

Dr hab. inż. Joanna Jaworek-Korjakowska, prof. AGH

Kraków, 11.07.2024

Katedra Automatyki i Robotyki

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Recenzja

osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego
i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Michała Byry
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria
biomedyczna

1. Podstawy formalne recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr. inż. Michała Byry, na wniosek Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN. W dniu 14.05.2024 roku otrzymałam pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN prof. dr hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego informujące o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie dr inż. Michałowi Byrze stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. Wraz z dokumentacją dołączona została kopia pisma Rady Doskonałości Naukowej z dnia 17.03.2024 oraz uchwała Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN z dnia 25.04.2024 (Uchwała Nr RN.0001.4.2024.UH.9).

Recenzja wniosku o nadanie doktora habilitowanego sporządzona została w oparciu o kryteria zawarte w art. 219 ust. pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021 poz. 478).

Recenzja przygotowana została na podstawie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w formie cyklu ośmiu powiązanych tematycznie publikacji pod zbiorczym tytułem "Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi." opublikowanych w renomowanych światowych czasopismach.

Dr inż. Michał Byra przedstawił następujące dokumenty, do których odwołuje się niniejsza recenzja: wniosek przewodni, dane wnioskodawcy, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych,

kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora, oraz oświadczenia dotyczące wkładu w publikacje.

Według wiedzy recenzenta dr inż. Michał Byra nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. Sylwetka habilitanta

Dr inż. Michał Byra jest absolwentem Wydziału Mechatroniki, Politechniki Warszawskiej gdzie otrzymał stopień zawodowy inżyniera (2011) oraz magistra inżyniera (2012) – automatyka i robotyka. W roku 2017 Kandydat uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora nauk technicznych w zakresie elektroniki. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Klasyfikacja zmian nowotworowych piersi na podstawie własności statystycznych ech ultradźwiękowych*.

Od 2019 roku adiunkt w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN. W latach 2012-2017 doktorant w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN. Kolejno, w okresie luty 2018 - luty 2019 PostDoc w Department of Radiology, University of California, San Diego, USA oraz naukowiec wizytujący czerwiec 2022-grudzień 2023 w Center for Brain Science, RIKEN, Wako, Japonia.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Kandydat przedstawił do oceny jako osiągnięcie naukowe, kwalifikujące do uzyskania stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna cykl ośmiu powiązanych tematycznie publikacji pod zbiorczym tytułem **Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi**. W skład wybranego cyklu wchodzi 8 artykułów, które łączy przede wszystkim ogólna tematyka związana z analizą zdjęć ultrasonograficznych, ze szczególnym uwzględnieniem czterech wątków badawczych. Pierwszy z nich dotyczy automatycznej segmentacji zmian nowotworowych z wykorzystaniem sieci głębokich opartych na architekturze U-Net. Kolejny dotyczy klasyfikacji zmian nowotworowych na obrazach typu B-mode z wykorzystaniem różnych klasyfikatorów opartych na wektorze cech otrzymanym przy pomocy autorskich metod uczenia transferowego. Trzeci wątek badawczy dotyczy analizy surowych sygnałów ultradźwiękowych z wykorzystaniem sieci neuronowych w celu określenia przydatności różnych danych wejściowych do trenowania sieci CNN. Ostatni wątek dotyczy monitorowania efektów chemioterapii w tym przewidywania skutków chemioterapii jak i porównywania obrazów przed i po dawce chemioterapii.

Powyższe cztery główne wątki badawcze opisane są w cyklu, który obejmuje następujące prace:

[C1] M. Byra, K. Dobruch-Sobczak, H. Piotrkowska-Wroblewska, Z. Klimonda, J. Litniewski *Prediction of response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer with recurrent*

neural networks and raw ultrasound signals, Physics in Medicine and Biology, 2022, IF (2022): 3,5, MEiN: 100.

[C2] **M. Byra**, P. Jarosik, K. Dobruch-Sobczak, Z. Klimonda, H. Piotrkowska-Wroblewska, J. Litniewski, A. Nowicki *Joint segmentation and classification of breast masses based on ultrasound radiofrequency data and convolutional neural networks*, Ultrasonics, 2022 IF (2022): 4,20, MEiN: 140.

[C3] **M. Byra** *Breast mass classification with transfer learning based on scaling of deep representations*, Biomedical Signal Processing and Control, 2021 IF (2021): 5,076, MEiN: 140.

[C4] **M. Byra**, K. Dobruch-Sobczak, Z. Klimonda, H. Piotrkowska-Wroblewska, J. Litniewski *Early prediction of response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer sonography using Siamese convolutional neural networks*, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2020. IF (2020): 5,772, MEiN: 200.

[C5] **M. Byra**, P. Jarosik, A. Szubert, M. Galperin, H. Ojeda-Fournier, L. Olson, M. O'Boyle, C. Comstock, M. Andre *Breast mass segmentation in ultrasound with selective kernel U-Net convolutional neural network*, Biomedical Signal Processing and Control, 2020 IF (2020): 3,88, MEiN: 140.

[C6] P. Jarosik, Z. Klimonda, M. Lewandowski, **M. Byra**, *Breast lesion classification based on ultrasonic backscattered echoes using convolutional neural networks*, Biocybernetics and Biomedical Engineering, 2020, IF (2020): 4,314, MEiN: 200.

[C7] **M. Byra**, M. Galperin, H. Ojeda-Fournier, L. Olson, M. O'Boyle, C. Comstock, M. Andre *Breast mass classification in sonography with transfer learning using a deep convolutional neural network and color conversion*, Medical Physics, 2019 IF (2019): 3,317, MEiN: 100.

[C8] **M. Byra** *Discriminant analysis of neural style representations for breast lesion classification in ultrasound*, Biocybernetics and Biomedical Engineering, 2018, IF (2018): 2,159, MEiN: 200.

Tematyka segmentacji zmian nowotworowych piersi w ultrasonografii została przedstawiona w pracy [C5] w której opisano nowatorską sieć SK-U-Net będącą rozszerzeniem popularnej sieci głębokiej do segmentacji U-Net. Innowacyjność proponowanej architektury oparta jest na mechanizmie uwagi do automatycznego dostosowywania pola receptorowego sieci CNN do analizowanego obrazu. W badaniu wykazano, że wyniki otrzymane przy pomocy sieci SK-U-Net (Dice 0.826) są wyższe niż dla sieci podstawowej U-Net (0.778).

W pracach [C3, C7 oraz C8] Kandydat opisał możliwość wykorzystania metod transferu wiedzy do klasyfikacji zmian nowotworowych piersi. W ramach opisanych badań zaimplementowano zarówno metody oparte na wytrenowanych sieci do ekstrakcji cech jak i etap dotrenowania sieci poprzez odmrożenie ostatnich warstw. W pracy [C8, 2018] zamiast uśredniania bloków CNN do wyodrębniania cech przydatnych do klasyfikacji zmian

nowotworowych wykorzystano macierz Gram'a, a do klasyfikacji dyskryminator Fishera. Następnie autorzy pracy wybrali warstwę sieci VGG-16, która dawała najwyższe wyniki klasyfikacji, co potwierdzało jednocześnie uzyskanie najlepszego zestawu cech (0.847 AUC). W pracy [C7, 2019 rok] zaproponowano wykorzystanie warstwy dopasowującej w celu transformacji zdjęć w skali szarości do zdjęć RGB w celu optymalizacji możliwości sieci wytrenowanej VGG-19. Najlepszy wynik 0.936 AUC osiągnięto dla metody łączącej klasyfikator z odmrożonymi warstwami. Praca [C3, 2021 rok] stanowi rozszerzenie poprzedniej poprzez wprowadzenie nowej metody uczenia maszynowego DRS. Metoda polega na aktualizacji wag dla większej liczby wag sieci CNN niż wyonywane jest podczas tradycyjnej metody fine-tuningu co pozwala na zmniejszenie przetrenowania sieci. W pracy [C3] opisano dwa podejścia, pierwsze wykorzystuje metodę DRS i osiąga wynik wyższy od zwykłej metody fine-tuningu oraz podejście łączące metodę DRS i fine-tuning uzyskując najwyższy wynik.

W pracach [C2, C6] przedstawiono analizę surowych sygnałów ultradźwiękowych oraz ich wykorzystanie do segmentacji i klasyfikacji. W pracy [C6, 2020 rok] przedstawiono wyniki klasyfikacji nowotworów piersi za pomocą CNN bezpośrednio trenowanych na surowych danych RF. Autorzy zaproponowali trzy modele różniące się podejściem do przetwarzania danych wejściowych i splotem. Pierwszy model wykonywał jednowymiarowe operacje splotu, drugi model opierał się na dwuwymiarowe operacje splotu do przetwarzania próbek amplitudy sygnałów RF obliczonych za pomocą transformaty Hilberta, natomiast trzecie podejście było połączeniem dwóch pierwszych metod. Autorzy dokonują szczegółowej analizy otrzymanych wyników i porównują implementację z innymi podejściami opisanymi w literaturze. W publikacji [C2, 2022 rok] opracowane innowacyjne podejście oparte na analizie danych 2D macierzy sygnałów RF oraz połączono w jednym modelu segmentację jak i klasyfikację zmian nowotworowych. W pracy szczegółowo omówiono otrzymane wyniki porównując dane surowe RF z danymi zrekonstruowanymi B-mode. W wyniki przeprowadzonych badań otrzymano ciekawe wnioski dotyczące analizy danych surowych podczas klasyfikacji danych. W pracy przedstawiono również architekturę sieci łączącej dwa zadania: klasyfikacji i segmentacji.

Tematyka monitorowania efektów chemioterapii została opisana w pracach [C1 oraz C4] i dotyczy zarówno predykcji odpowiedzi na leczenie jak i porównywania danych przed i po podaniu dawki chemioterapii. W pracy [C4, 2020 rok] opracowano koncepcję i zaimplementowano syjamską sieć splotową do predykcji skutków chemioterapii poprzez porównanie obrazów przed i po podaniu dawki. Architektura sieci oparta była na wytrenowanej sieci głębokiej Inception-ResNet-V2 ze względu na nieliczny zbiór danych. W ramach pracy wykazano przydatność rozwiązania, a badania prowadzone były we współpracy z Centrum Onkologii w Warszawie. Praca [C1, 2022 rok] stanowi rozszerzenie badań przedstawionych w poprzedniej pracy, przy czym tym razem wykorzystano sieć rekurencyjną GRU i połączono z siecią splotową. W ramach badań przetestowano trzy podejścia do ekstrakcji cech: w pierwszym wykorzystano model z poprzednich badań, w drugim podejściu wykorzystano sieć U-Net z pracy C2, a w trzecim podejściu również skorzystano z sieci U-Net, ale trenowanej na surowych danych. Habilitant szczegółowo opisał uzyskane wyniki, które potwierdzają poprawność prowadzonych badań.

Całość prac Habilitanta stanowiących oceniany cykl powiązanych tematycznie publikacji zatytułowany *Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi* oceniam pozytywnie, jako oryginalny i interesujący, a zarazem znaczący wkład naukowy poszerzający aktualny stan wiedzy w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi. Równocześnie opisane osiągnięcia stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Biomedyczna i spełniają ustawowe wymagania niezbędne do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

4. Informacja o spełnieniu przez kandydata kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową

Habilitant oprócz prac przedstawionych w cyklu publikacji jest autorem lub współautorem 15 prac opublikowanych po doktoracie oraz 5 prac opublikowanych przed doktoratem. Kandydat jest autorem lub współautorem 33 prac i streszczeń konferencyjnych w tym 20 po uzyskaniu stopnia doktora. Badania dotyczą tematyki porównywania sieci neuronowych do segmentacji, interpretowalność sieci neuronowych, głębokie meta-uczenie, czy uczenie z danymi syntetycznymi. Warto podkreślić, że Habilitant w ramach staży zagranicznych prowadził badania z zakresu analizowania i przetwarzania obrazów zebranych z mózgu (Japonia) oraz danych rezonansu magnetycznego oraz ultrasonografii do oceny tkanki nerwu (USA).

Przedstawiane badania zostały opublikowane w renomowanych czasopismach, a wyniki przedstawione na międzynarodowych konferencjach naukowych z obszaru inżynierii biomedycznej (m.in. MICCAI).

Według danych dostarczonych przez Habilitanta, dane na dzień 17.07 2023 roku przedstawiały się następująco: sumaryczny Impact Factor 99.32 (89.77 po uzyskaniu doktoratu), liczba wszystkich cytowań i indeks Hirscha, kolejno według baz Scopus Google Scholar: 852 i 14 oraz 1298 i 16. Należy zaznaczyć, że do czasu sporządzenia niniejszej recenzji wymienione liczby dla bazy Google Scholar zmieniły się do 1565 i 17, co w sposób wyraźny pokazuje wzrost zainteresowania opublikowanymi pracami i dowodzi, że badania Habilitanta są istotne w środowisku naukowym. Pozostałe dane liczbowe związane z publikowanymi pracami kształtują się następująco: łącznie 1 rozdział w monografiach, 27 artykułów w czasopismach (23 po doktoracie), 33 wystąpienia konferencyjne (20 po doktoracie). Jak wynika z załączonych oświadczeń, Kandydat odgrywał wiodącą rolę przy powstaniu niektórych prac wieloautorskich – koncepcja, implementacja, analiza danych oraz opisywanie badań i korespondencja z wydawnictwami.

Habilitant jest bardzo aktywnym recenzentem zarówno w czasopismach naukowych jak i podczas prestiżowych konferencji. Warto podkreślić, że został wyróżniony za jakość recenzji naukowych na konferencji MICCAI 2023 oraz za jakość recenzji naukowych przez czasopismo European Radiology, 2020.

Dr inż. Byra jest członkiem w międzynarodowych organizacjach naukowych: Komitet Techniczny, Data Engineering in Medical Imaging Workshop, DEMI MICCAI, 2023, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention Society oraz The Japan Neuroscience Society.

Habilitant otrzymał liczne wyróżnienia i stypendia oraz był wykonawcą w projektach naukowych. Na tym etapie kariery naukowej brakuje samodzielności w prowadzeniu projektów badawczych jako Kierownik oraz doświadczenia w ubieganiu się o finansowanie.

Kandydat wykazał się również istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej. W latach 2018-2019 realizował staż podoktorski w Department of Radiology, University of California, San Diego, USA, gdzie realizował badania z obszaru analizą i przetwarzaniem danych medycznych w tym ultrasonograficznych i rezonansu magnetycznego. W ramach współpracy zostały opublikowane prace m.in. [J8, J9, J14].

W latach 2022-2023 Habilitant uczestniczył w projekcie Brain/Minds w Brain Image Analysis Unit, RIKEN Center for Brain Science, Wako, Japonia jako naukowiec wizytujący. Habilitant implementował i analizował metody rejestracji oraz segmentacji obrazów przydanych w tworzeniu atlasów mózgu i pozwalających lepiej analizować wyniki eksperymentów w neuronaukach. Badania te zakończyły się powstaniem publikacji m.in. [J1, K3, K4].

W mojej ocenie tym samym spełnione jest warunek istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni (wymaganej przez art. 219 ust. 1 pkt 3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018, z późniejszymi zmianami).

5. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzująca naukę

Dotychczasowa działalność dr. inż. Michała Byry skupiała się przede wszystkim w instytutach badawczych dlatego też jego dorobek dydaktyczny jak i organizacyjny jest niższy od innych wniosków habilitacyjnych.

Warto podkreślić, że Kandydat wygłosił cykl wykładów na Uniwersytecie Kalifornijskim w San Diego wykład dla studentów tokijskich uniwersytetów. Sprawował opiekę nad studentami zarówno w Polsce jak i podczas zagranicznych staży naukowych oraz wygłosił 30 prezentacji naukowych i popularnonaukowych.

Habilitant również jest aktywnym i docenianym recenzentem.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna wydaje się być słabym punktem Kandydata, któremu zalecić trzeba większą aktywność na tym polu. **Podsumowując, działalność dydaktyczna, organizatorska i popularyzująca naukę odpowiada zwyczajowym wymaganiom do otrzymania stopnia doktora habilitowanego.**

6. Podsumowanie i wnioski końcowe

Po szczegółowej ocenie i analizie przedstawionej dokumentacji dotyczącej przede wszystkim osiągnięcia naukowego zaprezentowanego w postaci cyklu publikacji, opisu całości dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzatorskiego i danych bibliograficznych dotyczących dr. inż. Michała Byry, stwierdzam, że spełnia on warunki i wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiony przez Habilitanta cykl publikacji zatytułowany **Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi** stanowi oryginalny wkład w dyscyplinę inżynieria biomedyczna. Uzyskane wyniki stanowią osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Przedstawione osiągnięcie naukowe jak i pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny, popularyzatorski i organizacyjny oceniam pozytywnie.

W związku z tym wnioskuję o kontynuację postępowania habilitacyjnego dr. inż. Michała Byry i popieram nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.



