

Streszczenie

rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marcina Życzkowskiego
pt.

„Wyznaczanie trasy statku żaglowego z zastosowaniem dyskretnego modelu ruchu”

W rozprawie doktorskiej została przedstawiona metoda wyznaczania trasy statku żaglowego za pomocą algorytmów deterministycznych. Metoda zakłada, że obszar wyznaczania trasy jest ograniczony, a podstawowymi danymi wejściowymi są: pozycja startowa i końcowa statku żaglowego. Uwzględnia się poza tym wektor wiatru i charakterystykę prędkościową danego statku żaglowego. Wynikiem zwracanym przez metodę jest trasa statku zoptymalizowana według wielokryterialnej funkcji celu. Opracowana metoda została zaimplementowana w postaci aplikacji symulacyjnej SailingAssistance, a następnie zweryfikowana eksperymentalnie. Dla użytkownika końcowego trasa wyświetlana na mapie elektronicznej stanowi propozycję planowanej trajektorii ruchu.

Tematyka badawcza nawiązuje do koncepcji e-Nawigacji, która jest aprobowana przez Międzynarodową Organizację Morską IMO i Międzynarodową Izbę Żeglugi ICS. Koncepcja ta zakłada poprawę bezpieczeństwa nawigacji, efektywności żeglugi oraz ochrony środowiska morskiego, dzięki wsparciu nowoczesnych elektrotechnicznych funkcjonalności i usług w transporcie morskim.

Celem rozprawy jest opracowanie **metody wyznaczenia trasy statku żaglowego** z punktu startowego do końcowego z uwzględnieniem danych hydrometeorologicznych. Wynikowa trasa będzie ciągiem kolejnych punktów zwrotu, dla których prezentowane będą następujące informacje: współrzędne geograficzne punktu, nowy kurs rzeczywisty i oczekiwany czas dotarcia do kolejnego punktu. Metoda ma stosować wielokryterialne podejście, tak aby uwzględniać wymagania różnych użytkowników.

Do poprawnej realizacji głównego celu rozprawy doktorskiej konieczne było uwzględnienie następujących zadań do zrealizowania:

- Przyjęcie dyskretnego obszaru żeglugi, który zapewnił elastyczność rozwiązań i uwzględnienie różnego typu warunków podróży. Rozpatrywany obszar morski na kuli ziemskiej został wyznaczony przez równoleżniki i południki brzegowe $(\varphi_1, \varphi_m, \lambda_1, \lambda_n)$. Wprowadzono również możliwość zmiany ziarnistości opisu obszaru żeglownego,
- Związku z dyskretyzacją obszaru żeglugi konieczne było opracowanie reguł poruszania się statku żaglowego w zamodelowanym środowisku morskim.



- Istotne było również opracowanie metody zapisu diagramu charakterystyki biegunowej statku żaglowego w postaci macierzy wartości dyskretnych, co umożliwia automatyzację wyznaczania prędkości statku. W proponowanej metodzie charakterystyka biegunowa w danym punkcie i w każdej chwili czasu uwzględnia parametry fali (wysokość i kierunek) oraz wiatru rzeczywistego (prędkość i kierunek),
- Konieczne było również opracowanie procedury odczytu zewnętrznych danych hydrometeorologicznych z dostępnych tego typu systemów zewnętrznych.

Po opracowaniu dyskretnego modelu ruchu można było wyspecyfikować kryteria dla wyznaczania trasy i sformułować wielokryterialną funkcję celu. W zależności od wariantu rozwiązywanego problemu kryteria można uwzględnić z różnymi wagami. Przyjęte kryteria obejmują:

- Uzyskanie najkrótszego czasu podróży dla danego punktu startowego i docelowego,
- wybór sprzyjających warunków podróży (dobra pogoda, brak falowania),
- zapewnienie bezpieczeństwa podróży poprzez precyzję wykonywanych manewrów (zwroty i przechyły nie przekraczające zadanych wartości),
- osiągnięcie komfortu podróży, co oznacza dopłynięcie do miejsca przeznaczenia w określonym czasie, zapewnienie asekuracyjnych manewrów opisanych wartościami znacznie mniejszymi od granicznych,
- zapewnienie uczestnikom ekstremalnych wrażeń, mierzonych na przykład prędkościami statku.

Przyjęto, że trasa jest sekwencją odcinków, łączących kolejne punkty podróży. Każdy odcinek charakteryzują następujące wartości: czas jego przepełnienia, czas zmiany kursu pomiędzy poszczególnymi odcinkami, współczynnik dyskomfortu zależny od przechyłu statku żaglowego, współczynnik chwilowy dyskomfortu zależny od wielkości zmiany kursu pomiędzy odcinkami.

Metoda wyznaczania trasy korzysta z algorytmu, który dla danych wejściowych oraz zadanych kryteriów i ograniczeń zwraca optymalną trasę. Algorytm jest rozszerzoną wersją algorytmu Dijkstry i uwzględnia:

- Wagi krawędzi o wartościach zmieniających się w czasie
- kryteria inne niż czasowe, rozpatrywane w zależności od potrzeby i wymagań użytkownika,
- możliwość zwiększenia liczby punktów, skutkującej zmniejszoną ziarnistością obszaru żegluga zapewniające precyzję manewrów co zwiększa poziom bezpieczeństwa trasy.

- rozpatrywanie kilku kolejnych depesz meteorologicznych, a także możliwość uwzględnienia takich danych już w trakcie żeglugi.

Do oceny proponowanej metody wyodrębniono pięć kategorii użytkowników:

- Rejsów rekreacyjnych,
- poszukujących ekstremalnych doświadczeń
- początkujących żeglarzy,
- sterujących bezzałogowymi statkami żaglowymi,
- uczestników regat.

Każdy z nich ma inne wymagania w trakcie podróży co zostało przełożone na kryteria i ograniczenia procesu optymalizacji. Opracowana metoda została zaimplementowana w symulatorze SailingAssistance. Aplikacja składa się z trzech warstw zapewniając niezależność każdej z nich. Dyskretne środowisko morskie, stanowiącej wycinek kuli ziemskiej o wymiarach około 40 Mm na 60 Mm, zostało zamodelowane za pomocą zaproponowanego grafu, w którym przy zmniejszonej ziarnistości jest ponad 14 tysięcy wierzchołków i ponad 200 tysięcy krawędzi. Symulator korzysta z mapy EPSG 3857, która jest najczęściej stosowana w aplikacjach mobilnych. Konstrukcja aplikacji jest na tyle elastyczna, że umożliwia wprowadzenie zmian lub wymianę modułów obliczeniowych bez naruszania jej architektury.

Podczas weryfikacji metody w tym symulatorze wykonano 4 serie symulacji testowych, w serii I-III po 4 symulacje, a w serii IV 6 symulacji. Pierwsze trzy serie badań zakładają inną pozycją startową i końcową statku żaglowego. Seria IV przedstawia symulacje, gdzie z kolei rozważane są zmienne warunki pogodowe. Dodatkowo przedstawiono kontrprzykład trasy bez uwzględniania nagłej zmiany pogody. Otrzymane wyniki potwierdzają zasadność zastosowania przyjętej równoległej analizy kilku kolejnych prognoz pogody. Jak pokazują wyniki tych testów w zależności od kategorii użytkownika, a w szczególności ich wymagań dotyczących trasy uzyskane wyniki są różne. Jednocześnie każda z opracowanych tras pełni oczekiwania danej kategorii użytkowników. Otrzymane wyniki przeprowadzonych symulacji ilustrują również zasadność podejścia wielokryterialnego do wyznaczenia trasy podróży. Wszystkie symulacje wyznaczające odpowiednią trasę zobrazowane są na ekranie komputera dzięki specjalnie przygotowanej dla tej metody aplikacji SailingAssistance. Dzięki wizualizacji aplikacji prezentowane są następujące informacje: współrzędne geograficzne punktów i kurs rzeczywisty realizowany między nimi, a także niektóre z parametrów hydrometeorologicznych. Warto nadmienić, że główne wyniki rozprawy zostały opublikowane Polish Maritime Research, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Annual of Navigation,

7.05.2018
Łyżakowski