

RECENZJA

osiągnięć naukowo-badawczych, aktywności naukowej oraz dorobku dydaktycznego i organizacyjnego Pani dr Jekateriny Sklyar opracowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą przygotowania recenzji jest powołanie mnie przez Radę Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, uchwałą nr 34 z dnia 14 grudnia 2023 r., na członka komisji, w charakterze recenzenta wyznaczonego przez Radę Doskonałości Naukowej, w postępowaniu habilitacyjnym dr Jekateriny Sklyar. Dokumentację związaną z procedurą habilitacyjną otrzymałem 8.01.2024 r.

2. Informacje ogólne dotyczące Habilitantki

Habilitantka jest absolwentką Uniwersytetu Charkowskiego im V.N. Karazina, gdzie w 1990 r. ukończyła studia magisterskie w specjalności *Matematyka stosowana*. W 2003 r. uzyskała stopień naukowy kandydata nauk fizyczno-matematycznych w specjalności *Równania różniczkowe* na Uniwersytecie Odeskim im. Ilji Miecznikowa. W wyniku nostryfikacji uzyskała dyplom równoważny z polskim dyplomem doktora nauk matematycznych.

Przebieg zatrudnienia kandydatki:

- 1) 1990-1999: Instytut Niskich Temperatur Akademii Nauk Ukrainy im. B. Verkina, doktorant, pracownik naukowy;
- 2) 1999-2003: Uniwersytet Szczeciński, Wydział Matematyczno-Fizyczny Instytut Matematyki, asystent;
- 3) 2003-2022: Uniwersytet Szczeciński, Wydział Matematyczno-Fizyczny Instytut Matematyki, adiunkt;
- 4) od 2022 – do chwili obecnej: Wydział Elektryczny, Katedra Automatyki i Robotyki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, adiunkt.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Głównym obszarem zainteresowań naukowych dr Jekateriny Sklyar jest znalezienie warunków odwzorowalności nieliniowych układów sterowalnych klasy C^1 na układy liniowe autonomiczne oraz na układy nieautonomiczne z macierzami analitycznymi. Jak postuluje Kandydatka, uzyskane

rezultaty w tym zakresie powinny istotnie rozszerzyć klasę systemów, do których omawiana metoda linearyzacji może być zastosowana.

3.1. Ocena cyklu publikacji będących podstawą do uzyskania stopnia doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe Habilitantka przedstawiła cykl powiązanych tematycznie publikacji wraz ze zbiorczym opracowaniem rezultatów tam zawartych, o tytule:

Rozwinięcie teorii linearyzacji nieliniowych układów sterowalnych w przypadku układów z minimalnie możliwą gładkością oraz układów niestacjonarnych.

Cykl ten obejmuje:

- [1] K.V. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, V.O. Skoryk, Conditions of Linearizability for Multi-Control Systems of the Class C^1 , Communications in Mathematical Analysis, v. 17, no 2, pp. 359-365, 2014;
- [2] K. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, Linearizability of systems of the class C^1 with multidimensional control, Systems Control Letters, v. 94, pp. 92-96, 2016;
- [3] V.I. Korobov, K.V. Sklyar, Skoryk V.O., Stepwise synthesis of constrained controls for single input nonlinear systems of special form, NoDEA Nonlinear Differential equations Appl., v. 23, no 3, Art.31, 26 pp., 2016;
- [4] K.V. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, G. Sklyar, Verification of Feedback Linearizability Conditions for Controls Sytems of the Class C^1 , Proceeding of Mediterranean 25th Conference of Control and Automation, pp. 163-168, 2017;
- [5] K. Sklyar, G.M. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, Linearizability of multi-control systems of the class C^1 by additive change of controls, Operator Theory: Advances and Applications, v. 267, pp. 359-370, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018;
- [6] K. Sklyar, On mappability of control systems with analytic matrices, Systems Control Letters, v. 134, 6 pp., 2019;
- [7] K. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, On linearizability conditions for non-autonomous systems, Advanced contemporary control, pp. 625-637, Adv. Intell Syst. Comput., AISC 1196, Springer, Cham, 2020;
- [8] K. Sklyar, S.Yu. Ignatovich, Invariants of linear control systems with analytic matrices the linearizability problem, Journal Dynamical Control Systems, v. 29, no 1, pp. 111_128, 2023;

Ocena bibliometryczna cyklu artykułów:

Na cykl ten składa się z osiem prac z lat 2014-2023 opublikowanych w czasopismach *Systems and Control Letters* (2 poz., IF= 2.742), *NoDEA Nonlinear Differential equations and Applications* (IF=1.286), *Journal of Dynamical and Control Systems* (IF=1.27), *Communications in Mathematical Analysis* (IF=0.286), oraz dwie prace w monografiach wydawnictwa Springer (z serii: Adv. Intell Syst. Comput oraz Operator Theory).

W cyklu tym znajduje się też jedna praca publikowana w materiałach konferencyjnych. Siedem z tych prac to prace współautorskie i jedna autorska, opublikowana jednak w renomowanym czasopiśmie.

Zadeklarowany udział kandydatki w trzech pracach wynosi: 80% w [3], oraz sięga 90% w [4], [5]. Natomiast w pozostałych pracach nie został wyraźnie (procentowo) określony.

Sumaryczny Impact Factor przedstawionych prac wynosi 8.04 natomiast sumaryczna liczba punktów MNiSW - 450.

Przedstawiony do oceny cykl stanowi zwarty materiał tematyczny, spełniający w mojej ocenie wymagania formalne i zawierający poprawnie metodycznie rozwiązanie ważnych problemów naukowo-badawczych w obszarze teorii sterowania. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w liczących się czasopismach naukowych [2,3,6,8] o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w bazie Web of Science (WoS), umieszczonych na liście Journal Citation Reports (JCR). Sumaryczne wyniki bibliometryczne cyklu nie należą do najwyższych, niemniej jednak tematyka prac, implikująca skomplikowane rozważania teoretyczne, wymagające znaczącej kompetencji, biegłości i swoistego matematycznego kunsztu, zasługują na wysoką ocenę.

Ocena merytoryczna osiągnięć naukowych opisanych w cyku artykułów:

Przedstawiony przez Habilitantkę cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych dotyczy Jej osiągnięć w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, w zakresie badań pewnych klas nieliniowych, sterowalnych układów dynamicznych, a w szczególności problemu ich linearyzacji. Przeglądowy opis osiągnięcia Kandydatki został przedstawiony w załączniku 4 (załączonej dokumentacji) pod wyżej przytoczonym (sekcja 3.1) tytułem.

Ponieważ znanych jest co najmniej kilka, różnych metod linearyzacji ww. układów, Autorka wybrała metodę linearyzacji, która zachowuje oryginalne własności badanego układu nieliniowego tj. linearyzację wykorzystującą zamianę zmiennych stanu układu oraz sterowania. Metoda ta jest często zwana linearyzacją dokładną (*exact linearization*) bądź linearyzacją wykorzystującą sprzężenie zwrotne (*feedback linearization*).

Wykorzystanie sprzężenia zwrotnego w celu transformacji nieliniowych modeli na liniowe, jest jedną z częściej stosowanych idei w praktycznym projektowaniu sterowania systemami nieliniowymi.

Chociaż wiadomo, że pewna klasa nieliniowych układów sterowania może być linearyzowana w powyższy sposób, to jednak ze względu na atrakcyjność metody (zachowanie własności układu oryginalnego) powstaje pytanie o możliwość rozszerzenia tej klasy przez np. osłabienie założeń istniejących tu twierdzeń. W szczególności chodzi o to, aby ograniczyć wymaganie co do stopnia (klasy) gładkości funkcji definiujących badany system. Jednym z rezultatów Kandydatki w tym zakresie jest Twierdzenie 3, którego założenia, w odróżnieniu od znanych odnośnych twierdzeń, wymagają tylko minimalnej klasy gładkości (kl. C^1).

W zależności od postaci otrzymanego systemu liniowego oraz użytej zamiany sterowania, Autorka definiuje różne rodzaje linearyzowalności jak: F-linearyzowalność, P-linearyzowalność oraz A-linearyzowalność, otrzymując różne warianty odnośnych Twierdzeń (Tw.4, Tw.5).

Do podstawowych metod badania analizowanych systemów, w tym dowodzenia twierdzeń, wykorzystuje Kandydatka, obok technik równań różniczkowych zwyczajnych, także metody geometrii różniczkowej, a w szczególności, powszechnie stosowany tu aparat *geometrycznej teorii sterowania* w postaci nawiasów Liego.

W publikacjach [1],[2] Autorka bada ogólniejszy problem odwzorowania nieliniowych układów klasy C^1 ze sterowaniem *wielowymiarowym*, podając stosowne kryteria: F-linearyzowalności oraz A-linearyzowalności dotyczące tego przypadku.

Kolejną generalizacją koncepcji linearyzowalności był problem odwzorowania nieliniowych niestacjonarnych (*time varying*) układów sterowania na układy liniowe niestacjonarne z macierzami analitycznymi [6], [7]. Istotną rolę w sformułowaniu i dowodzeniu właściwych tutaj twierdzeń stanowi tzw. postać bezdryfowa (*driftless*) badanego układu, na którą wstępnie jest

on odwzorowywany. Definiuje się tutaj także funkcję wektorową, której współrzędne stanowią istotny dalej zbiór niezmienników. Pokazano, że warunkiem odwzorowalności układu jest, oprócz tradycyjnych warunków geometrycznych, posiadanie przez układ określonego zbioru niezmienników, będących funkcjami meromorficznymi czasu.

Warunki odwzorowalności danego układu nieliniowego niestacjonarnego na zadany układ liniowy niestacjonarny sformułowano w Twierdzeniach 14 i 15. Oznaczają one między innymi, że wyjściowy układ powinien posiadać zbiór niezmienników układu, na który się on odwzorowuje. Końcowym wynikiem tych rozważań jest Tw.17, jako warunek lokalnej, analitycznej linearyzacji [8].

Ostatnim z rozważanych zagadnień jest synteza "Krok po kroku" [3]. Chodzi tutaj o kawałkami ciągłą syntezę sterowania dla układów nieliniowych, które są odwzorowywane na układy specjalnej postaci blokowej za pomocą zamiany zmiennych. Pokazano zastosowanie tych twierdzeń na przykładzie podwójnego wahadła.

Przytoczone w osiągnięciu twierdzenia są w zasadzie twierdzeniami 'o istnieniu' (tutaj przekształcenia linearyzującego), i jest to fakt istotny i ważny teoretycznie. Jednak w pracy [4] prezentuje Autorka możliwość konstrukcyjnej weryfikacji warunków F-linearyzacji czyli istnienia właściwego przekształcenia.

Z praktycznego punktu widzenia kluczową wydaje się (obok kwestii istnienia) także sprawa uzyskania (konstrukcji algorytmu) samego przekształcenia linearyzującego, od czego już tylko drobny krok do syntezy sterowania wypełniającego założone (wymagane) specyfikacje. Wprawdzie w niektórych z podanych przykładów pokazano sposób uzyskania takiego przekształcenia, ale nie jest jasne na ile jest to metoda ogólna.

Biorąc pod uwagę fakt, że w praktycznym projektowaniu syntezy sterowania dochodzą np. kwestie niedokładności opisu (modelowania) czy obserwacji stanu systemu widać, że rezultaty cyklu pełnią rolę stricte teoretycznych, dość odległych od rzeczywistych, konstruktywnych metod projektowania.

Dlatego do pewnych słabości osiągnięcia (w kontekście inżynierskim) można zaliczyć fakt braku przykładów aplikacyjnych uzyskanych rezultatów w postaci ich zastosowań do rzeczywistych, sterowanych obiektów lub procesów technicznych.

Podane w opisie przykłady, o dość uproszczonym kontekście fizycznym (uwzględniające głównie kinematykę), mają raczej charakter ilustracyjny odnośnie subtelności w stosowaniu warunków podanych twierdzeń, abstrahujący od problemów stricte inżynierskich.

Podsumowując dorobek naukowy przedstawiony w osiągnięciu, należy stwierdzić że jest on istotny i ważny teoretycznie. Mankamentem są tu jednak skromne wyniki bibliometryczne, jak również zbyt mała liczba odniesień (bądź przykładów praktycznych) do rzeczywistych metod projektowania w systemach technicznych.

3.2. Ocena pozostałego dorobku naukowego, projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego

Poza artykułami wchodzącymi w skład cyklu publikacji przedstawionego w punkcie 3.1, Habilitantka jest Autorką lub współautorką 29 publikacji naukowych w tym: - 4 rozdziałów w monografiach naukowych, 10 artykułów w czasopiśmie, 15 referatów na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych.

Ogólny dorobek bibliometryczny Habilitantki według bazy WoS to 9 publikacji, 27 cytowań (12 bez autocytowań) oraz indeks Hirscha, $H=3$. Analogiczne dane wg Scopusa to: 14, 56(17), $H=4$.

Sumaryczny Impact Factor dorobku wg WoS wynosi 15,0. Natomiast liczba punktów MNiSW (punktacja zgodna ze stanem na dzień wysyłania wniosku) - 960.

4. Ocena aktywności naukowej

Do aktywności naukowej Kandydatki można zaliczyć:

- udział, w charakterze członka, w Komitecie organizacyjnym i **programowym** cyklicznej konferencji *International Conference Differential Equations and Control Theory*, która odbyła się pięciokrotnie w różnych miejscach, w Polsce i Ukrainie,
- uczestnictwo w charakterze wykonawcy lub badacza w pracach zespołów realizujących projekty krajowe (1) oraz międzynarodowe (3),
- uczestnictwo w siedmiu programach europejskich i międzynarodowych w charakterze współorganizatora lub/i wykładowcy kursów oraz warsztatów naukowych (np. *Wstęp do teorii Optymalizacji, Modele optymalizacyjne w ekonomii*).

Podsumowując ten punkt należy w szczególności podkreślić znaczące zaangażowanie Kandydatki w międzynarodowych zespołach i programach badawczych.

5. Inne osiągnięcia, w tym osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzacji nauki oraz nagrody

Jako nauczyciel akademicki Habilitantka ma szereg osiągnięć dydaktycznych takich jak:

- przygotowanie i prowadzenie zajęć z 15 przedmiotów na Wydziałach: Matematyczno-Fizycznym, Ekonomii, Finansów i Zarządzania oraz Biologii – Uniwersytetu Szczecińskiego, jak również 3 przedmiotów na Wydziałach: Elektrycznym i Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego,
- wypromowanie 15 magistrów oraz 6 licencjatów,
- przeprowadzenie cyklu wykładów *Wstęp do teorii optymalizacji*, wygłoszonych w Narodowym Uniwersytecie Technologicznym w Charkowie (Ukraina), w ramach programu Erasmus+, 2016,
- przeprowadzenie cyklu wykładów *Modele optymalizacyjne w ekonomii* wygłoszonych w Czerniowieckim Uniwersytecie Narodowym im. J. Fedkowycza (Ukraina), w ramach programu Erasmus+, 2019.

Habilitantka ma również osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki:

- udział w projekcie “As kompetencji”, dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego, 2009-2012,
- uczestnictwo w projekcie pt. “Studiowanie matematyki może być atrakcyjne”, dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego, 2011-2013,
- wielokrotne wyjazdy z wykładami naukowo-popularyzacyjnymi do gimnazjów, w różnych miejscowości Województwa Zachodniopomorskiego.

Do osiągnięć organizacyjnych Habilitantki można zaliczyć:

- funkcja pełnomocnika Rektora do spraw koordynowania wymiany międzynarodowej studentów i wykładowców na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego, w tym programu Erasmus w latach 2015-2022;

- udział w przygotowaniu umowy o współpracy między Uniwersytetem Charkowskim im. W.N. Karazina (Ukraina), a Uniwersytetem Szczecińskim, 2013;
- udział w przygotowaniu umowy o współpracy między Czerniowieckim Uniwersytetem Narodowym im. J. Fedkowycza (Ukraina), a Uniwersytetem Szczecińskim, 2019;
- organizacja i podpisanie umów o wymianie studentów i wykładowców w ramach programów Erasmus i Erasmus+, między Wydziałem Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego i odpowiednimi Wydziałami ośmiu zagranicznych Uniwersytetów (w Ukrainie (3), Portugalii, Hiszpanii, Turcji i Albanii);
- członkostwo w Komitecie **organizacyjnym** międzynarodowej konferencji *Differential Equations and Control Theory* (DECT), organizowanej na przemian w Polsce i Ukrainie, dofinansowanej ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Doskonała Nauka”, 2016-2019.

Za swoją działalność naukową Habilitantka otrzymała nagrody Rektora:

- indywidualna nagroda Rektora Uniwersytetu Szczecińskiego drugiego stopnia, za szczególne osiągnięcia naukowe (14.10.2003).
- indywidualna nagroda Rektora Uniwersytetu Szczecińskiego drugiego stopnia, za szczególne osiągnięcia naukowe (14.10.2017).

4. Ocena ogólna i wniosek końcowy

Podsumowując uważam, że działalność naukowa Habilitantki wnosi znaczący wkład w rozwój teoretycznych podstaw systemów sterowania automatycznego, który mieści się w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Habilitantka wykazała się w tym zakresie znaczną wiedzą, umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, a także istotnym zaangażowaniem w aspekcie współpracy w zespołach międzynarodowych. Podobnie dorobek organizacyjny i dydaktyczny Habilitantki, spełniają wymagania stawiane przy nadaniu stopnia doktora habilitowanego przez odnośne przepisy.

Uważam, że przedstawiony dorobek naukowo-badawczy, organizacyjny jak i dydaktyczny Habilitantki, spełnia wymagania wynikające z wytycznych obowiązującej ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. W oparciu o przedstawione powyżej oceny, wnoszę o dopuszczenie dr Jekatieriny Sklyar do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Zenon Zwierzewicz

