

Szczecin, 10.02.2023 r.

dr hab. inż. Krzysztof Okarma, prof. ZUT

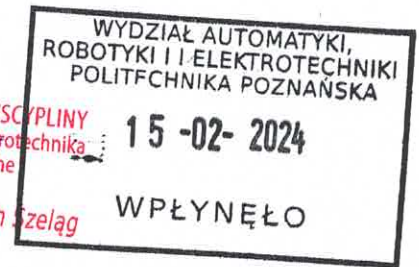
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Katedra Przetwarzania Sygnałów i Inżynierii Multimedialnej

ul. Sikorskiego 37

70-313 Szczecin

PRZEWODNICZĄCY RADY DYSCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
z up. A-17
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg



RECENZJA

**osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej i całokształtu dorobku
dr. inż. Michała Nowickiego w związku z postępowaniem habilitacyjnym
prowadzonym przez Politechnikę Poznańską w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych
w dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne***

Niniejsza recenzja sporządzona została na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej prof. dr. hab. inż. Wojciecha Szelaąga z dnia 14.12.2023 r. oraz uchwały nr 18/2023-2024 tejże Rady Dyscypliny z dnia 15 listopada 2023 r. w sprawie powołania Komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego na wniosek dr. inż. Michała Ryszarda Nowickiego. Została ona przygotowana na podstawie dostarczonej dokumentacji, obejmującej w szczególności autoreferat, wykaz opublikowanych osiągnięć naukowych lub twórczych prac zawodowych (wraz z kopiami ośmiu osiągnięć wchodzących w skład cyklu powiązanych tematycznie publikacji), a także informację o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki.

I. OGÓLNE INFORMACJE O KANDYDACIE

Dr inż. Michał Nowicki jest pracownikiem Instytutu Robotyki i Inteligencji Maszynowej na Wydziale Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej. Tytuł zawodowy inżyniera w specjalności robotyka uzyskał on w roku 2013, kończąc studia na kierunku automatyka i robotyka na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Rok później na Wydziale Informatyki PP uzyskał tytuł zawodowy inżyniera informatyki, a także tytuł magistra inżyniera automatyki i robotyki, broniąc pracę dyplomową pt. *Development and implementation of a visual odometry algorithm for mobile devices*, której opiekunem był prof. Piotr Skrzypczyński – późniejszy promotor Jego rozprawy doktorskiej. Rozprawa ta została obroniona w roku 2018 na macierzystym Wydziale, a jej recenzentami byli prof. Dariusz Uciński z Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz prof. Bogdan Kwolek z AGH w Krakowie.

II. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Osiągnięcie naukowe, będące podstawą wystąpienia z wnioskiem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, stanowi cykl ośmiu powiązanych tematycznie publikacji, opatrzonych wspólnym tytułem: „*Wielosensoryczna lokalizacja robotów mobilnych*”. Dwie z nich są

publikacjami samodzielnymi, które ukazały się w czasopismach (*Measurement* oraz *IEEE Robotics and Automation Letters*) posiadających wysokie współczynniki Impact Factor, a także wyjątkowo wysoką punktację MNiSW wynoszącą 200 pkt. Pozostałe 6 osiągnięć współautorskich stanowią 3 artykuły w wiodących czasopismach oraz 3 publikacje w konferencjach z listy CORE. Wszystkie one ukazały się w latach 2020-2023, a zatem już po uzyskaniu stopnia doktora przez Kandydata. Charakteryzują się one dużą zbieżnością tematyczną, gdyż wszystkie dotyczą zagadnień zastosowania systemów wizyjnych w robotyce w połączeniu z użyciem sensorów innego rodzaju. Do każdej ze współautorskich publikacji dołączono komplet oświadczeń wszystkich ich współautorów, potwierdzających zadeklarowane w dokumentacji udziały procentowe wszystkich twórców, jak również określające wkłady merytoryczne poszczególnych współautorów. Dostarczona dokumentacja nie budzi pod tym względem żadnych wątpliwości.

Tematyka przedstawionego cyklu publikacji wywodzi się z klasycznego zadania SLAM, jednakże rozszerzonego o problemy zastosowania układów wielosensorycznych, łącznie z ich kalibracją, w połączeniu z systemami wizyjnymi. Stanowi to naturalną konsekwencję realizacji rozprawy doktorskiej skupiającej się na fuzji danych na potrzeby SLAM. W przedstawionym cyklu publikacji Habilitant osiągnął wymienione w autoreferacie cele dotyczące: projektu i implementacji oprogramowania do dokładnej kalibracji kamer oraz LiDAR-ów 3D, zaproponowania i przetestowania rozwiązania kalibracyjnego umożliwiającego poprawę wydajności układu sensorów dedykowanego dla konkretnego zastosowania, stworzenia systemu rozpoznawania miejsc na potrzeby lokalizacji bazującej na obrazach RGB oraz chmurach punktów 3D pozyskanych z LiDAR-ów, a także rozwiązania stosowanego do lokalizacji na podstawie małej ilości danych sensorycznych w przypadku braku możliwości zastosowania kamery oraz LiDAR-ów 3D. W tym przypadku zaproponowane zostało użycie robotów koczujących rejestrujących sygnały haptyczne.

Zaproponowane w samodzielnej pracy oznaczonej w przedstawionym cyklu jako [A1] podejście do kalibracji czasoprzestrzennej na potrzeby pomiarów dynamicznych, w szczególności fuzji danych z kamer RGB oraz LiDAR-ów, pozwala na uzyskanie wysokiej dokładności umożliwiającej efektywne zastosowanie idei wspólnej kalibracji na podstawie pomiarów uzyskanych ze wszystkich sensorów. Habilitant słusznie zwraca uwagę, iż w wielu aplikacjach robotycznych celem kalibracji nie jest przede wszystkim jak najdokładniejsze znalezienie parametrów, ponieważ docelowo wykrywane są widoczne na obrazach obiekty, co pozwala na poprawę dokładności samolokalizacji i mapowania otoczenia m.in. przez redukcję nagromadzonego dryfu w przypadku robotów mobilnych. Proponowane przez Habilitanta podejście ma pewne aspekty dobrze pojętej interdyscyplinarności, co wynika częściowo z faktu łączenia doświadczeń automatyki i robotyki oraz informatyki. Warto podkreślić, iż dzięki zaproponowanemu przez Habilitanta zastosowaniu interpolacji za pomocą sześciennych krzywych B-sklejanych (B-spline) dla ciągłych reprezentacji płaszczyzny możliwe było uniknięcie wyszukiwania minimów lokalnych. Stworzone przez Kandydata oprogramowanie do kalibracji układu kamery oraz LiDAR-u 3D stanowiło pierwsze tego typu rozwiązanie wykorzystujące markery do kalibracji czasoprzestrzennej.

Kolejną częścią osiągnięcia habilitacyjnego dr. inż. Michała Nowickiego jest zaproponowanie nowego podejścia do kalibracji systemów sensorycznych w problemie wizyjnego pozycjonowania autobusów elektrycznych podczas dokowania pantografu w stacjach ładowania przedstawione w artykułach [A2], który ukazał się w czasopiśmie AMCS, oraz [A3] z czasopisma *Measurement*. Prace te powstały częściowo w ramach projektu realizowanego w ramach POIR w konsorcjum z firmą Solaris

dotyczącego systemu ADAS dla autobusów elektrycznych. Dzięki zaproponowanemu podejściu do kalibracji możliwe okazało się uzyskanie wyników pozycjonowania ładowarki porównywalnych z funkcjonującym systemem DGPS, także wówczas gdy nie może być on efektywnie zastosowany, np. w pobliżu wysokich budynków zakłócających sygnał satelitarny GPS. Poprawa estymacji pozycji autobusu wymagała wyboru właściwego podejścia do kalibracji, co ma wpływ na uzyskiwane wyniki, jak wykazano w publikacji [A3], wskazując na zalety zaproponowanej metody autokalibracji. Pomimo wskazanych ograniczeń dotyczących relatywnie niskiej uniwersalności zaproponowanego rozwiązania, w mojej opinii warto je docenić zarówno ze względu na oryginalność i pomysłowość, jak również istotną w praktycznych zastosowaniach możliwość automatyzacji procedury kalibracji.

Publikacja oznaczona jako [A4] dotyczy z kolei systemu rozpoznawania miejsc w warunkach rzeczywistych na podstawie fuzji informacji z kamery RGB oraz LiDAR-u 3D przy założeniu braku informacji dotyczących wcześniejszych lokalizacji. Warto podkreślić, iż rozważany system charakteryzuje się dużą uniwersalnością pod względem warunków pogodowych – jego weryfikacja została wykonana z użyciem zbioru testowego USyD zawierającym 6 kategorii pogodowych. Sam system bazuje na sieci neuronowej, na której wejście przesyłane są dane sensoryczne. Dzięki zaproponowanemu podejściu Habilitant uzyskał zauważalną poprawę wyników rozpoznawania miejsc. Biorąc pod uwagę zależność wyników uzyskiwanych przez sieć neuronową od sposobu reprezentacji danych wejściowych, kolejnym istotnym nurtem badawczym dr. inż. Michała Nowickiego było określenie odpowiedniej reprezentacji chmury punktów 3D uzyskiwanej z LiDAR-u, co przedstawiono w publikacjach [A3] oraz [A5]. Przeprowadzone badania dla różnych baz testowych potwierdziły skuteczność zaproponowanego podejścia bazującego na użyciu reprezentacji sferycznej oraz dodatkowych danych w postaci intensywności pomiarów zwracanych z LiDAR-u. Poprawa wyników w ujęciu procentowym przedstawiona w publikacji [A5] jest przekonująca, w szczególności ze względu na to, iż występuje ona dla wszystkich rozważanych warunków pogodowych.

Ostatnim elementem cyklu prac, przedstawionym w publikacjach [A6,A7,A8], są badania nad lokalizacją haptyczną robota kroczącego. Wyniki badań ukazały się w czasopiśmie *Robotics and Autonomous Systems* wydawnictwa Elsevier (140 pkt. MNiSW) oraz jako dwie publikacje konferencyjne w materiałach konferencji ICRA (CORE B – 70 pkt. MNiSW). Pomiar haptyczne pozyskiwane ze stóp robotów kroczących mogą stanowić dodatkowe, cenne źródło informacji, stąd pomysł jego wykorzystania uznać należy za trafny w kontekście fuzji danych oraz możliwości ich wykorzystania jako dane wejściowe dla sieci neuronowych. Również w tym przypadku zaproponowane zostały nowatorskie metody w postaci głębokich sieci neuronowych bazujących na architekturze transformera, a udział Habilitanta w powstaniu tych publikacji był znaczący. Wartościowym elementem jest tutaj analiza wymagań obliczeniowych, dzięki czemu zaproponowane rozwiązanie może być z powodzeniem użyte dla robotów mobilnych o ograniczonych zasobach obliczeniowych. Zaproponowany sposób klasyfikacji terenu może być ciekawym uzupełnieniem metod bazujących na analizie obrazów np. widzianych z drona, w szczególności w przypadku kooperacji robotów kroczących oraz autonomicznych pojazdów latających. Rozwiązanie przedstawione w publikacji [A7] w postaci autoenkodera haptycznego (HAE) może być z powodzeniem użyte w warunkach, gdy kamera, czy też LiDAR nie może być efektywnie zastosowany np. w niektórych kopalniach. Z kolei modyfikacja zaprezentowana w publikacji [A8] pozwala na uczenie sieci za pomocą tzw. „trójki próbek”, co prowadzi do dalszego zmniejszenia bezwzględnych błędów lokalizacji.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Habilitanta przedstawionych w cyklu 8 publikacji zaliczyć można, zgodnie zresztą z deklaracją Kandydata:

- opracowanie oprogramowania do dokładnej kalibracji czasoprzestrzennej kamer RGB oraz nowoczesnych obrotowych LiDAR-ów 3D,
- opracowanie rozwiązania kalibracyjnego bazującego na poprawie wydajności zestawu sensorycznego w aplikacji docelowej zamiast na znalezieniu możliwie najdokładniejszej transformacji geometrycznej,
- zaprojektowanie dokładnego rozwiązania estymacji pozy dla scenariusza dokowania autobusów elektrycznych,
- projekt i implementację systemu rozpoznawania miejsc na potrzeby określania lokalizacji na podstawie obrazów RGB i chmur punktów z LiDAR-u 3D,
- propozycję nowej reprezentacji sieci neuronowej dla chmur punktów z LiDAR-ów 3D,
- nową architekturę do wielosensorycznej klasyfikacji terenu z użyciem transformerów.
- projekt i implementację rozwiązania do lokalizacji robota kroczącego z wykorzystaniem rzadkich danych haptycznych bez użycia jawnej listy klas terenu.

Powyższa lista osiągnięć jest w mojej ocenie sformułowana prawidłowo i wyczerpuje znamiona znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*.

Osiągnięcie naukowe dr. inż. Michała Nowickiego, będące podstawą do wystąpienia z wnioskiem o nadanie stopnia doktora habilitowanego, stanowiące cykl 8 powiązanych tematycznie publikacji, stanowi w mojej ocenie wymagany znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, a zatem spełnia wymagania stawiane przez obowiązujące przepisy w zakresie uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

III. OCENA ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ I CAŁOKSZTAŁTU DOROBKU

III.1 Ocena istotnej aktywności naukowej

Ocena istotnej aktywności naukowej dotyczy innych, aniżeli ujęte w cyklu publikacji stanowiących recenzowane osiągnięcie naukowe, osiągnięć naukowo-badawczych zrealizowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

Obecne wymagania ustawowe dotyczące uzyskania stopnia doktora habilitowanego wymagają spełnienia m.in. warunku istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni. Wymaganie to zostało przez Kandydata spełnione poprzez odbyte zagraniczne staże naukowe: 3-miesięczny w Forschungszentrum Informatik (FZI) w Karlsruhe w Niemczech, 3-miesięczny na Uniwersytecie w Saragossie w Hiszpanii w grupie prof. Juana Tardósa oraz kolejny w Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) w Lozannie w Szwajcarii w grupie prof. Auke Ijspeerta. Ponadto, Habilitant współpracował z innymi uczelniami, m.in. z Uniwersytetem w Oxfordzie, z Politechniką w Grazu (Austria), czy też z CTU w Pradze, a także uczestniczył w Szkole Letniej na Uniwersytecie w Würzburgu w Niemczech.

Dorobek naukowy dr. inż. Michała Nowickiego, nieujęty w cyklu 8 publikacji stanowiących Jego główne osiągnięcie naukowe, obejmuje osiem współautorskich rozdziałów w monografiach naukowych zawierających materiały konferencyjne lub pokonferencyjne, a także 7 pozycji (również współautorskich) w czasopismach posiadających współczynnik IF (m.in. *Sensors, Autonomous Robots, IEEE Vehicular Technology Magazine, Robotics and Autonomous Systems*). Nie są to liczby imponujące, wzrost aktywności po doktoracie nie jest w tym przypadku wyraźny, jednak warto zwrócić uwagę na pracę w łącznie 11 projektach (w tym Diamentowy Grant oraz NCN Preludium jako kierownik projektu), czy też zgłoszenie patentowe. Publikacje spoza cyklu zgłoszonego jako osiągnięcie naukowe są w większości związane z główną tematyką badań, choć mają one mniejszą wagę.

Kandydat łącznie 17-krotnie prezentował wyniki badań na konferencjach naukowych, w większości ściśle związanych z tematyką prowadzonych badań.

Porównując pozostały dorobek naukowy z głównym osiągnięciem habilitacyjnym, pozostaje pewien niedosyt, choć umieszczenie najbardziej wartościowych pozycji w cyklu podlegającym ocenie, jest zrozumiałe.

Kandydat dołączył opracowany przez Oddział Informacji Naukowej Biblioteki Politechniki Poznańskiej zestaw dokumentów zawierający analizę cytowań Jego prac. Dla łącznej liczby 64 prac wskazano sumaryczną liczbę punktów MNIŚW wynoszącą 2950. Można zauważyć, iż po obronie doktoratu znacząco wzrosła ranga prac Kandydata (12 prac z IT wobec 6 przed doktoratem, czy też 5 prac w materiałach konferencji CORE wobec jednej przed doktoratem). Nie pojawiają się już prace w czasopismach bez wskaźnika IF, brak prawie również materiałów konferencyjnych spoza bazy CORE a wyjątkiem wykazywanych jako rozdziały w monografiach.

Wskaźniki naukometryczne podane w dokumentacji to 565 cytowań (w tym aż 473 niezależne) wg bazy WoS, co daje indeks Hirscha równy 13. W bazie Scopus odnotowano odpowiednio 671 i 489 cytowań (indeks Hirscha równy 14) natomiast wg Google Scholar istnieje 999 cytowań (w tym 855 niezależnych), prowadzących do indeksu Hirscha równego 17. W mojej opinii są to bardzo dobre wartości wskaźników, przewyższające typowe wartości wskazywane we wnioskach habilitacyjnych w dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, zwłaszcza biorąc pod uwagę dość krótki okres, jaki upłynął od nadania stopnia doktora. Analizując te same wskaźniki w dniu sporządzania recenzji można zauważyć ich wzrost np. do 1175 cytowań w Google Scholar (h-indeks = 18).

Aktywność naukowa dr inż. Michała Nowickiego jest wystarczająca pod względem liczby i jakości osiągnięć, jak też pod kątem współpracy z innymi badaczami, także spoza macierzystej uczelni. Jest ona w pełni zadowalająca także pod względem prestiżu czasopism, w których ukazały się Jego publikacje, czego efektem tego są liczne cytowania prac indeksowanych w bazach WoS oraz Scopus przede wszystkim przez innych badaczy, co pozwoliło uzyskać wysokie wskaźniki naukometryczne.

III.2 Pozostała aktywność naukowa, organizacyjna, współpraca międzynarodowa oraz dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

Kandydat aktywnie współpracuje z badaczami spoza macierzystej uczelni, co ma związek zarówno z realizowanymi projektami, jak również z odbytymi stażami naukowymi. Warto zauważyć wzrost jakości prac publikowanych po porobieniu doktoratu, w kontekście wyboru miejsc publikacji. Habilitant od kilku lat jest członkiem IEEE, prowadzi działalność dydaktyczną oraz popularyzatorską. Jest promotorem pomocniczym w trzech otwartych przewodach doktorskich.

Brał udział w projekcie finansowanym przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej w ramach programu "eNgage" pt. "Robotycy – współcześni czarodzieje", którego celem była popularyzacja robotyki wśród uczniów szkół średnich. Był także kierownikiem projektu "Ujarmij magię swojego smartfona" finansowanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej także w ramach programu "eNgage", którego celem było przeprowadzenie serii zajęć z możliwości przetwarzania i wykorzystania sensorów urządzeń mobilnych. Brał też udział w projekcie AI-Tech, którego celem było przygotowanie materiałów dydaktycznych do zajęć z metod sztucznej inteligencji w robotyce.

Dr inż. Michał Nowicki wypromował 11 magistrów oraz 15 inżynierów w ramach 8 prac magisterskich oraz 7 prac inżynierskich. Dwie z prac realizowanych pod Jego opieką zostało wyróżnionych: I miejsce w konkursie Młodzi Innowacyjni organizowanym przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów (PIAP) oraz III miejsce w konkursie SEP Poznań. Prowadzi in zajęcia dla studentów 3 kierunków studiów: Robotics I (na kierunku Artificial Intelligence), Nowoczesne Sensory w Robotyce (na kierunku Automatyka i Robotyka studia S2) oraz Metody Sztucznej Inteligencji w Robotyce na kierunku Informatyka (studia S2). Wcześniej prowadził on także zajęcia z pięciu innych przedmiotów z zakresu informatyki, technik mikroprocesorowych, autonomicznych robotów mobilnych oraz algebry liniowej.

W 2023 r. Habilitant pełnił rolę redaktora (Associate Editor) na konferencji 2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2023 – 140 pkt MEiN, CORE A). Recenzował też 13 zgłoszonych publikacji konferencyjnych (m.in. konferencje IROS, ICRA, ECMR, RoMoCo, KKR, ICARCV, czy PP-RAI). Był współredaktorem numeru specjalnego w MDPI Sensors oraz recenzentem 48 publikacji naukowych dla redakcji 18 różnych czasopism.

Był kierownikiem czterech projektów, w trzech projektach europejskich oraz ośmiu innych uczestniczył jako wykonawca. Uzyskiwał też liczne nagrody, wyróżnienia i stypendia.

Oceniając pozostałą aktywność naukową, organizacyjną, współpracę międzynarodową oraz dorobek dydaktyczny i popularyzatorski dr. inż. Michała Nowickiego uznaję, iż wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w tym zakresie zostały przez Habilitanta spełnione.

IV. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Po analizie i ocenie przedstawionego osiągnięcia naukowego i całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego dr. inż. Michała Nowickiego po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, uważam, iż Jego wkład w rozwój dyscypliny *automatyka, elektronika, elektrotechnika i*

technologie kosmiczne, spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Po całościowej ocenie przedstawionej dokumentacji pod względem osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej oraz pozostałej aktywności naukowej, dydaktycznej, eksperckiej i popularyzatorskiej, jak również współpracy międzynarodowej, a także analizując aktualne informacje z baz bibliograficznych, uważam, iż również w tym zakresie Kandydat spełnia zwyczajowe oczekiwania od osób ubiegających się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*.

Stwierdzam, iż dorobek Habilitanta, w szczególności cykl 8 powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, spełniając wszystkie wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego przez aktualnie obowiązującą Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (z późn. zm.), wobec czego stawiam wniosek o dopuszczenie dr. inż. Michała Nowickiego do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego.

