

Mariusz Borawski, Kesra Nermend

Porównanie arytmetyki przyrostów i podejścia bayesowskiego przy wykrywaniu obszarów cienia akustycznego na obrazach z sonaru

Ekonomiczne Problemy Usług nr 106, 103-113

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MARIUSZ BORAWSKI

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

KESRA NERMEND

Uniwersytet Szczeciński

**PORÓWNANIE ARYTMETYKI PRZYROSTÓW I PODEJŚCIA
BAYESOWSKIEGO PRZY WYKRYWANIU OBSZARÓW CIENIA
AKUSTYCZNEGO NA OBRAZACH Z SONARU**

Wprowadzenie

Wykrywanie cienia akustycznego jest jednym z poważniejszych problemów praktycznych przy analizie obrazu sonarowego. Sonar jest urządzeniem służącym do zobrazowania dna akwenów wodnych. Cień akustyczny jest brakiem informacji o danym fragmencie dna wynikającym z przysłaniania go przez wysoki obiekt. Z tego względu obrazy tego samego fragmentu dna tworzy się wielokrotnie z różnych pozycji umiejscowienia sonaru. Obrazy takie łączy się, tworząc tzw. mozaikę. Obszary cienia akustycznego nie powinny jednak brać udziału w łączeniu, ale zostać z obrazu usunięte. Stąd wykrycie i oznaczenie umiejscowienia obszaru cienia akustycznego jest bardzo istotne. Współcześnie opracowywane metody tworzenia mozaik nie uwzględniają jednak tego aspektu¹.

¹ S. Reed, I.T. Ruiz, Ch. Capus, Y. Petillot, *The Fusion of Large Scale Classified Side-Scan Sonar Image Mosaics*, IEEE Transactions On Image Processing, July 2006, Vol. 15, No. 7; C. Capus, I. Tena Ruiz, Y. Petillot, *Compensation for changing beam pattern and residual tvg effects with sonar altitude variation for sidescan mosaicing and classification*, presented at the 7th Eur. Conf. Underwater Acoustics, Delft, The Netherlands 2004; D. Gueriot, *Bathymetric and side-scan data fusion for sea-bottom 3-D mosaicing*, in Proc. MTS/IEEE Int. Conf. OCEANS 2000, s. 1663–1668.

Przy wykrywaniu różnych obszarów na zwykłych zdjęciach dość dobre rezultaty uzyskuje się, wykorzystując podejście bayesowskie. Przykładem może być wykrywanie skóry² lub wykrywanie tła³. Podstawowym problemem, jaki wskazuje literatura dotycząca podejścia bayesowskiego, jest niewystarczająca informacja do ustalenia prawdopodobieństwa warunkowego oraz trudność w określeniu jego rozkładu⁴. Aby rozwiązać ten problem, najczęściej wprowadza się dodatkowe założenia, które dostarczają brakującej informacji⁵. W związku z tym konieczne jest spełnienie tych założeń, co nie zawsze jest łatwe do sprawdzenia. Warunkowe założenie niezależności zostało uogólnione przez Lemmera i Bartha⁶. W arytmetyce przyrostów, zależnie od sposobu jej wykorzystania, albo wszystkie parametry wyznacza się na podstawie danych wejściowych, albo szacuje się jedynie wartość średnią i odchylenie standardowe (lub przedział) bez konieczności znajomości rozkładu. Ograniczenia nakładane na metody są zatem znacznie mniejsze niż przy stosowaniu podejścia bayesowskiego.

Samo złe oszacowanie prawdopodobieństwa warunkowego czy innych parametrów oraz niespełnienie założeń stosowania metody nie oznacza, że metoda będzie działać gorzej od innych. Ostateczną weryfikację działania metody stanowi zawsze praktyczne jej zastosowanie. W praktycznym zastoso-

² P. Kakumanu, S. Makrogiannis, N.G. Bourbakis, *A survey of skin colour modeling and detection methods*, „Pattern Recognition” 2007, No. 40 (3), s. 1106–1122; V. Vezhnevets, V. Sazonov, A. Andreeva, *A survey on pixel-based skin color detection techniques*, In Graphicon 2003, s. 85–92.

³ M. Piccardi, *Background subtraction techniques: a review*, In IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics 2004, s. 3099–3105; A. Elgammal, *Figure-ground segmentation – pixel-based*, in: *Guide to visual analysis of humans: looking at people*, ed. T. Moeslund, A. Hilton, Krüger, L. Sigal, Springer 2011; T. Bouwmans, F.E. Baf, B. Vachon, *Statistical background modeling for foreground detection: A survey*, in: *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, ed. C.H. Chen, L.F. Pau, P.S.P. Wang, World Scientific Publishing 2010, s. 181–199.

⁴ P. Cheeseman, *In Defense of Probability*, In *Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence* 1985, s. 1002–1009, www.ijcai.org/Past%20Proceedings/IJCAI-85-VOL2/PDF/064.pdf (23.05.13).

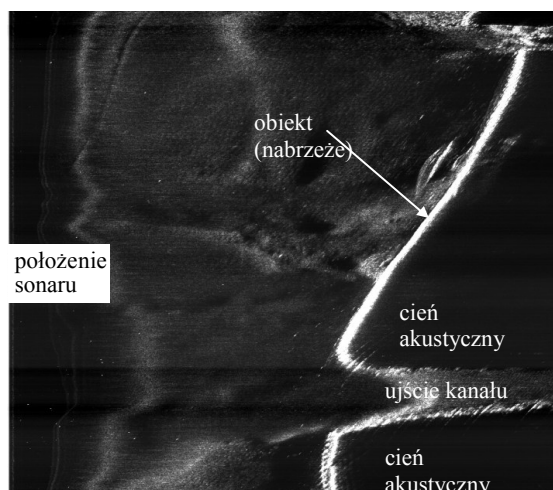
⁵ E. Charniak, *The Bayesian Basis of Common Sense Medical Diagnosis*, Proc. National Conf. Artificial Intelligence, Washington, Aug. 1983, s. 70–73; R.O. Duda, P.E. Hart, N. Nilsson, *Subjective Bayesian Methods for Rule-Based Inference Systems*, AFIPS Conf. Proc. National Computer Conf., New York 1976, Vol. 45, s. 1075–1082; J. Pearl, J.H. Kim, *A Computational Model for Causal and Diagnostic Reasoning in Inference Systems*, Proc. 8th. International Conf. Artificial Intelligence, Karlsruhe, Aug. 1983, s. 190–193.

⁶ J.F. Lemmer, S.W. Barth, *Efficient Minimum Information Updating for Bayesian Inferencing in Expert Systems*, Proc. National Conf. Artificial Intelligence, Pittsburgh, Aug. 1982, s. 424–427.

waniu nie zawsze też wyższa skuteczność metody jest kluczowa. Istnieć może szereg innych czynników, które sprawiają, że mniej skuteczna metoda będzie w praktyce bardziej użyteczna. Przykładem może być niezależność metody od pewnych czynników, takich jak zmiana współpracującego urzędnika, łatwość implementacji sprzętowej itp.

1. Cień akustyczny

Aby właściwie porównać różne podejścia do rozwiązywania pewnych problemów, należy zastosować je w praktyce. Jako przykład praktycznego problemu wybrano wykrywanie cienia akustycznego na obrazie sonarowym. Jest to jedno z ważniejszych zagadnień związanych z przetwarzaniem obrazów sonarowych, rzadko realizowane przez aplikacje komercyjne. Obszar cienia akustycznego jest miejscem, w którym nie ma obrazu dna, gdyż przysłania go pewien obiekt. Podobnie, jeżeli stoimy za murem, to nie jesteśmy w stanie zobaczyć tego, co jest bezpośrednio za nim, a jedynie to, co jest w pewnej odległości od niego. Gdy mur jest zbyt wysoki, to nie zobaczymy nic. Jeżeli obiekt znajduje się na mniejszej głębokości niż sonar, to też za tym obiektem nic nie zobaczymy.



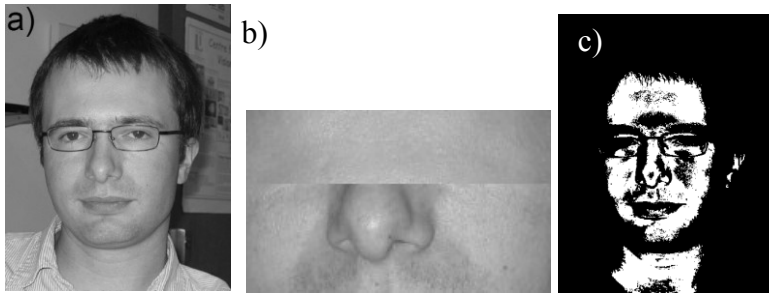
Rys. 1. Obraz sonarowy nabrzeża

Źródło: Akademia Morska, Hydrograf XXI.

Cień akustyczny jest brakiem informacji. Aby ją uzupełnić, wykonuje się sondaż z kilku miejsc, a później obrazy łączy się ze sobą. Obszary sondażu zawierające cień akustyczny należy podczas łączenia odrzucić, w tym celu należy je wykryć. Drugim przypadkiem, kiedy odrzuca się obszary obrazu z cieniem akustycznym, jest nakładanie obrazu sonarowego na mapę lub zdjęcie satelitarne. Tam, gdzie jest obszar wody, należy wkleić na mapę lub zdjęcie satelitarne obraz sonarowy. Na obrazie sonarowym tylko do nabrzeża znajduje się obraz dna, za nabrzeżem znajduje się cień akustyczny (rys. 1).

2. Wykrywanie cienia akustycznego z wykorzystaniem podejścia bayesowskiego

Do wykrycia cienia akustycznego można zastosować metodę pozwalającą na wykrywanie obszarów o określonych kolorach. Została opisana w monografii Prince'a⁷ na przykładzie wykrywania skóry na zdjęciach. Wynik działania metody został przedstawiony na rysunku 2. Mimo względnej prostoty metoda daje zadowalające rezultaty.



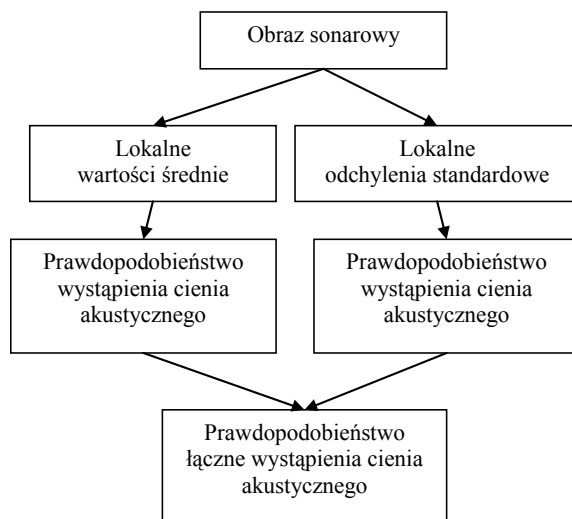
Rys. 2. Wykrywanie skóry: a) zdjęcie twarzy, b) wzorcowa skóra, c) wynik działania metody

Źródło: a⁸, b i c – opracowanie własne.

⁷ S. Prince, *Computer Vision, Models, learning, and interference*, Cambridge Press 2012, s. 93–94.

⁸ *Ibidem*.

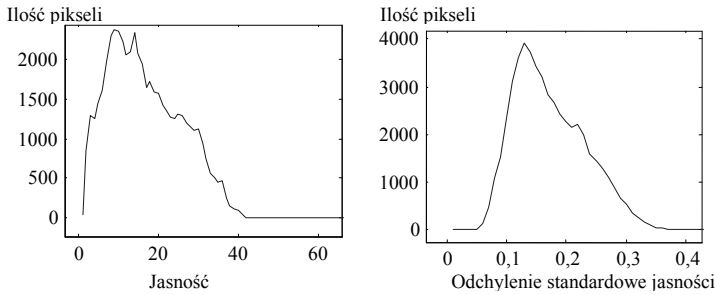
Główne parametry, za pomocą których można wykryć cień akustyczny, to jasność i poziom szumu. W związku z tym wyliczono lokalne wartości średnie i lokalne odchylenia standardowe. Zastąpiły one składowe koloru RGB. Procedura obliczeniowa została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Wykrywanie cienia akustycznego z wykorzystaniem prawdopodobieństwa warunkowego

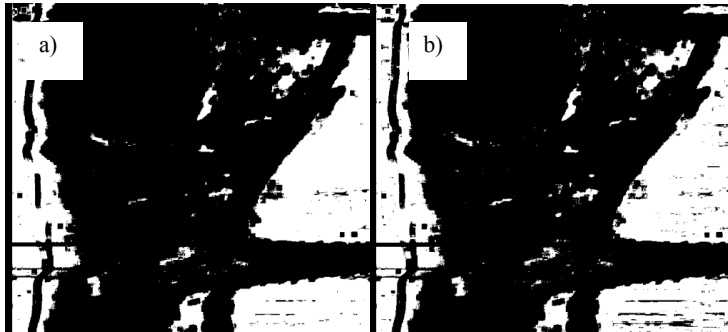
Źródło: opracowanie własne.

Metoda zaprezentowana w monografii Prince'a wykorzystuje podejście Bayesa. Zakłada się w niej, że prawdopodobieństwo, iż dana składowa koloru jest składową koloru skóry, ma rozkład normalny o ustalonych parametrach. Odstępstwo od tego założenia oznacza obniżenie skuteczności metody. W celu określenia rozkładu należy wyznaczyć histogramy dla typowego cienia akustycznego. Na rysunku 4 przedstawiono histogramy wyznaczone dla wybranego fragmentu obrazu sonarowego zawierającego cień akustyczny. Widać, że są zbliżone kształtem do rozkładu normalnego, jednak dokładnie nie odzwierciedlają jego kształtu, co obniża skuteczność metody.



Rys. 4. Histogramy jasności odchyłeń standardowych jasności wyznaczone dla fragmentu obrazu sonarowego zawierającego cień akustyczny

Źródło: opracowanie własne.



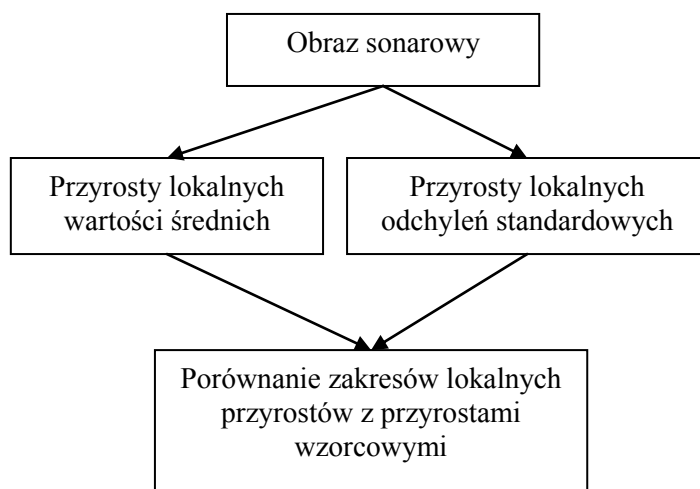
Rys. 5. Wynik wykrywania cienia akustycznego (kolor biały): a) metodą zaprezentowaną w monografii Prince'a, b) wynik działania metody wykorzystującej arytmetykę przyrostów

Źródło: opracowanie własne.

Wyznaczony obszar cienia akustycznego przedstawiono na rysunku 5a. Jak widać, oprócz cienia akustycznego zaznaczony został obszar po lewej stronie. Jest to tak zwana martwa strefa, która jest usuwana innymi metodami. Charakter echa akustycznego z martwej strefy jest bardzo podobny do echa z cienia akustycznego, stąd został on zaznaczony jako cień akustyczny. Ponadto zostały zaznaczone fragmenty dna. Są to fragmenty, które opadają w kierunku nabrzeża, a więc kąt odbicia wiązki sonarowej jest bardzo duży, co powoduje słabe echo, przypominające cień akustyczny.

3. Wykrywanie cienia akustycznego z wykorzystaniem arytmetyki przyrostów

Cień akustyczny można również wyznaczyć z wykorzystaniem arytmetyki przyrostów. Sposób wykonywania obliczeń przedstawiono na rysunku 6. Przyrosty wzorcowe określono na podstawie wzorcowego obrazu sonarowego zawierającego cień akustyczny. Założono, że w celu zakwalifikowania danego piksela jako piksela cienia akustycznego jego przyrost wartości średniej nie powinien być większy niż dwa odchylenia standardowe liczone z przyrostów wartości średniej wzorca, a przyrost odchylenia standardowego nie powinien być większy niż dwa odchylenia standardowe liczone z przyrostów odchylenia standardowego wzorca.

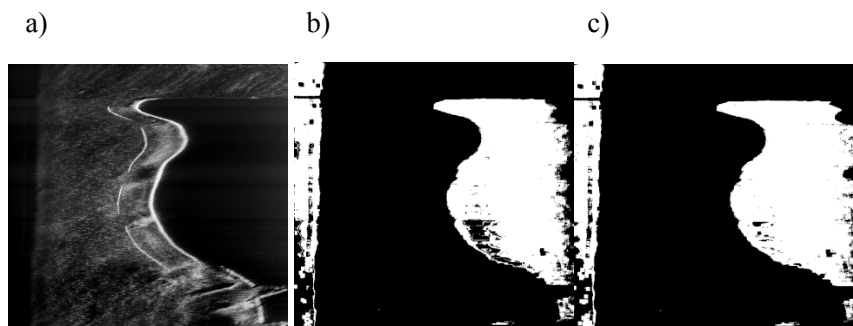


Rys. 6. Wykrywanie cienia akustycznego z wykorzystaniem arytmetyki przyrostów
Źródło: opracowanie własne.

Wynik obliczeń z wykorzystaniem arytmetyki przyrostów przedstawiony został na rysunku 5b.

4. Porównanie

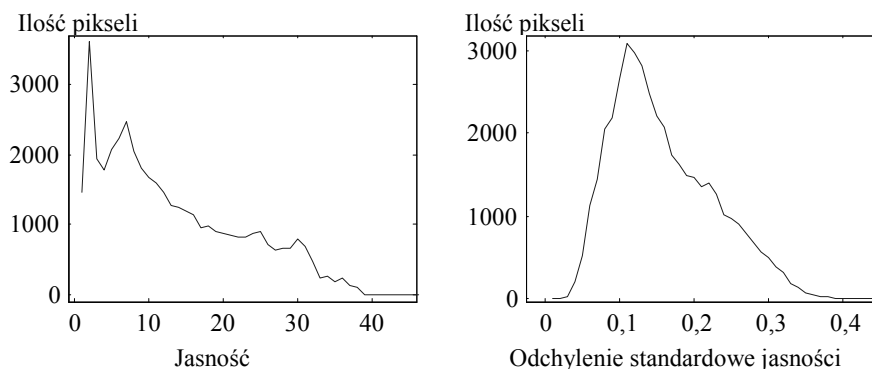
Na rysunku 7 wyznaczono obszar cienia akustycznego dla innego obrazu sonarowego. Obraz ten jest fragmentem tego samego sonarza przedstawiającego inny fragment nabrzeża.



Rys. 7. Wynik wykrywania cienia akustycznego: a) metodą zaprezentowaną w monografii Prince'a, b) wynik działania metody wykorzystującej arytmetykę przyrostów

Źródło: opracowanie własne.

Po zmianie parametrów pracy sonaru (wzmocnienie sygnału) obraz jest wyraźniejszy, ale powoduje to zmianę charakteru rozkładu lokalnych wartości średnich i lokalnych odchyłeń standardowych. Na rysunku 8 można zobaczyć uzyskane histogramy dla fragmentu obrazu sonarowego, w którym cień akustyczny nie został wykryty. Widać wyraźnie, że histogram dla wartości średnich jasności różni się znacznie od histogramu z rysunku 4, co prawdopodobnie powoduje niewykrycie cienia akustycznego.



Rys. 8. Histogramy jasności i odchyłeń standardowych jasności wyznaczone dla fragmentu obrazu sonarowego z rys. 7 zawierającego cień akustyczny

Źródło: opracowanie własne.

W metodzie zaprezentowanej w monografii Prince'a poważny problem stanowi też poziom uzyskanych prawdopodobieństw. Przy wykrywaniu skóry na zdjęciu poziom prawdopodobieństw jest mniej więcej w zakresie od 0 do 0,6. Przy wykrywaniu cienia akustycznego maksymalny poziom prawdopodobieństw spada do 0,03, a przy wykrywaniu obiektów do 0,006. Ten fakt nie stanowi problemu, gdy jest to wynik ostateczny, jednak, jeśli liczby te mają być wykorzystane w dalszych obliczeniach, pojawia się problem nieporównywalności wyników uzyskanych na podstawie jednej metody. Na przykład cień akustyczny występuje najczęściej za obiektami, a więc aby zwerfikować, czy cień akustyczny został dobrze rozpoznany, należy sprawdzić, czy przed nim znajduje się obiekt. Na podstawie tych dwóch wykryć można określić współczynnik pewności wykrycia cienia akustycznego. Obliczenie tego współczynnika utrudnia fakt nieporównywalności wyników wykryć. W przypadku wykorzystania arytmetyki przyrostów miarą poprawności wykrycia jest przyrost odchylenia standardowego, przyrost szerokości przedziału lub przyrost wariancji. Są one wyrażone (lub przeliczalne) do parametrów, dla których były liczone, co ułatwia zestawianie wyników.

Algorytmy przetwarzania obrazów sonarowych mogą być implementowane sprzętowo. Bezzałogowe podwodne jednostki pływające wyposażone są w sonary, dla których w celu przyspieszenia obliczeń pewne algorytmy implementuje się sprzętowo. W takim przypadku stosuje się najczęściej arytmetykę

stałoprzecinkową o jak najmniejszej liczbie miejsc po przecinku. Pozwala to umieścić więcej realizacji sprzętowych w jednym układzie scalonym. W powyższym przykładzie dla arytmetyki przyrostów, wystarczyłyby dwa miejsca po przecinku, a dla alternatywnej metody – trzy. Gdyby konieczne było wykrycie obiektów, precyzję należałoby zwiększyć do pięć miejsc po przecinku.

Podsumowanie

Z rozpatrywanych przykładów wynika, że metody wykorzystujące podejście Bayesa w porównaniu z metodami wykorzystującymi arytmetykę przyrostów w zastosowaniu do wykrywania cienia akustycznego:

a) dają podobne wyniki, jeżeli rozkład znacząco różni się od założonego. Arytmetykę przyrostów można zatem stosować tam, gdzie rozkład jest nieznan lub trudny do określenia;

b) są bardziej czułe na zmiany kształtu rozkładu badanych. W praktyce jest to bardzo częsty przypadek. Zdjęcia podczas rejestracji podlegają automatycznej obróbce zmieniającej jasność, kontrast oraz udział składowych koloru. Modyfikacje zdjęć mogą być nieliniowe, co zmienia kształt rozkładu. Skuteczność metod wykorzystujących podejście Bayesa może w związku z tym być obniżona i wówczas alternatywą dla nich mogą być metody wykorzystujące arytmetykę przyrostów;

c) dają wyniki trudniejsze do porównania w przypadku badania obiektów o różnym charakterze.

Literatura

Bouwman T., Baf F.E., Vachon B., *Statistical background modeling for foreground detection: A survey*, w: *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, eds. C.H. Chen, L.F. Pau, P.S.P. Wang, World Scientific Publishing 2010.

Capus C., Tena Ruiz I., Petillot Y., *Compensation for changing beam pattern and residual tvg effects with sonar altitude variation for sidescan mosaicing and classification*, presented at the 7th. Eur. Conf. Underwater Acoustics, Delft, 2004.

Charniak E., *The Bayesian Basis of Common Sense Medical Diagnosis*, Proc. National Conf. Artificial Intelligence, Washington, Aug. 1983.

- Cheeseman P., *In Defense of Probability*, Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence 1985, <http://www.ijcai.org/Past%20Proceedings/IJCAI-85-VOL2/PDF/064.pdf>.
- Duda R.O., Hart P.E., Nilsson N., *Subjective Bayesian Methods for Rule-Based Inference Systems*, AFIPS Conf. Proc, National Computer Conf., Vol 45, New York 1976.
- Elgammal A., *Figure-ground segmentation – pixel-based*, w: *Guide to visual analysis of humans: looking at people*, eds. T. Moeslund, A. Hilton, Krüger, L. Sigal, Springer 2011.
- Gueriot D., *Bathymetric and side-scan data fusion for sea-bottom 3-D mosaicing*, in Proc. MTS/IEEE Int. Conf. OCEANS, 2000.
- Kakumanu P., Makrogiannis S., Bourbakis N.G., *A survey of skin colour modeling and detection methods*, Pattern Recognition 2007, No. 40 (3).
- Lemmer J.F., Barth S.W., *Efficient Minimum Information Updating for Bayesian Inferencing in Expert Systems*, Proc. National Conf. Artificial Intelligence, Pittsburgh, Aug. 1982.
- Pearl J., Kim J.H., *A Computational Model for Causal and Diagnostic Reasoning in Inference Systems*, Proc. 8th International Conf. Artificial Intelligence, Karlsruhe, Aug. 1983.
- Piccardi M., *Background subtraction techniques: a review*, IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics, 2004.
- Prince S., *Computer Vision, Models, learning, and interference*, Cambridge Press 2012.
- Reed S., Ruiz I.T., Capus Ch., Petillot Y., *The Fusion of Large Scale Classified Side-Scan Sonar Image Mosaics*, IEEE Transactions On Image Processing, July 2006, Vol. 15, No. 7.
- Vezhnevets V., Sazonov V., Andreeva A., *A survey on pixel-based skin color detection techniques*, Graphicon, Moscow 2003.

COMPARISON OF INTERVAL ARITHMETIC AND BAYES APPROACH IN DETECTING ACOUSTIC SHADOW AREAS ON SONAR IMAGES

Summary

The paper presents the comparison of Bayesian approach to increment arithmetic's used in the detection of the acoustic shadow. Acoustic shadow is characterized by high volatility resulting in large part from the way sonar imaging which reduces the effectiveness of the Bayesian approach. The study shows that an alternative approach was slightly better, because it's take lower sensitivity to the variable characteristics of the acoustic shadow.

Translated by Mariusz Borawski and Kesra Nermend