

Ocena osiągnięć dr. inż. Michała Byry
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora
habilitowanego w dziedzinie *nauki inżynieryjno-
techniczne*, dyscyplinie *inżynieria biomedyczna*

Prof. dr hab. inż. Robert Cierniak
Politechnika Częstochowska
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych

Częstochowa, 28 sierpnia 2024

1. Uwagi wstępne

1.1. Podstawa prawna oceny

Niniejsza opinia została przygotowana na podstawie pisma skierowanego do mnie przez Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Pana Prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Romanowskiego, z dnia 7. Maja 2024r.

W trakcie formułowania tej opinii pod uwagę zostały wzięte wymogi prawne ujęte w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2020 roku poz. 85 z późniejszymi zmianami).

1.1. Sylwetka Habilitanta

W załączonej do wniosku dokumentacji opis ścieżki naukowej dr. inż. Michała Byry rozpoczyna się od momentu uzyskania przez Niego, kolejno, w roku 2011 tytułu zawodowego inżyniera w zakresie automatyki i robotyki na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej, stopnia magistra o tym samym profilu w roku 2012 na tym samym wydziale za pracę pt. *Rozpoznawanie emocji na podstawie zdjęć twarzy*, by w końcu uzyskać stopień doktora nauk technicznych w roku 2017 w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie na podstawie pracy pt. *Klasyfikacja zian nowotworowych piersi na podstawie własności statystycznych ech ultradźwiękowych*, tym razem w dyscyplinie elektronika. Co warto zaznaczyć, Jego praca doktorska została wyróżniona.

Rozwój naukowy Habilitanta był związany głównie z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, najpierw w latach 2012-2017 jako doktorant, a po dwóch latach od uzyskaniu stopnia naukowego doktora, tj. od roku 2019, jako adiunkt. W przerwie, w latach 2017-2019 był zaangażowany jako tzw. Postdoc w USA, dokładnie w *University of California, Department of Radiology*. Dodatkowo, w okresie 06.2022 do 02.2023 zatrudniony był jako naukowiec wizytujący w *Center for Brain Science, RIKEN* (Wako, Japonia).

1.2. Podstawa wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

W swoim wniosku Habilitant wskazał cykl publikacji, które wchodziły w skład osiągnięcia naukowego, pod wspólnym tytułem *Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi*, jako podstawę wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

Dr inż. Michał Byra dołączył do dokumentacji osiem publikacji, powstałych przy Jego współudziale lub będących Jego wyłącznym autorstwem, które w odczuciu Habilitanta najlepiej wyznaczają wątek badawczo-naukowy związany z ocenianym wnioskiem.

2. Ocena osiągnięcia naukowego określonego we wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

Recenzowany cykl publikacji zdecydowanie dotyczy zagadnień związanych z dyscypliną inżynieria biomedyczna, aczkolwiek w bardzo mocny sposób nawiązuje do zagadnień informatycznych. Tematyka wszystkich prac odnosi się do jednolitego obszaru badań nad metodami obliczeniowymi w zastosowaniu do problemów występujących w zakresie analizy obrazów medycznych, w szczególności automatycznych systemów diagnostycznych opartych na tej analizie. Cykl publikacji stanowiący podstawę wystąpienia z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego składa się z 8 publikacji o jednolitym charakterze artykułów wydanych w czasopiśmie naukowych, które w sposób bezpośredni opisują działalność Habilitanta w zakresie opracowania metod służących analizie obrazów medycznych pozyskiwanych dzięki zastosowaniu jednej techniki obrazowania, tj. ultrasonografii.

W skład tego cyklu wchodziły artykuły opublikowane w szerokiej gamie czasopism indeksowanych w JCR. W ramach tych publikacji Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego przeszedł pomyślnie procedurę recenzowania w czasopiśmie *Physics in Medicine and Biology* (IF 3.5, 100pkt na liście MNiE), *Ultrasonics* (IF 4,20, 140pkt na liście

MNiE), dwa razy w *Biomedical Signal Processing and Control* (IF 5,076 – 2021, i 3,88 – 2020, w obu przypadkach 140pkt na liście MNiE), *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* (IF 5,772, 200pkt na liście MNiE), oraz dwa razy w *Biocybernetics and Biomedical Engineering* (IF 4,314 i 2,159, w obu przypadkach 200pkt na liście MNiE), *Medical Physics* (IF 3,317, 100pkt na liście MNiE).

Z punktu widzenia oceny bibliometrycznej, przedstawiony do oceny zestaw publikacji prezentuje się bardzo dobrze, gdyż wszystkie pozycje posiadają liczbę punktów 200, 140 i 100, co znamionuje wysoki, równomierny poziom rozpoznawalności Habilitanta w świecie naukowym. Należy szczególnie podkreślić fakt, że Habilitant występuje na pierwszej pozycji na liście autorów we wszystkich załączonych do wniosku pozycjach literaturowych z wyjątkiem jedynie pozycji [C6], przy czym pozycje [C3] i [C8] są wyłącznie Jego autortwa. W przypadku pozycji [C6] występuje on czwartej, ostatniej pozycji na liście. Warto również zaznaczyć, że wymienione w zestawie artykuły pojawiły się w szerokim spektrum periodyków (są jedynie dwa powtórzenia), co sugeruje zobiektywizowanie osiągniętych sukcesów publikacyjnych.

Zaprezentowany do oceny cykl publikacji jest wewnętrznie spójny, dotyczący jednorodnego zakresu formułowania zaawansowanych zastosowań metod obliczeniowych do komputerowego wspomaganie diagnostyki raka piersi na podstawie badań ultrasonograficznych. Oznacza to w tym przypadku metody z zakresu analizy obrazów biomedycznych. Poszczególne prezentowane w zestawie koncepcje dotyczyły dwóch wyróżnionych zakresów problematycznych z obszaru diagnostyki z wykorzystaniem: obrazów USG, tj.: segmentacji i klasyfikacji. Habilitant wyróżnił co prawda jeszcze dwa zakresy tematyczne obecne w wątkach badawczych występujących w treści publikacji w cyklu, tzn. prowadzenie analizy danych obrazów USG z użyciem surowych sygnałów tego rodzaju i monitorowanie efektów chemioterapii, ale były to jedynie rozwinięcia powyżej wspomnianych głównych problemów badawczych, choć z wykorzystaniem w każdym przypadku specyficznych podejść metodologicznych i algorytmicznych.

W artykule [C5] zawarto rezultaty prac z udziałem Habilitanta nad tworzeniem nowych metod diagnostyki obrazowej wykorzystujących segmentację zmian nowotworowych piersi z wykorzystaniem obrazów USG typu *B-mode*. Najbardziej wartościowym elementem tej pracy jest zastosowanie znacząco zmodyfikowanej struktury konwolucyjnej sieci neuronowej typu U-Net, w której zaimplementowano mechanizm z automatycznym dostosowaniem pola receptorowego sieci do danego obrazu z wykorzystaniem bloków splotowych z dylatacją. Pozwala to na zwiększenie skuteczności sieci w zadaniu

segmentacyjnym, głównie poprzez dostosowanie pracy sieci w procesie uczenia do różnych kształtów nowotworów występujących w obrazach USG.

Z kolei w artykułach oznaczonych jako [C3], [C7] i [C8] zawarto koncepcje budowy systemów diagnostycznych przeznaczonych do klasyfikowania zmian nowotworowych piersi jako zmiany łagodne lub złośliwe, również z wykorzystaniem obrazów USG typu *B-mode*. Jako wyróżnik zaproponowanych prac należy uznać fakt użycia w tym celu transferowej techniki uczenia głębokich sieci neuronowych. Strategia ta ma sens stosowania szczególnie w przypadkach, gdy zbiór uczący nie jest dostatecznie duży, aby zapewnić poprawne klasyfikowanie przez daną sieć. Publikacja [C7] dotyczy wprowadzenia tzw. warstwy dopasowującej w celu implementacji strategii, gdy do wytrenowanego modelu sieci używa się tego rodzaju dodatkowej warstwy, aby transformować nieznane dotychczas dla sieci dane do postaci, przy której była ona wcześniej trenowana. Z kolei w publikacji [C3] rozszerzono powyższą strategię o możliwość jednoczesnej modyfikacji, czyli transformacji, dużej grupy wag bloku splotowego z użyciem algorytmu wstecznej propagacji błędu. Praca [C8] stanowi nieco odmienne podejście do metody transferowej z wydobywaniem cech z wyników bloku operacji splotowych z wykorzystaniem macierzy Grama i dyskryminatora Fishera.

Prace [C2] i [C6] stanowią reprezentację kierunku badań prowadzonych przez Habilitanta, dotyczącego wykorzystania surowych danych z głowicy USG, czyli nieprzetworzonych (zrekonstruowanych) do standardu *B-mode*, co jest zgodne ze strategią ultrasonografii ilościowej, biorącej pod uwagę własności fizyczne i mikrostrukturę badanych tkanek. Praca [C6] opisuje próbę zbudowania klasyfikatora nowotworów piersi z wykorzystaniem takich surowych danych. W koncepcji tam zawartej użyto techniki ruchomego okna i sprawdzono przydatność w zadaniu klasyfikacyjnym różnych struktur, których budowa była za każdym razem dostosowana do zakładanego profilu estymowanych parametrów tkanek. Z kolei praca [C2] była rozwinięciem koncepcji pokazanej w pracy [C6], w której pod uwagę były brane dane reprezentowane przez całe dwuwymiarowe macierze surowych sygnałów USG. Warto dodać, że stworzony model był w stanie również przeprowadzać segmentację zmian nowotworowych. Dodatkowo, dla potrzeb zbudowanej struktury w oparciu o model U-Net, stworzono specjalny blok operatorów splotowych na wejściu dla przeprowadzenia próbkowania macierzy wejściowych.

Następny kierunek badawczy reprezentowany w cyklu publikacyjnym przedstawionym do oceny to monitorowanie efektów chemioterapii. W pracy [C4] zaproponowano syjamską splotową sieć neuronową do przewidywania skutków chemioterapii już na wstępnym etapie przeprowadzanej terapii. Ten ciekawy typ sieci znalazł w tym

przypadku odpowiednie zastosowanie do określania podobieństwa pomiędzy dwoma przykładami danych wejściowych, w tym przypadku obrazów USG. Obie bliźniacze struktury były w nieco odmienny sposób uczony, w takim trybie, aby następnie możliwe było porównanie obrazów USG przed i po kolejnych etapach przeprowadzanej terapii, co umożliwiało wyznaczenie prawdopodobieństwa (użyto wytrenowany model regresji logistycznej) zareagowania nowotworu na chemioterapię. W pracy [C1] rozwinięto metodę zaprezentowaną w pracy [C4], przy czym zastąpiono sieć syjamską siecią rekurencyjną połączoną z siecią splotową w różnych odmianach. Stosowano przy tym obrazy zbierane z poszczególnych etapów leczenia jako sekwencję danych dla trenowania struktury i trenowanie transferowe.

Warto w końcu podkreślić, że dane obrazowe zastosowane we wszystkich powyżej wspomnianych opracowaniach pochodziły z ośrodków medycznych, z którymi współpracował w swoich badaniach Habilitant. Dotyczy to w szczególności Centrum Onkologii – Instytutu im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie i Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego. Jest to bardzo istotne w kontekście dyscypliny, którą reprezentuje dr inż. Michał Byra, gdzie umiejętność współpracy ze środowiskiem medycznym posiada znaczenie do nie przecenienia.

Z analizy treści powyższego zestawienia publikacji, tj. pozycji [C1]-[C8] wynika, że materiał tam umieszczony posiada w sumie jednolity charakter tematyczny, o często nowatorskim charakterze. Oczywiście Habilitant stosuje podejścia już znane i opisywane w literaturze, ale sposób ich zastosowania, twórczy sposób przystosowania tych metod do określonych w dziedzinie zadań nosi znamiona oryginalności i znacznego zaawansowania naukowego i technicznego. Poza tym rozwiązania tam zaproponowane mają swój użytkowy horyzont, ale jak na razie, o ile mi wiadomo, nie znalazły one ścieżki wdrożeniowej (a szkoda). Możliwe, że brak rezultatów wdrożeniowych podyktowany jest jeszcze niedostatecznie wysokimi parametrami skuteczności opracowanych metod w wyznaczonych zadaniach, aby możliwe było ich zastosowanie w praktyce klinicznej.

Podsumowując, po przeanalizowaniu powyżej omówionego zestawu publikacji ocenianego tutaj wniosku należy stwierdzić, że w przeważającej części dokonania Habilitanta wykazane w cyklu publikacyjnym stanowią wartościowy i oryginalny dorobek naukowy, który predysponuje Habilitanta do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Należy jednocześnie podkreślić, że wszystkie publikacje zawarte w przedstawionym do oceny cyklu dotyczą praktycznych zastosowań opracowywanych przez Niego metod przetwarzania danych w odniesieniu do różnych problemów diagnostyki medycznej opartej na

obrazowaniu USG pod kątem diagnostyki raka piersi. Można zatem mówić o wyraźnie zarysowanym znaczeniu utylitarnym prowadzonych przez Habilitanta badań naukowych, które są ujęte w przedstawionym jako podstawa do wszczęcia postępowania habilitacyjnego cyklu publikacyjnym.

3. Ocena pozostałego dorobku Habilitanta

3.1. Ocena dotycząca dorobku publikacyjnego

Zgodnie z dostarczoną dokumentacją Habilitant posiada indeks według bazy *Scopus* $h=14$, 952 cytowań, zaś według raportu Google Scholar $h=16$, 1298 cytowań. Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego brał udział w opracowaniu w sumie 27 artykułów w czasopismach znajdujących się na liście Ministerstwa Edukacji i Nauki, był współautorem jednego rozdziału w monografii (istotnej pozycji dla rozwoju nauki w Polsce). Poza tym Habilitant uczestniczył w powstaniu 33 publikacji zaakceptowanych do wygłoszenia na konferencjach naukowych, w tym w zdecydowanej większości na konferencjach zagranicznych). Powyższe wskaźniki wskazują na średni poziom rozpoznawalności Kandydata w świecie naukowym.

3.2. Ocena mobilności Habilitanta na polu naukowym

Habilitant w załączonej do wniosku dokumentacji wymienia następujące staże naukowe: 1,5 roczny staż odbyty w latach 2022-2023 w *Brain Image Analysis Unit, RIKEN Center for Brain Science*, Wako (Japonia), jako naukowiec wizytujący, roczny Postdoc odbyty w latach 2018-2019 w *Department of Radiology, University of California*, San Diego (USA), miesięczny pobyt w roku 2015 w *Department of Biomedical Engineering, Erasmus University*, Rotterdam (Holandia) i miesięczny pobyt również jako naukowiec wizytujący w *Department of Information Engineering, University of Florence* (Włochy).

W kontekście udziału Habilitanta w znaczącej liczbie istotnych konferencji zagranicznych, należy uznać, że aktywność Kandydata jest w tym względzie w zupełności wystarczająca.

Wobec tych faktów należy uznać, że aktywność Habilitanta w zakresie mobilności naukowej jest w zupełności wystarczająca.



3.3. Ocena dotycząca realizacji projektów badawczych

W tym zakresie Habilitant jako wykonawca uczestniczył w pięciu projektach finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, o następujących oznaczeniach: 2011/03/B/ST7/03347 realizowany w latach 2012-2016, 2014/13/B/ST7/01271 realizowany w latach 2014-2017, 2016/23/B/ST7/03391 realizowany w latach 2016-2020, 2019/35/B/ST7/03792 realizowany w latach 2019-2023. W latach 2014-2024 Habilitant brał udział jako wykonawca w projekcie finansowanym przez *Japan Agency for Medical Research and Development*, o oznaczeniu JP15dm0207001.

Należy zatem uznać, że działalność Habilitanta w zakresie realizacji projektów, badawczych jest zadawalająca, choć pewien niedosyt pozostaje wobec faktu, że w żadnym z tych projektów nie uczestniczył On w roli kierownika, co podkreślałoby Jego predyspozycje do samodzielnego prowadzenia przedsięwzięć naukowych.

3.4. Ocena dotycząca aktywności w zakresie organizacji

Habilitant był wielokrotnie recenzentem w renomowanych czasopismach międzynarodowych, takich jak: *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *Machine Learning*, *Bulletin of the Polish Academy of Science*, *Biomedical Signal Processing and Control*, *Physics in Medicine and Biology*, *Ultrasonics*, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, czy *Medical Physics*.

Jest on członkiem takich organizacji naukowych, jak: The Japan Neuroscience Society, Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

We wniosku jest tylko jedna wzmianka o uczestniczeniu Habilitanta w pracach komitetów organizacyjnych konferencji, tj. w Komitecie technicznym *Data Engineering in Medical Imaging Workshop* na konferencji MICCAI (2023 rok).

Brak jest tam informacji o Jego uczestniczeniu w panelach eksperckich w centralnych instytucjach przyznających dofinansowanie do realizacji projektów, jak również odniesienia się do uczestniczenia Habilitanta w pracach organizacyjnych na rzecz instytucji macierzystej.

Aktywność Habilitanta w zakresie działalności organizacyjnej jest skromna, aczkolwiek odnosi się ona do naukowca ukierunkowanego głównie na działalność badawczą, co znacząco wpłynęło na taki stan rzeczy.



3.5. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Dr inż. Michał Byra jest zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczego w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie i w związku z tym Jego umiarkowany dorobek w zakresie dydaktyki jest w pełni zrozumiały. Jednakże nawet w tych okolicznościach może się On pochwalić prowadzeniem za granicą cyklu wykładów w *University of California, Department of Radiology* (San Diego, USA), i w *RIKEN, Center for Brain Science* (Wako, Japonia). Poza tym w Polsce wygłaszał on wielokrotnie wykłady i wystąpienia seminaryjne.

Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski Habilitanta jest adekwatny dla stanowiska i instytucji, w której On pracuje.

4. Ocena klasyfikacji dziedzinowej dorobku Habilitanta

Należy zdecydowanie stwierdzić, że tematyka poruszana przez dr. inż. Michała Byry w przedstawionym do oceny cyklu publikacji mieści się w całości w zakresie zagadnień obejmowanych przez dyscyplinę inżynieria biomedyczna, gdyż dotyczy badań ukierunkowanych na zwiększenie skuteczności diagnostycznej techniki ultrasonograficznej w obrębie medycyny. Również pozostały dorobek Habilitanta, w tym w szczególności dorobek publikacyjny dotyczy problematyki związanej z tą dyscypliną.

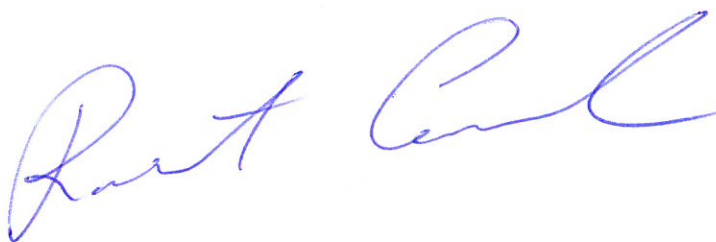
5. Wniosek końcowy

Po szczegółowej analizie materiałów załączonych do wniosku dr. inż. Michała Byry, które wchodzi w skład osiągnięcia naukowego, pod wspólnym tytułem *Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi*, jako podstawę wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, uznaję, że poziom naukowy wymienionych tam pozycji i wkład Habilitanta w ich powstawanie jest wystarczający dla uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Według mojej oceny główna wartość Jego dorobku opiera się na dokonaniach o charakterze naukowym, z pewnymi elementami inżynierskimi. Ocena dorobku aktywności naukowej na polu tzw. mobilności, w tym współpracy z innymi ośrodkami naukowymi jest również pozytywna. Ocena dorobku dotycząca realizacji projektów jest pozytywna z zastrzeżeniem, że brak jest tam realizacji projektów przez Habilitanta w roli kierownika. W odniesieniu do aktywności organizacyjnej Habilitanta i Jego działalności dydaktycznej należy wskazać, że Jego dokonania w tym względzie nie dorównują



poziomem do rezultatów przypisanych innym kryteriom oceny, ale ze względów obiektywnych aktywność ta nie ma tak dużej wagi w Jego przypadku.

Uważam, że sumarycznie dr inż. Michał Byra spełnia wymagania stawiane odnośnie nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego, ujęte w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2020 roku poz. 85 z późniejszymi zmianami z dnia 20 lipca 2018). Oznacza to, że odnoszę się pozytywnie do Jego wniosku o przyznanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ryszard Ciel', is written in a cursive style.

Ocena osiągnięć dr. inż. Michała Byry
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora
habilitowanego w dziedzinie *nauki inżynieryjno-
techniczne*, dyscyplinie *inżynieria biomedyczna*

Prof. dr hab. inż. Robert Cierniak
Politechnika Częstochowska
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych

Częstochowa, 28 sierpnia 2024

1. Uwagi wstępne

1.1. Podstawa prawna oceny

Niniejsza opinia została przygotowana na podstawie pisma skierowanego do mnie przez Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Pana Prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Romanowskiego, z dnia 7. Maja 2024r.

W trakcie formułowania tej opinii pod uwagę zostały wzięte wymogi prawne ujęte w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2020 roku poz. 85 z późniejszymi zmianami).

1.1. Sylwetka Habilitanta

W załączonej do wniosku dokumentacji opis ścieżki naukowej dr. inż. Michała Byry rozpoczyna się od momentu uzyskania przez Niego, kolejno, w roku 2011 tytułu zawodowego inżyniera w zakresie automatyki i robotyki na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej, stopnia magistra o tym samym profilu w roku 2012 na tym samym wydziale za pracę pt. *Rozpoznawanie emocji na podstawie zdjęć twarzy*, by w końcu uzyskać stopień doktora nauk technicznych w roku 2017 w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie na podstawie pracy pt. *Klasyfikacja zian nowotworowych piersi na podstawie własności statystycznych ech ultradźwiękowych*, tym razem w dyscyplinie elektronika. Co warto zaznaczyć, Jego praca doktorska została wyróżniona.

Rozwój naukowy Habilitanta był związany głównie z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, najpierw w latach 2012-2017 jako doktorant, a po dwóch latach od uzyskaniu stopnia naukowego doktora, tj. od roku 2019, jako adiunkt. W przerwie, w latach 2017-2019 był zaangażowany jako tzw. Postdoc w USA, dokładnie w *University of California, Department of Radiology*. Dodatkowo, w okresie 06.2022 do 02.2023 zatrudniony był jako naukowiec wizytujący w *Center for Brain Science, RIKEN* (Wako, Japonia).

1.2. Podstawa wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

W swoim wniosku Habilitant wskazał cykl publikacji, które wchodziły w skład osiągnięcia naukowego, pod wspólnym tytułem *Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi*, jako podstawę wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

Dr inż. Michał Byra dołączył do dokumentacji osiem publikacji, powstałych przy Jego współudziale lub będących Jego wyłącznym autorstwem, które w odczuciu Habilitanta najlepiej wyznaczają wątek badawczo-naukowy związany z ocenianym wnioskiem.

2. Ocena osiągnięcia naukowego określonego we wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

Recenzowany cykl publikacji zdecydowanie dotyczy zagadnień związanych z dyscypliną inżynieria biomedyczna, aczkolwiek w bardzo mocny sposób nawiązuje do zagadnień informatycznych. Tematyka wszystkich prac odnosi się do jednolitego obszaru badań nad metodami obliczeniowymi w zastosowaniu do problemów występujących w zakresie analizy obrazów medycznych, w szczególności automatycznych systemów diagnostycznych opartych na tej analizie. Cykl publikacji stanowiący podstawę wystąpienia z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego składa się z 8 publikacji o jednolitym charakterze artykułów wydanych w czasopiśmie naukowych, które w sposób bezpośredni opisują działalność Habilitanta w zakresie opracowania metod służących analizie obrazów medycznych pozyskiwanych dzięki zastosowaniu jednej techniki obrazowania, tj. ultrasonografii.

W skład tego cyklu wchodziły artykuły opublikowane w szerokiej gamie czasopism indeksowanych w JCR. W ramach tych publikacji Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego przeszedł pomyślnie procedurę recenzowania w czasopiśmie *Physics in Medicine and Biology* (IF 3.5, 100pkt na liście MNiE), *Ultrasonics* (IF 4,20, 140pkt na liście

MNiE), dwa razy w *Biomedical Signal Processing and Control* (IF 5,076 – 2021, i 3,88 – 2020, w obu przypadkach 140pkt na liście MNiE), *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* (IF 5,772, 200pkt na liście MNiE), oraz dwa razy w *Biocybernetics and Biomedical Engineering* (IF 4,314 i 2,159, w obu przypadkach 200pkt na liście MNiE), *Medical Physics* (IF 3,317, 100pkt na liście MNiE).

Z punktu widzenia oceny bibliometrycznej, przedstawiony do oceny zestaw publikacji prezentuje się bardzo dobrze, gdyż wszystkie pozycje posiadają liczbę punktów 200, 140 i 100, co znamionuje wysoki, równomierny poziom rozpoznawalności Habilitanta w świecie naukowym. Należy szczególnie podkreślić fakt, że Habilitant występuje na pierwszej pozycji na liście autorów we wszystkich załączonych do wniosku pozycjach literaturowych z wyjątkiem jedynie pozycji [C6], przy czym pozycje [C3] i [C8] są wyłącznie Jego autortwa. W przypadku pozycji [C6] występuje on czwartej, ostatniej pozycji na liście. Warto również zaznaczyć, że wymienione w zestawie artykuły pojawiły się w szerokim spektrum periodyków (są jedynie dwa powtórzenia), co sugeruje zobiektywizowanie osiągniętych sukcesów publikacyjnych.

Zaprezentowany do oceny cykl publikacji jest wewnętrznie spójny, dotyczący jednorodnego zakresu formułowania zaawansowanych zastosowań metod obliczeniowych do komputerowego wspomagania diagnostyki raka piersi na podstawie badań ultrasonograficznych. Oznacza to w tym przypadku metody z zakresu analizy obrazów biomedycznych. Poszczególne prezentowane w zestawie koncepcje dotyczyły dwóch wyróżnionych zakresów problematycznych z obszaru diagnostyki z wykorzystaniem: obrazów USG, tj.: segmentacji i klasyfikacji. Habilitant wyróżnił co prawda jeszcze dwa zakresy tematyczne obecne w wątkach badawczych występujących w treści publikacji w cyklu, tzn. prowadzenie analizy danych obrazów USG z użyciem surowych sygnałów tego rodzaju i monitorowanie efektów chemioterapii, ale były to jedynie rozwinięcia powyżej wspomnianych głównych problemów badawczych, choć z wykorzystaniem w każdym przypadku specyficznych podejść metodologicznych i algorytmicznych.

W artykule [C5] zawarto rezultaty prac z udziałem Habilitanta nad tworzeniem nowych metod diagnostyki obrazowej wykorzystujących segmentację zmian nowotworowych piersi z wykorzystaniem obrazów USG typu *B-mode*. Najbardziej wartościowym elementem tej pracy jest zastosowanie znacząco zmodyfikowanej struktury konwolucyjnej sieci neuronowej typu U-Net, w której zaimplementowano mechanizm z automatycznym dostosowaniem pola receptorowego sieci do danego obrazu z wykorzystaniem bloków splotowych z dylatacją. Pozwala to na zwiększenie skuteczności sieci w zadaniu

segmentacyjnym, głównie poprzez dostosowanie pracy sieci w procesie uczenia do różnych kształtów nowotworów występujących w obrazach USG.

Z kolei w artykułach oznaczonych jako [C3], [C7] i [C8] zawarto koncepcje budowy systemów diagnostycznych przeznaczonych do klasyfikowania zmian nowotworowych piersi jako zmiany łagodne lub złośliwe, również z wykorzystaniem obrazów USG typu *B-mode*. Jako wyróżnik zaproponowanych prac należy uznać fakt użycia w tym celu transferowej techniki uczenia głębokich sieci neuronowych. Strategia ta ma sens stosowania szczególnie w przypadkach, gdy zbiór uczący nie jest dostatecznie duży, aby zapewnić poprawne klasyfikowanie przez daną sieć. Publikacja [C7] dotyczy wprowadzenia tzw. warstwy dopasowującej w celu implementacji strategii, gdy do wytrenowanego modelu sieci używa się tego rodzaju dodatkowej warstwy, aby transformować nieznane dotychczas dla sieci dane do postaci, przy której była ona wcześniej trenowana. Z kolei w publikacji [C3] rozszerzono powyższą strategię o możliwość jednoczesnej modyfikacji, czyli transformacji, dużej grupy wag bloku splotowego z użyciem algorytmu wstecznej propagacji błędów. Praca [C8] stanowi nieco odmienne podejście do metody transferowej z wydobyciem cech z wyników bloku operacji splotowych z wykorzystaniem macierzy Grama i dyskryminatora Fishera.

Prace [C2] i [C6] stanowią reprezentację kierunku badań prowadzonych przez Habilitanta, dotyczącego wykorzystania surowych danych z głowicy USG, czyli nieprzetworzonych (zrekonstruowanych) do standardu *B-mode*, co jest zgodne ze strategią ultrasonografii ilościowej, biorącej pod uwagę własności fizyczne i mikrostrukturę badanych tkanek. Praca [C6] opisuje próbę zbudowania klasyfikatora nowotworów piersi z wykorzystaniem takich surowych danych. W koncepcji tam zawartej użyto techniki ruchomego okna i sprawdzono przydatność w zadaniu klasyfikacyjnym różnych struktur, których budowa była za każdym razem dostosowana do zakładanego profilu estymowanych parametrów tkanek. Z kolei praca [C2] była rozwinięciem koncepcji pokazanej w pracy [C6], w której pod uwagę były brane dane reprezentowane przez całe dwuwymiarowe macierze surowych sygnałów USG. Warto dodać, że stworzony model był w stanie również przeprowadzać segmentację zmian nowotworowych. Dodatkowo, dla potrzeb zbudowanej struktury w oparciu o model U-Net, stworzono specjalny blok operatorów splotowych na wejściu dla przeprowadzenia próbkowania macierzy wejściowych.

Następny kierunek badawczy reprezentowany w cyklu publikacyjnym przedstawionym do oceny to monitorowanie efektów chemioterapii. W pracy [C4] zaproponowano syjamską splotową sieć neuronową do przewidywania skutków chemioterapii już na wstępnym etapie przeprowadzanej terapii. Ten ciekawy typ sieci znalazł w tym

przypadku odpowiednie zastosowanie do określania podobieństwa pomiędzy dwoma przykładami danych wejściowych, w tym przypadku obrazów USG. Obie bliźniacze struktury były w nieco odmienny sposób uczony, w takim trybie, aby następnie możliwe było porównanie obrazów USG przed i po kolejnych etapach przeprowadzanej terapii, co umożliwiało wyznaczenie prawdopodobieństwa (użyto wytrenowany model regresji logistycznej) zareagowania nowotworu na chemioterapię. W pracy [C1] rozwinięto metodę zaprezentowaną w pracy [C4], przy czym zastąpiono sieć syjamską siecią rekurencyjną połączoną z siecią spłotową w różnych odmianach. Stosowano przy tym obrazy zbierane z poszczególnych etapów leczenia jako sekwencję danych dla trenowania struktury i trenowanie transferowe.

Warto w końcu podkreślić, że dane obrazowe zastosowane we wszystkich powyżej wspomnianych opracowaniach pochodziły z ośrodków medycznych, z którymi współpracował w swoich badaniach Habilitant. Dotyczy to w szczególności Centrum Onkologii – Instytutu im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie i Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego. Jest to bardzo istotne w kontekście dyscypliny, którą reprezentuje dr inż. Michał Byra, gdzie umiejętność współpracy ze środowiskiem medycznym posiada znaczenie do nie przecenienia.

Z analizy treści powyższego zestawienia publikacji, tj. pozycji [C1]-[C8] wynika, że materiał tam umieszczony posiada w sumie jednolity charakter tematyczny, o często nowatorskim charakterze. Oczywiście Habilitant stosuje podejścia już znane i opisywane w literaturze, ale sposób ich zastosowania, twórczy sposób przystosowania tych metod do określonych w dziedzinie zadań nosi znamiona oryginalności i znacznego zaawansowania naukowego i technicznego. Poza tym rozwiązania tam zaproponowane mają swój użytkowy horyzont, ale jak na razie, o ile mi wiadomo, nie znalazły one ścieżki wdrożeniowej (a szkoda). Możliwe, że brak rezultatów wdrożeniowych podyktowany jest jeszcze niedostatecznie wysokimi parametrami skuteczności opracowanych metod w wyznaczonych zadaniach, aby możliwe było ich zastosowanie w praktyce klinicznej.

Podsumowując, po przeanalizowaniu powyżej omówionego zestawu publikacji ocenianego tutaj wniosku należy stwierdzić, że w przeważającej części dokonania Habilitanta wykazane w cyklu publikacyjnym stanowią wartościowy i oryginalny dorobek naukowy, który predysponuje Habilitanta do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Należy jednocześnie podkreślić, że wszystkie publikacje zawarte w przedstawionym do oceny cyklu dotyczą praktycznych zastosowań opracowywanych przez Niego metod przetwarzania danych w odniesieniu do różnych problemów diagnostyki medycznej opartej na

obrazowaniu USG pod kątem diagnostyki raka piersi. Można zatem mówić o wyraźnie zarysowanym znaczeniu utylitarnym prowadzonych przez Habilitanta badań naukowych, które są ujęte w przedstawionym jako podstawa do wszczęcia postępowania habilitacyjnego cyklu publikacyjnym.

3. Ocena pozostałego dorobku Habilitanta

3.1. Ocena dotycząca dorobku publikacyjnego

Zgodnie z dostarczoną dokumentacją Habilitant posiada indeks według bazy *Scopus* $h=14$, 952 cytowań, zaś według raportu Google Scholar $h=16$, 1298 cytowań. Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego brał udział w opracowaniu w sumie 27 artykułów w czasopismach znajdujących się na liście Ministerstwa Edukacji i Nauki, był współautorem jednego rozdziału w monografii (istotnej pozycji dla rozwoju nauki w Polsce). Poza tym Habilitant uczestniczył w powstaniu 33 publikacji zaakceptowanych do wygłoszenia na konferencjach naukowych, w tym w zdecydowanej większości na konferencjach zagranicznych). Powyższe wskaźniki wskazują na średni poziom rozpoznawalności Kandydata w świecie naukowym.

3.2. Ocena mobilności Habilitanta na polu naukowym

Habilitant w załączonej do wniosku dokumentacji wymienia następujące staże naukowe: 1,5 roczny staż odbyty w latach 2022-2023 w *Brain Image Analysis Unit, RIKEN Center for Brain Science*, Wako (Japonia), jako naukowiec wizytujący, roczny Postdoc odbyty w latach 2018-2019 w *Department of Radiology, University of California*, San Diego (USA), miesięczny pobyt w roku 2015 w *Department of Biomedical Engineering, Erasmus University*, Rotterdam (Holandia) i miesięczny pobyt również jako naukowiec wizytujący w *Department of Information Engineering, University of Florence* (Włochy).

W kontekście udziału Habilitanta w znaczącej liczbie istotnych konferencji zagranicznych, należy uznać, że aktywność Kandydata jest w tym względzie w zupełności wystarczająca.

Wobec tych faktów należy uznać, że aktywność Habilitanta w zakresie mobilności naukowej jest w zupełności wystarczająca.



3.3. Ocena dotycząca realizacji projektów badawczych

W tym zakresie Habilitant jako wykonawca uczestniczył w pięciu projektach finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, o następujących oznaczeniach: 2011/03/B/ST7/03347 realizowany w latach 2012-2016, 2014/13/B/ST7/01271 realizowany w latach 2014-2017, 2016/23/B/ST7/03391 realizowany w latach 2016-2020, 2019/35/B/ST7/03792 realizowany w latach 2019-2023. W latach 2014-2024 Habilitant brał udział jako wykonawca w projekcie finansowanym przez *Japan Agency for Medical Research and Development*, o oznaczeniu JP15dm0207001.

Należy zatem uznać, że działalność Habilitanta w zakresie realizacji projektów, badawczych jest zadawalająca, choć pewien niedosyt pozostaje wobec faktu, że w żadnym z tych projektów nie uczestniczył On w roli kierownika, co podkreślałoby Jego predyspozycje do samodzielnego prowadzenia przedsięwzięć naukowych.

3.4. Ocena dotycząca aktywności w zakresie organizacji

Habilitant był wielokrotnie recenzentem w renomowanych czasopismach międzynarodowych, takich jak: *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *Machine Learning*, *Bulletin of the Polish Academy of Science*, *Biomedical Signal Processing and Control*, *Physics in Medicine and Biology*, *Ultrasonics*, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, czy *Medical Physics*.

Jest on członkiem takich organizacji naukowych, jak: The Japan Neuroscience Society, Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

We wniosku jest tylko jedna wzmianka o uczestniczeniu Habilitanta w pracach komitetów organizacyjnych konferencji, tj. w Komitecie technicznym *Data Engineering in Medical Imaging Workshop* na konferencji MICCAI (2023 rok).

Brak jest tam informacji o Jego uczestniczeniu w panelach eksperckich w centralnych instytucjach przyznających dofinansowanie do realizacji projektów, jak również odniesienia się do uczestniczenia Habilitanta w pracach organizacyjnych na rzecz instytucji macierzystej.

Aktywność Habilitanta w zakresie działalności organizacyjnej jest skromna, aczkolwiek odnosi się ona do naukowca ukierunkowanego głównie na działalność badawczą, co znacząco wpłynęło na taki stan rzeczy.

3.5. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Dr inż. Michał Byra jest zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczego w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie i w związku z tym Jego umiarkowany dorobek w zakresie dydaktyki jest w pełni zrozumiały. Jednakże nawet w tych okolicznościach może się On pochwalić prowadzeniem za granicą cyklu wykładów w *University of California, Department of Radiology* (San Diego, USA), i w *RIKEN, Center for Brain Science* (Wako, Japonia). Poza tym w Polsce wygłaszał on wielokrotnie wykłady i wystąpienia seminaryjne.

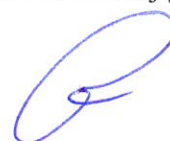
Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski Habilitanta jest adekwatny dla stanowiska i instytucji, w której On pracuje.

4. Ocena klasyfikacji dziedzinowej dorobku Habilitanta

Należy zdecydowanie stwierdzić, że tematyka poruszana przez dr. inż. Michała Byry w przedstawionym do oceny cyklu publikacji mieści się w całości w zakresie zagadnień obejmowanych przez dyscyplinę inżynieria biomedyczna, gdyż dotyczy badań ukierunkowanych na zwiększenie skuteczności diagnostycznej techniki ultrasonograficznej w obrębie medycyny. Również pozostały dorobek Habilitanta, w tym w szczególności dorobek publikacyjny dotyczy problematyki związanej z tą dyscypliną.

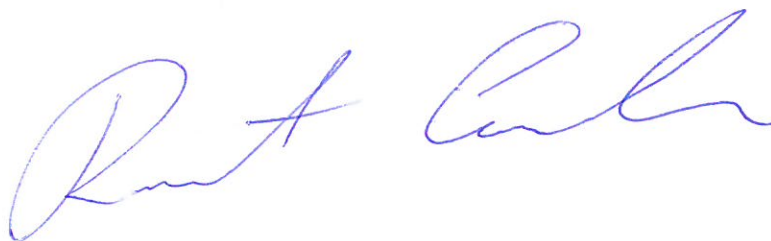
5. Wniosek końcowy

Po szczegółowej analizie materiałów załączonych do wniosku dr. inż. Michała Byry, które wchodzi w skład osiągnięcia naukowego, pod wspólnym tytułem *Metody głębokiego uczenia w diagnostyce ultrasonograficznej nowotworów piersi*, jako podstawę wystąpienia o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, uznaję, że poziom naukowy wymienionych tam pozycji i wkład Habilitanta w ich powstawanie jest wystarczający dla uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Według mojej oceny główna wartość Jego dorobku opiera się na dokonaniach o charakterze naukowym, z pewnymi elementami inżynierskimi. Ocena dorobku aktywności naukowej na polu tzw. mobilności, w tym współpracy z innymi ośrodkami naukowymi jest również pozytywna. Ocena dorobku dotycząca realizacji projektów jest pozytywna z zastrzeżeniem, że brak jest tam realizacji projektów przez Habilitanta w roli kierownika. W odniesieniu do aktywności organizacyjnej Habilitanta i Jego działalności dydaktycznej należy wskazać, że Jego dokonania w tym względzie nie dorównują



poziomem do rezultatów przypisanych innym kryteriom oceny, ale ze względów obiektywnych aktywność ta nie ma tak dużej wagi w Jego przypadku.

Uważam, że sumarycznie dr inż. Michał Byra spełnia wymagania stawiane odnośnie nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego, ujęte w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2020 roku poz. 85 z późniejszymi zmianami z dnia 20 lipca 2018). Oznacza to, że odnoszę się pozytywnie do Jego wniosku o przyznanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a series of loops and a long horizontal stroke.