

dr hab. inż. Stanisław Kachel, prof. uczelni
Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa,
Instytut Techniki Lotniczej
00-908 Warszawa ul. Gen. S. Kaliskiego 2

Warszawa, dn. 15.07.2024r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pt.:

„Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami” oraz istotnej aktywności naukowej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna dr. inż. Jerzego GRAFFSTEIN

Formalną podstawą opracowania recenzji było pismo Dyrektora Naukowego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej (pismo nr MAA-521/67/2024 z dnia 30 kwietnia 2024 r.) w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna wszczętym na wniosek Pana dr. inż. Jerzego Graffstein w dniu 30 listopada 2023 r. Podstawę merytoryczną stanowiły dokumenty opracowanego przez Kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego zawarte we Wniosku do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Sporządzona recenzja została opracowana na podstawie dostarczonych dokumentów przez Dyrektora Naukowego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej dr. hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk:

- kopii dyplomu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Mechanika,
- autoreferatu,
- monografii pt. „Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami” stanowiącą podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.
- artykuły naukowe powiązane tematycznie wspierające w/w monografię,
- wykazu opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacji o współpracy naukowej i popularyzacji nauki.



Stwierdzam, że dokumenty te stanowią zbiór informacji w pełni wystarczających do opracowania niniejszej recenzji.

1. Sylwetka habilitanta

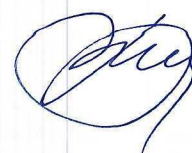
1.1. Wykształcenie, Przebieg pracy zawodowej

Dr inż. Jerzy Graffstein urodził się 22 kwietnia 1958 r. w Warszawie. W 1984 roku ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej (PW) i uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera w specjalności lotnictwo praca magisterska pt. „Projekt koncepcyjny autopilota adaptacyjnego przeznaczonego do śmigłowca klasy W-3”, promotor dr inż. Jerzy Gałaj. W 1999 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych broniąc rozprawę pt.: „Modelowanie i symulacja numeryczna dynamiki sterowanego autonomicznie samolotu bezpilotowego w locie programowym” na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Jerzy Maryniak. Habilitant jest zatrudniony w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Centrum Technologii Bezzałogowych, Dział Awioniki, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa na stanowisku adiunkta, a od roku 2020 po reorganizacji Instytutu na stanowisku Głównego Specjalisty ds. Badawczych.

1.2. Badania i dorobek publikacyjny

Tematyka prac badawczych, którymi w głównej mierze zajmował się habilitant dotyczy opracowania i wykonania algorytmów automatycznego unikania kolizji przez samolot i analiza funkcjonalna ich na drodze symulacji komputerowych. Szczegółowe badania naukowe powiązane są z identyfikacją modeli ruchu statków powietrznych, a w szczególności opracowywania bardziej efektywnych metod identyfikacji, algorytmów automatycznego sterowania statkiem powietrznym realizującym manewr antykolizyjny oraz symulacyjne badania pod kątem wrażliwości na parametryczną niepewność modelu sterowanego obiektu. Badania Habilitant prowadził zarówno na modelach symulacyjnych, jak i obiektach podczas realizowanych prac badawczych, co doskonale wpisuje się w nurt teoretyczny i doświadczalny.

Stwierdzam, że Habilitant jest autorem, bądź współautorem 61 publikacji, z czego 31 opublikowanych było indywidualnie w czasopiśmie naukowych o różnym zasięgu, zaś w 30. publikacjach był współautorem o różnym zasięgu krajowym i międzynarodowym w materiałach pokonferencyjnych. W przypadku zgłoszonych publikacji do oceny udział Habilitanta przy ich powstaniu był dominujący i bardzo znaczący. W tym kontekście



szczególnie istotny jest fakt, że dwa spośród tych artykułów zostały opublikowane w czasopismach należących do prestiżowych periodyków z zakresu Mechaniki Lotu, systemów sterowania (*Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*). Publikacje udostępnione przez Habilitanta cieszą się zainteresowaniem naukowym, co przekłada się na wskaźniki bibliograficzne jak na osobę ubiegającą się o stopień doktora habilitowanego (stan na 10.06.2024 r.):

- cytowania wg bazy Web of Science - 13
- cytowania wg Google Scholar – 127
- index Hirscha wg bazy Web of Science: 2

Należy stwierdzić, że publikacje, których autorem lub współautorem jest Habilitant znalazły się w grupie artykułów stanowiących wartość dodaną w naukowej dyscyplinie inżynieria mechaniczna (1T, 2T, 3T, 4T wg Wykazu Osiągnięć):

Graffstein J., Spatial motion of the aircraft manoeuvring to avoid moving obstacle, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Vol 54, No 1, PTMTiS, Warszawa, 2016, pp. 99-103, (impact factor w roku wydania: 0.927 , udział wynosi 100%).

Graffstein J., Masłowski P., Sensitivity of automatic control of emergency manoeuvre to parametric uncertainty of the airplane model, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, Vol. 91 Issue: 3, 2019, pp. 407-419, (impact factor w roku wydania: 1.162, udział 90%).

Graffstein J., Optimal flight trajectory synthesis for an anti-collision manoeuvre performed within environment of moving obstacles, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2021, (impact factor w roku wydania: 1.285, udział wynosi 100%).

Graffstein J., A method for gain factors sensitivity estimation in automatic stabilization due to model uncertainty, *Monografia „Scientific Aspects of Unmanned Mobile Vehicle” PTMTS, Kielce, 2010, pp. 73-89, (udział wynosi 100%).*

a sześć spośród nich (5T, 6T, 7T, 8T, 9T,10T) wg Wykazu Osiągnięć) stanowi doskonałe uzupełnienie wiedzy, nowego podejścia do rozwiązania trudnego i mocno skomplikowanego obszaru dotyczącego bezpieczeństwa ruchu lotniczego opartego o naukowe i inżynierskie rozwiązania:

Graffstein, J., Selected aspects of automatic maneuver control to avoid moving obstacles resulting from the simulation analysis of the course of aircraft movement, *Monografia pt: “Advances in Intelligent Systems and Computing, - Challenges in Automation, Robotics and Measurement Techniques”, Vol 440 Springer, 2016, pp. 127-139, (udział wynosi 100%).*



Graffstein J., Functioning of air anti-collision system during test flight, *Aviation, Taylor & Francis Group Vilnius Gediminas Technical University, Vol. 18, 2014, pp. 44-51, (udział wynosi 100%)*.

Graffstein J., Sposób wyboru optymalnej trajektorii lotu manewru antykolizyjnego realizowanego w otoczeniu ruchomych przeszkód, *Pomiary Automatyka Robotyka, Nr 4, Warszawa, 2018, str. 5-11, (lista B MNiSzW -20 pkt), (udział wynosi 100%)*.

Graffstein J., Manewr omijania zagregowanej grupy przeszkód poruszających się w otoczeniu samolotu, *Pomiary Automatyka Robotyka, Nr 1, Warszawa, 2021, str. 5-12, (lista B MNiSzW – 20 pkt), (udział wynosi 100%)*.

Graffstein J., Wpływ dynamiki samolotu i jego stanu lotu na bezpieczeństwo wykonania manewru ominięcia ruchomych przeszkód, *Pomiary Automatyka Robotyka, Nr 1, Warszawa, 2022, str. 33-39, (lista B MNiSzW – 70 pkt), (udział wynosi 100%)*.

Graffstein J., Sposób wykorzystania matematycznych modeli do przygotowania i weryfikacji automatycznie sterowanego manewru omijania ruchomych przeszkód, *Pomiary Automatyka Robotyka, Nr 1, Warszawa, 2023, str. 51-59, (lista B MNiSzW – 100 pkt), (udział wynosi 100%)*.

Na szczególne uznanie zasługuje przedstawiona w dorobku naukowym Habilitanta monografia pod tytułem „*Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami*”, w której Autor jasno określił tezę dla swojego obszaru badań, a która dotyczy wpływu dynamiki samolotu oraz jego stanów lotu na przebieg manewrów antykolizyjnych i ich poziom bezpieczeństwa. Autor dowodzi postawioną tezę poprzez wykonaną analizę wyników z cyfrowych symulacji realizowanych przez statek powietrzny w czasie manewrów unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami. Głównym elementem dodanym przez Habilitanta do naukowej dyscypliny inżynieria mechaniczna jest wykonanie opisu matematycznego wzajemnych relacji pomiędzy samolotem a ruchomą przeszkodą oraz rzetelnie wykonana analiza wyników z symulacji ruchu samolotu podczas automatycznie wykonywanych manewrów antykolizyjnych. Realizacja celu badań wymagała opracowania metody wyliczania optymalnej trasy samolotu zapewniającej bezpieczne i efektywne omijanie ruchomych przeszkód. Rozwiązanie zadania uzyskano metodą wielokryterialnej optymalizacji poprzez opracowanie adekwatnego wskaźnika jakości i doboru występujących w nim współczynników wagowych. Autor podkreśla, że na jakość przebiegu automatycznie wykonywanego manewru antykolizyjnego miał wpływ poprawnie przeprowadzony dobór regulatora i jego symulacyjna weryfikacja w różnych fazach lotu i zróżnicowanych przebiegach zmiennych stanu i sterowania.

Spośród badań prowadzonych przez Habilitanta warto również podkreślić prace naukowe z zakresu Mechaniki Lotu i Teorii Sterowania będące w bezpośrednim związku z monotematycznym cyklem artykułów. Opracowane przez Habilitanta algorytmy układów stabilizacji obiektów stanowią wartość dodaną w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna. Działania te zostały czterokrotnie nagrodzone przez Dyrektora Instytutu Lotnictwa w Warszawie.

1.3. Uznanie w środowisku naukowym

Habilitant jest rozpoznawalnym w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym, którego wyrazem jest m.in. jego aktywność w międzynarodowych projektach badawczych, w których był kierownikiem tematycznym ze strony polskiej w następujących projektach europejskich:

Safe Automatic Flight Back and Landing of Aircraft (SOFIA), nr. AST5-CT-2006-030911, wykonany w latach 2006-2009;

Enhanced RPAS Automation (ERA), nr. A-1426-GP-RPAS, wykonany w latach 2016-2020;

co zasadniczo spełnia wymagania udziału, kierowania projektami badawczymi. Habilitant jest aktywnym recenzentem w dziewięciu międzynarodowych periodykach naukowych między innymi w *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, w którym recenzował aż osiem artykułów.

Należy stwierdzić, że Habilitant nie odbył bezpośrednio staży naukowych zagranicznych, ale fakt ten wynika ze specyfiki działalności Instytutu, w którym Habilitant pracował, jednak pośrednio należy zaliczyć zagraniczny staż naukowy poprzez pracę w zespołach realizujących międzynarodowe projekty badawcze – spełnia wymagania. Podkreślenia wymaga również współpraca naukowa w programach międzynarodowych:

- Europejski program lotniczy *Clean Sky*;
- *Safe Automatic Flight Back and Landing of Aircraft (SOFIA)*.

Należy zauważyć, że o uznaniu Habilitanta na tle naukowych osiągnięć w zakresie krajowym i międzynarodowym świadczy fakt wygłoszenia przez niego wykładu na *Kongresie Lotniczym i Kosmonautycznym* w Ciedynie 2019 r.

W przypadku krajowej aktywności naukowej i pośrednio organizacyjnej Habilitanta warto podkreślić jego rolę, jako wielokrotnego uczestnika (od 2016 roku) polskiej konferencji *Naukowo-Technicznej Automatyzacja – Nowości i Perspektywy AUTOMATION, PIAP*,

Warszawa, konferencji poświęconej zagadnieniom mechatronicznym, mechanicznym i eksploatacji maszyn i urządzeń.

1.4. Fundusze badawcze, kierowanie zespołami badawczymi

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant brał udział w szeregu projektów badawczych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna, pełniąc w nich różne role:

w projekcie „*Safe Automatic Flight Back and Landing of Aircraft*” (SOFIA), nr. AST5-CT-2006-030911, wykonany w latach 2006-2009 pełnił rolę wykonawcy zadania, zaś w projekcie „*Enhanced RPAS Automation* (ERA), nr. A-1426-GP-RPAS, wykonany w latach 2016-2020, pełnił funkcję kierownika, co świadczy o jego znaczącej roli w procesie kierowania zespołami badawczymi.

Należy stwierdzić, że Habilitant uczestniczył w realizacji 17 projektów badawczych gdzie 6. kierował, a w 11. projektach był wykonawcą. Uważam, że ten element Habilitant spełnił z naddatkiem.

1.5. Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne

Stwierdzam, że Habilitant wykazuje również aktywną postawę na polu organizacyjnym (choć nie zostało to uwypuklone w zamieszczonych dokumentach przez Habilitanta). Szczególnie warto podkreślić jest tu aktywny udział w polskich konferencjach między innymi konferencji Mechanika w Lotnictwie organizowanej przez Politechnikę Warszawską w której Habilitant brał udział jako prelegent i tu należy stwierdzić, że wygłoszenie referatu o postępach w rozwoju lotnictwa w obszarze systemów sterowania w gronie ekspertów lotnictwa jest nie lada przeżyciem, a Habilitant uczestniczył tam aż jedenaście razy.

Ważnym elementem działalności w recenzowanych osiągnięciach Habilitanta są członkostwa w radzie naukowej oraz Komitecie redakcyjnym czasopisma, w którym pełnił funkcję redaktora tematycznego wydawnictwa *Prace Instytutu Lotnictwa*. Kolejnym znaczącym elementem Habilitanta jest jego działalność organizacyjno-naukowa w strukturach Instytutu Lotnictwa, która została potwierdzona członkostwem w Radzie Naukowej Instytutu Lotnictwa w kadencji 2015 – 2017.

Kolejnym obszarem działalności organizacyjnej Habilitanta w obszarze nauki jest jego rola jako recenzenta artykułów w naukowych polskich i zagranicznych wydawnictwach, i tu Habilitant wykazał się opracowaniem recenzji 25. artykułów do następujących periodyków:

- *Journal of Automobile Engineering*;
- *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*;

- *Transaction of the Institute of Aviation;*
- *Transactions on Aerospace Research;*
- *Zeszyty Naukowe Politechnika Rzeszowska, Mechanika;*
- *Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa;*
- *Prace Instytutu Lotnictwa;*
- *Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej;*
- *Mechanika w Lotnictwie.*

Należy podkreślić bardzo dobrą współpracę Kandydata z sektorem gospodarczym poprzez działalność z PZL Warszawa-Okęcie S.A (Airbus) w ramach projektów:

- *Projekt koncepcyjny trymera steru kierunku dla samolotu PZL 130 TC Orlik nr. 47/DF/2012/CNT: wykonany w latach 2012-2014,*
- *Innowacyjny system stabilizacji lotu za pomocą trymerów (ISSLOT), nr POIR.04.01.02-00-0006/17, wykonany w latach 2018-2022 w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2023,*

oraz z innymi firmami krajowymi i zagranicznymi:

1. *Eurotech Sp. z o. o.;* 2. *Hertz Systems Ltd Sp. z o. o.;* 3. *Asseco Poland S. A.;* 4. *Sagem Dófense Sócuritó;* 5. *Airbus Defence and Space GMBH;* 6. *ESG Elektroniksystem- und Logistik- GmbH.*

Stwierdzam, że działalność organizacyjna i współpraca z szeroko pojętym otoczeniem gospodarczym mającym wpływ na rozwój nauki jest spełniony przez Habilitanta.

Drobnym mankamentem recenzowanej działalności Habilitanta jest brak dorobku dydaktycznego, jednak po dokonaniu głębokiej analizy przyczyn braku wspomnianego dorobku dydaktycznego stwierdzam, że brak ten wynika bezpośrednio ze specyfiki działalności Instytutów badawczych, w których nie prowadzi się dydaktyki akademickiej.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym przedstawionym do oceny jest cykl publikacji dotyczących identyfikacji, wykrywania, unikania ruchomych przeszkód oraz monografia, w której uwypuklono zastosowanie systemów omijania ruchomych przeszkód w aspekcie istotnych problemów lotniczych. W swoich pracach Habilitant koncentruje się na etapach procesu identyfikacji ruchomej przeszkody i unikania kolizji, a prace badawcze prowadzi zarówno z wykorzystaniem modeli symulacyjnych jak i obiektów rzeczywistych. Dzięki tak

zdeteterminowanego metodycznego podejścia do rozwiązania problemów naukowych w obszarze zwiększającego się udziału bezzałogowych statków powietrznych do realizacji nakreślonych misji, prace wchodzące w skład osiągnięcia badawczego są istotne, aktualne i skierowane ku zaspokojeniu potrzeb rynku. W celu zwiększenia przejrzystości rozpatrywanego problemu naukowego Habilitant odniósł się do przypadków braku łączności pomiędzy samolotem, naziemną kontrolą ruchu, ruchomą przeszkodą lub brakiem pokładowych urządzeń np. ADS-B. W swoich pracach Habilitant założył, że funkcyjne zależności przejmą układy wykrywające ruchome przeszkody. Analizując dorobek Habilitanta i jego podejście do rozwiązania problemu można stwierdzić, że trend miniaturyzacji urządzeń oraz wymogi stosowania niskoenerygetycznych źródeł energii dla samolotów bezzałogowych było istotnym założeniem realizowanych badań. Główny nacisk Autor prac skierował na dynamikę ruchu samolotu i w swoim dorobku naukowym Habilitant podkreślił swoją umiejętność budowania modeli matematycznych statków powietrznych, które zostały wykorzystane w procesie realizacji badań. Do szczególnych osiągnięć Autora prac należy zliczyć opracowanie algorytmów automatycznego unikania kolizji przez samolot i przebadanie ich na drodze symulacji komputerowych. Budowa prototypowego autorskiego układu wykrywania ruchomych i nieruchomych przeszkód stanowi wartość dodaną w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna. Stwierdzam, że cennym elementem dorobku naukowego jest opracowanie algorytmów automatycznego sterowania samolotem realizującym manewr antykolizyjny oraz symulacyjne przebadanie systemu pod kątem wrażliwości na parametryczną niepewność modelu sterowanego obiektu. Habilitant podzielił swój dorobek do oceny na trzy etapy:

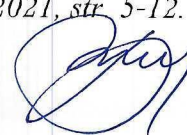
Pierwszy etap dotyczy opracowania algorytmów automatycznego unikania kolizji osiągnięcie to zostało sformułowane w publikacjach:

Graffstein J., Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami, monografia, Nr 62, Biblioteka Naukowa, Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa, 2023.

Graffstein J., Optimal flight trajectory synthesis for an anti-collision manoeuvre performed within environment of moving obstacles, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2021.

Graffstein J., A method for gain factors sensitivity estimation in automatic stabilization due to model uncertainty, *Monografia „Scientific Aspects of Unmanned Mobile Vehicle” PTMTS*, Kielce, 2010, pp. 73-89.

Graffstein J., Manewr omijania zagregowanej grupy przeszkód poruszających się w otoczeniu samolotu, *Pomiary Automatyka Robotyka*, Nr 1, Warszawa, 2021, str. 5-12.



Drugi etap dotyczy zdefiniowania wielkości fizycznych opisujących poruszający się układ samolot – przeszkoda w płaszczyźnie poziomej i pionowej a poczynione dociekania naukowe zostały udokumentowane w pracach:

Graffstein J., Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami, monografia, Nr 62, Biblioteka Naukowa, Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa, 2023.

Graffstein J., Spatial motion of the aircraft manoeuvring to avoid moving obstacle, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Vol 54, No 1, PTMTiS, Warszawa, 2016, pp. 99-103.

Graffstein J., Manewr omijania zagregowanej grupy przeszkód poruszających się w otoczeniu samolotu, *Pomiary Automatyka Robotyka*, Nr 1, Warszawa, 2021, str. 5-12.

Trzeci etap to prace dotyczące zagadnień dla układów więcej niż jednej przeszkody, które to zagadnienia opisała Autor w pracach [1M], [3T], [7T]:

Graffstein J., Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami, monografia, Nr 62, Biblioteka Naukowa, Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa, 2023.

Graffstein J., Optimal flight trajectory synthesis for an anti-collision manoeuvre performed within environment of moving obstacles, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2021.

Graffstein J., Sposób wyboru optymalnej trajektorii lotu manewru antykolizyjnego realizowanego w otoczeniu ruchomych przeszkód, *Pomiary Automatyka Robotyka*, Nr 4, Warszawa, 2018, str. 5-11.

Habilitant bazując na udokumentowanych analizach w trzech etapach sformułował matematyczne kryterium oceny sytuacji zagrożenia wystąpienia kolizji z ruchomymi przeszkodami. Do rozwiązania tego problemu została wybrana metoda wielokryterialnej optymalizacji, a rozwiązanie istotnego naukowego problemu wykrywania przeszkód zostało udokumentowane w monografii pt.:

Graffstein J., Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami, monografia, Nr 62, Biblioteka Naukowa, Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa, 2023

Niezbędnym dopełnieniem rozwiązania naukowych zagadnień jest udokumentowanie sposobu wykrywania przeszkód i uzyskiwania o nich niezbędnych informacji. Kierowane przeze Habilitanta prace nad systemem wykrywania przeszkód (AURA), w których opracowany system wykorzystywał radar jako podstawowe źródło zapewniające informacje o ruchomych przeszkodach. Należy stwierdzić, że uzyskane pozytywne wyniki badań w locie z

system (AURA) potwierdziły słusność obranego kierunku. O aktualności prowadzonych badań świadczy wybór metody z obszaru sztucznej inteligencji do procesu optymalizacji roju obiektów przy wyznaczaniu globalnego ekstremum dla funkcji wielu zmiennych. Fakt ten podkreśla ugruntowaną wiedzę matematyczną do zastosowań praktycznych. W ramach kolejnej grupy zagadnień Habilitant skupił się na prawach sterowania [1M], [2T], [4T] obiektów w czterech kanałach: pochylania, odchylania, przechylania i prędkości dla dowolnie nietypowej konfiguracji i misji. Rozwiązanie tego problemu wymusiło na Habilitancie algorytmicznego podejścia do procesu sterowania statkami powietrznymi (wspomniany proces algorytmizacji zadań dostrzegamy w przedstawionych artykułach i monografii). Opublikowane prace zrealizowane przez Habilitanta jasno pokazują sposób badanie niepewności matematycznego modelu samolotu na sterowanie obiektem dla przyjętej metody LQR [1M], [2T], [4T], która pozwala na ocenę w jaki sposób wpływają zmiany poszczególnych współczynników C_{ij} modelu aerodynamicznego na zmiany współczynników wzmocnienia praw sterowania. Wyniki symulacji wykonanych przez Habilitanta dostarczyły informacji o wpływie niepewności modelu na zmiany przebiegu zmiennych stanu w czasie realizacji manewru antykolizyjnego.

Zaproponowana metoda badania wrażliwości umożliwia ocenę niezbędnej dokładności identyfikowanych parametrów modelu matematycznego [10T] samolotu w celu uzyskania podstawowych charakterystyk w procesie automatycznego sterowania. Należy stwierdzić, że korzyści wynikające z udokumentowanego w pracach autorskiego podejścia wpływają na podniesienie poziomu bezpieczeństwa i jakości projektowania układu automatycznego sterowania statkiem powietrznym, bazując na dobrze uwarunkowanym matematycznym modelu [5T – 8T]. W cyklu artykułów Autor podkreśla, że opracowana metoda omijania przeszkód powinna być wykorzystywana w etapach projektowania i weryfikacji systemów antykolizyjnych. Przeprowadzone przez Habilitanta analizy, modelowanie stanowią istotny obszar szczególnych warunków powodujących zwiększenie poziomu bezpieczeństwa wykonania manewru antykolizyjnego, co stanowi cenny wkład w dyscyplinę naukową inżynieria mechaniczna.

Dodatkowym elementem podkreślającym przygotowanie Habilitanta do prowadzenia i rozwiązywania trudnych zagadnień z obszaru inżynierii mechanicznej są prace, które zostały wykazane wykazie MNiSzW – część B [1B-32B], a mające duże znaczenie praktyczne. Spośród wymienionych prac na szczególną uwagę zasługuje zrealizowana praca badawcza [7PZ] dotycząca samolotu PZL-130 Orlik TC-II, w której Habilitant sformułował matematyczny model z danych prototypowych, a następnie zweryfikował na podstawie danych uzyskanych z rejestratora parametrów lotu. Uzyskany adekwatny model został wykorzystany

przy tworzeniu systemu automatycznego sterowania lotem samolotu PZL-130 Orlik z wykorzystaniem tylko trymerów powierzchni sterowych. Pozostałe prace badawcze [1PZ-6PZ] stanowią dobrze udokumentowane uzupełnienie progresu działalności badawczej Habilitanta.

Stwierdzam, że działalność naukowa Habilitanta udokumentowane w zbiorze artykułów, monografii oraz w wykazie prac badawczych, stanowią wartość dodaną do dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

Moja ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta jest pozytywna.

Podsumowując stwierdzam, że cykl powiązanych ze sobą tematycznie prac [1M],[1T-10T] stanowi wartościowy wkład w rozwój badań dotyczących identyfikacji, algorytmizacji, opracowania systemów antykolizyjnych w zagadnieniach lotniczych. Jak wykazano w powyższej analizie, podjęte prace są pracami istotnymi i mają znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Cykl powiązanych tematycznie artykułów spełnia wymagania Ustawy (Art. 219, ust. 1 pkt 2).

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Habilitant od czasu uzyskania stopnia doktora prowadzi bardzo aktywną działalność naukową i organizacyjną. Legitymuje się wystarczającym dorobkiem publikacyjnym, a którego parametry nauko metryczne są na tym etap kariery następujące:

Index Hirscha zgodnie z bazą Scopus: 2

Liczba cytowań zgodnie z bazą Scopus: 11.

Habilitant jest uznanym ekspertem w międzynarodowym środowisku badawczym, czego dowodem jest jego aktywność w ramach realizacji projektów [1PE, 2PE]:

1PE. *Projekt europejski Safe Automatic Flight Back and Landing of Aircraft (SOFIA)*, nr. AST5-CT-2006-030911;

2PE. *Projekt europejski Enhanced RPAS Automation (ERA)*, nr. A-1426-GP-RPAS, wykonany w latach 2016-2020;

w których Habilitant był wykonawcą oraz pełnił funkcję kierownika projektu.

Za swoją działalność naukową otrzymał liczne nagrody Dyrektora Instytutu Lotnictwa w zakresie prac aplikacyjnych, teoretycznych, teoretyczno-doświadczalnych, naukowo-badawczych i technicznych. Habilitant współpracuje z instytucjami krajowymi: Politechniką Warszawską, Uniwersytetem Radomskim, Politechniką Radomską, Politechniką Rzeszowską,

Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych oraz pełnił rolę zewnętrznego eksperta Krajowego Biura Studiów i Badań Aeronautycznych ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales).

Stwierdzam, że Habilitant jest aktywnym działaczem w zagranicznej instytucji naukowej oraz w polskich uczelniach i instytutach badawczych, w których podejmuje starania promujące badania i naukę.

4. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe **cykl artykułów naukowych powiązanych ze sobą tematycznie, (zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy) pod tytułem "Automatycznie sterowane manewry statku powietrznego celem unikania kolizji z ruchomymi przeszkodami"** zawarte w opracowaniu dziesięć powiązanych tematycznie publikacji [1T-10T] oraz monografia [1M] stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna i spełniają warunki określone w art. 219, ust. 1, pkt 2. Ustawy, zaś aktywność naukowa dr. inż. Jerzego Graffstein jest istotna i spełnia warunek określony w art. 219, ust. 1, pkt 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biorąc pod uwagę powyższe popieram Wniosek o nadanie Kandydatowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna i wnoszę o przejście do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Stanisław Kachel
