

## **RECENZJA**

### **osiągnięcia naukowego**

### **”Metody i algorytmy w syntezie oraz sterowaniu robotów mobilnych” oraz innego dorobku naukowego i zawodowego doktora inżyniera Jarosława Szreka**

Recenzja została wykonana na podstawie Uchwały nr 636/34/RDND07/2021-2024 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 24.10.2023 oraz pisma W10/RDND07/77/2023 z dnia 26.10.2023 pana prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego Przewodniczącego ww. Rady Dyscypliny.

Podstawę do sformułowania przedkładanej recenzji stanowiły: autoreferat wnioskodawcy opisujący działalność naukowo-badawczą, dydaktyczną oraz organizacyjną wraz z monografią oraz artykułami naukowymi, które dr inż. Jarosław Szrek przedstawił jako osiągnięcie naukowe.

### **Ogólna charakterystyka Habilitanta**

Dr inż. Jarosław Szrek swoją karierę naukową związał z Politechniką Wrocławską. W roku 2004 uzyskał dyplom magistra inżyniera na kierunku automatyka i robotyka w Politechnice Wrocławskiej, a jego praca magisterska zdobyła I miejsce w konkursie SEP na najlepszą pracę magisterką na Wydziale Elektroniki. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej otrzymał 6.01.2009 na podstawie rozprawy doktorskiej „Synteza układu kinematycznego i sterowania czworonożnego robota kołowo kroczącego” realizowanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Antoniego Gronowicza. Praca doktorska została doceniona wyróżnieniem.

Od 1 marca 2009 roku do chwili obecnej jest pracownikiem Politechniki Wrocławskiej; początkowo był zatrudniony jako asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Teorii Maszyn i Układów Mechatronicznych, a od 1 marca 2010 jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn i Układów Mechatronicznych na Wydziale Mechanicznym. W okresie od 2.11.2021 do 30.09.2022 pracował również jako adiunkt w

Akademii Wojsk Lądowych na Wydziale Zarządzania spełniając tym samym wymóg nałożony przez ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dotyczący aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni.

W trakcie swojej pracy dydaktycznej na Wydziale Mechanicznym opracował programy oraz prowadził wykłady, laboratoria oraz zajęcia projektowe z następujących przedmiotów: Sterowanie podzespołami robotów i manipulatorów, Wprowadzenie do robotyki i automatyzacji, Projektowanie układów mechatronicznych, Podstawy mechatroniki, Technika mikroprocesorowa oraz Roboty transportowe. Był promotorem jedenastu prac magisterskich oraz czterdziestu czterech prac inżynierskich. Ponadto pełnił funkcję promotora pomocniczego w trzech przewodach doktorskich. Pełni rolę opiekuna Laboratorium Mechatroniki i Robotyki. Za swoje osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora został doceniony pięcioma nagrodami rektora oraz jedną nagrodą dziekana.

Dr inż. Jarosław Szrek prowadzi również aktywną działalność organizacyjną. Działał oraz był sekretarzem Rady Doktorantów Politechniki Wrocławskiej przez dwie kadencje. Był członkiem Komisji programowej kształcenia dla kierunku Mechatronika oraz członkiem Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Od 2013 roku jest członkiem międzynarodowej organizacji IFToMM, a od 2018 roku jest również członkiem oraz pełni rolę sekretarza w Stowarzyszeniu PK TMM. W obu organizacjach jest redaktorem stron internetowych. Na szczególną uwagę zasługują działania w zakresie popularyzacji nauki. Dr inż. Jarosław Szrek był inicjatorem i założycielem (2013) czasopisma Interdyscyplinary Journal of Engineering Sciences, w którym od 2018r jest przewodniczącym Rady naukowej. W latach 2009 – 2018 pełnił funkcję przewodniczącego komitetu organizacyjnego i naukowego dziesięciu edycji Interdyscyplinarnej Konferencji Młodych Naukowców, której był inicjatorem. Szczególne uznanie budzi kreatywność i aktywność w zakresie popularyzacji nauki. Poza wspomnianymi powyżej przedsięwzięciami, dr inż. Szrek zainicjował również działalność Koła Naukowego Mechatroniki i Robotyki „Synergia” (opiekun koła); Stowarzyszenia na Rzecz Rozwoju Nauki i Kultury „Progresja” (prezes) oraz zawody robotyczne dla społeczności akademickiej RoboDRIFT. Aktywnie uczestniczy w wydarzeniach popularyzujących naukę oraz Uczelnię.

### **Ocena osiągnięcia naukowego**

Dr inż. Jarosław Szrek jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu ustawy przedstawił monografię naukową pt „Inspekcyjne roboty mobilne. Synteza, algorytmy, aplikacje” wydaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej w 2023 roku oraz cykl powiązanych



tematycznie publikacji. Recenzentami monografii habilitacyjnej byli prof. dr hab. inż. Antoni Gronowicz oraz dr hab. inż. Grzegorz Tora, prof. Politechniki Krakowskiej. Na cykl publikacji składa się dziesięć współautorskich prac naukowych głównie anglojęzycznych (poza jedną); w tym trzy publikacje w Acta Mechanica et Automatica – 2010, 2012, 2016 (The Journal of Bialystok Technical University), dwie publikacje w Sensors - 2021, 2022 (MDPI), dwie publikacje w Energies - 2022 (MDPI) oraz po jednej publikacji w Applied Sciences – 2020 (MDPI), Remote Sensing - 2021 (MDPI) i w materiałach z konferencji Me TrApp - 2013 (Springer). Sumaryczny Impact Factor tych publikacji wynosi 22,228, a liczba punktów ministerialnych 706. Liczba współautorów waha się od dwóch do sześciu, przy czym w pięciu z nich dr inż. Jarosław Szrek jest głównym autorem.

Osiągnięcie naukowe Kandydat definiuje jako opracowanie kompleksowej metody projektowania, która jest jednocześnie ogólna, spójna z istniejącym podejściem do projektowania mechatronicznego, i szczegółowa, uwzględniająca połączenie poszczególnych etapów projektowania poprzez przepływ informacji pomiędzy tymi etapami o metodach, komponentach i algorytmach; na przykładzie projektowania i budowy prototypu robota mobilnego. Argumentem przytoczonym przez Habilitanta za podjęciem takiego tematu jest to, że w literaturze, w której przedstawiano proces projektowania mechatronicznego *„poziom szczegółowości procesu (projektowania) nie jest wystarczający, aby na jego podstawie projektować roboty mobilne, w szczególności przeznaczone do konkretnych zadań, mające działać w trudnych warunkach otoczenia. Problem projektowania staje się jeszcze bardziej skomplikowany, gdy roboty mobilne mają działać autonomicznie przy inspekcji lub eksploracji trudno dostępnych obszarów, w nierównym terenie z przeszkodami.”*

Opis metody projektowej Habilitant zawarł w monografii, w której odniósł się do ponad 170 pozycji literaturowych, z czego około 80% to prace z ostatnich dziesięciu lat.

Zagadnienia związane z projektowaniem i wytwarzaniem inspekcyjnych robotów mobilnych, są interesujące ze względów poznawczych (naukowych) i ważne ze względu na potrzeby praktyczne (zastosowań przemysłowych). Z tego powodu tematykę monografii podjętą przez Habilitanta uważam za aktualną i potrzebną.

Istotną cechą prac związanych z całościową syntezą robotów mobilnych jest ich interdyscyplinarność, konieczność łączenia metod:

- mechaniki w zakresie kinematyki i dynamiki (w tym z zakresu badań struktury mechanizmów w których zespół z PW jest od wielu lat wiodącym ośrodkiem w kraju) oraz napędów;
- sterowania i układów sensorycznych (automatyki);
- elektroniki i programowania.

Autor monografii w sposób przystępny (co warto podkreślić) przedstawił mechatroniczne ujęcie procesu projektowania robotów mobilnych: od założeń do badań eksperymentalnych. Przedstawił również zastosowanie projektowania według proponowanego podejścia, w syntezie i badaniach wybranych trzech platform mobilnych.

Zawarte w monografii wyniki badań wskazują na umiejętne, autorskie zastosowania w projektowaniu robotów zaawansowanych metod syntezy geometrycznej, pakietów komputerowych do symulacji dynamiki, czy metod optymalizacji. Przedstawiono też postaci zrealizowanych materialnie wspomnianych trzech platform mobilnych, łącznie z wynikami pomiarów wykonanych na tych urządzeniach.

W pracy poruszono ważne zagadnienia związane z dodatkowym wyposażeniem robotów w układy sensoryczne służące rozpoznaniu otoczenia i lokalizacji. Autor przedstawia wyniki prac związanych z lokalizacją radiową, laserową i przy użyciu kamer w rozdziale piątym monografii zatytułowanym „Opracowanie i badania wybranych komponentów robotów”. Moim zdaniem nazwa tego rozdziału mogłaby być precyzyjniej dobrana.

Interesujący jest rozdział poświęcony badaniom eksperymentalnym algorytmów inspekcji, na przykładzie przenośnika taśmowego. Badania przeprowadzono zarówno w warunkach laboratoryjnych (wykorzystując specjalne stanowiska badawcze) jak i w warunkach kopalnianych. Uzyskano wyniki potwierdzające poprawność procesu projektowego wg proponowanej metodyki oraz skuteczność działania urządzeń prototypowych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje to, że Autor nie tylko zajmował się wstępnymi etapami projektowania prezentowanych w pracy robotów inspekcyjnych, ale brał również udział w ich technicznej realizacji, obejmującej wielokrotne (iteracyjne) korygowanie założeń projektowych, poprzedzających finalne techniczne wykonanie urządzeń. Warto też zaznaczyć ważność przeprowadzenia etapu badań eksperymentalnych weryfikujących poprawność wcześniejszych założeń.

Podsumowując uważam, że monografia opisuje w sposób właściwy istotny wkład dr inż. Jarosława Szreka w rozwój nauk technicznych w aspekcie projektowania mechatronicznego robotów inspekcyjnych, w tym pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych. Podkreślam to, że projektowanie wg Autora monografii obejmuje etapy od pomysłu, do sprawdzenia działania urządzeń w warunkach rzeczywistego środowiska pracy. Jak już wspomniano wcześniej, realizacja prac przedstawionych przez Autora wymagała wszechstronnej i pogłębionej wiedzy z zakresu współczesnych metod mechaniki, budowy i oprogramowania urządzeń pomiarowych (lidarów, kamer, itp) oraz napędów. Monografia prezentuje wysoki poziom naukowy.



Monografia jest przeglądem i podsumowaniem wielu wcześniejszych prac Autora, w tym opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych i materiałach konferencji naukowych. Cykl dziesięciu artykułów, które Kandydat przedstawia jako osiągnięcie naukowe spójnie łączy się z tematyką projektowania robotów mobilnych, a do większości z tych prac znajduje się odniesienie w monografii. Jedynie trzy pozycje nie znalazły się na liście referencji. W artykule [A3], opublikowanym w materiałach konferencyjnych wydawnictwa Springer, sformułowano model dynamiczny przegubowej kończyny robota mobilnego na kołach. Badano układ lokomocji robota z funkcją poziomowania platformy. Na podstawie modelu dynamicznego układu zaproponowano sterownik nieliniowy, wykonano symulacje numeryczne wykazując asymptotyczną stabilność układu sterowania.

Stanowisko pomiarowe odzwierciedlające warunki eksploatacyjne takie jak obciążenie oraz zakres ruchu dla kończyny kołowego robota mobilnego przedstawiono w pracy [A4]. Przedstawiono pierwsze badania wykonane w procesie projektowania robota na kołach. Na podstawie przeprowadzonych badań układu sterowania i pomiarów dokonano korekty oraz dobrano parametry sterowników napędu. Dokonano również weryfikacji oprogramowania sterującego procesem projektowania zwiększając jego efektywność.

Artykuł [A5] przedstawia koncepcję manipulatora mobilnego na kołach, będącego połączeniem platformy mobilnej ze specjalnie dobranym układem zawieszenia. Z dwóch struktur kinematycznych platformy manipulatora wybrano jedną do zbudowania prototypu. Opisano projekt i realizację układu sterowania o strukturze umożliwiającej dodawanie nowych modułów pomiarowych i sterujących.

Pomijam analizę merytorycznej zawartości pozostałych artykułów, do których odniesienia jak i rozwinięcie tematyki w nich zawartych znalazły się w przedstawionej monografii. Wszystkie publikacje przedstawione jako osiągnięcie naukowe są artykułami współautorskimi. Oświadczenia współautorów potwierdzają udział Habilitanta uwzględniając zakres jego prac. Nie uwzględniono jednak udziału procentowego, co z pewnością ułatwiłoby ocenę wkładu własnego Habilitanta, szczególnie w sytuacji gdy za koncepcję, metodologię i opracowanie metody odpowiada więcej niż jeden współautor. Oceniam udział dra ww. pracach jako znaczący. Uważam bowiem, że praca naukowa, szczególnie dotycząca tak szerokiego zakresu zagadnień, które składają się na przedstawione osiągnięcie, wymagała umiejętności współpracy i wspólnego rozwijania koncepcji i ich realizacji.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego należy stwierdzić, że opisane badania są szerokie i interdyscyplinarne, wymagają znajomości i biegłości w posługiwaniu się współczesnymi metodami mechaniki, budowy i oprogramowania urządzeń pomiarowych oraz napędów, a

zaproponowane podejście do procesu projektowania jest innowacyjne. Przedstawione osiągnięcie stanowi znaczący wkład, zarówno naukowy jak i praktyczny, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Biorąc pod uwagę powyższe, stwierdzam, że praca badawcza Kandydata, której efektem jest przedstawiona monografia oraz cykl publikacji spełnia wymogi osiągnięcia naukowego, o którym mowa w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku i może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

### **Ocena istotnej aktywności naukowej**

Przedstawiony w autoreferacie dorobek naukowy Habilitanta umożliwia stwierdzenie, że od początku pracy naukowej zajmuje się on badaniami dotyczącymi syntezy, analizy i sterowania robotami mobilnymi, ogólnie pojętymi układami mechatronicznymi. W okresie do uzyskania stopnia doktora nauk technicznych opublikował cztery artykuły z tej tematyki, oraz wygłosił sześć referatów konferencyjnych. Większość prac opublikowanych po doktoracie również jest związana bezpośrednio z tą tematyką.

Dr inż. Jarosław Szrek, po uzyskaniu stopnia doktora, uczestniczył w realizacji czterech zakończonych projektów krajowych: jako wykonawca w dwóch projektach finansowanych przez NCBiR i jednym projekcie finansowanym przez NCN, a jako główny wykonawca współrealizował projekt w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Na uwagę zasługują dwa projekty międzynarodowe, w których brał udział jako wykonawca oraz Kierownik. Obecnie bierze udział w realizacji dwóch projektów międzynarodowych oraz dwóch projektów krajowych, z których na uwagę zasługuje projekt finansowany przez NCBiR dotyczący tematyki ściśle związanej z badaniami przedstawionymi w ramach osiągnięcia naukowego. Tematem projektu, w którym kandydat jest kierownikiem ds. badań i rozwoju jest stworzenie prototypu automatycznego robota samojezdnego zabezpieczającego połączenia rur przesyłowych. Kierowanie projektami potwierdza umiejętności dr inż. Jarosława Szreka do kierowania i zarządzania zespołami badawczymi.

Jak wspomniano wcześniej Habilitant był również zatrudniony przez 11 miesięcy w Akademii Wojsk Lądowych. W tym czasie zajmował się bezzałogowymi statkami powietrznymi pracując w Laboratorium Zarządzania Dronami w Działaniach Taktycznych. Ukończył kurs pilotażu statku powietrznego otrzymując uprawnienia pozwalające na użytkowanie dronów. Ponadto współpracował przy budowie terenowego robota mobilnego, którego sterowanie pozwalało na podążanie po określonej ścieżce bez udziału człowieka.

6/11



Przedmiotem zainteresowania Habilitanta są ogólnie rozumiane zagadnienia mechatroniczne, które występują nie tylko w robotach mobilnych, ale także w innych urządzeniach. Na uwagę zasługuje udział w pracach badawczych, które doprowadziły do realizacji układu wspomagania pokonywania przeszkód (progów) przez wózek inwalidzki. W wyniku prac badawczych powstały nie tylko artykuły, ale uzyskano również trzy patenty. Ponadto „Mechatroniczny układ wspomagający pokonywanie progów i krawężników przez wózek inwalidzki” został doceniony dyplomem przyznany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz złotym medalem uzyskanym na Targach Innowacji w Brukseli w 2011 roku.

Innym przykładem urządzeń tego typu opracowanych przez Habilitanta są mechatroniczne kije Nordic Walking wyposażone w czujniki i układ pomiarowy monitorujący jakość wykonywanych ruchów. Efekty prac naukowych związanych z tym tematem zostały przedstawione w czterech referatach konferencyjnych.

Kandydat aktywnie współpracuje na arenie międzynarodowej, czego dowodem są zarówno wspomniane projekty jak i współautorskie publikacje z naukowcami z zagranicznych ośrodków naukowych. Na uwagę zasługuje nie tylko działalność naukowa, ale również organizacyjna (redakcja krajowej strony internetowej dla IFToMM) oraz dydaktyczna, Kandydat prowadził wykłady w ramach letniej szkoły IFToMM Summer School on Mechanism Design for Applications in Mechatronic Systems w Kownie w lipcu 2022 roku.

Istotną częścią pracy naukowców – inżynierów jest współpraca z otoczeniem gospodarczym. Do aktywności w tym obszarze można zaliczyć współpracę ze spółką JARO z Jaroszowa (prowadzącą do opracowania urządzenia do przeprowadzenia inspekcji przenośnika taśmowego z wykorzystaniem robota mobilnego), współpracę ze Sztolniami Walimskimi (wykonanie eksperymentów modułu skanowania podziemnych korytarzy z wykorzystaniem robota mobilnego) oraz współpracę z Lean-Tech Sp. z o.o przy opracowaniu i wdrożeniu metody lokalizacji w mobilnym robocie. Kandydat brał również udział w wykonywaniu ekspertyz i opracowań dla KGHM Polska Miedź S.A. oraz firmy z branży lotniczej z siedzibą we Wrocławiu.

Dorobek publikacyjny Kandydata w okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych dotyczył zagadnień mechatronicznych w różnego rodzaju mechanizmach i urządzeniach; nie tylko związanych z głównym obszarem zainteresowań autora, jakim są roboty inspekcyjne. Publikacje i referaty obejmują 56 pozycji wraz z monografią, przy czym 17 współautorskich artykułów jest z tzw. Listy Filadelfijskiej, a w tym 13 w czasopiśmie z listy JCR. Ponadto 23 referaty opublikowano w materiałach konferencyjnych. Pozytywnie oceniam fakt wygłoszenia 7 referatów na konferencjach międzynarodowych i krajowych o zasięgu międzynarodowym.

Redakcje monografii i materiałów konferencyjnych obejmują 15 pozycji. Na szczególną uwagę zasługują patenty w ilości 5 oraz jedno zgłoszenie patentowe, co potwierdza dążenie do powiązania wyników badań naukowych z praktyką. Sumaryczny Impact Factor liczony zgodnie z rokiem publikacji wynosi 43,166. Indeks Hirsha według bazy Web of Science wynosi 10 (8 bez autocytowań). Takie osiągnięcia publikacyjne w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna można uznać za znaczące.

Na uwagę zasługuje również aktywność dr inż. Jarosława Szreka w recenzowaniu publikacji do międzynarodowych czasopism i materiałów konferencyjnych, Habilitant łącznie wykonał 23 recenzje. Tego rodzaju aktywność jest czasochłonna i należy ją docenić.

Habilitant osiągnął wysoki poziom merytoryczny, który umożliwia samodzielną realizację prac badawczych oraz aplikacyjnych. Dorobek naukowy i aplikacyjny jest tematycznie spójny i w pełni mieści się w obszarze dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna.

### **Konkluzja końcowa**

Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzam, że

- osiągnięcie naukowe „Metody i algorytmy w syntezie oraz sterowaniu robotów mobilnych”, na które składa się monografia „Inspekcyjne roboty mobilne. Synteza, algorytmy, aplikacje” oraz cykl dziesięciu publikacji powiązanych tematycznie spełnia wymogi osiągnięcia naukowego, o którym mowa w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (z późniejszymi zmianami) i wnosi znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna;

- całkowity dorobek naukowy w postaci publikacji, patentów, udziału w realizacji projektów badawczych zarówno krajowych jak i międzynarodowych jest na wysokim poziomie naukowym i spełnia wszystkie wymagania wspomnianej ustawy.

Biorąc powyższe pod uwagę wnioskuję o nadanie doktorowi inżynierowi Jarosławowi Szrekowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna

