

Warszawa, 10.05.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Michał Malinowski
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska
Ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa

Recenzja osiągnięć naukowych w postępowaniu habilitacyjnym dr Barbary Grochowalskiej

1. Podstawa prawna

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego z dnia 14 marca 2023 r., zawierające prośbę o sporządzenie recenzji zgodnie ze wskazaniami Rady Doskonałości Naukowej.

Przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe (praca habilitacyjna) pt. *"Ocena struktury wewnętrznej materiałów dobrze i słabo przewodzących przy wykorzystaniu aktywnej termografii podczerwonej z wieloma źródłami wzbudzenia"* wraz z informacjami o dorobku naukowym, dydaktycznym, popularyzatorskim i organizacyjnym dr. Barbary Grochowalskiej zostało przygotowane zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 10 publikacji opublikowanych w latach 2016-2022. Zostało ono omówione i podsumowane w obszernym autoreferacie Habilitantki. W skład załączonej dokumentacji wchodzi, wspomniany już autoreferat, wykaz prac naukowych i cytowań, odpis dyplomu doktorskiego, oświadczenia Habilitantki i współautorów o ich wkładzie w badania oraz kopie artykułów stanowiących cykl publikacji. Otrzymana dokumentacja, przygotowana przez Habilitantkę, spełnia wymogi formalne i pozwala na dokonanie oceny oraz przygotowanie recenzji.

2. Informacje ogólne

Pani dr Barbara Grochowalska ukończyła studia wyższe na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego, uzyskując stopień magistra matematyki (w specjalności: zastosowania matematyki oraz nauczycielska) w roku 2006 oraz uzyskując stopień magister fizyki (w specjalności: fizyka i zastosowania komputerów) w roku 2008. Pięć lat później, w roku 2013, obroniła na Wydziale Elektrycznym ZUT, przygotowaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Stanisława Gratkowskiego rozprawę doktorską pod tytułem: *„Zastosowanie aktywnej termografii podczerwonej z wymuszeniem mikrofalowym do wykrywania niemetalicznych min lądowych”*.

W okresie od 2012 do 2014 r. Pani Barbara Grochowalska była zatrudniona w Katedrze Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Wydziału Elektrycznego ZUT na stanowisku asystenta, a od roku 2014 do dnia dzisiejszego pracuje w KETiI WE na stanowisku adiunkta.

3. Tematyka badań.

Tematyka prac badawczych realizowanych przez dr Barbarę Grochowalską po uzyskaniu stopnia doktora, skupia się wokół zagadnień dotyczących badań materiałów z wykorzystaniem technik aktywnej termografii podczerwonej (IRT). Aktywna IRT jest metodą w ramach której można wyróżnić szereg technik w zależności od zastosowanego źródła energii bądź trybu wymuszenia cieplnego. W przypadku IRT do przetwarzania danych używa się technik związanych z analizą sygnałów, w szczególności sekwencji czasowych pozwalających na badanie zależności długofalowych. Przetwarzanie obrazów i danych w termowizyjnych badaniach materiałowych ma na celu poprawienie jakości obrazów w celu łatwiejszej detekcji anomalii temperaturowych związanych np. z obecnością defektów w badanej próbce. Ocena stanu struktury materiałów różnego typu jest tematem szerokim, interdyscyplinarnym i bardzo aktualnym.

Najważniejsze zagadnienia badawcze, które podjęła habilitantka w swoich pracach, obejmują wykorzystanie techniki IRT z wieloma źródłami wzbudzenia do badania różnego typu materiałów, konstrukcji i struktur.

Są to zagadnienia, z racji na wykorzystywaną technikę pomiarową, wchodzące w obszar dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Można również uznać, że podjęta tematyka jest istotna oraz aktualna zarówno ze względu na rangę prowadzonych prac podstawowych, jak i z aplikacyjnego punktu widzenia.

4. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitantki

Jako osiągnięcie naukowo-badawcze, stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, Kandydatka wskazała jednotematyczny cykl dziesięciu publikacji pod wspólnym tytułem *"Ocena struktury wewnętrznej materiałów dobrze i słabo przewodzących przy wykorzystaniu aktywnej termografii podczerwonej z wieloma źródłami wzbudzenia"*. Wszystkie te publikacje powstały po 2016 roku, to jest po uzyskaniu przez Kandydatkę stopnia doktora nauk technicznych.

Na wskazany cykl publikacji składają się trzy prace konferencyjne i siedem artykułów. Jeden z artykułów to samodzielna praca Kandydatki, zaś pozostałe dziewięć publikacji są opracowaniami współautorskimi, w których udział Kandydatki wynosi od 25 do 50%.

Artykuły zostały opublikowane w *Materials* (2 artykuły), *Advances in Materials Science and Engineering* (1 artykuł), *Quantitative InfraRed Thermography Journal* (2 artykuły), *Sensors* (1 artykuł) oraz *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics* (1 artykuł), to jest czasopismach o obiegu międzynarodowym. Sumaryczny Impact Factor (IF) przedstawionych publikacji wynosi 14,734, według listy *Journal Citation Reports* (JCR). Trzy prace konferencyjne były prezentowane na międzynarodowych konferencjach i są indeksowane w bazach *Scopus* i *Web of Science*.

Załączone, szczegółowe oświadczenia współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich, upewniają, że wkład Habilitantki w powstanie wymienionych publikacji był wiodący i polegał na przeprowadzeniu pomiarów, opracowaniu uzyskanych wyników, opracowaniu modeli numerycznych badanych zjawisk oraz uczestniczeniu w redagowaniu prac. Występuje ona jako pierwszy autor w dziewięciu z wyżej wymienionych publikacji.

Uzyskane przez Kandydatkę wyniki związane są z wykorzystaniem nieniszczącej techniki aktywnej termografii podczerwonej do badania:

1. materiałów słabo przewodzących ciepło (np. kompozyty szklane, bazaltowe),
2. materiałów dobrze przewodzących ciepło (np. stali konstrukcyjnych),
3. konstrukcji złożonych – betonów ze zbrojeniem oraz,
4. złożonych struktur wyprodukowanych techniką druku 3D,

z użyciem wielu i różnych technik pobudzania. Badania obejmowały również przygotowanie modeli numerycznych badanych zjawisk w środowisku COMSOL Multiphysics, wykorzystującym metody elementów skończonych.

W ramach zagadnień wskazanych powyżej w punkcie 1, w pracach [1] i [2] przedstawiono wyniki badań dwiema komplementarnymi technikami nieniszczącymi – aktywną termografią ze wzbudzeniem lampami halogenowymi oraz obrazowaniem terahercowym materiałów kompozytowych z włókna szklanego i tkanin bazaltowych. W pracy [7] cienkie kompozyty były poddane badaniom z wykorzystaniem nowatorskiej metody hybrydowej łączącej grzanie promiennikiem podczerwieni oraz wymuszone chłodzenie zimnym powietrzem. Jak wykazano takie rozwiązanie pozwala na przyspieszenie procesu przepływu ciepła przez badany materiał, a co za tym idzie otrzymanie lepszych jakościowo wyników i skrócenie czasu badania. W wymienionym artykule szczególnie dużo miejsca poświęcono modelowaniu numerycznemu w środowisku COMSOL Multiphysics, którego celem było wsparcie wyboru optymalnej procedury pomiarowej.

Badania materiałów dobrze przewodzących ciepło – stali konstrukcyjnych, punkt 2, przedstawiono w pracach [3] i [4]. W pracy [3] termografia IRT została, do lokalnej oceny stanu struktury stalowej, wsparta metodą elektromagnetyczną opartą na zjawisku szumu Barkhausena (BN). Wyniki uzyskane metodą IR pozwoliły na wskazanie obszaru próbki, który poddany był największemu obciążeniu oraz na rozróżnienie trzech charakterystycznych etapów procesu zmęczeniowego: fazy zmian na poziomie mikrostrukturalnym, fazy wzrostu pęknięcia w materiale oraz finalnie fazy zniszczenia materiału. Otrzymane wyniki porównano z wynikami otrzymanymi metodą BN uzyskując komplementarne informacje na temat zmian parametrów cieplnych oraz magnetycznych badanych materiałów. Natomiast w pracy [4] wyniki badań termowizyjnych porównano dodatkowo z wynikami otrzymanymi z wykorzystaniem techniki mikrofalowej.

Temat badań konstrukcji złożonych, punkt 3, został podjęty w artykułach [5] i [6]. W pracy [5] wykorzystano technikę aktywnej termografii ze wzbudzeniem mikrofalowym wspartą modelowaniem numerycznym mającym na celu obrazowanie zjawiska grzania z wykorzystaniem promieniowania wysokiej częstotliwości. W artykule [5] zaproponowano wykorzystanie tych dwóch technik pomiarowych do budowy kompletnego systemu detekcji i oceny stanu zbrojenia w konstrukcjach betonowych. W pracy [6] ponownie wykorzystano wzbudzenie mikrofalowe, ale otrzymane wyniki porównano tym razem z rezultatami badań termowizyjnych wykorzystujących wzbudzenie indukcyjne, podczas którego podgrzewany jest wyłącznie pręt zbrojeniowy.

Badaniom złożonych struktur wyprodukowanych techniką druku 3D, punkt 4, poświęcono trzy artykuły cyklu [8-10]. Ocena jakości tego typu materiałów i struktur ma istotne znaczenie, biorąc pod uwagę ich szerokie i rosnące zastosowanie. W artykule [8] przedstawiono koncepcję wykorzystania głębokich konwolucyjnych sieci neuronowych do detekcji i klasyfikacji wad struktur produkowanych metodą druku 3D. W pracy [9]

zmodyfikowano metodykę badań zaprezentowanych w [8]. W celu przetestowania możliwości automatyzacji procesu detekcji wad zdecydowano się na przygotowanie modelu numerycznego odwzorowującego układ laboratoryjny i badane zjawisko, którego wyniki w dalszym etapie będą mogły posłużyć do uczenia sieci neuronowych. Drugą modyfikacją była zmiana rodzaju sieci neuronowych oraz danych podawanych na ich wejściu. W szczególności do ewaluacji badanych próbek wykorzystano metody sztucznej inteligencji.

Powyższy zbiór 10 publikacji przedstawiony w ramach rozprawy habilitacyjnej pt.: *”Ocena struktury wewnętrznej materiałów dobrze i słabo przewodzących przy wykorzystaniu aktywnej termografii podczerwonej z wieloma źródłami wzbudzenia”* uzupełnia szereg innych artykułów i wystąpień konferencyjnych poruszających zbliżoną tematykę. Autorka wykazała, iż wykorzystując w metodzie aktywnej termografii więcej niż jedno źródło pobudzania oraz stosując zaawansowane techniki obróbki sygnałów można uzyskać znaczną poprawę dokładności i wiarygodności uzyskiwanych informacji. Tak więc aktywna termografia może być wykorzystywana jako metoda lokalna, do szczegółowej inspekcji niewielkich obszarów materiału jak również może być używana jako metoda globalna, służąca do wstępnej oceny badanej struktury bądź materiału.

Podsumowując należy stwierdzić, że przedstawione prace naukowe autorstwa i współautorstwa dr Barbary Grochowalskiej stanowią spójną tematycznie całość, gdyż dotyczą badań różnego typu materiałów metoda aktywnej termografii podczerwonej oraz rozwoju tej metody, które zostały przedstawione w publikacjach o cyrkulacji międzynarodowej oraz stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Tym samym uważam, że spełniony jest warunek określony w art. 219 ust. 1 pkt 2b Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

5. Ocena dorobku naukowego i publikacyjnego

Na całokształt dorobku naukowego dr Barbary Grochowalskiej składa się (zgodnie z wykazem osiągnięć naukowych) 39 publikacji, w tym 24 prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, a wśród nich 12 artykułów w czasopismach z listy JCR. Uważam, że jest to dorobek znaczący. Prace Habilitantki były cytowane, całkowita liczba cytowań wg bazy Scopus wynosi (na dzień 7 maja 2023) 276, w tym 233 bez uwzględnienia autocytowań. Pozytywnie należy odnotować niski procent autocytowań. Indeks Hirscha (IH) bez autocytowań wynosi 9, co jest stosunkowo dobrą wielkością. Przedstawione parametry bibliometryczne świadczą o rozpoznawalności dorobku publikacyjnego dr Barbary Grochowalskiej w międzynarodowym środowisku naukowym.

Uzyskane przez Habilitantkę wyniki naukowe prezentowane były również na konferencjach naukowych w kraju i za granicą, w tym kilku o wysokiej renomie. Spośród 40 prezentacji konferencyjnych 18 referatów zostało przedstawionych w formie wystąpień ustnych Habilitantki. O wysokim poziomie prac badawczych prowadzonych przez dr B. Grochowalską świadczy również fakt ich realizacji w ramach 5 projektów naukowo badawczych finansowanych w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych. Warto zauważyć, że Habilitantka realizowała również 3 samodzielne projekty w ramach konkursu o

finansowanie indywidualnych projektów badawczych młodych uczestników nauki oraz uczestników studiów doktoranckich organizowanego przez Dziekana Wydziału Elektrycznego.

Dorobek Habilitantki wzbogaca szereg recenzji manuskryptów wykonanych dla czasopism indeksowanych w bazie JCR, takich jak: International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Construction and Building Materials, Sensors, Applied Sciences, Electronics, NDT & E International oraz Journal of Manufacturing and Materials Processing, EISSN

Dr Barbara Grochowalska prowadziła i prowadzi współpracę z szeregiem krajowych i zagranicznych ośrodków badawczych i akademickich takich jak np.: Akademia Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Opolska, Politechnika Krakowska, Politechnika Warszawska, Instytut Spawalnictwa (Sieć Badawcza Łukasiewicz) oraz partnerami przemysłowymi: Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego "PZL-Rzeszów" SA, P.P.U.H. BRYK Witold Bryk, Przedsiębiorstwo Projektowo Wdrożeniowe KOLTECH Sp. z o.o., IPL SOLUTIONS Sp. z o.o., IBS Poland Sp. z o.o. Współpraca międzynarodowa obejmuje następujące ośrodki, takie jak: Uniwersytet Newcastle – Wielka Brytania, Indian Institute of Technology Madras, Indie, Uniwersytet Saveetha, Indie, Centre for Studies and Expertise on Risks, the Environment, Mobility and Urban Planning (CEREMA), Francja.

Habilitantka odbyła staże zagraniczne realizowane w ramach dwóch: trzymiesięcznego w roku 2012 i dwumiesięcznego w roku 2014 - wyjazdu do Indian Institute of Technology Madras (IITM), Chennai, Indie.

Przedstawiona powyżej aktywność dotyczy więc uzyskiwania w innych instytucjach osiągnięć naukowych i tworzenia własnego dorobku naukowego co, w mojej opinii, wypełnia przesłankę wykazania się przez Kandydatkę istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub jednostce naukowej.

Oceniając całokształt dorobku należy stwierdzić, że Pani dr Barbara Grochowalska jest uznaną specjalistką w zakresie aktywnej termografii. Uważam, że zarówno oryginalne wyniki badań prowadzonych na wysokim poziomie naukowym, udokumentowane znaczącymi publikacjami, realizowana współpraca naukowa i aktywność w projektach świadczą o dojrzałości i samodzielności naukowej Habilitantki.

6. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzatorskiego

Efekty działalności dydaktycznej dr Barbary Grochowalskiej prowadzonej od roku 2012, początkowo na etacie asystenta, a obecnie na etacie adiunkta, świadczą o zaangażowaniu Habilitantki w proces nauczania prowadzony na kierunkach elektrotechnika i teleinformatyka WE ZUT w Szczecinie. Na Jej dokonania w tym obszarze działalności zawodowej składa się prowadzenie zajęć dydaktycznych związanych z zagadnieniami elektrotechniki, informatyki i matematyki, z takich przedmiotów jak np. : *Elektrotechnika teoretyczna i techniki symulacji, Informatyka i programowanie obiektowe, Informatyka i techniki programowania, Metody matematyczne, Struktury danych i techniki programowania,*

Badania nieniszczące metodami elektromagnetycznymi, Programowanie obiektowe, Platforma LabVIEW, oraz Programowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w języku G.

Opracowała programy nowych przedmiotów dla kierunków Elektrotechnika oraz Teleinformatyka, takich jak: *Struktury danych i techniki programowania* (przedmiot obowiązkowy), *Narzędzia programistyczne do integracji sprzętowej* (przedmiot obieralny), *Pomiary termowizyjne w technice* (przedmiot obieralny). Habilitantka pełniła funkcje promotora 2 prac inżynierskich i 1 magisterskiej, pełniła funkcje opiekunki praktyk dla 4 studentów zagranicznych odbywającymi praktyki na WE w ramach projektu IAESTE, a ostatnio również we współpracy z francuskimi ośrodkami badawczymi.

Dorobek dydaktyczny Habilitantki oceniam pozytywnie jako typowy dla pracownika naukowo-dydaktycznego uczelni wyższej.

W okresie 2018-2019 Habilitantka była członkiem Rady Wydziału WE (wybory uzupełniające, przedstawiciel grupy nauczycieli akademickich nieposiadających tytułu naukowego lub stopnia naukowego doktora habilitowanego).

Wśród osiągnięć organizacyjnych oraz popularyzujących naukę należy wymienić: przewodniczenie komitetowi organizacyjnemu konferencji międzynarodowej 2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW 2018 Świnoujście), członkostwo w komitecie naukowym konferencji międzynarodowej 2019 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW 2019 Wismar), Niemcy, członkostwo w komitecie organizacyjnym międzynarodowej konferencji Optimization and Inverse Problems in Electromagnetism (OIPE 2020, Szczecin), członkostwo w komitecie naukowym Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących (KKBN, Kołobrzeg, 2022).

Działalność popularyzującą naukę realizowała również w postaci wykładów dla młodzieży ponadgimnazjalnej w ramach cyklu spotkań organizowanych przez Wydział Elektryczny ZUT w Szczecinie (wykłady multimedialne z pokazem praktycznym): *Termowizja, czyli jak zobaczyć niewidzialne* (marzec 2014), *Kolor ciepła* (czerwiec 2022). Prowadziła webinarium dla studentów Uniwersytetu Saveetha (wykład multimedialny z częścią dyskusyjną) *Artificial Intelligence in 3D Prints Evaluation Using Active Thermography* (styczeń 2022).

7. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę zarówno przedstawione osiągnięcie naukowe jak i całość dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, uważam, że Pani dr Barbara Grochowalska spełnia wymagania określone kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w art. 219 ust.1 pkt 1-3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Wniosuję zatem o dopuszczenie Pani dr Barbary Grochowalskiej do dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania stopnia doktora habilitowanego.

