

Białystok, 19 maja 2025r

Prof. dr hab. Ewa Pawłuszewicz
Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
ul. Wiejska 45C
15-351 Białystok

SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia ...26.05.2025

Zarejestrowano pod nr 311-2-12/25

Podpis ...

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym doktora inżyniera Marka Długosza

Formalną podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne w Akademii Górniczo-Hutniczej dr hab. inż. Ryszarda Sroki, profesora AGH, z dnia 7 marca 2025 roku, wystosowane na podstawie uchwały nr 79/2025, tejże Rady.

1. Sylwetka Habilitanta

Pan dr inż. Marek Długosz jest absolwentem Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie gdzie w 2001 roku ukończył jednolite studia magisterskie na kierunku *automatyka i robotyka*, specjalność *informatyka w sterowaniu i zarządzaniu*. W 2009 roku, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Problemy optymalizacji układów napędowych w automatyce i robotyce* przygotowanej pod opieką naukową prof. dr hab. inż. Wojciecha Mitkowskiego, decyzją Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki tejże Uczelni, został mu nadany stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *automatyka i robotyka*.

Pan dr inż. Marek Długosz od początku swojej kariery zawodowej jest związany z Akademią Górniczo-Hutniczą im. St. Staszica w Krakowie, gdzie najpierw był zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Automatyki i Robotyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, a od 2009 roku pracuje jako adiunkt w Katedrze Automatyki i Robotyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej.

2. Ocena osiągnięcia naukowo-badawczego

Dr inż. Marek Długosz jako osiągnięcie naukowo-badawcze przedstawił cykl dziewięciu powiązanych tematycznie publikacji pod wspólnym tytułem *Metody projektowania i testowania układów sterowania, ze szczególnym uwzględnieniem sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych*, z czego dwie są to publikacje autorskie, a pozostałe –



współautorskie (podane poniżej wskaźniki IF oraz punktacja ministerialna dotyczą roku ukazania się publikacji):

[MD1] **Długosz M.**: *The minimum energy building temperature control*, w: System modeling and optimization, Eds.: D. Hömberg F. Tröltzsch, series IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 391, 2013, Springer, s. 471–480

[MD2] Skruch P., **Długosz M.**: *A thermal model for the design of the temperature control algorithms in multi-storey buildings*, Proceedings of 7th Congress on Intelligent Building Systems InBus 2013 w ramach 1st World Multi-Conference on Intelligent Building Technologies & Multimedia Management IBTMM, 2013, s. 471–480.

[MD3] Skruch P., **Długosz M.**, Mitkowski W.: *Mathematical methods for verification of microprocessorbased PID controllers for improving their reliability*, Maintenance and Reliability, 2015, vol. 17 no. 3, s. 327–333 (IF=1.248, 6: 20 pkt)

[MD4] **Długosz M.**, Skruch P.: *The application of fractional-order models for thermal process modelling inside buildings*, Journal of Building Physics, 2016, vol. 39 no. 5, s. 440–451 (IF=1.204, punktacja MNiSW: 30 pkt)

[MD5] **Długosz M.**: *Aggregation of state variables in an RC model*, Building Services Engineering Research and Technology, 2018, vol. 39 no 1, s. 66-80 (IF=1.17, punktacja MNiSW: 25 pkt)

[MD6] Skruch P., **Długosz M.**: *Design of terminal sliding mode controllers for disturbed non-linear systems described by matrix differential equations of the second and first orders*, Applied Sciences-Basel, 2019, vol. 9(11) art. no. 2325, s. 1–20 (IF=2.474, punktacja MNiSW: 100 pkt)

[MD7] Skruch P., **Długosz M.**: *A linear dynamic feedback controller for non-linear systems described by matrix differential equations of the second and first orders*, Measurement & Control, 2019, vol. 52 no 7-8, s. 913–921 (IF=1.492, punktacja MNiSW: 20pkt)

[MD8] Skruch P., **Długosz M.**: *A sliding mode controller design for thermal comfort in buildings*, Engineering Transactions, 2019, vol. 67, s. 475-489 (punktacja MNiSW: 70pkt)

[MD9] **Długosz M.**, Baranowski J.: *Observer design for estimation of nonobservable states in buildings*, Mathematical Problems in Engineering, 2020, art. no. 3404951, s. 1-8 (IF=1.305, punktacja MNiSW: 40 pkt)

Tematyka przedstawiona w powyższych publikacjach jest istotna, między innymi ze względu na możliwości aplikacyjne w różnych obszarach, nie tylko związanych z budownictwem jedno- i wielorodzinnym, bowiem skupia się na systemach pozwalających na zintegrowane zarządzanie procesami i instalacjami takimi jak ogrzewanie, klimatyzacja, systemy bezpieczeństwa w różnego typu budynkach. Dzięki automatyzacji tego typu procesów można uzyskać znaczne oszczędności energii, zwiększyć komfort użytkowników, poprawić bezpieczeństwo obiektu. Należy jednak mieć na uwadze, że optymalne sterowanie komfortem cieplnym w budynkach jest procesem złożonym, wymagającym między innymi uwzględnienia występujących czynników niedeterministycznych. Z tego względu jest to też tematyka aktualna, rozwijana zarówno na płaszczyźnie teoretycznej jak i praktycznej.

Wyniki przedstawione publikacjach są [MD1]–[MD9] są efektem realizacji grantu *Algorytmy sterowania i zarządzania budynkami mieszkalnymi*, w ramach którego Habilitant (kierownik grantu) wraz z zespołem skupił się przede wszystkim na problemach dotyczących modelowania dynamiki zmian temperatury powietrza w pomieszczeniach, odtwarzaniu niemierzalnych zmiennych stanu modelu, na testowaniu układów regulacji systemów automatyki budynkowej. Na tej podstawie został skonstruowany i przetestowany prototypowy zestaw bezprzewodowych urządzeń automatyki budynkowej, takich jak czujniki temperatury i wilgotności, głowice termostatyczne, przełączniki, centralki sterujące urządzeniami. Na podstawie wyników przedstawionych w wyżej wymienionych pracach oraz opisanego we *Wniosku a dn. 10.12.2024r o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego* osiągnięcia projektowego, do najważniejszych wyników dr inż. Marka Długosza można zaliczyć:

- Wyniki dotyczące modelowania temperatury powietrza wewnątrz budynku przy zastosowaniu metody skupionej pojemności cieplnej i jej modyfikacjach, w tym przy wykorzystaniu metod rachunku niecałkowitego rzędu.
- Podanie praktycznych metod inżynierskich wyznaczania parametrów cieplnych elementów konstrukcyjnych budynku (prowadzącej do modelu równoważnego strukturalnie z elektrycznym układem RC), czego skutkiem jest równoległe wykorzystanie regulatorów LQR z nieskończonym (do stabilizacji temperatury w pomieszczeniu) i ze skończonym (ustalenie temperatury na zadanym poziomie) horyzontem czasowym celem umożliwienia komfortowego korzystania z pomieszczeń budynku przy jednoczesnym zapewnieniu oszczędności energii.

Należy zwrócić uwagę, że zachowanie dynamiczne omawianej klasy układów jest opisane nieliniowymi równaniami różniczkowymi. Z drugiej strony, trzeba też mieć na uwadze, że ograniczenia stawiane komputerowym systemom sterowania procesami przemysłowymi stosowanymi do systemów oprogramowania o dynamicznym zachowaniu, faworyzują algorytmy bez nieliniowości i z najniższym możliwym rzędem części dynamicznej. W związku z tym model sterownika w postaci liniowej jest zdecydowanie łatwiejszy do wdrożenia i bardziej wydajny obliczeniowo. W efekcie zastosowane podejście ([MD1],[MD2],[MD4],[MD8])

- umożliwia łatwe i jednoznaczne wyznaczenie parametrów modelu na podstawie geometrii budynku i właściwości termicznych materiałów budowlanych,
- prowadzi do modeli matematycznych, które mogą być wykorzystywane zarówno do projektowania algorytmów sterowania temperaturą, jak i do obliczania całkowitego zużycia energii.
- Podanie metody redukcji rzędu oraz rozwiązanie problemu braku obserwowalności modeli dynamiki zmian temperatury powietrza otrzymanych w wyniku zastosowania metody skupionej pojemności cieplnej.

Zaproponowana metoda redukcji rzędu modelu przez agregację nierozróżnialnych stanów może być stosowana do dowolnego typu modelu dynamicznego, o ile spełnione są

założenia dotyczące struktury macierzy stanu i macierzy wyjść. Analiza metod dostrajania parametrów obserwatora, bazująca na modelu dynamiki zmian temperatury powietrza wewnątrz pomieszczeń pokazuje zalety algorytmu wykorzystującego właściwości operatorów semigrupy kontrakcyjnej w stosunku do często używanych algorytmów bazujących na macierzy stanu modelu lub algorytmów z przesuwaniem wartości własnych tej macierzy ([MD5], [MD9]).

- Implementacja, innych niż standardowe, regulatorów do sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych przy uwzględnieniu wpływu zakłóceń zewnętrznych i różnic w parametrach grzejników:
 - regulatora ślizgowego - zaproponowana metoda może być również wykorzystana do sterowania nieliniowym układem RC, w którym pojemność kondensatorów nie jest stała, co w odniesieniu do modelu dynamiki zmian temperatury powietrza w pomieszczeniach może być interpretowane jako zmiana pojemności cieplnej ścian pomieszczenia ([MD6], [MD8]),
 - liniowego regulatora z dynamicznym sprzężeniem zwrotnym - stabilizacja w szerokim zakresie parametrów regulatora poprawia odporność całego układu ([MD7]).

Ponadto, znaczącym osiągnięciem Habilitanta i kierowanego przez niego zespołu jest opracowanie, wykonanie i praktyczna realizacja prototypów bezprzewodowych urządzeń automatyki domowej. Należy do nich zaliczyć:

- prototyp bezprzewodowych urządzeń automatyki domowej, którego komponenty (między innymi centralny sterownik systemu automatyki domowej, czujnik pomiaru temperatury, głowica termostaticzna, włącznik-wyłącznik z regulatorem natężenia światła) komunikują się ze sobą za pomocą standardu ZigBee i profilu ZigBee Home Automation,
- projekt oprogramowania nadzorującego pracę wszystkich elementów wyżej wymienionego systemu,
- prototyp bezprzewodowego systemu pomiaru zużycia i parametrów energii elektrycznej EMC składającego się z centralnej jednostki zarządzającej siecią ZigBee, opartego o topologię sieci typu *mesh*.

Niestety, w przedstawionym w Autoreferacie w opisie zrealizowanego osiągnięcia projektowego (str 29-32 oraz punkt 3 w części *Wykazu osiągnięć naukowych albo artystycznych, o których mowa w art. 219 Ust. 1 pkt 2 Ustawy*), brak jest jednoznacznej informacji o wkładzie własnym Habilitanta w tą część pracy. Ten punkt wymaga uzupełnienia.

Podsumowując, pozytywnie oceniam osiągnięcie naukowe Habilitanta, ale uzupełnienia wymaga określenie wkładu własnego Habilitanta w przedstawione osiągnięcie projektowe, co może być zrobione w trakcie kolokwium habilitacyjnego. Uważam, że wyniki przedstawione w cyklu publikacji zatytułowanym *Metody projektowania i testowania układów sterowania, ze szczególnym uwzględnieniem sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych* stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika

i technologie kosmiczne, a jako osiągnięcie naukowe, po stosownym uzupełnieniu, mogą spełniać wymagania stawiane osiągnięciom naukowym w postępowaniach habilitacyjnych.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Po uzyskaniu stopnia doktora prace badawcze dr Marka Długosza koncentrowały się nie tylko na problemach sterowania, regulacji i zarządzania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych ([MD1–MD9], [2.3], [2.5], [4.6], [4.10],[7.14], [7.16-7.18], [7.20-7.22], [7.24-7.25], [7.27-7.28], [7.30-7.31], [7.33]), ale też dotyczyły problemów sterowania różnymi obiektami, w tym układami napędowymi ([1.1], [2.1], [4.1-4.3], [4.5], [4.7-4.9], [7.1-7.13], [7.15]), [7.19], [7.23], [7.46-7.49]), pojazdami autonomicznymi ([4.11], [7.14], [7.16], [7.20, -7.22], [7.25], [7.27-7.28], [7.30-7.31], [7.33], [7.35], projekt 5.17), zastosowań rachunku różniczkowego niecałkowitego rzędu ([2.3-2.4], [7.17], [7.26-7.27]), opracowywania technologii i rozwiązań mających na celu polepszenie działania już istniejących lub stworzenie całkiem nowych. Stąd też wyniki przedstawiane w publikacjach Habilitanta często dotyczą zastosowań praktycznych w różnych dziedzinach inżynierii, publikowanych nie tylko w czasopiśmie indeksowanych w bazie JCR.

Poza publikacjami wskazanymi w osiągnięciu naukowym, dr inż. Marek Długosz jest autorem lub współautorem 56 publikacji wykazywanych w bazie WoS, wśród których indeksowane w tej bazie są 22 publikacje cytowane (na dzień 18.05.2025r) 48 razy (bez autocytowań 35 razy). W bazie Scopus indeksowane są 33 publikacje, które były cytowane (na dzień 18.05.2025r) 94 razy (bez autocytowań 68 razy). W bazie WoS indeks Hirscha Habilitanta wynosi 4, a w bazie Scopus – 5. Należy zaznaczyć, że powyższe wskaźniki bibliograficzne są tylko pośrednią oceną znaczenia dorobku naukowego Habilitanta.

Dr inż. Marek Długosz brał czynny udział w realizacji grantów naukowych i projektów badawczo – rozwojowych. Mianowicie:

- w latach 2011-2014 kierował grantem NCN,
- w roku 2019 kierował projektem realizowanym na zlecenie firmy Aptiv (projekt realizowany w ramach POIR 2014-2020),
- w roku 2018 kierował sekcją automatyki i sterowania w ramach międzyuczelnianego projektu *Re:Senster*
- w latach 2008 - 2011 był wykonawcą w grantie KBN,
- w roku 2015 był wykonawcą w projekcie finansowanym z funduszy unijnych POIR 01.01.01-00-1398/15,
- obecnie jest wykonawcą w projektach *HORIZON-MSCA-2023-SE-01* oraz *HORIZON-CL5-2024-D5-01*,
- w latach 2018-2019 był wykonawcą w projekcie AGH w ramach prac przedwdrożeniowych, a od 2023 jest wykonawcą w kolejnym projekcie AGH.

Ponadto, w latach 2011-2017 był też recenzentem wniosków NCBiR w ramach konkursów INNOTECH-InTech, Hi-Tech, Programu Badań Stosowanych, Demonstrator+.

W szczególności uwagę należy zwrócić na efekty prac pokazujących, że implementacje rozwiązań oferowanych przez współczesną automatykę i robotykę idą zdecydowanie dalej niż tylko te związane z szeroko rozumianymi zagadnieniami przemysłowymi. Dr inż. Marek Długosz zaprojektował i wykonał od podstaw układ sterowania siłownikami, odtworzył układ sensoryczny, a także zaimplementował algorytmy zachowań i reakcji na bodźce zewnętrzne monumentalnej rzeźby cybernetycznej *Senster* autorstwa Edwarda Ihnatowicza. Praca ta jest uznawana za arcydzieło sztuki cybernetycznej należącej do kanonu sztuki nowych mediów.

Doświadczenie z zakresu komercjalizacji badań naukowych i metodologii rozwiązywania problemów design thinking dr inż. Marek Długosz zdobywał w trakcie uczestnictwa w programie Top 500 Innovators w Stanford University, USA (2012). Nie bez znaczenia są również jego doświadczenia naukowe zdobyte w trakcie staży realizowanych w firmie Aptiv Services Paland S.A. (1.04-30.06.2017; 1.10.2018-31.07.2019; 1.01.2020-31.12.2022r, od 1.01.2023r), w firmie Astem Sp. z o.o. (1.06 – 31.11.2013r), staży zagranicznych w NASA Ames Research Laboratory w Mountain View w Kaliforni, USA (2012), Loyola Marymount University w Los Angeles, USA (2016), Slovak University of Technology in Bratislava (2022, 2023). Na podkreślenie zasługują wyniki Habilitanta będące efektem realizacji stażu w Astem Sp. z o.o. realizowanego w ramach projektu UE pt. *Rozproszony, bezprzewodowy przemysłowy system kontroli jakości czyszczonych elementów form samochodowych i zarządzania transportem form*, opisane w *Autoreferacie* oraz w załączonej do niego dokumentacji stażowej. Wykonany przez dr inż. Marka Długosza kompleksowy system informatyczny zarządzania czyszczeniem form do produkcji opon SZF nie tylko pracuje w tym zakładzie nieprzerwanie od 2006 roku, ale stanowi kluczowy element całego procesu czyszczenia form. Jego praktyczna implementacja umożliwiła precyzyjną kontrolę jakości realizowanych przez firmę zamówień na każdym ich etapie.

W ramach staży odbywanych w firmie Aptiv (wcześniej Delphi) w latach 2016-2017 dr inż. Marek Długosz zaprojektował i wykonał autonomiczny robot PEPS, realizujący zadanie walidacji systemów bezkluczykowych w sposób całkowicie automatyczny. Innym efektem jego współpracy z tą firmą jest projekt prototypowego samochodu elektrycznego A-EVE z elementami jazdy autonomicznej w oparciu o cyfrowego bliźniaka. Na podstawie doświadczeń zebranych w trakcie jazd testowych tego pojazdu, obecnie przygotowywana jest druga wersja tego pojazdu umożliwiająca jazdę autonomiczną w szerszym zakresie ([4.11], [7.34], [7.41-7.42]). Habilitant prowadził też badania dedykowane innowacyjnym technologiom aktywnego bezpieczeństwa zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS). Aktualnie pracuje też nad wykorzystaniem technologii sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do sterowania pojazdami ([7.37-7.39], [7.43-7.45]).

Wiedzę i doświadczenia zdobyte w trakcie wyżej wymienionych staży, programu Erasmus+ (2022) oraz odbytych szkoleń dr inż. Marek Długosz aktywnie wykorzystuje w pracy dydaktycznej czego efektem są między innymi granty dedykowane Kołu Naukowemu *Integra*, którego jest opiekunem od 2014r: *Najlepsi z najlepszych 2.0* (2017-2018), *Studenckie koła naukowe tworzą innowacje* (2020-2021), *Najlepsi z najlepszych! 4.0* (2022-2023) oraz

aktywny udział w wydarzeniach promujących naukę (m.in. w trakcie audycji radiowych i telewizyjnych). Działalność ta jest zauważana i premiowana przez władze Uczelni, czego wyrazem są nagrody Rektora AGH, Medal Komisji Edukacji Narodowej (2023) oraz Nagroda Ministra Edukacji i Nauki (2023).

Przytoczone powyżej fakty, wraz z wcześniej omówionym dorobkiem publikacyjnym dotyczącym osiągnięcia habilitacyjnego świadczą o wysokiej aktywności naukowej, dydaktycznej oraz organizacyjnej dr inż. Marka Długosza. Niezależnie od osiągnięcia habilitacyjnego, jest to dorobek znaczący, zasługujący na uwagę.

4. Podsumowanie

Podsumowując, można uznać, że wyniki dotyczące modelowania temperatury powietrza wewnątrz budynków umożliwiające ich implementację w oparciu o geometrię budynku i właściwości termiczne materiałów budowlanych, rozwiązanie problemu braku obserwowalności modeli dynamiki zmian temperatury powietrza otrzymanych przy zastosowaniu metody skupionej pojemności cieplnej, implementacja regulatora ślizgowego oraz regulatora z dynamicznym sprzężeniem zwrotnym do sterowania komfortem cieplnym w budynkach, które są zawarte w przedstawionym do oceny przez dr inż. Marka Długosza cyklu dziewięciu powiązanych tematycznie publikacji pod wspólnym tytułem *Metody projektowania i testowania układów sterowania, ze szczególnym uwzględnieniem sterowania komfortem cieplnym w budynkach mieszkalnych*, jego udział w realizacji projektów badawczych, jak również duża aktywność w zakresie współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektrotechnika, elektronika i technologie kosmiczne w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Niemniej jednak, część dotycząca praktycznej implementacji wyników teoretycznych, które Habilitant zaliczył do swojego osiągnięcia naukowego, wymaga uzupełnienia o informację dotyczącą jego wkładu własnego. Uważam, że dr inż. Marek Długosz, po stosownym uzupełnieniu dokumentacji (które może być dokonane w trakcie kolokwium habilitacyjnego) może spełniać warunki i wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego i wnioskuję o dopuszczenie go do dalszego etapu procesu habilitacyjnego.



