

## INFORMACJA PRZESTRZENNA O PRĄDACH MORSKICH W PLANOWANIU AKCJI RATOWNICZYCH NA MORZU<sup>1</sup>

### SPATIAL INFORMATION ABOUT SEA CURRENTS IN PLANNING OF SAR OPERATIONS ON THE SEA

Jerzy Pyrchla, Marek Przyborski

Akademii Marynarki Wojennej

**Słowa kluczowe:** poszukiwanie i ratownictwo, modele hydrodynamiczne, predykcja zjawisk hydrodynamicznych, modelowanie matematyczne

**Keywords:** Search and Rescue, hydro-dynamical models, prediction of hydro-dynamic phenomena, mathematical modeling

### Wstęp

Planowanie akcji ratowniczej na morzu obejmuje kompleks czynności mających na celu ustalenie pozycji lub obszaru zaistnienia wypadku, wyznaczenie obszaru poszukiwań, a następnie wykrycie poszukiwanego obiektu. Aby osiągnąć ten cel jednostki poszukujące muszą – wykonując stosowne manewry – przejść obszar poszukiwań jednocześnie prowadząc obserwacje z wykorzystaniem środków technicznych i wzrokowych (Morse, 1998, Bednarczyk i in. 2005). Planowanie eliminuje żywiołowy przebieg działań w procesie poszukiwania. Celem planowania jest wypracowanie decyzji na podstawie zebranych danych oraz przewidywanych zmian. Na etapie planowania poszukiwań należy przeanalizować wiele warunków determinujących wyznaczenie obszaru poszukiwań i wybór właściwej metody jego przeszukania (Bednarczyk i in., 2005). Potrzeba opracowania bardziej skutecznych metod planistycznych dostosowanych do warunków regionalnych wyłoniła się wyraźnie pod koniec lat 80. XX wieku po utworzeniu na Bałtyku państwowych rejonów odpowiedzialności ratowniczej.

Algorytm planowania poszukiwań na morzu opisany jest w publikacjach (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004). Przedstawiono w nich standardowe sposoby wyznaczania obszaru poszukiwań. Według nich, postępowanie zgodne z podanymi wzorcami, zapewni wyznaczenie optymalnego obszaru poszukiwań z zachowaniem odpowiedniego prawdopodobieństwa wykrycia obiektu-człowieka i minimalizację czasu poszukiwań, a co za tym idzie ograniczenie negatywnych skutków hipotermii. Nasuwają się następujące pytania:

---

<sup>1</sup> Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005–2006 jako projekt badawczy.

- Czy procedury przyjęte są dostosowane do akwenów takich jak Morze Bałtyckie?
- W jakim stopniu cechy charakteryzujące tło hydrometeorologiczne akwenu Morza Bałtyckiego mają wpływ na wielkość i kształt obszaru?

Prace badawcze<sup>2</sup> wskazały na ścisłą zależność informacji o prądach morskich z zagadnieniami prezentowanymi w (Pyrchla, 2001; Pyrchla, 2002). Wyniki badań wskazały, że w rejonie Bałtyku Południowego mają one inną charakterystykę niż na dużych obszarach oceanicznych.

Celem praktycznym proponowanych rozważań jest określenie, w jaki sposób dotychczasowe procedury wyznaczania obszaru poszukiwań (wykonywanie działań na wektorach interpretujących czynniki zmienne) można dostosować do warunków rzeczywistych. Do czynników zmiennych o szczególnym znaczeniu zaliczamy prędkość i kierunek prądu powierzchniowego oraz prędkość i kierunek wiatru. Możliwość uzyskania danych o wartościach wymienionych czynników pozwala wyznaczyć pozycję poszukiwanego rozbitka uwzględniając tzw. „czas martwy” (Drogosiewicz, 1993), który niezbędny jest do rozwinięcia sił poszukiwawczo-ratowniczych.

Do poszukiwań innych rozwiązań niż dotychczas skłoniła autorów analiza przebiegu akcji ratowniczych na morzu w polskim rejonie odpowiedzialności. Analiza ta wskazała na:

- prowadzenie poszukiwań bez dostatecznej informacji o początkowej pozycji wypadku;
- wysoką korelację efektywności podejmowanej akcji ratowniczej i wartości czasu martwego, po którym rozpoczęta zostaje akcja ratownicza;
- ograniczone możliwości lokalizacji zaginionych jednostek lub obiektów, ze względu na ograniczone możliwości wykorzystania informacji o prądach morskich.

Pierwszy z wymienionych powyżej problemów znalazł rozwiązanie w (Pyrchla, Bednarczyk, 2000a; Pyrchla, Bednarczyk, 2000b; Pyrchla, 2001). Pozostałe dwa dotychczas nie zostały rozwiązane.

## Obecny stan wiedzy

Dotychczasowa praktyka wskazuje, że skuteczność poszukiwań oraz powodzenie całej akcji ratowniczej w istotnym stopniu zależą od prawidłowego wyznaczenia obszaru poszukiwań. Orzecznictwo Izby Morskiej w Gdyni, odnoszące się do wypadków morskich, w których występował wymieniony problem, pozwala sądzić, iż dowodzące akcją odpowiednie Ratownicze Centrum Koordynacyjne (RCC) kierowało jednostki poszukiwawczo-ratownicze na zgłoszoną początkową pozycję wypadku nie wyznaczając rejonu poszukiwań. Zwykle jednak, jednostki ratownicze po osiągnięciu wskazanej pozycji nie znajdowały poszukiwanych obiektów, co zmuszało je do rozpoczęcia poszukiwań na własną rękę (Drogosiewicz, 1993; Książka, 1996; Dziennik, 1995). Klasycznym przykładem takiego sposobu poszukiwania może być katastrofa promu „Jan Heweliusz” w 1994 roku. Wówczas poszukiwaniu podlegał wywrócony kadłub promu, tratwy, łodzie oraz rozbitkowie z niego pochodzący. Wszystkie te obiekty przemieszczały się w toni wodnej z charakterystyczną dla siebie prędkością i kierunkiem, co poważnie ograniczało skuteczność akcji ratowniczej. Obiekt pływający

<sup>2</sup> Projekt badawczy nr 0 T00A 013 28, „Wspomaganie planowania akcji ratowania załóg uszkodzonych okrętów podwodnych przy wykorzystaniu hydrodynamicznych modeli numerycznych stanu morza”.

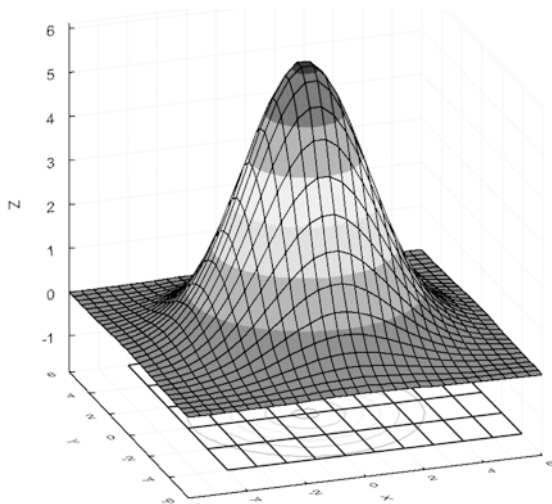


**Rys. 1.** Osoby pływające w kombinezonach ratunkowych

jący pozbawiony własnego napędu podlega „grze sił przyrody”. Interesuje nas właśnie taka szczególna sytuacja. Problem wyznaczenia obszaru poszukiwań obiektów pozbawionych napędu wymaga głębszej analizy.

Rozpatrując dryf swobodny człowieka w wodzie możemy przyjąć, że jest to ruch przemieszczania się płaszczyzny toni wodnej (Gajewski i in., 1999; Hilbert, Cohn-Vossen, 1956). Ruch tej płaszczyzny spowodowany jest oddziaływaniem prądu. Osoby ubrane w kombinezony ratunkowe, (co zaprezentowano na rysunku 1) w dziewięćdziesięciu kilku procentach swojej objętości są zanurzone w wodzie. Wystające elementy są na tyle małe w stosunku do zanurzonych, że oddziaływanie wiatru i fali można w rozważaniach pominąć. Podstawowym czynnikiem dryfowania rozbitka jest ruch mas wody wywołany prądem powierzchniowym.

Zgodnie ze standardami przedstawionymi w publikacjach (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004) pozycja początkowa swobodnie dryfującego człowieka po upływie czasu martwego od chwili wypadku będzie określona przez działanie na 3 wektory: wektorze przesunięcia obiektu przez prąd wypadkowy, wektorze przesunięcia przez wiatr i wektorze dryfu własnego. Obliczenia mają podstawowe znaczenie dla przyjęcia rozmiarów akwenu poszukiwania, a także dla ustalenia niezbędnych sił biorących udział w akcji poszukiwawczo-ratowniczej. Oszacowanie takie powinno uwzględniać zarówno charakterystyczne cechy hydrometeorologiczne akwenu poszukiwań, cechy konkretnej sytuacji meteorologicznej i hydrologicznej (stan faktyczny i prognoza pogody). O ile poziom dostępności informacji pogodowych nie nastęcza



Rys. 2. Profil wykrycia

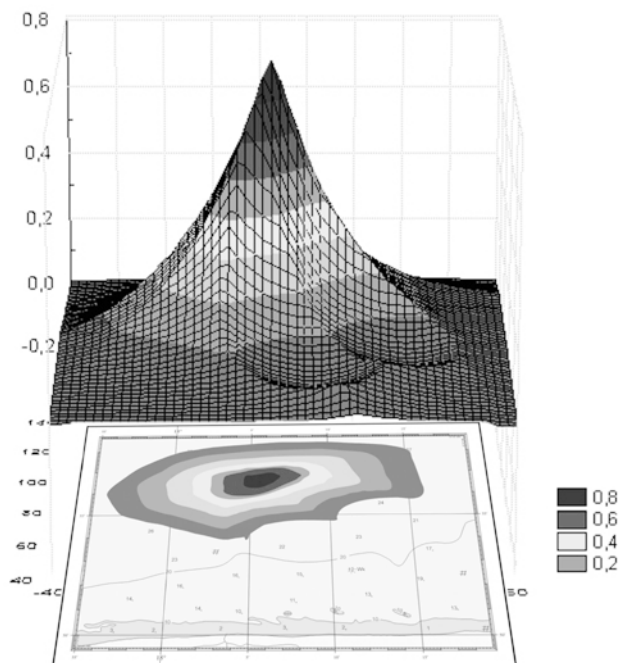
dobieństwa, która przyporządkowuje każdej komórce mapy określone prawdopodobieństwo wystąpienia poszukiwanego obiektu.

Badania nad opisem funkcją przypisania obszaru na którym znajduje się obiekt wskazują, że przybiera on inny kształt (Pyrchla, 2002; Pyrchla, 2005, Przyborski, Pyrchla, 2003) niż przyjęty w profilu Koopman'a. Przykład takiego obszaru przedstawiono na rysunku 3.

Różnice w opisie obszarów poszukiwań wskazuje na potrzebę zastanowienia się nad modyfikacją metod obliczeniowych wykonywanych w czasie planowania poszukiwań na morzu. Profil Koopmana, przyjęty został najprawdopodobniej ze względu na to, że był najbliższy rzeczywistości i pozwalał w sposób bardzo prosty przeprowadzać obliczenia planistyczne. Obecne możliwości obliczeniowe sprzętu komputerowego pozwalają na stosowanie bardziej precyzyjnych metod obliczeniowych.

obecnie większych trudności w prognozowaniu tych warunków, o tyle standardy przyjęte do rozwiązywania całego problemu można uznać za niewystarczające.

Metoda prezentowana w publikacjach (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004) oparta jest na profilu, który opracował w latach 40. ubiegłego wieku B.O. Koopman (rys. 2) na potrzeby poszukiwania niemieckich U-boatów oraz japońskich okrętów podwodnych i nawodnych przez amerykańskie lotnictwo wojskowe (Koopman, 1980). Na podstawie tego profilu wykrycia, który jest tożsamy z normalnym rozkładem prawdopodobieństwa, opracowano współczesne metody poszukiwania (Morse, 1998). Ponadto, wg profilu Koopmana, rozwiązuje się mapę prawdopo-



Rys. 3. Rzeczywisty kształt obszaru zaistnienia wypadku morskiego

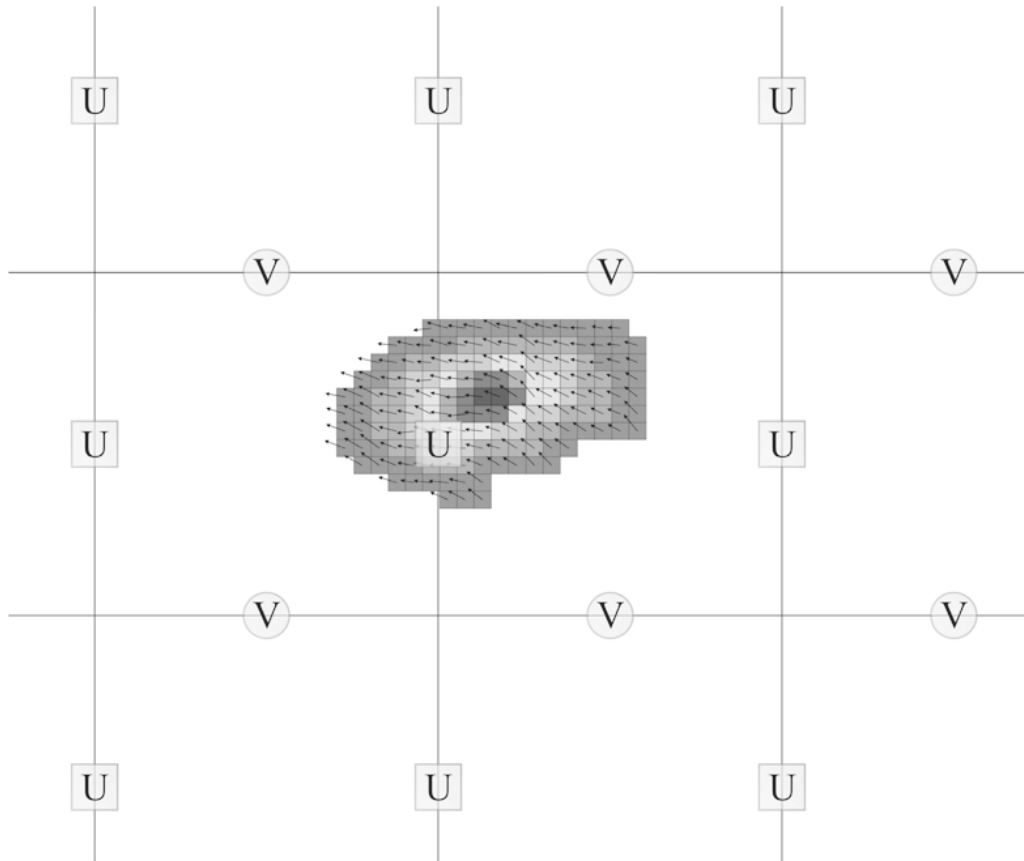
## Proponowany sposób wyznaczania obszaru poszukiwań

Opisanie rejonu poszukiwania za pomocą mapy prawdopodobieństwa zachęca do podzielenia obszaru zaistnienia wypadku na kwadraty i zastosowania teorii zbiorów w rozwiązywaniu zadań związanych z poszukiwaniami morskimi. Niepewność wynikająca z planowania akcji ratowniczych na morzu inspirowała do zastąpienia prawdopodobieństwa funkcją rozmycia. Punktem wyjścia, upraszczającą prezentowaną tu ideę jest przyjęcie, że ograniczony obszar powierzchni Ziemi jest dostatecznie płaski by można go było wiernie reprezentować jako fragment przestrzeni euklidesowej. Pozwala to znacznie uprościć matematyczny opis analizowanych zagadnień. Uwzględniając informację przestrzenną o prądach morskich, w procesie modelowania ruchu obszaru należy brać pod uwagę ich zmienność w czasie i przestrzeni. Może okazać się, że prądy morskie znajdujące się w pewnej odległości od siebie oddziałujące na poszczególne kwadraty siatki obszaru, będą się różniły co do kierunku i prędkości. Różnice mogą być tak duże, że spowodują po pewnym czasie powstanie powierzchni nieopisanych wartością funkcji przypisania pomiędzy kwadratami obszaru. W związku z tym istnieje konieczność takiego przemieszczenia obszaru, aby została zachowana jego spójność oraz wartości funkcji przypisania opisujące możliwość znajdowania się obiektu w danych kwadratach obszaru.

Konkludując, stwierdzić należy, iż istnieje możliwość, że obszar nie będzie przemieszczać się jako całość. Przyjęte w (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004; Drogosiewicz, 1993; Pyrchla, 2001). zasady wyznaczania obszaru, na którym nastąpił wypadek morski, nieznacznie się różnią. Wspólne jest założenie, że ma on kształt prostokąta, którego długość boków wynosi od kilku do kilkunastu mil morskich. W publikacjach (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004; Drogosiewicz, 1993) przyjmuje się miejsce zaistnienia wypadku jako punkt na mapie. W prezentowanym w artykule rozwiązaniu, które jest rozwinięciem przedstawionego w (Pyrchla, 2001), zakładamy, że lokalizacja wypadku morskiego nie dotyczy punktu, lecz obszaru nazywanego „obszarem zaistnienia wypadku”. Każdy punkt tego obszaru jest opisany wartościami funkcji przypisania, a jego wielkość jest zależna od przyjętej progowej wartości tej funkcji.

W odniesieniu do polskiej strefy SAR zakładamy sytuację, w której w warunkach operacyjnych (w czasie rzeczywistym) dostarczane mogą być informacje o wartościach i kierunkach prądów morskich. Podstawowym zadaniem w tym wypadku jest przetworzenie informacji o wartościach kierunku i prędkości prądów morskich w węzłach siatki numerycznej, generowanych przez model hydrodynamiczny na dowolny krok czasowy i przestrzenny wynikający z sytuacji operacyjnej. W rezultacie uzyskamy nowe informacje o kierunkach i prędkościach prądów morskich o mniejszym kroku przestrzennym w węzłach siatki obszaru zaistnienia wypadku. Działanie takie zapewni, możliwie „płynny” ruch opisywanego obszaru.

Modelowanie ruchu obszaru zaistnienia wypadku rozpoczyna się od przypisania wektorów stanu prądów morskich o punktach początkowych w środku kwadratów siatki obszaru zaistnienia wypadku opisanego zbiorem *Obszar*  $\xi$ . Wyliczamy je korzystając z wartości prądów morskich w węzłach modelu hydrodynamicznego akwenu (rys. 4). Wyliczenie kierunku i prędkości prądów morskich, czyli zbioru wektorów stanu prądów w środkach omawianego obszaru, można przeprowadzać, gdy punkty służące do wyliczenia spełniają warunek niekrotności. Oznacza to, że każda para współrzędnych musi przedstawiać inny punkt na płaszczyźnie:  $X_i \neq X_j$ , lub  $Y_i \neq Y_j$  dla  $i \neq j$ ,  $0 < i, j < n$ , gdzie  $n$  to liczba punktów wykorzystanych do wyliczenia wektora prędkości danego elementu siatki.



**Rys. 4.** Obszar zaistnienia wypadku  
w siatce wartości hydrodynamicznych modeli numerycznych

Kierunek i prędkość prądów morskich w modelach numerycznych opisywane są przez składowe wektora prędkości prądu morskiego, południkową  $\vec{u}$  i równoleżnikową  $\vec{v}$ . Węzły siatki generowanej przez model hydrodynamiczny oznaczmy – południkową  $U$  i równoleżnikową  $V$ . Wybór węzłów siatek, wykorzystywanych do interpolacji, odbywa się niezależnie. Proces wyznaczania wartości jest identyczny dla każdej z siatek i przeprowadza się go w ten sam sposób. Wartości poszukiwanych elementów siatki obszaru zaistnienia wypadku wyznacza się poprzez przeprowadzenie obliczeń, których założenia są następujące:

1. Przyjmijmy, że dokonaliśmy analizy oraz dyskretyzacji obszaru zaistnienia wypadku opisując go zbiorem *Obszar*  $\xi$ . W efekcie otrzymaliśmy zbiór stykających się ze sobą kwadratowych obszarów przykładowo o szerokości 2 kabli każdy. Zakładamy, że każdy punkt takiego obszaru ma dla nas takie samo znaczenie.

2. Zakładamy, że dysponujemy wiedzą na temat wartości prądów morskich w punktach węzłów siatki numerycznej, generowanych przez hydrodynamiczny model numeryczny. Składowe wektora prędkości prądu morskiego – południkowa  $U$  i równoleżnikowa  $V$  – są

rozmieszczone w różnych punktach. Posiadamy jednak dokładne współrzędne geograficzne węzłów siatki: szerokość  $\varphi_k$ , długość  $\lambda_w$ , gdzie:  $k, w \in N$ . Przyjąć można, że składowe tworzą dwa zbiory. Jeden to zbiór  $U$  wartości składowej południkowej, a drugi  $V$  równoleżnikowej. Elementy zbiorów tworzą te węzły siatki modelu hydrodynamicznego, których odległości od elementów zbioru *Obszar*  $\xi$  są mniejsze od odległości między elementami poszczególnych zbiorów  $U$  i  $V$ .

W celu uproszczenia obliczeń interpolacyjnych dokonujemy transformacji współrzędnych węzłów siatki modelu hydrodynamicznego na elipsoidzie  $(\varphi_k, \lambda_w)$  na współrzędne płaskie prostokątne  $(X_k, Y_w)$ . Dane te zwykle wyliczane są dla ściśle określonych momentów  $T_i$  o stałym interwale  $h_i = T_{i+1} - T_i = \text{const}$ , gdzie  $i \in N$ .

Celem niniejszych rozważań jest dokonanie predykcji przemieszczenia się pod wpływem prądów opisywanego obszaru. Problemem jest to, że węzły, w których wartości prądów są znane, porozmieszczone są w dość dużych odległościach. Należy, zatem wykonać poniższe zadania.

1. Określić prąd, który w przybliżeniu będzie działał na każdy z interesujących nas kwadratowych obszarów.

2. Zinterpretować jako obszar efekt przemieszczenia wszystkich kwadratów – spodziewać się należy, że różne kwadraty przemieszczane będą z różnymi prędkościami, co spowoduje, że przyległe kwadraty mogą się od siebie oddalać lub na siebie zachodzić.

W związku z powyższymi założeniami oraz sformalizowaniem zadania, algorytm ruchu obszaru zaistnienia wypadku, na którym prawdopodobnie znajduje się obiekt, ma dwuetapowy przebieg.

Zadanie 1. Problem określenia prądu w punkcie różnym od punktu kratowego, w którym jest on znany jest przykładem problemu interpolacji wielu zmiennych. Najprostszym rodzajem interpolacji, który można zastosować jest interpolacja dwuliniowa. Nie ma znaczenia, że wiedza o składowych południkowych i równoleżnikowych odczytywana jest w różnych zestawach punktów siatki. Oznacza to jedynie, że proces interpolacji każdej składowej prądu musimy wykonać oddzielnie. Po wyliczeniu obu składowych aproksymowany prąd otrzymamy jako ich sumę. Wiedza na temat parametrów prądu w konkretnym punkcie, otrzymana w wyniku interpolacji, wykorzystana zostanie do przemieszczania kwadratów (omawianych elementarnych części obszaru poszukiwań). Cały kwadrat zostaje przemieszczony o drogę wynikającą z wektora prędkości prądu morskiego wyliczonego dla punktu w środku tego kwadratu i dobranego optymalnego kroku czasowego.

Zadanie 2. Skoro został przemieszczony pojedynczy kwadrat omawianego obszaru, to oznacza, że można przesunąć w ten sposób kolejno wszystkie pozostałe. Otrzymuje się w ten sposób zbiór kwadratów wzajemnie na siebie zachodzących oraz znajdujących się w pewnej odległości, które nie przystają już do punktów omawianej siatki. W celu uzyskania nowego obszaru należy sprawdzić, czy każdy kwadrat siatki jest pokryty przez jeden z przesuniętych kwadratów. Jeśli wynik będzie negatywny, oznacza to, że analizowany kwadrat nie będzie występował w nowym obszarze. Jeśli dany kwadrat został pokryty przez przynajmniej jeden przesunięty kwadrat, to przyjąć trzeba, że należy on do nowego obszaru. Wartość funkcji przypisania dla niego wyliczana jest jako najwyższa wartość przypisana przesuniętym kwadratowi, które częściowo go pokryły.

Składowym prędkości przypisuje się wartości z warstwy powierzchniowej. W poziomie wyznacza się wartość składowej prędkości jako średnią ważoną danej składowej  $\vec{V}_i$  z uwzględnieniem wartości elementów zbioru  $\vec{V}$ . Wagę dla danego elementu zbioru oblicza się na pod-

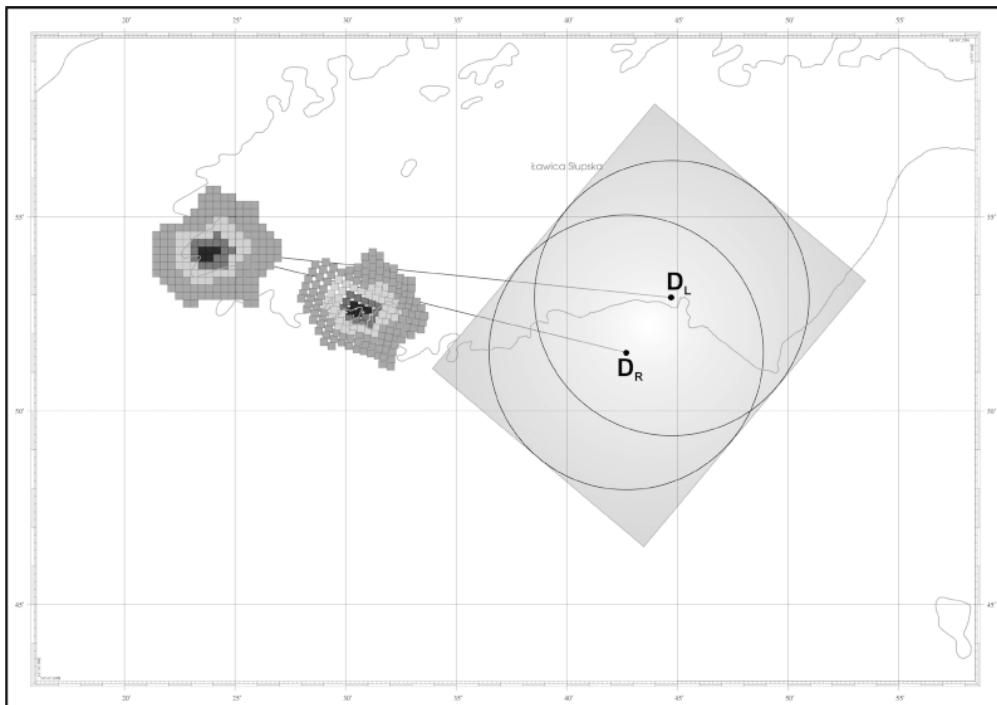
stawie jego odległości od obiektu. Im bliżej obiektu położony jest element, tym ma wyższą wagę. Stosuje się przy tym zasadę, iż wagi są odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. Opisaną procedurę stosuje się dla obu składowych prędkości niezależnie. Wektorowa wartość prądu morskiego jest sumą obu składowych dla wybranego punktu:

$$\vec{V}_i + \vec{U}_i = \vec{O}_i$$

Zobrazowanie zasad przeprowadzania obliczeń przedstawiono na rysunku 4.

Badania prognozowania trasy obiektu dryfującego pod wpływem prądów powierzchniowych inspirowały do porównania obszaru poszukiwań wyznaczonego zgodnie z zasadami podanymi w (IAMSAR II, 2007; ATP, 2004) z obszarem wyznaczonym przez przemieszczanie się dyskretyzowanego obszaru zaistnienia wypadku. Rezultaty porównania przedstawiono na rysunku 5.

Różnice w wyznaczaniu obszaru poszukiwań poprzez przemieszczanie obszaru zaistnienia wypadku oraz obszaru wyznaczonego zgodnie z (AMSAR II, 2007; ATP, 2004) wynikają z różnic określania dryfu uśrednionego i rzeczywistego. Błędy wynikają z akceptacji założenia o jednakowych prądach na całym obszarze. W tych publikacjach przyjmuje się uśrednioną wartość prądu morskiego jako jedną z wartości do obliczenia i wyznaczenia obszaru, na którym nastąpił wypadek morski po upływie pewnego czasu od tego wydarzenia. Błąd wynikający z tego założenia jest rekompensowany wielkością tego obszaru. Alternatywnym sposobem wyznaczania rejonu poszukiwań jest wykorzystanie informacji o prądach morskich z hydrodynamicznych modeli numerycznych.



Rys. 5. Obszar poszukiwań wyznaczony metodą tradycyjną i zaproponowaną w niniejszej publikacji



## Podsumowanie

Literatura specjalistyczna poświęcona uwzględnianiu informacji przestrzennej o prądach morskich w trakcie planowania akcji ratowniczych na morzu jest znikoma i nie dotyczy warunków nawigacyjnych Morza Bałtyckiego.

Zespół autorski od wielu lat prowadzi prace poświęcone badaniu i analizie procedur skutecznego kierowania akcjami poszukiwawczymi połączone ze szkoleniami przyszłych kadr morskich. Stosowanie systemów aparaturowych do prowadzenia badań daje możliwość dogłębnego poznania zagadnienia przez uczestniczących w szkoleniach. Daje również możliwość prowadzenia badań nad optymalizacją akcji ratowniczych na morzu.

W niniejszej pracy staraliśmy się wykazać, że właściwym sposobem radzenia sobie z brakiem precyzji danych spotykanych w procesie planowania akcji poszukiwawczo-ratowniczej jest odwołanie się do informacji przestrzennej o prądach morskich. Wykorzystanie informacji o prądach morskich pochodzących z modeli hydrodynamicznych jest w tym rejonie Morza Bałtyckiego jak najbardziej zasadne.

## Literatura

- ATP, 2004: Poszukiwanie i ratownictwo. Instrukcja sprzymierzonych ATP-10 (D). Wydawnictwo MW RP.
- Bednarczyk M., Pyrchla J., Piotrowski M., 2005: Toward the Application of AI Methods in Marine SAR Operations. The VIII International Maritime Conference "Safety of Surface, Subsurface and Flight Over the Sea Aspects". *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 14.
- Drogosiewicz M., 1993: Wpływ wielkości dryfu jednostki pływającej na ustalanie pozycji oraz rozmiarów akwenów poszukiwania podczas akcji ratowniczej. Rozprawa doktorska, promotor kmr dr w st. spocz. dr hab. M. Holec, prof. n. AMW, AMW.
- Dziennik, 1995: Dziennik pracy ROK Gdynia z okresu od 01.02.1993 r. do 29.12.1995 r.
- Gajewski J., Gajewski L., Stachowiak A., 1999: Verification of drift models of rhodamine spill, life-raft and dummy-man during experiment polrodex-97. *Bull. Mar. Inst.*, 26.
- Hilbert D., Cohn-Vossen S., 1956: Geometria pogładowa. PWN.
- IAMSAR II, 2007: International aeronautical and maritime search and rescue manual. Mission coordination. Volume II, IMO/ICAO.
- Koopman B.O., 1980: Search and Screening. Pergamon Press.
- Książka, 1996: Książka meldunków ODOR MW z okresu od 01.10.1993 r. do 31.03.1996 r.
- Morse M.P., Kimball E.G., 1998: Methods of operations research. Military Operations Research Society, Alexandria.
- Pyrchla J., Bednarczyk M., Stateczny A., 2000: Location of an accident at sea in the SAR system – an attempt at formalizing the problem, *Scientific Bulletin* nr 59, WSM Szczecin.
- Pyrchla J., Bednarczyk M., 2000a: Fuzzy sets to the rescue. Proc. 9<sup>th</sup> Workshop on Intelligent Information Systems.
- Pyrchla J., Bednarczyk M., 2000b: Zbiory rozmyte w planowanie poszukiwań morskich, Materiały II Sympozjum „Nawigacja Zintegrowana”, WSM Szczecin.
- Pyrchla J., 2001: The Utility of Fuzzy Set Theory for Locating Sea Accidents, *Geodezja i Kartografia* nr 4.
- Pyrchla J., 2002: Zbiory rozmyte w teorii lokalizacji wypadków morskich. Wybrane zagadnienia. Wyd. J. Pyrchla.
- Pyrchla J., 2005: Fuzzy function of accuracy of visual navigational observation. *Polish Journal of Environmental Studies*.
- Przyborski M., Pyrchla J., 2003: Reliability of the Navigational Data. Proc. Of the International IIS: IIPWM' 03 Conference held in Zakopane, Springer Verlag Series on Advances in Soft Computing.

***Abstract***

*The rescue protection of the Polish region which is aimed to minimize casualties and material losses in sea accidents is the main priority of the Polish SAR forces.*

*The planning methods should take into consideration specific conditions of the sea area and its hydro-meteorological conditions.*

*The paper is focused on problems connected with determining the searching area for people in danger drifting under the influence of sea currents and requiring rescue assistance. Possibilities of using GIS about sea currents to determine the searching area are also presented. Such solution is based on research of sea currents to optimize SAR operations at the Polish seaside.*

dr inż. Jerzy Pyrchla  
pyr@amw.gdynia.pl

dr inż. Marek Przyborski  
marek64@interia.pl