

Szczecin, 23.07.2018

dr hab. inż. Witold Kazimierski, prof. AM

Wydział Nawigacyjny
Akademia Morska w Szczecinie

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marcina Życzkowskiego
pt.

„Wyznaczanie trasy statku żaglowego z zastosowaniem dyskretnego modelu ruchu”

Recenzję wykonano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni z dnia 24.05.2018 r. w związku z uchwałą Rady Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni z dnia 24.05.2018 r.

1. Uwagi ogólne.

Rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Życzkowskiego porusza tematykę planowania trasy statku żaglowego pod kątem dostosowania jej do potrzeb użytkowników i uwzględnienia dynamicznie zmieniających się warunków hydrometeorologicznych. Podejmowana problematyka wpisuje się tym samym rozwijający się w ostatnich latach obszar badań naukowych, a także prac komercyjnych. Wprowadzenie na statki coraz większej liczby urządzeń elektronicznych i coraz szersze zastosowanie technologii informatycznych i telekomunikacyjnych (ICT) spowodowało, że temat planowania trasy (czy szerzej planowania podróży), jest na nowo podejmowany w licznych pracach badawczych zarówno ze strony akademickiej, jak i przemysłu. Wyrazem tego może być np. koncepcja e-nawigacji rozwijana od kilku lat przez IMO, do której również Autor rozprawy się odwołuje. Istotą tych badań jest automatyzacja procesu planowania z uwzględnieniem coraz to nowych danych wejściowych, jak np. warunki hydrometeorologiczne, ograniczenia akwenu, czy aktualny ruch statków. Przedstawione w rozprawie badania nad wielokryterialną metodą wyznaczania trasy, bazującą na dyskretnym modelu akwenu wraz z przyjętymi uwarunkowaniami wpisują się, więc w aktualną tematykę prac naukowych prowadzonych w zakresie transportu morskiego. Planowanie trasy jest zresztą stałą problematyką badawczą we wszystkich gałęziach transportu. W szerszym ujęciu można zauważyć ogólną tendencję w transporcie do wprowadzania wielu kryteriów do procesu planowania oraz do szukania nowych algorytmów wyznaczania tras. Również w tym szerszym kontekście, recenzowana rozprawa znajduje swoje uzasadnienie, proponując wprowadzenie nowych kryteriów oraz modyfikację znanego z literatury algorytmu przeszukiwania grafu metodą Dijkstry.

Można wskazać cztery zasadnicze problemy związane z automatycznym planowaniem trasy dla statków żaglowych w systemach komputerowych – modelowanie akwenu,

modelowanie parametrów ograniczających (głównie warunków hydrometeorologicznych), uwzględnienie parametrów hydrodynamicznych i aerodynamicznych statku oraz uwzględnienie kryteriów zewnętrznych, związanych z dostępnymi danymi oraz wymaganiami użytkownika. Badania przedstawione w pracy odnoszą się do wszystkich tych aspektów, co świadczy o kompleksowym podejściu do podejmowanego tematu. Ujęte w pracy zagadnienia dyskretyzacji środowiska żeglugowego oraz wielokryterialnej optymalizacji trasy stanowią kluczowe elementy z punktu widzenia badaczy, twórców i użytkowników systemów do planowania i realizacji tras na morzu.

Warto podkreślić użyteczny charakter przedstawionych badań. Autor w pracy odnosi się bezpośrednio do wymagań użytkowników, przedstawiając propozycje algorytmów, które mogą zostać w praktyce w stosunkowo łatwy sposób zaimplementowane. Zbudowane środowisko badawcze oraz przedstawione plany rozwojowe pokazują, że dla Autora istotnym elementem realizacji badań i wprowadzania nowych metod/algorytmów powinno być spełnienie wymagań użytkowników i realizacja założeń biznesowych.

2. Ocena merytoryczna i opis przeprowadzonych badań.

Recenzowana rozprawa składa się z wprowadzenia (rozdział 1), pięciu zasadniczych rozdziałów oraz podsumowania (rozdział 7). Całość wydana jest w formie monografii zawierającej łącznie ze spisami 113 stron.

Jako cel rozprawy doktorskiej (zdefiniowany w podrozdziale 1.3) wskazano opracowanie metody wyznaczenia trasy statku żaglowego z punktu startowego do końcowego z uwzględnieniem danych hydrometeorologicznych. Cel ten zdaniem recenzenta jest określony zbyt skromnie w stosunku do rzeczywistej pracy Autora. Lepiej podjęte badania definiuje rozbudowana wersja celu prac przedstawiona w podsumowaniu (7.1) – opracowanie metody wyznaczenia trasy statku żaglowego z punktu startowego do końcowego z uwzględnieniem wielu danych, w tym obszaru żeglownego oraz różnego typu danych hydrometeorologicznych.

Autor przedstawił tezę, że możliwy jest właściwy wybór trasy dla danego typu statku żaglowego oraz dla zadanych właściwości obszaru żeglownego, a także różnorodnych oczekiwań użytkownika. W pracy przedstawiono uniwersalną metodę wyznaczania trasy statków żaglowych, przy zdefiniowanych kryteriach, bazującą na zmodyfikowanym algorytmie Dijkstry, do którego wprowadzono wielokryterialne podejście. W definicji celu brakuje, zdaniem recenzenta, określenia kryteriów oceny, czy wybór trasy jest właściwy. Z treści rozprawy można się domyślać, że decydują o tym kryteria postawione przez użytkownika.

Cześć zasadnicza rozprawy rozpoczyna się od przeglądu pokrewnych metod i rozwiązań przedstawionego w rozdziale 2. Jest to swego rodzaju wprowadzenie do dalszych analiz i badań. Autor przedstawia temat podejmowanych badań na tle prac naukowych, wskazując główne obszary wiedzy, do których odnosi się rozprawa. Kolejne podrozdziały

poświęcone są zagadnieniom hydrodynamiki i aerodynamiki statków żaglowych, odwzorowaniom kartograficznym, planowaniu trasy oraz dyskretyzacji obszaru żeglugi. Szczególnie interesujący jest podrozdział 2.3, w którym Autor opisuje metody obecnie stosowane do automatycznego planowania podróży statków. Bogate odniesienia literaturowe w tej części świadczą o dobrym przeglądzie literatury (w sumie wskazano 126 źródeł), choć zdaniem recenzenta, brakuje odniesień do systemów wspomagania decyzji, które pozwalają dynamicznie modyfikować zaplanowane trasy. Niemniej jednak przedstawiona analiza literatury i istniejących systemów, uzupełniona o spostrzeżenia własne Autora, pozwala na zidentyfikowanie podejmowanej problematyki i stanowi swego rodzaju genezę tematyki rozprawy. Najwięcej miejsca Autor poświęcił na analizę istniejących metod planowania trasy statków z podziałem na deterministyczne oraz niedeterministyczne, przedstawiając szeroki przegląd algorytmów, również tych niestandardowych, jak bazujące na algorytmach genetycznych, czy inteligencji rozproszonej. Do dalszych prac implementacyjnych Autor wybrał algorytm Dijkstry, który jest najpopularniejszym grafowym algorytmem do przeszukiwania tras. Analizę można by jeszcze poszerzyć o dodatkowe systemy nawigacyjne, z których opisano tylko dwa, ze szczególnym uwzględnieniem szybko rozwijających się systemów mobilnych.

Na równie wysokim poziomie stoi analiza literatury dotyczącej hydrodynamiki kadłuba oraz aerodynamiki ożaglowania, w której przedstawiono szeroki zakres modeli służących do opisu ruchu statku żaglowego i na podstawie, którego wybrano do implementacji macierzowe charakterystyki prędkościowe statku określone w stosunku do warunków hydrometeorologicznych.

Autor nie poradził sobie natomiast zbyt dobrze z zagadnieniami związanymi z odwzorowanymi kartograficznymi. Kilukrotnie zastosowano nieprecyzyjne lub błędne pojęcia (konkretne błędy wskazano w uwagach szczegółowych recenzji), co w rezultacie doprowadziło, zdaniem recenzenta, do wybrania odwzorowania Web Merkator do implementacji w budowanej aplikacji, (mimo, że wstępnie deklarowane jest odwzorowanie Merkatora), które nie powinno być w mojej ocenie stosowane do tego celu na poziomie rozprawy doktorskiej.

Duża część rozdziału została poświęcona tzw. dyskretyzacji obszaru żeglugi. Z geoinformatycznego punktu widzenia pojęcie to oznacza de facto numeryczne modelowanie zjawisk obszarowych. Autor przedstawia różne możliwości budowania modelu dyskretnego, decydując się w rezultacie na budowę punktowego modelu GRID na bazie podziału rastrowego. Nie jest do końca jasne, w jaki sposób budowane są punkty żeglugi – na stronie 35 wskazano, że są one umiejscowione w środkach kwadratów, a na stronie 42, że są one umieszczone w punktach węzłowych siatki. Niemniej jednak sam przegląd i dobór rozwiązania są przeprowadzone w sposób prawidłowy i adekwatny dla celu pracy.

W rozdziałach trzecim i czwartym Autor przedstawia koncepcję swojej metody, która w kolejnych rozdziałach jest poddana implementacji i weryfikacji. Koncepcja obejmuje ogólny opis rozpatrywanego problemu, metodę dyskretyzacji środowiska morskiego, metodę

wyznaczania parametrów ruchu oraz metodę wyznaczania prędkości statku żaglowego z uwzględnieniem warunków środowiska (rozdział 3), a także algorytm budowy i przeszukiwania grafu bazującego na zbudowanym dyskretnym modelu obszaru żeglownego.

Metoda dyskretyzacji środowiska morskiego oznacza w pracy metodę budowy numerycznego modelu typu GRID, w którym punkty reprezentowane są przez dwuwymiarowe współrzędne oraz dodatkowe informacje atrybutowe opisujące środowisko morskie, w postaci wektora wiatru rzeczywistego. Przy budowie siatki kolejny raz zastosowano zbyt duże, zdaniem recenzenta, uproszczenia w reprezentacji obszaru kuli ziemskiej na płaszczyźnie. Z przedstawionych wzorów wynika, że założono, że obszary mają kształt kwadratów. Nie jest to prawdą w przypadku siatki geograficznej. Prostokątna lub kwadratowa może być co najwyżej siatka kartograficzna, ale z opisu wynika, że dyskretyzacja jest robiona przed odwzorowaniem. Takie założenie upraszcza istotnie proces modelowania, jednak powinno ono być jawnie zdefiniowane na początku badań. Zdaniem recenzenta, lepiej byłoby (dla małych obszarów) zastosować odwzorowanie na samym początku obliczeń i pracować we współrzędnych płaskich odwzorowanych. Do niewątpliwych zalet proponowanego rozwiązania natomiast należy możliwość zmiany rozdzielczości siatki w poszczególnych miejscach obszaru w zależności od lokalnych uwarunkowań.

Metoda wyznaczania parametrów ruchu przedstawiona w podrozdziale 3.3 koncentruje się głównie na zaproponowaniu dyskretnego modelu ruchu bazującym na tzw. dozwolonych kierunkach ruchu. Wyznaczane są odległości w danym kierunku i na tej podstawie szacowane czasy przejścia między punktami. Wątpliwości recenzenta budzi przyjęta we wzorze (15) do obliczania odległości metoda średniej szerokości. W przypadku budowy uniwersalnej metody wyznaczania trasy zastosowanie średniej szerokości jest zbyt dużym uproszczeniem i wprowadza zbyt duże ograniczenia. W ocenie recenzenta powinna być zastosowana metoda powiększonej szerokości.

Do silnych punktów proponowanej metody należy sposób wyznaczania prędkości statku żaglowego z uwzględnieniem wektora wiatru. Dzięki zastosowanemu podejściu bazującym na iteracyjnym oszacowaniu prędkości statku żaglowego z uwzględnieniem warunków środowiskowych, opracowano macierzowy model prędkościowy statku zależny od warunków hydrometeorologicznych. Lokalna chwilowa charakterystyka prędkościowa statku umożliwia oszacowanie prędkości przejścia z jednego do drugiego punktu z uwzględnieniem falowania i wektora wiatru.

W rozdziale czwartym Autor przedstawia konkretne algorytmy zaimplementowane w badaniach weryfikacyjnych, a bazujące na zbudowanych modelach przedstawionych w rozdziale 3. Przyjęty dyskretny model środowiska morskiego stanowiący zbiór punktów żeglownych i nieżeglownych został przedstawiony w postaci grafu skierowanego, w którym węzłami są punkty dyskretyzacji, a krawędziami połączenia pomiędzy nimi. Do węzłów przypisane są informacje o wietrze i falowaniu na podstawie prognozy pogody, które służą do wyliczenia wag poszczególnych krawędzi. W ujęciu wielokryterialnym do wyliczenia wagi mogą służyć odległość, czas przeplnięcia, kierunek oraz współczynnik dyskomfortu.

Szczególnie interesujący jest ten ostatni wskaźnik. Jest to autorska propozycja, przedstawiona w podrozdziale 4.3, która na podstawie występujących niedogodności w czasie podróży szacuje w skali 0-1 poziom dyskomfortu. Dodatkowo algorytm wyznaczający trasę uwzględnia kryteria, zależne od kategorii użytkownika, które zostały ujęte w postaci ograniczeń oraz parametrów metody. Te ograniczenia, parametry oraz współczynnik dyskomfortu stały się argumentami funkcji celu zdefiniowanej dla potrzeb optymalizacji wyznaczonej trasy. W rezultacie trasa optymalna wyznaczana jest poprzez rozszerzenie klasycznego algorytmu Dijkstry o sumę kosztów uwzględnienia poszczególnych współczynników dyskomfortu, dla różnych kryteriów. Dyskomfort staje się zatem swego rodzaju dodatkową wagą uwzględnianą dla każdego węzła.

W podrozdziale 4.5 przedstawiono szczegółowe algorytmy realizacji poszczególnych etapów metody. W opinii recenzenta jest ona oryginalną propozycją modyfikacji algorytmu Dijkstry, znacznie zwiększającą funkcjonalność. Odpowiednio definiując kryteria można uwzględnić właściwie każdą dodatkową informację i wyznaczyć trasę optymalną. Dodatkowe, istotne zalety algorytmu to możliwość uwzględnienia kilku prognoz pogody dla różnych obszarów oraz możliwość definiowania różnej ziarnistości siatki dyskretyzacji dla wybranych fragmentów obszaru. Przedstawione algorytmy pozwalają odtworzyć koncepcję działania metody i są w ogólności napisane w sposób prawidłowy. Szczegółowe uwagi zawarto w dalszej części recenzji.

W rozdziale 5 przedstawiono aplikację, która pozwoliła na realizację badań symulacyjnych. Omówiono zatem sposób implementacji opracowanej metody oraz możliwości realizacji badań. Aplikacja SailingAssistance została opracowana samodzielnie przez Autora i pozwala na pełną parametryzację modelu i metody. Dzięki temu, aplikacja pozwala na kompleksowe testowanie metody wraz ze wszystkim jej zaletami i wadami, opisanymi wcześniej.

Weryfikacyjne badania symulacyjne, zrealizowane za pomocą aplikacji, przedstawiono w rozdziale 6. Dla potrzeb testów zdefiniowano 5 kategorii użytkowników, dla których zrealizowano 3 scenariusze symulacyjne - wszystkie w okolicach półwyspu Helskiego. W pierwszej części badań (serie 1-3) porównywano planowane trasy dla różnych użytkowników, a więc dla różnych kryteriów optymalizacji, przy założeniu niezmienności warunków pogodowych. W drugiej części badań (seria 4) przedstawiono realizację scenariuszy tylko dla jednego użytkownika, ale przy założeniu nagłej zmiany warunków pogodowych. Zrealizowane badania potwierdziły, że proponowana metoda reaguje na zmianę zadanych kryteriów i parametrów optymalizacji, wyznaczając inne trasy dla różnych danych wejściowych. Badania pokazały również, że metoda wyznacza trasę najlepszą dla zadanych parametrów przy uwzględnieniu warunków meteorologicznych. Zdaniem recenzenta do pełnej weryfikacji metody brakuje jeszcze porównania jej z metodami znanymi z literatury lub też z innych systemów, np. ze stosowaną od lat metodą izochron. Niemniej jednak badania weryfikacyjne potwierdziły ogólną prawidłowość przeprowadzonego procesu badawczego.

Reasumując ocenę merytoryczną przeprowadzonych badań stwierdzam, że Autor w toku badań symulacyjnych udowodnił stawianą przez siebie tezę, że możliwy jest właściwy wybór trasy dla danego typu statku żaglowego oraz dla zadanych właściwości obszaru żeglownego, a także różnorodnych oczekiwań użytkownika. Prawidło zaprojektowane i przeprowadzone badania symulacyjne w jednoznaczny sposób pokazały, że proponowane algorytmy pozwolą na zaplanowanie trasy z uwzględnieniem przyjętych kryteriów. Ponadto Autor zaproponował metodę dyskretyzacji obszaru żeglownego oraz dyskretny model środowiska morskiego i ruchu statku dla potrzeb planowania trasy statku żeglownego. Przeprowadzenie badań zostało poprzedzone analizą literatury i stosowanych rozwiązań technologicznych, co uwypukliło miejsce dla podjętej tematyki zarówno w środowisku naukowym, jak i w przemyśle.

W dalszej części recenzji przedstawiono między innymi uwagi szczegółowe związane z treścią rozprawy oraz pytania do Autora związane z przeprowadzonymi badaniami. Stanowią one wyraz zainteresowania recenzenta podjętą tematyką i nie umniejszają wartości merytorycznej przeprowadzonych badań, choć mogą sprowokować do ciekawej dyskusji naukowej.

3. Elementy dysertabilne pracy

Najważniejszym oryginalnym twórczym osiągnięciem Autora w przedstawionej rozprawie jest, zdaniem recenzenta, opracowanie i zweryfikowanie algorytmów pozwalających na planowanie trasy statku żaglowego z uwzględnieniem wymagań użytkownika, zmiennych prognoz pogody oraz charakterystyki statku.

Do innych elementów nowatorskich przedstawionych w pracy należy zaliczyć:

- opracowanie numerycznego modelu obszaru żeglugi;
- opracowanie numerycznego modelu środowiska morskiego w powiązaniu z numerycznym obszarem żeglugi;
- opracowanie numerycznego modelu ruchu statku w zamodelowanym środowisku morskim;
- opracowanie metody zapisu diagramu charakterystyki biegunowej statku żaglowego w postaci macierzy wartości dyskretnych;
- opracowanie procedury odczytu zewnętrznych danych hydrometeorologicznych z dostępnych systemów zewnętrznych;
- opracowanie autorskiej koncepcji modyfikacji algorytmu Dijkstry dla potrzeb planowania trasy statku żaglowego;
- opracowanie autorskiego oprogramowania symulacyjnego do planowania trasy pozwalającego na weryfikację metody;
- przeprowadzenie autorskich badań symulacyjnych i weryfikacja parametrów metody.

4. Ocena rozprawy pod kątem redakcyjnym

Rozprawa stoi na wysokim poziomie edytorskim. Opracowanie zawiera, prócz właściwych rozdziałów, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz oznaczeń i pojęć, spis treści, spis ilustracji i spis tabel oraz bibliografię (126 pozycji literaturowych).

Stosowany w rozprawie język jest typowy i odpowiedni dla prac o charakterze naukowym. Cele zostały zdefiniowane prawidłowo, jednak brakuje jednoznacznego opisu użytych metod badawczych. Na pochwałę natomiast zasługują trafne i precyzyjne wnioski oraz uczciwe wskazanie założeń i ograniczeń zastosowanego podejścia. Usterki redakcyjne i edytorskie są nieliczne.

Praca ma logiczny układ z właściwym rozłożeniem akcentów. Rozdziały wprowadzające stają się coraz bardziej szczegółowe, wraz z zagłębianiem się w tematykę, a najmocniejszym objętościowo i merytorycznie punktem są rozdziały 4 i 6, w których Autor przedstawia własne badania. Zachowano przejrzystość i logikę wyводу, a trafnie stawiane wnioski stanowią celne podsumowania poszczególnych części.

Recenzent zgłasza następujące wątpliwości redakcyjne:

rozdz. 2 nieco mylny tytuł – przegląd metod pokrewnych jest w zasadzie dopiero w 2.3

s. 5 „większy stopień dyskretyzacji”. Czy dyskretyzację można stopniować? Czy model, w którym jest więcej kierunków ruchu jest bardziej dyskretny?

rys. 4 i 5 Powinny być omówione w treści pracy.

s. 15 „położenie powierzchni względem bieguna kuli”. Jak sądzę chodzi o położenie względem osi kuli ziemskiej. Styczność do równika nie ma nic wspólnego z biegunem.

s. 15 „walec przyłożony stycznie równoległe do biegunów kuli ziemskiej”. Walec w odwzorowaniu poprzecznym stycznym, jest styczny do całego południka, a nie tylko do biegunów. Nie rozumiem sformułowania „równoległe do biegunów”

s.24 „Wybór kolejnej pozycji P_i , przy stanie S_i , zależy jednoznacznie od stanu S_{i+1} ”- powinno być, że zależy od S_{i-1}

s. 37 pojęcie „metoda dyskretyzacji przestrzeni żeglownej” lepiej nazwać „metoda budowy numerycznego modelu przestrzeni żeglownej”

s. 39 „prędkość zmiany kursu” to po prostu „prędkość katowa”

s. 64/rys. 31 Wydaje się, że kąt alfa powinien mieć jeden kierunek – od północy.

s. 74 „(...), tak aby odcinki loksodromiczne były liniami prostymi i były wiernokątne”. Odcinki nie mogą być wiernokątne...

5. Uwagi szczegółowe i pytania do Autora

W treści rozprawy można znaleźć stwierdzenia, które zdaniem recenzenta są błędne, wymagają wyjaśnienia lub uszczegółowienia.

Uwagi dotyczące problematyki przyjętego odwzorowania kartograficznego:

- s. 15 „W nawigacji morskiej bardzo ważne jest, aby mapa była wiernokątna, dlatego stosuje się odwzorowanie walcowe, w którym ta cecha jest zachowana” – zastosowanie odwzorowania walcowego nie gwarantuje uzyskania wiernokątności, a jednocześnie istnieją też odwzorowania płaskiżynowe i stożkowe, które są wiernokątne.
- s. 15 Wskazano odwzorowanie Merkatora z XVI wieku, jako jedno z najstarszych odwzorowań. Nie jest to prawdą - odwzorowania kartograficzne znane były już w Starożytności.
- wzór 6/s.16 „s” oznacza raczej mianownik skali, a nie skalę jak podano w pracy.
- s. 17 W pracy napisano, że punkt styczności odwzorowania UTM leży na równiku kuli ziemskiej. W odwzorowanych walcowych poprzecznych mamy cały południk styczności, a więc nieskończenie wiele punktów styczności. Być może chodziło o początek układu współrzędnych?
- s. 18 Zastosowanie odwzorowania Merkatora ma sens przy założeniu ograniczonego obszaru. Nie powinno się w tym odwzorowaniu planować np. tras oceanicznych, w których staramy się odnosić do ortodromy, a potem dopiero dzielimy ją na odcinki loksodromiczne.
- s.18/74 Wbrew temu co napisano na str. 18 w pracy zastosowano odwzorowanie Web Mercator (s. 74), a to nie to samo. Odwzorowanie Web Mercator nie jest wiernokątne.
- s. 41/wzór (9) Ze wzoru wynika, że założono, że obszary mają kształt prostokąta. Nie jest to prawdą w przypadku siatki kartograficznej. Siatka geograficzna nie jest prostokątna. Prostokątna może być co najwyżej siatka kartograficzna, ale z opisu wynika, że dyskretyzacja jest robiona przed odwzorowaniem. Wynika to np. z rys. 26.
- s. 41/42 Regularność siatki – warto pamiętać, że współrzędne geograficzne nie są izometryczne. Siatka jest regularna w mierze stopniowej, a w mierze metrycznej już nie. Ziarnistość jest stała, jeśli określimy ją we współrzędnych sferycznych/elipsoidalnych. Problem jest dobrze zilustrowany na rys. 26 (obszar nie jest prostokątem) i 27 (obszar jest prostokątem). Pomiędzy 26 i 27 powinno zostać zastosowane odwzorowanie kartograficzne.
- s. 44 Z rys. 29 wynika, że model obszaru bazuje na siatce kwadratów. Czy kierunki są wyznaczone loksodromicznie, czy ortodromicznie?
- s. 73 Odwzorowanie Web Mercator (EPSG:3857) nie powinno być stosowane do celów nawigacyjnych. Nie jest to odwzorowanie wiernokątne i zostało zaprojektowane tylko do wizualizacji map internetowych. Nacisk jest w nim położony na szybkość wizualizacji, a nie na jej jakość. Na niewielkich

- obszarach różnice w porównaniu do odwzorowania Merkatora dla elipsoidy mogłyby być zanedbywalne pod warunkiem zastosowania odpowiedniej wartości promienia Ziemi. Niemniej jednak metodologicznie zastosowanie tego odwzorowania nie jest poprawne.
- s. 74 Jaką długość promienia Ziemi przyjęto w odwzorowaniu? We wzorach nie ma podanej w ogóle tej wartości, tak jakby obliczenia były robione dla promienia jednostkowego.
- s. 74/wzory 65 i 66 Błędne stwierdzenie jakoby układ EPSG:3857 był odpowiednikiem mapy Merkatora dla aplikacji mobilnych.
- Pozostałe uwagi:**
- s.8/rys.1 W rozprawie dyskretyzacja urosła niemal do rangi dyscypliny naukowej – warto zachować proporcje.
- s. 10 Zastosowano pojęcie „*kierunek ruchu*”. Zakładam, że chodzi o kurs rzeczywisty? W pracy na temat nawigacji należy stosować precyzyjne określenia kierunków
- s. 19 Przy odniesieniu do OpenCPN i C-Map Planner warto podkreślić, że nie są to programy zatwierdzone przez IMO i nie mogą być zamiennikami standaryzowanych ECDIS
- tabela 1 Zabrakło kryterium minimalnej odległości (powiązane z czasem i energią, ale jednak nie to samo).
Zamiast minimalizacji uszkodzenia ładunku i kadłuba lepiej w pracy na poziomie doktorskim odnieść się do minimalizacji ryzyka szeroko omawianego w literaturze.
- rys. 13/s.25 Proszę wyjaśnić rysunek – dlaczego linia przerywana jest akurat do tych wybranych punktów, a nie do wszystkich możliwych?
- rys. 10/ rozdz. 2.3.1.3 Zakwalifikowanie wszystkich metod grafowych do algorytmów deterministycznych jest ryzykowne. W przypadku np. algorytmu A* zależy to od zastosowanej heurystyki. W strukturze algorytmu nie jest ona narzucona, można więc zastosować heurystykę niedeterministyczną (w jakiś sposób zrandomizowaną).
- s. 35/36 Opis modelu akwenu jest niejednoznaczny. Z jednej strony jest mowa o siatce kwadratów, co sugeruje model rastrowy, a z drugiej jest mowa o punktowej reprezentacji obszaru żeglugi, czyli o modelu wektorowym. W rzeczywistości jest to model typu GRID, w którym obszar jest reprezentowany punktami węzłowymi siatki. Pewnym zagrożeniem jest tutaj przyjęcie środków kwadratów, jako punktów dozwolonej żeglugi. Na str. 42 wskazane jest, że punkty żeglowne i nieżeglowne są określone w punktach węzłowych siatki. Które stwierdzenie jest prawdziwe?
- s. 34/35/rys.21 Przedstawiona zasada ruchu Any-angle path-planning dotyczy sytuacji, gdy punkty węzłowe są w narożnikach kwadratów. Zgodnie z informacją na str. 36, w modelu przyjętym w rozprawie punkty węzłowe są w środku kwadratów. Jeżeli tak jest metoda i rysunek powinny więc zostać zmodyfikowane.

- s. 39 Dlaczego w zmiennych parametrach ruchu statku żaglowego nie uwzględniono przyspieszenia/opóźnienia (speed rate)?
- s. 46 Proszę o wyjaśnienie pojęcia „odległość rzeczywista”. Czy jest to odległość elipsoidalna, czy w odwzorowaniu?
- s. 46 Proszę o wyjaśnienie czy kierunek rozumiany jest jako kąt między północą, a loksodromą, czy też jako kąt między północą a styczną do ortodromy w danym punkcie.
- s.46/wzór 15 Wzór 15 zakłada wyznaczanie odległości tzw. metodą średniej szerokości. Jest to metoda dobra w przypadku założenia, że Ziemia jest kulą, a nie elipsoidą. Jest on również dopuszczalny w przypadku niewielkich zmian szerokości. Dla pozostałych przypadków polecana jest metoda powiększonej szerokości. W pracy doktorskiej powinna być zastosowana właśnie ta metoda, uwzględniająca elipsoidalny model kuli ziemskiej
- s. 47 α oznacza kurs statku. Na poprzedniej stronie α oznacza kierunek. Proszę doprecyzować o jaki kurs chodzi – KDD, czy kurs rzeczywisty
- s.53 W grafie skierowanym nie występują krawędzie w dwie strony. W to miejsce powinny być dwie osobne krawędzie.
- s. 54 Ograniczenia tu zdefiniowane nie są spójne z założeniami modelu ruchu statku przedstawionymi na stronie 39.
- s. 59 Proszę podać konkretne pozycje przeglądu literatury, na podstawie których określono wymagania użytkownika.
- s. 60/tab. 3 Użytkownik U5 ma przypisane kryteria K1, K3 i K5. W ocenie recenzenta kryteria K3 i K5 są wykluczające się wzajemnie, nie powinny więc być przypisane jednemu użytkownikowi.
- s. 67/rys. 41 Rys. 41 powinien być omówiony w treści pracy
- s. 68/rys. 42 Algorytm Dijkstry z założenia powinien analizować wszystkie możliwe trasy, a nie kończyć działanie po pierwszym osiągnięciu wierzchołka końcowego.
- s.69/rys.44 Algorytm do poprawy. Z tak skonstruowanego algorytmu wynika, że procedury w prawej górnej części nigdy nie będą uruchomione – nie ma do nich żadnego sygnału wejściowego.
- s. 71 Nieprawdziwe jest stwierdzenie, że obszar został podzielony na kwadratowe komórki. Ze wcześniejszych algorytmów wynika, że algorytm pracuje na współrzędnych geograficznych, a nie płaskich. Jeśli tak to komórki nie są kwadratowe.
- s. 72/tab. 5 Z tabeli wynika, że przy wietrze do 4 m/s statek w ogóle nie będzie płynął, bez względu na kat kursowy. Czy to prawdziwe założenie?
- badania symulacyjne Lepiej byłoby przedstawić wyniki dla każdego scenariusza na jednym rysunku – łatwiej byłoby porównać pomiędzy użytkownikami
- badania symulacyjne Przydałaby się analiza przyczyn, które wpłynęły na poszczególne trasy

Poza wyjaśnieniem powyższych kwestii, proszę Autora o ustosunkowanie się do następujących pytań, które powstały w trakcie czytania rozprawy:

- [1] Analizie w pracy poddano w zasadzie tylko rastrowy (macierzowy) model danych. To na podstawie rastra (a właściwie modeli GRID) budowane są grafy. Tymczasem w systemach geoinformatycznych częściej stosuje się podejście grafowe do modelu wektorowego. Tak jest np. w systemach nawigacji samochodowej. Pozwala to uniknąć problemu bardzo rozbudowanego grafu, który wskazano jako ograniczenie trasy. Czy prezentowane algorytmy można zastosować do wektorowego modelu danych? Czy można zbudować wektorowy model akwenu? Czy byłoby to w Pana ocenie z korzyścią, czy ze szkodą dla metody?
- [2] Proszę uzasadnić stwierdzenie, że rodzaj cyfryzacji danych hydrograficznych zastosowany w mapach ENC jest trudny do implementacji dla algorytmów (s.32)
- [3] Proszę przedstawić algorytm sprawdzania, czy punkt P_k należy do strefy żeglownej (taka procedura jest przewidziana na rys. 40).
- [4] Dokładność wyświetlenia kierunku określona jest na „około 5°” (s. 98). Co oznacza „około”? Jaka jest niepewność określenia tej dokładności? 5° to niemal pół rumba. Z czego wynika tak niska dokładność?
- [5] Czy analizowano możliwość zastosowania algorytmu A* zamiast algorytmu Dijkstry? Dodatkowe warunki można uwzględnić odpowiednio projektując heurystykę, a obliczenia zwłaszcza dla dużych obszarów byłyby sprawniejsze.
- [6] Jak należy interpretować funkcję celu? Jakie wnioski można wyciągnąć analizując konkretne wartości? Czy wartość 250 jest lepsza niż wartość 213 i dlaczego?

6. Wnioski końcowe i podsumowanie

Niezależnie od zamieszczonych uwag, należy stwierdzić, że Autor w rozprawie wykazał się bardzo dobrą znajomością warsztatu badawczego oraz rzetelnością w realizacji badań. W rozprawie zaplanowano, przeprowadzono i podsumowano oryginalny symulacyjny eksperyment badawczy, na bazie którego wypracowano autorskie algorytmy w ramach metody planowania trasy dla statku żaglowego. Zrealizowano zatem cele stawiane na początku rozprawy, udowadniając jednocześnie tezę. Cała zaś rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Wyniki osiągnięte przy użyciu proponowanej metody pozwalają na planowanie trasy statku żaglowego z uwzględnieniem funkcjonalności niespotykanych dotychczas w literaturze przedmiotu. Można więc stwierdzić, że przedstawione w rozprawie wyniki badań w istotny sposób uzupełniają obecny stan wiedzy w zakresie planowania tras w transporcie morskim i mogą być w zasadzie bezpośrednio implementowane w rozwiązaniach komercyjnych.

Przestudiowanie rozprawy utwierdziło mnie w przekonaniu, iż jej Autor wykazuje uzdolnienia do pracy naukowej oraz umiejętność samodzielnego jej prowadzenia, a także posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie transport. Warto zwrócić uwagę, że Autor samodzielnie implementował swoje algorytmy w oprogramowaniu badawczym, prowadząc badania począwszy od analizy literatury i genezy tematu, aż do wniosków końcowych. Poziom pracy jest zgodny z jej przeznaczeniem. Drobne korekty i wątpliwości przedstawiłem w uwagach szczegółowych.

Reasumując powyższe stwierdzam, iż **rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Życzkowskiego pt. „Wyznaczanie trasy statku żaglowego z zastosowaniem dyskretnego modelu ruchu”** przygotowana pod opieką promotora dr hab. inż. Rafała Szlarczyńskiego prof. nadzw. PG oraz promotora pomocniczego dr inż. Przemysława Kraty, spełnia warunki określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 z późn. zm.) i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

