbour wharf distortion

Obraz sonarowy nabrzeża jest pofalowany, co sugerować może fakt myszkowania jednostki podczas dokonywania pomiarów lub celowego wykonywania zwrotów jednostką pomiarową. Część obrazu sonarowego na lewo od echa nabrzeża jest dla operatora zbędna i z powodzeniem może być usunięta z sonogramu. W celu korekcji geometrycznej obrazu sonarowego należy dokonać automatyczną transformację, prostując jasną linię stanowiącą echo krawędzi podwodnej części nabrzeża. Z tego powodu wygenerowano filtr do wykrywania krawędzi. Wynik stosowania tego filtru przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wykrywanie krawędzi echa nabrzeża portowego

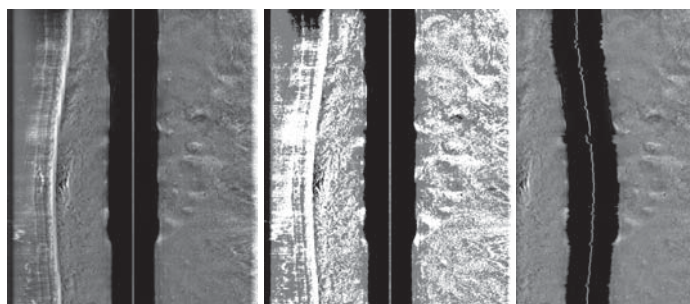
Fig. 4. Edge detection of the harbour wharf sonar echo

Kolejny etap to prostowanie krawędzi nabrzeża i transformacja obrazu. W tym celu wykorzystano program Mathcad, do którego zaimportowano bitmapę obrazu sonarowego i zapisano go w pliku tekstowym. Każdy piksel obrazu został przedstawiony w postaci wartości liczbowej, odpowiadającej poziomowi wzmocnienia (jasności) piksela. Zastosowano 8-bitową paletę kolorów. Pikselom przyporządkowano wartości od 0 do 255 (256-stopniowa skala szarości; kolor czarny otrzymuje wartość 0; kolor biały 255). Wykryta krawędź nabrzeża zapisana została kolorem białym lub zbliżonym do białego. Przyjęto, że piksele posiadające wartości wzmocnienia (intensywności) na poziomie powyżej 195 mapowane są do poziomu 255 (rys. 5).



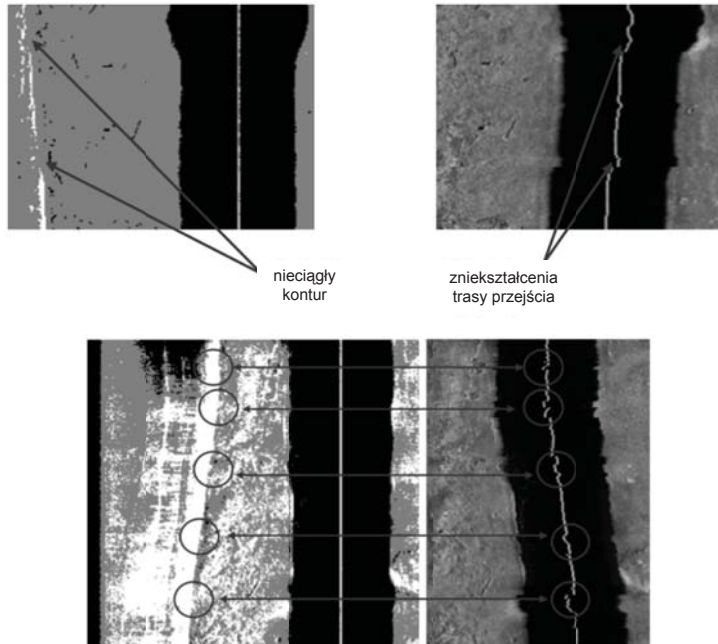
Rys. 5. Etapy przetwarzania obrazu sonarowego (poziom wzmocnienia progowego – 195)
Fig. 5. Phases of the sonar image processing (threshold level – 195)

Arbitralne przyjęcie granicznego wzmocnienia na poziomie 195 niesie pewne ryzyko dotyczące błędnej identyfikacji konturu nabrzeża. W przypadku przyjęcia zbyt niskiej wartości granicznej wyszukana krawędź może być mocniej pofałdowana. Spowoduje to wprowadzenie znacznych zniekształceń obrazu sonarowego. Na rysunku 6 przedstawiono sytuację wykrywania krawędzi i transformacji obrazu sonarowego dla granicznego poziomu wzmocnienia pikseli 130.



Rys. 6. Etapy przetwarzania obrazu sonarowego (poziom wzmocnienia progowego – 130)
Fig. 6. Phases of the sonar image processing (threshold level – 130)

Zarówno w przypadku wzmocnienia 195, jak i 130 otrzymano linię przejścia sonaru bocznego wygiętą i pofałdowaną. Można zauważyć, że dla poziomu 195 linia ta jest korzystniejsza, z niewielkimi pofałdowaniami, które powstają na skutek nieciągłości linii konturu nabrzeża portowego (rys. 7).



Rys. 7. Wpływ nieciągłego i „rozmytego” konturu echa nabrzeża na zniekształcenia obrazu sonarowego

Fig. 7. The impact of the discontinuous and diffuse wharf edge on the distortion of the sonar image

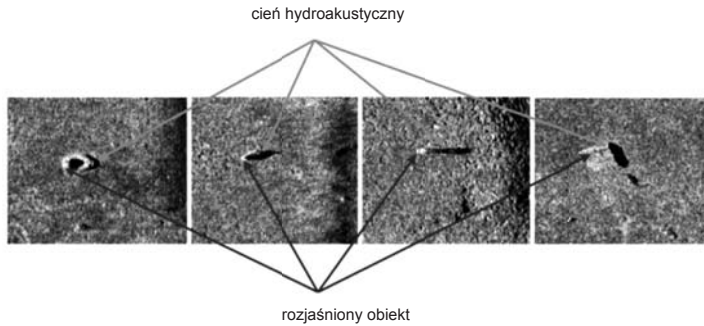
AUTOMATYCZNE WYKRYWANIE OBIEKTÓW PODWODNYCH

Z punktu widzenia prowadzenia poszukiwań sonarowych wyróżniamy tzw. obiekt sonarowy (ang. sonar target). Jest to dowolny obiekt charakteryzujący się zdolnością do odbijania fal akustycznych w stopniu gwarantującym jego detekcję (wykrycie) i zobrazowanie echa na specjalnym papierze lub ekranie systemu sonarowego [IHO 1994]. W czasie badań sonarowych w basenie portowym wykryto kilkadziesiąt obiektów podwodnych, głównie punktowych takich jak opony, pojedyncze kamienie i liniowych np. połamane deski, porozrywane cumy, belki.

Automatyczne wykrywanie obiektów na obrazie sonarowym jest kolejnym etapem wymagającym rozwiązania. Obiekty sonarowe powinny cechować się właściwościami wyróżniającymi je od tła obrazu sonarowego. Opracowanie metody wyszukującej ww. cechy obiektów sonarowych to zasadnicze zagadnienie zapewniające automatyczną ich detekcję. Obiekty odbijają impulsy fali dźwiękowej, które docierają do odbiornika w postaci echa. Im lepsze właściwości odbijające, tym więcej energii akustycznej dociera z powrotem.

Powstające sonogramy zbudowane są z pikseli w odpowiedniej skali szarości reprezentującej poziom energii akustycznej zgromadzonej w powracających echach. Silne echo reprezentowane jest jasną plamką i oznacza wykryty obiekt. Operator sonaru poszukuje obiektów o charakterystycznym rozjaśnieniu sygnału. Często też kieruje się zasadą występowania cienia hydroakustycznego. Większość obiektów wyróżniających się w tle

obrazu dna morskiego przesłania fragment jego cienia, powodując powstanie ciemnej plamki na sonogramie. Zazwyczaj cień towarzyszy rozjaśnionym obiektom (rys. 8).



Rys. 8. Zjawisko cienia hydroakustycznego

Fig. 8. The phenomenon of hydroacoustic shadow

Wykorzystując te informacje, można dokonać cyfrowej transformacji obrazów sonarowych do postaci umożliwiającej ekstrakcję obiektów posiadających cechy cienia i wyróżniającego rozjaśnienia. Wszystkie piksele obrazu sonarowego powinny być reprezentowane przez jeden z trzech progów. Progi intensywności pikseli dobierane są następująco:

- intensywność piksela na poziomie od 255 do 195 przyjmuje wartość 255 (kolor biały – obiekt);
- intensywność piksela na poziomie od 194 do 61 przyjmują wartość 126 (kolor szary – tło);
- intensywność piksela na poziomie od 60 do 0 przyjmują wartość 0 (kolor czarny – cień).

Operację progowania można zapisać następująco:

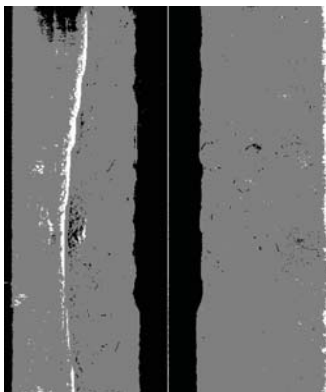
$$g_{n,m} = \begin{cases} 255 & \text{dla } 255 \geq f_{n,m} \geq 195 \\ 126 & \text{dla } 194 \geq f_{n,m} \geq 61 \\ 0 & \text{dla } 60 \geq f_{n,m} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

- $g_{n,m}$ – intensywność piksela po progowaniu,
- $f_{n,m}$ – intensywność piksela przed progowaniem,
- n, m – współrzędne piksela.

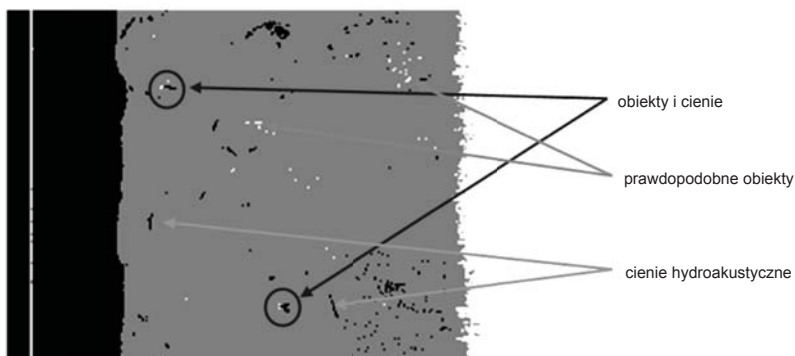
Wartości progowe zostały przyjęte arbitralnie na podstawie wyników wielokrotnych badań prowadzonych na rzeczywistych obrazach sonarowych. Należy zaznaczyć, że ustawienie progów decyduje o większej lub mniejszej czułości systemu ekstrakcji obiektów na obrazie sonarowym. Tak więc: jeżeli przyjmiemy górny próg poniżej 195, więcej pikseli obrazu będzie identyfikowanych jako obiekt znaczący, jeżeli natomiast dolny próg ustawimy powyżej 61, system wyszuka więcej cieni hydroakustycznych. Optymalne ustawienie progów w filtrze jest zadaniem zasadniczym i decyduje o możliwościach de-

tekcyjnych całego systemu. Na tym etapie badań ustawienia wartości progowych zależą od decyzji operatora. Poniżej zaprezentowano obraz sonarowy przetworzony przez filtr progowy (filtr opracowano w środowisku Mathead). Ekstrakcja obiektów może odbyć się w sposób automatyczny po wyszukaniu rozjaśnionych plamek (grupy pikseli) i towarzyszących im cieni hydroakustycznych (czarnych pikseli) – patrz rysunki 9 i 10.



Rys. 9. Obraz sonarowy przetworzony przez filtr progowy

Fig. 9. Sonar image after threshold filter processing



Rys. 10. Identyfikacja obiektów na obrazie sonarowym przedstawionym w postaci progowej

Fig. 10. Identification of objects in the sonar image presented in threshold form

Zgodnie z powyższymi założeniami opracowano aplikację do ekstrakcji obiektów generujących zarówno echo sonarowe (intensywność piksela 255), jak i cień hydroakustyczny (intensywność piksela 0). Zaimplementowano następującą maskę obiektu sonarowego:

$f_{n-1,m}$	$f_{n-1,m+1}$
$f_{n,m}$	$f_{n,m+1}$
$f_{n+1,m}$	$f_{n+1,m+1}$

Należy pamiętać, aby cień był rozłożony zgodnie kierunkiem padania wiązki akustycznej. Dla prawej strony cień hydroakustyczny występuje na prawo od echa, dla lewej strony jest odwrotnie. W związku z powyższym maski wzorcowego obiektu sonarowego przedstawiają się następująco:

255	0	dla prawej oraz	0	255	dla lewej strony sonogramu.
255	0		0	255	
255	0		0	255	

Do wyznaczenia współczynnika podobieństwa obrazów wykorzystano funkcję podobieństwa FP opartą na funkcji odległości Euklidesa [Stateczny, Wąż 2004, Wąż i in. 2008]:

$$FP_i = \sqrt{\sum_{k=1}^6 (F_k - I_k^i)^2} \quad (2)$$

gdzie:

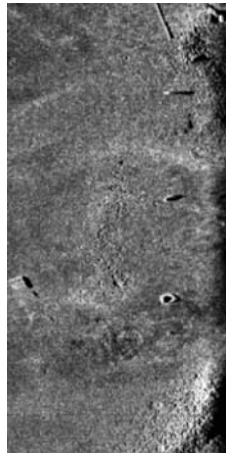
F_k – poszczególne wartości pikseli maski wzorcowej,

I_k^i – poszczególne wartości pikseli i -tego fragmentu obrazu sonarowego.

Współczynniki podobieństwa wp dla każdego i -tego fragmentu obrazu sonarowego przyjmują wartości znormalizowane z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ i obliczane są zgodnie z zależnością:

$$wp_i = \frac{FP_{\max} - FP_i}{FP_{\max}} \quad (3)$$

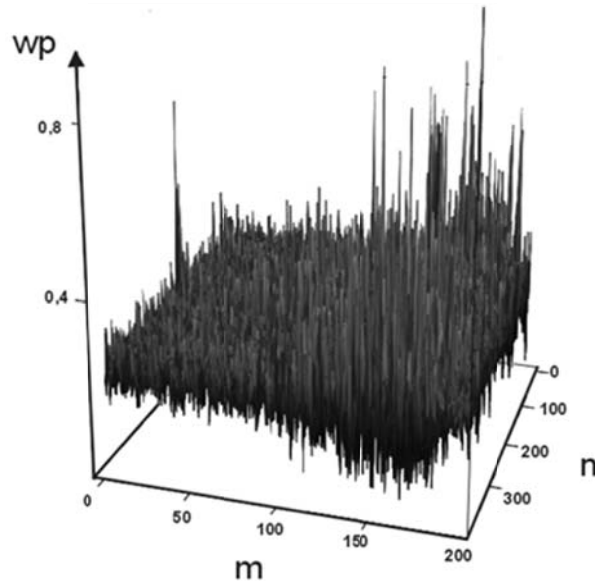
Do badań wykorzystano obraz sonarowy, na którym widoczne były obiekty wcześniej wykryte przez operatora (rys. 11).



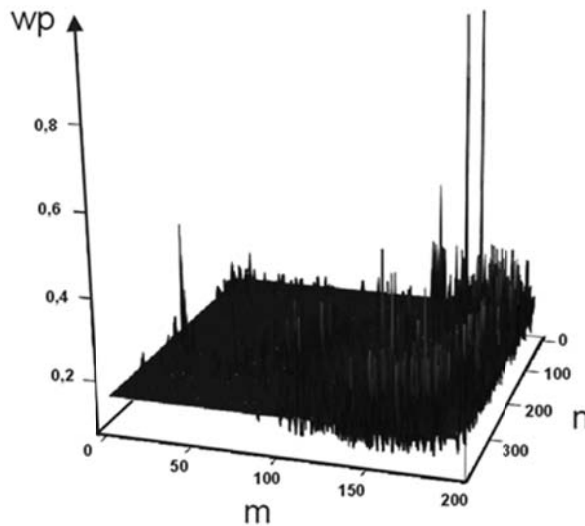
Rys. 11. Obraz przyjęty do badań (prawa strona sonogramu)

Fig. 11. An image used in the experiments (right side of the sonogram)

W wyniku działania algorytmu ekstrakcji obiektów otrzymano macierz współczynników podobieństwa obiektów sonarowych do maski wzorcowej. Macierz przedstawiona jest w postaci wykresu wartości współczynników podobieństwa. W pierwszej kolejności szukano obiektów na obrazie rzeczywistym – nieprzetworzonym (rys. 12). Na kolejnym wykresie (rys. 13) przedstawiono wyniki działania algorytmu dla obrazu przetworzonego w postać wagową.

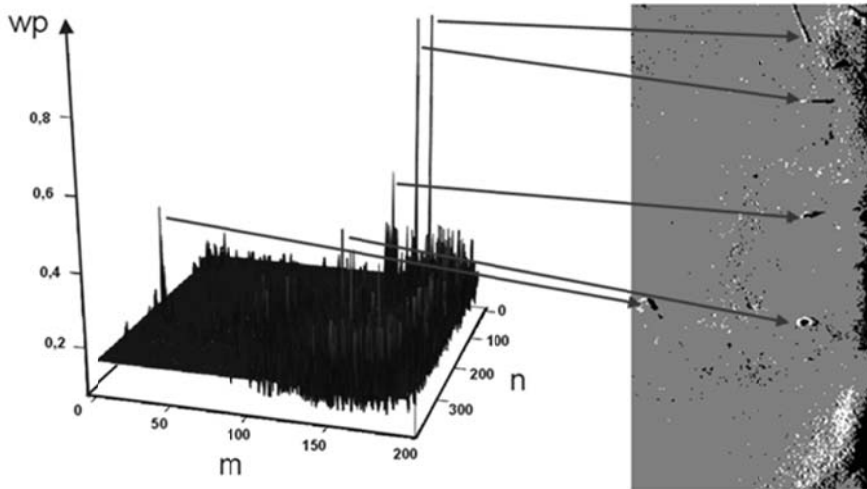


Rys. 12. Macierz współczynników podobieństwa (dla obrazu nieprzetworzonego)
Fig. 12. Similarity coefficient matrix (for unprocessed images)



Rys. 13. Macierz współczynników podobieństwa (dla obrazu w postaci wagowej)
Fig. 13. Similarity coefficients matrix (for a processed images)

W celu dokonania ekstrakcji obiektów z obrazu sonarowego, ze znormalizowanej macierzy współczynników podobieństwa wp , wybieramy te wartości (piksele – obiekty), które przekraczają próg 0,3. Na tym etapie badań próg ten został określony arbitralnie. Rysunek 14 pokazuje, że wyniki automatycznej detekcji obiektów 3D (w postaci macierzy współczynników podobieństwa) odpowiadają wykrytym (manualnie) obiektom na obrazie sonarowym.



Rys. 14. Wyniki automatycznej detekcji obiektów sonarowych
Fig. 14. Results of automatic detection of sonar objects

PODSUMOWANIE

Sonar boczny jest jednym z najbardziej skutecznych, hydroakustycznych środków pomiarowych wykorzystywanych do poszukiwania obiektów podwodnych. Niestety, dane sonarowe rejestrowane przez to urządzenie wymagają szeregu zabiegów korekcyjnych, aby mogły być w pełni wykorzystane do dalszej analizy. Część operacji polegających na poprawie jakości zobrazowania wykonywanych jest obecnie na podstawie o dedykowanych pakietów programowych. Niektóre jednak zniekształcenia i zakłócenia sonogramów narzucają konieczność tworzenia alternatywnych metod zarówno optymalizacji zobrazowania, jak i automatycznej detekcji obiektów podwodnych zalegających na dnie. Przedstawiona w artykule metoda ekstrakcji obiektów sonarowych wymaga dokonania kolejnych cyfrowych przekształceń obrazu sonarowego. Dokonane transformacje obrazów powinny doprowadzić do tego, aby cechy świadczące o istnieniu obiektów sonarowych były zaakcentowane i maksymalnie wzmocnione. Do wyszukania tych cech stosować można szereg metod, które z powodzeniem używane są w rozpoznaniu obrazowym. W większości są to tzw. metody minimalno-odległościowe, które wykorzystują algorytmy użytkujące funkcje podobieństwa. W pracy zaprezentowano prosty algorytm oparty na funkcji odległości Euklidesa, który został szczegółowo opisany w pracach [Stacny, Wąż 2004, Wąż i in. 2008]. Zastosowana metoda wpływa z pewnością na skuteczność pracy operatora sonaru, jakość pozyskanych danych oraz możliwości interpretacji otrzymanych wyników.

PIŚMIENNICTWO

- Bennel J.D., 2001. Procedura Guideline No. 1–5. Mosaicing of Sidescan sonar images to map seabed features “Marine Monitoring Handbook”, University of Wales.
- Chang Yet-Chung, Hsu Shu-Kun, Tai Ching-Hui, 2010. Sidescan sonar image processing: Correcting brightness variations and patching gaps, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.18, No. 6.
- Cobra D.T., Oppenheim A.V., Jaffe J. S., 1992. Geometric distortions in Side-Scan Sonar images: A Procedure for their estimation and correction. *Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 17, No. 3.
- Grządziel A., Nowak A., Naus K., Wąż M., 2012. Przetwarzanie i analiza obrazów sonarowych powierzchni dna basenu portowego. *Technika transportu szynowego*, 9, 3637–3642.
- IHO, 1994. Hydrographic Dictionary Part I., Volume I. Special Publication No 32. Monaco.
- Stateczny A., Wąż M., 2004. Pozycjonowanie bazujące na obrazach radarowych. *Metody nawigacji porównawczej*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdynia, 259–300.
- Wąż M., Czaplowski K., 2008. Precise tracking positions of a submarine vehicle. *Annual of Navigation* 13, 35–48.

AUTOMATIC DETECTION OF SONAR OBJECTS

Abstract. Contemporary sonar systems are used mainly to search for and detect underwater objects which might affect the safety of navigation or the safety of moored watercraft. The task of the sonar operator is to display the optimal settings of the sonar image and to select the proper operational parameters that enable detection and identification of hidden targets. The operator performs corrections of the recorded sonar data, thereby improving the image quality and the ability to interpret the survey results. The paper deals with the research problem of changing display images, conducting geometric corrections, and extracting objects from the sonar imagery background. The presented method for the automatic searching of objects utilizes the morphologic features of sonograms and geometric and arithmetic methods of digital signal processing. In searching for the features of a sonar target, the minimal-distance methods used in pattern recognition were applied. The developed application makes it possible to perform research experiments that follow the stages of sonar detection of objects. The obtained results can indicate the validity of the research assumptions and the appropriateness of the methods used.

Key words: hydrographic survey, sidescan sonar, sonar imagery, object detection

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2013

Do cytowania – For citation: Wąż. W., Grządziel A., Nowak A., 2013. Automatyczna detekcja obiektów sonarowych. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 12 (1), 29–42.