

dr hab. inż. Rafał Stanisławski, prof. uczelni
Katedra Systemów Informatycznych i Sterowania
Wydział Informatyki
Politechnika Opolska
e-mail: r.stanislawski@po.edu.pl

Opole, 26.05.2025
S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia 4.06.2025
Zarejestrowano pod nr 511-2-13/25
Podpis 

RECENZJA WNIOSKU O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO PANA DRA INŻ. MARKA DŁUGOSZA

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, dra hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. AGH, z 7 marca 2025 roku.

1. Charakterystyka kandydata

Pan dr inż. Marek Długosz ukończył studia wyższe magisterskie w 2001 roku na kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, uzyskując tytuł magistra inżyniera ze specjalnością informatyka w sterowaniu i zarządzaniu. W tym samym roku rozpoczął pracę naukowo-dydaktyczną jako asystent w Katedrze Automatyki i Robotyki AGH. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie automatyka i robotyka uzyskał w 2009 roku na podstawie rozprawy pt. *Problemy optymalizacji układów napędowych w automatyce i robotyce*, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Wojciecha Mitkowskiego.

Od roku 2009 Pan dr inż. Marek Długosz pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Automatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH (obecnie: Katedra Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej). Jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół zagadnień związanych z algorytmami optymalizacji, nowoczesnymi metodami sterowania oraz zastosowaniami układów automatyki w inżynierii biomedycznej. W swojej działalności naukowej łączy wiedzę z zakresu klasycznej teorii sterowania z nowoczesnymi narzędziami inżynierskimi, co znajduje odzwierciedlenie zarówno w publikacjach, jak i projektach badawczych.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, pt. *Metody projektowania i testowania układów sterowania, ze szczególnym uwzględnieniem sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych*, obejmuje cykl publikacji złożonych z dziewięciu pozycji, przy czym siedmiu artykułów w czasopismach i dwóch referatów na konferencjach międzynarodowych. Dwie prace zostały wykonane samodzielnie przez autora, a pozostałe siedem powstało przy współpracy niewielkiej grupy naukowej w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie obejmującej Profesorów Wojciecha Mitkowskiego, Piotra Skrucha i Jerzego Baranowskiego. Należy zauważyć, że praca powstała m. in. w wyniku realizacji grantu Narodowego Centrum Nauki pt. *Algorytmy sterowania i zarządzania budynkami mieszkalnymi* (nr: N N514 644440).



2.1 Ocena merytoryczna

Ocenę poszczególnych pozycji cyklu przedstawiono poniżej.

Pierwsza wskazana w cyklu praca (MD1) dotyczy sterowania temperaturą budynku z wykorzystaniem regulatora liniowo-kwadratowego (*Linear-Quadratic Control* – LQR). Autor posłużył się uproszczonym, liniowym modelem budynku, który można przedstawić w formie analogicznego układu elektrycznego. Zarówno idea pracy, jak i koncepcja zaproponowanego przełączanego układu regulacji LQR wydają się bardzo interesujące. Wyniki symulacyjne sugerują skuteczność opracowanej metody, potwierdzając zasadność przyjętego podejścia. Pewien niedosyt pozostawia jednak brak implementacji algorytmu na rzeczywistym obiekcie. Nie jest to zarzut wobec samej pracy, która stanowi wartościowy wkład autora, lecz raczej ogólna uwaga dotycząca całego cyklu publikacji. Dodatkowo, zwraca uwagę brak uwzględnienia opóźnień w układzie regulacji. W klasycznym systemie centralnego ogrzewania opóźnienia te mogą mieć istotny wpływ na jakość działania układu sterowania, dlatego ich nieuwzględnienie stanowi pewne ograniczenie modelu.

Rozwinięciem badań nad modelowaniem cieplnym budynku jest druga praca cyklu (MD2), w której uproszczony model obiektu zastąpiono bardziej zaawansowanym modelem opartym na równaniach przewodnictwa ciepła Josepha Fouriera. Badania przedstawione w pracy zostały przeprowadzone rzetelnie, a zaproponowany model stanowi istotne rozwinięcie podejścia zastosowanego w pracy pierwszej, oferując dokładniejszy opis zjawisk cieplnych zachodzących w budynku.

W trzeciej pracy cyklu (MD3) autor skupił się na ocenie wpływu jakości implementacji numerycznych regulatorów PID na jakość działania układu regulacji. Sama praca jest interesująca i prezentuje podejście, w którym oceny układu sterowania dokonuje się na podstawie modelu procesu. Przedstawione wyniki są ciekawe i stanowią wartościowy wkład w rozwój dyscypliny. Pewne wątpliwości budzi pominięcie szerszego opisu regulowanego obiektu. Choć celem pracy jest analiza samego regulatora, to jednak w kontekście oceny jakości sterowania kluczowe znaczenie ma również charakterystyka obiektu, na który oddziałuje regulator. Warto również zauważyć, że mimo interesującego charakteru prezentowanych rezultatów, mają one ograniczone znaczenie z punktu widzenia głównego osiągnięcia Wnioskodawcy, z kilku powodów: a) rozpatrywane obiekty cieplne są z natury systemami inercyjnymi, które nie stanowią dużego wyzwania w kontekście wpływu dokładności implementacji regulatorów PID na jakość sterowania. Większe znaczenie ma tu precyzja modelu procesu, którego wyznaczenie jest zadaniem znacznie trudniejszym. b) W zagadnieniach sterowania temperaturą w budynkach nie występują problemy związane z fizyczną realizacją układów regulacji (np. o charakterze pneumatycznym). Z tego względu włączenie pracy MD3 do recenzowanego cyklu publikacji należy traktować raczej jako rezultat dodatkowy, o ograniczonym wpływie na główne osiągnięcie naukowe Wnioskodawcy.

W czwartej pracy cyklu (MD4) Wnioskodawca podjął próbę modelowania zmian cieplnych w pomieszczeniach budynków z zastosowaniem modeli opisanych równaniami różniczkowymi niecałkowitego rzędu. Dobór tej klasy modeli, zdaniem recenzenta, jest bardzo trafny i znajduje potwierdzenie w literaturze przedmiotu (np. w pracach kierownika Katedry Wnioskodawcy, prof. Krzysztofa Oprządkiewicza). Procesy dyfuzyjne – do których zalicza się wymianę ciepła – są naturalnie opisywane przez równania frakcyjne. Zastosowany model, choć stosunkowo prosty, dobrze odzwierciedla zmiany cieplne zachodzące w pomieszczeniu. Dużym atutem pracy jest weryfikacja eksperymentalna uzyskanych wyników. Poważne wątpliwości recenzenta budzi natomiast dobór modelu procesu przedstawionego w równaniu (26), który stanowi w istocie połączenie modelu (25) i całki niecałko-



witego rzędu. Biorąc pod uwagę prezentowane na Rys. 8b optymalne wartości rzędów pochodnych $\alpha_{1,2} > 1$, przedstawiony model traci właściwość samowyrównania i znajduje się na granicy stabilności. Dodatkowo, znane problemy implementacyjne związane z operatorami niecałkowitego rzędu mogą prowadzić do wypchnięcia modelu w stronę niestabilności, co – według intuicji recenzenta – byłoby niezgodne z fizyką opisywanego zjawiska. Podsumowując, praca czwarta stanowi interesującą i wartościową implementację równań niecałkowitego rzędu w modelowaniu zjawisk cieplnych. Nie budzi ona zastrzeżeń w zakresie modelu (25), natomiast zastosowanie modelu opisanego równaniem (26) rodzi istotne wątpliwości.

Interesujące wyniki teoretyczne związane z modelowaniem zmian temperatury w pomieszczeniach przedstawiono w piątej pracy cyklu (MD5). Wnioskodawca koncentruje się w niej na istotnym zagadnieniu dotyczącym rozpatrywanej klasy modeli, jakim jest problem obserwowalności. Kluczowym rezultatem pracy jest twierdzenie określające warunki obserwowalności dla pewnej klasy układów wykorzystywanych w modelowaniu dynamiki zmian temperatury. Przedmiotowe twierdzenie pozwala określić minimalne wymagania dotyczące rzędu modelu matematycznego opisującego zmiany temperatury powietrza w budynkach. W oparciu o nie opracowano sposób modyfikacji równań modelu opartego na skupionej pojemności cieplnej budynku, w taki sposób, aby zapewnić jego obserwowalność — co stanowi krytyczny warunek w wielu nowoczesnych układach sterowania. Metodę tę szczegółowo omówiono na stronach 19–20 wniosku habilitacyjnego. Zdaniem recenzenta, praca ta stanowi jedno z głównych osiągnięć Habilitanta zwłaszcza, że jest to publikacja samodzielna.

Kontynuacją badań nad układami regulacji temperatury w budynkach jest szósta praca cyklu (MD6), w której podjęto próbę opracowania sterowania ślizgowego dla tego typu procesu. Idea zastosowania tej klasy sterowania w analizowanym przypadku wydaje się uzasadniona, ze względu na wysoką odporność tego rodzaju metod zarówno na niedokładności modelu, jak i na zakłócenia zewnętrzne. Ma to szczególne znaczenie w kontekście sterowania temperaturą w pomieszczeniach, gdzie mogą występować silne i nagłe zakłócenia, takie jak np. otwarcie okien czy drzwi. W pracy zastosowano konkretnie metodę TSMC (*Terminal Sliding Mode Control*). Przedstawione wyniki są interesujące i stanowią nowy wkład w analizowany obszar tematyczny. Należy jednak zaznaczyć, że praktyczne zastosowanie sterowania ślizgowego może być ograniczone, szczególnie w warunkach rzeczywistych, ze względu na inercję cieplną układów centralnego ogrzewania oraz fizyczne ograniczenia kotłów grzewczych. Warto podkreślić, że mimo iż autorzy odwołują się w pracy do analogii z układami RC, uzyskane rezultaty mogą znaleźć zastosowanie w wybranych przypadkach implementacji układów regulacji temperatury w pomieszczeniach.

W siódmej pracy cyklu (MD7) przedstawiono inną koncepcję sterowania w postaci LDFC (*Linear Dynamic Feedback Controller*). W pracy przedstawiono interesujące twierdzenia dotyczące warunków stabilności rozpatrywanej klasy obiektów w układzie regulacji LDFC. Praca ma charakter teoretyczny i głównym jej wkładem merytorycznym są dwa twierdzenia o stabilności. Jako przykłady praca rozpatruje obwody elektryczne RC, jednak biorąc pod uwagę wcześniejsze prace Wnioskodawcy można przypuszczać, że mogą zostać one również zastosowane w obiektach stanowiących podstawę ocenianego wniosku. Recenzent jednak nie zauważył potwierdzenia stwierdzenia podanego w Autoreferacie, że implementację sterowania LDFC przeprowadzono w pracy MD8. Praca MD8 zajmuje się sterowaniem ślizgowym temperaturą budynków w oparciu o jeden z modeli matematycznych rozważanych we wcześniejszych pracach ocenianego cyklu. Wyniki pracy pokazują, że zaproponowany algorytm sterowania cechuje się dobrą efektywnością w zakresie utrzymywania

wartości wyjściowej. Jednak w badaniach symulacyjnych recenzentowi zabrakło kilku informacji pomagających określić efektywność regulacji, np. nie przedstawiono przebiegów czasowych sygnału wejściowego, czy prezentacji działania algorytmu przełączania. Należy zauważyć, że sam fakt utrzymywania sygnału wyjściowego na wartości zadanej nie jest wystarczającym dowodem efektywności układu sterowania, a duże znaczenie ma również analiza m.in. ww. sygnałów. Również dla tej pracy recenzent podtrzymuje wątpliwość dotyczącą implementowalności ze względu na istotne opóźnienia i dynamikę układów wykonawczych. Zagadnieniem odrębnym, nieco na boku rozważań merytorycznych, jest to, że praca implementująca sterowanie ślizgowe została zgłoszona do publikacji pół roku wcześniej niż praca budująca podstawy teoretyczne tego sterowania (MD8 – 19 października 2018, MD6 – 2 lutego 2019).

W ostatniej pracy cyklu (MD9) Wnioskodawca porusza problematykę obserwatorów stanu dla modelu skupionej pojemności cieplnej, który jest wykorzystywany w Jego wcześniejszych pracach. Zaproponowany obserwator nie realizuje klasycznego zadania obserwacji w oparciu o sygnał wyjściowy, lecz opiera się na metodach wykorzystujących dynamikę modeli, przy jednoczesnym zastosowaniu technik optymalizacyjnych. Otrzymane w ten sposób rezultaty pozwalają skutecznie odtwarzać nieznane stany procesu, co umożliwia ich efektywne zastosowanie w nowoczesnych układach sterowania. Praca ta stanowi istotne uzupełnienie dorobku cyklu, koncentrując się na praktycznym aspekcie implementacji zaawansowanych metod sterowania.

Zgodnie z powyższym opisem, jednotematyczny cykl publikacji został poświęcony problematyce modelowania i sterowania temperaturą w pomieszczeniach budynków. Należy podkreślić, że podejmowana tematyka jest aktualna, istotna oraz wpisuje się w kierunki rozwoju nowoczesnych technologii. Obszar ten ściśle wiąże się z zagadnieniami dotyczącymi inteligentnych budynków będących interdyscyplinarnym polem badań łączącym inżynierię lądową i transport, informatykę techniczną i telekomunikację, a także automatykę, elektronikę, elektrotechnikę i technologie kosmiczne. Dodatkowo prace mieszczą się w nurcie działań ukierunkowanych na poprawę efektywności energetycznej oraz redukcję emisji w gospodarce. Wybór tego obszaru badawczego umożliwił osiągnięcie nowych, wartościowych rezultatów zarówno w ujęciu teoretycznym, jak i aplikacyjnym.

Finalnie podsumowując osiągnięcia cyklu publikacji, do podstawowych osiągnięć pracy można zaliczyć:

- Zastosowanie modeli do opisu zjawisk cieplnych — autor wprowadził i poddał analizie modele oparte na fizykalnych równaniach opartych na przewodnictwie ciepła, jak również modelach heurystycznych opartych na równaniach różniczkowych niecałkowitego rzędu. Efektywność ww. modeli potwierdzono eksperymentalnie. Część z tych rezultatów stanowi oryginalny i nowoczesny wkład w obszar modelowania cieplnego.
- Opracowanie twierdzenia obserwowalności dla rozważanych modeli cieplnych — jedno z kluczowych osiągnięć cyklu stanowi opracowanie warunku obserwowalności dla klasy modeli skupionej pojemności cieplnej, wykorzystywanych w sterowaniu temperaturą powietrza w budynkach. Twierdzenie to umożliwia konstrukcję modeli zapewniających możliwość estymacji stanu, co jest niezbędne w nowoczesnych algorytmach sterowania.
- Implementacja i analiza zaawansowanych algorytmów sterowania — w cyklu zaprezentowano zastosowanie nowoczesnych metod sterowania, takich jak regulator liniowo-kwadratowy (LQR), sterowanie ślizgowe (TSMC) oraz liniowe dynamiczne sprzężenie zwrotne (LDPC).



- Propozycja obserwatora stanu bez sprzężenia od sygnału wyjściowego — zaprojektowano obserwator oparty wyłącznie na dynamice modelu i metodach optymalizacyjnych, bez potrzeby bezpośredniego pomiaru sygnału wyjściowego. Uzyskane rezultaty umożliwiają efektywne odtworzenie nieznanych stanów procesu, co zwiększa możliwości stosowania nowoczesnych technik sterowania temperaturą.

Do ocenianego cyklu publikacji recenzent wnosi szereg merytorycznych uwag i wątpliwości, które zostały zestawione poniżej:

- W pracach nie uwzględniono opóźnień ani dodatkowej dynamiki wynikającej z działania układów wykonawczych, obejmujących zarówno układ grzewczy, jak i transport ciepła w instalacji centralnego ogrzewania. Tego typu dynamika może mieć kluczowy wpływ na efektywność rozpatrywanych w cyklu układów regulacji temperatury w pomieszczeniach. Pominięcie tej kwestii oddziałuje nie tylko na komfort cieplny użytkowników, lecz także na energetyczną optymalność procesu.
- Jeden z heurystycznych modeli niecałkowitego rzędu (omawiany w pracy MD4) budzi wątpliwości recenzenta w kontekście jego adekwatności w zadaniu modelowania procesów cieplnych.
- Zastosowanie sterowania ślizgowego wydaje się interesującym rozwiązaniem dla analizowanego przypadku, jednak jego praktyczne wykorzystanie może być znacznie ograniczone. O ile można wyobrazić sobie jego zastosowanie w grzejnikach elektrycznych, charakteryzujących się niewielką inercją, to wdrożenie tego typu sterowania w węzłach cieplnych z kotłem centralnego ogrzewania — cechujących się dużą bezwładnością i opóźnieniami — wydaje się znacznie trudniejsze. Podobne ograniczenia mogą występować również w przypadku pomp ciepła. Zasadność tych wątpliwości potwierdzają przebiegi sygnału sterującego przedstawione w pracy MD6 (rys. 8). Ponadto, w szczególności w pracy MD8, zabrakło rzetelnej oceny efektywności rozpatrywanego algorytmu sterowania.
- Pewnym niedostatkiem całego wniosku jest brak pełnej weryfikacji eksperymentalnej uzyskanych rezultatów. Choć jeden z modeli został przetestowany w warunkach rzeczywistych, nie przeprowadzono implementacji żadnego z zaproponowanych algorytmów sterowania. Może to budzić zaskoczenie, szczególnie biorąc pod uwagę relatywnie niski koszt takiej implementacji.
- Wnioskodawca nie odniósł się do zagadnienia komfortu cieplnego w kontekście wskaźnika PMV (*Predicted Mean Vote*). Pominięto również szczegółową analizę doboru lokalizacji punktów pomiarowych temperatury, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia zapewnienia komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Tymczasem w kilku miejscach autoreferatu pojawia się odniesienie do *sterowania komfortem cieplnym* — sformułowanie to wydaje się mocno na wyrost w kontekście recenzowanego osiągnięcia naukowego.
- W rzeczywistych układach grzewczych stosunkowo rzadko mamy do czynienia z tzw. układami kwadratowymi, w których liczba źródeł ciepła jest równa liczbie pomieszczeń. W związku z tym struktura kwadratowa rozważana w pracy MD8 może być trudna do zaimplementowania w praktyce. Warto rozważyć uogólnienie przedstawionych wyników na układy niekwadratowe, co zwiększyłoby ich użyteczność aplikacyjną.

2.2 Ocena formalna

Habilitant w autoreferacie zarówno opisał swój wkład w powstanie każdego artykułu cyklu, jak również podał szacowany udział procentowy.

Pewne wątpliwości recenzenta budzą deklarowane udziały w publikacjach MD2, MD4 oraz MD6. Wnioskodawca oszacował swój udział jako większościowy, mimo że w wymienionych pracach figuruje jako drugi autor. Kolejność autorów w poszczególnych publikacjach jest zmienna, a recenzent nie zauważył w niej wyraźnej reguły (np. porządku alfabetycznego). Z drugiej strony należy zauważyć, że podawanie udziałów procentowych nie jest elementem obligatoryjnym, a znacznie większe znaczenie mają opisy merytorycznego wkładu w poszczególne artykuły. W dokumentacji wniosku recenzent nie odnalazł deklaracji współautorów dotyczących potwierdzenia przypisanych udziałów. Niemniej, biorąc pod uwagę, że grupa badawcza Wnioskodawcy jest niewielka i funkcjonuje w obrębie jednej jednostki organizacyjnej, recenzent przyjmuje, że przedstawione szacunki zostały zaakceptowane przez pozostałych współautorów.

Sposób prezentacji cyklu publikacji mógłby być bardziej przejrzysty. Autor nie przedstawił jednoznacznych powiązań tematycznych ani chronologicznych między poszczególnymi pracami. Przykładowo, zagadnienia związane z regulatorami typu Sliding Mode Control są rozpatrywane w pracach MD6 i MD8, przy czym praca MD6 została opracowana później niż MD8, mimo że w autoreferacie opisana została wcześniej.

2.3 Analiza źródeł

Cykl obejmuje dziewięć publikacji, w tym sześć artykułów opublikowanych w czasopismach indeksowanych w *Journal Citation Reports* (JCR), w bazie *Web of Science*, jeden artykuł w czasopiśmie znajdującym się w wykazie *Emerging Science Citation Index* (ESCI), a także dwa referaty wygłoszone na konferencjach międzynarodowych. Wszystkie źródła były ujęte w wykazach opublikowanych przez Ministra Nauki zgodnie z wymogami dotyczącymi postępowań w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.

Większość artykułów została opublikowana w czasopismach o profilu interdyscyplinarnym lub powiązanych z inżynierią lądową. Tylko dwie prace ukazały się w czasopismach koncentrujących się na teorii i praktyce sterowania oraz systemów dynamicznych. Biorąc pod uwagę obszar badań Habilitanta, należy uznać dobór kanałów publikacyjnych za ogólnie poprawny, choć niektóre z prezentowanych wyników mogłyby z powodzeniem zostać opublikowane w czasopismach ściślej związanych z dyscypliną naukową reprezentowaną przez Wnioskodawcę.

Poprawność doboru miejsc publikacji oraz znaczenie podejmowanej tematyki i otrzymanych rozwiązań znajdują częściowe potwierdzenie w liczbie cytowań w bazie *Web of Science* prac wchodzących w skład ocenianego cyklu: MD3 – 14 cytowań, MD2 – 10 cytowań, MD6 – 5 cytowań, MD5 – 4 cytowania, MD7 – 3 cytowania. O ile liczba cytowań nie jest imponująca i sytuowałaby się raczej poniżej średniej dla prac habilitacyjnych, to jednocześnie wskazuje, że publikacje te zostały zauważone i przynajmniej częściowo docenione w środowisku naukowym. Pokazane powyżej cytowania skutkują indeksem H Kandydata wynoszącym 4.

2.4 Ocena osiągnięcia projektowego

Wnioskodawca oprócz opisu osiągnięcia naukowego ocenionego powyżej, załączył również opis osiągnięcia projektowego, który obejmował projekt i realizację prototypów bezprzewodowych urządzeń automatyki budynkowej. Opracowane układy stanowiły część implementacyjną projektu pt. *Algoritmy sterowania i zarządzania budynkami mieszkalnymi*.

W ramach ww. projektu opracowano szereg prototypów bezprzewodowych urządzeń automatyki domowej, takich jak czujniki temperatury, głowice termostatyczne, włączniki oświetlenia oraz dedykowane oprogramowanie sterujące. Systemy te komunikowały się w standardzie ZigBee, umożliwiając integrację z urządzeniami innych producentów. Projekt objął zarówno część sprzętową, jak i programistyczną – stworzono oprogramowanie nadrzędne, wizualizujące i sterujące parametrami pracy systemu (np. temperaturą, natężeniem światła).

W dalszym etapie powstał także bezprzewodowy system pomiaru zużycia energii elektrycznej, również oparty o sieć ZigBee. System ten mierzył i rejestrował parametry jakości energii, takie jak: moc czynna, napięcie, prąd, moc bierna, współczynnik mocy oraz wartości harmonicznych. Opracowane rozwiązania znalazły zastosowanie dydaktyczne (prace inżynierskie) i przemysłowe.

Rezultaty projektu pokazały praktyczny charakter działalności naukowej Kandydata, łączący teorię z wdrożeniami o dużym potencjale aplikacyjnym. Przedstawione rezultaty projektowe mają charakter uzupełniający w stosunku do opisanego wcześniej osiągnięcia naukowego. Są w zasadzie wskazaniem kierunku rozwoju technologii z której Kandydat umiejscawia swoją pracę, jednak powiązanie przedstawionych rozwiązań z wynikami teoretycznymi jest dość luźne. Dlatego nie wpływają one istotnie na ocenę osiągnięcia naukowego Kandydata.

2.5 Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego

Główne osiągnięcie opisane we wniosku Pana dra inż. Marka Długosza stanowi jednotematyczny cykl powiązanych ze sobą artykułów w czasopismach naukowych i referatów konferencji międzynarodowych. Kanały publikacyjne spełniają wymagania dotyczące postępowań w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego. Oceniane osiągnięcie wzbudziło pewne uwagi i wątpliwości recenzenta, które zostały wymienione w Punkcie 2.1 recenzji. Należy jednak zauważyć, że naturalną cechą każdego cyklu prac naukowych jest brak możliwości jego pełnego domknięcia. W związku z tym wiele ze zgłoszonych uwag wynika z odmiennej perspektywy przyjętej przez recenzenta w ocenie analizowanej tematyki.

Podsumowując, należy stwierdzić, że jednotematyczny cykl publikacji pt. *Metody projektowania i testowania układów sterowania, ze szczególnym uwzględnieniem sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych* został opracowany zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 i **stanowi znaczny wkład** w rozwój dyscypliny *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne* w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

3. Dodatkowe osiągnięcia Kandydata

Habilitant przedstawił również szereg dodatkowych osiągnięć stanowiących rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Głównie są to prace projektowe i należą do nich:



- W 2006 roku Kandydat rozpoczął współpracę z firmą Astem Sp. z o.o., w wyniku której opracowano i wdrożono kompleksowy system informatyczny SZF. System ten znacząco usprawnił procesy czyszczenia form do produkcji opon samochodowych. Do jego kluczowych funkcjonalności należą: zarządzanie czynnościami pracowników, planowanie czasu pracy, nadzór nad jakością i przebiegiem procesów technologicznych oraz automatyzacja wielu etapów czyszczenia (piaskowanie, laser, suchy lód). SZF umożliwia pełne monitorowanie i rejestrowanie parametrów procesu, zarządza zamówieniami, magazynem i transportem form, a także tworzy raporty i analizy wydajności. System wykorzystuje sztuczną inteligencję do rozpoznawania numerów elementów form, co usprawnia kontrolę realizowanych zleceń. Wszystkie stanowiska robocze wyposażone są w RFID, ekrany informacyjne i czytniki kodów, które komunikują się z bazą danych i aplikacją serwerową, eliminując papierowy obieg dokumentów. SZF jest systemem klasy MES/ERP/CRM/WMS i stanowi fundament procesu technologicznego, pozwalając na precyzyjne, zautomatyzowane i wysokiej jakości wykonywanie usług.
- W latach 2014–2015 Kandydat realizował projekt miniaturowych robotów nanoSUMO, realizowany w Kole Naukowym Integra. Roboty zaprojektowano do zawodów sumo w wersji mikro, gdzie zadaniem było wypchnięcie przeciwnika z ringu o średnicy 19,5 cm. Ograniczenia rozmiaru (maks. $2,5 \times 2,5$ cm) i masy (do 25 g) wymagały precyzyjnej miniaturyzacji układów czujników, zasilania i napędu. Roboty korzystały z prostych czujników odległości do wykrywania przeciwnika i algorytmu Braitenberga do sterowania atakiem. Dzięki skuteczności projektu firma Delphi (Aptiv) zamówiła 30 kompletów robotów do celów promocyjnych. Projekt zakończył się pełnym wdrożeniem urządzeń oraz ich estetycznym i funkcjonalnym wykonaniem.
- W 2014 roku Habilitant rozpoczął udział w projekcie re:SENSTER, mającym na celu odtworzenie pierwszej cybernetycznej rzeźby interaktywnej z lat 60., stworzonej przez Edwarda Ihnatowicza. SENSTER to pięciometrowe, sterowane ruchem ramię, reagujące na dźwięk i obecność człowieka. Projekt objął rekonstrukcję układu sterowania, czujników oraz interfejsu operatora. Zbudowano nowoczesny system sterowania oparty na PLC z HMI. Rzeźba została ponownie zaprezentowana m.in. na Biennale WRO (2019), w Galerii Zachęta (2021), a także na wystawach międzynarodowych. Projekt zakończył się publikacjami naukowymi i pracami dyplomowymi.
- W latach 2016–2017 Kandydat brał udział w opracowaniu robota PEPS do automatycznego testowania systemów bezkluczykowego dostępu (*Passive Entry Passive Start*). Celem było zautomatyzowanie pomiarów w garażach testowych, bez udziału człowieka. Robot porusza się dzięki kołom typu mecanum (umożliwiającym ruch w dowolnym kierunku), a pomiary wykonywane są z dużą precyzją w wyznaczonej siatce punktów. Do lokalizacji wykorzystano systemy lidarowe i ultradźwiękowe. Projekt zakończył się budową robota, wdrożeniem systemu pomiarowego oraz realizacją pracy inżynierskiej.
- Udział w projekcie Autonomicznego pojazdu A-EVE. Projekt A-EVE dotyczył przebudowy elektrycznego pojazdu EVE na autonomiczny. Zakres obejmował opracowanie układu sterowania opartego na dwóch komputerach (ECU1 i ECU2), fuzję danych z czujników (lidar, GPS, kamery głębi, IMU), tworzenie cyfrowych bliźniaków w symulatorze Gazebo oraz implementację jazdy autonomicznej w środowisku ROS. Opracowano system bezpieczeństwa, który gwarantuje zatrzymanie pojazdu w razie awarii. Projekt doprowadził do pełnej modernizacji pojazdu,



licznych prezentacji, wdrożeń oraz publikacji naukowych (w tym na konferencjach międzynarodowych).

- W latach 2018–2019 Habilitant brał udział w projekcie AQUILO – autonomicznego robota do dostarczania niewielkich przesyłek w przestrzeniach biurowych. AQUILO mógł transportować ładunki o masie do 30 kg, poruszać się automatycznie po korytarzach, omijać przeszkody, współpracować z windami i analizować swoje położenie w budynku. Robot wykorzystuje koła typu mecanum, które umożliwiają ruch w dowolnym kierunku. AQUILO posiada dwupoziomowy układ sterowania, sensory (lidar, kamery głębi, ultradźwiękowe) i specjalnie opracowany system SDS (*Stair Detection System*) do wykrywania schodów, który zapobiega upadkom.
- Udział Kandydata w pracach nad powstaniem laboratoriów AGH-Aptiv i AI dla pojazdów autonomicznych. W 2013 roku współtworzono Laboratorium Pojazdów Autonomicznych AGH-Aptiv, powstałe we współpracy z firmą Delphi (obecnie Aptiv). W laboratorium prowadzono prace nad algorytmami sterowania i budową prototypów pojazdów autonomicznych, prezentowanych m.in. na konferencjach branżowych. W 2021 roku utworzono Laboratorium Sztucznej Inteligencji i Pojazdów Autonomicznych Aptiv-AGH, którego celem była kontynuacja wcześniejszych działań w szerszym zakresie. Jak podaje Habilitant, to jedno z najnowocześniejszych laboratoriów AGH.

Wymienione powyżej projekty jednoznacznie wskazują, że zainteresowania naukowe Habilitanta mają wyraźnie praktyczny charakter oraz świadczą o jego otwartości na szeroką współpracę z otoczeniem gospodarczym. Część prac została zrealizowana przy aktywnym udziale studentów, w ramach prac dyplomowych oraz działalności kół naukowych. Należy zauważyć, że osiągnięcia Kandydata w zakresie projektów realizowanych na potrzeby przemysłu są zdecydowanie ponadprzeciętne i świadczą o wysokim poziomie kompetencji aplikacyjnych.

Habilitant wykazał się również znaczną aktywnością w zakresie pracy badawczej i publikacyjnej. Poza ocenionym wcześniej cyklem publikacji jest autorem lub współautorem kilku rozdziałów w monografiach naukowych, kilkunastu artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych oraz blisko pięćdziesięciu referatów zaprezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Choć wspomniane artykuły publikowane były głównie w czasopiśmie krajowych, co ogranicza ich oddziaływanie w międzynarodowym środowisku naukowym, należy podkreślić, że znaczna część wystąpień konferencyjnych miała miejsce podczas konferencji o zasięgu międzynarodowym.

4. Istotna aktywność naukowa realizowana na więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury

Dr inż. Marek Długosz nie odbył długoterminowych staży naukowych w zagranicznych uczelniach ani instytucjach badawczych. Brał jednak udział w szeregu krótkoterminowych wyjazdów naukowych i szkoleniowych, obejmujących m.in. wizyty w Stanford University w Palo Alto, NASA Ames Research Laboratory w Mountain View, University of Los Angeles, Technologies Technical Center w Kokomo oraz Slovak University of Technology w Bratysławie. Część z tych wyjazdów zaowocowała nawiązaniem współpracy naukowej, której efektem były wspólne publikacje.

Znacznie większą aktywność Kandydat wykazał w zakresie staży odbywanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych, w tym również o zasięgu międzynarodowym, działających w obszarze



nowoczesnych technologii. Odbił kilka długoterminowych staży naukowych w firmach przemysłowych, w ramach których uczestniczył w realizacji projektów badawczo-rozwojowych, koncentrujących się głównie na zastosowaniu i integracji zaawansowanych technologii w pojazdach samochodowych.

5. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska

Poza standardowymi osiągnięciami wynikającymi z pracy na stanowisku adiunkta w uczelni akademickiej, Habilitant posiada szereg dokonań, które zasługują na szczególne podkreślenie. Jest wieloletnim współopiekunem Koła Naukowego INTEGRA, które może poszczycić się licznymi osiągnięciami na szczeblu krajowym i międzynarodowym. Do najważniejszych należą m.in. opracowanie i wdrożenie wielu mobilnych robotów do różnorodnych zastosowań, udział w projekcie budowy satelity KrakSak, który został wyniesiony na orbitę okołoziemską, a także inne projekty o charakterze badawczo-rozwojowym.

Koło Naukowe INTEGRA organizuje również międzynarodowy festiwal i zawody robotyczne ROBOCOMP, którego ostatnia edycja odbyła się w 2024 roku. Zespół koła był także wielokrotnie nagradzany i z powodzeniem brał udział w licznych międzynarodowych zawodach robotycznych.

W zakresie działalności organizacyjnej dr inż. Marek Długosz uczestniczył w pracach komitetów organizacyjnych dwóch konferencji naukowych: a) International Conference on Applying Systems Engineering for Embedded Systems Development (2016) i b) Krajowej Konferencji Automatyki (2017).

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionych do oceny osiągnięć oraz dostarczonej dokumentacji stwierdzam, że dr inż. Marek Długosz posiada ugruntowany dorobek naukowy, który **stanowi znaczny wkład** w rozwój dyscypliny *Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne* w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Dr inż. Marek Długosz jest uznanym ekspertem w swojej dziedzinie, a jego wszechstronny i dobrze ugruntowany warsztat badawczy – szczególnie w zakresie zastosowań praktycznych – zasługuje na wysoką ocenę.

Pomimo zgłoszonych uwag przedstawiony dorobek oceniam pozytywnie i uważam, że spełnia on wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

Uwzględniając powyższą konkluzję, wnoszę do Wysokiej Komisji Habilitacyjnej oraz do Rady Dyscypliny *Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie* o dopuszczenie dr. inż. Marka Długosza do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego, zmierzających do nadania Mu stopnia doktora habilitowanego.