

Tomasz NEUMANN¹

KOMPUTEROWE NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE ANALIZĘ LOKALIZACJI STACJI OBSERWACYJNYCH REJONÓW MORSKICH

Kluczowym elementem każdej analizy sytuacji na podstawie różnych źródeł informacji pochodzących z różnych źródeł są dane. Wszędzie tam, gdzie uzyskiwane dane nie są ani dokładne, ani stuprocentowo pewne, metody oparte na teorii zbiorów rozmytych, które to do swojej budowy takich danych nie potrzebują, mogą znaleźć praktyczne zastosowanie. Rozmieszczenie stacji obserwacyjnych w taki sposób, aby prawdopodobieństwo wykrycia dowolnego obiektu w dowolnym miejscu było większe od zadanej wartości progowej, jest zadaniem optymalizacyjnym. Sformułowanie, metoda rozwiązania powyższego zadania oraz prototyp środowiska komputerowego zostały przedstawione w prezentowanym artykule.

COMPUTER TOOL SUPPORTING ANALYSIS OF LOCATION OF OBSERVATION STATIONS IN MARINE AREAS

The main elements of any analysis of the situation on the basis of various sources of information from various sources are data. Wherever the data are not precise or one hundred percent certain methods based on fuzzy set theory, which is by construction of such data does not need to find practical appliance. Arranging observation stations so that plausibility of detecting any object at any place is greater than the threshold value is an operational research task. Formulation of the problem, the methods for solving it and prototype of computing environment are presented in the paper.

1. WSTĘP

Niewątpliwie niezmiernie ważną kwestią podczas planowania oraz budowy sieci brzegowych stacji obserwacyjnych jest ich właściwa lokalizacja. Od właściwego umiejscowienia takich punktów obserwacyjnych zależeć będzie powodzenie realizacji całej inwestycji. Kryterium oceny przedsięwzięcia można przyjąć na podstawie stopnia pokrycia monitorowanego obszaru, ilości wykorzystanych do tego celu stacji obserwacyjnych, oraz co za tym idzie, stopniem bezpieczeństwa transportu morskiego. Ograniczenia nałożone na tego typu problem zmuszają do dogłębnej analizy zagadnienia na długo przed realizacją

¹Akademia Morska w Gdyni, Wydział Nawigacyjny, Katedra Nawigacji, Gdynia 81-345, Aleja Jana Pawła II 3, netom@am.gdynia.pl

projektu. Analiza problemu powinna skupić się przede wszystkim na lokalizacji stacji brzegowych. Podczas analizy problemu pod uwagę powinny być brane różne możliwe lokalizacje oraz różne rodzaje stacji obserwacyjnych. W wyniku dokonanej analizy powinno uzyskać się odpowiedź na pytanie: które z możliwych lokalizacji będą najlepsze dla realizacji przedsięwzięcia budowy sieci stacji obserwacyjnych? Wybór lokalizacji powinien przede wszystkim uwzględniać aspekty bezpieczeństwa transportu morskiego, co bezpośrednio związane jest z gwarancją pokrycia monitorowanego obszaru, jak również aspekty techniczne oraz ekonomiczne. Jeśli budowany system jest jedynie rozbudową już istniejącego systemu monitorowania ruchu morskiego powinien uwzględniać już istniejącą infrastrukturę obserwacyjną.

2. MATEMATYCZNA TEORIA EWIDENCJI W INŻYNIERII RUCHU STATKÓW

Jednym z narzędzi wykorzystywanych w aplikacji jest Matematyczna Teoria Ewidencji (MTE). Posłuży ona do oceny możliwości wykrycia obiektów przez na przykład radarowe stacje monitorujące dany obszar. Innym ważnym elementem zastosowanym w aplikacji będzie wnioskowanie przybliżone pozwalające na ekstrapolację czy interpolację niepełnej wiedzy na temat charakterystyk stacji monitorujących. Rozwiązanie problemu wykrycia, polegające na oszacowaniu możliwości detekcji przez każdą ze stacji pozwala przejść do optymalizacyjnego problemu pokrycia nadzorowanego obszaru. Rozwiązanie takiego zadania polega na takim rozmieszczeniu stacji obserwacyjnych, aby wskaźniki określające poziom wykrycia były większe od założonej wielkości. Odpowiedni poziom wartości wskaźników uzyskuje się dzięki pokryciu analizowanego zbioru punktów przez właściwą liczbę odpowiednio rozmieszczonych stacji. Poziomy wykrycia szacowane są dla określonej, dyskretnej przestrzeni poszukiwań z uwzględnieniem ewidencji, na którą składają się dane dotyczące urządzeń obserwacyjnych. Składanie ewidencji pozwala obliczyć odpowiednie parametry dla każdego punktu analizowanej przestrzeni. Jest to problem możliwy do rozwiązania dzięki MTE.

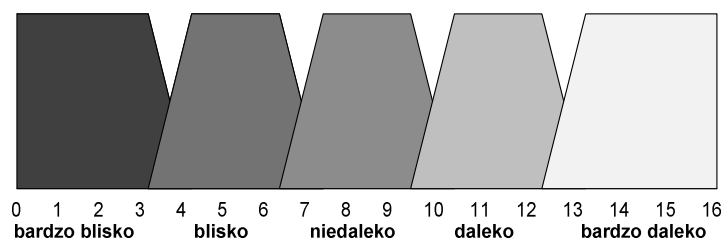
Punktem wyjściowym dla procesu obliczeniowego jest charakterystyka każdej ze stacji obserwacyjnych. Odpowiednie parametry techniczne udostępniane są przez producentów sprzętu, są to jednak wartości niepełne, wyliczone dla pewnych warunków hydrometeorologicznych (np. spokojnego morza) oraz typowych jednostek morskich. Potrzebne są mechanizmy wnioskowania przybliżonego jak również dodatkowa wiedza ekspertów, których subiektywne oceny stanowią główne źródło danych wyjściowych. Subiektywne oceny ekspertów obarczone są zatem pewnym stopniem niepewności. Subiektywizm opinii wymaga stosowania odpowiedniego aparatu matematycznego. Elastyczność teorii ewidencji pozwala na stosowanie wielkości przybliżonych i rozmytych. Określenie mas poszczególnych hipotez ramy dyskursu z użyciem funkcji przynależności tworzy struktury przekonań dających możliwości szerokich zastosowań teorii ewidencji.

Radar jest jednym z urządzeń z użyciem którego prowadzony jest monitoring obszarów wodnych. Jak każde urządzenie techniczne, charakteryzuje się pewnym, ograniczonym poziomem funkcjonalności oraz niezawodności w sensie realizacji podstawowych swoich zadań. Możliwość wykrywania obiektów jest bardzo ważnym parametrem każdego tego typu urządzenia. Współczesne stacje monitorujące są w stanie wykryć obiekty pływające na znacznych odległościach. Można zaryzykować twierdzenie, że przy dobrych warunkach hydrometeorologicznych zasięg ich jest zasięgiem horyzontalnym. Oczywiście zdolność

wykrywania zależy od tak zwanej skutecznej powierzchni odbicia, która to cecha związana jest przede wszystkim z wielkością danej jednostki. Ważnym parametrem jest też zanurzenie statku, które z kolei zmniejsza część nadwodną wpływającą bezpośrednio na wielkość powierzchni odbicia. Wykrywanie mniejszych jednostek na wzburzonym morze może narażać na kłopoty. Stwierdzenie czy jednostka określonego typu zostanie w danych warunkach wykryta czy nie zależy od odległości od stacji obserwacyjnej, stanu morza i charakterystyki urządzenia obserwującego. W niektórych rejonach morskich ruch jest na tyle duży, iż odpowiednie rozmieszczenie stacji obserwacyjnych zapewniających stopień wykrycia jednostek na odpowiednio wysokim poziomie jest koniecznością.

W sytuacjach, w których ocena sytuacji podlega jedynie subiektywnej ocenie ekspertów wyniki uzyskać można jedynie w postaci zmiennych lingwistycznych. Przedstawione teorie [6] pokazują, że możliwe jest przeformatowanie tych wartości na wartości liczbowe przy użyciu teorii zbiorów rozmytych. Teoria ta, która rozwijana jest od lat 60 ubiegłego wieku głównie przez jej twórcę L.A. Zadeha coraz częściej wkracza w kolejne zagadnienie gospodarki. Zdaniem autora, wiedza na temat tej teorii nie została dostatecznie wykorzystana dla potrzeb analizy wykrycia obiektów morskich. Wydaje się, że konieczne jest szersze wykorzystanie możliwości jakie daje nam teoria zbiorów rozmytych dla racjonalnego budowania nowych systemów monitorowania ruchu morskiego.

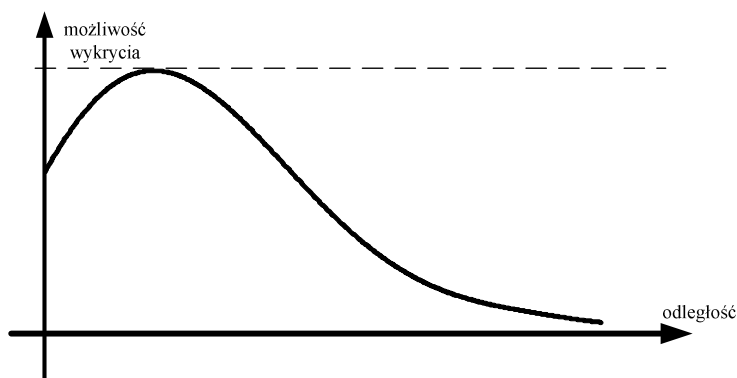
W problemie pokrycia monitorowanego obszaru interpretacji lingwistycznej podlegać będą frazy służące ocenie odległości jednostek pływających. Za pomocą wartości lingwistycznych: bardzo blisko, blisko, niedaleko, daleko, bardzo daleko możliwe jest określenie odległości, w jakiej znajduje się badany obiekt. Poszczególne wyrażenia lingwistyczne oraz odpowiadające im przykładowe zakresy wartości przedstawione zostały na rysunku 1. Więcej na ten temat znaleźć można w [4].



Rys.1. Diagram zależności wartości lingwistycznych

3. ANALIZA PROBLEMU

Możliwość wykrycia jednostki pływającej niewątpliwie jest pewną funkcją odległości. W bezpośrednim sąsiedztwie stacji wartość tej funkcji osiąga pewną, stosunkowo wysoką wartość. Potem rośnie, aby przy pewnej odległości osiągnąć wielkość graniczną z pewnością, po czym opada aż do pewnego poziomu osiąganego na granicy zasięgu urządzenia. Zasięg taki w warunkach normalnej refrakcji można uważać za zasięg horyzontalny. Przykładowy przebieg takiej funkcji pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Funkcja możliwości wykrycia obiektu w funkcji odległości

Charakterystyka możliwości wykrycia jednostki pływającej w funkcji odległości obrazuje wartość przekonania (ang. *belief*) o wykryciu jednostki pływającej określonego typu w funkcji odległości dla zadanych warunków. Analogiczny kształt krzywej, ale o nieco większych wartościach, może posiadać krzywa domniemania (ang. *plausibility*) na temat takiego zdarzenia. Przekonanie należy utożsamiać z poziomem wiary w to, że pewne zjawisko będzie miało miejsce. Obie wartości (*belief*, *plausibility*) wykorzystywane są w Matematycznej Teorii Ewidencji.

Na podstawie takich danych możliwe jest określenie obszaru, który potencjalnie podlegać będzie monitorowaniu. Z przebiegu podanej charakterystyki można oszacować zdolność wykrycia jednostek pływających przez poszczególne stacje. Przypisując odpowiednie wagi wszystkim analizowanym punktom możliwe jest uwzględnienie przeszkód nawigacyjnych, które zmniejszają możliwości wykrycia w analizowanych obszarach. Na przedstawionym rysunku 3 przeszkoda nawigacyjna w wpływa na zdolności wykrycia stacji **W1**.

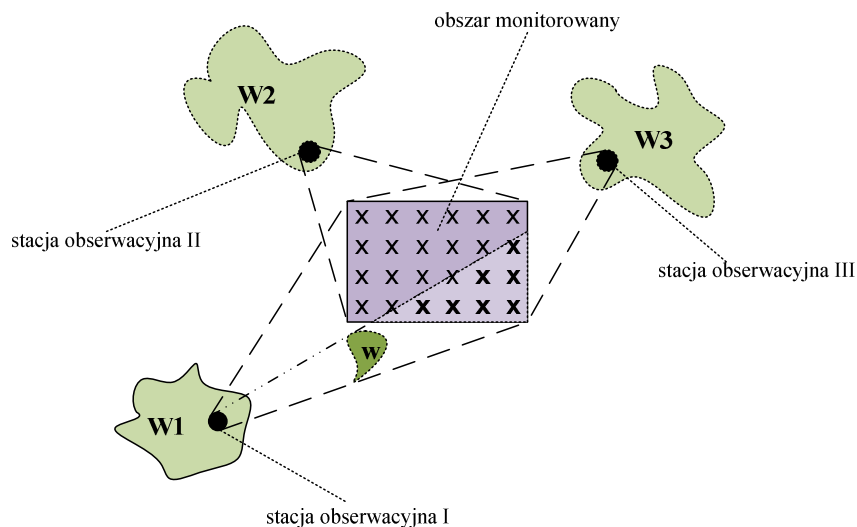
Optymalizacyjny problem rozmieszczenia stacji obserwacyjnych dla potrzeb monitorowania ruchu można sformułować następująco:

Dane:

- zbiór punktów charakterystycznych P , w których poziom wykrycia dowolnego obiektu jest kontrolowany,
- zbiór Q możliwych lokalizacji stacji.

Szukane:

- podzbiór zbioru Q taki, aby w każdym punkcie charakterystycznym poziom wykrycia dowolnego obiektu nie był niższy niż zadana wartość.



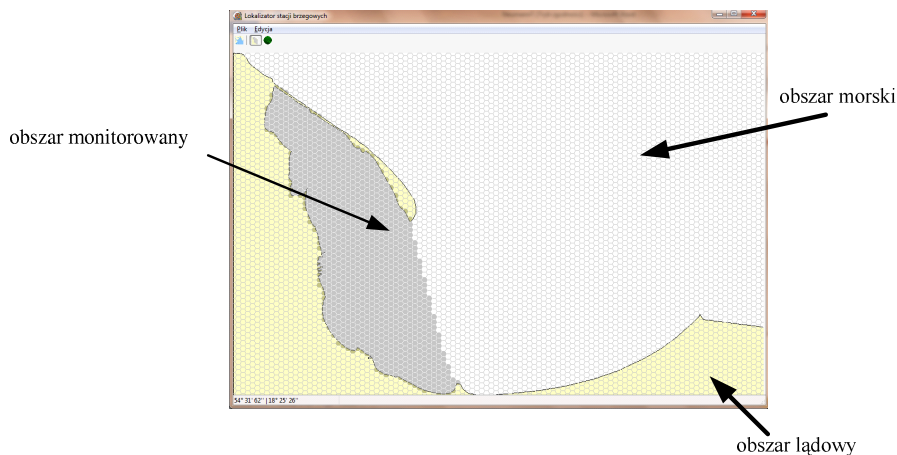
Rys.3. Monitorowany obszar morski przez trzy stacje obserwujące

4. CHARAKTERYSTYKA APLIKACJI

Aplikacja komputerowa została stworzona na architekturę systemu operacyjnego Windows. Głównym celem aplikacji jest takie rozmieszczenie brzegowych stacji obserwacyjnych, aby zapewnić pokrycie żadanego obszaru. Zasadnicze cele przy próbie lokalizacji stacji obserwacyjnych można zatem sprecyzować następująco:

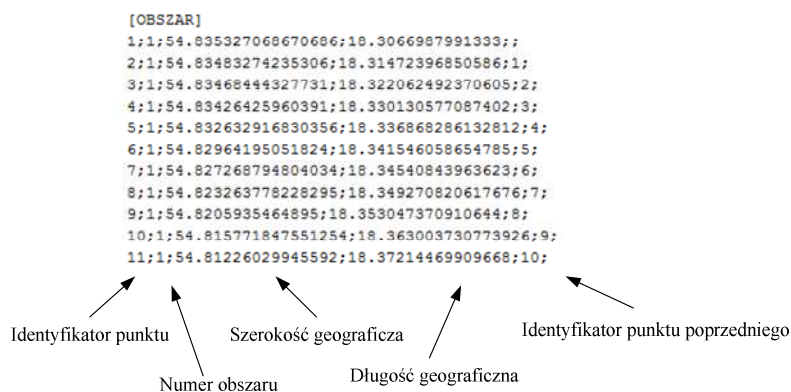
- zapewnienie możliwie największego pokrycia monitorowanego obszaru przy wykorzystaniu możliwie najmniejszej liczbie stacji obserwujących,
- zapewnienie możliwie wysokiego prawdopodobieństwa wykrycia jednostek pływających w średnich warunkach pogodowych.

Możliwie największe pokrycie jest jednym z parametrów wejściowych aplikacji. Użytkownik programu, wykorzystując graficzny interfejs aplikacji (rys 4), określa interesujący go morski obszar, którego monitorowanie ma być zapewnione przez stacje brzegowe. Określa również zbiór lokalizacji, w których stacje brzegowe mogą być umiejscowione. Dla każdej ze stacji możliwe jest wprowadzenie charakterystyki wykrycia jednostek dla złych, średnich i dobrych warunków hydrometeorologicznych. Wprowadzone charakterystyki przeliczane zostają na odpowiednie wartości możliwości wykrycia dla każdego z interesujących użytkownika punktów. Wyliczone wartości w każdym momencie pracy aplikacji mogą być zmienione. W ten sposób możliwe jest określenie np. stałych stref martwych dla stacji obserwacyjnych.



Rys. 4. Ekran aplikacji z wczytaną mapą Zatoki Gdańskiej oraz wybranym obszarem badanego pokrycia

Jedną z zalet przedstawianej aplikacji jest możliwość wczytywania dowolnych obszarów morskich. Ustalono uproszczony model zapisu wielowarstwowej mapy elektronicznej. Każdy z punktów posiada niepowtarzalny identyfikator, rodzaj obszaru; numer obszaru do którego należy punkt, współrzędne geograficzne punktu oraz identyfikator punktu poprzedniego. Z poziomu aplikacji możliwe jest określenie widocznych warstw w oknie aplikacji w zależności od potrzeb użytkownika.



Rys. 5. Wyciąg z pliku z zapisaną linią brzegową

Główny algorytm aplikacji za pomocą metod Matematycznej Teorii Ewidencji dokonuje analizy każdego z interesujących punktów poszukując takiego ustawienia stacji obserwacyjnych, aby zadany obszar był na określonym stopniu pokryty. Z dostępnych

lokalizacji wybranych jest najmniejsza liczba dostępnych lokalizacji dla stacji obserwacyjnych.

Oddzielnym modułem jest analiza porównawcza różnych ustawień stacji obserwacyjnych. Możliwe jest wybranie lokalizacji stacji obserwacyjnych, podanie ich charakterystyk, następnie obliczenie stopnia wykrycia w poszczególnych punktach wybranego obszaru. Wyniki obliczeń dla poszczególnych układów rozmieszczenia stacji obserwacyjnych zebrane zostaną w szczegółowym raporcie określającym również najlepsze z podanych układów stacji brzegowych.

Wstępne wyniki analizy lokalizacji stacji brzegowych zostaną przedstawione w następnych publikacjach autora.

5. WNIOSKI

Przedstawiony artykuł nawiązuje do poprzednich badań autora w zakresie możliwości wyznaczenia takich lokalizacji dla brzegowych stacji obserwacyjnych, aby zapewnić wystarczające pokrycie monitorowanego obszaru. W artykule przedstawiono wykorzystanie Matematycznej Teorii Ewidencji do oceny możliwości wykrycia obiektów przez radarowe stacje monitorujące. Z poziomu wykrycia obiektów łatwo przejść do optymalizacyjnego problemu pokrycia nadzorowanego obszaru. Rozwiązanie takiego zadania pozwala na takie rozmieszczenie stacji obserwacyjnych w taki sposób, aby przekonanie o wykryciu było większe o założonej wielkości. Odpowiedni poziom przekonaniu uzyskuje się dzięki pokryciu analizowanego zbioru punktów przez właściwą liczbę stacji radarowych. Składanie ewidencji pozwala obliczyć odpowiednie parametry dla każdego zbioru urządzeń obserwacyjnych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Filipowicz Wl., *Data fusion in maritime traffic engineering*, Advances in Transport Systems Telematics J. Mikulski (ed.), Katowice 2007
- [2] Kłopotek M. A., *Metody identyfikacji i interpretacje struktur rozkładów przekonań w teorii Dempstera-Shafera*, 1998
- [3] Neumann T.: *Multisensor Data Fusion in the Decision Process on the Bridge of the Vessel*, TransNav, Gdynia 2007
- [4] Neumann T.: *Problemy Wyznaczania Lokalizacji Brzegowych Stacji Obserwacyjnych*, TransComp, Zakopane 2009
- [5] Rakowsky U. K. *Fundamentals of the Dempster-Shafer theory and its applications to system safety and reliability modeling*, materiały konferencji SSARS, Trójmiasto 2007
- [6] Zadeh L.A. *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*, Inf. Sci., 1975