

## APLIKACJA MODELU GRAFOWEGO DO WYZNACZANIA TRASY PRZEMIESZCZANIA SIĘ OBIEKTU DRYFUJĄCEGO

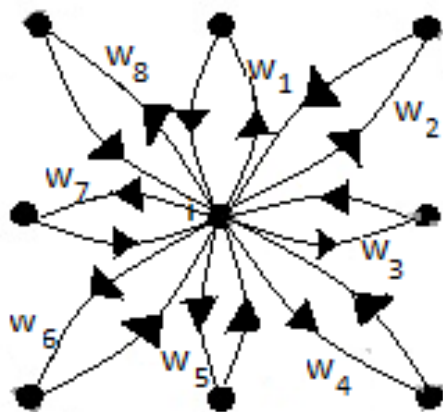
### Streszczenie

W niniejszym artykule zaprezentowano aplikację modelu grafowego, do wyznaczania trasy przemieszczania się obiektu dryfującego, np. rozbitka. Implementacja wykonana w środowisku Scilab, umożliwia wybór warunków początkowych trajektorii obiektu, a następnie rejestrację samej trajektorii.

### WSTĘP

Modelowanie trasy rozbitka, tratwy ratowniczej, czy innego obiektu dryfującego jest bardzo złożonym problemem. Prądy stałe, prądy pływowe, wiatr, falowanie, efekt płytkowozia i jeszcze inne czynniki, wpływające na sposób przemieszczania się obiektu są nie tylko trudne do zamodelowania, ale ponadto są trudno mierzalne na większych obszarach. Stąd różnorodność rozwiązań próbujących zmierzyć się z tym problemem. Algorytmy genetyczne, zbiory rozmyte, regresyjne modele prędkości znosu, to tylko niektóre z nich [1, 3, 4, 7]. W pracy [5] został przedstawiony, opracowany przez zespół składający się głównie z pracowników AM, model grafowy przemieszczania się dryfującego obiektu. Głównym założeniem tego modelu było wykorzystanie pola wektorowego prądów i wiatrów na danym akwenu. Dane do budowy tego modelu pochodziły z modelu hydrodynamicznego, generującego w wyznaczonych węzłach siatki dyskretyzacyjnej badanego akwenu prądy powierzchniowe, tj. kierunki i prędkości prądu morskiego na głębokości 0,2m.

Na bazie tych danych zbudowany został graf skierowany z wagami (sieć). Wierzchołki grafu odpowiadają węzłom siatki dyskretyzacyjnej danego akwenu. Każdy wierzchołek jest incydentny z co najwyżej ośmioma krawędziami wychodzącymi i z co najwyżej ośmioma krawędziami wchodzącymi. Każdej krawędzi została przypisana waga jako wartość pewnej funkcji wagowej. Podstawą do określenia funkcji wagowej jest, wyznaczony przez model hydrodynamiczny, kierunek prądu powierzchniowego w węzłach siatki dyskretyzacyjnej.



Rys. 1. Wierzchołek grafu wraz z jego krawędziami wchodzącymi oraz wychodzącymi. Dla krawędzi wychodzących podano wagi

W niniejszym artykule autorzy prezentują zastosowanie implementacji modelu grafowego, uzupełnionego o wpływ wiatru, do wyznaczania trasy przemieszczania się rozbitka.

### 1. ALGORYTM MODELU

Głównymi elementami prezentowanej aplikacji są:

- baza kierunków i wartości prądów powierzchniowych danego akwenu,
- baza kierunków i wartości wiatrów na danym obszarze,
- moduł grafowy.

O ile dwa pierwsze elementy są zewnętrzne i mogą pochodzić z różnych źródeł, to trzecia, najważniejsza część aplikacji, jest oryginalnym dziełem autorów. Język teorii grafów okazał się wygodnym narzędziem do budowy aplikacji wyznaczającej trasę przemieszczania się rozbitka. Poniżej przedstawiono algorytm działania programu.

#### 1.1. Opis działania aplikacji

1. Wczytanie danych:
  - a) Współrzędne węzłów siatki dyskretyzacyjnej danego obszaru
  - b) Kierunki prądów morskich wyznaczone w węzłach siatki
  - c) Prędkości prądów morskich wyznaczone w węzłach siatki
  - d) Kierunki wiatrów wyznaczone w węzłach siatki
  - e) Prędkości wiatrów wyznaczone w węzłach siatki
  - f) Czas predykcji  $t_p$
  - g) Czas  $t_0$ , po którym należy zaktualizować dane dotyczące prądów morskich i wiatrów
  - h) Wczytanie współrzędnych punktu startowego predykcji
2. Zdefiniowanie wierzchołków grafu (wierzchołki grafu są utożsamiane z węzłami siatki dyskretyzacyjnej)
3. Zdefiniowanie krawędzi grafu (ustalenie sąsiadów każdego wierzchołka grafu poprzez wyszukanie wierzchołków, które są oddalone od niego o nie więcej niż zadana wartość; zadana wartość bazuje na krokach dyskretyzacyjnych siatki)
4. Obliczenie wag krawędzi grafu (waga krawędzi informuje o mierze kąta między kierunkiem prądu morskiego wyznaczonym w węźle siatki odpowiadającym wierzchołkowi wychodzącemu tej krawędzi a kierunkiem tej krawędzi)
5. Ustalenie współrzędnych węzła siatki znajdującego się w minimalnej odległości od punktu startowego predykcji (węzeł ten będzie odpowiadał wierzchołkowi grafu, od którego program będzie prognozował trasę dryfu obiektu).
6. Sprawdzenie czy wybrany wierzchołek, od którego program będzie prognozował trasę dryfu obiektu odpowiada węzłowi siatki, który jest na lądzie oraz sprawdzenie czy dotychczasowy czas predykcji jest większy niż  $t_p$ .

Jeżeli wybrany wierzchołek, od którego program będzie prognozował trasę dryfu obiektu odpowiada węzłowi siatki, który jest na łądzie, to program kończy działanie.

Jeżeli dotychczasowy czas predykcji jest większy niż  $t_p$ , to program kończy działanie.

W przeciwnym przypadku program wykonuje kolejne kroki.

7. Wybór krawędzi wychodzącej z wierzchołka, od którego prowadzona jest predykcja w danej chwili (krawędź wychodząca o minimalnej wadze). Wzdłuż tej krawędzi obiekt przemieszcza się do kolejnego wierzchołka.
8. Ustalenie czasu przemieszczania się obiektu wzdłuż wybranej krawędzi na podstawie prędkości prądu morskiego wyznaczonej w węźle siatki odpowiadającym wierzchołkowi wychodzącemu tej krawędzi
9. Sprawdzenie czy sumaryczny czas predykcji od ostatniej aktualizacji danych dotyczących prądów morskich i wiatrów nie jest większy niż  $t_p$ .

Jeżeli tak, to powtarzamy kroki 6, 7, 8 oraz 9.

Jeżeli nie, to aktualizujemy dane dotyczące prądów morskich i wiatrów, a następnie wykonujemy kroki 4, 6, 7, 8 oraz 9.

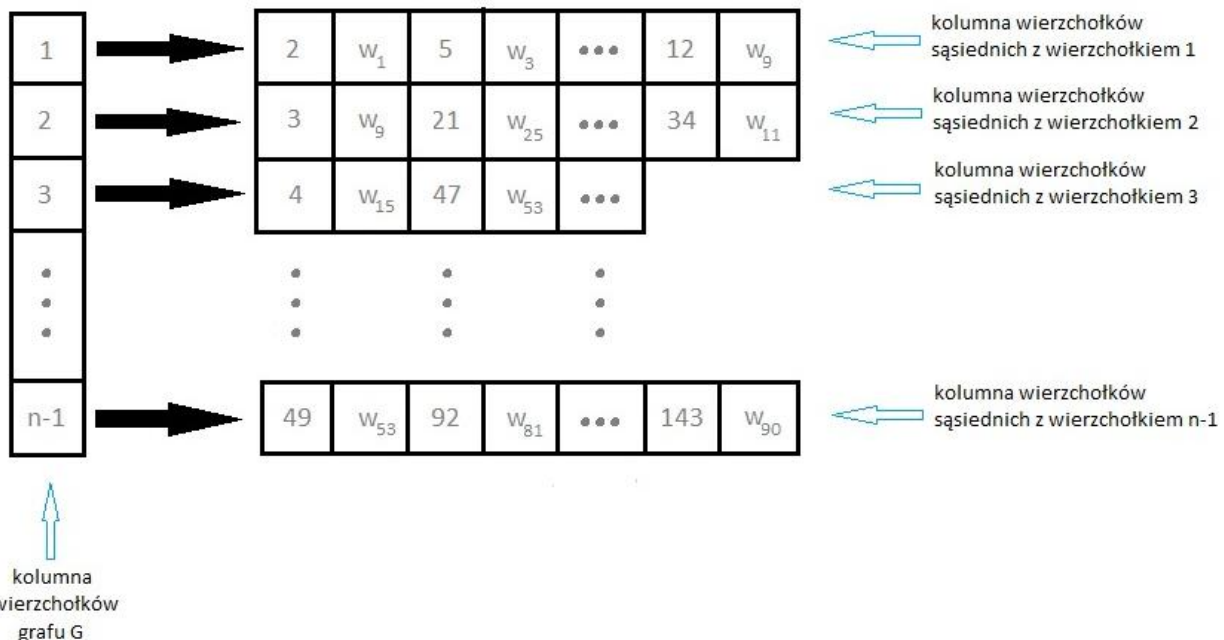
Opisany powyżej algorytm zaimplementowany został w środowisku Scilab [2]. Interfejs użytkownika umożliwia wybór współrzędnych początkowych trajektorii obiektu, a następnie obserwację samej trajektorii wraz z upływającym czasem maszynowym.

```
p=alf(k) // prąd w wierzchołku,
//od którego prognozujemy dryf obiektu w danej chwili

//obliczenie wag krawędzi
W=abs(F-p)
for L=1:length(W)
-if W(L)>180,W(L)=360-W(L); end
end

//ustalenie minimalnej spośród wag krawędzi wychodzących
//z wierzchołka od którego prognozujemy dryf obiektu w danej chwili
[Wmin,whereWmin]=min(W) ...
```

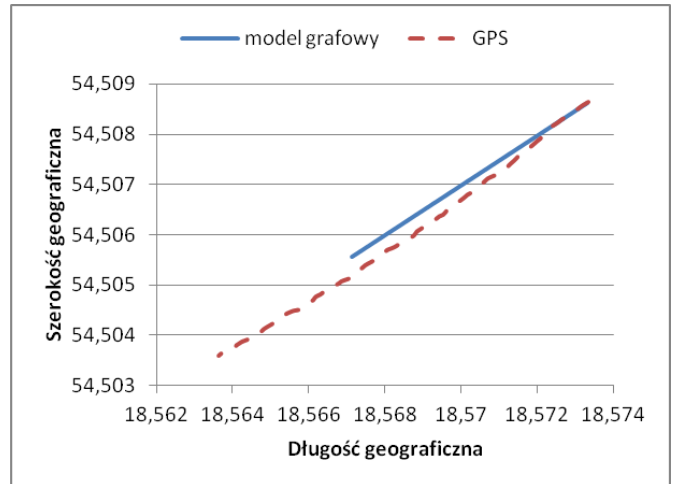
Rys. 2. Fragment algorytmu, zaimplementowanego w środowisku Scilab



Rys. 3. Zaimplementowany graf macierzowy, przedstawiony w postaci listy sąsiedztwa

## 2. WYNIKI EKSPERYMENTU

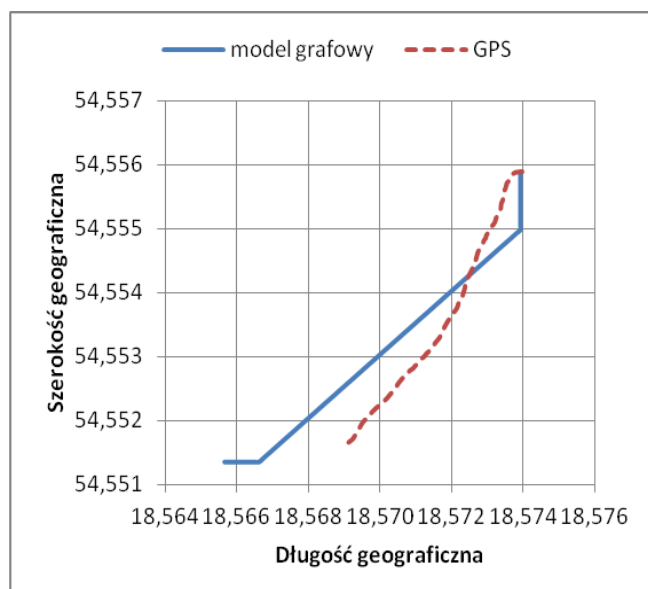
Na Zatoce Gdańskiej wykonano szereg eksperymentów, polegających na rejestrowaniu trasy przemieszczającej się boi [6]. Wykorzystując niektóre z nich oraz różne modele prądów i wiatrów wraz z odpowiednimi prognozami pól prądów i wiatrów na badanym akwenu, zaimplementowano prezentowaną aplikację. Wierzchołki grafu zostały utożsamione z węzłami (zostały umieszczone w węzłach) regularnej siatki dyskretyzacyjnej. Wierzchołki te są oddalone jeden od drugiego o 5,5m.



Rys. 4. Porównanie tras przemieszczania się boi, rzeczywistej i z modelu grafowego w dniu 04.04.2013

Warunki panujące wtedy na badanym akwenu były następujące: średni kierunek prądu w dniu 04.04.2013 około godziny 9:00 wyniósł  $-100^\circ$  (minus sto stopni); średnia prędkość prądu wynosiła wówczas 3,6m/s; średni kierunek wiatru w dniu 04.04.2013 wyniósł  $240^\circ$  (wiatr północno-wschodni); średnia prędkość wiatru to 3,96m/s.

W przypadku danych z dnia 02.07.2013 wartości prądów pochodziły z modelu M3D, a wartości wiatrów aproksymowano na podstawie informacji z ICM.



Rys. 5. Porównanie tras przemieszczania się boi, rzeczywistej i z modelu grafowego w dniu 2.07.2013

## PODSUMOWANIE

Prezentowana aplikacja, na podstawie pola wektorowego prądów i wiatrów, wykorzystując metody teorii grafów, wyznacza trasę przemieszczania się dryfującego obiektu. Zasadniczy wpływ na jej przebieg mają, zastosowane w aplikacji parametry prądów i wiatrów.

Dokładność wprowadzonych danych o kierunkach prądów i wiatrów oraz ich prędkościach ujemnie wpływa na jakość wyników uzyskanych z modelu grafowego. Jednak prezentowany model prawidłowo ukazuje ogólny kierunek przemieszczania się dryfującego obiektu. Prognozowaną trasę przemieszczania się dryfującego obiektu można także poprawić poprzez udoskonalenie (rozbudowanie) modelu grafowego. Następnym krokiem rozbudowy modelu będzie rozważenie większej liczby kierunków krawędzi wychodzących z wierzchołków grafu.

Ponadto na dryf obiektu ma wpływ stopień jego zanurzenia oraz powierzchnia części niezanurzonej, na którą niezwykle silnie oddziałuje wiatr. W niniejszym opracowaniu zastosowano w sposób uproszczony oddziaływanie wiatru. Jednak właściwe określenie siły wpływu wiatru na dryfujący obiekt oraz przypisanie im odpowiednich wag jest kolejnym krokiem rozbudowy modelu

## BIBLIOGRAFIA

- Breivika O., Allenb A., Maisondieuc C., Rothd J.C., Wind-induced drift of objects at sea: The leeway field method, Applied Ocean Research vol. 33/2011.
- Brozi A., Scilab w przykładach. Wydawnictwo Nakom, Łódź 2007.
- Burciu Z., Modelowanie obszarów poszukiwania w aspekcie bezpieczeństwa transportu i ludzi na morzu. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Zeszyt 50/2003.
- Burciu Z., Bayesian methods in reliability of search and rescue action. Polish Maritime Research, vol. 17, is.4, Gdynia 2010
- Kasyk L., Kijewska M., Kowalewski M., Leyk M., Pyrchla J., Modeling of surface currents impact in the harbor using graph theory. Proceedings on the MTE-ISIS Conference, Kołobrzeg 2015.
- Kasyk L., Pyrchla J., Wyznaczania kierunku dryfującego obiektu z wykorzystaniem regresji liniowej. Logistyka 6/2014.

- Pyrchla J., Application The fuzzy sets implementation for the representation of visual information assisting the location of objects on the sea surface. AGH University of Science and Learning Publishing House, Kraków 2008.

## GRAPH MODEL APPLICATION TO DETERMINATION OF A DRIFTING OBJECT ROUTE

### Abstract

*In this article graph model application to determination of a drifting object route has been presented. Implementation in Scilab program has been made. This application allows to select beginning conditions of the object route, and next allows registration trajectory of moving objects.*

Autorzy:

dr inż. **Lech Dorobczyński** – Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Elektrotechniki i Automatyki Okrętowej, 70 – 500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1-2; l.dorobczynski@am.szczecin.pl

dr hab. **Lech Kasyk** – Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Technologii Morskich, 70 – 500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1-2; l.kasyk@am.szczecin.pl

dr **Monika Kijewska** – Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Technologii Morskich, 70 – 500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1-2; m.kijewska@am.szczecin.pl