Dr hab. inż. Roman Śmierzchalski prof. nadzw. PG
Kierownik Katedry Automatyki
Politechnika Gdańska Wydział Elektrotechniki i Automatyki
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
email: romsmier@ely.pg.gda.pl
tel. 58 348 63 27

Gdańsk, 22.02.2014

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY WYDZIAŁU NAWIGACYJNEGO AKADEMII MORSKIEJ W GDYNI

Tytuł rozprawy: **Metody neuroewolucyjne we wspomaganiu decyzji manewrowych statku**

Autor rozprawy: **mgr inż. Mirosław Łącki**

1. *Zagadnienie naukowe rozpatrzone w pracy (teza rozprawy), jasność jego sformułowania.*

Głównym celem pracy przedstawionej przez Autora rozprawy było, stworzenie i zbadanie numerycznych algorytmów neuroewolucyjnych w planowaniu sygnałów sterowania statkiem w obszarach ograniczonych. Sformułowana na str. 14 teza rozprawy

„Zastosowanie systemu wspomagania decyzji wykorzystującego metody neuroewolucyjne, wyliczającego odpowiednie wychylenie steru oraz obroty śruby dla danej sytuacji nawigacyjnej z uwzględnieniem założonego celu oraz zakłóceń zewnętrznych, wpływa pozytywnie na poziom bezpieczeństwa statków morskich manewrujących w obszarach ograniczonych a użycie go w procesie nauczania podnosi poziom szkolenia studentów i kursantów doskonalących swe kwalifikacje zawodowe na fizycznych modelach statków, a także symulatorach nawigacyjno-manewrowych"

w zasadzie po części odnosi się do celu pracy Autora, gdzie:

„Celem pracy jest opracowanie metod obliczeniowych wykorzystujących ewolucyjne sztuczne sieci neuronowe i zastosowanie ich w systemach wspomagania decyzji manewrowych wykorzystywanych na statkach manewrujących na ograniczonych obszarach wodnych, co wpłynie pozytywnie na poziom bezpieczeństwa w transporcie morskim."

Zastanawia użycie odmiennych nazwy metody w tezie *„metody neuroewolucyjne"* a w celu *„ewolucyjne sztuczne sieci neuronowe"*.

Biorąc pod uwagę powyższe zasadniczym zagadnieniem, jakie w pracy Autor postanowił rozwiązać było opracowanie metody pozwalającej na wyznaczenie wartości kursu oraz prędkości statku w obszarze ograniczonym nawigacyjnie, przy określonych warunkach zewnętrznych. Autor w pracy rozpatrywał zagadnienie systemu wspomagania decyzji manewrowych dla nawigatora na statku morskim. W postawionej tezie autor założył, że zastosowanie metod neuroewolucyjnych do wyliczenia odpowiedniego wychylenia steru oraz obrotów śruby, uwzględniając cele nawigacyjne oraz zakłócenia zewnętrzne, pozwoli na zwiększenie bezpieczeństwo żeglugi w obszarach ograniczonych. Dodatkowo opracowany system mógłby zostać użyty w procesie szkolenia studentów oraz kursantów na fizycznych modelach statku lub symulatorach nawigacyjno-manewrowych.

W celu udowodnienia tezy w pracy określono odpowiednie cele badawcze podzielone na etapy: analizy i konstrukcji logicznej, analizy literatury przedmiotu, modelowania oraz symulacji

komputerowej.

Autor mimo tego że, przed sformułowaniem tezy określa cele, stara się potwierdzić zasadność postawionej tezy, realizując cele. Jednak przedstawiona w pracy teza oraz cele, określają dostatecznie istotne zamierzenie Autora. Biorąc pod uwagę potencjalne znaczenie przedstawionych w rozprawie metody i wynikających z nich algorytmów, pozwalających na zwiększenie bezpieczeństwa ruchu statku, uważam, że postawione przez Autora zadanie jest aktualne i ważne. Opracowana metoda neuroewolucyjna od strony algorytmicznej nie stanowi rozwiązania nowatorskiego, ponieważ Autor opiera się na metodzie NEAT (NeuroEvolution of Augmenting Topologies), którą modyfikuje, jednak jak dotąd metoda ta nie była stosowana w zagadnieniach nawigacyjnych tego typu.

Zagadnienie rozpatrywane przez Doktoranta zaliczyłbym do problemów wspomagania decyzji w zadaniu transportowym, w określonej sytuacji nawigacyjnej z wykorzystaniem informacji z urządzeń nawigacyjnych.

2. *Charakter rozprawy*

Autor w pracy:

- przedstawił procesy decyzyjne w transporcie morskim,
- opisał podstawowe zależności manewrowania statkiem morskim na obszarach ograniczonych oraz w wypadku występowania zakłóceń zewnętrznych,
- dokonał przeglądu metod neuroewolucyjnych i na tej podstawie opracował system wspomagania manewrowania statkiem w obszarach ograniczonych,
- stworzył oprogramowanie symulacyjne służące do przeprowadzenia eksperymentów komputerowych sytuacji nawigacyjnych oraz do graficznej prezentacji wyników,
- dokonał szeregu symulacji komputerowych w celu testowania opracowanego systemu.

Rozprawa ma charakter analityczno-projektowy. Przedstawia krótką analizę istniejących metod neuroewolucyjnych ze wskazaniem możliwości ich rozwoju. W zakresie projektowym, opierając się na metodzie istniejącej, w pracy przedstawiono jej modyfikację w celu wykorzystania w określonych zagadnieniach i sytuacjach nawigacyjnych. W części badawczej pracy, Autor przeprowadzając szereg eksperymentów - symulacji komputerowych wybranych sytuacji nawigacyjnych, doświadczalnie udowodnia skuteczność metody.

Podsumowując pracę można scharakteryzować jako prezentacja opracowanej metody rozwiązywania sytuacji nawigacyjnych, z uwzględnieniem warunków ich implementacji i możliwości uzyskania rozwiązań.

3. *Analiza źródeł: sformułowanie wniosków wynikających z przeglądu źródeł.*

Autor dokonał przeglądu źródeł (110 pozycji) pod kątem stosowanych w rozprawie metod i algorytmów. Autor znalazł w przywołanych w rozprawie źródłach metody, które jego zdaniem powinny być zastosowane po modyfikacji. Wykazał się także znajomością ogólną problematyki sterowania statkiem w obszarach ograniczonych, a także znajomością systemów wspomagania decyzji w nawigacji.

W analizie źródeł przedstawiono zastosowanie metod neuroewolucyjnych do różnych zagadnień technicznych m.in. sterowania robotem, analizy otoczenia i identyfikacji obiektów, systemu diagnostyki, syntezy układów sterowania, budowy systemów wspomagania decyzji. Autor analizuje stan wiedzy dotyczącej tematyki poprawy bezpieczeństwa w transporcie morskim, wykorzystując źródła zarówno polskie jak i zagraniczne. Przeanalizowano literaturę dotyczącą tematyki wspomagania decyzji nawigatora na morzu. Wykonano analizę istniejących systemów wspomagania decyzji oraz systemów antykolizyjnych.

Wnioski sformułowane przez Autora na podstawie przeglądu literatury uważam za poprawne.

Całość rozprawy świadczy o poznawczych umiejętnościach Autora oraz określonej wiedzy w zakresie dyscypliny prezentowanej w pracy.

4. *Rozwiązanie postawionego zagadnienia.*

Autor do rozwiązania postawionego problemu użył adekwatnej metody - systemu neuroewolucyjnego, łączącego w sobie zagadnienie sztucznych sieci neuronowych oraz algorytmów ewolucyjnych. Bazuje ona na sztucznej sieci neuronowej oraz algorytmie uczenia. Dobór odpowiedniej struktury sieci wykonywany jest podczas procesu ewolucji w trakcie którego każdy osobnik zostaje oceniony za pomocą algorytmu uczenia ze wzmocnieniem. Uważam, że przedstawione metody, mimo istotnych ograniczeń pozwalają na określenie wartości prędkości i kursu statku w określonych sytuacjach nawigacyjnych.

5. *Oryginalność rozprawy, pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy reprezentowanej przez literaturą światową, główne osiągnięcia Autora*

Oryginalnym wkładem autora jest implementacja metod neuroewolucyjnych do rozwiązywania problemu wspomaganie decyzji nawigatora na morzu. System taki nie był wcześniej stosowany do przedstawionego problemu.

Autor w celu prezentacji wyników stworzył własne środowisko symulacyjne w którym badał kilka modeli statków. Przeprowadzone symulacje podzielono na cztery grupy gdzie uwzględniano: zmienne warunki zakłóceń, różne typy jednostek, różny stopień złożoności modeli, zmiany parametrów ewolucyjnych systemu. Otrzymane wyniki zostały zobrazowane na rysunkach porównujących kształt trajektorii w zależności od liczby generacji. Dodatkowo na wykresach przedstawiono zmiany w czasie zadanego kąta wychylenia steru statku, prędkości kątowej, obrotów zadanych, kąta drogi nad dnem. Poprawnie zestawiono ze sobą wyniki otrzymane przy porównania wartości z systemu wspomagania decyzji i modelu obiektu.

Autor opracował ogólne procedury działania systemu wspomagania decyzji w transporcie morskim, przystosował model symulacyjny statku do badanego problemu oraz opracował wariant metody neuroewolucyjnej. Uważam, że rozprawa mimo pewnych niedociągnięć (szczegóły w pkt. 6) zawiera oryginalne i nowatorskie wyniki.

6. *Słabe strony rozprawy.*

Mimo zastosowania zmodyfikowanej metody NEAT (NeuroEvolution of Augmenting Topologies) dotąd nie stosowanej w zagadnieniach nawigacyjnych tego typu, rozprawa nie jest pozbawiona słabych stron.

Uwagi ogólne, do których powinien się Autor ustosunkować podczas publicznej obrony to:

- należy formalnie zdefiniować zadanie jakie Autor rozwiązuje,
- jaki jest to typ zadania i uzasadnić dlaczego Autor zastosował proponowaną metodę,
- szczegółowo opisać opracowaną metodę, obecny opis nie satysfakcjonuje recenzenta (algorytm opisano zaledwie na 3 stronach (str. 76-78,
- zdefiniować formalnie funkcję przystosowania oceniającą osobniki wykorzystującą algorytm uczenia,
- przedstawić dobór parametrów algorytmu ewolucyjnego i testów stopu,
- porównać uzyskane wyniki z innymi metodami rozwiązującymi podobne zadania,
- opisać według jakiej procedury uwzględnia się dynamikę statku w obliczeniach,
- uzasadnić zastosowania siatki o określonych rozmiarach do modelowania ograniczeń i zmiennych decyzyjnych. Zastosowanie zgrubnej siatki w znacznym stopniu zadanie upraszcza, a także ogranicza zakres manewrów, jakie metoda oferuje. Zwiększenie rozdzielczości siatki może prowadzić do poprawy jakości rozwiązania, ale prowadzi do znacznego nakładu obliczeń. Autor nie dokonał szczegółowej analizy wpływu rozdzielczości siatki na jakość rozwiązań.

Uwagi szczegółowe:

Str. 3-4

Wykaz oznaczeń:

„$\boldsymbol{R}(\psi)$ - *macierz rotacji statku*"

To nie jest macierz rotacji statku tylko macierz przejścia z układu nieinercyjnego do układu inercyjnego.

W pracy Autor naprzemiennie stosuje zmienną ψ jako kąt drogi nad dnem [°], kurs statku, kurs nad dnem (COG) (str. 49), jednocześnie oznaczając tą zmienną małą lub dużą literą. Co wprowadza do nieścisłości. Na tyle jest to ważna zmienna, że należy jednoznacznie ją określić. Kąt drogi nad dnem jest to kąt zawarty pomiędzy linią południka geograficznego, a linią rzeczywistego kierunku ruchu statku z uwzględnieniem oddziaływania zakłóceń. Kurs inaczej się definiuje. Recenzent proponuje aby Autor zapoznał się ze sposobem definiowania zmiennej w oparciu o publikacje np. Definitions of course, heading and sideslip angles, Morten Breivik February, 2004, lub jedna z książek prof. Fossena.

Str. 7

Wskazane byłoby aby Autor przedstawił we wprowadzeniu co rozumie pod pojęciem metod neuroewolucyjnych, szczególnie „przystosowania architektury" sztucznej sieci neuronowej.

Zdaniem recenzenta w przedstawionej pracy metody neuroewolucyjne rozumiane są jako adaptacja topologii sztucznej sieci neuronowe o zmiennej strukturze do środowiska z wykorzystaniem idei algorytmu ewolucyjnego.

Str 10

„Obecnie najczęściej proponowanym rozwiązaniem w danej sytuacji nawigacyjnej dotyczącej bezpiecznego przejścia statku przez zadany ograniczony obszar wodny jest zmiana kursu i/lub trajektoria [64, 110], czyli zbiór odcinków trasy, po której statek powinien się poruszać."

Jest to błędne stwierdzenie. Sterowanie statkiem w ograniczonym obszarze wodnym odbywa się po trajektorii zadanej. Wejście na zadaną trajektorię odbywa się przez zmianę kursu statku. W sterowaniu statkiem jeszcze mamy pojęcia: trajektoria pożądana i trajektoria rzeczywista. Z kolei na stronie 12 Autor wprowadza pojęcie bezpiecznej trajektorii zadanej nie pisząc o sterowaniu kursem.

[64, 110] - pozycje nie dotyczą sterowania w ograniczonym obszarze wodnym, a w sytuacji kolizyjnej. Należy sprawdzić czy określone pozycje literatury odpowiadają prawidłowo cytowanym.

Autor naprzemiennie stosuje pojęcia *„na danym kanale wodnym"*, *„w ograniczonym obszarze wodnym" itp.* Są to pojęcia niejednoznaczne. Wskazane jest ujednolicić nazewnictwo. Definicje tego pojęcia autor dopiero zawarł na stronie 27.
Dotyczy to nie tylko tego pojęcia ale i innych np. ewolucyjne sieci neuronowe itp.

Str. 12

„Decyzje opracowywane są w systemie na bieżąco dla zadanej dynamiki statku w obecności określonych zakłóceń zewnętrznych."

Co rozumie Autor pod pojęciem decyzje opracowywane są na bieżąco? Czy dotyczy to czasu

rzeczywistego? Jeśli tak to system nie spełnia tego warunku! Zdaniem recenzenta system nie działa w trybie online w wypadku szybkozmiennych zakłóceń.
„Specyfikacja decyzji manewrowych, oprócz wychylenia steru i obrotów śruby, obejmuje również moment ich podjęcia. Jest to niezwykle istotna cecha neuroewolucyjnego systemu wspomagania decyzji ....”
Autor podaje że dodatkowym parametrem jest czas, jako zmienna decyzyjna, to dlaczego w przedstawianych sieciach neuronowych nie występuje ta zmienna jako jedna z wielkości wyjściowych.

„... zapewni kalkulacje wychylenia steru oraz obrotów śruby na podstawie aktualnego wektora stanu tak. aby statek płynący na ograniczonym obszarze wodnym bezpiecznie dotarł do wyznaczonego celu.”

Metoda nie określa obrotów tylko prędkość statku.

Jak należy rozumieć wektor stanu, czy jako rozwiązanie równań stanu?

Str. 15

„.... prędkość maksymalna, łagodne wychylenia płetwy sterowej, nieczęste zmiany kąta wychylenia steru i obrotów śruby, odległości od obiektów i przeszkód. Spełnienie wymagań dotyczących tych kryteriów pozwala osiągnąć wymagany poziom bezpieczeństwa w danej sytuacji nawigacyjnej w transporcie morskim.”
Nieprecyzyjne sformułowania

Str. 16

„.. na obszarze ograniczonym z uwzględnieniem przeszkód stałych ...” przeszkody stałe zawierają się w obszarach ograniczonych
Str. 19

„Przykład: Statek schodzi z kursu na lewo (pojawiła się ujemna prędkość kątowa, kąt drogi nad dnem statku zmniejsza się”.

Pomieszanie pojęć kurs i kąt drogi nad dnem.

Str. 22
„dostarczanie przejrzystych informacji możliwych do wykorzystania w kooperacji z pilotem i innymi jednostkami pomocniczymi z danego obszaru.”

Nieprecyzyjne sformułowanie

Str. 23

„Najczęściej są to zmiany prędkości i/lub kursu lub też wyznaczenie nowej trajektorii, po której sternik powinien przeprowadzić daną jednostkę [49]”

Powinno być kursu i/lub prędkości, ponieważ podstawowym manewrem antykolizyjnym jest zmiana kursu.

Str. 26
„Wskutek odchyleń od kursu sumarycznego....”
Co reprezentuje kurs sumaryczny? Brak definicji

Jest „Wnika” powinno być „Wynika”

Str. 27

„Na bezpieczeństwo manewrowania ma wpływ bardzo wiele czynników, z których każdy,

jeśli zawiedzie, może przesądzić o niepowodzeniu wykonania całego manewru, co oczywiście może doprowadzić do katastrofalnych skutków. „

Nieprecyzyjne sformułowanie

„Najważniejszym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo manewrowania na obszarze ograniczonym jest prędkość statku [67], wytracanie prędkości trwa znacznie dłużej niż jej zwiększanie. Maksymalna dozwolona prędkość manewrowania"

Nieprecyzyjne sformułowanie

Str. 28
„ 3.2. Statek morski jako obiekt sterowania"
Autor w rozdziale nie uzasadnia dlaczego nie uwzględnia falowania jako zakłócenie zewnętrzne. Uzasadnienie można znaleźć dopiero na stronie 34.

Str. 37
„Gdy statek porusza się do przodu..." statek porusza się naprzód!

Str. 38
„Podczas skrętu na statek działają dodatkowe siły naporu na ster płetwowy oraz boczne siły naporu wody (Rys. 3.10). Podczas tego manewru statek wytraca prędkość wzdłużną i jego punkt obrotu przemieszcza się w kierunku rufy."

Niepoprawne sformułowanie

Str. 50

Autor w jednym zdaniu pisze:

„Metody neuroewolucyjne to sposoby ewaluacji złożonych zadań za pomocą sztucznych sieci neuronowych, których struktura tworzona jest przy użyciu algorytmów ewolucyjnych (Rys. 4.1)."

a w następnym:

„Metody neuroewolucyjne użyte w badanym systemie bazują na połączeniu metod sztucznych sieci neuronowych (SSN) i algorytmów uczenia się ze wzmocnieniem (ang. Reinforcement Learning). SSN jest traktowana jako osobnik ……"

To właściwie jakiej metody użyto w pracy ?
Co rozumie Autor pod pojęciem *ewaluacji złożonych zadań?*
Autor wprowadza *algorytmy uczenia się ze wzmocnieniem* nie uzasadniając w jakim celu akurat te algorytmy.

W dalszej części przytacza, że *algorytmy uczenia się ze wzmocnieniem* zastosowane będą do oceny osobników. Czy to jest funkcja przystosowania oceniająca osobniki, względem której optymalizuje się rozwiązanie? W pracy nie ma jawnego opisu funkcji przystosowania, co jest istotnym niedociągnięciem pracy.

„Rys. 4.1. Ogólny schemat działania algorytmów ewolucyjnych…do projektowania sieci neuronowej"

Na rysunku przedstawiony algorytm ewolucyjny, nie zaznaczono w schemacie algorytmu bloku projektowania SSN. Co oznaczają *Ocena efektywności populacji* i *Wyznaczenie oceny osobników*. Recenzent nie znalazł opisu funkcji bloków.

Str. 51 i 52

W rozdziale Algorytmy uczenia się ze wzmocnieniem
Czy we wzorze (4.1) indeksu $t+1$, ... w r_{t+1} odnoszą się do chwil czasowych czy stanów, brak opisu. Opis składowych niezgodny z oznaczeniami z rysunku 4.3. Czy $s \to s'$, *a albo* $s_t \to s_{t+1}$, a_t?

Wprowadza Autor pojęcie „*sternika*" nie definiując tego pojęcia. A na stronie 58 pojęcie „agenta", a w innej części pojęcie „osobnika" (str. 60) a na stronie 82 sztucznego sternika.
Brak jednolitej i prawidłowej terminologii. W całej pracy należy ujednolicić terminologię, dotyczy to nie tylko tego pojęcia.

Str. 57

Autor zadaje 3 pytania dotyczące dyskretyzacji, na które nie odpowiada, należałoby oszacować rozmiar przestrzeni rozwiązań i zmiennych decyzyjnych. Należy ustosunkować się do tego problemu.

Str. 58

„ prowadzący do nikłych bądź ..." co oznacza nikłych ?
„ z poprzednich epizodów staje się.. „ co należy rozumieć pod pojęciem epizody?

Zdanie „W algorytmach uczenia się ze wzmocnieniem ....." za długie i niezrozumiałe.

Co należy rozumieć pod pojęciem „Problem dużej przestrzeni stanów ...", czy jak stosuje się kodowanie zgrubne stanów to problem jest o małej przestrzeni stanów? Brak uzasadnienia.

Str. 60 - 61
Czym się różni selekcja generalna od dodatkowej, rysunek 4.8 nie wnosi istotnych informacji. Aby populacja się rozwijała niezbędnym jest stosowanie selekcji a Autor uzależnia zadziałanie selekcji od istotnych momentów rozwoju populacji – zdarzeń ważnych. Jest to niezrozumiałe! Co to są zdarzenia ważne?

Str. 63

Mutacja niewielka i intensywna – dziwne sformułowania, chodzi o mutację lokalną i globalną.
Co to jest wydajność nowego osobnika względem efektywności jego rodziców?

„Niewielka siła zmian" sformułowanie niepoprawne.

Str. 66

W pracy przyjęto nachylenie funkcji aktywacji równą 3, czy przeprowadzono badania przy innym nachyleniu. To samo pytanie dotyczy zakresu <6, -6>. Brak uzasadnienia.

Str. 76
Jest „składa się procedury" powinno być „składa się z procedury"

Str. 78

W jaki jawny sposób opisuje się oddziaływanie osobnika na środowisko?
Co to znaczy „prosty obszar ograniczony", gdzie jest próg przejścia z prostego obszaru na złożony.

Str. 79

W spisie sygnałów:

Co oznacza „czy kurs jest kolizyjny"?

z klei sygnały:
„czy niebezpieczeństwo wzrosło"
„czy niebezpieczeństwo zmalało"

wykluczają się.

Str. 80

Rys. 5.4 Wprowadzenie pomocniczych punktów trasy właściwie modeluje trajektorię zadaną. Można powiedzieć że punkty te stanowią punkty zwrotu trajektorii zadanej.
Jednak przedstawione na symulacjach wyniki rozwiązania nie potwierdzają przejście przez te punkty (np. Rys. 5.15 i 16), a jedynie przejście w pewnej odległości. Nie podano zasady osiągania punktów zwrotu.

Str. 82

W jaki sposób na podstawie wartości czterech wyjść sieci neuronowej są generowane dwa sygnały?

Podanie stwierdzenia „ najczęściej z dokładnością do 5^0",
oznacza że wartość kursu jest ustalona z dokładnością do 5^0 – np. 10^0 z dokładnością do 5^0.
Stwierdzenie jest błędne!

Str. 83

Wprowadzono arbitralnie kary i nagrody – na jakiej podstawie przyjęto akurat takie wartości!

„ w gronie" błędne sformułowanie w gronie to można być kolegów.

Str. 85

„- podstawowe wartości przystosowania, takie jak w tab." To nie są wartości przystosowania!!!!!

Str. 87 – 89 i 99

Zdaniem recenzenta na symulacjach występują zbyt gwałtowne zmiany kąta wychylenia steru i obrotów silnika.

Str. 96

„wynik wyszedł bardzo klarowny i nie stanowi dużego wyzwania" – jednak to zdanie stanowi duże wyzwanie aby je zrozumieć!!

Str. 106

„w skali 1:1" jaka to jest skala?

Uwaga generalna:

Autor podczas publicznej obrony musi się ustosunkować szczegółowo do niedociągnięć i uwag.

W wypadku publikacji pracy należy dokonać korekty językowej, ujednolicić nazewnictwo i oznaczenia, uporządkować i uzupełnić odwołania do literatury. Autor musi uzupełnić cytowania do części pracy, w której powołuje się na istniejące metody, a których nie jest twórcą.

7. *Przydatność rozprawy dla nauk technicznych i praktyki*

System zaprezentowany w rozprawie może podnieść poziom nauczania kursantów na symulatorach nawigacyjno-manewrowych lub na fizycznych modelach statku, pozwalić na korektę i porównanie decyzji nawigatora w danej sytuacji manewrowej. Może pełnić funkcje pomocnicze dla instruktorów. Uważam, że rozprawa mgr inż. Mirosława Łąckiego przedstawia wartość dodaną dla nauk technicznych, jednak zdaniem recenzenta w obecnej wersji przedstawiona metoda nie może być zastosowana w praktyce.

8. *Wniosek końcowy*

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że pomimo uwag opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Mirosława Łąckiego spełnia wszystkie wymagania aktualnie obowiązującej Ustawy i związanych z nią rozporządzeń, odnoszące się do rozpraw doktorskich, czyli stanowi prawidłowe i oryginalne rozwiązanie dobrze postawionego problemu naukowego. Autor wykazał się wiedzą z zakresu metod wspomagania decyzji nawigatora i sterowania statkiem. Zademonstrował przekonywująco swoje umiejętności teoretyczne i praktyczne w dziedzinie tworzenia zaawansowanych algorytmów i programów komputerowych. Dobre wyniki uzyskane w symulacjach, są przesłankami potwierdzającymi efektywność metody i tezę pracy. Rozprawa plasuje się w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie naukowej Transport. Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Roman Śmierzchalski