



Politechnika Łódzka

Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej

Marek Galewski, dr hab., prof. uczelni

Prodziekan ds. kształcenia Wydział FTIMS

Za-ca Przew. Rady Naukowej IDS PŁ

Instytut Matematyki PŁ, Wydział FTIMS

Recenzja wniosku habilitacyjnego

**OPTIMALIZACJA WYBRANYCH UKŁADÓW STEROWANIA Z OPERATORAMI
NIECAŁKOWITEGO RZĘDU**

Złożonego przez Pana dra *Rafała Kamockiego*

Dr Rafał Kamocki z Wydziału Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Łódzkiego jest matematykiem zajmującym się zastosowaniem metod teorii sterowania optymalnego w badaniu zagadnień optymalizacyjnych w których dynamika opisywana jest przez równania i układy równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych zawierających różnego typu pochodne ułamkowego rzędu z odpowiednio dobranym funkcjonałem kosztu oraz, zwłaszcza w ostatnim okresie, badaniem zadań sterowania opisywanych przez ułamkowy laplasjan.

Dr Kamocki jest związany od początku swojej kariery naukowej z WMiI UŁ, gdzie uzyskał zarówno tytuł magistra w 2004, jak i stopień doktora (z wyróżnieniem) w 2012. W obu przypadkach promotorem był Prof. Idczak, z którym Dr Kamocki nadal współpracuje naukowo. Dr Kamocki był również zatrudniony w innej szkole wyższej, ale na stanowisku dydaktycznym. Obszar badawczy Dra Kamockiego wpisuje się w tematykę rozważaną w Katedrze Równań Różniczkowych i Informatyki UŁ i związaną z teorią sterowania optymalnego, nieliniowej optymalizacji, metod wariacyjnych, metod badania poprawności w sensie Hadamarda dla równań różniczkowych.



Ocena osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe przedłożone do Rady Naukowej jest złożone z wymienionych poniżej prac:

[H1] D. Idczak, R. Kamocki, M. Majewski, S. Walczak, Existence of optimal solutions to Lagrange problems for Roesser type systems of the first and fractional orders, *Applied Mathematics and Computations* 266, (2015), 809-819;

[H2] R. Kamocki, D. Idczak, *Existence of optimal solutions to Lagrange problem for a nonlinear control system with Riemann-Liouville derivative*, *Mathematical Control and Related Fields* 7(3), (2017), 449-464;

[H3 ^a] R. Kamocki, *A nonlinear control system with a Hilfer derivative and its optimization*, *Nonlinear Analysis: Modelling and Control* 24(2), (2019), 279-296;

[H3 ^b] R. Almeida, R. Kamocki, A.B. Malinowska, T. Odziejewicz, *Optimal leader-following consensus of fractional opinion formation models*, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 381 (2021) 112996;

[H4] R. Almeida, R. Kamocki, A.B. Malinowska, T. Odziejewicz, *On the necessary optimality conditions for the fractional Cucker-Smale optimal control problem*, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 96, (2021) 105678

[H5] R. Kamocki, *Optimal control of a nonlinear PDE governed by fractional Laplacian*, *Applied Mathematics and Optimization* 84(suppl. 2), (2021), 1505-1519.

Powyższe osiągnięcie uzupełnia dorobek naukowy w postaci ponad dwudziestu publikacji w czasopismach z bazy JCR oraz pewnej liczby prac zamieszczonych w materiałach pokonferencyjnych (wg wykazu osiągnięć). Dr Kamocki dodatkowo wskazuje następujące dwie prace, których zawartość pozwala zrozumieć stosowany w osiągnięciu aparat matematyczny związany z pochodną ułamkową:

[P1] R. Kamocki, *A new representation formula for the Hilfer fractional derivative and its application*, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 38, (2016), 39-45;

[P2] D. Idczak, R. Kamocki, M. Majewski, *Nonlinear continuous Fornasini-Marchesini model of fractional order with nonzero initial conditions*, *J. Integral Equations Applications* 32(1), (2020), 19-34.

Autoreferat dra Kamockiego zawiera precyzyjny i obszerny opis prac wchodzących w skład osiągnięcia. Dr Kamocki dobrze wyjaśnia zarówno motywacje kierujące w podejmowaniu tematyki badawczej, oraz główne trudności wynikające ze stosowania proponowanego aparatu badawczego. Stąd też pomijam ich opis skupiając się na ocenie znaczenia i potencjału badawczego. Techniki badawcze przyjęte przez Dra Kamockiego są dobrze rozpoznane w obszarze klasycznego sterowania optymalnego, ale Dr Kamocki stosuje je do nowych zagadnień we właściwy sposób podając ewentualnie pewne modyfikacje istniejących narzędzi teoretycznych dostosowanych do rozważanego problemu. W tym kontekście za najciekawsze uważam wyniki z pracy [P2], gdzie wprowadzone są w sposób ścisły i precyzyjny odpowiednie pochodne ułamkowe cząstkowe.

Prace stanowiące osiągnięcie naukowe opublikowane są w dobrych czasopismach o wysokim współczynniku Impact Factor. Tzw. współczynniki bibliometryczne dra Kamockiego na tym etapie kariery naukowej są bardzo dobre. Dokładana analiza cytowań wskazuje na istotne zainteresowanie wynikami Habilitanta, w tym poza środowiskiem lokalnym. Może mieć to związek z podejmowaniem precyzyjnej analizy matematycznej pojęć związanych z pochodnymi ułamkowego rzędu, odpowiednim umiejscowieniem ich w języku przestrzeni funkcyjnych. W porównaniu do zalewu prac powiązanych z wykorzystaniem pochodnych ułamkowych, prace w których uczestniczył Dr Kamocki sprawiają dobre wrażenie. Dziwi mnie natomiast uwzględnienie pracy [H3^a] w osiągnięciu. Stanowi ona proste przeniesienie wcześniej uzyskanych wyników dotyczących optymalizacji problemu nieliniowego na przypadek pochodnej Hilfera w przypadku omawianym przez dra Kamockiego w pracy [P1]. W tym kontekście jest to dość łatwy wynik, uzyskany po odpowiednich przekształceniach formalnych, który być może możliwy jest do zaprezentowania na konferencji, ale na niekoniecznie w osiągnięciu habilitacyjnym. Wyniki opisane w pracy [P1] stawiają pochodną Hilfera we właściwym świetle w kontekście potencjalnych zastosowań do równań poprzez opis odpowiednich klas funkcyjnych. Mam również mieszane odczucia odnośnie prac [H3^b] [H4] dotyczących optymalizacji klasycznego modelu Cuckera-Smale'a przeniesionego na przypadek wykorzystania pochodnej ułamkowego rzędu. Samo ujęcie optymalizacyjne oraz wyciągane wnioski są ciekawe dla tego typu układów rozumianych jako obiekty matematyczne. Mam jednak pewne obawy, czy w istocie pochodne

ułamkowe wnoszą w przypadku tych modelu nowatorskie ujęcie. Powstaje zresztą ogólne pytanie, czy włączanie pochodnej ułamkowej do jakiegokolwiek znanego modelu wykorzystującego klasycznie rozumiane pochodne istotnie go rozszerza, czy raczej jest jedynie pretekstem do uzyskiwania nowych wyników teoretycznych. Czasem – jak choćby w przypadku modelu SIR – przepisywanie modelu na przypadek pochodnych ułamkowych prowadzi do absurdu. Dr Kamocki stawia hipotezę potwierdzaną następnie numerycznie, iż w badanych w osiągnięciu przypadkach wprowadzenie pochodnej ułamkowej w modelu pozwala na odpowiednie uwzględnienie efektu pamięci.

Za najciekawszy i potencjalnie najbardziej inspirujący uważam nurt związany z pracą [H5], gdzie badana jest optymalizacja układu opisywanego przez ułamkowy laplasjan wprowadzony przez Idczaka przy wykorzystaniu technik analizy spektralnej. Dr Kamocki ma dodatkowy wynik w tej tematyce badawczej, praca [22] ze spisu publikacji. Tego typu zagadanie pozwalają na bezpośrednie stosowanie aparatu analizy funkcjonalnej, analizy spektralnej oraz na nietrywialne przeniesienie wcześniej używanych technik badawczych. Wydaje się to bardziej perspektywiczne niż badanie różnych wariantów pochodnej ułamkowej.

Znaczna część wyników zarówno tych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, jak i tych należących do pozostałego dorobku naukowego, powstała w wyniku współpracy z innymi matematykami zarówno bardziej zaawansowanymi (D. Idczak, R. Almeida, A. Malinowska, M. Majewski), jak i matematykami znacznie mniej zaawansowanymi (T. Odziejewicz, C. Obczyński).

Analizując prace naukowe dra Kamockiego zarówno te powstałe w czasie przygotowywania rozprawy doktorskiej i z nią bezpośrednio związane, jak i pracy zawodowej na stanowisku adiunkta obserwuje się pewne stopniowe poszerzanie zarówno technik jak i zainteresowań badawczych. Takie poszerzanie spektrum metod badawczych dobrze świadczy o sposobie pracy Habilitanta. Prace są redagowane starannie, niestety niekiedy sporą ich część zajmuje materiał przygotowawczy, cytowane z literatury rezultaty pomocnicze oraz preliminaria. Jest to jednak zgodne z ostatnio obserwowanym stylem pisania. Z opisu udziału w przygotowywaniu prac, można łatwo odczytać wkład habilitanta. Wkład ten można uznać jako znaczny, chociaż jedyną pracą samodzielną mającą

istotne wyniki naukowe jest [H5]. Oceniając jednak dorobek całościowo oraz uwzględniając pewną ilość prac samodzielnych, można uznać, iż jest on wystarczający. Obecnie większość prac w dyscyplinie matematyka powstaje we współpracy w zespołach badawczych. Stąd prace samodzielne są rzadkością.

Ocena pozostałego dorobku i aktywności naukowej

Pozostały dorobek dra Kamockiego skupiony jest wokół badań związanych z równaniami opisywanymi pochodną ułamkowego rzędu (w tym cząstkowymi), warunkami koniecznymi i dostatecznymi optymalności dla zagadnień nieliniowych, wariantami zasady maksimum Pontriagina w przypadku zadań optymalizacyjnych opisywanych równaniami zawierającymi pochodną ułamkową, czy wreszcie badaniem ciągłej zależności od parametru. Podobnie jak prace wchodzące w skład osiągnięcia, były one publikowane w czasopismach o zasięgu ponad-lokalnym o dobrym współczynniku IF, ale i w tomach pokonferencyjnych. Poruszane w tych pracach zagadania bądź stanowią materiał przygotowawczy do prezentowanego osiągnięcia (pod tym kątem rozumiem badanie ciągłej zależności od parametru), bądź są jego uzupełnieniem i kontynuacją jak choćby praca [22] wzmiankowana wcześniej.

Dr Kamocki publikuje regularnie, prace są pisane starannie, czasopisma odpowiednio dobrane do tematyki. Dodatkowo dr Kamocki unika wydawnictw uznawanych za drapieżne.

Dr Kamocki brał udział w wielu konferencjach i ten aspekt nie budzi żadnych wątpliwości. Zadowolająca jest aktywność jako recenzenta, co świadczy o tym, iż wyniki dra Kamockiego są dostrzegane w środowisku.

Dr Kamocki odbył jedną wizytę naukową poza Polską, czego efektem jest pewien zestaw wyników dotyczących numerycznego obliczania pochodnych ułamkowych. Wizyty w filii Politechniki Warszawskiej, czyli jednostce z natury rzeczy dydaktycznej, nie powinno się kwalifikować jako stażu naukowego (mimo poprawnego formalnego aspektu tej wizyty).

Należy docenić aktywność dra Kamockiego w pozyskiwaniu oraz udziale w pracach projektów badawczych. Ten aspekt również nie budzi żadnych zastrzeżeń.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Działalność organizacyjną oceniam pozytywnie, natomiast działalność dydaktyczną i związaną z popularyzacją nauki bardzo pozytywnie. Dr Kamocki prowadzi zajęcia dydaktyczne związane z wykorzystaniem technik informatycznych i numerycznych, co przekłada się na uwzględniania aspektu numerycznego w pracy naukowej. Dr Kamocki nie unika promowania prac licencjackich ani magisterskich.

Konkluzja

Podsumowując, stwierdzam, pomimo opisywanych uwag natury krytycznej, iż zarówno osiągnięcie naukowe, jak i pozostały dorobek Doktora Rafała Kamockiego zarówno naukowy jak i organizacyjny spełniają w stopniu wystarczającym wymagania ustawowe i zwyczajowe i stanowią wkład do uprawianej dziedziny naukowej. Wnioskuje zatem o **nadanie** Panu Doktorowi Rafałowi Kamockiemu stopnia doktora habilitowanego.

Lodz 22.01.2024

Andrzej Galenki