

Szczecin, 09.05.2025 r.

dr hab. inż. **Paweł Zalewski**, prof. PM
Wydział Nawigacyjny
Politechnika Morska w Szczecinie



RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. AGNIESZKI RYMARCZYK
w j. angielskim pt.
„Ship dynamic positioning capability prognosis”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka. Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne na Politechnice Gdańskiej z dnia 18.03.2025 r., nadesłane 26.03.2025 r., oraz uchwała nr 376/VI/2024/AEEiTK Rady Dyscypliny Automatyka. Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Gdańskiej z dnia 04.03.2025 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora Pani mgr inż. Agnieszce Rymarczyk.

1. Tematyka, cel i zakres rozprawy

Przedmiotem rozprawy Pani mgr inż. Agnieszki Rymarczyk jest prognozowanie zdolności dynamicznego pozycjonowania (DP) statku z wykorzystaniem metod statycznych i dynamicznych, w szczególności regulatora predykcyjnego opartego na modelu statku (ang. *model predictive controller* – MPC). Praca wpisuje się w aktualne potrzeby przemysłu morskiego, w których precyzyjna ocena zdolności dynamicznego utrzymania statku na zadanej pozycji i kursie na etapie projektowania ma kluczowe znaczenie, w szczególności dla zapewnienia bezpieczeństwa i efektywności operacji offshore. Autorka identyfikuje kluczowy problem w projektowaniu jednostek DP: niedostateczną dokładność statycznych metod oceny zdolności DP, głównie ze względu na nieuwzględnienie komponentu dynamicznego podczas utrzymywania jednostki na pozycji i kursie na etapie jej projektowania i przewidywania przyszłej zdolności manewrowej, co prowadzi do:

- przeszacowania lub niedoszacowania wymaganej mocy napędowej,
- zwiększonych kosztów eksploatacji,
- ryzyka utraty utrzymania założonej pozycji i kursu w trudnych warunkach środowiskowych.

Problem został przez Autorkę wyraźnie zdefiniowany i poparty analizą literatury, w tym standardów DNV, IMCA i ABS, w których zauważa ona brak wystarczająco precyzyjnych wytycznych dotyczących: 1) alokacji sił generowanych przez pędniki (naporów) oraz 2) automatycznych regulatorów dla alokacji dynamicznej.

Recenzowana rozprawa doktorska wpisuje się w szeroko rozważaną na poziomie światowym problematykę związaną z inżynierią sterowania nawodnymi jednostkami pływającymi w ramach dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz obejmuje zagadnienia, które rozważane są także w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Dlatego pracę należy uznać za interdyscyplinarną. Analiza dotychczasowego piśmiennictwa Autorki niniejszej rozprawy wskazuje, że przedstawiona do oceny dysertacja jest wynikiem kilkuletnich poszukiwań badawczych Doktorantki, których pierwsze rezultaty zostały przedstawione w 2022 r. we współautorskiej

publikacji konferencyjnej wraz z Promotorem: Piekło A., Witkowska A., Zubowicz T.: *Power efficient thrust allocation algorithms in design of dynamically positioned ships* (pod nazwiskiem panińskim).

Tezy badawcze, które zweryfikowała w rozprawie Autorka, brzmią:

- 1) „Możliwe jest opracowanie systemu wspomagania decyzji, który poprzez synergię metod statycznych i dynamicznych uwzględniających standardy towarzystw klasyfikacyjnych (finalnie zweryfikowanych symulacyjnie i eksperymentalnie w basenie modelowym) poprawi dokładność prognoz DP.”,
- 2) „Opracowany system pozwoli na dokładniejszą ocenę zdolności dynamicznego pozycjonowania statku i prognozę opartą na podejściu statycznym wspieranym bazą danych zawierającą wyniki metod dynamicznych w różnych warunkach pogodowych. W rezultacie umożliwi wsparcie decyzji projektantów na różnych etapach projektowania statku.”

Natomiast cele badawcze (str. 33) zostały określone jako:

- 1) „Opracowanie i wdrożenie statycznej metody oceny zdolności DP w oparciu o wybrane nieliniowe algorytmy alokacji generowanych przez pędniki sił zgodnie ze standardami DNV-ST-0111.
- 2) Parametryczna identyfikacja modeli matematycznych kadłuba i pędników przy użyciu technik numerycznych.
- 3) Opracowanie i wdrożenie dynamicznej metody (symulacji) oceny zdolności DP zgodnie ze standardami DNV-ST-0111.
- 4) Walidacja symulacyjnego studium przypadku z wynikami testów modelu DP i w konsekwencji walidacja narzędzia statycznego z symulatorem w celu zdefiniowania współczynnika dynamicznego.”

Kolejność realizacji zagadnień badawczych wynikających z celów pracy badawczej, wnioskowanie przyczynowo-skutkowe oraz powiązanie zagadnień kluczowych i drugorzędnych nie budzi większych wątpliwości. Rozprawa ma charakter doświadczalny, a uzyskane wyniki są rezultatem badań symulacyjnych i rzeczywistych na dwóch modelach fizycznych jednostek DP w skali 1:36 - jednej w basenie modelowym i drugiej w tunelu aerodynamicznym. Wyniki te można uznać za miarodajne dla dwóch analizowanych typów statków (ratowniczego - RV i wielozadaniowego - MSV opisanych w załączniku A) i warunków środowiskowych ograniczonych do przyjętych przez Autorkę parametrów granicznych prądu oraz falowania (str. 142).

Oceniając zasadność podjęcia tematu uważam, że odpowiada on aktualnie realizowanej w świecie problematyce badawczej w zakresie inżynierii sterowania morskimi jednostkami nawodnymi, w szczególności w zakresie ich dynamicznego pozycjonowania rozumianego jako utrzymanie jednostki na pozycji i kursie wykorzystując wyłącznie pędniki okrętowe. Tezy badawcze są sprecyzowane jasno i są mierzalne (poprawienie jakości prognoz zdolności DP), a ich weryfikacja objęła zarówno rozwój algorytmów, jak i eksperymentalną walidację. Nowatorskim, autorskim rozwiązaniem jest wprowadzenie dynamicznego współczynnika korekcyjnego (f_{dyn}) w kontekście standardów DNV. Wyniki rozprawy, poza znaczeniem naukowym mogą znaleźć zastosowanie również w realizacjach praktycznych, co stanowi o użytecznym charakterze prowadzonych dociekań.

2. Struktura formalna rozprawy

Recenzowana rozprawa obejmuje 192 strony, 76 starannie wykonanych rysunków włączając zdjęcia, 22 tabele i literaturę liczącą 110 pozycji obejmujących monografie, artykuły i materiały konferencyjne, w tym 6 poradników okrętowych instytucji klasyfikacyjnych i przemysłowych oraz 5 publikacji współautorskich z Promotorem i Promotorem pomocniczym. Promotorem

rozprawy doktorskiej jest dr hab. Anna Witkowska, prof. PG, promotorem pomocniczym dr inż. Tomasz Zubowicz.

Rozprawa w j. angielskim obejmuje tekst zasadniczy, spisy rysunków, tabel i symboli, wykaz literatury oraz trzy załączniki. Do rozprawy dołączono streszczenia oraz słowa kluczowe w j. polskim i angielskim. Treść rozprawy zawarta jest w siedmiu rozdziałach merytorycznych poprzedzonych *Wstępem (Introduction)*, oznaczonym jako rozdział pierwszy, który wraz z rozdziałem drugim zawiera opis genezy problematyki badawczej. Rozprawę kończą *Wnioski i propozycje dalszych badań (Conclusions and future research)*, oznaczone jako rozdział dziewiąty, będące konkluzją przeprowadzonych w pracy rozważań, symulacji, badań eksperymentalnych na dwóch modelach fizycznych i analiz.

Przyjęty układ pracy jest właściwy, a kolejne rozdziały stanowią logiczne rozwinięcie głównego wątku dysertacji. Treść rozdziałów jest zgodna z nadanymi im tytułami, a po tytułach głównych rozdziałów następuje wprowadzenie w tematykę ułatwiające czytanie rozprawy i szybkie zapoznanie się z zagadnieniami poruszonymi w rozdziałach.

Konkludując, stwierdzam, że struktura formalna rozprawy nie budzi zastrzeżeń.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Praca jest ściśle związana z problematyką badawczą dyscypliny naukowej „automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne” obejmującą między innymi inżynierię sterowania pływającymi jednostkami nawodnymi rozważaną także w ramach dyscypliny naukowej „inżynieria lądowa, geodezja i transport”. Przedstawione w pracy badania dotyczą zagadnień związanych z dynamicznym pozycjonowaniem statków, a w szczególności obejmują w ramach metodologii wieloetapowej:

- 1) analizę istniejących metod oceny zdolności DP statków (DNV, ABS, IMCA) i ich ograniczeń,
- 2) opracowanie algorytmów alokacji naporów pędników – programowania kwadratowego QP i algorytmu genetycznego NSGAI,
- 3) identyfikację modeli matematycznych kadłuba i pędników z użyciem symulacji wykorzystującej obliczeniową mechanikę płynów (oprogramowania CFD: Ansys Aqwa, STAR-CCM+),
- 4) eksperymenty na modelach fizycznych w skali 1:36,
- 5) walidację symulacji DP z wykorzystaniem danych eksperymentalnych.
- 6) ustalenie dynamicznego współczynnika f_{dyn} do korekty metod statycznych.

Mocnymi stronami rozprawy są: jej znaczenie praktyczne, jako opis metodologii dla projektantów statków oraz rygoryzm metodologiczny łączący analizy numeryczne (CFD) z eksperymentami fizycznymi.

Do osiągnięć naukowych mgr inż. Agnieszki Rymarczyk w obszarze tematyki rozprawy zaliczam:

- 1) opracowanie systemu wspomagania decyzji dla projektanta jednostek DP – DSS: narzędzia nowatorsko łączącego metody statyczne i dynamiczne,
- 2) walidację numeryczno-eksperymentalną potwierdzającą poprawność modeli,
- 3) propozycję współczynnika jakościowego f_{dyn} – poprawiającego dokładność prognoz DP.

Rozdziały od trzeciego do ósmego stanowią w dużej mierze indywidualny wkład Doktorantki w tym zakresie. Należy także podkreślić jej umiejętność posługiwania się aparatem optymalizacji wypukłej oraz algorytmów genetycznych.

Uznaję, że tematyka rozprawy doktorskiej jest nośna i przyszłościowa, nieopisana wcześniej w wyczerpujący sposób w literaturze światowej, a treść rozprawy nie budzi zastrzeżeń merytorycznych, poza mniej istotnymi wskazanymi w uwagach szczegółowych.

4. Uwagi szczegółowe

Niezależnie od wysokiej oceny merytorycznej pracy, w ramach ograniczeń badawczych właściwie zidentyfikowanych przez Autorkę, mam jednakże kilka uwag szczegółowych:

- 1) Algorytm alokacji NSGAII okazał się mniej efektywny niż QP, jednakże Doktorantka nie przedstawia głębszej analizy przyczyn tego faktu, np. doboru parametrów, przedwczesnej zbieżności, czy też szczegółów implementacji.
- 2) Liczba testów eksperymentalnych została bardzo ograniczona, przygotowano tylko 3 scenariusze środowiskowe (pogodowe) dla analizy dynamicznej: z prądem o pojedynczym, stałym początkowym kącie kursowym 90° i pojedynczej prędkości oraz analogicznie z falą krótką i falą długą o stałych, pojedynczych parametrach; bez uwzględnienia oddziaływania dynamicznego wiatru - wyniki zamieszczone w tab. 8.2.
- 3) Brak szczegółów implementacyjnych przedstawionego w rozdziale szóstym oraz dziewiątym (rys. 9.1) systemu wspomagania decyzji projektanta (DSS), w szczególności niewystarczający opis jego wydajności obliczeniowej, skalowalności oraz zasad dostrajania symulatora DP.
- 4) Brak wykorzystania w zaprezentowanych badaniach uczenia maszynowego (np. deep reinforcement learning), które zgodnie z cytowaną przez Autorkę literaturą powinno umożliwić budowę algorytmów jeszcze efektywniejszych modeli alokacji naporów pędników oraz regulatorów typu MPC.

W pracy poza paroma „literówkami” np. „Ch. ??” zamiast „Ch. 4” na str. 115, „Stac” zamiast „Star” na str. 116, „frotn” zamiast „front” na str. 122 nie występują praktycznie błędy o charakterze językowo-edytorskim. Nie mam także zastrzeżeń co do poprawności fachowej terminologii w j. angielskim obejmującej nazewnictwo nawigacyjne i okrętowe.

5. Pytania do Autorki

Podczas publicznej obrony proszę Doktorantkę o zajęcie stanowiska w kwestii uwag szczegółowych wymienionych w p. 4 niniejszej recenzji.

6. Wnioski końcowe

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Rymarczyk dotyczy ważnego zarówno poznawczo, jak i aplikacyjnie problemu oraz stanowi wartościowe osiągnięcie Autorki. Problem naukowy rozpatrzony w rozprawie został trafnie i jasno sformułowany oraz rozwiązany. W pracy przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań). Wnioski sformułowano w sposób jasny i wystarczająco przekonywujący. Doktorantka zweryfikowała postawione tezy używając do tego właściwych metod i przyjmując uzasadnione założenia. Opracowanie algorytmu systemu wspomagania decyzji projektanta jednostki DP, który może stać się standardem w projektowaniu tego rodzaju statków wraz z ustaleniem współczynnika korygującego metody statyczne oceny zdolności DP na podstawie danych dynamicznych stanowią samodzielny dorobek badawczy Autorki. Jest to oryginalne rozwiązanie o dużym potencjale użytkowym w sferze gospodarczej, będące wkładem mgr inż. Agnieszki Rymarczyk w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Rozprawę należy usytuować na pozycji odpowiadającej stanowi wiedzy i poziomowi techniki reprezentowanych w literaturze światowej, zaś stopień realizacji celów badawczych uzasadnia stwierdzenie, że Doktorantka

posiada na zaawansowanym poziomie wiedzę teoretyczną o charakterze podstawowym i szczegółowym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, zdolności koncepcyjne oraz umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych niezbędne do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa obejmuje nowe osiągnięcia nauki i świadczy o znajomości współczesnej literatury z dyscyplin naukowych, których dotyczy (ponad 100 publikacji w większości po 2015 r.).

W związku z powyższym, pomimo zamieszczonych uwag szczegółowych, uważam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Rymarczyk pt. „Ship dynamic positioning capability prognosis” **spełnia ponad poziom przeciętny wymagania stawiane pracom doktorskim w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne** określone na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024 poz. 1571, tekst jednolity) i wnoszę o przyjęcie jej przez Radę Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Gdańskiej oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

Przew. Lolek



80281628

Ankieta dla celów statystyczno-analitycznych

Recenzent: dr hab. inż. Paweł Zalewski, prof. PM

Autorka rozprawy: mgr inż. Agnieszka Rymarczyk

Tytuł rozprawy: "Ship dynamic positioning capability prognosis"

Promotorzy:

1. dr hab. Anna Witkowska, prof. PG (promotor)

	tak	nie	1/
1. Czy teza rozprawy jest dobrze sformułowana?	☒	☐	☐
2. Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?	☒	☐	☐
3. Czy wyniki są nowe na tle stanu dyscypliny, której rozprawa dotyczy?	☐	☐	☐
4. Czy rozprawa świadczy o tym, że autor posiadał:			
a) wiedzę na zaawansowanym poziomie?	☒	☐	☐
b) umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych?	☒	☐	☐
5. Jaki charakter ma rozprawa ^{2/}			
teoretyczny:	☒		
doświadczalny:	☒		
konstrukcyjny:	☐		
technologiczny:	☒		
6. Czy wyniki analityczne były weryfikowane?	☒	☐	☐
7. Czy wyniki pracy nadają się do bezpośredniego zastosowania w praktyce?	☒	☐	☐
8. Czy rozprawa zawiera błędy merytoryczne?	☐	☒	☐
9. Czy rozprawa jest poprawna pod względem językowym i redakcyjnym?	☒	☐	☐
10. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:			
a) niespełniająca wymagań,	☐		
b) wymagająca wprowadzenia poprawek,	☐		
c) zadowalająco spełniająca wymagania,	☐		
d) wyraźnie wykraczająca ponad poziom przeciętny,	☒		
e) wybitna.	☐		

08.05.2020r.

data

podpis

1/ częściowo

2/ w przypadku charakteru mieszanego zaznaczyć jednocześnie kilka pozycji