

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Górskiego pt.  
„Metoda prognozowania wpływu prędkości i stanu załadowania na charakterystyki  
eksploatacyjne statku handlowego z wykorzystaniem sztucznej inteligencji”**

**Podstawa prawna:** pismo Pana Dziekana Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni nr DWN-6/9/2013 z dnia 16 grudnia 2013

### 1. Tematyka, cel i zakres rozprawy

Przedmiotem opiniowanej rozprawy doktorskiej jest metoda wyznaczania optymalnej prędkości pływania i innych parametrów eksploatacyjnych statku transportowego z punktu widzenia dwóch głównych kryteriów: minimalizacji zużycia paliwa przez silnik główny jako zasadniczego składnika kosztów eksploatacji statku oraz minimalizacji emisji ditlenku węgla jako zasadniczego czynnika wpływającego negatywnie na środowisko naturalne. Oba te cele optymalizacyjne są wzajemnie sprzężone, gdyż zmniejszenie zużycia paliwa na ogół powoduje równoległe zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. Zagadnienie jest ważne i aktualne zarówno ze względu na wyniki ekonomiczne armatora w warunkach ostrej konkurencji na rynkach żeglugowych jak i ze względu na coraz bardziej rygorystyczne przepisy ograniczające emisję ditlenku węgla w transporcie morskim. Istnieje wyraźna potrzeba dysponowania możliwie dokładną i opartą na racjonalnych, naukowych podstawach metodą wyznaczania optymalnej z tego punktu widzenia prędkości pływania i innych parametrów eksploatacyjnych statku w zależności od zmieniających się warunków eksploatacji. Z tego względu uważam podjęcie tej tematyki w rozprawie doktorskiej za w pełni uzasadnione.

Autor sformułował cel swojej rozprawy (strona 12) w sposób następujący:

**„Celem praktycznym rozprawy jest opracowanie programu komputerowego pozwalającego na określenie parametrów eksploatacyjnych statku zapewniających obniżenie zużycia paliwa przez silnik główny”.**

Poniżej Autor sformułował tezę rozprawy:

**„Zastosowanie metody wykorzystującej sztuczną inteligencję pozwoli na dobór prędkości, zanurzenia i przegłębienia statku umożliwiających zmniejszenie zużycia paliwa i emisji dwutlenku węgla podczas realizacji zadania transportowego”.**

Powyższe sformułowania są jasne i logiczne. W precyzyjny sposób definiują one cele Autora oraz zapowiadają wybrany przez niego sposób osiągnięcia tych celów. W szczególności określają one dobrze postawiony problem naukowy, którego prawidłowe i oryginalne rozwiązanie powinno być, zgodnie z obowiązującymi przepisami, zawarte w każdej rozprawie doktorskiej.

## **2. Struktura formalna rozprawy**

Przedstawiona do zaopiniowania rozprawa obejmuje 156 stron tekstu podzielonego na 11 rozdziałów oraz zawierających dodatkowo: spis oznaczeń, spis literatury (96 pozycji), wykaz wykorzystanego oprogramowania, spis rysunków, spis tabel oraz załączniki przedstawiające szczegółowe dane do obliczeń. Pierwszy stosunkowo krótki rozdział zawiera wprowadzenie w tematykę rozprawy. W rozdziale drugim Autor formuluje cel, zakres i tezę pracy. W rozdziale trzecim przedstawiono dość szczegółowo znaczenie i aktualność podjętej przez Autora tematyki. Rozdział czwarty prezentuje wpływ podstawowych parametrów eksploatacyjnych statku na zużycie paliwa i emisję zanieczyszczeń. W rozdziale piątym Autor zawarł przegląd metod określania wpływu parametrów eksploatacyjnych na charakterystyki statku, a w rozdziale szóstym omówił metodę doboru korzystnych parametrów rejsu. Kolejne cztery rozdziały obejmują główną, oryginalną część rozprawy, zawierającą wyniki badań własnych Autora. W rozdziale siódmym Autor opisał własny, rozwijany od szeregu lat, algorytm genetyczny. W rozdziale ósmym przedstawiono modele parametryczne prognozowania zużycia paliwa. Rozdział dziewiąty obejmuje weryfikację modeli parametrycznych w oparciu o obliczenia dla pięciu różnych typów statków, a w rozdziale dziesiątym Autor rozwiązuje przykładowe zadanie wyznaczania korzystnych parametrów rejsu przy pomocy własnej metody obliczeniowej. Kończący rozprawę rozdział jedenasty zawiera podsumowanie badań Autora, wnioski oraz zarys kolejnych, przyszłych działań badawczych.

Wyżej opisana struktura formalna rozprawy jest logiczna, jasna i przejrzysta. Odpowiada ona w pełni dysertacyjnemu charakterowi pracy. Autor zachował prawidłowe proporcje pomiędzy częścią pracy nakreślającą aktualny stan wiedzy i motywację podjętych badań, a częścią prezentującą badania własne i ich rezultaty.

Rozprawa jest napisana starannie, ładnym językiem polskim, z wykorzystaniem prawidłowej terminologii technicznej. Zwraca uwagę bardzo dobre i klarowne opracowanie elementów graficznych. Badania własne Autora zostały w pracy udokumentowane w sposób bardzo szeroki i kompletny, nie pozostawiając Czytelnikowi żadnych istotnych wątpliwości co do ich



przebiegu i wyników. W pracy występują jedynie nieliczne literówki i drobne błędy stylistyczno-językowe lub terminologiczne, jak na przykład:

- podwójne znaczenie trzech symboli  $C_F$ ,  $R$ ,  $T$  w spisie oznaczeń,
- powtórzenie dwóch pełnych zdań na stronie 10 i na stronie 11,
- nazwanie liczby Froude'a prędkością bezwzględna na stronie 24,
- zapis: „nieprzydatność w zagadaniu aproksymacji” na stronie 80
- zapis „w żegludze linowej” na stronie 85

Czytelność rozprawy poprawiłoby zamieszczenie jednostek miar przy poszczególnych wielkościach w spisie oznaczeń.

### **3. Wartość naukowa i aplikacyjna rozprawy**

W moim przekonaniu zasadnicze wartości naukowe i poznawcze opiniowanej rozprawy znajdują się w rozdziałach 7 – 10 i można je opisać w sposób następujący, w postaci trzech głównych elementów:

- Opracowanie własnego, oryginalnego i bardzo skutecznego algorytmu genetycznego, pozwalającego na szybkie wyszukanie bezwzględnego maksimum funkcji celu dla skomplikowanego problemu optymalizacji wieloparametrowej. Algorytm ten posiada charakter otwarty, co umożliwi jego łatwe doskonalenie w miarę pozyskiwania nowych informacji i danych, nawet w trakcie użytkowania go przez załogę statku.
- Bardzo wnikliwa, oparta na pięciu przykładowych statkach, analiza modeli parametrycznych wiążących podstawowe charakterystyki i wybrane dane eksploatacyjne statku ze zużyciem paliwa, a przede wszystkim wypracowanie i wszechstronne zweryfikowanie własnego modelu parametrycznego, posiadającego wyraźnie lepszą dokładność od modeli publikowanych w literaturze.
- Skuteczne zastosowanie własnego algorytmu genetycznego do nowego problemu wyznaczania korzystnych parametrów rejsu dla statku transportowego, potwierdzone praktycznym przykładem obliczeniowym.

W moim przekonaniu wartość naukowa i poznawcza wymienionych elementów oryginalnych opiniowanej rozprawy plasuje ją powyżej przeciętnej dla prac doktorskich przedstawianych do obrony w uczelniach technicznych w ostatnich latach.

Oprócz wyżej wymienionych wartości poznawczych opiniowanej rozprawy niesie ona bardzo ważne wartości aplikacyjne. Metoda opracowana przez Autora może być wykorzystywana praktycznie zarówno przez ośrodki projektujące nowobudowane statki, przez służby armatorskie nadzorujące eksploatację statków istniejących jak i przez dowództwo poszczególnych statków w trakcie planowanie rejsu. Można oczekiwać, że wykorzystywanie metody opracowanej przez Autora przyczyni się zarówno do poprawy wyników ekonomicznych przedsiębiorstw żeglugowych jak i do obniżenia emisji zanieczyszczeń w transporcie morskim.

#### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Lektura opiniowanej rozprawy doktorskiej nasuwa następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne:

- rysunek 5.1 (strona 32) ma raczej wartość historyczną – współcześnie projektowane statki nie wykazują już tak znaczących „garbów” na krzywej współczynnika oporu resztowego, co potwierdzają współcześnie prowadzone badania modelowe (por. rys. 8.7). W konsekwencji problem optymalizacji długości falowórczej statku utracił wiele ze swojego pierwotnego znaczenia;
- ograniczenie zakresu stosowalności metody do stanów morza poniżej 4 lub nawet do 0 – 2 (strona 12) jest jej dość poważną wadą, z czego zresztą Autor w pełni zdaje sobie sprawę. Według statystyki jedynie około 25-30% rejsów oceanicznych odbywa się w tak dogodnych warunkach, a dobór optymalnej prędkości w złych warunkach pogodowych może być dopiero naprawdę trudnym i ambitnym zadaniem;
- nie do końca zgadzam się z poglądem Autora wyrażonym na stronie 64, że „spośród wymienionych powyżej wielkości jedynie opór kadłuba nie może być wyznaczony w sposób wystarczająco dokładny, określony na podstawie modeli teoretycznych stosowanych w okrętownictwie”. Nie wiadomo jakie „modele teoretyczne” Autor ma na myśli. Jeżeli chodzi tu o bardziej złożone metody przybliżone, to według mnie dokładność wyznaczania oporu kadłuba dobrze dobranymi metodami przybliżonymi jest porównywalna z dokładnością podobnie wyznaczanego oporu części wystających lub oporu aerodynamicznego części nadwodnej statku;
- współczynnik  $C_M$  we wzorze (8.4) na stronie 65 nie jest nigdzie zdefiniowany;
- mnożnik numeryczny we wzorze (8.12) nie ma uzasadnienia, jeśli nie zdefiniowano jednostek dla wielkości po obu stronach znaku równości;
- porównanie wzorów (8.19) i (8.33) budzi pewne wątpliwości. Jeżeli opis tych wzorów jest pełny i poprawny, to można wyliczyć, że wzór (8.19) może dać wartość oporu tarcia tego samego statku nawet 200 razy większą od wzoru (8.33), co podważa wiarygodność przynajmniej jednego z nich;
- na stronie 78 Autor pisze, że jego algorytm genetyczny losowo obiera warunki początkowe w celu „zmniejszenia ryzyka zatrzymania się w lokalnym ekstremum”. Czytelnicy, a zwłaszcza przyszli użytkownicy metody opisywanej obliczeniowej, z pewnością chętnie by się dowiedzieli, jak wielkie jest w ocenie Autora to ryzyko, a także jakie użytkownik programu ma możliwości rozpoznania, że taki fakt właśnie nastąpił?
- w proponowanym przez Autora modelu parametrycznym MP3 – wzory (8.45) i (8.46) – zwraca uwagę brak zależności oporu resztowego od liczby Froude’a. Przy pewnej dozie złośliwości można sobie wyobrazić dwa statki o takich samych wartościach zanurzenia, prędkości, trymu i powierzchni zwilżonej, ale o innym stosunku L/B. które będą miały znacząco różny opór resztowy, choćby ze względu na różną długość falotwórczą, podczas gdy wymienione wzory dały by taki sam wynik;



- w opisie jednostki testowej nr 2 (strona 87) brakuje informacji na temat sposobu wyznaczenia charakterystyk hydrodynamicznych pędnika Voith-Schneider, a co ważniejsze, nie ma również informacji o sposobie wyznaczenia współczynników oddziaływania tego pędnika z kadłubem statku (współczynnik ssania i współczynnik strumienia nadążającego), które kształtują się zupełnie inaczej niż w przypadku oddziaływania kadłuba z klasycznymi śrubami napędowymi.;
- chętnie poznałbym opinię Autora na temat porównania optymalizacji parametrów eksploatacyjnych statków ze śrubami stałymi i śrubami o skoku nastawnym. Czy pędniki te dają podobne możliwości optymalizacji, czy też któryś z nich jest znacząco lepszy, a jeśli tak, to dlaczego?

Powyższe uwagi nie zmniejszają w niczym wartości rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Górskiego, którą oceniam bardzo wysoko.

## 5. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Górskiego spełnia bez zastrzeżeń 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 szeroką i dobrze ugruntowaną wiedzą z zakresu hydromechaniki okrętowej oraz z praktyki eksploatacyjnej statków. Zademonstrował przekonująco swoje umiejętności teoretyczne i praktyczne w dziedzinie tworzenia zaawansowanych algorytmów i programów komputerowych. Rozprawa plasuje się w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie naukowej *Transport*. Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

