

Dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof. uczelni  
Politechnika Warszawska  
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki

### RECENZJA

**osiągnięcia naukowego oraz całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego  
dr. inż. Tomasza Suchodolskiego związku z jego wnioskiem o nadanie stopnia doktora  
habilitowanego**

Niniejsza recenzja została przygotowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr. inż. Tomasza Suchodolskiego, prowadzonym przez Radę Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej, na podstawie dostarczonego zestawu dokumentacji obejmującego monografię naukową pt. „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych” wraz z kopiami pięciu publikacji (jak rozumiem, o uzupełniającym charakterze) i oświadczeniami o współautorstwie, autoreferat oraz wykaz osiągnięć, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny.

Poniżej, w punktach przedstawiona zostanie sylwetka Habilitanta, ocena przedłożonego osiągnięcia naukowego oraz pozostałego dorobku naukowego oraz wdrożeniowego, działalności organizacyjnej i eksperckiej, podsumowanie wskaźników bibliometrycznych i wnioski końcowe.

#### **Sylwetka Habilitanta**

Dr inż. Tomasz Suchodolski tytuł licencjata uzyskał w roku 2002 na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (kierunek fizyka informatyczna), magistra inżyniera w roku 2005 na Wydziale Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej (kierunek elektronika i telekomunikacja). Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał w 2014 roku na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, przedstawiając rozprawę pt. „Analiza sygnałów EMG za pomocą drzew decyzyjnych do sterowania bioprotezą dłoni”.

Po ukończeniu doktoratu, w roku 2015 podjął pracę w Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, gdzie pracuje do chwili obecnej.

Warto zaznaczyć, że z dostarczonej dokumentacji wynika, że Habilitant przez wiele lat pracował poza sektorem bezpośrednio związanym z nauką.

## **Charakterystyka i ocena osiągnięcia naukowego**

Jako osiągnięcie naukowe Habilitant przedstawił monografię pt. „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych”, wydaną w roku 2022 w Akademickiej Oficynie Wydawniczej EXIT w Warszawie, w serii Problemy Współczesnej Automatyki i Robotyki.

Monografia stanowi syntetyczne ujęcie zagadnień dotyczących pomiarów pozycyjnych obiektów orbitalnych z wykorzystaniem dalmierza laserowego, ze szczególnym uwzględnieniem autorskich rozwiązań zmierzających do polepszenia zawartości informacyjnej pozyskiwanych danych pozycyjnych obiektów orbitalnych.

Monografia składa się z 7 rozdziałów, w tym wstępu i podsumowania. We wstępie przedstawia autor tło historyczne zagadnień pomiarów odległości do obiektów na orbicie oraz uzasadnia konieczność prowadzenia szeroko zakrojonych działań wykrywających i monitorujących ich położenie, szczególnie istotnych w sytuacji lawinowo rosnącej liczby obiektów ulegających deorbitacji oraz fragmentacji, stanowiących potencjalne zagrożenie dla infrastruktury kosmicznej i naziemnej. Przedstawia również cel i zakres monografii.

W drugim rozdziale przedstawia główne techniki pomiaru pozycji obiektów orbitalnych w dziedzinie czasu, klasyfikując i porządkując poszczególne metody (radiowe, optyczne oraz laserowe), a także szczegółowe rozwiązania techniczne.

Rozdział trzeci zawiera obszerne wprowadzenie teoretyczne w zagadnienia formalizmu opisu ruchu sztucznych satelitów Ziemi z uwzględnieniem wpływu czynników grawitacyjnych (pole grawitacyjne Ziemi, Słońca i Księżycy, pływy, ruch bieguna), mechanicznych (opory ruchu w atmosferze i ciśnienie promieniowania słonecznego) oraz pozostałych czynników niegrawitacyjnych, jak pole magnetyczne Ziemi, pyły kosmiczne, opór cieplny Yarkowskiego, efekty relatywistyczne itp.

W rozdziale czwartym Habilitant przedstawia zagadnienie sterowania systemem dalmierza laserowego realizującego zadania monitorowania pozycji przestrzennej obiektów orbitalnych w dziedzinie czasu, analizując i omawiając je w ujęciu warstwy sprzętowej (elementy mechaniki i automatyki systemu śledzenia wraz z ich sterownikami) oraz warstwy programistycznej (algorytmy zarządzające procesem precyzyjnego sterowania ruchem nadążnym teleskopu), na przykładzie rozwiązania opracowanego i zaimplementowanego (jak rozumiem, z udziałem Habilitanta) w stacji laserowej Obserwatorium Astrogeodynamicznego Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borówcu. Rozdział zawiera również szczegółowe omówienie źródeł błędów systematycznych występujących w procesie śledzenia i pomiarów parametrów orbity obiektów orbitalnych, a także rozwiązania pozwalające na minimalizowanie ich wpływu. Habilitant omawia również opracowany przez siebie algorytm aktywnego sterowania, łączący technikę pasywnej akwizycji optycznej (metodami fotografii cyfrowej) z procesem korygowania parametrów ruchu układu nadążnego oraz dokładniejszą metodę aktywnej korekty sterowania z wykorzystaniem zdjęć pozyskiwanych z ogniska teleskopu optycznego. Przedstawia również autorski algorytm uwzględniający analizę ilościową śladu fotonowego rozproszonego od obiektu oraz rozwiązanie algorytmiczne uwzględniające pasywną akwizycję

optyczną (fotograficzną), fizyczne koordynaty układu montażu teleskopu pomiarowego oraz kąty propagacji wiązki pomiarowej. Kolejno przedstawiane algorytmy o rosnącym poziomie komplikacji i uwzględniające zwiększaną liczbę danych pomiarowych pozwalają na zwiększanie precyzji sterowania ruchem nadążnym instrumentu pomiarowego (układem dalmierza laserowego) śledzącego i analizującego trajektorię obiektu orbitalnego.

Rozdział piąty dotyczy praktycznej realizacji systemu sterowania systemu dalmierza laserowego z laserem impulsowym, detektorem zdarzeń fotonowych i rejestratorem interwałów czasowych, wykorzystywanego w Obserwatorium Astrogeodynamicznym Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borówcu. Habilitant prezentuje również przykładowe wyniki pomiarów odległości od wybranych obiektów orbitalnych – satelitów oraz członów raket nośnych.

Rozdział szósty to opis autorskiego oprogramowania opracowanego przez Habilitanta na potrzeby sterowania układem dalmierza laserowego, uwzględniającego nie tylko sterowanie ale również szybkie przetwarzanie i analizę zbiorów danych pomiarowych. Oprogramowanie, przygotowane w języku C z wykorzystaniem środowiska bazodanowego MySQL, oprócz funkcji sterowania, przetwarzania danych i ich analizy, umożliwia również aktywne korygowanie parametrów ruchu urządzenia pomiarowego z wykorzystaniem informacji otrzymywanych z sensorów wspomagających (akwizycji cyfrowych obrazów oraz śladów fotonowych).

Rozdział siódmy to syntetyczne podsumowanie pracy, z zaakcentowaniem oryginalnego wkładu Habilitanta do tematyki wykrywania i określania pozycji niewielkich obiektów orbitalnych, polegającego przede wszystkim na opracowaniu i praktycznej implementacji algorytmów sterujących uwzględniających wieloparametryczne dane z sensorów wspomagających dotyczące stanu i położenia obiektu (co Habilitant nazwał fuzją sygnałów), pozwalające na skuteczne śledzenie obiektów, bazując tylko na wstępnej informacji o trajektorii ruchu w postaci efemerydy o dużej niepewności pozycyjnej.

Monografia jest w mojej ocenie jednym z pierwszych (o ile nie pierwszym – nie znalazłem bowiem w polskiej literaturze podobnej pozycji) usystematyzowanych ujęć problemów związanych z wykrywaniem i śledzeniem małych obiektów kosmicznych metodami laserowymi. Zawiera zarówno opis wyzwań i problemów technicznych, jak też systemowe algorytmiczne ujęcie rozwiązań stosowanych w celu zwiększenia precyzji sterowania ruchem nadążnym urządzenia pomiarowego z minimalizowaniem niepewności i zwiększaniem skuteczności śledzenia obiektów orbitalnych. Co ważne, opracowane przez Autora rozwiązania zostały skutecznie zaimplementowane w stacji pomiarowej CBK PAN.

Doceniając wartość merytoryczną monografii, mam zastrzeżenia do jej przejrzystości i, co za tym idzie, łatwości śledzenia wywodu autora. Monografia napisana jest językiem hermetycznym, a jednocześnie barokowym w charakterze, naszpikowanym fachowymi określeniami i skomplikowanymi konstrukcjami językowymi. Oczywiście język dysertacji naukowych jest z natury rzeczy różny od opracowań popularnonaukowych, ale wydaje się, że w tym przypadku pewne uproszczenia pozwoliłyby na zwiększenie przejrzystości tekstu bez utraty wartości naukowej monografii. Skomplikowany język w połączeniu z nieco zawiłym tokiem narracji utrudnia

zorientowanie się w jej zawartości, ale także wyodrębnienie oryginalnego wkładu Habilitanta (znacznie lepiej i bardziej precyzyjnie omówionego w autoreferacie). Obawiam się, niestety, że zasięg oddziaływania monografii będzie ograniczony do nielicznego grona krajowych specjalistów z tej dziedziny. Stwierdzam to z przykrością, bo temat sam w sobie wydaje się być niezwykle interesujący.

Oprócz monografii, przedstawionej do oceny jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Habilitant wymienia i dołącza do dokumentacji pięć artykułów naukowych (jak pisze, przedstawionych „w ramach dorobku”), opublikowanych w czasopismach *MDPI Sensors* (trzy prace o IF=3.847), *Advances in Space Research* (IF=2.611) oraz *Applied Optics* (IF=1.905). Habilitant jest jedynym autorem dwóch z nich, opublikowanych w *MDPI Sensors*, pozostałe to prace zespołowe, bez wiodącego udziału Habilitanta. Trzy z nich zostały opublikowane w roku 2022 (podobnie jak monografia), jedna w 2021 i jedna w 2018, co pokazuje szczególne wzmożenie naukowe Habilitanta w ostatnich latach, którego wynikiem jest złożony wniosek habilitacyjny. Część rezultatów i wniosków z większości wyżej wymienionych prac ujęta została w znacznym stopniu w treści monografii, wskazanej jako osiągnięcie naukowe przedstawione do oceny. Z tego powodu nie omawiam tych prac szczegółowo, odnotowując jedynie i doceniając fakt ich opublikowania w czasopismach o cyrkulacji międzynarodowej.

Rekapitułując, za najważniejsze osiągnięcia uzyskane przez Habilitanta i przedstawione w dostarczonej dokumentacji uważam opracowanie i uruchomienie systemu dalmierza laserowego do śledzenia satelitów, członów rakiet i śmieci kosmicznych oraz opracowanie algorytmów i implementację systemu aktywnej korekty sterowania ruchem układu teleskopu z wykorzystaniem poszerzonego zestawu danych z sensorów wspomagających.

Uważam, że przedstawione przez Habilitanta osiągnięcie naukowe w postaci monografii pt. „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych” **spełnia kryteria znacznego wkładu w rozwój dyscypliny** Automatyka Elektronika Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

### **Ocena pozostałego dorobku naukowego**

Zgodnie z dostarczoną dokumentacją, na całkowity dorobek naukowy Habilitanta, obok prac wymienionych powyżej, składają się 3 rozdziały opublikowane w monografiach naukowych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora (i dotyczące zagadnień sterowania bioprotezą dłoni) oraz 8 (w tym 6 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora) artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych indeksowanych w bazach międzynarodowych (o współczynnikach oddziaływania IF od 0.39 do 5.278).

W bazie danych Scopus wymienionych jest w sumie 15 publikacji Habilitanta, co należy uznać za dorobek stosunkowo skromny, choć należy tu wziąć pod uwagę wspomniany przez Habilitanta w „Wykazie osiągnięć...” znaczący czas spędzony poza sektorem nauki (vide „Wykaz dorobku technologicznego”).

Habilitant wymienia również 6 wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym zaledwie jedno (!) po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, oraz 6 komunikatów konferencyjnych prezentowanych przez innych współautorów (wszystkie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora).

W wykazie osiągnięć autor wymienia również znaczące osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne, w tym:

- opracowanie i uruchomienie nowatorskiego systemu dalmierza laserowego do śledzenia satelitów, członów rakiet i śmieci kosmicznych;
- opracowanie i wykonanie systemów wspomaganie decyzji w zakresie obserwacji laserowych opartego na analizie śladu fotonowego rozproszonego od obiektów orbitalnych;
- opracowanie i wykonanie systemów wspomaganie decyzji w zakresie obserwacji laserowych opartego na analizie obrazu oraz danych efemerydalnych obiektów orbitalnych;
- opracowanie i wykonanie systemu bezpieczeństwa obserwacji laserowych w oparciu o dane z radaru pasywnego;
- dostosowanie systemu laserowego i uruchomienie obserwacji laserowych konstelacji nawigacyjnych w CBK PAN.

Istotnym elementem aktywności naukowej jest realizacja projektów badawczych (krajowych i międzynarodowych). Habilitant uczestniczył lub uczestniczy w charakterze wykonawcy/podwykonawcy w realizacji 8 projektów naukowo-badawczych (wszystkie finansowane przez Europejską Agencję Kosmiczną), co można uznać za wskaźnik potwierdzający w wystarczającym stopniu jego aktywność naukową w tym obszarze.

### **Współpraca z otoczeniem gospodarczym**

Współpraca z otoczeniem gospodarczym, której typowym rezultatem są transfery lub wdrożenia technologii jest istotnym elementem wartościowania wyników pracy naukowej w obszarze nauk technicznych. W swojej karierze przednaukowej Habilitant pracował przez 12 lat w sektorze przemysłowym, realizując różnego rodzaju przedsięwzięcia o charakterze wdrożeniowym. Wynikiem tych działań jest 8 wdrożonych technologii z zakresu systemów przemysłowej automatyki i robotyki. Habilitant jest również autorem 3 raportów eksperckich z obszaru technologii kosmicznych. Suma tych osiągnięć pozwala uznać działalność w tym obszarze za co najmniej zadowalającą.

### **Działalność organizacyjna**

Do aktywności organizacyjnej Habilitanta można zaliczyć pracę w komitetach programowych konferencji ILRS Technical Workshop, Laser ranging w Stuttgarcie (2019) oraz Kunming (2020) oraz członkostwo w Międzynarodowej Służbie Pomiarów Laserowych. Habilitant brał również udział w pracach zespołów eksperckich delegacji Polskiej Agencji Kosmicznej w Ukrainie oraz Europejskiego Konsorcjum EUSST. Działalność ta, choć stosunkowo skromna, jest dowodem otwartości Habilitanta na działania realizowane w interesie ogółu środowiska oraz zaangażowania we współorganizowanie szeroko rozumianego ekosystemu nauki.

## Staże

Habilitant odbył szereg krótkoterminowych pobytów stażowych (typowo kilkudniowych) w takich instytucjach jak GFZ German Research Centre for Geosciences, Astronomical Institute of the University of Bern, Osterreichische Akademie der Wissenschaften Graz, Federal Agency for Cartography and Geodesy, European Space Agency, Institut für Technische Thermodynamik. Wydaje się, że pomimo krótkich form tych pobytów pokazują one otwartość Habilitanta na współpracę międzynarodową i jego potencjał w tym obszarze.

## Podsumowanie wskaźników bibliometrycznych

W trakcie swojej kariery naukowej Habilitant opublikował w sumie 15 prac indeksowanych (wg Scopus). W chwili przygotowywania niniejszej recenzji sumaryczna liczba cytowań prac Habilitanta wg bazy Scopus wynosi 78 (bez autocytowań), przy niewysokiej wartości wskaźnika h (indeks Hirscha) wynoszącego 5 (bez autocytowań).

Wprawdzie wskaźniki bibliometryczne nie mogą przesądzać o ocenie dorobku naukowca, ale należy stwierdzić, że wartości charakteryzujące dorobek Habilitanta są stosunkowo skromne, jak na ten etap kariery naukowej.

## Wnioski końcowe

Warunki nadania stopnia doktora habilitowanego unormowane w art. 219 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) zakładają, że stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która (oprócz spełnienia innych kryteriów) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny.

Biorąc pod uwagę przedstawioną wyżej ocenę osiągnięcia naukowego w postaci monografii pt. „Fuzja wielospektralnych informacji w sterowaniu ruchem dalmierza laserowego do wykrywania małych obiektów kosmicznych”, publikacji PUB1-PUB5 oraz pozostałego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, stwierdzam, przy wszystkich krytycznych uwagach sformułowanych powyżej, że **przedstawione do oceny osiągnięcie spełnia wymóg znacznego wkładu w rozwój dyscypliny** Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, stawiany kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof. uczelni