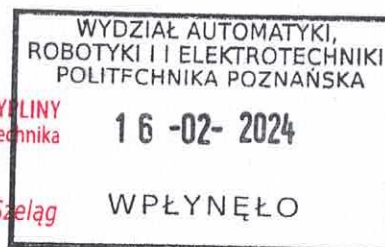


Białystok, dn. 7 lutego 2024 r.

Dr hab. inż. Zbigniew Kulesza, prof. PB
Katedra Automatyki i Robotyki
Wydział Elektryczny
Politechnika Białostocka
tel. [REDACTED]
e-mail: z.kulesza@pb.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY RADY DYSCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
z up. A-SD
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg



RECENZJA

w przedmiocie spełniania przez kandydata - dra inż. Michała Ryszarda Nowickiego,
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego,
wymogów, o których mowa w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.
Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. z 2023 r. poz. 742)

Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo prof. dr hab. inż. Wojciecha Szelaąga, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej, z dnia 14 grudnia 2023 r., nr DR-012/159/2023, w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Michałowi Ryszardowi Nowickiemu. Ocenę wykonano na podstawie dokumentacji przygotowanej przez Habilitanta zgodnie z wymaganiami określonymi w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Sylwetka habilitanta

Pan dr inż. Michał Ryszard Nowicki ukończył studia inżynierskie w kierunku *automatyka i robotyka* na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej w 2013 r. W tej samej uczelni, na Wydziale Informatyki, ukończył w 2014 r. studia inżynierskie w kierunku *informatyka*. Tytuł magistra uzyskał w 2014 r. w dyscyplinie *automatyka i robotyka* na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. W 2018 r. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej obronił pracę doktorską nt. *Methods for the fusion of quantitative and qualitative information using factor graph optimization for the simultaneous localization and mapping problem*. Promotorem rozprawy doktorskiej był dr hab. inż. Piotr Skrzypczyński, prof. PP. W latach 2014-2018 pracował jako asystent w Instytucie Automatyki, Robotyki i Inżynierii Informatycznej Politechniki Poznańskiej, a od 2018 r. - jako adiunkt w Instytucie Robotyki i Inteligencji Maszynowej Politechniki Poznańskiej.

Ocena osiągnięcia naukowego

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce pan dr inż. Michał Ryszard Nowicki przedstawił osiągnięcie naukowe, składające się z **cyklu ośmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych** pod wspólną nazwą *Wielosensoryczna lokalizacja robotów mobilnych*.

Oceniany cykl publikacji składa się z ośmiu artykułów, przy czym pięć z nich znajduje się w czasopiśmie naukowych, a trzy - w materiałach konferencyjnych. Liczba punktów przyznanych za te osiągnięcia (zgodnie z punktacją Ministerstwa Edukacji i Nauki) wynosi łącznie 1120. Trzy publikacje są punktowane w wysokości 200 pkt, dwie w wysokości 140 pkt, jedna - 100 pkt i kolejne dwie - 70 pkt. **Publikacje te spełniają warunki o których mowa w art. 267 ust. 2 pkt 2 lib. b) Ustawy.** Habilitant jest wyłącznym autorem dwóch artykułów. Pozostałe publikacje z ocenianego cyklu powstały we współautorstwie, przy czym udział p. dr inż. M. R. Nowickiego wynosi nie mniej niż 30%, (trzy publikacje) oraz nie mniej niż 60% (trzy kolejne publikacje).

Tematyka cyklu publikacji

W pierwszym artykule (*Spatiotemporal calibration of camera and 3D laser scanner*) przedstawiono problem jednoczesnej kalibracji czasowej i przestrzennej układu pomiarowego składającego się z kamery i lidar 3D. W trakcie eksperymentu kalibracyjnego kamera i lidar 3D jednocześnie i w sposób ciągły rejestrują ruch wzorca kalibracyjnego w postaci standardowej szachownicy z biblioteki OpenCV. Wzorzec kalibracyjny jest wyodrębniany z obrazu otrzymanego z kamery oraz z chmury punktów z lidar. W wyniku obliczeń uzyskuje się macierze transformacji przestrzennej oraz transformacji czasowej z układu współrzędnych lidar do układu współrzędnych kamery. Macierze te otrzymuje się przez minimalizację ważonej sumy kwadratów odległości punktów szachownicy wyznaczonych przez lidar od płaszczyzny szachownicy wyznaczonej przez kamerę w każdej chwili czasowej. Optymalizacja prowadzona jest metodą Levenberga-Marquardta z odporną funkcją kosztu Hubera. **Ważnym wkładem p. dr inż. M. R. Nowickiego w ulepszenie proponowanej metody jest wprowadzenie minimalnej, trójwymiarowej reprezentacji płaszczyzn znacznika z zastosowaniem algebry Liego, oraz interpolacji za pomocą sześciennych krzywych sklepanych typu B-spline płaszczyzn między kolejnymi chwilami próbkowania.** Dzięki temu, w trakcie obliczeń optymalizacyjnych skutecznie omijane są ew. minima lokalne. Proponowana metoda została zweryfikowana symulacyjnie po zastosowaniu 1900 losowych eksperymentów, w trakcie których generowano wygenerowano 100 różnych trajektorii znacznika kalibracyjnego dla 19 różnych przesunięć czasowych między próbkowaniem kamery i lidar. Uzyskano błędy kalibracji na poziomie 12 mm (pozycja), 0,04° (orientacja) i 0,54 ms (przesunięcie czasowe). Metoda była także testowana doświadczalnie z wykorzystaniem układu dwóch kamer MV BlueFox3 oraz lidar VLP-16. Uzyskano błędy kalibracji na poziomie 7,4 mm (pozycja) 0,97° (orientacja) i 3,99 ms.

W artykule drugim (*Vision-based positioning of electric buses for assisted docking to charging stations*) i trzecim (*A data-driven and application-aware approach to sensory system calibration in an autonomous vehicle*) poruszono problemy wizyjnego pozycjonowania autobusów elektrycznych w trakcie dokowania pantografu na dachu autobusu do ładowarki elektrycznej znajdującej się na maszcie w pobliżu drogi. System pozycjonowania przymocowany do dachu autobusu za pomocą przyssawek jest wyposażony w kamerę RGB 20 MP, pracującą z częstotliwością 4 klatki na sekundę oraz dokładny, różnicowy układ GPS o częstotliwości roboczej 8 Hz. Z obrazów z kamery wyznaczane są współrzędne punktów charakterystycznych, znajdujących się na maszcie i ładowarce. Na podstawie otrzymanych punktów, metodą iteracyjną PnP (ang. *perspective-n-point*) wyznaczane jest położenie ładowarki w stosunku do głowicy systemu pozycjonowania.

W artykule drugim porównano różne metody wykrywania punktów charakterystycznych na obrazach z kamery za pomocą metod opartych na sieciach neuronowych. Były to dobrze znane metody z biblioteki MMPose oraz zaproponowane przez autorów metody RKN (ang. *regression keypoint network*) i MRHKN (ang. *max resolution heatmap keypoint network*). Przeprowadzone w

artykule eksperymenty symulacyjne potwierdziły znacznie lepszą skuteczność algorytmów RKN oraz MRHKN, niż tradycyjnych algorytmów z biblioteki MMPose. Tak wysoka skuteczność wykrywania punktów charakterystycznych była możliwa dzięki uprzedniej kalibracji układu pomiarowego składającego się z kamery i DGPS.

Zaprezentowaną w artykule trzecim metodę kalibracji tego układu należy uznać za istotny wkład p. dr inż. M. R. Nowickiego. W metodzie tej przyjmowany jest zbiór parametrów kalibracyjnych, które podlegają optymalizacji w trakcie eksperymentu symulacyjnego. W celu oceny skuteczności zaproponowanego rozwiązania, kalibrację przeprowadzono trzema metodami: metodą klasyczną CC (ang. *classical calibration*) z wykorzystaniem publicznie dostępnego oprogramowania do kalibracji oraz modelu CAD autobusu oraz proponowanymi metodami kalibracji wspomaganą przez człowieka HAC (ang. *human assisted calibration*) i kalibracji automatycznej AC (ang. *automatic calibration*). W metodzie AC wartości parametrów kalibracyjnych są automatycznie wyznaczane przez sieć neuronową. Optymalizacja prowadzona jest za pomocą procedury Levenberga-Marquardta, w której funkcja celu ma postać błędu położenia głowicy systemu pozycjonowania, otrzymanej z kamery oraz z systemu DGPS. W artykule trzecim zbadano trzy postacie funkcji tego błędu oraz potwierdzono, że zarówno autokalibracja AC, jak i kalibracja HAC zapewniają znacznie wyższe dokładności określania położenia ładowarki, niż kalibracja klasyczna. Taki wynik może być zaskakujący, jednak jak wynika z wniosków przedstawionych przez Habilitanta wynika on przede wszystkim z trudności związanych z dokładnym pomiarem orientacji głowicy pozycjonującej.

Tematem czwartego artykułu (*Comparision of camera-based and 3D licar-based place recognition across weather conditions*) jest tzw. rozpoznawanie miejsc, tzn. zagadnienie określenia położenia na podstawie pojedynczego zdjęcia lub jednej chmury punktów 3D na określonym i znanym obszarze, ale bez wykorzystywania informacji o wcześniejszym położeniu. Problem ten jest także tematem piątego artykułu (*MinkLoc3D-SI: 3D lidar place recognition with sparse convolutions, spherical coordinates, and intensity*). W obu artykułach jako urządzenia pomiarowe wykorzystane są kamery, lidary oraz układy kamera-lidar 3D. Badania symulacyjne prowadzono w oparciu o zbiór publicznie dostępnych danych pomiarowych USyD w różnych warunkach pogodowych: słonecznie S, pochmurno C, słonecznie / pochmurno S/C, po deszczu AR, o zachodzie słońca SS i bardzo pochmurno VC, tak aby ocenić czy i jak warunki pogodowe wpływają na działanie układu rozpoznawania miejsc. Na wejście sieci neuronowej podawane są dane z kamery lub z lidaru, a na wyjściu otrzymuje się liczbowy opis danego miejsca, zwany deskryptorem. Przy ocenie działania metody deskryptor lokalizacji uzyskany dla aktualnie analizowanego miejsca jest porównywany z wszystkimi deskryptorami lokalizacji dostępnymi w referencyjnej bazie miejsc. Jeśli najbardziej podobne położenie (na podstawie podobieństwa deskryptorów) znajduje się w granicach ± 10 m od położenia zmierzonego za pomocą GPS, to znalezione położenie jest oznaczane jako prawidłowe.

W artykule czwartym uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie układu kamera-lidar zapewnia znacznie wyższą skuteczność rozpoznawania miejsc, niż stosowanie tylko samej kamery, albo samego lidaru. Dzieje się tak, gdyż skuteczność rozwiązania opartego tylko na kamerze jest bardziej zależna od wyglądu danej sceny, niż od jej geometrii. Z kolei skuteczność rozwiązania opartego na lidarze jest bardziej zależna od geometrii, niż od wyglądu sceny. Połączenie obu metod uwydatnia ich zalety i prowadzi do większej skuteczności, obserwowanej w różnych warunkach pogodowych. **Jednoczesne zastosowanie kamery i lidaru do rozpoznawania miejsc należy uznać za znaczny wkład p. dr inż. M. R. Nowickiego w problematykę rozpoznawania miejsc.**

Opierając się na wynikach badań prowadzonych w artykule czwartym, zauważono, że w zależności od rodzaju urządzenia pomiarowego, należy stosować innych potok przetwarzania, lepiej przystosowany do wejściowych danych pomiarowych. W związku z tym w artykule piątym

skupiono się na odpowiedniej reprezentacji chmury punktów z lidar 3D. W tym celu zastosowano architekturę sieci MinkLoc3D, w której wejściowa chmura punktów jest kwantyzowana do skończonej liczby prostopadłościanów, zwanych wokselami z pojedynczym punktem zlokalizowanym w każdym prostopadłościanie. W artykule piątym zaproponowano modyfikację tej metody, w której zamiast reprezentacji chmury punktów w prostokątnym układzie współrzędnych, zastosowano reprezentację w układzie współrzędnych sferycznym, który bardziej odpowiada naturalnej reprezentacji lidarów 3D. Dodatkowo, zaproponowano włączenie o intensywności odbitego sygnału świetlnego powracającego do lidar, jako dodatkowej cechy, umożliwiającej tworzenie deskryptora miejsca. Proponowane podejście zweryfikowano w trakcie badań symulacyjnych w oparciu o publicznie dostępną bazę danych miejsc USyD. Uzyskano od 1% do 9% zwiększenie skuteczności rozpoznawania miejsc. **Proponowaną, sferyczną reprezentację chmury punktów 3D lidar wraz z wykorzystaniem intensywności odbitego sygnału świetlnego w oryginalnym, autorskim algorytmie MinkLoc3D-SI należy uznać za ważny wkład p. dr inż. M. R. Nowickiego w rozwój metod rozpoznawania miejsc.**

W artykułach: szóstym (*HAPTR2: Improved haptic transformer for legged robots' terrain classification*) siódmym (*Unsupervised learning of terrain representations for haptic Monte Carlo localization*) i ósmym (*Learning and efficient terrain representation for haptic localization of a legged robot*) omówiono problemy związane z wykorzystaniem dodatkowych sygnałów pomiarowych, pochodzących z czujników siły / momentu sił, zamontowanych na stopach czworonożnego robota kroczącego, do rozpoznania terenu, w jakim aktualnie znajduje się robot. Zadaniem systemu nawigacji jest umiejscowienie bazy robota względem wcześniej zarejestrowanej mapy, uzyskanej np. z lidar 3D, na podstawie sygnałów pomiarowych otrzymanych z czujników siły / momentu sił, znajdujących się w stopach robota oraz bieżącej nawigacji zliczeniowej.

W artykule szóstym jako dane uczące wykorzystywano 160 próbek pomiarowych z czujników siły / momentu sił, zarejestrowanych w trakcie poruszania się robota po ośmiu różnych rodzajach podłoża: dywan, sztuczna trawa, guma, piasek, pianka, skały, płytki ceramiczne i płytki PCV. Wprowadzono metody HAPTR i HAPTR2, które są oparte na wydajnych sieciach neuronowych o architekturze transformera. Zaproponowano taką strukturę sieci, gdyż wymagana jest nie tylko zadowalająca klasyfikacja podłoża, ale także szybka reakcja na zmieniający się rodzaj podłoża, tak aby robot mógł być sterowany w czasie rzeczywistym. Ponadto obliczenia powinny być możliwe, przy ograniczonych zasobach sprzętowych, tak jak ma to miejsce w rzeczywistym sterowniku robota. **Oryginalnym wkładem p. dr inż. M. R. Nowickiego w opracowanie metod HAPTR i HAPTR2 jest nowa warstwa MAL sieci transformera (ang. *modality attention layer*).** W porównaniu do standardowej sieci CNN-RNN, która zapewnia największą dokładność rozpoznawania terenu, proponowane metody HAPTR i HAPTR2 osiągają porównywalne dokładności, lecz przy ok. 15-krotnie mniejszej liczbie parametrów sieci. Podobne wyniki otrzymuje się, porównując czas obliczeń wyjścia sieci CNN-RNN oraz HAPTR i HAPTR2. Podobnie, lepsze wyniki otrzymano także porównując skuteczność sieci HAPTR i HAPTR2 i standardowej sieci RNNs+FCL. Mniejsza liczba parametrów sieci ma znaczenie decydujące przy ograniczonych zasobach obliczeniowych sterownika robota, a zatem metody HAPTR i HAPTR2 należy ocenić jako bardziej skuteczne w tego rodzaju zastosowaniach.

W artykule siódmym nie ograniczono listy predefiniowanych klas terenu. Dla każdego kroku określano reprezentację terenu, kodowaną za pomocą sieci o oryginalnej architekturze HAE (ang. *haptic autoencoder*). W połączeniu z dokładną mapą położenia robota (otrzymaną np. z systemu SLAM) tworzono rzadką, dotykową mapę terenu. Wprowadzono oryginalny estymator SMC (ang. *sequential Monte Carlo*), który wykorzystując nawigację zliczeniową z robota, bieżące sygnały dotykowe oraz opcjonalnie geometrię terenu, pozwala określić aktualne położenie robota. Wyniki otrzymane dla proponowanej metody HL-u, w której wykorzystano enkoder HAE wraz z

estymatorem SMC wskazują, że dokładność wyznaczania położenia z wykorzystaniem tylko informacji z czujników siły / momentu sił w stopach robota jest wyższa, niż dokładność otrzymana z wykorzystaniem informacji o klasyfikacji terenu lub wcześniej otrzymanej geometrii terenu (np. otrzymanej z SLAM). Otrzymana dokładność położenia robota jest na poziomie ok. 180 mm. **Jako oryginalny wkład p. dr inż. M. R. Nowickiego w rozwój metod nawigacji dotykowej robotów, należy zatem uznać opracowanie estymatora SMC z nową metodą kodowania reprezentacji terenu HAE.**

W artykule ósmym zaproponowano inną metodę kodowania informacji dotykowej ze stóp robota. Wykorzystano w tym celu sieć neuronową o nazwie Signal Transformer, która opiera się na standardowej architekturze Transformera. Sieć przekształca sześciowymiarowe wejście czujników (trzyosiowe czujniki siły i momentu sił) dla 160 kolejnych próbek pomiarowa szesnastowymiarową przestrzeń cech. Sieć jest uczona z błędem trójkowym (ang. *triplet loss*), co minimalizuje różnicę dla kroków, które są blisko siebie i maksymalizuje różnicę dla kroków oddalonych od siebie. Proponowana metoda nawigacji HL-T z wykorzystaniem kodowania Signal Transformer została porównana symulacyjnie z wcześniej analizowaną w artykule siódmym metodą HL-U, wskazując na dalszą poprawę dokładności pozycjonowania robota. Otrzymana dokładność nawigacji metodą HL-T jest nie gorsza niż 8 mm. Dodatkowo w artykule ósmym wykorzystano informację z czujnika wysokości do opracowania mapy wysokości terenu, która to mapa może być wprowadzona do proponowanej metody HL-T. Uzyskano w ten sposób dalszą poprawę dokładności pozycjonowania robota.

Ocena cyklu publikacji

Z powyższego przeglądu wynika, że **prezentowany cykl publikacji p. dr inż. M. R. Nowickiego jest spójny tematycznie, aktualny i dobrze umotywowany pod względem poznawczym. Prezentowana tematyka mieści się w zakresie dyscypliny naukowej: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.**

Poruszone zagadnienia, takie jak:

- jednoczesna kalibracja w przestrzeni i czasie sygnałów pomiarowych pochodzących z różnych źródeł,
- autokalibracja układu pomiarowego złożonego z różnych źródeł sygnałów pomiarowych,
- rozpoznawanie miejsc na podstawie jednego zdjęcia lub jednej chmury punktów lidar 3D oraz wcześniej pozyskanej mapy terenu,
- poprawa dokładności metod nawigacji przestrzennej robotów koczających na podstawie informacji z czujników siły/momentu stóp,

są ważne z punktu widzenia nawigacji robotów mobilnych kołowych, jak i koczających, a w szczególności w zadaniach zwiększenia dokładności wyznacza ich położenia. W wybranych zastosowaniach taka dokładność może mieć kluczowe znaczenie i dlatego rozwiązania zaproponowane przez p. dr inż. M. R. Nowickiego **należy uznać za nowatorskie i bardzo ważne dla rozwoju dyscypliny naukowej.**

Należy zaznaczyć, że problemy jednoczesnej kalibracji przestrzennej i czasowej sygnałów pomiarowych z różnych źródeł są znacznie trudniejsze, niż zwykle rozpatrywane zagadnienia kalibracji przestrzennej, a to ze względu na nieuniknione opóźnienia czasowe, jakie mogą wystąpić między urządzeniami pomiarowymi rozpatrywanego układu, niesynchronizowanymi dodatkowymi sygnałami sprzętowymi. Bardzo ważne są także zagadnienia odpowiedniego kodowania zwykle dużej ilości danych pomiarowych otrzymywanych z takich źródeł, tak aby mogły być one efektywnie przetwarzane przez sieci neuronowe, przy ograniczonych zasobach obliczeniowych. Na

uwagę zasługują także problemy praktycznej realizacji robotów mobilnych z wykorzystaniem rzadkich danych dotykowych bez jawnej listy klas terenu **W literaturze jest niewiele prac dotyczących tych zagadnień** i trzeba podkreślić, że **oceniany cykl publikacji stanowi ważne wypełnienie tego niedostatku.**

Wkład pracy p. dr inż. M. R. Nowickiego najlepiej obrazują artykuły pierwszy i trzeci, które stanowią najwartościowsze pozycje prezentowanego cyklu. W artykule pierwszym opisano opracowany i zrealizowany przez Autora algorytm i oprogramowanie do dokładnej, jednoczesnej w przestrzeni i czasie, kalibracji kamery RGB i lidar 3D. W artykule trzecim przedstawiono algorytm i oprogramowanie, które umożliwiają poprawę dokładności kalibracji układu kamera RGB - system DGPS, a przez to zwiększają dokładność określenia położenia tego układu. Należy podkreślić duże znaczenie użyteczne tych publikacji. Proponowany układ pomiarowy z dwiema kamerami i lidarem 3D może być zastosowany do zwiększenia dokładności określania położenia robotów mobilnych poruszających się w pomieszczeniach zamkniętych, w których odbiór sygnału GPS jest utrudniony lub niemożliwy. Z kolei układ pomiarowy z kamerą RGB i systemem DGPS może znaleźć zastosowanie przy dokowaniu pantografu na dachu autobusu elektrycznego do ładowarki znajdującej się na maszcie w pobliżu drogi.

Można zatem stwierdzić, że p. dr inż. M. R. Nowicki **przygotował skuteczne algorytmy i pakiety oprogramowania, służące poprawie dokładności pozycjonowania robotów mobilnych.**

Opracowanie artykułów wchodzących w skład cyklu wymagało od Autora dobrej znajomości takich obszarów wiedzy jak: nawigacja robotów mobilnych, projektowanie architektury sieci neuronowych, cyfrowe przetwarzanie sygnałów i obrazów, metody przetwarzania dużej ilości danych pomiarowych, a także umiejętności obsługi specjalistycznego oprogramowania, prowadzenia obliczeń symulacyjnych i pomiarów.

Przedstawiony cykl publikacji dr inż. M. R. Nowickiego oceniam pozytywnie. Uważam, że Autor podjął w ważną i perspektywiczną problematykę. Pracę cechuje zarówno dobry poziom naukowy jak i właściwy warsztat badawczy. Istotną sprawą jest powiązanie aspektów poznawczych i użytecznych. Na tej podstawie stwierdzam, iż **przedstawiony cykl publikacji odpowiada ustawowym wymaganiom stawianym rozprawom habilitacyjnym i stanowi znaczący wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.**

Uwagi krytyczne

Publikacje składające się na oceniane osiągnięcie naukowe prezentują wysoki poziom naukowy. Nie stwierdzono w nich poważniejszych uchybień merytorycznych, błędów w metodologii prowadzenia badań, czy interpretacji wyników. Dwie drobne uwagi zamieszczono poniżej:

1. W równaniach (1)-(2) artykułu [A1] nie wyjaśniono oznaczenia $\$T\$$ oraz zapisu $\$arg\$$.
2. W artykule [A1] nie wyjaśniono przyczyn znacznej różnicy wartości błędów kalibracyjnych uzyskanymi symulacyjnie (12 mm, 0,04°, 0,54 ms) oraz doświadczalnie (7,4 mm, 0,97 i 3,99 ms).

Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że **oceniany cykl publikacji stanowi ważny materiał źródłowy do poprawy dokładności określania położenia robotów mobilnych, czy pojazdów autonomicznych**. Problemy poruszone w ocenianym cyklu publikacji, zawierają się w pełni w dyscyplinie naukowej *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*.

Ocena aktywności naukowej

Oprócz ośmiu publikacji, wykazanych zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym jako osiągnięcie naukowe, pan dr inż. M. R. Nowicki zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 3 Ustawy przedstawił także inne prace, świadczące o jego aktywności naukowej po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Pracami tymi są: 7 artykułów w recenzowanych czasopismach naukowych ze współczynnikiem wpływu IF i 8 rozdziałów w monografiach naukowych (są to w większości teksty referatów konferencyjnych). Łączna liczba punktów przyznanych za te publikacje wynosi 1230. Pan dr inż. M. R. Nowicki brał udział w 6 konferencjach międzynarodowych. **Pozostałą aktywność publikacyjną p. dr inż. M. R. Nowickiego należy zatem ocenić dobrze.**

Pan dr inż. M. R. Nowicki jest autorem jednego zgłoszenia patentowego pt. *Głowica sensoryczna urządzenia do budowania map 3D*.

Sporządził 13 recenzji referatów konferencyjnych takich ważnych konferencji, jak: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, European Conference on Mobile Robots i in. oraz 49 recenzji artykułów w takich czasopismach, jak: ACM Computing Surveys, IEEE Internet of Things Journal, Measurement, Automation and Construction, Journal of Cleaner Production, Neurocomputing, IEEE-ASME Transactions on Mechatronics, Robotics and Autonomous Systems, IEEE Sensors i in. Był redaktorem (Associate Editor) na konferencji międzynarodowej IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2023. Jest redaktorem tematycznym sekcji specjalnej pt. *Best Practice in Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)* czasopisma MDPI Sensors wraz z prof. Giorgio Grisetti (Sapienza University of Rome) oraz dr Marco Camurri (Free University of Bozen-Bolzano). Nie przedstawił natomiast osiągnięć w zakresie udziału w zespołach eksperckich recenzujących wnioski o finansowanie badań. **Należy zatem ocenić, że jego aktywność w recenzowaniu prac naukowych jest na dobrym poziomie.**

Pan dr inż. M. R. Nowicki opracował natomiast ekspertyzy i inne prace na zamówienie przedsiębiorstw. W 2022 r. zrealizował pracę pt. *Opracowanie i analiza systemu montażu sensorów do mapowania magazynu* na zlecenie Arendai Poland sp. z o.o. W 2021 r. współpracował przy opracowaniu studium wykonalności autonomicznej misji księżycowej (Misja Cognition) dla Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA).

W latach 2022-2023 był kierownikiem projektu badawczego NCBR pt. *Nowatorski system lokalizacji wózków samojezdnych AGV z wykorzystaniem skanerów laserowych 3D*. W latach 2020-2021 był wykonawcą projektu finansowanego ze środków programu UE Horyzont 2020 nt. *THING subterranean haptic investigator*. W okresie od 2018 do 2021 r. był wykonawcą projektu UE POIR

pt. *Zaawansowany system wsparcia precyzyjnych manewrów dla kierowców autobusów miejskich jednosegmentowych i przegubowych*. W 2019 r. był wykonawcą w projekcie finansowanym ze środków programu UE European SMEs Robotics Applications nt. *Opracowanie systemu wizyjnej percepcji dla głowicy sensorycznej*. W okresie do 2016 r. do 2018 r. był także wykonawcą w następujących projektach:

- NCBR INNOLOT pt. *Opracowanie systemu awioniki pokładowej wielowirnikowej platformy latającej z podsystemem nawigacji wizyjnej*,
- NCBR LIDER pt. *Opracowanie i implementacja nowych metod lokalizacji, budowy mapy oraz planowania ruchu z użyciem czujników RGB-D w zrobotyzowanych systemach elastycznej produkcji*

oraz specjalistą ds. sensorów w projekcie NCBR pt. *Wytworzenie i przetestowanie prototypu urządzenia do automatycznego monitorowania wpływu elektrowni wiatrowych na nietoperze i ptaki*. W latach 2016-2018 był kierownikiem projektu NCN Preludium nt. *Nowa metoda fuzji danych ilościowych i jakościowych wykorzystująca optymalizację grafu ograniczeń w problemie jednoczesnej lokalizacji i budowy mapy*. **Zaangażowanie pana dr inż. M. R. Nowickiego w realizację projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych należy zatem ocenić bardzo dobrze** - był kierownikiem dwóch projektów, wykonawcą pięciu projektów, i specjalistą w jednym projekcie finansowanym ze źródeł zewnętrznych.

W latach 2018 - 2023 brał udział w następujących programach krajowych, europejskich lub międzynarodowych:

- Badania technologii AR/VR w ramach projektu ARPresence, MetaPlatforms Inc. w Centrum Sztucznej Inteligencji i Cyberbezpieczeństwa - kierownik zespołu programistów, Politechnika Poznańska,
- Budowa, zarządzanie, opracowanie i wykonanie koncepcji autonomizacji ruchu ok. 1000 robotów mobilnych dostarczających posiłki z restauracji - architekt / lider zespołu autonomii, xBerry, Coco, Los Angeles USA,
- Wsparcie w opracowaniu i wykonaniu koncepcji architektury oprogramowania robota mobilnego dla dostaw posiłków z restauracji - architekt ROS, xBerry, Coco, Los Angeles USA,
- Projekt lokalizacji robota mobilnego w warunkach przemysłowych - konsultant ds. lokalizacji, flyps.io, Poznań,
- Opracowanie głowicy lokalizacyjnej - wykonawca, Holarsys sp. z o.o.
- Projekt BFinder - specjalista ds. sensorów Empeko S.A. Poznań.
- Opracowanie systemu kalibracji przestrzennej i czasowej dla kamery i skanera laserowego 3D,
- wykonanie systemu wizyjnej lokalizacji oraz parkowania autobusu pod daszki ładowarek elektrycznych,
- opracowanie koncepcji i wykonanie systemu autonomii dla latającego drona wewnątrz budynków,
- opracowanie demonstratora technologii lokalizacji na urządzeniach mobilnych na Międzynarodowych Targach Poznańskich,
- Udział w opracowaniu systemu jednoczesnej lokalizacji i budowy mapy dla kamer RGBD.

Widoczne jest zatem **bardzo dobre zaangażowanie p. dr inż. M. R. Nowickiego w realizację projektów krajowych, europejskich i międzynarodowych o bezpośrednim znaczeniu praktycznym dla gospodarki**.

W 2022 r. odbył jednotygodniowy staż naukowy w Swiss Federal Institute of Technology at Lausanne, Biorobotics Laboratory. **Okres stażu jest dość krótki, ale należy wziąć pod uwagę**

trwający w latach 2020-2022 stan pandemii Covid-19, który z pewnością utrudnił realizację dłuższych wyjazdów.

Otrzymał następujące stypendia i nagrody: stypendium MNiSW dla wybitnych młodych naukowców, stypendium FNP START dla 100 wybitnych młodych naukowców, nagroda za zajęcia 1. miejsca za najlepszą rozprawę doktorską ze sztucznej inteligencji PSSI, stypendium do młodych badaczy poznańskiego środowiska naukowego, Nagroda Miasta Poznania za wyróżniającą się pracę doktorską, nagroda za zajęcia 2. miejsca za rozprawę doktorską w konkursie Młodzi Innowacyjni, stypendium NCN na dokończenie rozprawy doktorskiej i staż u prof. J. D. Tardosa, stypendium MNiSW dla doktorantów, ośmiokrotnie Nagrody Rektora PP za osiągnięcia naukowe.

Lista nagród jest zatem imponująca, co świadczy o tym, że **działalność naukowa p. dr inż. M. R. Nowickiego jest zauważana i bardzo pozytywnie oceniana przez instytucje zewnętrzne.**

Pan dr inż. M. R. Nowicki był członkiem międzynarodowej organizacji Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) w latach 2018, 2020, 2022, 2023.

Sumaryczny wskaźnik wpływu IF publikacji wg bazy Journal Citation Reports po otrzymaniu stopnia naukowego doktora wynosi **52,983. Jest to bardzo dobry wynik**, uzyskany przez publikowanie w takich uznanych czasopismach jak: IEEE Robotics and Automation Letters, Measurement, Robotics and Autonomous Systems.

Liczba cytowań (bez autocytowań) wg bazy Web of Science wynosi **473, co jest wynikiem bardzo dobrym.** Index Hirsha opublikowanych artykułów wynosi **13, co należy uznać za wartość bardzo dobrą.**

Biorąc powyższe pod uwagę, **dorobek naukowo-badawczy pana dr inż. M. R. Nowickiego po doktoracie należy ocenić bardzo dobrze.** Habilitant wykazał się dużą aktywnością naukową nie tylko w swojej uczelni macierzystej, lecz także współpracując przy realizacji projektów badawczo-naukowych z przedsiębiorstwami w kraju i za granicą.

Wniosek końcowy

Podsumowując przedstawione **osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowy, dr inż. Michała Ryszarda Nowickiego należy stwierdzić, że spełniają one wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, podane w art. 219.** Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych pan dr inż. M. R. Nowicki wykazał się bardzo dobrą aktywnością naukową i powiększył wyraźnie swój dorobek naukowy. Przedstawione osiągnięcie naukowe w postaci cyklu ośmiu artykułów naukowych **wnosi znaczący wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, a w szczególności specjalności nawigacja robotów mobilnych.**

Uważam, że pan dr inż. M. R. Nowicki jest dobrze przygotowany do pełnienia roli samodzielnego pracownika naukowego i niniejszym **popieram wniosek o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.**

