

Prof. dr hab. inż. Stefan Domek
Katedra Automatyki i Robotyki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**Recenzja dotycząca wniosku doktora inżyniera Jarosława Szreka
w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,
w dyscyplinie inżynieria mechaniczna**

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Podstawą sporządzenia recenzji na potrzeby Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna dr. inż. Jarosławowi Szrekowi, powołanej przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej uchwałą nr 636/34/RDND07/2021-2024, było pismo nr W10/RDND07/76/2023 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego z dnia 26.10.2023 r. oraz zawiadomienie nr 39/07/D07/2023 o wyznaczeniu na Recenzenta i Członka Komisji Habilitacyjnej z dnia 25.10.2023 r., podpisane przez Prorektora ds. organizacji i rozwoju uczelni, prof. dr. hab. inż. Tomasza Nowakowskiego.

Przy opracowaniu recenzji wykorzystano następujące materiały przygotowane przez dr. inż. Jarosława Szreka w formie załączników do wniosku do Rady Doskonałości Naukowej z dnia 5.08.2023 r. o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna:

1. kopia dyplomu nadania stopnia doktora nauk technicznych;
2. autoreferat w języku polskim przedstawiający opis osiągnięcia naukowego oraz informacje o aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę, o otrzymanych nagrodach i wyróżnieniach, wykonanych recenzjach artykułów, projektach badawczych, współpracy z przemysłem;
3. wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczący wkład w rozwój dyscypliny;
4. monografia: Szrek J.: *Inspekcyjne roboty mobilne. Synteza, algorytmy, aplikacje*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2023;
5. kopie artykułów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego;
6. opis wkładu merytorycznego w opracowanie artykułów oraz oświadczenia autorów;

7. dokumenty potwierdzające dorobek naukowy i dane bibliometryczne, przygotowane przez Sekcję Dorobku Naukowego oraz Naukometrii Działu Informacji Naukowej Biblioteki Politechniki Wrocławskiej:

- bibliografia dorobku w postaci wyciągu z Bazy DONA;
- potwierdzenie liczby cytowań oraz Indeksu Hirscha według bazy Web of Science oraz według Google Scholar;

Recenzja została opracowana zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742).

2. Informacje ogólne

Pan Jarosław Szrek urodził się 18.03.1979 r. w Oleśnicy. W roku 2004 ukończył z tytułem magistra inżyniera studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, kierunek Automatyka i Robotyka, specjalność Robotyka, broniąc pracę dyplomową *Algorytmy sterowania manipulatorów mobilnych* (promotor prof. dr hab. inż. Krzysztof Tchoń). Praca zdobyła I miejsce w konkursie SEP na najlepszą pracę magisterską na Wydziale Elektroniki. W roku 2009, po obronie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej pracy doktorskiej w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn *Synteza układu kinematycznego i sterowania czworonożnego robota kołowo-kroczącego* (promotor prof. dr hab. inż. Antoni Gronowicz), wyróżnionej przez Radę Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, został zatrudniony w Zakładzie Teorii Maszyn i Układów Mechatronicznych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej, początkowo jako asystent, a od roku 2010 do chwili obecnej, na stanowisku adiunkta w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn i Układów Mechatronicznych. Dodatkowo w okresie od listopada 2021 do września 2022 pracował na stanowisku adiunkta w Katedrze Zarządzania Innowacyjnymi Projektami na Wydziale Zarządzania Akademii Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki.

2. Ocena zgłoszonego osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego Habilitant wskazał powiązane tematycznie prace naukowe oznaczone wspólnym tytułem *Metody i algorytmy w syntezie oraz sterowaniu robotów mobilnych*, dotyczące w ogólności całościowej syntezy robotów mobilnych do zastosowań specjalnych, z uwzględnieniem trzech głównych obszarów problemowych właściwych podejściu mechatronicznemu:

- część mechaniczna, tj. układ jezdny, napędy i elementy przeniesienia ruchu, w tym dedykowane mechanizmy zawieszenia kół;
- układ sensoryczny i sterowania, czyli układy elektroniczne, sterowniki, algorytmy regulacji, moduły wykonawcze dla napędów, układy komunikacji oraz systemy pomiarowe;
- oprogramowanie, w tym zarządzające pracą robota, dotyczące akwizycji, przetwarzania i analizy danych sensorycznych oraz organizujące interfejs użytkownika.

Do zgłoszonego cyklu, spośród wielu prac włączył te, które Jego zdaniem wniosły oryginalny i istotny wkład w rozwój omawianej tematyki:

napisaną w języku polskim autorską monografię:

[M1] **Szrek J.**: *Inspekcyjne roboty mobilne. Synteza, algorytmy, aplikacje*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2023

oraz dziesięć artykułów opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych lub materiałach z konferencji międzynarodowych:

[A1] Sperzyński P. G., **Szrek J.**, Gronowicz A.: Synteza geometryczna mechanizmu realizującego trajektorię prostoliniową odcelowaną. *Acta Mechanica et Automatica*. 2010, vol. 4, nr 2, s. 124-129. ISSN: 1898-4088.

[A2] Malarczyk M. K., Kamiński M., **Szrek J.**: Metaheuristic Approach to Synthesis of Suspension System of Mobile Robot for Mining Infrastructure Inspection. *Sensors*. 2022, vol. 22, nr 22, art. 8839, s. 1-22. ISSN: 1424-8220. 4.

[A3] Sperzyński P. G., **Szrek J.**: Control of Constrained Dynamic System of Leg of Wheel-Legged Mobile Robot. W: *New Advances in Mechanisms, Transmissions and Applications: Proceedings of the Second Conference MeTrApp 2013* / eds. Victor Petuya, Charles Pinto, Erwin-Christian Lovasz. Dordrecht : Springer, cop. 2014, s. 199-206. ISBN: 978-94-007-7484-1.

[A4] Gronowicz A., **Szrek J.**, Wudarczyk S: A rig for testing the leg of a wheel-legged robot. *Acta Mechanica et Automatica*. 2012, vol. 6, nr 2, s. 48-52. ISSN: 1898-4088.

[A5] **Szrek J.**, Muraszkowski A. M., Sperzyński P. G.: Type synthesis, modelling and analysis of the manipulator for wheel-legged robot. *Acta Mechanica et Automatica*. 2016, vol. 10, nr 2, s. 87-91. ISSN: 1898-4088.

[A6] **Szrek J.**, Trybała P. M., Góralczyk M., Michalak A. E., Ziętek B., Zimroz R.: Accuracy Evaluation of Selected Mobile Inspection Robot Localization Techniques in a GNSS-Denied Environment. *Sensors*. 2021, vol. 21, nr 1, art. 141, s. 1-23. ISSN: 1424-8220.

[A7] **Szrek J.**, Jakubiak J., Zimroz R.: A Mobile Robot-Based System for Automatic Inspection of Belt Conveyors in Mining Industry. *Energies*. 2022, vol. 15, nr 1, art. 327, s. 1-16. ISSN: 1996-1073.

[A8] **Szrek J.**, Wodecki J., Błażej R., Zimroz R.: An Inspection Robot for Belt Conveyor Maintenance in Underground Mine – Infrared Thermography for Overheated Idlers Detection. *Applied Sciences*. 2020, vol. 10, nr 14, art. 4984, s. 1-17. ISSN: 2076-3417.

[A9] **Szrek J.**, Zimroz R., Wodecki J., Michalak A. E., Góralczyk M., Worsa-Kozak M.: Application of the Infrared Thermography and Unmanned Ground Vehicle for Rescue Action Support in Underground Mine – The AMICOS Project. *Remote Sensing*. 2021, vol. 13, nr 1, art. 69, s. 1-20. ISSN: 2072-4292.

[A10] Dąbek P. P., **Szrek J.**, Zimroz R., Wodecki J.: An Automatic Procedure for Overheated Idler Detection in Belt Conveyors Using Fusion of Infrared and RGB Images Acquired during UGV Robot Inspection. *Energies*. 2022, vol. 15, nr 2, art. 601, s. 1-20. ISSN: 1996-1073.

W artykule [A1] przedstawiono dwie metody syntezy układu zawieszenia koła robota, który może jeździć w terenie o znacznych nierównościach a w razie potrzeby pokonywać przeszkody

z wykorzystaniem funkcji kroczenia. Celem syntezy było wyznaczenie wymiarów układu zawieszenia koła wykonującego ruch po trajektorii prostoliniowej przy użyciu tylko jednego napędu. Projektowanie sprowadzono do analizy geometrycznej czworoboku z członem o zmiennej długości. Pierwsza z metod oparta była na przeglądzie pełnym możliwych rozwiązań. W metodzie drugiej, wspomaganej algorytmami genetycznymi, przeprowadzono dodatkową optymalizację charakterystyki przemieszczania koła w pionie, uzyskując poprawę oczekiwanej liniowej relacji przemieszczenia punktu łącznikowego i wydłużenia napędu liniowego. Prezentowane metody syntezy mają charakter ogólny i mogą być przydatne w projektowaniu podobnych układów. Praca finansowana była ze środków projektu badawczego nr N N502 271037.

W artykule [A2] zbadano problem syntezy geometrycznej układu zawieszenia robota inspekcyjnego, przeznaczonego do pracy w trudnych warunkach z obecnością rozproszonych przeszkód. Robot taki może być zastosowany do inspekcji infrastruktury kopalnianej. Po opisie koncepcji doboru elementów układu kinematycznego, omówiono szczegółowo główny przedmiot syntezy wybranego mechanizmu kołowo-kroczącego. Podano model matematyczny zawieszenia i połączeń pomiędzy częściami konstrukcji. Jego optymalizację przeprowadzono kilkoma metodami metaheurystycznymi – algorytmem brutalnej siły, algorytmem rozgałęzienia i wiązania oraz algorytmem roju kameleonów. Uzyskane wyniki poddano analizie porównawczej za pomocą symulacji i testom eksperymentalnym z użyciem opracowanego robota na kołach LegVan 1v2.

W artykule [A3] korzystając z formalizmu Eulera-Lagrange'a sformułowano ogólny model dynamiczny przegubowej kończyny robota mobilnego kołowo-kroczącego. Jawny model kinematyczny użyty został do wyznaczania położenia, prędkości i przyspieszeń elementów przegubowych i nieprzegubowych oraz do analizy osobliwości układu. W oparciu o model dynamiczny układu zaproponowano z kolei nieliniowy układ sterowania kończyną robota. Jego skuteczność dla stałej trajektorii zadanej i trajektorii zależnej od czasu zbadano na drodze symulacji. Wykazały one asymptotyczną stabilność układu sterowania.

W artykule [A4] opisano stanowisko specjalnie skonstruowane do badania pojedynczej kończyny projektowanego robota kołowego oraz przedstawiono przykładowe wyniki badań. Celem badań była weryfikacja konstrukcji mechanicznej i działania układu sterowania oraz modułów komunikacyjnych i transmisji danych w warunkach laboratoryjnych. Na podstawie uzyskanych danych testowych sformułowano wytyczne do opracowania algorytmów sterowania robotem, które zapewnią autonomiczną pracę robota. Praca finansowana była ze środków projektu badawczego nr N N502 271037.

Celem artykułu [A5] było przedstawienie koncepcji manipulatora mobilnego na kołach, będącego połączeniem platformy mobilnej ze specjalnie dobranym układem zawieszenia oraz układem manipulacji o wielu stopniach swobody. Przedstawiono budowę kinematyczną manipulatora, wybrane wyniki symulacji oraz model fizyczny. Podstawowe wymiary ustalono wykorzystując syntezę geometryczną. W artykule zaprezentowano także układ sterowania o modułowej architekturze, ułatwiającej rozbudowę platformy o liczne porty komunikacyjne, umożliwiające podłączenie różnych czujników i modułów sterujących wieloma silnikami elektrycznymi prądu stałego. W rezultacie zaprezentowano nowe podejście w dziedzinie projektowania manipulatorów mobilnych.

W pracy [A6] skupiono się na ocenie dokładności pozycjonowania robota mobilnego bez wykorzystania sygnałów Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej (GNSS). Lokalizowanie robota inspekcyjnego z gromadzeniem danych przestrzennych dotyczących parametrów środowiskowych, np. stężeń gazów, jest podstawowym zadaniem misji inspekcyjnych. Systemy te często pracują w warunkach miejskich lub pod ziemią, co ogranicza lub uniemożliwia wykorzystanie w tym celu układów GNSS. Do uzyskiwania precyzyjnych danych na temat ruchu robota w pracy wykorzystano zautomatyzowany sprzęt geodezyjny. Porównano wyniki uzyskane kilkoma metodami: odometrią kołową, nawigacją inercyjną, odometrią wizualną i trilateracją sygnałów ultraszerokopasmowych. Omówiono przydatność, zalety i wady poszczególnych metod w kontekście ich zastosowania w autonomicznych mobilnych systemach robotów inspekcyjnych opracowanych w ramach projektu AMICOS (Autonomous Monitoring and Control System for Mining Plants), pracujących w podziemnym środowisku kopalni. Zaproponowana metoda ma potencjał do wykorzystania w podziemnych środowiskach górniczych, gdzie nie występuje sygnał zewnętrzny, do planowania i realizacji autonomicznych misji inspekcyjnych.

W artykule [A7] zaproponowano autonomiczną, mobilną platformę inspekcyjną do zastosowań w górnictwie podziemnym, wyposażoną w różnorodne czujniki będące w stanie zebrać niemal te same informacje, co inspektorzy utrzymania ruchu (obraz RGB, dźwięk, stężenia gazów itp.). Zdefiniowano etapy wdrażania robota inspekcyjnego do automatycznej inspekcji przenośników taśmowych, zwłaszcza w kopalniach głębinowych – skanowanie 3D tunelu, tworzenie modelu 3D tunelu, planowanie ścieżki itp. Przedstawiono pierwsze wyniki testów automatycznej inspekcji w warunkach laboratoryjnych. Wskazano na problemy wymagające dalszych badań. Praca finansowana była ze środków Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT) w ramach programu ramowego UE w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020” oraz wspierana przez EIT Raw Materials GmbH w ramach Ramowej Umowy Partnerstwa nr 19018 (AMICOS – Autonomiczny System Monitorowania i Kontroli dla Zakładów Górniczych).

W artykule [A8] przedstawiono prototyp robota inspekcyjnego opartego na autonomicznej platformie samojezdnej UGV (Unmanned Ground Vehicle), który mógłby pełnić rolę wirtualnego górnika, jeżdżąc wzdłuż przenośnika taśmowego i umożliwiając zdalny podgląd obrazów IR oraz RGB taśmociągu w czasie rzeczywistym. Przenośniki taśmowe stosowane w górnictwie podziemnym pracują w wyjątkowo trudnych warunkach środowiskowych, w wyrobiskach górniczych o długości kilkuset metrów, gdzie istnieje wysokie ryzyko wypadków. Aby podczas inspekcji operator mógł przebywać w bezpiecznym miejscu założono budowę robota w wersji autonomicznej, jednak na etapie wstępnym zastosowano sterowanie radiowe. Głównym zadaniem robota było wykrywanie i lokalizacja gorących punktów taśmociągu, zidentyfikowanych za pomocą termografii w podczerwieni. Ich położenie zapisywano razem z obydwoma typami obrazów co pozwalało na analizę stanu systemu przenośników również po misji inspekcyjnej. Opracowany prototyp robota można zaliczyć do mobilnego systemu monitorowania rozproszonej przestrzennie infrastruktury podziemnej. Praca finansowana była ze środków Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT) w ramach programu ramowego UE w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020” oraz wspierana przez EIT Raw Materials GmbH w ramach Ramowej Umowy Partnerstwa nr 19018 (AMICOS Autonomiczny System Monitorowania i Kontroli dla Zakładów Górniczych).

W artykule [A9] przedstawiono wyniki testów systemu robotycznego UGV przeznaczonego do wspomagania akcji ratowniczych w środowiskach podziemnych w celu wykrywania obecności człowieka. Wydobywanie surowców, zwłaszcza w niezwykle trudnych warunkach panujących w kopalniach, nieodwracalnie wiąże się z wysokim ryzykiem i prawdopodobieństwem wypadków. W tak krytycznych sytuacjach akcje ratownicze mogą wymagać zaawansowanych technologii, takich jak autonomiczne roboty mobilne, różnorodne systemy sensoryczne, w tym detektory gazu, termowizja w podczerwieni, akwizycja obrazów, zaawansowana analityka itp. Uwzględnić też trzeba wiele potencjalnych zagrożeń, jak sejsmiczne, gazowe, wysoka temperatura itp. Tym samym możliwości podjęcia działań przez ekipy ratownicze w takich obszarach mogą być bardzo ryzykowne. W pracy opisano metody detekcji oparte na adaptacji algorytmów uczenia maszynowego You Only Look Once (YOLO) i Histogram of Oriented Gradients (HOG). Robot inspekcyjny został sprawdzony w nieczynnej podziemnej kopalni złota i arsenu „Złoty Stok” w Polsce. Zdefiniowano i zrealizowano kilka potencjalnych scenariuszy. Praca finansowana była ze środków Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT) w ramach programu ramowego UE w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020” oraz wspierana przez EIT Raw Materials GmbH w ramach Ramowej Umowy Partnerstwa nr 19018 (AMICOS Autonomiczny System Monitorowania i Kontroli dla Zakładów Górniczych).

W artykule [A10] zaproponowano wykorzystanie mobilnej platformy bezzałogowych pojazdów naziemnych (UGV) wyposażonej w różne systemy akwizycji danych do wspomagania procedur inspekcyjnych. Skomplikowane układy mechaniczne stosowane w górnictwie do efektywnego wydobywania surowców wymagają odpowiedniej konserwacji. Zwłaszcza w kopalniach głębinowych regularna inspekcja maszyn pracujących w ekstremalnie trudnych warunkach jest wyzwaniem. Chociaż konserwatorzy posiadający odpowiednie doświadczenie są w stanie niemal natychmiast zidentyfikować problemy, ze względu na wspomniane trudne warunki, takie jak temperatura, wilgotność, ryzyko wystąpienia trujących gazów itp., ich obecność w obszarach niebezpiecznych jest ograniczona. Dlatego zaleca się stosowanie robotów inspekcyjnych zbierających dane i odpowiednich algorytmów ich przetwarzania. W artykule autorzy proponują fuzję obrazu RGB i podczerwonego w celu wykrycia przegrzanych kół zębatach. Zaproponowano oryginalną procedurę przetwarzania obrazu, która wykorzystuje charakterystyczne cechy przenośników do wstępnego przetwarzania obrazu RGB w celu zminimalizowania elementów nieinformacyjnych na obrazach zbieranych przez robota. Następnie wynik tej analizy wykorzystywany był do przetwarzania obrazu w podczerwieni, aby poprawić stosunek sygnału do szumu (SNR) i ostatecznie wykryć gorące punkty na obrazie IR. Doświadczenia przeprowadzono na rzeczywistych przenośnikach pracujących w warunkach przemysłowych. Praca finansowana była ze środków Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT) w ramach programu ramowego UE w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020” oraz wspierana przez EIT Raw Materials GmbH w ramach Ramowej Umowy Partnerstwa nr 19018 (AMICOS Autonomiczny System Monitorowania i Kontroli dla Zakładów Górniczych).

Monografia [M1] powstała najpóźniej i w pierwszej części ma charakter wyraźnie przeglądowy i popularno-naukowy: Rozdział 1. jest wprowadzeniem do robotyki mobilnej. Rozdział 2. przypomina podstawowe zagadnienia robotyczne – kinematyczne układy ruchu, dynamikę platformy mobilnej oraz zadania sterowania i metody lokalizacji. Rozdział 3. przybliży sposób

projektowania robotów mobilnych w ujęciu mechatronicznym, czyli podejście zastosowane w artykułach tworzących merytorycznie spójne osiągnięcie naukowo-badawcze. W drugiej części (Rozdziały 4. do 7.) monografia jest uszczegółowionym podsumowaniem dokonań opisanych w poszczególnych publikacjach jednolitego cyklu. Wiele fragmentów wprost pokrywa się z treściami artykułów, chociaż stanowią zwartą całość merytoryczną.

Habilitant jest samodzielnym autorem wyłącznie monografii. Pozostałe prace mają od 2 do 6 współautorów i powstawały w zbliżonych zespołach badawczych. Wkład Habilitanta w ich przygotowanie, według oświadczeń współautorów dotyczył przede wszystkim udziału w opracowaniu matematycznych i komputerowych modeli dynamiki; przeprowadzenia symulacji komputerowych oraz opracowania ich wyników; opracowania układów sensorycznych i układów sterowania dla kończyn robota; wykonania prototypu manipulatora; udziału w opracowaniu koncepcji stanowiska pomiarowego; udziału w przeprowadzeniu eksperymentów i opracowaniu ich wyników oraz współudziału w redagowaniu treści artykułów. W sześciu przypadkach Habilitant był pierwszym autorem opublikowanych prac. Można zatem ocenić, że Jego wkład był znaczący i wskazuje na umiejętność pracy w zespole, co w dzisiejszych naukach technicznych jest bardzo ważne, ze względu na złożoność i czasochłonność rozważań teoretycznych i niezbędnych badań weryfikacyjnych.

Oceniając wartość naukową zgłoszonego osiągnięcia należy dodać, że poszczególne pozycje cyklu wydane zostały w publikacjach mających wysokie wskaźniki wpływu IF i wysoką punktację MEiN, ale prawie wyłącznie w systemie Open Access wydawnictwa MDPI. Wydawca ten, szczególnie preferowany przez badaczy z kilku krajów świata, w tym z Polski, określany jest często mianem drapieżnego, ze względu na swą kontrowersyjną politykę pozyskiwania autorów i dobierania recenzentów. Szkoda, że Habilitant nie spróbował opublikować chociaż kilku swych prac w renomowanych czasopiśmie zagranicznych o uznanym autorytecie, liczących się w obszarze robotyki. Byłoby to mocnym potwierdzeniem Jego wkładu w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Niemniej, Habilitant spełnił moim zdaniem w nadmiarze ilościowe wymagania ustawowe: napisał monografię naukową, przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych oraz zrealizował oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne. Podzielam również opinię Habilitanta przedstawioną w autoreferacie, że do Jego głównych osiągnięć zaliczyć można:

- opracowanie kompleksowego interdyscyplinarnego podejścia do syntezy robotów mobilnych posiadających specjalne wyposażenie oraz funkcje pozwalające na działanie w trudnych warunkach;
- opracowanie, integracja i badania eksperymentalne układów sensorycznych i sterowania robotów mobilnych umożliwiających autonomiczne działanie;
- opracowanie algorytmów i badania eksperymentalne pozwalające na lokalizację bez dostępności systemów satelitarnych, autonomiczną integrację robota z urządzeniami współpracującymi;
- całościowe zaprojektowanie i wykonanie prototypów robotów mobilnych, w szczególności posiadających unikatowe własności ruchowe w układzie zawieszenia realizującego

określone prawo ruchu w zakresie położenia i profilu prędkości, układu jezdnego o wysokich własnościach manewrowych w wąskich przestrzeniach, układu sterowania i algorytmów umożliwiające działanie robota bez udziału człowieka;

- opracowanie i weryfikację algorytmów analizy danych sensorycznych na potrzeby sterowania i inspekcji infrastruktury technicznej w warunkach laboratoryjnych oraz w trudnych warunkach przemysłowych – w kopalni;
- współdziałanie w opracowaniu metody kalibracji systemu pomiarowego, wyposażonego w grupę sensorów przestrzeni przeznaczonego do skanowania z wykorzystaniem robota mobilnego.

Podsumowując ten punkt recenzji, mimo zastrzeżeń co do miejsca publikacji prac, stwierdzam że osiągnięcia naukowe Habilitanta zawierały na dzień opublikowania interesujące i oryginalne wyniki oraz w wymierny sposób rozwijały wiedzę dotyczącą efektywnych metod syntezy oraz sterowania robotów mobilnych.

3. Ocena dorobku naukowego i aktywności badawczej

Prace dr. inż. Jarosława Szreka niewłączone do osiągnięcia będącego podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego potraktować można jako uzupełnienie rozważań tworzących cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie. Są wśród nich artykuły w czasopiśmie indeksowanym z bazy JCR, rozdziały w monografiach naukowych i książkach, referaty opublikowane w materiałach konferencyjnych oraz inne publikacje.

Prawie wszystkie z nich dotyczyły szeroko pojętych problemów projektowania robotów mobilnych, w tym kołowo-kroczących i dwuwózkowych z dźwigniowym układem skrętu, algorytmów sterowania nimi oraz problematyki akwizycji i fuzji różnych sygnałów diagnostycznych. Znaczna część publikacji miała bezpośredni związek z rozwiązywaniem praktycznych problemów wykorzystania robotów mobilnych do inspekcji różnych zagrożeń w trudnodostępnym środowisku pracy, budowy napędów robotów kołowo-kroczących wspomagających niepełnosprawnych oraz rozwiązań multisensorycznych do mapowania otoczenia 3D robota.

Tym samym stanowią zauważalny element rozwoju teorii projektowania robotów mobilnych w ujęciu mechatronicznym, a jeszcze bardziej ich konstrukcji i zastosowań, i razem z wynikami zebranymi w publikacjach włączonych do jednolitego cyklu potwierdzają duży wkład Habilitanta w rozwój reprezentowanej dyscypliny naukowej.

Łącznie Habilitant jest autorem **1** monografii i autorem lub współautorem **27** recenzowanych artykułów, w tym **13** w czasopiśmie posiadających współczynnik wpływu IF. Ponadto współautorem rozdziału w monografii i **5** rozdziałów w książkach. Opublikował też **37** referatów konferencyjnych. Ponadto był redaktorem **10** monografii i prac zbiorowych oraz współredaktorem **1** zbioru materiałów konferencyjnych. Co ważne, jest współautorem **5** przyznanych patentów i **1** zgłoszenia patentowego. Wszystkie one dotyczą zagadnień zbieżnych z tematyką zgłoszonego osiągnięcia naukowego.

Dla publikacji wchodzących w skład cyklu, bez uwzględnienia liczby współautorów, sumaryczny współczynnik wpływu IF zgodnie z rokiem opublikowania wyniósł **22,565**.

Dr inż. Jarosław Szrek podał wyłącznie sumaryczny współczynnik wpływu IF zgodnie z rokiem opublikowania dla wszystkich indeksowanych publikacji naukowych, których był autorem lub współautorem. Z danych wynika, że wynosi on **43,166**, co biorąc pod uwagę zbiorowy charakter większości prac ocenić można jako wynik akceptowalny. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy *WoS* wynosił w chwili składania wniosku **10** a według bazy *Scopus* **11**. Liczba cytowań według bazy *WoS* wyniosła 216 (180) bez autocytowań. Wartości te uznać można za wystarczające.

Jeśli idzie o aktywność naukowo-badawczą dr. inż. Jarosława Szreka w krajowych projektach badawczych to z załączonej dokumentacji wynika, że jest ona znacząca i obejmuje łącznie **6** projektów, w tym **4** zrealizowane, w których Kandydat pełnił rolę Kierownika ds. badań i rozwoju, Głównego wykonawcy lub Wykonawcy, np.:

- *Zrobotyzowany system inteligentnego transportu wewnętrznego INTRO6*. Projekt finansowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój POIR.04.01.04-00-0113/18, 2020-2022;
- *Przeprowadzenie prac nad stworzeniem prototypu automatycznego robota samojezdnego, zabezpieczającego połączenia rur przesyłowych w sieciach wodno-kanalizacyjnych i przemysłowych metodą zgrzewania elektrooporowego*. Projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz ASI GT Technologies Sp. z o.o., Sp. k., 2022-2023;
- *Zrobotyzowana, bezzałogowa platforma robocza*. Projekt krajowy finansowany w ramach umowy inwestycyjnej m.in. z ERC Sp. z o. o., 2023.

Kandydat ma w swoim dorobku badawczym również bogatą współpracę z sektorem gospodarczym, w tym kilka podpisanych umów na przeprowadzenie eksperymentów inspekcyjnych w kopalniach, wiele wdrożeń technologicznych w różnych przedsiębiorstwach oraz sporo ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców. Warto tu wymienić przykładowo:

- opracowanie i wdrożenie w mobilnym robocie oferowanym przez firmę Lean-Tech Sp. z o.o. algorytmu lokalizacji wózka transportowego z wykorzystaniem lidara 2D i systemu wizyjnego, 2020-2022;
- badania i weryfikacja możliwości identyfikacji parametrów wiercenia otworów pod zabudowę kotew z wykorzystaniem bezdotykowych metod pomiarowych – opracowanie wykonane dla KGHM Polska Miedź S.A., 2021-2022;
- stanowisko pomiarowe parametrów lotniskowych lamp oświetleniowych zagłębionych 8'' i 12'' – opracowanie metody pomiarowej, wykonanie stanowiska i badania zrealizowane dla Portu Lotniczego Wrocław S.A., 2019 (współautor);
- opracowanie i wykonanie manipulatora o 5 DOF zintegrowanego ze sterownikiem oraz chwytakiem wraz z oprogramowaniem dla przedsiębiorstwa z branży motoryzacyjnej z siedzibą w Krakowie, 2014 (współautor);

Uwzględniając powyższe, mogę jednoznacznie stwierdzić, że aktywność Habilitanta w zakresie prac naukowo-badawczych, w tym w projektach, dla których finansowanie pozyskano na zasadach konkursowych jest znacząca.

4. Współpraca międzynarodowa Habilitanta

Dr inż. Jarosław Szrek od początku swej pracy na uczelni angażował się w prace zespołów badawczych w ramach różnych programów międzynarodowych. Między innymi był Kierownikiem lub Wykonawcą w takich projektach, jak:

- *MultiCountry mobile robots – scientific exchange and workshop (MCMBOT)*. Projekt finansowany z funduszy Wyszehradzkich, realizowany w partnerstwie z Department of Control and Instrumentation, Brno University of Technology oraz National Center of Robotics, Bratislava, 2018-2019. Kierownik projektu międzynarodowego;
- *Autonomous Monitoring and Control System for Mining Plants (AMICOS)*. Projekt finansowany ze środków UE w ramach EiT Raw Materials, realizowany w partnerstwie z Fondazione Bruno Kessler Trento, Włochy, 2020-2022. Wykonawca;
- *Electrical Computerised Hammering Operator (ECHO)*. Projekt finansowany ze środków UE w ramach EiT Raw Materials, realizowany w partnerstwie z Worldsensing, Barcelona, Hiszpania, 2022-2023. Wykonawca;
- *Monitoring networks and autonomous platforms for odor impact assessment using electronic noses – An e-nose that sniffs unpleasant odours (SENSODOR)*. Projekt finansowany ze środków UE w ramach EXCELLENT SCIENCE Marie Skłodowska-Curie Actions, 2021-2024. Wykonawca.

Od 2013 r. jest członkiem IFToMM (International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science) sekcji TC Linkages and Mechanical Control. W ramach działalności m.in. redaguje krajową stronę internetową IFToMM oraz zorganizował Szkołę letnią we Wrocławiu w roku 2024.

W związku z realizacją projektów Habilitant odbywał wielokrotne krótkoterminowe staże w zagranicznych jednostkach naukowo-badawczych we Włoszech, Niemczech, Czechach, na Słowacji, na Litwie. Wynikiem współpracy było kilka cennych publikacji opracowanych wspólnie z naukowcami reprezentującymi jednostki badawcze z zagranicy. Korzystając z programu *Erasmus + staff teaching mobility*, odbył krótkoterminową wizytę w Laboratorio di Robotica e Meccatronica w Department of Industrial Engineering w University of Rome Tor Vergata, Rzym 2020 oraz prowadził wykłady podczas IFToMM Summer School on Mechanism Design for Applications in Mechatronic Systems w Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, 2022.

Wziął również czynny udział w **13** międzynarodowych konferencjach naukowych, w zdecydowanej większości organizowanych w Polsce, chociaż również na Litwie, w Czechach, Hiszpanii i Holandii.

Habilitant recenzował **kilkanaście** prac zgłoszonych do międzynarodowych czasopism naukowych z dziedziny mechaniki, robotyki i automatyki, m.in.: *Archives of Civil and Mechanical Engineering, Mechanics and Industry, IEEE Transactions on Industrial Electronics* oraz **kilkanaście** referatów zgłoszonych na znaczące międzynarodowe konferencje naukowe, np.: *IFToMM World Congress on Mechanism and Machine Science – Cracow 2019, 22nd International Conference MECHANIKA 2017 – Kaunas 2017, 14th World Congress in Mechanism and Machine Science – Taipei 2015*.

Wszystkie powyższe przykłady osiągnięć świadczą o dostrzeżeniu kompetencji naukowych

Habilitanta i Jego obecności w światowej wymianie naukowej. Uważam, że współpraca międzynarodowa Habilitanta w zakresie prac naukowo-badawczych jest warta podkreślenia.

5. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz działalność organizacyjna

Dr inż. Jarosław Szrek wykazał typowe dla nauczyciela akademickiego o podobnym stażu pracy osiągnięcia w zakresie dorobku dydaktycznego, prowadząc różne formy zajęć, w tym wykłady, dla studentów kilku wydziałów macierzystej uczelni – Mechanicznego, Podstawowych Problemów Techniki, Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki, z takich przedmiotów jak: *Sterowanie podzespołami robotów i manipulatorów, Wprowadzenie do robotyki i automatyzacji, Projektowanie układów mechatronicznych, Podstawy mechatroniki, Technika mikroprocesorowa, Technika mikroprocesorowa, Roboty transportowe, Roboty transportowe*. Prowadził również zajęcia dla studentów kierunków wojskowych Akademii Wojsk Lądowych im. generała Tadeusza Kościuszki, za co został wyróżniony przez Dziekana Wydziału Zarządzania AWL.

Był promotorem **44** prac dyplomowych inżynierskich i **11** magisterskich, głównie na Wydziale Mechanicznym, ale również na Wydziałach Elektrycznym i Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, a także na Wydziale Architektury Wnętrz, Wzornictwa i Scenografii, Akademii Sztuk Pięknych im. Eugeniusza Gepperta we Wrocławiu. Na wydziale tym pełnił również funkcję promotora pomocniczego w **1** przewodzie doktorskim, zakończonym w 2022 r. obroną z wyróżnieniem. Obecnie jest promotorem pomocniczym w **2** przewodach doktorskich prowadzonych w ramach Szkoły Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej.

Habilitant jest też aktywnym popularyzatorem nauki. Był założycielem i prezesem Stowarzyszenia na Rzecz Rozwoju Nauki i Kultury „Progresja”, organizacji mającej na celu propagowanie nauki poprzez organizowanie pikników naukowych, prezentacji w ramach „Wakacji z Progresją” i zawodów robotycznych, pomysłodawcą zawodów robotycznych dla społeczności akademickiej RoboDRIFT organizowanych w ramach Koła Naukowego Mechatroniki i Robotyki „Synergia”. Wielokrotnie brał udział w wydarzeniach promujących uczelnię takich jak Dolnośląski Festiwal Nauki, Dni Otwarte Wydziału Mechanicznego itp.

Dr inż. Jarosław Szrek angażuje się również czynnie w działalność organizacyjną w obszarze nauki i dydaktyki na macierzystej uczelni. Był założycielem a obecnie jest opiekunem naukowym Studenckiego Koła Naukowego Mechatroniki i Robotyki „Synergia”. Jest opiekunem Laboratorium Mechatroniki i Robotyki. Przez dwie kadencje pełnił funkcję sekretarza Rady Doktorantów Politechniki Wrocławskiej. Jest członkiem Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej oraz członkiem Komisji Programowej Kształcenia dla kierunku Mechatronika, w kadencji 2021–2024.

Warta podkreślenia jest Jego aktywność organizacyjna dla środowiska naukowego poza uczelnią. Aktywnie działa w Stowarzyszeniu Polski Komitet Teorii Maszyn i Mechanizmów „PK TMM”, gdzie od 2018 r. czyli od początku działalności stowarzyszenia pełni funkcję sekretarza. Jest także redaktorem strony internetowej Sekcji Teorii Maszyn i Mechanizmów przy Komitecie Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk. Był inicjatorem i założycielem czasopisma naukowego *Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences*, Wyd. Oficyna

Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. W latach 2013-2018 pełnił w nim funkcję redaktora naczelnego, a od roku 2018 jest Przewodniczącym Rady Naukowej.

Był członkiem komitetów organizacyjnych kilku środowiskowych konferencji naukowych, m.in.: *Międzynarodowej Konferencji Naukowej Teorii Maszyn i Układów Mechatronicznych* – edycja XXIV, Wrocław/Szklarska Poręba 2014 oraz edycja XXVI, Wrocław, 2018 r. czy *Interdyscyplinarna Konferencja Młodych Naukowców „Ko-oper field”* – Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego oraz Naukowego w latach 2009-2018.

W latach 2021-2022 odbywał staż w Akademii Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Innowacyjnymi, Laboratorium Zarządzania Dronami w Działaniach Taktycznych, gdzie opracował i wykonał drona na potrzeby inspekcji i pozyskiwania danych obrazowych RGB oraz IR, a także prowadził zajęcia dydaktyczne.

Ten zakres aktywności Habilitanta oceniam bardzo wysoko.

6. Nagrody i wyróżnienia

Za działalność naukową i na rzecz uczelni dr inż. Jarosław Szrek otrzymał wiele nagród i wyróżnień:

- pięć Nagród Rektora Politechniki Wrocławskiej – w latach 2013, 2014, 2015, 2018 i 2021;
- Nagroda Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej – 2022;
- laureat 1. miejsca w konkursie „Boost your Research Impact 2020” Politechniki Wrocławskiej, w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna – 2020;
- laureat 11. miejsca w konkursie Primus-2, Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej dla najlepiej publikujących osób – 2022;
- dyplom Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego za projekt pod nazwą: „Mechatroniczny układ wspomagającego pokonywanie progów i krawężników przez wózek inwalidzki” – 2012;
- Złoty Medal na Międzynarodowych Targach Innowacji w Brukseli za wynalazek „Mechatroniczny układ wspomagającego pokonywanie progów i krawężników przez wózek inwalidzki” – 2011;
- uczestnik programu stypendialnego dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej „Pierwszy Program stypendialny ZPORR dla doktorantów Politechniki Wrocławskiej”;
- laureat 1. miejsca w konkursie SEP na Najlepszą Pracę Dyplomową na Wydziale Elektroniki – 2004.

Świadczy to o dobrej ocenie działalności zawodowej Kandydata na uczelni.

7. Wniosek końcowy

Podsumowując uważam, że dr inż. Jarosław Szrek w okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, w umiejętny sposób łącząc aktywność naukową w ważnym obszarze teorii, projektowania i konstrukcji robotów mobilnych,

zwłaszcza do zadań inspekcji w trudnych warunkach otoczenia, z aktywnością w działalności dydaktycznej i z pracą organizacyjną na rzecz uczelni.

Zgłoszone przez dr. inż. Jarosława Szreka osiągnięcie naukowo-badawcze *Metody i algorytmy w syntezie oraz sterowaniu robotów mobilnych*, a także pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny i popularyzatorski w wystarczającym stopniu spełniają wymogi stawiane w postępowaniach habilitacyjnych, określone w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742), a przede wszystkim stanowią zauważalny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych.

Dlatego wnioskuję o dopuszczenie dr. inż. Jarosława Szreka do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

