



UNIWERSYTET JANA DŁUGOSZA w CZĘSTOCHOWIE

WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH, PRZYRODNICZYCH I TECHNICZNYCH

KATEDRA ZAAWANSOWANYCH METOD OBLICZENIOWYCH

42-218 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 13/15, tel. 034 361 21 79, j.przybylski@ujd.edu.pl

Częstochowa, 23.03.2024 r.

Prof. dr hab. inż. Jacek Przybylski

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej

DR. INŻ. WOJCIECHA KACZMARKA

w związku z wnioskiem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

w dziedzinie NAUK INŻYNIERYJNO-TECHNICZNYCH

w dyscyplinie INŻYNIERIA MECHANICZNA

1. Podstawa opracowania

Zgodnie z art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2022 poz. 574 - tekst ujednolicony obwieszczeniem Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 3 marca 2022 r.) w sprawie *Stopni i tytułów w systemie szkolnictwa wyższego i nauki* przedstawiam recenzję zawierającą ocenę osiągnięcia naukowego Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka zatrudnionego na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Instytucie Techniki Rakietowej i Mechatroniki Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Doskonałości Naukowej z dn. 14.12.2023r. (pismo DRKN.Z2.400.314.2023) oraz uchwały Rady Dyscypliny Naukowej *Inżynieria Mechaniczna* Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie nr 01/RDN IM/2024 z dn. 17.01.2024 r.

2. Sylwetka zawodowa Habilitanta

Dr inż. Wojciech Kaczmarek jest absolwentem Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, który ukończył w 1995 r. uzyskując tytuł *magistra inżyniera elektromechanika*. W latach 1995-96 był zatrudniony na stanowisku dowódcy plutonu remontu uzbrojenia w jednym z pułków rozlokowanym w północno-zachodniej części kraju. W roku 1996 rozpoczął pracę w Instytucie Systemów Mechatronicznych (obecna nazwa *Instytut Techniki Rakietowej i Mechatroniki*) Wydziału Mechatroniki Wojskowej Akademii Technicznej na stanowisku asystenta naukowo – dydaktycznego, które piastował do roku 2004. Ten etap działalności badawczej w dyscyplinie *mechanika* zwieńczył obroną dysertacji doktorskiej pt. „*Badanie tłumienia drgań w połączeniu gwintowym z uwzględnieniem tarcia konstrukcyjnego*”, której promotorem był Dr hab. inż. Zbigniew Skup z Politechniki Warszawskiej. Po zamknięciu przewodu

doktorskiego i obronie pracy w 2004 roku, Dr inż. Wojciech Kaczmarek został awansowany na stanowisku adiunkta badawczo– dydaktycznego w macierzystym Instytucie Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, gdzie jest zatrudniony do dzisiaj, pełniąc od 2020 roku funkcję kierownika Zakładu Mechatroniki.

3. Ocena dorobku naukowego

3.1 Ogólna charakterystyka

Działalność badawcza Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych dotyczy zagadnień dynamicznego pozycjonowania i orientowania obiektów w przestrzeni w odniesieniu do zastosowań militarnych i cywilnych. Problematyka badawcza w sferze militarnej obejmowała projektowanie, badanie i wdrażanie do produkcji systemów naprowadzania zestawów przeciwlotniczych. W ramach drugiej sfery działalności, Habilitant zajmował się projektowaniem i wdrażaniem przemysłowych stacji roboczych o różnym przeznaczeniu, poczynając od opracowywania koncepcji ich działania, poprzez przygotowanie programów sterujących, aż do modelowania współpracy wszystkich komponentów stanowisk na podstawie opracowanych logik funkcjonowania stacji. Badania Habilitanta wymagały stosowania technik eksperymentalnych oraz badań poligonowych, łącznie z budową stanowisk pomiarowych, min. do badań dokładności osiągania pozycji narzędzi w punktach procesowych na stanowiskach zrobotyzowanych, jak również stanowisk symulacyjnych, min. do symulacji ruchu obiektu powietrznego, czy też cyfrowego bliźniaka jako wirtualnego odwzorowania stacji roboczej.

Dorobek naukowy Habilitanta obejmuje **9** współautorskich artykułów opublikowanych po zakończeniu doktoratu w czasopismach indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports (JCR)* i wydawanych przez oficynę MDPI, spośród których **5** pozycji zostało włączonych do monotematycznego cyklu publikacji, przedłożonego jako osiągnięcie naukowe.

Dorobek naukowy Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka uzupełniają:

- **4** współautorskie monografie (Wydawnictwo Naukowe PWN), spośród których jedna została wydana w dwóch wersjach językowych (polska i angielska),
- **17** współautorskich rozdziałów w monografiach, w tym 4 prace zamieszczone w materiałach konferencyjnych wydanych przez AIP Conference Proceedings,
- **10** współautorskich artykułów w czasopismach z list MNiSW o punktacji w zakresie 11-40 punktów,
- **60** współautorskich artykułów w pozostałych czasopismach (**2** pozycje z list MNiSW o punktacji 6 i 8 pkt., **58** prac w zeszytach naukowych, biuletynach i czasopiśmie branżowym nie uwzględnionych w bazach MNiSW),
- **13** współautorskich referatów zamieszczonych w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych.

Dodatkowo, zgodnie z art. 219, ustęp 1, punkt 2c ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, Habilitant przedstawił jako swoje osiągnięcie projektowe i konstrukcyjne modułowy system chwytakowy do robotyzacji procesu paletyzacji towarów pod nazwą "*Wdrożenie Modułowego Systemu Inteligentnych Chwyteków*".

Ze względu na szeroki zakres tematyki badawczej oraz osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne, należy uznać, że badania Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka mają zarówno aspekty poznawcze, jak i aplikacyjne.

Sumaryczny wskaźnik oddziaływania (*impact factor - IF*) wszystkich prac Habilitanta szacowany w odniesieniu do dat poszczególnych publikacji i uzyskany po zakończeniu doktoratu wynosi **26.502** (lipiec 2023).

3.2 Ocena osiągnięcia naukowego (monotematycznego cyklu monografii i innych publikacji oraz dokonań w sferze projektowania i konstruowania)

Dr inż. Wojciech Kaczmarek przedłożył jako swoje osiągnięcie naukowe pt. „*Pozycjonowanie i orientowanie obiektów w przestrzeni w warunkach dynamicznych*”, cykl 4 współautorskich monografii opublikowanych w latach 2017-2022 przez Wydawnictwo Naukowe PWN (jedna z monografii wydana w językach polskim i angielskim), serię 13 współautorskich publikacji oraz osiągnięcie projektowo-technologiczne w postaci zaprojektowanego i wdrożonego modułowego inteligentnego systemu chwytałów (MSIC).

Na cykl monografii składają się następujące prace:

- M1. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, S. Borys, 2017, **Środowiska programowania robotów**, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.,
- M2. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, 2017, **Robotyzacja procesów produkcyjnych**, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.; wersja anglojęzyczna: **Robotization of production processes**, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., 2019,
- M3. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, 2017, **Programowanie robotów przemysłowych**, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.,
- M4. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, S. Borys, M. Siwek, R. Dyczkowski, 2022, **Robotyzacja i automatyzacja. Przemysł 4.0**, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.

Cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych obejmuje następujące prace opublikowane w latach 2007-23:

- A1. W. Borowczyk, W. Kaczmarek, 2008, Analiza błędów obliczania nastaw działowych przy zastosowaniu algorytmu zmiennego w czasie, *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, Vol. LVII, nr 1 (649), str. 7-18.
- A2. W. Borowczyk, W. Kaczmarek, 2008, Analiza i ocena błędów wyliczania nastaw działowych w przelicznikach przeciwlotniczych zestawów artyleryjskich bliskiego zasięgu, *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, Vol. LVII, nr 1 (649), str.19-29.
- A3. W. Kaczmarek, 2005, Metody dowiązania i orientowania przeciwlotniczych zestawów artyleryjsko-rakietowych wyposażonych w celownik CP-1, *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, Vol. 54, nr 9 (637), str. 83-92.
- A4. W. Borowczyk, W. Kaczmarek, 2007, Wykorzystanie danych GPS w przeciwlotniczych zestawach artyleryjsko-rakietowych na przykładzie odbiornika Lassen iQ firmy Trimble, *Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej*, Vol. LVI 3 i 4 (647 i 648), str. 123-137.
- A5. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, K. Gospodarczyk, 2013, Wykorzystanie robota przemysłowego do symulacji ruchu obiektu w badaniu optoelektronicznych głowic śledzących, *Mechanik* 7/2013, ISSN 0025-6552, nr 7, str. 595 (tekst na CD – str. 287-296).
- A6. S. Borys, W. Kaczmarek, D. Laskowski, 2020, Selection and Optimization of the Parameters of the Robotized Packaging Process of One Type of Product. *Sensors*, 20, 5378, 21 str.
- A7. W. Kaczmarek, J. Panasiuk, S. Borys, P. Banach, 2020, Industrial Robot Control by Means of Gestures and Voice Commands in Off-Line and On-Line Mode. *Sensors*, 20(21), 6358, 15 str.

- A8. W. Kaczmarek, B. Łotys, S. Borys, D. Laskowski, P. Łubkowski, 2021, Controlling an Industrial Robot Using a Graphic Tablet in Offline and Online Mode. *Sensors* 21, 2439, 20 str.
- A9. J. Panasiuk, W. Kaczmarek, M. Siwek, S. Borys, R. Dyczkowski, M. Piotrów, 2021, Wybrane aspekty komputerowego projektowania chwytaków robotów przemysłowych, *rozdział w monografii pt.: Aspekty komputerowego wspomagania projektowania, wytwarzania i eksploatacji pod redakcją naukową R.Trębińskiego* 2021, ISBN 978-83-7938-351-1, Wojskowa Akademia Techniczna, Tom 1, str. 173-199 Warszawa.
- A10. J. Panasiuk, W. Kaczmarek, M. Siwek, S. Borys, 2022, Test Bench Concept for Testing of Gripper Properties in a Robotic Palletizing Process, *Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering*; 13 (2), str. 51-64;
- A11. W. Kaczmarek, S. Borys, J. Panasiuk, M. Siwek, P. Prusaczyk, 2022, Experimental study of the vibrations of a roller shutter gripper. *Applied Sciences*, 12(19), 19 str.
- A12. S. Borys, W. Kaczmarek, D. Laskowski, R. Polak, 2022, Experimental study of the vibration of the spot welding gun at a robotic station. *Applied Sciences*, 12(23), 12 str.
- A13. W. Kaczmarek, S. Borys, J. Panasiuk, M. Siwek, 2023, The Use of Virtual Twins in the Robotic Yoghurt Mixing Process, *Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering*; 14 (1), str. 105-122.

Habilitant nie określił szacunkowego procentowego udziału własnego w pracach współautorskich, opisując jedynie merytoryczny zakres własnych badań i czynności, co zostało potwierdzone przez wszystkich współautorów każdej z publikacji w stosownych oświadczeniach.

Liczba autorów prac wspólnych waha się od 2 do 6, przy czym nazwiska autorów umieszczane w nagłówku artykułów nie są podawane alfabetycznie, lecz najprawdopodobniej zgodnie ze wspólnie ustaloną partycypacją merytoryczną. Monografie w liczbie 4 (jedna dodatkowo przetłumaczona na język angielski) zostały wydane przez Wydawnictwo Naukowe PWN. Dwanaście prac zostało opublikowanych w czasopiśmie naukowych, w tym pięć współautorskich w czasopiśmie indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports*; jedna praca jest rozdziałem monografii.

Ustalanie trajektorii celu przez system naprowadzania składa się z trzech komponentów: przetwarzania wstępnego, ustalania pozycji i filtrowania śledzenia. W trakcie wstępnego przetwarzania następuje separacja (odszumianie) danych początkowych w celu zminimalizowania błędów początkowych w analizie. Estymowanie pozycji celu odbywa się na podstawie sygnału otrzymywanego z zastosowanych sensorów. Najważniejszym komponentem układu sterującego są filtry śledzenia, które redukują wpływ czynników losowych na precyzję naprowadzania i umożliwiają ciągłą predykcję prowadzącą do wyznaczania stanów ruchu celu. By zachować śledzenie obiektu w czasie rzeczywistym, system śledzenia powinien uwzględniać zarówno bieżące charakterystyki ruchu obiektu, jak i opis matematyczny tego ruchu. Ze względu na losowość procesu ruchu oraz nieokreślone szumy zewnętrzne sygnału wejściowego, proces ten jest trudny do koherentnego opisu przy zastosowaniu ścisłych analitycznych modeli matematycznych, w związku z czym wprowadza się do metody aproksymacyjne. Modele dynamiczne śledzonych obiektów są odnoszone do obiektów manewrujących (samoloty, drony) i obiektów balistycznych (pociski, rakiety, wabiki, satelity). Modele obiektów balistycznych różnią się, przy uwzględnieniu odpowiedniego poziomu dokładności, w zależności od przyjęcia i wzajemnego powiązania sił ciągu, sił aerodynamicznych i siły grawitacyjnej. Choć zakres kluczenia celów balistycznych jest niewielki, to ich śledzenie jest determinowane czynnikami związanymi z trajektorią lotu, rodzajem napędu, masą celu, błędami detekcji czujników i warunków atmosferycznych.

Śledzenie obiektu manewrującego należy do grupy problemów opisywanych za pomocą estymacji hybrydowej, zgodnie z którą estymacja wielkości (parametru lub procesu) zawiera składowe ciągłe i dyskretnie. Związane jest ono z dwiema podstawowymi

trudnościami związanymi z nieokreślonością kolejnych następujących po sobie manewrów i nieliniowością ruchu. Problemy nieokreśloności manewru opisuje się przy zastosowaniu tzw. interaktywnych modeli wielokrotnych, a następnie stosuje się nieliniowe techniki filtracji. Główną ideą przyjmowania zbioru modeli jest założenie aktualności zachowania w funkcji czasu co najmniej jednego z nich, następnie uruchomienie szeregu filtrów elementarnych, każdego bazującego na odmiennym modelu zbioru i wygenerowanie ogólnych estymacji w wyniku procesów opartych na wynikach otrzymywanych w trakcie elementarnego filtrowania. W ten sposób metoda modeli wielokrotnych zapewnia zintegrowane podejście do problemu decyzji i estymacji śledzenia obiektu. Klasyfikuje się ją jako metodę prowadzącą do globalnego optymalnego rozwiązania, która jest zdecydowanie skuteczniejsza w relacji do dwustopniowej strategii optymalizacyjnej konwencjonalnego podejścia decyzja-estymacja.

Mając powyższe na uwadze stwierdzam, że tematyka badań w zakresie modelowania trajektorii ruchu celu powietrznego, uogólniona i przeniesiona następnie na problemy robotyzacji i automatyzacji w zakresie środowiska i programowania robotów oraz robotyzacji procesów produkcyjnych podjęta przez Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka jest aktualna, ważna naukowo i ma jednoznaczne walory aplikacyjne. Wprowadzanie w coraz szerszym zakresie robotyzacji i automatyzacji procesów z udziałem sztucznej inteligencji, chociaż towarzyszą temu opory natury socjologicznej i psychologicznej, jest koniecznością wynikającą z czynników technologicznych i ekonomicznych.

Prace (A1-A2) Habilitanta dotyczą algorytmów wyliczania nastaw do strzelania, dowiązywania i orientowania zestawów przeciwlotniczych oraz wykorzystanie manipulatorów na stanowiskach badawczych. Najważniejszym osiągnięciem było zaproponowanie algorytmu zmiennego w czasie, przełączanego automatycznie w zależności od czasu śledzenia celu co daje możliwość opracowania elastycznego przelicznika. W algorytmie uwzględniano pierwsze, drugie i trzecie pochodne aktualnych współrzędnych celu. Symulacje komputerowe odniesiono do celów manewrującego i niemanewrującego wskazując, że w przypadku tego pierwszego najbardziej skuteczne jest zastosowanie w trakcie operacji strzelania filtrów drugiego rzędu ze względu na mniejsze błędy nastaw działowych niż przy zastosowaniu filtrów wyższego rzędu. Uznano także, że w perspektywie obiektów manewrujących należałoby przyjąć dwa filtry; pierwszy filtr drugiego rzędu w początkowym okresie śledzenia, a następnie filtr trzeciego rzędu, a przełączanie filtrów powinno wynikać z uśrednionej wartości trzeciej pochodnej współrzędnej celu.

W zakresie badań mających na celu zwiększenie szybkości, dokładności i automatyzacji dowiązywania i orientowania przeciwlotniczych zestawów rakietowo-artyleryjskich [A3, A4] zaproponowano metodę wykorzystującą parametry z różnych źródeł sygnału takich jak dalmierz laserowy, przetworniki obrotowo impulsowe sprzężone z procesorem sygnałowym, wielokanałowy odbiornik GPS, jak również z tradycyjnych urządzeń nawigacyjnych. Opracowano oprogramowanie, które umożliwiałoby zastosowanie wybranych protokołów transmisji danych, wskazując jednocześnie na protokół optymalny z uwagi na szybkość przesyłania danych, jak również uwarunkowania sprzętowe. Istotnym walorem badań była weryfikacja oprogramowania na drodze symulacji komputerowych oraz w trakcie badań poligonowych.

Zbiór czterech monografii [M1-M4] współautorstwa Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka należy traktować jako szerokie kompendium wiedzy w zakresie inteligentnych technologii oraz transformacji cyfrowej jako rudymenarnych składowych czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0). Opracowania te dotyczyły:

- środowiska programowania robotów jako narzędzia do programowania robotów przemysłowych oraz projektowania i modelowania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych w trybach off-line i on-line,
- robotyzacji procesów produkcyjnych w zakresie zastosowania i oceny przydatności robotów na definiowanych stanowiskach roboczych z uwzględnieniem konstrukcji manipulatorów, efektorów i czujników oraz opisujących problematykę bezpieczeństwa robotyzacji, jak również miejsce i sposób wykorzystania sterowników PLC na stanowiskach zrobotyzowanych,
- języków programowania robotów przemysłowych jako narzędzi do tworzenia programów sterujących robotami i urządzeniami peryferyjnymi, monitorowania wejść i wyjść cyfrowych i analogowych oraz narzędzi komunikacji z zewnętrznymi systemami sterowania, synchronizacji oprogramowania i urządzeń, jak również kontrolowania położenia i orientacji maszyn w warunkach pracy,
- robotyzacji i automatyzacji jako komponentów przemysłu 4.0 w zakresie stosowania robotów mobilnych i zaawansowanych systemów wizyjnych oraz obejmujący zasady konstruowania i badania nowoczesnych systemów efektorów robotów.

Wskazane monografie są źródłem wiedzy dla naukowców i inżynierów wykorzystujących roboty do stanowisk badawczych i aplikacji przemysłowych. Mogą one służyć do integracji inteligentnych maszyn, systemów i sposobu wprowadzenia zmian w procesach produkcyjnych. Integracja taka daje możliwość powstania inteligentnych fabryk, w których systemy produkcji, komponenty i pracownicy komunikują się za pośrednictwem sieci, dzięki czemu produkcja może odbywać się prawie autonomicznie przy zastosowaniu technologii *internetu rzeczy* (ang. Internet of Things - IoT), *przemysłowego internetu rzeczy* (ang. Industrial Internet of Things - IIoT) oraz *technologii operacyjnej* (ang. Operational Technology - OT). Kolejnym ważnym aspektem prac jest odniesienie się do *przetwarzania w chmurze*, czyli procesowi polegającemu na internetowym udostępnieniu zasobów obliczeniowych w postaci aplikacji gromadzonych w centrach przetwarzania danych. Pełna realizacja inteligentnego wytwarzania dóbr i usług wymaga łączności i integracji produkcji, łańcucha dostaw oraz ciągłości sprzedaży. Kolejny obszar badań w zakresie *sztucznej inteligencji* (ang. Artificial Intelligence AI), odnotowany w monografiach, umożliwia generowanie informacji w zakresie obserwacji i dozoru (inteligentne systemy i kamery wizyjne), automatyzacji oraz przewidywalności procesów produkcyjnych i biznesowych. Przetwarzanie obrazu jest także ważne ze względu na możliwość wydobycia z niego informacji istotnych dla procesu technologicznego. Kolejnym wartością monografii jest odniesienie się do zagadnienia *cyfrowego bliźniaka* (ang. digital twin), czyli wirtualnej repliki maszyn, urządzeń, procesów technologicznych, a także kompletnych linii produkcyjnych, fabryk i łańcuchów dostaw. W zakresie pojedynczego stanowiska zrobotyzowanego celem bliźniaka jest odzwierciedlanie rzeczywistych warunków użytkowania umożliwiających prowadzenie analiz uruchamiania, funkcjonowania i modyfikowania stanowiska.

Doświadczenie Habilitanta w zakresie robotyzacji i automatyzacji umożliwiło kontynuację tej tematyki w odniesieniu do badania algorytmów zrobotyzowanego sortowania i pakowania produktów [A6] oraz pakowania produktów różnego typu [A13]. Sformułowane algorytmy pracy robotów, ścieżki ruchów robotów, programy sterujące uwzględniające obsługę sygnałów wejściowych i wyjściowych urządzeń wchodzących w skład stacji zapewniały prawidłowe modelowanie współpracy robotów oraz gwarantowały opracowanie pełnej logiki funkcjonowania stacji.

W zakresie dokonań Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka w inżynierskiej sferze projektowania i konstruowania należy uznać jego udział w czteroosobowym zespole, który

opracował projekt modułowego systemu chwytaków (MSIC) przeznaczonych do zrobotyzowanego stanowiska paletyzacji oraz zbudował demonstrator tego systemu. Istotnym osiągnięciem projektu było wprowadzenie wspólnych komponentów mechanicznych, pneumatycznych i elektrycznych oraz uniwersalnego układu sterującego funkcjami zastosowanych chwytaków z korektą możliwych błędów. Zasadniczymi komponentami nośnymi stanowiska były wymienne chwytaki, zróżnicowane konstrukcyjnie ze względu na typ, kształt i rozmiar unoszonych i przenoszonych towarów lub wyrobów. Zastosowano chwytaki roletowe, ściskowe, workowe i grabiowe o odpowiednim udźwigu i wymiarach. Szczególny indywidualny wkład Habilitanta dotyczył min. opracowania koncepcji inteligentnych algorytmów i oprogramowania do sterowania modułami chwytaków, udział w wypracowaniu metodyk badawczych oraz przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, jak również inicjowaniu zadań produkcyjnych we współpracującym zakładzie przemysłowym.

Kontynuując tę tematykę badawczą, Habilitant zamodelował w środowisku RobotStudio wirtualne stanowisko do paletyzacji z sześcioksiowym robotem przemysłowym i uwzględnieniem proponowanego typoszeregu chwytaków. Umożliwiło to odzwierciedlenie działania rzeczywistego urządzenia o wybranej konfiguracji, łącznie z jego programowaniem przy zastosowaniu kontrolera bezpieczeństwa. Przeprowadzone badania służyły do wyznaczenia przestrzeni roboczych oraz określenia metod paletyzacji, jak również analiz związanych z normowaniem działania stanowiska i jego członów roboczych.

Do osiągnięć naukowych i inżynierskich Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka w zakresie prowadzonych badań należy uznać:

- wprowadzenie algorytmu wyliczania nastaw działowych o automatycznym przełączaniu w zależności od czasu śledzenia celu manewrującego lub balistycznego, umożliwiające zastosowanie przelicznika adaptacyjnego,
- opracowanie metod dowiązania i orientowania przeciwnolotnych zestawów raketowo-artyleryjskich z celownikiem programowalnym wraz z oprogramowaniem do implementacji wyselekcjonowanej metody umożliwiającej komunikację z urządzeniami zewnętrznymi, co umożliwia zwiększenie szybkości, dokładności i automatyzację działania zestawów,
- współautorstwo cyklu czterech monografii w zakresie środowiska do programowania robotów i symulowania pracy stanowisk zrobotyzowanych, robotyzacji procesów produkcyjnych, programowania robotów przemysłowych oraz zastosowania robotów w wybranych etapach procesów produkcyjnych,
- opis wirtualnych środowisk programowania robotów umożliwiających zestawianie komponentów produkcyjnych określonego przeznaczenia, optymalizację pracy robotów i generowanie precyzyjnych i bezpiecznych trajektorii ruchu,
- identyfikację zagadnień związanych z uruchamianiem zrobotyzowanych linii produkcyjnych i wynikających z tego konfiguracji robotów oraz ich programowania,
- wprowadzenie technologii przemysłowego internetu rzeczy w odniesieniu do rozwiązań technicznych i technologicznych prowadzących do wykorzystania robotów mobilnych w aplikacjach Przemysłu 4.0,
- implementację wirtualnych cyfrowych bliźniaków zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych odzwierciedlających ich rzeczywiste warunki

użytkowania w celu prowadzenia analiz uruchamiania, funkcjonowania i modyfikowania tych stanowisk,

- opracowanie koncepcji uniwersalnych algorytmów sterowania modułami chwytaków jako zróżnicowanych konstrukcyjnie zespołów robotów przemysłowych o zmiennych parametrach procesu manipulacji obiektami o różnej geometrii i kształcie oraz współudział w opracowaniu programów sterujących efektorami.

Moja podstawowa uwaga dotycząca omawianego dorobku naukowego związana jest z faktem, że tylko jedna publikacja naukowa cyklu jest samodzielnym dziełem Habilitanta (praca zamieszczona w wydawnictwie spoza ministerialnej listy czasopism). Niezależnie od istotnego merytorycznego udziału Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka we wszystkich pracach, potwierdzonego przez współautorów, w dorobku kandydata na samodzielnego pracownika naukowego powinny znaleźć się 2-3 pozycje autorskie opublikowane w renomowanym wydawnictwie z listy *JCR*. Ocenę w tym zakresie podwyższa współautorstwo czterech monografii z dziedziny robotyzacji i robotów przemysłowych o istotnym znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym oraz współudział w projektowaniu i konstruowaniu modułowego systemu chwytaków.

Stąd w podsumowaniu stwierdzam, że mając na uwadze wymogi jakie są stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego, czyli stworzenie oryginalnego wkładu do dorobku naukowego lub konstrukcyjno-technologicznego w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*, osiągnięcie zawodowe Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka uznaję za odpowiednie do ubiegania się o wnioskowany stopień naukowy.

3.3 Inna istotna działalność naukowo-badawcza, konstrukcyjno-technologiczna, popularyzatorska i dydaktyczna.

W ramach istotnej działalności naukowej Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka, prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2004 r., bez uwzględniania artykułów stanowiących cykl monotematyczny, można wyróżnić:

- współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports (JCR)* - 4 prace,
- 15 współautorskich rozdziałów w monografiach,
- 57 prac w wydawnictwach spoza baz cytowań,
- referaty zamieszczone materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych - 13 pozycji,
- udział w konferencjach naukowych - 63 wystąpienia + 9 komunikatów,
- kierowanie pięcioma uczelnianymi grantami badawczymi i projektami badawczo-rozwojowymi oraz udział w dziewiętnastu projektach badawczych, w tym pracach badawczych statutowych, grantach dziekańskich oraz programach badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Dr inż. Wojciech Kaczmarek ma pokaźny dorobek w zakresie przedsięwzięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych związanych z dawną dyscypliną naukową *budowa i eksploatacja maszyn* wchodzącą obecnie w skład dyscypliny *inżynieria mechaniczna*. Wśród zrealizowanych przez Habilitanta oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych dotyczących sfery militarnej są:

- oprogramowanie komputera pokładowego oraz komputera obsługi zdalnej dla jednostki ogniowej przeciwlotniczych systemów raketowo-artyleryjskich bliskiego zasięgu,
- demonstrator technologiczny stabilizowanej głowicy śledząco-celowniczej do zastosowań w przeciwlotniczych zestawach artyleryjskich małego i średniego zasięgu,
- wieloosiowa platforma do badań dynamicznych,
- celownik programowalny do armat przeciwlotniczych lub przeciwlotniczych zestawów artyleryjsko-raketowych,
- demonstrator przeciwlotniczego zestawu raketowo-artyleryjskiego krótkiego zasięgu systemu osłony bazy lotniczej,
- demonstrator aparatury wspomagania proces kierowania ogniem w systemie obrony przeciwlotniczej obiektu punktowego,
- demonstrator zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35mm.

Na osiągnięcia przeznaczone do zastosowań cywilnych składają się min.:

- robot mobilny inspekcyjno-inżynierski przeznaczony do instalacji i monitorowania kabli teletechnicznych (światłowodów) w rurach kanalizacyjnych.
- analizator do weryfikacji składu wody basenowej.

W ramach działalności inżynierskiej Dr inż. Wojciech Kaczmarek współpracował z polskimi i międzynarodowymi przedsiębiorstwami, w tym min. z firmami Hitmark, Phoenix Contact, Shunk, Mitsubishi Electric, ABB oraz realizował badania naukowe w ramach czterech konsorcjów naukowych, których liderem była Wojskowa Akademia Techniczna. Działalność ta polegała na wypracowywaniu koncepcji zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych z różnych branż przemysłowych, tworzeniu oprogramowania sterującego do robotów oraz przeprowadzaniu symulacji pracy tych stanowisk w celu uzyskiwania optymalnych efektów ich działania zgodnie z oczekiwaniami odbiorców urządzeń. Habilitant opracowywał także dokumentację techniczno-ruchową dotyczącą budowy zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych i ich obsługi bieżącej, jak również okresowych obsług technicznych. Efektami tej współpracy są publikacje i wystąpienia konferencyjne.

Habilitant wykonywał recenzje artykułów do zagranicznych czasopism naukowych, a wśród nich do: *Computers and Industrial Engineering*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Robotics*, *Actuators*, *Sensors*, *Materials*, *Micromachines*, *Applied Sciences* oraz *Problems of Mechatronics*.

Dr inż. Wojciech Kaczmarek pełnił funkcję promotora pomocniczego pracy doktorskiej Mgr Khadira Lakhdara Besseghieur zatytułowanej „*Leader-follower formation control with dynamic leader changing for nonholonomic mobile robots*” obronionej w 2019r. na Wydziale Mechatroniki i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej. Dodatkowo jest promotorem pomocniczym w dwóch kontynuowanych obecnie postępowaniach doktorskich.

Habilitant zdobył pokaźny dorobek dydaktyczny prowadząc zajęcia w formie wykładów, ćwiczeń, ćwiczeń laboratoryjnych, seminariów i projektów z zakresu inżynierii mechanicznej, automatyki, robotyki, telemetrii, układów lokacyjnych i kierowania ogniem, budowy i eksploatacji maszyn oraz programowania na trzech kierunkach (*mechatronika*, *inżynieria systemów bezzalogowych* oraz *technologie przełomowe*) na Wydziale Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej. Współorganizował Laboratorium Robotyki Zakładu Mechatroniki na macierzystym Wydziale. Był autorem koncepcji wyposażenia tego laboratorium, konfigurował stanowiska laboratoryjne i brał udział w ich integracji i uruchomianiu. Jest autorem podręcznika akademickiego pt.:

„Elementy robotyki przemysłowej”. Był promotorem prac dyplomowych (50 magisterskich, 50 inżynierskich) oraz recenzentem 86 prac dyplomowych (42 magisterskich, 44 inżynierskich).

Habilitant odbył 3 staże zawodowe, w tym trzymiesięczny staż w Politechnice Warszawskiej w zakresie wykorzystania robotów przemysłowych oraz ich wirtualnych bliźniaków w aplikacjach manipulowania obiektami oraz trzymiesięczny staż naukowo-techniczny w centrum ABB Sp. z o.o. w zakresie integracji i konfiguracji stanowisk zrobotyzowanych ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień dotyczących projektowania i symulacji stanowisk zrobotyzowanych w środowisku RobotStudio.

Działalność naukowa, wdrożeniowa i dydaktyczna Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka znalazła uznanie władz państwowych i akademickich. Habilitant jest laureatem zespołowej Nagrody Ministra Obrony Narodowej (2022), pięciu nagród Rektora WAT i dziewięciu nagród, w tym czterech dyplomów uznania Dziekana Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa. Otrzymał także szesnaście medali i odznaczeń, w tym min. Złoty Medal „Siły Zbrojne w Służbie Ojczyzny” (2023), Medal Komisji Edukacji Narodowej (2019), Wojskowy Krzyż Zasługi (2020), Złoty, Srebrny i Brązowy Medale „Za zasługi dla obronności kraju” (odpowiednio w latach 2011, 2005, 2000), Brązowy Krzyż Zasługi (2003) oraz Odznakę Zasłużonego Nauczyciela Akademickiego WAT (2011).

Reasumując wskazane powyżej aktywności w zakresie działalności naukowo-badawczej spoza zasadniczego osiągnięcia naukowego, działalności konstrukcyjno-technologicznej, dydaktycznej i popularyzatorskiej, moja ocena dorobku Habilitanta w tych obszarach jest pozytywna. Dorobek ten jest obszerny i oryginalny, a przede wszystkim ma jednoznaczne walory aplikacyjne.

4 Uwagi podsumowujące ocenę dorobku i wniosek końcowy

Dr inż. Wojciech Kaczmarek wykazał się dużą wiedzą w obszarze *inżynierii mechanicznej* w aspekcie konstrukcji i eksploatacji maszyn umożliwiającą zdobycie pokaźnego dorobku w zakresie przedsięwzięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych. Istota osiągnięć naukowych Habilitanta ma trzy komponenty odnoszone do aplikacji militarnych i cywilnych. Pierwszy komponent dotyczy projektowania, badania i wdrażania do produkcji systemów naprowadzania zestawów przeciwlotniczych. Druga składowa związana jest z opracowywaniem koncepcji stacji roboczych łącznie z oprogramowaniem sterującym do robotów umożliwiającym obsługę sygnałów wejściowych i wyjściowych wszystkich urządzeń wchodzących w skład stanowisk, czyli zapewnieniem logiki funkcjonowania stacji. Trzecim komponentem działalności zawodowej Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka, które należy traktować jako oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne i technologiczne jest modułowy system chwytaków do paletyzacji szerokiej grupy towarów produkowanych w różnych rodzajach opakowań. Istotą systemu jest jego modułowość, a tym samym funkcjonalność umożliwiającą bieżące dostosowywanie chwytaków do potrzeb wynikających z procesu produkcji. Wprowadzone uniwersalne programy i układy sterujące dają możliwość integrowania chwytaków z robotami przemysłowymi czołowych producentów.

Prace Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka o łącznym wskaźniku oddziaływania (*impact factor*) IF = 26,502 były cytowane wg bazy *Scopus* 91 razy (stan na 28.07.2023 r.), przy czym

większość to cytowania innych autorów (61). Wskaźniki całkowitej liczba cytowań wg bazy *Google Scholar* wynosi 688.

Indeks Hirscha publikacji Habilitanta wg bazy *Scopus* wynosi $h = 6$, wg bazy *Google Scholar* $h = 18$, co świadczy zarówno o dużej poczytności prac, jak również o uznaniu naukowym tej działalności badawczej.

Dr inż. Wojciech Kaczmarek po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych wykazał istotne doświadczenie zawodowe potwierdzone osiągnięciami naukowymi, technologiczno-konstrukcyjnymi i wdrożeniowymi oraz udziałem w projektach naukowo-badawczych i konferencjach. Jest współautorem czterech monografii i merytorycznych publikacji, które są cytowane przez innych badaczy. Publikacje te oraz prace badawcze, technologiczne i konstrukcyjne wnoszą nowe wartości do *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*.

Na podstawie mojej oceny zaprezentowanej w punktach 3.2 i 3.3 dotyczącej osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej, popularyzatorskiej i dydaktycznej Dr. inż. Wojciecha Kaczmarka stwierdzam, że oceniony w niniejszej recenzji dorobek Habilitanta osiągnięty po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych spełnia w wystarczający sposób wymagania określone w *Ustawie z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2022 r., poz. 574, 583, 655, 682, 807, 1010, 1079, 1117, DZIAŁ V, Stopnie i tytuł w systemie szkolnictwa wyższego i nauki).

Niniejszym popieram wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego Dr. inż. Wojciechowi Kaczmarkowi w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*.

