

RECENZJA

Osiągnięć naukowo-badawczych, aktywności naukowej i dorobku dydaktycznego Pana dra inż. Mirosława Tomery opracowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym

PODSTAWA RECENZJI

Podstawą przygotowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej z dnia 5.12.2018 r., działającego w imieniu Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów, o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Mirosława Tomery (pismo BCK-VI-L-8330/18). Recenzję opracowano na podstawie przedstawionej dokumentacji Kandydata, 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.: *Synteza i implementacja algorytmów w wielooperacyjnym układzie sterowania ruchem statku*.

Na osiągnięcie składa się cykl **9**. powiązanych tematycznie prac, w tym **1** autorska monografia pt.: *Wielooperacyjne sterowanie ruchem statku w układzie o strukturze przełączalnej* [1] (numeracja wg listy z Załącznika 3, I) wydana w roku 2018 przez Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni i obejmująca 200 stron oraz **6** publikacji autorskich i **2** współautorskich [2-8] opublikowanych w czasopiśmie (**7**) oraz materiałach konferencji o zasięgu międzynarodowym (**1**). Wszystkie z artykułów były indeksowane w bazie Web of Science (WoS) przy czym **5** publikacji 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. Jednak wprowadzone tu dodatkowe elementy w postaci pewnej systematyki, definicji pojęć i klasyfikacji zagadnień stanowią jej „wartość dodaną” (rozdz. 1,2). Monografia zawiera także nowe niepublikowane dotąd wyniki jak np. oryginalny sposób planowania trajektorii zadanej, czy też wyniki badań symulacyjnych zaprojektowanego układu sterowania, które stanowią nowe istotne rozwinięcie metod wcześniej stosowanych. Na uwagę zasługuje także bardzo bogata bibliografia (366 pozycji) jak i wiele odniesień bibliograficznych, wskazujących na obszerne zgłębienie tematu.

Autoreferat zawiera szczegółowy wykaz tych prac wraz z punktacją zgodną z listą czasopism punktowanych MNiSW, a także współczynnikiem Impact Factor (IF). Prace te ukazały się po uzyskaniu przez Habilitanta stopnia doktora nauk technicznych (2001 r.) w okresie od 2006-2018 roku.

Podjmowany we wszystkich pracach przedstawionego cyklu główny problem badawczy dotyczy modelowania oraz syntezy algorytmów sterowania statkiem dla różnych zadań sterowania.

Przedstawiona tematyka badawcza jest bardzo ważna, zwłaszcza w obliczu postępującej rewolucji cyfrowej mającej także swój wydźwięk w automatyzacji, a zwłaszcza autonomizacji transportu morskiego (jednostki autonomiczne). Podjęcie tej tematyki jest zatem dużym wyzwaniem naukowym mającym istotny aspekt użyteczny.

Rozważa się tu następujące zadania sterowania (tryby operacyjne):

- manewrowanie statkiem przy małych prędkościach (dynamiczne pozycjonowanie, Tryb 1) [1,2,3,4,6],
- podążanie wzdłuż odcinka zadanego (Tryb 2), [1,2],
- śledzenie kursu zadanego (Tryb 3), [1,2,7],
- zatrzymywanie ruchu statku (Tryb 4), [1,2].

Dla realizacji każdego z tych zadań proponowany jest osobny algorytm sterowania, realizowany za pomocą właściwego wyboru ze zbioru pięciu regulatorów:

- wielowymiarowy regulator precyzyjny,
- bezpośredni regulator trajektorii,
- regulator prędkości wzdłużnej statku,
- regulator kursu statku,
- wielowymiarowy regulator małych prędkości.

Synteza algorytmów sterowania dla każdego z tych regulatorów, była oparta na uproszczonych modelach matematycznych dynamiki statku i została omówiona w pracach [3,4,6,7,8]. Proponowane algorytmy, w zależności od trybu pracy, są zarówno bardzo proste (np. konwencjonalny algorytm PID w regulatorze kursu) jak i znacznie bardziej złożone np. algorytm wielowymiarowego regulatora precyzyjnego wyprowadzony w oparciu o metodę linearyzacji sprzężeniem zwrotnym.

Główną koncepcją Autora jest propozycja nadrzędnego [1,2] układu przełączającego, dopasowującego typ regulatora do danego zadania sterowania (trybu pracy).

W rezultacie tworzy Autor (nadrzędny, hybrydowy) układ sterowania o strukturze przełączalnej, zawierający układ decyzyjny pozwalający na właściwy wybór ze zbioru „regulatorów bezpośredniego działania” tego, w danej sytuacji, właściwego. Fakt podziału procesu sterowania na poszczególne tryby regulacji pozwolił Habilitantowi na użycie w wielu przypadkach (trybach) prostych regulatorów np. typu PID.

W monografii przedstawia Autor także osobny rozdział poświęcony badaniu prezentowanego układu sterowania o strukturze przełączalnej, rozważając różne scenariusze nawigacyjne.

W celu zrealizowania ww. zadań potrzeba było wielu prac badawczych, dużych kompetencji i odpowiedniej biegłości, którymi Habilitant, siłą rzeczy, musiał się wykazać. Jego duża wiedza i doświadczenie widoczne są w następujących obszarach:

- Modelowanie dynamiki statku.

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, więc, kwestia modelowania lub modelu dynamiki statku przewija się w prawie każdej z przedłożonego cyklu prac. W zależności od zadania sterowania korzysta się z ogólnego modelu nieliniowego dynamiki (w trzech stopniach swobody) lub też z modeli odpowiednio uproszczonych. Przyjęty model dynamiki pochodzi co prawda z opracowań znanego zespołu prof. T. Fossena (Department of Engineering Cybernetics, Norwegian University of Science and Technology), jednak ze względu na jego złożoność sprawa biegłości w posługiwaniu się nim warta jest odnotowania.

- Synteza algorytmów regulatorów składowych [3,4,6,7,8]

Warto tu zauważyć, że wcześniejsze badania Kandydata dotyczyły wielu różnych algorytmów sterowania jak: algorytmy rojowe, predykcyjne, sterowania ślizgowego, typu backstepping, samonastrajalne czy też wykorzystujące logikę rozmytą bądź sieci neuronowe RBF. Tworząc jednak bazę (zbiór) regulatorów przełączalnych, dla wielooperacyjnego układu sterowania, ograniczył się Autor do tych najprostszych – kierując się możliwością ich łatwej implementacji i ich wykorzystania w systemach szybkiego prototypowania.

- Estymacja wektora stanu systemu sterowania [1,5]

Ponieważ dostępne pomiarowo współrzędne wektora stanu to z reguły tylko pozycja oraz kurs statku, do wyznaczenia pozostałych współrzędnych potrzebny jest obserwator estymujący prędkości jego ruchu. Habilitant zajmował się z powodzeniem projektowaniem nieliniowego obserwatora stanu, wykorzystywał także w tym celu różne wersje filtra Kalmana.

- Rozdział sił (mocy) na pędniki [3,6,9]

Problem ten występuje szczególnie w przypadku manewrowania przy małych prędkościach statkiem doposażonym w wystarczający układ pędników (*fully actuated*), głównie w zadaniu dynamicznego pozycjonowania. Chodzi tu o taki rozkład mocy na poszczególne pędniki, aby zapewnić minimalne zużycie energii przez załączone urządzenia wykonawcze. O tym, że sprawa nie jest trywialna świadczą dość złożone algorytmy tu występujące (np. [9]) jak i wiele innych prac, poświęconych temu zagadnieniu w literaturze przedmiotu.

- Planowanie trajektorii zadanej [1,2]

Generalnie do wyznaczania trajektorii zadanej najczęściej stosowane są algorytmy powstałe na bazie metod sztucznej inteligencji, takie jak: algorytm genetyczny, algorytm ewolucyjny czy algorytm mrówkowy. Jednak Habilitant proponuje autorską metodę, w której zaznacza się obszary pływania (tzw. strefy) – na których realizowane będą określone tryby operacyjne ruchu statku – jak również współrzędne punktów zwrotu. Przy wyznaczaniu punktów zwrotu brane są pod uwagę takie zagadnienia jak: warunki pogodowe, unikanie przeszkód i planowanie zadań.

Trajektoria zadana ruchu statku składa się więc z odcinków prostych, łączących kolejne punkty trasy rejsu. Zawiera również tryby pracy nadrzędnego układu sterowania.

- Zadania implementacji (badawcza platforma sprzętowa i programowa) [1]

Chodzi o implementację powyższych algorytmów zarówno w postaci symulacyjnej na komputerze(rach) (*model in the loop, hardware in the loop*), jak i na rzeczywistym obiekcie (statek). Weryfikacja opracowanych algorytmów na rzeczywistym fizycznym obiekcie, jakim jest statek zasługuje tu na szczególną uwagę, gdyż stanowi ostateczny werdykt poprawności ich działania.

Można jeszcze wymieniać szereg innych, drobniejszych, ale równie ważnych, badań i kompetencji Kandydata czy też dużą Jego erudycję w ww. temacie. Przykładami mogą być tutaj – opracowanie (zaprojektowanie) układów generacji sygnałów zadanych (kierowania) dla przypadku regulatorów Reg.1 i Reg. 5., [1,2] ale także odwoływanie się do bardzo specjalistycznych faktów teoretycznych z zakresu zaawansowanej teorii sterowania jak np. twierdzenie Brocketta [1].

Prace Kandydata wpisują się w najnowsze trendy dotyczące autonomicznych jednostek pływających. Autor w dużej mierze bazuje na badaniach i opracowaniach zespołu prof. T. Fossena, które stanowią obecnie zarówno klasykę, jak również wyznaczają kierunki badań w omawianym zakresie. Świadczy to o tym, że badania dr. M. Tomery przebiegają zgodnie z najnowszym światowym nurtem.

Uwagi krytyczne:

Pewnym brakiem jest tu fakt, że nastawy regulatorów wyznaczano w oparciu o *zidentyfikowany*, wcześniej uproszczony model statku. Ogranicza to znacznie możliwości bezpośredniej implementacji systemu na konkretnym obiekcie, gdyż problem identyfikacji parametrów złożonego modelu nie jest trywialny. Do uzyskania pełnego efektu przydałyby się algorytmy regulatorów w wersji adaptacyjnej, bez konieczności identyfikacji modelu (bądź przynajmniej odporne). Z drugiej strony patrząc, problem automatycznego strojenia wchodzi w obszar równoległego nurtu badań charakteryzującego się odrębnymi metodami i technikami. Wykraczałoby to więc znacznie poza obecny zakres badań Kandydata.

Mankamentem jest także brak, choćby niewielkiego (informacyjnego) potraktowania tematu statków niedoposażonych (*underactuated*) w wystarczającą ilość pędników, czyli takich, które posiadają tylko ster(y) pletwowy wraz ze śrubą(ami) napędową (sytuacja typowa). Problem sterowania takimi obiektami jest obecnie intensywnie badany w wielu ośrodkach.

Należałoby także, choćby skrótowo, omówić kwestię odporności systemu na zmianę parametrów lub zakłóceń zewnętrznych. Parametry modelu zostały przyjęte „na sztywno”, więc zmiana dynamiki statku (załadowany lub tylko pod balastem) wpływa oczywiście na jakość sterowania.

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

Przedstawiony do oceny zestaw 9. 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 czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w bazie Web of Science, umieszczonych na liście A MNiSW.

Zaprezentowany materiał, dokumentujący osiągnięcie naukowe dra Mirosława Tomery pt.: *Synteza i implementacja algorytmów w wielooperacyjnym układzie sterowania ruchem statku* **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 Habilitanta występują (wynikają z załączonej dokumentacji).

2. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

2.1. Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne:

W tym zakresie Habilitant umieścił swoje podstawowe (wynikające z wcześniej omówionych prac teoretycznych) osiągnięcie projektowe w wersji aplikacyjnej czyli – praktyczną realizację wielooperacyjnego układu sterowania o strukturze przełączalnej pozwalającą na zrealizowanie całej trasy rejsu statku wykorzystując przy tym obiekt w postaci fizycznego modelu zbiornikowca „Blue Lady”.

2.2. 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, Habilitant przedstawił **16 publikacji** w tym **9** z listy B MNiSW. 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 problemów modelowania i zaawansowanych algorytmów sterowania: poziomem wody w zbiornikach, algorytmów rojowych, predykcyjnych, sterowania ślizgowego, odwróconego wahadła, czy też samonastrajalnego regulatora PID, z użyciem logiki rozmytej bądź sieci neuronowej RBF. **10 publikacji** stanowi samodzielne opracowania Kandydata.

2.3. Sumaryczny Impact Factor publikacji wg listy JCR: **3,861**

2.4. Liczba cytowań wg bazy Web of Science: **97** (w tym **87** bez autocytowań)

2.5. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy WoS: **5**

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

Habilitant był **wykonawcą** dwóch projektów badawczych:

1. Projekt badawczy NCBiR : *Autonomous Vessels with Air Look*. Badania aplikacyjne w obszarze technologii nawigacji, sterowania, komunikacji i wymiany danych pomiędzy autonomicznym statkiem pływającym i statkiem powietrznym. Konsorcjum Naukowo przemysłowe: Politechnika Białostocka. Fundacja Bezpieczeństwa Żeglugi i Ochrony Środowiska w Iławie oraz firmy akademickie: Sup4NAV sp. z.o.o. i UpLogic sp. z.o.o., 2017-2020.
2. Projekt badawczy MNiSW, nr 3-T11A-024-26: *Ewolucyjne planowanie ścieżek przejść obiektu ruchomego w środowisku dynamicznym*. Akademia Morska w Gdyni, 2004-2006.

2.7. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową:

Dr Tomera był wielokrotnie laureatem Nagrody JM Rektora AM w Gdyni – w latach 2002, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017.

2.8. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych:

Habilitant przedstawił **19** pozycji referatów wygłoszonych na konferencjach: o zasięgu międzynarodowym **14** pozycji i krajowym – **5** pozycji. **7** referatów przygotował Kandydat samodzielnie natomiast jego aktywny udział w konferencjach dotyczy **8** pozycji.

3. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

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

Habilitant uczestniczył w międzynarodowym projekcie dydaktycznym umożliwiającym współfinansowanie ze środków Unii Europejskiej wyposażenia laboratorium Podstaw Automatyki w nowoczesny sprzęt dydaktyczny.

3.2. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych:

Dr M. Tomera jest członkiem Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP).

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

Aktywność dydaktyczna Habilitanta koncentruje się na prowadzeniu wykładów, ćwiczeń, laboratoriów oraz projektów z zakresu podstaw automatyki, cyfrowych układów sterowania i metod sztucznej inteligencji. W ramach wymienionych przedmiotów Kandydat opracował materiały oraz instrukcje dydaktyczne. Posiada także w dorobku jeden referat i dwa artykuły popularyzujące automatykę.

3.4 Opieka naukowa nad studentami:

Dr M. Tomera wskazuje w autoreferacie na promotorstwo **11** prac magisterskich i **16** inżynierskich, z których **4** zostały przedstawione w formie referatów na seminariach organizowanych przez Gdański Oddział PTETiS i zakończyły się publikacjami.

3.5. Opieka naukowa nad doktorantami:

Habilitant pełni aktualnie rolę promotora pomocniczego w jednym przewodzie doktorskim.

3.6. Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych:

Dr Tomera nie pełnił roli recenzenta w projektach o randze międzynarodowej i krajowej. Wykazuje natomiast aktywność w recenzowaniu publikacji w czasopiśmie (7) oraz referatów zgłoszonych na konferencje naukowe (10).

Przygotowana dokumentacja zawiera również „Inne osiągnięcia” Habilitanta, poza wyszczególnionymi działaniami zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dnia 1.09.2011r. Dotyczą one głównie Jego aktywności organizacyjnej i dydaktycznej w ramach Wydziału Elektrycznego Akademii Morskiej w formie członkostwa w komisjach Rady Wydziału oraz opieki nad studentami.

4. Ocena ogólna i wniosek końcowy

Działalność naukowa Habilitanta wnosi wkład naukowy w problematykę systemów automatycznego sterowania statkiem. Habilitant wykazał się w tym zakresie dużą wiedzą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługują walory aplikacyjne badań potwierdzone eksperymentami na obiekcie rzeczywistym. Podobnie dorobek organizacyjny i dydaktyczny Habilitanta, spełnia wymagania stawiane przy nadaniu stopnia doktora habilitowanego przez odnośne przepisy.

Podsumowując uważam, że przedstawiony dorobek naukowo-badawczy, organizacyjny jak i dydaktyczny Habilitanta, 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 dra inż. MIROSŁAWA TOMERY do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej Automatyka i Robotyka.

Zenon Zwierzewicz