

Prof. dr hab. inż. Jerzy Mizeraczyk  
Katedra Elektroniki Morskiej  
Wydział Elektryczny  
Uniwersytet Morski w Gdyni  
ul. Morska 81-87  
81-225 Gdynia

Gdańsk, 15 lipca 2023 r.

## **Recenzja**

**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**

**dr. inż. Tomasza Suchodolskiego**

**w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka, elektronika, elektrotechnika  
i technologie kosmiczne**

### **1. Podstawa prawna wykonania recenzji:**

- Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego, prof. dr. hab. inż. Jana K. Jabczyńskiego z dnia 26 maja 2023 r.

### **2. Sylwetka Habilitanta**

Dr inż. Tomasz Suchodolski, którego dalej będę nazywał Habilitantem, ukończył studia licencyjne 28 września 2002 r. na kierunku fizyka informatyczna na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Stopień magistra inżyniera elektroniki i telekomunikacji Habilitant otrzymał 27 października 2005 r. na Wydziale Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie automatyka i robotyka został nadany Habilitantowi przez Wydział Elektroniki Politechniki Wrocławskiej 26 marca 2014 r. po przyjęciu rozprawy doktorskiej p.t. „Analiza sygnałów EMG za pomocą drzew decyzyjnych do sterowania bioprotezą dłoni”.

W latach 2009-2010 Habilitant prowadził zajęcia dydaktyczne na Politechnice Wrocławskiej. Po doktoracie, od roku 2015 do chwili obecnej pracuje w Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK PAN)

### 3. Zakres recenzji

Przedmiotem niniejszej recenzji są: wskazane przez Habilitanta w Autoreferacie osiągnięcia naukowe przedstawione w monografii (MON), wydanej przez wydawnictwo ujęte w wykazie MEiN, i w cyklu 5 artykułów naukowych, powiązanych tematycznie z monografią oraz aktywność naukowa Habilitanta, w tym inny dorobek naukowy, współpraca z ośrodkami badawczymi, udział w projektach badawczych, dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski.

Moja ocena osiągnięć naukowych i aktywności naukowej Habilitanta jest przedstawiona poniżej w odrębnych, wyraźnie zaznaczonych częściach.

Tytuł monografii Habilitanta jest następujący: „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych”.

Cykl 5 artykułów naukowych, powiązanych tematycznie z monografią stanowią publikacje (wg oznaczeń w Autoreferacie Habilitanta):

[PUB1] – T. Suchodolski, Active decision support system for observation scheduling based on image analysis at the BOROWIEC SLR station, *Intelligent Sensors, SENSORS*, 2022, 10.3390/s22208040, IF = 3.847,

[PUB2] – T. Suchodolski, Active control loop of the BOROWIEC SLR space debris tracking system, *Intelligent Sensors, SENSORS*, 2022, 22(6), 2231, 10.3390/s22062231, IF = 3.847,

[PUB3] – S. Schillak, P. Lejba, P. Michałek, T. Suchodolski, A. Smagło, S. Zapasnik, Analysis of the Results of the Borowiec SLR Station (7811) for the Period 1993-2019 as an Example of the Quality Assessment of Satellite Laser Ranging Stations, *SENSORS*, 2022, 22(2), 616, 10.3390/s22020616, IF = 3.847,

[PUB4] – P. Lejba, T. Suchodolski, P. Michałek, J. Bartoszak, S. Schillak, S. Zapasnik, First laser measurements to space debris in Poland, *Advanced in Space Research*, 2018, Volume 61, Issue 10, pp 2609-2616, 10.1016/j.asr.2018.02.033, IF = 2.611,

[PUB5] – S. Scharring, H. Dreyer, G. Wagner, J. Kastel, P. Wagner, E. Schafer, W. Riede, C. Bamann, U. Hugentobler, P. Lejba, T. Suchodolski, E. Doberl, D. Weininger, W. Promper, T. Flohrer, S. Setty, I. Zayer, A. Di Mira, E. Cordelli, *LARAMOTIONS (Laser Ranging and Momentum Transfer Evolution Study): a conceptual study on laser networks for near-term collision avoidance for space debris in the low Earth orbit*, *Applied Optics*, Vol. 60, Issue 31, pp H24 – H36, 10.1364/AO.432160, 2021, IF = 1.905.

Niniejsza recenzja została wykonana na podstawie otrzymanej papierowej i elektronicznej dokumentacji Habilitanta.

#### **4. Ocena wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego**

Tematyka badań naukowych Habilitanta dotyczy techniki laserowego pomiaru odległości do obiektów orbitalnych Ziemi. Idea wykorzystania techniki laserowej do pomiarów odległości do obiektów orbitalnych powstała w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Od tego czasu technika ta została tak rozwinięta, że pomiary odległości do satelitów wyposażonych w retroreflektory i śledzenia ich ruchu z odległości od 350 km do 40000 km z dokładnością kilku centymetrów nie stanowią trudności. Jednakże z powodu dynamicznej eksploatacji orbit LEO (odległość od Ziemi mniejsza od 2000 km) i GEO (na wysokości 35 786 km nad równikiem) przez kolejne satelity zachodzi potrzeba nie tylko wzmożonego monitorowania ich zaplanowanego ruchu, ale także śledzenia ewentualnej deorbitacji satelitów oraz ich zużytych komponentów i fragmentów, a także członów i fragmentów rakiet nośnych. Pomiar położenia i śledzenia większości tych tzw. śmieci kosmicznych jest trudny, ponieważ z zasady nie są one zaopatrzone w retroreflektory, a poza tym większość z nich ma małe wymiary (poniżej centymetra). Oprócz tego, z powodu dynamicznej zmiany położenia obiektu orbitalnego względem stacji naziemnej, śledzenie jego ruchu w czasie wymaga tak szybkiego przetworzenia informacji efemerydalnej o położeniu przestrzennym obiektu na potrzeby tzw. ruchu nadążnego teleskopu pomiarowego śledzącego ten obiekt, żeby śledzenie ruchu obiektu odbywało się w sposób możliwie ciągły. Aby zapewnić ciągłe śledzenie obiektu orbitalnego, potrzebne są szybkie algorytmy sterujące ruch nadążny teleskopu z iteracyjną korekcją błędów wyznaczania kolejnych położenia obiektu. Istniejące klasyczne rozwiązania technologiczne w tym względzie są nieprzydatne. Sytuacja ta wymusza zatem opracowanie nowych koncepcji i rozwiązań z zakresu ciągłych pomiarów odległości do obiektów kosmicznych i ich śledzenia. Dotyczy to między systemów pomiarowo-śledzących oraz algorytmów elektro-mechanicznego sterowania tymi systemami.

Głównym celem badań naukowych, zgłoszonych przez Habilitanta w monografii i powiązanych tematycznie cyklu 5 artykułów naukowych jako osiągnięcie naukowe było opracowanie nowych algorytmów sterujących, rozwiązań funkcjonalnych oraz integracji technologicznych w celu polepszenia ilości i jakości pozyskiwanych danych efemerydalnych o położeniu obiektów orbitalnych w odległości od 80 km do 42000 km od stacji pomiarowej, przy zachowaniu dokładności pomiaru odległości wynoszącej kilka centymetrów.



W szczególności badania Habilitanta ukierunkowane były na jeszcze mało rozpoznane monitorowanie laserowe małych obiektów nazywanych śmieciami kosmicznymi.

Zadanie polegające na opracowaniu metodyki laserowego pomiaru odległości do śmieci kosmicznych i obiektów o niepewnej lub nieznannej efemerydzie Habilitant realizował głównie w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borówcu, gdzie utworzył laboratorium badawcze nazywane nr 2 w kontraście do istniejącego tam laboratorium nr 1, startując z nieuzbrojonym teleskopem o średnicy zwierciadła 65 cm. Habilitant realizował to zadanie także w ramach współpracy zagranicznej, o której piszę w następnych częściach mojej opinii.

W monografii Habilitant przedstawia swoje wyniki i osiągnięcia w dziedzinie laserowych pomiarów odległości do sztucznych satelitów Ziemi na tle zwięzłego opisu wyników aktywności człowieka w tej tematyce w ostatnich 60 latach. Dzięki rozwojowi w tych latach technik i technologii kosmicznych, laserowych i optycznych oraz systemów i układów sterująco-wykonawczych, dokładność laserowych pomiarów odległości między obiektem kosmicznym a stacją naziemną wzrosła zadawalająco i wynosi obecnie około centymetra. Niestety ciągle wzrasta liczba satelitów umieszczanych w przestrzeni kosmicznej a wraz z nią liczba obiektów ulegających deorbitacji i defragmentacji. Istnieje zatem potrzeba ulepszenia technik pomiarowych w celu umożliwienia monitorowania coraz większej liczby obiektów kosmicznych i akwizycji największej ilości informacji o nich, nie zapominając o konieczności aktualizacji danych o starych obiektach. Działalność naukowo-badawcza Habilitanta wychodzi naprzeciw temu zapotrzebowaniu. W swojej monografii Habilitant przedstawia na tle klasycznych rozwiązań własne nowatorskie rozwiązania w zakresie układów sterowania systemów pomiarowych, konstrukcji systemów peryferyjnych oraz fuzji różnego rodzaju sygnałów detekcji optycznej (fotografie obiektu orbitalnego, jasność obrazu obiektu orbitalnego, ślad fotonowy) zwiększającej informację o obserwowanych obiektach kosmicznych. Opracowując odpowiednie algorytmy Habilitant z powodzeniem zintegrował techniki pasywnej detekcji optycznej w celu dokonywania aktywnej korekty sterowania ruchem nadążnym teleskopu pomiarowego za obiektem w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Wykracza to poza standardowe możliwości operacyjne klasycznego dalmierza laserowego. W monografii Habilitant także przedstawił przykłady implementacyjne swoich algorytmów i towarzyszących im rozwiązań w 2 systemach dalmierzy laserowych używanych przez Stację Laserową Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borówcu. System nr 1 jest stale unowocześnianym starszym dalmierzem laserowym z lat 1990. W ramach tego unowocześniania Habilitant opracował specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające

wykonywanie pomiarów za pomocą systemu nr 1 odległości do konstelacji nawigacyjnych Galileo i GLONASS. Zaś system nr 2 jest dalmierzem hybrydowym opracowanym i wykonanym przez Habilitanta. W systemie nr 2 Habilitant dokonał połączenia warstwy logicznej, reprezentowanej przez algorytmy sterowania i przetwarzania danych z warstwą sprzętową w postaci układów wykonawczych za pomocą autorskiego oprogramowania zarządzania takim systemem. W monografii Habilitant przedstawił również własne przykładowe wyniki pomiarów odległości do obiektów kosmicznych z retroreflektorami (satelity) i bez reflektorów (człony raket nośnych).

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Habilitanta przedstawionych w monografii i cyklu 5 artykułów naukowych należą:

1. Opracowanie i uruchomienie zaawansowanego systemu dalmierza laserowego (w laboratorium nr 2 w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borówcu) do śledzenia satelitów i śmieci kosmicznych, znajdujących się w odległościach od 80 km do 42000 km od teleskopu pomiarowego o średnicy zwierciadła 65 cm (opisane w MON),
2. Opracowanie i wykonanie systemu aktywnej korekty sterowania ruchem nadążnym teleskopu pomiarowego śledzącego obiekt kosmiczny, opartego na analizie fotograficznego obrazu obiektu o niepewnej efemerydzie [MON, PUB2],
3. Opracowanie i wykonanie systemu wspomaganie podejmowania decyzji w zakresie obserwacji obiektów orbitalnych, opartego na analizie śladu fotonowego rozproszonego przez te obiekty [MON, PUB2],
4. Opracowanie i wykonanie systemu wspomaganie podejmowania decyzji w zakresie obserwacji obiektów orbitalnych, opartego na analizie obrazów fotograficznych i danych efemerydalnych obiektów orbitalnych z uwzględnieniem warunków pogodowych [PUB1].

Działanie opracowanych i wykonanych przez Habilitanta w/w systemów oparte jest na zaawansowanych autorskich algorytmach integrujących techniki pasywnej detekcji optycznej obiektów orbitalnych z techniką aktywnego śledzenia ruchu tych obiektów za pomocą sterowania ruchem nadążnym teleskopu pomiarowego. Wprowadzenie przez Habilitanta własnych algorytmów aktywnego sterowania pozycją teleskopu pomiarowego w czasie zwiększa standardowe możliwości operacyjne dalmierzy laserowych. Dzięki temu staje się możliwe projektowanie i implementacja precyzyjnych dalmierzy laserowych do identyfikacji i śledzenia obiektów orbitalnych o niepewnej efemerydzie lub mało znanej orbicie. Dotyczy to szczególnie tych obiektów kosmicznych, które doznają deorbitacji i fragmentaryzacji,



stwarzając zagrożenie dla infrastruktury kosmicznej i naziemnej. Tego rodzaju precyzyjne laserowe dalmierze śledzące znajdują się w polu zainteresowania stacji naziemnych oraz cywilnych i wojskowych organizacji kosmicznych.

Należy w tym miejscu podkreślić, że Habilitant podjął się bardzo trudnego zadania – opracowania szybkich algorytmów przetwarzających efemerydę zawierającą informację o położeniu przestrzennym obiektu kosmicznego w dziedzinie czasu na dane umożliwiające sterowania ruchem nadążnym teleskopu za tym obiektem. Trudność tego zadania wynika przede wszystkim z dynamiki zmian położenia obiektu kosmicznego względem stacji naziemnej. Jak wynika z badań Habilitanta, do efektywnego śledzenia obiektu kosmicznego o niepewnej efemerydzie z obszaru orbity LEO za pomocą wiązki laserowej o rozbieżności wynoszącej kilka sekund łukowych wymagana częstotliwość dokonywania korekty pozycji naziemnego teleskopu pomiarowego wynosi około 10 Hz. Spełnienie tego warunku jest trudne. Jak Habilitant wykazał w swojej monografii, opracowany i zastosowany przez niego proces sterowania systemem mechanicznym ruchu nadążnego teleskopu pomiarowego a także prędkości obliczeniowe użytych przez Habilitanta algorytmów sterujących umożliwiają spełnienie tego warunku.

Oprócz monografii Habilitant jako osiągnięcie naukowe przedstawił monotematyczny cykl artykułów naukowych oznaczonych jako [PUB1] – [PUB5]. Artykuły te zostały opublikowane w latach 2018-2021 w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym znajdujących się na liście Journal Citation Reports (JCR). Czasopisma te to: Sensors (3 artykuły), Advanced in Space Research i Applied Optics. Impact factor (IF) w/w czasopiśmie wynosi od 1,905 do 3,847. W 2 artykułach (w [PUB1], [PUB2] w Sensors) zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe Habilitant jest jedynym autorem. Publikacje [PUB3] i [PUB4] powstały w ramach 6-osobowego zespołu badawczego Stacji Laserowej Centrum Badań Kosmicznych PAN. Publikacja [PUB5] jest wynikiem współpracy międzynarodowej Habilitanta z 19-osobowym zespołem LARAMOTIONS. W artykule autorskim [PUB1] Habilitant przedstawił opracowany i wykonany przez siebie system wspomagania decyzji w zakresie obserwacji laserowych, oparty na analizie obrazu oraz danych efemerydalnych obiektów orbitalnych z uwzględnieniem warunków pogodowych. Aktywny system wspomagania decyzji opracowany przez Habilitanta dostarcza informacji o aktualnych warunkach pogodowych nad stacją pomiarową i ocenia skuteczność pomiaru laserowego w danych warunkach pogodowych. Na tej podstawie podejmuje się decyzję o realizacji pomiaru. W drugim artykule autorskim [PUB2] Habilitant zaprezentował własny algorytm do aktywnej korekty sterowania ruchem nadążnym teleskopu

pomiarowego za obiektem orbitalnym na podstawie analizy ilościowej śladu fotonowego rozproszonego przez obiekt. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość korygowania ruchu nadążnego teleskopu nawet wtedy, gdy obiekt jest niewidoczny. Jak wynika z oświadczeń głównych autorów, w pracach opublikowanych w wieloautorskich publikacjach [PUB3] i [PUB4] w ramach zespołu badawczego Stacji Laserowej Centrum Badań Kosmicznych PAN zadaniem Habilitanta było opracowanie oprogramowania sterującego pomiarami laserowymi satelitów geodynamicznych i konstelacji nawigacyjnych z regionu średniej orbity okołozemskiej (MEO) oraz modernizacja i dostosowanie optycznego toru nadawczego systemu dalmierza Stacji Laserowej na potrzeby pomiarów laserowych śmieci kosmicznych. Dzięki tym pracom Habilitanta Stacja Laserowa wykonuje regularne pomiary odległości do śmieci kosmicznych od roku 2016. Zgodnie z oświadczeniem głównego autora publikacji [PUB5], firmowanej przez międzynarodowy zespół badawczy LARAMOTIONS, udział w niej Habilitanta wynikał z jego eksperckiej wiedzy dotyczących zaawansowanych algorytmów sterowania umożliwiających wykonywanie pomiarów odległości do śmieci kosmicznych. Habilitant miał także swój udział w pionierskich pracach nad możliwością użycia ciśnienia fotonowego do relokacji śmieci kosmicznych w celu uniknięcia kolizji z innymi obiektami. Z analizy oświadczeń współautorów publikacji [PUB3] – [PUB5] wynika zatem, że udział Habilitanta w w/w publikacja był dominujący z zakresie opracowania i implementacji zaawansowanych algorytmów do realizacji pomiarów odległości do obiektów kosmicznych.

Omówione powyżej osiągnięcia Habilitanta to opracowanie zaawansowanych algorytmów sterujących, rozwiązań funkcjonalnych oraz integracji technologicznych w celu polepszenia ilości i jakości pozyskiwanych danych efemerydalnych o położeniu obiektów orbitalnych w odległości od 80 km do 42000 km od stacji pomiarowej, przy zachowaniu dokładności pomiaru odległości wynoszącej kilka centymetrów. W szczególności dotyczą one laserowego monitorowania śmieci kosmicznych, które zagrażają innym obiektom kosmicznym.

Warto podkreślić, że opracowane przez Habilitanta algorytmy sterujące, rozwiązania funkcjonalne i integracje technologiczne są już praktycznie zastosowane w stacjach kosmicznych do laserowych pomiarów monitorowania satelitów operacyjnych i śmieci kosmicznych.

*Podsumowując, osiągnięcia naukowe Habilitanta przedstawione w monografii i monotematycznym cyklu 5 artykułów są oryginalne. Dotyczą one ważnych interdyscyplinarnych zagadnień z automatyki, elektroniki, elektrotechniki i technologii kosmicznych. Osiągnięcia naukowe Habilitanta stanowią znaczący wkład do rozwoju*



*dyscypliny naukowej Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Świadczą one także o tym, że Habilitant należy do grupy wiodących specjalistów w swojej dziedzinie.*

*Uważam, że monografia i monotematyczny cykl 5 artykułów przedstawiony przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe spełnia warunki nadania Habilitantowi stopnia doktora habilitowanego.*

#### **5. Informacja o aktywności naukowej Habilitanta w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej. Współpraca Habilitanta z zagranicznymi ośrodkami badawczymi**

Habilitant od roku 2015 do chwili obecnej jest zatrudniony w Centrum Badań Kosmicznych PAN. na stanowisku głównego inżyniera Stacji laserowej. Z tą instytucją związana jest większość Jego publikacji naukowych.

Od roku 2015 Habilitant bierze aktywny udział w międzynarodowej współpracy Centrum Badań Kosmicznych PAN z zagranicznymi instytucjami naukowymi. Współpraca ta dotyczy rozwoju techniki laserowej w obszarze monitorowania obiektów kosmicznych w celu zwiększenia bezpieczeństwa infrastruktury kosmicznej oraz naziemnej. Obszerność tej współpracy ilustruje poniższy wykaz:

- od 2016 r. Habilitant nieprzerwanie realizuje w Obserwatorium Astrogeodynamicznym CBK PAN zadania Międzynarodowej Służby Pomiarów Laserowych w ramach International Laser Ranging Service (ILRS/NASA). Obserwatorium jest jedną z nielicznych stacji na świecie, która monitoruje również śmieci kosmiczne,
- od roku 2017 Habilitant jest członkiem grupy zadaniowej Space Debris Study Group (przy ILRS), która wyznacza kierunki rozwoju międzynarodowej sieci sensorów laserowych do monitorowania śmieci kosmicznych,
- od roku 2016 Habilitant uczestniczy w międzynarodowych projektach badawczo-rozwojowych, których celem było kreowanie nowych kierunków rozwoju oraz wykorzystania techniki laserowej,
- w 2016 r. Habilitant uczestniczył w ramach konsorcjum w realizacji projektu „Studium wykonalności na strukturę polskiego komponentu do SSA”, którego zleceniodawcą była Europejska Agencja Kosmiczna (ESA),
- w roku 2017 na zlecenie ESA Habilitant w ramach zespołu laserowego Centrum Badań Kosmicznych PAN realizował projekt „Pomiary pozycyjne śmieci kosmicznych”.



Wyniki tego projektu posłużyły do walidacji sensora laserowego w Centrum Badań Kosmicznych PAN jako drugiego oficjalnego sensora laserowego działającego na rzecz ESA. Zadaniem Habilitanta w tym projekcie było zaadaptowanie istniejącego sensora laserowego do pomiarów położenia śmieci kosmicznych. Wyniki tej adaptacji zostały przez Habilitanta przedstawione w artykule [PUB4] zgłoszonym jako osiągnięcie naukowe,

- roku 2018 Habilitant w ramach konsorcjum uczestniczył w zleconym przez ESA projekcie pt. „Web-based sensor planning tools SST (Space Surveillance and Tracking)”, który dotyczył planowania obserwacji obiektów orbitalnych. W projekcie tym Habilitant odpowiadał za wiedzę ekspercką w zakresie pomiarów laserowych,
- w roku 2018 uczestniczył także w projekcie ESA pt. „Pomiary pozycyjne śmieci kosmicznych”. Habilitant był odpowiedzialny za zaplanowanie eksperymentu oraz organizację sesji pomiarowych,
- w roku 2018 Habilitant w ramach międzynarodowego konsorcjum badawczego wspólnie z Instytutem Fizyki Technicznej Niemieckiej Agencji Kosmicznej (DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) uczestniczył w nowatorskim projekcie dotyczącym zastosowania ciśnienia promieniowania laserowego do zmiany trajektorii ruchu małych obiektów orbitalnych w celu uniknięcia kolizji. Habilitant był w tym projekcie odpowiedzialny za opracowanie algorytmów i rozwiązań technologicznych. Wyniki tego projektu zostały opublikowane w artykule [PUB5] zgłoszonym przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe,
- w roku 2019 Habilitant w ramach międzynarodowego konsorcjum z udziałem Airbus Defence & Space i LeoLabs USA oraz krajowych podmiotów Sybilla Technologies i Astri Polska uczestniczył w projekcie „SST Data Acquisition”, który ukierunkowany był na walidację oprogramowania tworzonego w ESA na rzecz bezpieczeństwa kosmicznego. Habilitant w tym projekcie był odpowiedzialny za przebieg sesji obserwacyjnych z sensorami CBK PAN i Airbus Defence & Space,
- w latach 2019-2020 Habilitant jako ekspert krajowy Polskiej Agencji Kosmicznej uczestniczył w programie międzynarodowym EU SST, który został powołany przez Komisję Europejską. Habilitant był odpowiedzialny za realizację modułu operacyjnego związanego z obserwacją obiektów orbitalnych za pomocą sensorów laserowych europejskich krajów stowarzyszonych,

- od roku 2021 na zlecenie ESA Habilitant współrealizuje w ramach konsorcjum krajowego projekt „Customised SST Software Elements in the SST Core Software and Expert Centre” na potrzeby Polskiej Agencji Kosmicznej. Odpowiada On w tym projekcie za część ekspercką dotyczącą kosmicznej techniki laserowej.

W powyższą szeroką współpracę międzynarodową Habilitanta wpisuje się odbycie przez Niego w latach 2016-2019 kilku krótkoterminowych staży naukowych (od kilku dni do 2 miesięcy) w europejskich kosmicznych instytucjach badawczych. Habilitant odbył te staże w GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Niemcy; Astronomical Institute of the University of Bern, Zimmerwald, Szwajcaria; Österreichische Akademie der Wissenschaften, Graz, Austria; Federal Agency for Cartography and Geodesy, Wettzell, Niemcy; European Space Agency, European Space Operations Centre, Darmstadt, Niemcy; i Institut für Technische Thermodynamik (DLR), Stuttgart, Niemcy.

Na szczególne wyróżnienie w zakresie aktywności naukowej Habilitanta w więcej niż jednej instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, zasługuje Jego współpraca z Europejską Agencją Kosmiczną, która jest najważniejszą organizacją badań kosmicznych w Europie. Od roku 2016 wiedza Habilitanta jest wykorzystywana przez tę Agencję na potrzeby rozwoju techniki laserowej w celu zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania przestrzeni kosmicznej oraz zachowania bezpieczeństwa infrastruktury naziemnej. Współpraca zaowocowała udziałem Habilitanta w wielu projektach badawczo-rozwojowych zlecanymi przez ESA. Habilitant pełnił w nich rolę eksperta z zakresu automatyki, elektroniki i technologii kosmicznych. Owocną współpracę Habilitanta z ESA potwierdza list referencyjny Dyrektora Space Debris Office, ESA, Dr. Tima Flohrera, w którym zaprasza Habilitanta do dalszej współpracy.

*W świetle powyższego uznaję, że Habilitant spełnił warunek nadania stopnia doktora habilitowanego w zakresie wykazania się istotną aktywnością w więcej niż jednej instytucji naukowej, w tym zagranicznej. Aktywność ta skutkowałą artykułami naukowymi stanowiącymi wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. 2 z tych artykułów zostało zgłoszone przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe ([PUB4], [PUB5]).*

**6. Uczestnictwo Habilitanta w pracach zespołów realizujących projekty finansowe w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych**



Habilitant legitymuje się uczestnictwem w następujących projektach badawczych:

a) projekty zakończone:

- „Studium wykonalności na strukturę polskiego komponentu do SSA”, Habilitant był podwykonawcą, projekt finansowany przez Europejską Agencję Kosmiczną, 2016,
- „Pomiary pozycyjne śmieci kosmicznych”, odpowiedzialny za pakiet roboczy, Europejska Agencja Kosmiczna, 2017,
- „Web-based sensor planning tools SST”, odpowiedzialny za pakiet roboczy, Europejska Agencja Kosmiczna, 2018,
- „SST Data Acquisition”, podwykonawca, Europejska Agencja Kosmiczna, 2018,
- „LARAMOTIONS - Studium Ewolucji Sensora Laserowego”, odpowiedzialny za pakiety robocze, Europejska Agencja Kosmiczna, 2018,
- „Akwizycja Danych z Sensorów SST”, odpowiedzialny za pakiety robocze, Europejska Agencja Kosmiczna, 2019.

b) projekty realizowane:

- „Customised SST Software Elements in the SST Core Software and Expert Centre”, odpowiedzialny za pakiety robocze, Europejska Agencja Kosmiczna,
- „Ocena polskiego małego teleskopu SST i operacje prototypowe”, podwykonawca, Europejska Agencja Kosmiczna.

*Oceniam aktywność Habilitanta w zakresie realizacji projektów badawczych bardzo pozytywnie, tym bardziej że są to projekty międzynarodowe finansowane przez ważną międzynarodową organizację kosmiczną (ESA).*

## **7. Inne informacje o aktywności naukowej Habilitanta**

Oprócz monografii i cyklu 5 artykułów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitant w swoim dorobku posiada 6 wieloautorskich artykułów dotyczących badań kosmicznych, opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora w specjalistycznych czasopismach z dziedziny technologii kosmicznej (2 artykuły w Monthly Notices of The Royal Astronomical Society, IF = 5.287, Earth And Space Science, IF = 3,138, Planetary And Space Science, IF = 2.03, Artificial Satellites - Journal of Planetary Geodesy, IF = 0.39, Journal of



Space Safety Engineering, IF = 0.812). Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant jest współautorem 7 referatów na zagranicznych konferencyjnych.

W dorobku Habilitanta są także solidne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne z obszaru automatyki i elektroniki, dotyczące kosmicznej infrastruktury naziemnej. Omawiałem je już w rozdziale 4. Ocena wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego.

*W/w artykuły niewchodzące w skład osiągnięcia naukowego oraz osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne Habilitanta dotyczą rozwoju wiedzy i technologii techniki kosmicznej i w tym zakresie wnoszą wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.*

## **8. Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski**

Habilitant nie legitymuje się istotnym dorobkiem dydaktycznym. Wynika to przede wszystkim z tego, że był zatrudniony w instytucji badawczej, która nie prowadziła takiej działalności.

Natomiast wykazuje się On uczestnictwem w popularyzacji wiedzy o badaniach i technologiach kosmicznych jako prelegent na Ogólnopolskich Konferencjach Uczestników i Sympatyków Programu Amateur Radio on the International Space Station w Polsce oraz w spotkaniach Polish Network Operators Group i Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Jest autorem artykułów prasowych na tematy związane z kosmosem w czasopismach National Geographic, Focus i Gazeta Prawna oraz materiałów medialnych w telewizjach TVP, Polsat i Discovery Group.

Habilitant był członkiem komitetu programowego workshopu ILRS Technical Workshop, Laser Ranging pt. „To improve economy, performance, and adoption for new applications” (Stuttgart, 2019). Jest członkiem międzynarodowych organizacji kosmicznych pn. Międzynarodowa Służba Pomiarów Laserowych: International Laser Ranging Service i Międzynarodowa Służba Pomiarów Laserowych: EUROLAS.

Habilitant współpracuje z sektorem gospodarczym w zakresie rozwijania technologii kosmicznych oraz rozwiązań na rzecz zwiększania bezpieczeństwa infrastruktury naziemnej i kosmicznej. Współpracuje z podmiotami krajowymi, takimi jak: Sybilla Technologies, Cilium Engineering Sp. z o.o. i ICEYE Polska, oraz zagranicznymi: GMV Europe i Airbus Defence and Space.

Habilitant jest członkiem zespołu eksperckiego Polskiej Agencji Kosmicznej i Ministerstwa Obrony Narodowej. Był także ekspertem Europejskiego Konsorcjum EUSST w zakresie techniki pomiarów laserowych oraz kosmicznej świadomości sytuacyjnej (2019-2020).

## **9. Dane naukometryczne**

Z danych bazy Web of Science wynika, że parametry naukometryczne dorobku Habilitanta są przeciętne, jeżeli porównać je z wartościami opisującymi dokonania innych badaczy z dyscypliny Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, wnioskującymi o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Wg bazy Web of Science sumaryczny IF artykułów Habilitanta wynosi około 40, liczba cytowań bez autocytowań - 70 a indeks Hirscha artykułów Habilitanta jest równy 5.

## **10. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Z przedstawionych powyżej faktów dotyczących działalności naukowej Habilitanta wynika, że spełnia on warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, a mianowicie:

- posiada stopień doktora,
- posiada w dorobku naukowym osiągnięcie naukowe w postaci monografii i monotematycznego cyklu 5 artykułów, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne,
- i wykazuje się istotną aktywnością naukową w więcej niż jednej instytucji naukowej, w tym instytucji zagranicznej. Rezultatem tej aktywności są artykuły naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój w/w dyscypliny naukowej.

Przedstawione do oceny monografia pt. „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych” i monotematyczny cykl 5 artykułów, składające się na osiągnięcie naukowe, stanowią oryginalną i spójną tematycznie całość, prezentują solidny poziom merytoryczny a przedstawione w nich wyniki są oryginalne i nowatorskie. Walorem wyników badawczych Habilitanta jest to, że posiadają one zarówno aspekty poznawcze jak i praktyczne, ważne dla rozwoju dyscypliny Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Swoimi osiągnięciami naukowymi Habilitant udowodnił, że należy do grupy czołowych światowych specjalistów w dziedzinie technologii kosmicznych. Dorobek naukowy, współpraca z czołowymi europejskimi ośrodkami badań kosmicznych i udział Habilitanta w międzynarodowych projektach badawczych świadczą o tym, że jest On przygotowany do prowadzenia samodzielnej działalności naukowej i badawczej na najwyższym światowym poziomie.

*Podsumowując, popieram wniosek o nadanie dr. inż. Tomaszowi Suchodolskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.*



Prof. Jerzy Mizeraczyk