

RECENZJA

Osiągnięć naukowo-badawczych, aktywności naukowej i dorobku dydaktycznego Pani dr Anny Witkowskiej opracowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym

PODSTAWA RECENZJI

Podstawą przygotowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej prof. dr. hab. inż. Romana Śmierchalskiego, z dnia 8.01.2020 r., działającego w imieniu Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów, o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym **dr Anny Witkowskiej** (pismo BCK-VI-L-10519/19). Recenzję opracowano na podstawie przedstawionej dokumentacji Kandydatki, zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dnia 1.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedmiotem oceny jest osiągnięcie naukowe pt.: *Algorytmy sterowania statkiem dynamicznie pozycjonowanym z alokacją sił i momentu*. Na osiągnięcie składa się cykl **11**. powiązanych tematycznie prac oraz **1**. autorska monografia pt.: *Synteza układu sterowania statkiem morskim dynamicznie pozycjonowanym w warunkach niepewności* (B.1) (numeracja wg listy z Załącznika 5) wydana w roku 2019 przez Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej i obejmująca 161 stron. Trzy z przedstawionych jedenastu prac to publikacje autorskie, natomiast pozostałe są współautorskie. Większą część prac opublikowano w czasopiśmie (**6**), trzy to rozdziały w monografiach naukowych, natomiast dwie prace ukazały się w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym (IEEE Xplore). Osiem z artykułów było indeksowanych w bazie Web of Science (WoS), przy czym cztery publikacje opublikowano w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR).

Opracowana monografia jest zbiorczym, jednolitym i kompaktowym podsumowaniem rezultatów zawartych w przedstawionym do oceny cyklu artykułów. Lokuje się ona w aktualnym trendzie wykorzystującym narzędzia ‘nowoczesnej teorii sterowania’ bazujące na pojęciu przestrzeni stanów i stanowi swego rodzaju kompendium. **Monografię tę bardzo wysoko oceniam**, gdyż dokonano tu swoistej syntezy odnośnego materiału. Na szczególną uwagę zasługują

przedstawiony we wstępie **gruntowny przegląd i analiza obecnego stanu badań**, w omawianym zakresie, wsparte drobiazgowymi odniesieniami literaturowymi.

Autoreferat zawiera szczegółowy wykaz ww. prac wraz z punktacją zgodną z listą czasopism punktowanych MNiSW, a także współczynnikiem Impact Factor (IF). Prace te ukazały się po uzyskaniu przez Habilitantkę stopnia doktora nauk technicznych (2011 r.) w okresie od 2013-2019 roku.

Podjęmowany we wszystkich pracach przedstawionego cyklu główny problem badawczy dotyczy dynamicznej stabilizacji pozycji (DP) statku, a w szczególności projektowania odpowiedniego układu sterowania z uwzględnieniem kwestii alokacji sił i momentu, pochodzących od pędników. Przedstawiona tematyka badawcza jest bardzo ważna, w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na takie systemy. Chodzi tu o eksplorację czy eksploatację zasobów morskich, ale także o problemy bezpieczeństwa (np. operacje ratunkowe, przeładunkowe).

Problematyka projektowania układu sterowania ruchem statku zapoczątkowana została przez kandydatkę w ramach rozprawy doktorskiej, w której poruszany problem dotyczył syntezy nieliniowego *regulatora kursu statku*. Podjęty następnie problem dynamicznego pozycjonowania jest jednak znacznie trudniejszy, gdyż wymaga użycia bardziej rozbudowanego, nieliniowego, wielowymiarowego modelu dynamicznego statku przy założeniu niewielkich prędkości jego ruchu (B.1). Stwarza to potrzebę stosowania znacznie bardziej zaawansowanych technik i metod teoretycznych. Dochodzą tu oczywiście niepewności wynikające z oddziaływania środowiska morskiego, niepewności wynikające z modelowania obiektu (parametryczne jak i strukturalne), wreszcie te wynikłe z niedostępności, błędów pomiarowych lub błędów estymacji wektora stanu systemu. Podjęcie tej tematyki jest zatem dużym wyzwaniem naukowym mającym istotny aspekt użyteczny.

Całość osiągnięć Kandydatki można podzielić na trzy główne, ale komplementarne obszary:

- 1) Synteza algorytmów sterowania statkiem dla zadania DP – regulator pozycji i kursu,
- 2) Projektowanie układu alokacji sił i momentu dla zestawu pędników,
- 3) Projektowanie algorytmów estymacji lub obserwacji zmiennych stanu działających w oparciu o informacje z systemu dostępnych czujników (np. pozycji, kursu, prędkości).

Problem syntezy algorytmów sterowania w szczególności dla złożonych (wielowymiarowych) systemów nieliniowych w warunkach różnorodnych niepewności nie został jak dotąd ogólnie rozwiązany. Można odnotować jednak stały postęp w rozwoju stosownych metod i technik, które obejmują systematycznie coraz szersze klasy zadań. Jedną z takich technik jest rekurencyjna metoda *backstepping* (lub *backstep*) (B.1, B.4, B.5), bazująca na podejściu Lapunowa, która nabrała rozmachu w latach 90-tych ubiegłego wieku. Ograniczeniem tej metody jest specjalna (trójkątna) forma systemów, do których może być stosowana. Poza tym prowadzi ona do narastającej złożoności formalnej, w każdym z kolejnych kroków wstecz. W przypadku powyższego problemu DP istnieje jednak (dzięki specjalnej postaci modelu) możliwość użycia

tej metody w formie wektorowej (B.1, B.12) co czyni problem sensownym z perspektywy uzyskania rozwiązania, gdyż ogranicza liczbę koniecznych kroków.

Metoda backstep jest jedną z wielu metod stosowanych do syntezy sterowania dla układów nieliniowych. Innymi popularnymi metodami jest pokrewna linearyzacja sprzężeniem zwrotnym, metoda sterowania ślizgowego (reżimu ślizgu) jak i metoda predykcyjna *model predictive control* (MPC) – dwie ostatnie również stosowane w pracach Kandydatki (B.1). Każda z nich ma jednak swoje ograniczające założenia co do odnośnej klasy systemów.

Problem zmienności lub nieznaności parametrów modelu dynamicznego statku, którego znaną strukturą Kandydatka dysponuje, wiąże się z kolejnym zagadnieniem identyfikacji parametrycznej modelu. Jest to osobna, trudna kwestia, którą zajmowało się wielu badaczy. Aby wybrnąć z tej sytuacji stosuje Kandydatka metodę backstep w wersji adaptacyjnej (B.3, B.4, II A.1) lub odpornej. Komplikuje to projekt, ale zapewnia (przynajmniej formalnie) stabilność systemu przy nieznaności lub ograniczonej znajomości parametrów. Chociaż systemy adaptacyjne też muszą być dodatkowo strojone (np. wzmocnienia szybkości adaptacji) to jednak strojenie ich odbywa się z ‘wyższej pozycji’ – podobnie jak w systemach optymalnych dzieje się to przez dobór kryterium optymalności.

Konceptualnie metoda backstep nie należy do najłatwiejszych, dlatego biegłość Kandydatki w jej stosowaniu do złożonych systemów wraz z szeroką orientacją co do licznych jej wariantów (B.1) zasługuje na uwagę, gdyż wymaga dużego obycia formalnego. Z drugiej strony na uwagę zasługuje także fakt, że Kandydatka, z wykształcenia matematyczka, dobrze radzi sobie z problematyką stricte inżynierską do jakiej niewątpliwie należy podjęta tematyka. Przedłożone publikacje świadczą o jej dużej kompetencji w tym zakresie.

Problem projektowania układu alokacji sił i momentu dla zestawu pędników, chociaż mniej wymagający w sensie konceptualnym jak i w stopniu zaawansowania użytych tutaj metod, nie jest jednak problemem trywialnym, o czym świadczy fakt ciągłego ‘drażenia’ tego zagadnienia w istniejącej literaturze, jak i brak całościowego potraktowania problemu w sytuacji włączenia do rozważań np. dynamiki pędników (nie zawsze do końca dobrze zamodelowanej, lub podlegającej zmianom środowiska) czy też możliwości ich awarii (B.1, B.3).

Pewnym novum wydaje się tu zastosowanie sterowania predykcyjnego (*model based predictive control*) umożliwiającego uwzględnienie charakterystyk dynamicznych i ograniczeń urządzeń wykonawczych pędników przy jednoczesnym spełnieniu kryteriów jakości sterowania (B.1).

Inną sprawą jest kwestia ich uszkodzeń i stąd badania Kandydatki uwzględniające zmiany współczynników i struktury macierzy efektywności pędników (z pozycji *fault tolerant systems*).

Istotnym także zagadnieniem jest wykorzystanie specjalnych typów pędników np. cykloidalnych – Voitha Schneidera, co jak sygnalizuje Kandydatka, ma być tematem kolejnych jej badań.

Jako, że działanie algorytmu DP wymaga znajomości współrzędnych stanu systemu (pozycji, kursu, składowych prędkości etc.), które nie zawsze są dostępne pomiarowo lub też obarczone są błędami pomiarowymi (często znaczącymi w burzliwym środowisku morskim), sprawa uzyskania ich sensownych estymat jest często kwestią kluczowej wagi. Dlatego problem

projektowania algorytmów estymacji lub obserwacji zmiennych stanu działających w oparciu o informacje z układu dostępnych czujników (np. pozycji, kursu, prędkości) jest nie do przecenienia. Odnośne publikacje autorki są dowodem znajomości tematu (B1.,B.6).

Dość popularnym problemem z zakresu pozyskiwania dokładnej informacji nawigacyjnej jest zagadnienie fuzji danych. W tym zakresie Kandydatka wykazała również spore kompetencje (B.7).

Innym elementem jaki należy docenić jest zastosowanie w pracy metod sztucznej inteligencji, a w szczególności radialnych sieci neuronowych typu RBF (B.1,B.5). Metodyka ta pozwala na zastąpienie nieznanymi nieliniowościami modelu systemu ich sieciowymi aproksymatorami, których parametry należy dostrajać w taki sposób, aby użyta sieć aproksymowała daną nieliniowość. Na ogół zwiększa to istotnie ilość koniecznych do przestrajania parametrów jednak stanowi alternatywę dla przypadku w ogóle nieznannej struktury (nieliniowości). Ponieważ struktura nieliniowości użytego modelu statku jest na ogół znana (model Fossena) użycie sieci RBF nie wydaje się tutaj zabiegiem istotnie praktycznie użytecznym. Jednak fakt znajomości tematu można uznać za dodatkową kompetencję Habilitantki w ogólnie pojętym zadaniu sterowania.

Na korzyść Habilitantki zaliczyć należałoby także kompetencje w obszarach przyległych do głównego tematu jak np. dobra orientacja w sprawach **modelowania** złożonej dynamiki statku, pędników, procesów estymacji stanu.

Chodzi tu zarówno o wielowymiarowy model dynamiczny statku, ale także o modele zakłóceń z otoczenia (falowanie, wiatry, prądy morskie) oraz różnego rodzaju pędników (napęd główny, ster płetwowy, tunelowe stery strumieniowe, pędniki azymutalne etc.). Ponieważ synteza algorytmów sterowania bazuje na modelach, kwestia modelowania lub modelu dynamiki statku przewija się w prawie każdej z przedłożonego cyklu prac.

Inne kompetencje Kandydatki, odrębne w stosunku do tych z głównego nurtu pracy (jednak niezbędne do wykorzystania przy finalnym projekcie systemu) to np. metody z zakresu algorytmów ewolucyjnych, genetycznych czy też algorytmy typu ‘rojowego’ (*particle swarm optimization*). Stosowano je w zagadnieniach wyznaczania bezpiecznej trajektorii referencyjnej podejścia jednego statku do drugiego – będącego w stanie awarii (B.8, B.9, IIE.4).

Użyto ich także do optymalizacji zarówno wzmocnień regulatora jak i parametrów występujących w regułach adaptacji. Ręczny dobór tak wielu parametrów byłby raczej ‘karkołomny’. W tym kontekście należy stwierdzić, że strojenie układów adaptacyjnych jest trudne i parametry dostraja się często za pomocą metod prób i błędów lub symulacji. Nie mamy przy tym zagwarantowanych ograniczeń na procesy przejściowe uzyskiwanych sygnałów odpowiedzi i sterowania.

Z powyższej charakterystyki i analizy dorobku naukowego Kandydatki wynika, że jest on istotny zarówno w sensie ilościowym jak i jakościowym czyli w sensie stopnia zaawansowania użytych metod i aparatu badawczego. **Spełnia on z powodzeniem standardy habilitacyjne.**

Pominę tutaj analizę osiągnięć poszczególnych rozdziałów monografii habilitacyjnej, gdyż uważam, że w autoreferacie zrobiła to Habilitantka wystarczająco jasno – szczegółowo wskazując swoje osiągnięcia, **które potwierdzam**.

Generalnie nie mam zbyt wielu uwag krytycznych, aczkolwiek według mnie przydałoby się więcej publikacji samodzielnych/autorskich (choć w publikacjach z najwyższym IF udział autorki jest znaczący). Oprócz prac w IJAMCS pożądane byłyby jeszcze jakieś publikacje w czasopiśmie stricte z zakresu Automatyki i Robotyki z listy JCR.

Ponieważ projektowane algorytmy są bardzo złożone formalnie i obliczeniowo powstaje pytanie o możliwości ich implementacji na konkretnych jednostkach. Z pracy nie wynika jasno czy podobnie zaawansowane projekty DP znalazły już swoje miejsce w obecnej praktyce inżynierskiej. Być może bardziej praktycznie zorientowane metody np. popularna ostatnio metoda ADRC (*active disturbance rejection control*), o której wspomina Habilitantka, miałyby tu też swoje miejsce?

Uwieńczeniem badań byłby oczywiście udany eksperyment na realnym statku lub jego modelu w skali, jednak zdaję sobie sprawę, że problem dostępności takiego obiektu to osobna kwestia.

Należałoby także wspomnieć, że *robustyfikacja* adaptacji (pozbycie się dryfu parametrycznego) za pomocą technik np. σ – modyfikacji prowadzi do powstania błędu śledzenia – nie jest więc to technika pozbawiona minusów.

Przydałoby się także dokonanie porównania metody adaptacyjnej backstep (przy niedokładnej informacji o parametrach modelu) z podejściem wykorzystującym sieć RBF. Intuicyjnie wydaje się, że wykorzystanie dodatkowej informacji zawartej w znanej strukturze modelu powinno prowadzić do lepszych rezultatów.

Przedstawione uwagi krytyczne są dyskusyjne i stanowią raczej wyznacznik przyszłych kierunków badawczych Kandydatki – nie wpływają więc istotnie na **ogólną pozytywną ocenę osiągnięcia**. Zasadnicze rezultaty naukowe zawarte w monografii, potwierdzone publikacjami są merytorycznie poprawne i wykazują dobrą znajomość przez Habilitantkę szeroko rozumianych zagadnień automatyki i robotyki, a w szczególności problematyki projektowania oraz analizy i syntezy okrętowych systemów sterowania automatycznego.

Przedstawiony do oceny zestaw **11**. pozycji stanowi zwarty materiał tematyczny spełniający w mojej ocenie wymagania formalne i zawierający poprawne metodycznie rozwiązanie ważnych problemów naukowo-badawczych z dziedziny automatyki. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w liczących się czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w bazie Web of Science, umieszczonych na liście JBR oraz liście A MNiSW.

Zaprezentowany materiał, dokumentujący osiągnięcie naukowe dr Anny Witkowskiej pt.: *Algorytmy sterowania statkiem dynamicznie pozycjonowanym z alokacją sił i momentu* **uważam za wartościowy pod względem naukowym, spełniający w pełni wymagania stawiane odpowiednim przepisom Ustawy o stopniach i tytule naukowym, w zakresie postępowania o**

nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych. Przedstawione osiągnięcie naukowe mieści się w dyscyplinie automatyka i robotyka.

W poniższej części odniosę się tylko do tych punktów Rozporządzenia MNiSW z dnia 1.09.2011r., w których osiągnięcia Habilitantki występują (wynikają z załączonej dokumentacji).

2. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

2.1. Autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazach lub na liście, o których mowa w § 3 Rozporządzenia MNiSW z dnia 1.09.2011 r.:

Do oceny dorobku, który nie mieści się w ramach głównego osiągnięcia naukowego, Habilitantka przedstawiła **13** publikacji w tym jedną monografię, **2** rozdziały w monografiach oraz **9** z listy B MNiSW, a także jedną publikację indeksowaną w WoS. W zdecydowanej większości dotyczą one problematyki związanej z ocenianym osiągnięciem naukowym – choć nie tylko. Pozostała część publikacji dotyczy szeroko rozumianej problematyki automatyki i robotyki, w tym ewolucyjnej metody planowania ścieżki statku, regulatorów kursu statku, problemu sterowania statkiem z uwzględnieniem maszynki sterowej czy podejścia do projektowania systemu DP z pozycji układów ułamkowego rzędu. **5 publikacji** stanowi samodzielne opracowania Kandydatki.

2.2. Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych (**1**)

Dokumentacja prac badawczych w ramach projektu (II.J.2)

2.3. Sumaryczny Impact Factor publikacji wg listy JCR: **6,442**

2.4. Liczba cytowań wg bazy Web of Science: **88** (w tym **74** bez autocytowań), Scopus **144 (125)**

2.5. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy WoS: **3**, Scopus **4**, Google Scholar **5**

Oceniam, że chociaż wskaźniki bibliometryczne nie są imponujące, to jednak Impact Factor jest na wystarczającym poziomie.

2.6. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach:

Habilitantka brała udział w dwóch projektach badawczych:

1. Projekt badawczy: *Modyfikacje i warianty ewolucyjnej metody planowania ścieżek przejść obiektu ruchomego*. MNiSW nr N N514 472039, 2010-2013.

2. Projekt badawczy HAZARD 2020: *Mitigating the effects of emergencies in Baltic sea region ports*. W ramach Interreg Baltic Sea Region Programme 2014-2020.

2.7. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową: (3)

2013: Nagroda JM Rektora Politechniki Gdańskiej.

2014: Nagroda za najlepszą pracę młodego naukowca. Przyznane przez: Komitet programowy XVIII Krajowej Konferencji Automatyki.

2014: Nagroda za najlepszy referat w cyklu seminaryjnym – Zastosowanie Komputerów w Nauce i Technice 2014. Przyznane przez: PTETiS oddział Gdańsk.

2.8. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych:

Habilitantka przedstawiła **15** pozycji referatów wygłoszonych na konferencjach: o zasięgu międzynarodowym **11** pozycji i krajowym – **4** pozycje. **5** referatów przygotowała Kandydatka samodzielnie, natomiast jej aktywny udział w konferencjach dotyczy **10** pozycji.

3. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

3.1. Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych: (2)

Habilitantka brała udział w programie Erasmus oraz w projekcie dydaktycznym POWER (realizowanym na PG).

3.2. Aktywny udział w międzynarodowych konferencjach naukowych:

Brała udział w organizowaniu konferencji (**1**), pełniła funkcje przewodniczącego (chairmen'a) sesji (**1**), recenzenta artykułów konferencyjnych (**8**).

3.3. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych: (1)

3.4. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych: (3)

Dr Anna Witkowska jest członkiem:

Polskiego Towarzystwa Pomiarów i Niezawodności,

Towarzystwa Konsultantów Polskich,

Polskiego Stowarzyszenia Pomiarów, Automatyki i Robotyki (POLSPAR).

3.5. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki:

Aktywność dydaktyczna Habilitantki koncentruje się na prowadzeniu wykładów, ćwiczeń, laboratoriów oraz projektów m.in. z zakresu metod optymalizacji (studia II stopnia), gdzie wprowadziła Kandydatka nowe formy kształcenia wykorzystujące narzędzia informatyczne.

3.6. Opieka naukowa nad studentami:

Dr A. Witkowska wskazuje w autoreferacie na promotorstwo **12.** prac magisterskich i **23.** inżynierskich, pełniła także funkcję opiekuna pracowni dyplomowej.

3.7. Opieka naukowa nad doktorantami:

Habilitantka pełniła rolę promotora pomocniczego w przewodach doktorskich (**2**).

3.8. Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych: (**22**)

W tym **8** recenzji w czasopiśmie ze znacznym Impact Factor'em np. IEEE Transactions on Control Technology (**2**).

Przygotowana dokumentacja zawiera również 'Inne osiągnięcia' Habilitantki, poza wyszczególnionymi działaniami zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dnia 1.09.2011r. Dotyczą one głównie Jej aktywności organizacyjnej i dydaktycznej w ramach Wydziału Elektrotechniki Politechniki Gdańskiej w formie członkostwa w Radzie Wydziału, komisjach Rady Wydziału oraz współpracy Politechniki Gdańskiej z Centrum Techniki Okrętowej.

W oparciu o powyższe zestawienia stwierdzam, że oceny osiągnięć Habilitantki w zakresie odnoszącym się do punktów 2 i 3 tej opinii są wystarczające.

4. Ocena ogólna i wniosek końcowy

Działalność naukowa Habilitantki wnosi znaczący wkład naukowy w problematykę systemów automatycznego sterowania statkiem. Habilitantka wykazała się w tym zakresie dużą wiedzą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługują możliwości aplikacyjne badań oraz ważkość tematu dla współczesnej praktyki morskiej. Podobnie dorobek organizacyjny i dydaktyczny Habilitantki, spełniają wymagania stawiane przy nadaniu stopnia doktora habilitowanego przez odnośne przepisy.

Podsumowując uważam, że przedstawiony dorobek naukowo-badawczy, organizacyjny jak i dydaktyczny Habilitantki, w pełni spełnia wymagania sformułowane w Ustawie o stopniach i tytule naukowym. W oparciu o przedstawione powyżej oceny, wnoszę o

przyjęcie przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej przedłożonego osiągnięcia naukowego i dopuszczenie dr ANNY WITKOWSKIEJ do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej Automatyka i Robotyka.

Zenon Zwierzewicz

