

NEUMANN Tomasz¹

Planowanie trasy statku. Trasa najkrótsza, najszybsza czy może najlepsza?

WSTĘP

Nawigowanie statkiem jest procesem decyzyjnym wymagającym od oficera prowadzącego statek umiejętności prawidłowego analizowania dużej liczby danych napływających z różnych urządzeń w bardzo szybko następujących po sobie okresach czasu. Istotą dobrej nawigacji jest przede wszystkim zapewnienie bezpiecznej żeglugi od portu wyjściowego do portu docelowego. Kolejnymi kryteriami mogą być koszty przejścia, a co z tym związane, czas oraz droga przejścia.

W dzisiejszych czasach mostek nawigacyjny wypełniony jest wieloma urządzeniami elektronicznymi wspomagającymi pracę nawigatora. Urządzenia te są coraz częściej zaliczane do większego systemu, określanego jako zintegrowany mostek nawigacyjny. System ten obejmuje urządzenia określania pozycji jednostki pływającej (systemy radionawigacyjne, satelitarne) i zobrazowania sytuacji (systemy map elektronicznych ECS/ECDIS lub I-ECDIS, radar/ARPA) [3].

Zasadniczym celem stawianym zintegrowanemu mostkowi nawigacyjnemu jest ułatwienie nawigatorowi prowadzenia statku poprzez analizę danych oraz interpretację informacji pochodzących z wielu źródeł [7]. Wykorzystując znane techniki fuzji danych możliwe jest prezentowanie wyników wnioskowania na ekranie tylko jednego urządzenia, tzw. MFD (Multi-Functional Display).

Dynamiczny rozwój techniki w ostatnich dekadach przynosi coraz to nowe urządzenia na mostek nawigacyjny statku. Z pewnością nadejdzie kiedyś taki czas, kiedy urządzenia elektroniczne będą w stanie w pełni zastąpić funkcjonowanie człowieka podczas realizacji rejsu. Zanim to jednak nastąpi należy opracować wiele metod i algorytmów, które zapewnią przestrzeganie międzynarodowych standardów dotyczących zachowania się obiektów na morzu. W tym artykule skupiono uwagę na elementarnym zagadnieniu, związanym z szeroko rozumianym transportem morskim, a będącym częścią procesu planowania podróży statku.

1. PLANOWANIE PODRÓŻY STATKU

Jednym z zadań nawigatora pełniącego służbę na statku wchodzących w zakres zagadnień związanych z procesem nawigacji morskiej jest planowanie trasy przejścia statku pomiędzy portem wyjścia a portem celu.

Zgodnie z międzynarodowymi konwencjami SOLAS i STCW, kapitan każdej jednostki eksploatowanej w żegludze międzynarodowej, przed wyjściem z portu w morze musi posiadać kompletny plan podróży. Planowanie podróży statku morskiego jest to ciągły proces, w którym realizowany jest kontrolowany cel eksploatacji jednostki, zgodnie z jej przeznaczeniem. W procesie tym przedstawiany jest optymalny, szczegółowy plan nawigacji przy uwzględnieniu wszystkich, dostępnych, aktualnych informacji, mających na względzie aspekty bezpieczeństwa żeglugi oraz efektywność podróży [4]. Celem planowania podróży jest:

- zapobieganie ogólnym zagrożeniom statku oraz powstawaniu nieprzewidzianych, niebezpiecznych sytuacji na trasie rejsu;
- optymalizacja realizacji planu podróży, przy określonych kryteriach i ograniczeniach;
- szczegółowy podział na cykle, ułatwiające procesy planowania i realizacji;
- uzyskanie możliwości rejestracji danych z podróży, w celu analizy porównawczej planu z wynikami.

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

- Realizacja planu odbywa się etapowo. Struktura podziału realizacji planu obejmuje:
- sformułowanie problemu (cel podróży, rozkład i sposób realizacji);
 - analizę problemu (zbiór informacji, selekcja materiałów);
 - poszukiwanie różnych możliwości rozwiązania (wariantów rozwiązań dla różnych zakłóceń zewnętrznych itp.);
 - decyzję dotyczącą sposobu realizacji planu (metoda opracowania wybranej trasy).

Zwracając uwagę na powyższe cele, założenia oraz etapy planowania podróży w wielkim uproszczeniu problem wyznaczania trasy przejścia statku jest zadaniem optymalizacyjnym polegającym na wyznaczeniu kolejno po sobie występujących punktów zwrotu. Warunkiem koniecznym podczas planowania podróży jest uwzględnienie szeregu istotnych ograniczeń nawigacyjnych, które to jednak w tym opracowaniu zostały w rozważaniach celowo pominięte.

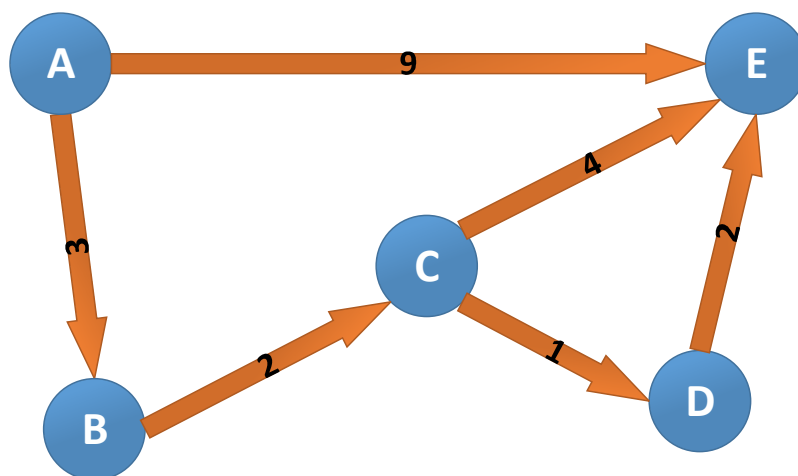
2. PROBLEMY NAJKRÓTSZYCH DRÓG

Niniejszy artykuł nie może zawierać charakterystyki wszystkich rodzajów problemów związanych z wyborem najkrótszej drogi. W artykule szczególną uwagę zwrócono na możliwość wykorzystania niektórych, znanych algorytmów wyznaczania trasy do celu wyznaczania trasy przejścia statku.

2.1. Algorytmy grafowe

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych metod znajdowania najkrótszej ścieżki pomiędzy dwoma wierzchołkami w grafie o nieujemnych wagach jest algorytm opracowany przez Edsgera Dijkstrę [1]. Wynikiem działania algorytmu jest zbiór wszystkich tras pomiędzy wierzchołkiem początkowym (źródłowym) a wszystkimi wierzchołkami pozostałymi. Zatem istotą algorytmu Dijkstry jest znalezienie wszystkich najkrótszych ścieżek pomiędzy źródłem, a każdym innym wierzchołkiem wchodzącym w skład grafu. Oprócz znalezienia najkrótszych ścieżek dla każdej z nich obliczany jest również koszt jej przejścia.

W zależności od wartości opisujących krawędzie grafu, obliczona wartość kosztu może dotyczyć: najkrótszej odległości pomiędzy wierzchołkami, najkrótszego czasu przejścia, najmniejszej liczby wierzchołków pośredniczących, itp. Zatem algorytm znajdowania ścieżek przejść pomiędzy wierzchołkami grafu zaliczyć można do zbioru jednokryterialnych problemów decyzyjnych.



Rys. 1. Graf o nieujemnych wagach oraz najkrótsza ścieżka pomiędzy wierzchołkami A i E.

Tab. 1. Najkrótsza droga pomiędzy punktem A i E w grafie z rysunku 1.

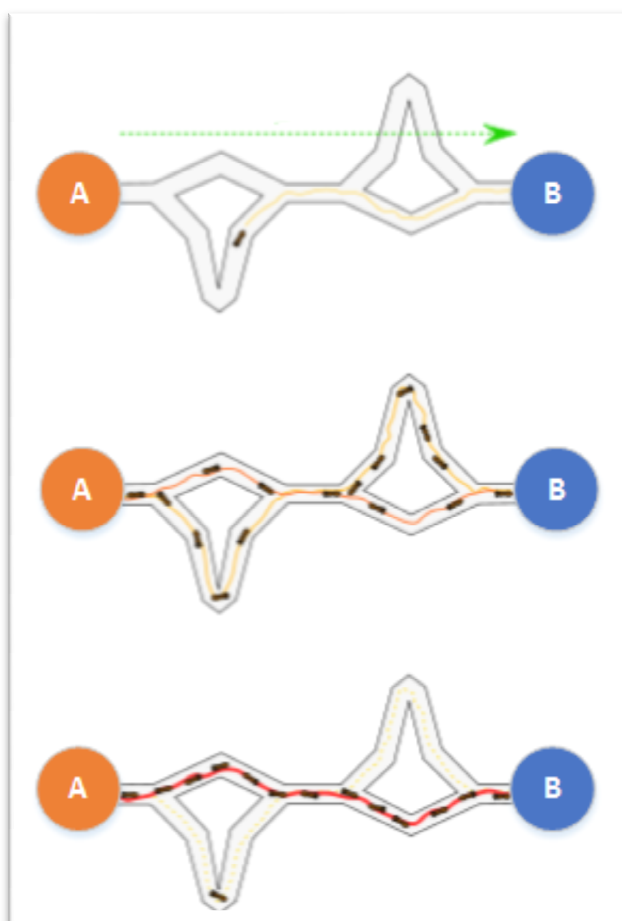
	A	B	C	D	E
Inicjalizacja	0	∞	∞	∞	∞
Etap 1	0	3	∞	∞	9
Etap 2	0	3	5	∞	9
Etap 3	0	3	5	6	9
Etap 4	0	3	5	6	8

Na rysunku 1 przedstawiony został graf o nieujemnych wagach łączący ze sobą 5 węzłów. Odległości pomiędzy węzłami przedstawione zostały jako wartości liczbowe na krawędziach grafu. W tak określonym problemie należy znaleźć najkrótszą trasę pomiędzy węzłami A i E. Schemat znalezienia trasy oraz poszczególne etapy poszukiwania przedstawione zostały w tabeli 1.

W procesie inicjalizacji wierzchołek początkowy przypisaną ma wartość 0, a każdy z wierzchołków dowolną inną wartość, przewyższającą maksymalną, spodziewaną długość trasy w grafie. Następnie bezpośrednie następniki wierzchołka A otrzymują wartości, które mówią o odległości tych węzłów od swojego poprzednika. Etap ten powtarzany jest tak długo, aż wszystkie wierzchołki grafu zostaną przebadane lub wartość, uzyskana dla wierzchołka celu, będzie wartością najmniejszą uzyskaną w danym etapie obliczeń.

2.2. Algorytm mrówkowy

Inną grupę algorytmów przeznaczonych do wyznaczania trasy stanowi grupa algorytmów mrówkowych, zaproponowanych przez Marco Dorigo [2]. Algorytm ten opisuje zachowanie się mrówek poszukujących pożywienia we własnym środowisku naturalnym. Zaobserwowano, że do momentu, aż mrówki znajdą pożywienie poruszają się w sposób niedeterministyczny. Po odnalezieniu pożywienia, powracają do swojej kolonii pozostawiając ślad dla swoich następników zbudowany z feromonów, czyli z substancji chemicznych o silnym oddziaływaniu na podatne na ich działanie gatunki osobników. Gdy zatem inny osobnik danej populacji podczas swojej niedeterministycznej wędrówki natrafi na ślad feromonów, przestaje poszukiwać a zaczyna podążać po śladzie do znalezionej przez innych osobników pożywienia.



Rys. 2. Przykład realizacji algorytmu mrówkowego

W algorytmie mrówkowym istotną w optymalizacji trasy ma czas istnienia śladu zbudowanego z feromonów. Feromony, jak każdy inny związek chemiczny, podlegają tym samym przemianom fazowym, co inne związki, a zatem parują. Wraz z upływem czasu siła oddziaływania feromonów na

osobniki maleje, przez co pozostawiony ślad staje się coraz mniej „widzialny”. Oczywiście im dalej znalezione pożywienie znajduje się od mrowiska, tym więcej czasu mają feromony, aby ewaporować. Im trasa lepsza, a więc krótsza, tym bardziej wyrazisty pozostanie po niej pozostawiony ślad. Jeśli do celu, w którym znajdują się zasoby pożywienia zostanie odnalezionych kilka tras, przez społeczeństwo mrówek zostanie wybrana ta najbardziej wyrazista, a więc i najkrótsza.

2.3. Algorytm pszczeli

Podobnym do algorytmu mrówkowego, a zaproponowanym przez naukowców z Cardiff University, jest algorytm pszczeli [9]. Tak jak w przypadku wspomnianego w poprzednim podrozdziale naśladowania żywych organizmów w świecie rzeczywistym, algorytm pszczeli naśladuje zachowanie pszczół poszukujących pożywienia.

Zaobserwowano, że pszczoły potrafią zbierać nektar na obszarze, którego promień sięgać może ponad 10 km od pasieki. W wyniku dokonanych analiz stwierdzono, że kierunek obierany przez pszczoły zależy od dostępności pożywienia dostępnego na danej trasie. Zatem ul wysyła kolejną pszczołę w obszary bogate w nektar. Wynika z tego wniosek, że trasy obfite w łatwo dostępny nektar odwiedzane są przez większą liczbę pszczół, zaś te obszary, w których ogólna liczba nektaru jest mniejsza, odwiedzane są przez mniejszą liczbę osobników.

Jako ciekawostkę przedstawić można sposób komunikacji pszczół w pasiece. Otóż pszczoły przekazują sobie informacje o obszarach bogatych w nektar za pomocą tańca [9]. Podstawowymi informacjami przekazywanymi w ten sposób są: kierunek celu, odległość do celu oraz jakość pożywienia. Po przekazaniu informacji pszczoła powracając do swojego obszaru poszukiwań zabiera ze sobą te z pszczół, które na podstawie przekazanych informacji wywnioskowały, że zbierały nektar w obszarze uboższym, jeśli chodzi o ilość potrzebnego surowca.

3. NAJKRÓTSZE TRASY A PLANOWANIE PODRÓŻY MORSKIEJ

Powyżej przedstawione cele planowania służą mają nawigatorom statków morskich ustalaniu priorytetów podczas opracowywania trasy z punktu wyjścia do portu docelowego. Na pierwszym miejscu wymienia się jednak nie fakt najszybszego przejścia, również nie najkrótszej drogi, a bezpieczeństwo. Wskaźnik bezpieczeństwa nie jest jednak poruszany w rozwiązywaniu zadań poszukiwania drogi pomiędzy dwoma punktami w klasycznym podejściu do problemu. [5]

Wydaje się, że wymagane jest przeprowadzenie badań nad zaadaptowaniem algorytmów takich jak te, które zostały wspomniane w niniejszym opracowaniu, a których jednym z kryteriów będzie współczynnik bezpieczeństwa trasy. Nasuwa się wątpliwość, czy wskaźnik ten należeć będzie do grupy wskaźników ostrych (liczbowych). Trudność opisu otaczającej rzeczywistości jak również dobrze rozpoznane środowisko liczb rozmytych pozwala wysnuć wniosek, że wnioskowanie w oparciu o zestaw wartości rozmytych powinno być tym narzędziem, które umożliwi dobre i skuteczne wskazanie drogi nie tylko najkrótszej, nie tylko najszybszej ale i najlepszej.

Podczas określania tras wydaje się również niezbędne skorzystanie ze współczesnych metod wnioskowania. Poczynione zostały próby wnioskowania metodą Dempstera-Shafera w problemie wyznaczenia odpowiedniej trasy dla statku. Teoria Dempstera-Shafera została już wykorzystana w zagadnieniu związanym z obsługą transportu morskiego, a dokładniej przy wyznaczeniu lokalizacji brzegowych stacji obserwacyjnych. Więcej na ten temat znaleźć można w [6].

Zgodnie z wymienionymi w rozdziale pierwszym założeniami dotyczącymi podstawowych zagadnień dotyczących planowania podróży statku, odpowiednia trasa nie musi być najkrótszą z dostępnych, powinna raczej charakteryzować się wysoką wartością bezpieczeństwa. Współczynnik ten zależy może od wielu wartości, które mogą być nieznane, nieokreślone jak i niepewne. Metoda Dempstera-Shafera wydaje się być odpowiednim narzędziem do tak postawionego problemu.

WNIOSKI

Przedstawiona w artykule problematyka związana z wyborem najkrótszych dróg jest podstawowym i jednym z częściej spotykanych zagadnień w analizie sieci transportowych

i komunikacyjnych. Jak przedstawione zostało w niniejszym artykule istnieje wiele różnych metod, wiele różnych podejść do próby optymalnego rozwiązania. Jak starano się pokazać, najlepszym rozwiązaniem nie zawsze jest to z rozwiązań, które wskaże trasę najkrótszą. Oprócz kryterium minimalizacji czasu potrzebnego do zrealizowania zadania oraz minimalizacji kosztów związanych z realizacją zadania ważnym kryterium, które można wyrazić za pomocą zależności matematycznych, jest również bezpieczne pokonanie trasy. Bezpieczeństwo to dotyczyć może zarówno przewożonego towaru jak i życia ludzkiego, które to w ekstremalnych warunkach, jakie mogą występować na morzu, może być zagrożone. W tym aspekcie zaproponowane w niniejszym artykule algorytmy mogą stać się przydatne. Zatem w opinii autora, trasy należy wybierać krótkie, tanie w eksploatacji, ale przede wszystkim, bezpieczne.

Streszczenie

W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę planowania morskiej trasy statku. Planowanie trasy jest zadaniem optymalizacyjnym mogącym polegać na wyznaczeniu kolejno po sobie występujących punktów zwrotu. Problematyką podobną do tej znaleźć można w wielu pracach informatycznych, których zadaniem jest znalezienie najkrótszej drogi pomiędzy dwoma punktami. W artykule przedstawiono ogólny zarys problemu określania najkrótszej trasy w algorytmie grafowym, mrówkowym oraz pszczelim.

Passage planning. The shortest route, fastest route or maybe the best route?

Abstract

The paper presents the general characteristics of the sea voyage planning. Travel planning is the task of optimization which consists in determining the succession occurring return points. Issues similar to this problem can be found in many works of informatics technology, where the main goal is to find the shortest path between two points. The article presents an overview of the problem of determining the shortest path graphs algorithm, ant algorithm and bees algorithm.

BIBLIOGRAFIA

1. Dijkstra, E.W.: A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*. 1, 269–271 (1959).
2. Dorigo, M., Di Caro, G., Gambardella, L.M.: Ant Algorithms for Discrete Optimization. *Artif. Life*. 5, 2, 137–172 (1999).
3. Januszewski, J., Wawruch, R., Weintrit, A., Galor, W.: Zintegrowany mostek nawigacyjny jednostek w żegludze morsko-rzecznej. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*. 63, 14–35 (2009).
4. Jurdziński, M.: Podstawy nawigacji morskiej. Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej, Gdynia (2003).
5. Kobayashi, E., Asajima, T., Sueyoshi, N.: Advanced Navigation Route Optimization for an Oceangoing Vessel. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 5, 3, 377–383 (2011).
6. Neumann, T.: Metoda wyznaczania lokalizacji brzegowych stacji obserwacyjnych zapewniająca pokrycie monitorowanego obszaru. Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu (2013).
7. Neumann, T.: Multisensor Data Fusion in the Decision Process on the Bridge of the Vessel. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2, 1, 85–89 (2008).
8. Pham, D., Ghanbarzadeh, A., Koc, E., Otri, S., Rahim, S., Zaidi, M.: The bees algorithm. Technical note. Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, UK. 1–57 (2005).
9. Wong, L.-P., Low, M.Y.H., Chong, C.S.: A bee colony optimization algorithm for traveling salesman problem. *Proceedings of the 2008 Second Asia International Conference on Modelling & Simulation (AMS)*. pp. 818–823 IEEE Computer Society (2008).