

Gdynia, dnia 3.09.2016 r.

Prof. dr hab. inż. Józef Lisowski
Katedra Automatyki Okrętowej
Wydział Elektryczny
Akademia Morska
ul. Morska 83
81-225 Gdynia

Recenzja

rozprawy doktorskiej *mgr inż. Bartosza JAWORSKIEGO*

„Ewolucyjny system do wyznaczania ścieżek przejść obiektów morskich w obszarach o dużym natężeniu ruchu”

wykonana na podstawie uchwały Rady Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej z dnia 21 czerwca 2016 roku.

I. Sformułowanie zagadnienia naukowego i tezy pracy

Problematyka recenzowanej rozprawy dotyczy jednego z wielu zadań badawczych z zakresu dyscypliny naukowej **automatyka i robotyka**, w specjalności **automatyka okrętowa**, polegającego na syntezie metody kierowania ruchem statków na wodach ograniczonych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji.

W ostatnich latach prace nad poprawą jakości bezpiecznego sterowania ruchem statków prowadzone przez: R. Śmierzchalski, R. Szłapczyński, Z. Pietrzykowski, A. Lazarowska, M. Mohamed-Seghir, P. Ngoc-Tiep, T. Abramowicz-Gerigk, H. Itoh, M. Numano, M. Pedersen, M. Ito, F. Zhang, N. Yoshida, V. Popovich, C. Claramunt, V. Osipov, C. Ray, T. Wang, D. Berbenev, A. Mazaheri, F. Goerlandt, J. Montevka, P. Kujala, Chien-Min Su, Ki-Yin Chang, Chih-Yung Cheng, M. Numano, T. Fuwa, K. Tanaka, F. Kaneko, J. Fukuto, E. Pedersen, K. Inoue, M. Tsugane, J. Lisowski, C. Tam, R. Buckmall, A. Greig, W.P. Cannell, M.J. Dove, R.S. Burns, C.T. Stockel, B.A. Colley, R.G. Curtis, F.P. Coenen, G.P. Smeaton, A.G. Bole, Y. Ijima, S. Hayashi, P.A. Wilson, C.J. Harris, X. Hong, K.Y. Chang, G. Eu Jan, I. Parberry, V.I. Churkin, Y.I. Zhukov, M.R. Benjamin, H.J. Lee, P.R. Key, C.N. Hwang, J.M. Yang, C.Y. Chiang, Y. Liu, C.J. Shi i innych wykazały, że realizowana synteza algorytmów sterowania jest skomplikowana i czasochłonna, a zastosowanie elementów sztucznej inteligencji może pozwolić na zwiększenie efektywności procesu projektowania układów i poprawę jakości sterowania bezpiecznym ruchem statków, co przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa żeglugi.

Wpłynęło dnia	08.09.2016
l. dz.	1429

I właśnie celem rozprawy doktorskiej mgr. inż. Bartosza Jaworskiego jest opracowanie ewolucyjnej metody do wyznaczania ścieżek przejść statków.

Autor rozprawy za jej tezę przyjął, że wykorzystanie metody ewolucyjnej do wyznaczania ścieżek przejść statków pozwoli na rozszerzenie funkcjonalności systemów nadzoru i śledzenia jednostek morskich o możliwość koordynacji ścieżek przejść dla wszystkich obiektów znajdujących się w nadzorowanym obszarze o dużym natężeniu ruchu i jednocześnie może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa żeglugi.

Rozprawa ma charakter pracy projektowej, odpowiadającej ustawowo warunkom stawianym rozprawom doktorskim.

2. Ocena redakcji rozprawy

Recenzowana rozprawa zawiera łącznie 153 stron tekstu, rysunków oraz tabel, składa się ze wstępu, pięciu zasadniczych rozdziałów, podsumowania, bibliografii i dziewięciu dodatków. Bibliografia obejmuje 187 pozycji, w tym 5, których współautorem jest Doktorant. Najstarsza pozycja bibliografii pochodzi z 1955 roku, zaś najnowsza z 2015 roku.

Wstęp (8 stron, 5% rozprawy), stanowiący pierwszy rozdział, zawiera ogólne przedstawienie problemu badawczego w kontekście przyczyn kolizji statków na morzu wraz ze sformułowaniem założeń i obszaru pracy, tezę i cele pracy oraz strukturę rozprawy.

Rozdział drugi (15 stron, 10% rozprawy) potraktowano jako wprowadzenie do problematyki metod wspomagania decyzji nawigacyjnych w obszarze o dużym natężeniu ruchu, przedstawiając ich trzy rodzaje – wykorzystujących systemy ekspertowe, deterministycznych i inteligentnych systemów transportowych. W podsumowaniu rozdziału przedstawiono ocenę metod rozszerzających funkcjonalność systemów VTS kontroli ruchu statków, zbliżonych do hierarchicznej metody wyznaczania ścieżek przejść.

Rozdział trzeci (14 stron, 9% rozprawy) zawiera analizę porównawczą dwóch grup metod wyznaczania ścieżek przejść – metod wyznaczania manewru unikania kolizji oraz metod deterministycznych i heurystycznych wyznaczania bezpiecznych ścieżek przejść, a w podsumowaniu podano przyjęcie przez Doktoranta metody ewolucyjnej do zastosowania w algorytmie hEP/N.

W rozważaniach nie uwzględniono znanych w literaturze metod stosowanych do wyznaczania bezpiecznej i optymalnej trajektorii własnego statku podczas mijania się z większą ilością spotkanych statków: rozmytego programowania dynamicznego, programowania dynamicznego z neuronowymi ograniczeniami stanu, wieloetapowej gry pozycyjnej i wielokrokowej gry macierzowej.

Rozdział czwarty (14 stron, 9% rozprawy) prezentuje, ogólnie znany w literaturze, opis algorytmów ewolucyjnych, podając schemat funkcjonowania algorytmów ewolucyjnych, cztery możliwe metody modyfikacji algorytmów ewolucyjnych oraz ewolucyjną metodę wyznaczania ścieżek przejść na morzu. W podsumowaniu stwierdzono, że w projekcie swojego algorytmu hEP/N Doktorant wykorzystał metodę ewolucyjną, którą wcześniej opracował Promotor Doktoranta w algorytmie 9EP/N++.

W rozdziale piątym (25 stron, 17% rozprawy), stanowiącym zasadniczy rozdział rozprawy doktorskiej, przedstawiono sposób realizacji hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść, na którą składa się wyznaczanie pozycji w hierarchii dla statków znajdujących się w obserwowanym środowisku oraz wyznaczanie i realizacja zbioru bezpiecznych ścieżek przejść. W zakończeniu rozdziału przedstawiono porównanie hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść z metodą ewolucyjnych zbiorów bezpiecznych trajektorii statków.

Rozdział szósty (28 stron, 19% rozprawy) zawiera sprawozdanie Doktoranta z przeprowadzonych badań symulacyjnych swojego algorytmu hEP/N na przykładzie dziewięciu scenariuszy testowych. W podsumowaniu badań zaznaczono, że badania symulacyjne wykazały skuteczność hierarchicznej metody wyznaczania ścieżek przejść jako systemu wspomagania decyzji w obszarach o dużym natężeniu ruchu.

W podsumowaniu rozprawy, stanowiącym rozdział siódmy (3 strony, 2% rozprawy), oprócz krótkiego scharakteryzowania opracowanego algorytmu, Doktorant przedstawia dziewięć zrealizowanych zadań badawczych oraz określa kierunki dalszych badań nad udoskonaleniem algorytmu hEP/N.

Bibliografia stanowi ósmy rozdział rozprawy (11 stron, 7% rozprawy).

Dziewięć dodatków do rozprawy umieszczono w rozdziale dziewiątym (33 strony, 22% rozprawy).

W rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł na poziomie literatury światowej i krajowej oraz stanu zagadnień bezpiecznej żeglugi morskiej, która świadczy o dobrej i ogólnej wiedzy Autora w podjętej tematyce badań naukowych.

Rozprawa od strony redakcyjnej i merytorycznej została przygotowana starannie, z nielicznymi uchybieniami redakcyjnymi, które przedstawię w uwagach szczegółowych. Treść rozprawy odpowiada tematowi określonymu w tytule, a objętość i następstwo rozdziałów są właściwe.

3. Ocena istotnych i oryginalnych elementów rozprawy

Istotnymi elementami recenzowanej rozprawy, wnoszącymi nowe i szersze spojrzenie na zagadnienie projektowania okrętowych układów sterowania są:

- przegląd systemów wspomagania decyzji, rozszerzających funkcjonalność systemów VTS, metod wyznaczania ścieżek przejść w środowisku morskim oraz ewolucyjnych metod wyznaczania ścieżek przejść dla obiektów morskich,
- opis hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść wraz z omówieniem schematu działania algorytmu hEP/N, wykorzystującego opracowaną metodę,
- wykaz dostępnych w systemie AIS danych wejściowych i sposób wykorzystania w algorytmie hEP/N,
- opracowanie schematu wyznaczania hierarchii statków w oparciu o przepisy COLREG,
- opisanie sposobu wyznaczania zbioru bezpiecznych ścieżek przejść w oparciu o wyznaczoną hierarchię oraz pozyskane z systemu AIS dane wejściowe,
- porównanie hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść z metodą ewolucyjnych zbiorów bezpiecznych trajektorii,
- przedstawienie rozwiązania dziewięciu scenariuszy testowych potwierdzających postawioną w rozprawie tezę.

Do oryginalnych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- opracowanie hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść, pozwalającej na wyznaczenie zbioru bezpiecznych ścieżek przejść dla statków znajdujących się w obszarze o dużym natężeniu ruchu, definiowanym jako obszar nadzorowany przez system VTS, przy czym hierarchię statków stanowi uporządkowany ich zbiór obecnych w tym obszarze, a pozycja danego statku w tym zbiorze określa, którym statkom ustępuje drogi według przepisów COLREG,
- syntezę algorytmu ewolucyjnego hierarchicznego hEP/N, wyznaczającego zbiór bezpiecznych ścieżek przejść, który może zostać wykorzystany przez operatora systemu VTS do wspomagania decyzji kontroli bezpiecznego ruchu statków.

Doktorant zaproponował własną metodę wykorzystania algorytmów ewolucyjnych wspomagania procesu bezpiecznego kierowania ruchem statków i można to uznać za autorski wkład do dyscypliny naukowej Automatyka i Robotyka w specjalności Automatyka Okrętowa. Wykazano skuteczność zaproponowanej metody na przykładach wybranych dziewięciu scenariuszy testowych.

4. Uwagi szczegółowe

- s. 10, 9 w. od dołu: zamiast „Do funkcji służby VTS należą:” powinno być „Do funkcji systemu VTS należą:”
- s. 10, 1 w. od dołu: zamiast „w obszarze działania danej służby.” powinno być „w obszarze działania systemu.”
- s. 13, 3 w. od góry: zamiast „... najkrótszym kursie ...” powinno być „... najkrótszej drodze ...”
- s. 14, 15 w. od dołu: zamiast „kontroler wyvodu ...” powinno być „mechanizm wnioskowania ...”
- s. 17, 8 w. od dołu: brak odniesienia w wykazie Bibliografii pozycji (Chien-Min 2012), oraz powinno być (Chien-Min, Ki-Yiu, Chih-Yung 2012), a Bibliografii pozycja: Chien-Min S., Kin-Yiu C., Chih-Yung C.: Fuzzy decision on optimal collision avoidance measures for ships in vessels traffic service, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 20, No. 1, 2012, p. 38-48
- s. 19, 14 w. od dołu: brak odniesienia w wykazie Bibliografii pozycji (Numano 1987), oraz powinno być (Numano, Fuwa, Tanaka, Kaneko, Fuluto 1987), a w Bibliografii pozycja: Numano M., Fuwa T., Tanaka K., Kaneko F., Fuluto J.: Real time simulation system for automatic ship navigation, Proc. of 4th Int. Conf. on Marine Simulation, 1987, p. 350-358
- s. 21: wzór (1.1) w rozdziale 2 powinien mieć numer (2.1)
- s. 27, 25 w. od dołu: zamiast (Cannel 1981) powinno być (Cannell 1981)
- s. 39, 6 w. od góry: zamiast „... metodę optymalizacji, opartą ...” powinno być : „... metodę optymalizacji stochastycznej, opartą ...”
- s. 40, 3 w. od góry: zamiast „... funkcja f przyjmuje optymalną wartość.” powinno być „... funkcja f przyjmuje wartość minimalną lub maksymalną.”
- s. 40, 4 w. od dołu: zamiast „... optymalnego.” powinno być „... optymalnego globalnego.”
- s. 42-51: wzory (3.1) – (3.10) w rozdziale 4 powinny mieć numerację (4.1) – (4.10)
- s. 55, 17 w. od góry: zamiast „... użyciu odczytu radarów ...” powinno być „... użyciu radarów ...”
- s. 55, w. 22, 22, 33 od góry: zamiast „... odczytu ...” powinno być „... pomiaru ...”

- s. 61, 4 w. od góry: zamiast „... celu jest informację ...” powinno być „... celu informację ...”
- s. 62, 13 w. od góry: zamiast „w rozdziałach 9.1 i 9.2” powinno być „w dodatkach 9.1 i 9.2”
- s. 71, wzory (5.11) i (5.12): nie domknięte nawiasy w numeracji
- s. 80, 4 w. od góry: zamiast „wartości końcowej przystosowania ...” powinno być „wartości końcowej funkcji przystosowania ...”
- s. 80, 5 w. od góry: zamiast „... wartości przystosowania ...” powinno być „wartości funkcji przystosowania ...”
- s. 83, Tabela 2; s. 86, Tabela 3; s. 89, Tabela 4; s. 96, Tabela 5: zamiast „Średnia wartość przystosowania” powinno być „Średnia wartość funkcji przystosowania”
- s. 124, 6 w. od dołu: zamiast „Z wyjątkiem wypadku ...” powinno być „Z wyjątkiem przypadku ...”
- s. 146, 6 w. od góry: zamiast „... znalazło się pakiecie ...” powinno być „... znalazło się w pakiecie ...”
- s. 152: podpis pod rysunkiem 77: zamiast „... w scenariuszu testowym VIII” powinno być „... w scenariuszu testowym VII”.

5. Uwagi dyskusyjne

W wyniku analizy recenzowanej rozprawy nasuwają się następujące uwagi dyskusyjne:

- 1) przedstawiona w rozprawie hierarchiczna ewolucyjna metoda wyznaczania ścieżek przejść została opracowana wykorzystując te prawidła COLREG, które opisują zachowanie statków w sytuacji kolizyjnej w warunkach dobrej widzialności, czy istnieje możliwość wykorzystania przedstawionej metody w warunkach ograniczonej widzialności?
- 2) w rozprawie opisano metodę ewolucyjnych zbiorów bezpiecznych trajektorii statków, która jest metodą zbliżoną do hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść, następnie podano cechy obu metod oraz przeprowadzono badanie porównawcze, na ile opracowana przez Doktoranta metoda jest metodą lepszą od ewolucyjnej metody bezpiecznych trajektorii?
- 3) w rozdziale czwartym rozprawy przedstawiono scenariusz realizacji wyznaczonego przez algorytm hEP/N zbioru bezpiecznych ścieżek przejść i podkreślono ograniczoną liczbę statków z którymi operator systemu VTS może komunikować się jednocześnie, w jaki

sposób określa się liczbę statków, które operator może jednocześnie nadzorować i czy jest możliwe zwiększenie tej liczby?

- 4) przedstawione w rozprawie scenariusze testowe prezentują wyniki symulacji wybranych sytuacji nawigacyjnych rozwiązanych z wykorzystaniem hierarchicznej ewolucyjnej metody wyznaczania ścieżek przejść, czy metodę tą można zastosować w warunkach rzeczywistych i jakich zmian należy dokonać w algorytmie hEP/N, aby można było go wykorzystać w systemach VTS?
- 5) Jak uwzględnić własności dynamiczne statków na realizowalność wyznaczonych trajektorii statków jako ścieżek przejść?
- 6) jak w algorytmie hEP/N uwzględnić przy wyznaczaniu hierarchii statków własności rozgrywające procesu ruchu statków wynikające z subiektywnej i czasami błędnej interpretacji prawideł COLREG lub manewrach statków niezgodnie z przepisami COLREG?

6. Wnioski końcowe

Dokonując całościowej oceny rozprawy doktorskiej mgr. inż. Bartosza Jaworskiego stwierdzam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta zagadnienia naukowego w dyscyplinie **Automatyka i Robotyka**, w zakresie metod sztucznej inteligencji i modeli matematycznych okrętowych procesów sterowania. Doktorant prawidłowo sformułował i udowodnił tezę badawczą, opanował teorię i praktykę w zakresie niezbędnym do rozwiązywania problemów naukowych oraz wykazał się umiejętnością samodzielnego myślenia, prowadzenia badań naukowych i korzystania z literatury przedmiotu.

Reasumując potwierdzam niewątpliwą przydatność rozprawy zarówno dla nauk technicznych, jak też praktyki projektowania struktur okrętowych układów sterowania. Zaprezentowane w pracy badania i wnioski mają duże znaczenie dla wspomagania procesów projektowych i obniżania ich kosztów.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w obowiązującej ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym i wnioskuję o przyjęcie jej przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

Janusz Lisowski