Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Opieliński
Katedra Akustyki, Multimediów i Przetwarzania Sygnałów
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów
Politechnika Wrocławska

Wrocław, 19.09.2022

RECENZJA

obejmująca ocenę osiągnięcia naukowego w postaci cyklu publikacji pt. *„Zaawansowane metody analizy obrazów w systemach komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej"* oraz istotnej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej dr inż. Joanny Czajkowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna

Podstawą opracowania recenzji jest pismo nr RDIB.002.40.2022 z dnia 15.07.2022r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej – prof. dr hab. inż. Marka Gzika, w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr inż. Joanny Czajkowskiej, wszczętym w dniu 21.04.2022 przez Radę Doskonałości Naukowej. Recenzja opracowana została zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021r. poz. 478) z późniejszymi zmianami oraz Uchwałą nr 38/2022 Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 14 lipca 2022r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej, z uwzględnieniem Uchwały nr 19/2022 Senatu Politechniki Śląskiej z dnia 25 kwietnia 2022r. w sprawie wprowadzenia Regulaminu w zakresie nadania stopnia doktora habilitowanego.

Recenzja podzielona jest na 3 podstawowe części obejmujące wyszczególnione oceny, odpowiednio: osiągnięcia naukowego, aktywności naukowej, aktywności dydaktycznej i organizacyjnej. W ostatniej, czwartej części zawarta została konkluzja recenzji.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Ocena

Podstawą wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego wskazaną przez Kandydatkę jest cykl 16 powiązanych tematycznie publikacji naukowych [JC1 – JC16] pod wspólnym tytułem *„Zaawansowane metody analizy obrazów w systemach komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej"*, o sumarycznym współczynniku **IF = 45.373** i sumarycznej liczbie punktów **MNiSW = 1175**.

Obrazowanie medyczne odgrywa obecnie bardzo istotną rolę w wykrywaniu i diagnozowaniu licznych chorób oraz zmian patologicznych we wnętrzu ciała ludzkiego. Możliwe jest w ten sposób często bezinwazyjne uzyskiwanie *in vivo* szczegółowych informacji anatomicznych, śledzenie czynności funkcjonalnych, dynamiczne obserwowanie procesów biologicznych i badanie ekspresji genów oraz funkcji molekularnej na poziomie komórkowym. Informacje ujawnione w obrazach medycznych wymagają szczegółowej analizy oraz interpretacji, której w sposób subiektywny dokonują doświadczeni lekarze specjaliści. W celu uzyskania bardziej wiarygodnej i dokładnej diagnozy, w medycynie wykorzystywanych jest ostatnio wiele metod komputerowo wspomaganego wykrywania i diagnozowania chorób i zmian patologicznych, które pomagają w zobiektywizowaniu interpretacji obrazów medycznych.

Obecne badania koncentrują się na projektowaniu i rozwoju systemów obrazowania medycznego oraz analizy obrazów przy użyciu narzędzi do cyfrowego przetwarzania obrazu

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna
wpłynęło dnia 22.09.2022
113 : 1

oraz technik sztucznej inteligencji (AI), które mogą wykrywać cechy nieprawidłowości, klasyfikować je i dostarczać lekarzom dowodów wizualnych. Jednym z głównych tematów badawczych w obrazowaniu medycznym i radiologii diagnostycznej stała się więc komputerowo wspomagana diagnostyka medyczna (CAD). Głównym celem systemów CAD jest jak najwcześniejsza identyfikacja nieprawidłowych objawów, których nie jest w stanie znaleźć człowiek. Systemy CAD są wykorzystywane w diagnostyce wielu chorób i zmian chorobowych: raka piersi, raka płuc, raka jelita grubego, raka prostaty, przerzutów do kości, choroby wieńcowej, wrodzonej wady serca, choroby Alzheimera, retinopatii cukrzycowej. Chociaż systemy CAD są stosowane od ponad 40 lat i nieustannie ulepszane, to jednak nie osiągnęły jeszcze wystarczającej czułości i swoistości, która mogłaby umożliwić dokonywanie automatycznego diagnozowania chorób bez udziału lekarzy. W diagnostyce medycznej odgrywają one rolę wspomagającą w podejmowaniu ostatecznych decyzji, zwiększając prawdopodobieństwo prawidłowej diagnozy.

W zakresie obrazowania medycznego wyróżnia się komputerowo wspomagane wykrywanie (CADe) lub komputerowo wspomaganą diagnozę (CADx). CADe ogranicza się zwykle do oznaczenia widocznych części lub struktur na obrazie, podczas gdy CADx wspomaga ocenę struktur zidentyfikowanych w CADe. Oba systemy CAD mają swój istotny udział w jak najwcześniejszej identyfikacji nieprawidłowości.

Należy zaznaczyć, że ostatnio diagnostyka wspomagana komputerowo stała się częścią rutynowej pracy klinicznej w zakresie wykrywania raka piersi na mammogramach w wielu ośrodkach przesiewowych i szpitalach w Stanach Zjednoczonych. Wydaje się to wskazywać, że CAD zaczyna być szeroko stosowane w wykrywaniu i diagnostyce różnicowej wielu różnych rodzajów nieprawidłowości w obrazach medycznych uzyskanych w badaniach przy użyciu różnych modalności obrazowania. W rzeczywistości CAD stał się obecnie jednym z głównych tematów badawczych w obrazowaniu medycznym i radiologii diagnostycznej.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji dotyczy monotematycznych zagadnień związanych z zaawansowanymi metodami analizy obrazów w systemach komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej. Tematyka tych badań, która w przeważającej części związana jest z dyscypliną inżynierii biomedycznej, wpisuje się więc doskonale w intensywnie rozwijany obecnie trend badawczy.

Pierwsze 12 publikacji cyklu [JC1-JC12] stanowią artykuły naukowe z listy JCR (Journal Citation Reports). Pozostałe 4 to publikacje indeksowane w bazie WoS CC (Web of Science Core Collection). Piętnaście z szesnastu publikacji cyklu to publikacje współautorskie (od 2 do 19 autorów); aż w 11 z nich habilitantka jest pierwszym, wiodącym autorem z udziałem procentowym w zakresach od **50% - 75% (5 pozycji)** do **80% - 90% (6 pozycji)**. Świadczy to o jej istotnym wkładzie w badania, co potwierdza podany w Autoreferacie udział autorski w poszczególnych pracach oraz udział współautorów wyszczególniony i potwierdzony w oświadczeniach.

Współautorami artykułów są naukowcy polscy z macierzystej jednostki habilitantki oraz ze współpracujących w badaniach uczelni, ośrodków medycznych i firm (Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, Centrum Szkoleniowo-Badawcze Amber Academy, Centrum Medyczne INMEDICO, Klinika Anclara, firma Evertop) oraz naukowcy zagraniczni z instytucji, z którymi habilitantka współpracowała w ramach prac naukowo-badawczych (University of Siegen, Koblenz University of Applied Sciences oraz Herz-Jesu Hospital w Niemczech). **Średni procentowy udział habilitantki** w 12 publikacjach cyklu wraz z publikacją jedno-autorską wynosi **58.46%**, wobec wartości dla pozostałych 21 autorów

potwierdzonych w oświadczeniach, odpowiednio: 30% (1 autor), 11% - 18% (5 autorów), 8% - 10% (3 autorów), 4% - 5% (11 autorów), 3% (1 autor). Dwanaście prac cyklu opublikowano w renomowanych czasopismach naukowych z listy JCR (Medical Image Analysis, Computerized Medical Imaging and Graphics, Ultrasonics, IEEE Access, Sensors) o współczynniku Impact Factor z przedziału 1.218 – 8.545 i punktacji MNiSW (obecnie MEiN) z zakresu 25 - 200 pkt. Wyniki analizy bibliograficznej potwierdzają znaczący wkład Kandydatki w badania oraz jej współpracę z kilkoma ośrodkami naukowymi, medycznymi oraz firmami w kraju i za granicą.

Tematyka badań przedstawiona w cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych [JC1 – JC16] jest aktualna i rozwojowa. W przedstawionym do oceny osiągnięciu naukowym Kandydatka skupiła się na badaniach związanych z opracowaniem metod segmentacji i klasyfikacji obrazów w zakresie 3 głównych obszarów: komputerowego wspomagania diagnostyki dermatologicznej [JC1-JC4, JC8, JC14], monitorowania terapii przewlekłych ran [JC5, JC6, JC13], wspomagania wybranych zabiegów małoinwazyjnych wraz z monitorowaniem ich skutków [JC9-JC12, JC15, JC16]. Ponadto, w tematykę osiągnięcia naukowego habilitantka wpisuje opracowanie metody monitorowania dawki w tomografii komputerowej [JC7] oraz udział w opracowaniu repozytoriów danych obrazowych [JCR1, JCR2, JCR3]. Algorytm opisany w artykule [JC7], został wdrożony w praktyce klinicznej przez firmę Radpoint z Katowic, działa w pełni automatycznie i jest niezależny od dostawcy systemu obrazowania. Opracowane narzędzie zapewnia precyzyjne oszacowanie dawki dla określonej wielkości pacjenta, zgodnej z wytycznymi AAPM (American Association of Physics in Medicine).

Wśród podejść komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej w zakresie analizy i przetwarzania obrazów można wyróżnić co najmniej cztery typy działań, oznaczone jako typy I-IV. Typ I to wspomaganie wizualnego wykrywania, analizy jakościowej i interaktywnej analizy ilościowej obiektów zainteresowania na obrazach medycznych poprzez wzmacnianie istotnych cech obiektów lub tłumienie szumów tła. Typ II oznacza działanie wspomagające ekstrakcję cech obiektów zainteresowania dla dalszych analiz ilościowych za pomocą takich technik jak wyznaczanie granic, rekonstrukcja struktury drzewa, śledzenie włókien, analiza tekstury, itp. Typ III to automatyczne wykrywanie i klasyfikacja obiektów zainteresowania poprzez integrację technologii eksploracji danych, analizy obrazów medycznych i przetwarzania sygnałów. Typ IV wiąże się z szacowaniem anatomicznych i funkcjonalnych właściwości tkanek, które nie są wyraźnie widoczne na obrazach medycznych, na podstawie modelowania matematycznego (np. fizjologii, biomechaniki, wymiany ciepła).

W zakresie komputerowego wspomagania diagnostyki dermatologicznej Kandydatka skupiła się na **segmentacji** warstw skóry oraz na **klasyfikacji** obrazów i selekcji danych istotnych klinicznie. Rezultatem prac w tym obszarze jest 5 artykułów w czasopismach z listy JCR [JC1-JC4, JC8] oraz jedna publikacja indeksowana w bazie WoS CC [JC14]. **Do segmentacji naskórka** w ultrasonograficznych obrazach wysokiej częstotliwości (HFUS) zaadaptowała kontekstową metodę rozmytej spójności [JC14], w której w celu automatycznej detekcji punktów startowych w obrębie naskórka i powierzchni głowicy ultradźwiękowej zastosowała analizę dwuetapową z wykorzystaniem rozmytego grupowania c-średnich (FCM). Opracowany w ten sposób algorytm detekcji i segmentacji został wielokrotnie wykorzystany przez habilitantkę w procesie analizy obrazów HFUS skóry, jako etap przetwarzania początkowego [JC8]. W celu dokładnej segmentacji naskórka, Kandydatka opracowała nowatorską metodę, w której połączyła metodę rozmytej spójności z głębokimi sieciami neuronowymi [JC2]. Opracowana metoda została zweryfikowana za pomocą testowego zbioru 580 obrazów. Jej zaletą jest rozwiązanie problemu utraty informacji na krawędziach segmentowanych struktur w wyniku skalowania obrazów na początku i końcu procesu przetwarzania, co umożliwia poprawę dokładności wyznaczania grubości skóry. Eksperymenty numeryczne

przeprowadzone na obrazach pacjentów z łuszczycą, atopowym zapaleniem skóry (AZS) oraz nowotworami skóry dowodzą przewagi opracowanej metody nad rozwiązaniami wykorzystującymi same sieci neuronowe. Do celów automatycznej segmentacji warstw skóry w obrazach HFUS pacjentów z AZS habilitantka opracowała dedykowany algorytm z wykorzystaniem modeli odkształcalnych [JC8], w którym detekcja naskórka realizowana jest za pomocą kroczącego detektora maksimum, a segmentacja – za pomocą kaskadowo zastosowanego algorytmu zbiorów poziomicowych. Wyniki uzyskane za pomocą opracowanego algorytmu są znacznie dokładniejsze w porównaniu z modelem Chan-Vese przeznaczonym do segmentacji obiektów bez wyraźnie określonych granic oraz z narzędziem ASST (automatic skin segmentation tool) do automatycznej segmentacji skóry opracowanym przez Gao i in. i opartym na aktywnym modelu konturu. Do celów analizy obrazów HFUS skóry Kandydatka zaadaptowała również i rozwinęła algorytmy segmentacji z wykorzystaniem głębokich sieci neuronowych w postaci nowatorskiego modelu *SegUnet* [JC2, JC4] będącego połączeniem architektury *U-Net* z elementami zaadoptowanymi z sieci *SegNet* i umożliwiającego szybszy i stabilniejszy trening sztucznych sieci neuronowych dzięki normalizacji wejść warstw poprzez ponowne centrowanie i skalowanie. Kandydatka wykazała, że pomiary grubości warstw skóry wykonane na podstawie obszarów segmentowanych opracowaną metodą *SegUnet* są porównywalne z ręcznym wyznaczaniem obszarów przez ekspertów, a zaproponowany algorytm przewyższa istniejące podejścia w segmentacji obrazów HFUS skóry oraz najnowsze techniki segmentacji w analizie obrazów optycznej tomografii koherencyjnej (OCT). **W obszarze zagadnień klasyfikacji** habilitantka prowadziła badania w zakresie pierwszych zastosowań konwolucyjnych sieci neuronowych (CNNs) do klasyfikacji obrazów HFUS skóry [JC3]. Klasyfikacja dokonywana była ze względu na typ analizowanej zmiany (łuszczyca, AZS, nowotwory) oraz automatyczną selekcję obrazów istotnych diagnostycznie i odpowiednich do dalszej analizy [JC1]. Eksperymenty opisane w pracy [JC3] wykazały, że model DenseNet-201 zasilany wyodrębnionym regionem zainteresowania (ROI) daje najbardziej wiarygodne i dokładne wyniki klasyfikacji typu zmiany (99.6% skuteczności dla 76.7% danych dla których analiza uznana została za wiarygodną ze względu na obszar zainteresowań sieci pokrywający się z wykorzystywanym w diagnostyce).

W zakresie monitorowania terapii przewlekłych ran Kandydatka brała udział w opracowaniu **wielomodalnego systemu wizualizacji ran przewlekłych** [JC5], który umożliwia uzyskiwanie trójwymiarowego modelu rany z nałożoną teksturą pochodzącą z obrazów fotograficznych. Model 3D pozwala na wyznaczanie objętości rany (będącej jednym z głównych parametrów diagnostycznych) za pomocą innowacyjnej metody przykrywania jej wirtualną skórą [JC6]. Kandydatka opracowała również metodę **segmentacji ran przewlekłych skóry** w oparciu o deskryptor HoG (histogram gradientów zorientowanych) oraz model aktywnych konturów [JC13]. Uzyskane wyniki zweryfikowała zestawiając je z ręcznymi obrysami eksperckimi.

W zakresie wspomagania wybranych zabiegów małoinwazyjnych wraz z monitorowaniem ich skutków kandydatka przedstawia badania nad metodami **śledzenia igły biopsyjnej** w obrazach USG oraz metodami **segmentacji zmian w seriach obrazów**. Rezultatem prac w tym obszarze są 4 artykuły w czasopismach z listy JCR [JC9-JC12] oraz 2 publikacje indeksowane w bazie WoS CC [JC15, JC16]. W pracy [JC10] habilitantka opracowała koncepcję systemu oraz **algorytm śledzenia igły biopsyjnej w obrazach USG** w warunkach dobrej widoczności igły, a także kiedy częściowo znika ona z pola widzenia operatora. W implementacji zaadaptowała elementy charakterystyczne dla metod analizy obrazów wideo: deskryptor HoG oraz algorytm Kanade-Lukas-Tomasi (KLT). Z kolei praca [JC16] dotyczy opracowania algorytmu detekcji igły biopsyjnej w sytuacji, kiedy nie jest ona dobrze widoczna

w obrazie USG. Algorytm oparty o deskryptor HoG umożliwia wskazanie tkanek, na które wprowadzane narzędzie ma bezpośredni wpływ. Z zagadnieniami **segmentacji zmian w seriach obrazów** związane są 4 publikacje habilitantki [JC9, JC11, JC12, JC16]. Artykuł [JC9] dotyczy opracowania wieloetapowego podejścia do wspomagania przezskórnej ablacji guzów wątroby, które obejmuje protokół akwizycji obrazu tomografii komputerowej (CT) z uwzględnieniem amplitudy ruchu oddechowego umożliwiający uzyskanie obrazów poddanych półautomatycznej metodzie zdolnej do dostarczenia spersonalizowanego modelu brzucha. W artykule tym Kandydatka opracowała metodę segmentacji aorty w serii obrazów tomografii komputerowej (CT), w oparciu o algorytm aktywnych konturów z rozszerzeniem zasięgu gradientu. Algorytm został zweryfikowany z wykorzystaniem obrysów eksperckich. Artykuł [JC11] dotyczy opracowania metody segmentacji aorty brzusznej w przed- i pooperacyjnych obrazach CT, w oparciu o algorytm zbiorów poziomicowych oraz grupowanie danych. Przedstawione podejście jest szczególnie użyteczne w ocenie leczenia tętniaka aorty brzusznej. Ponadto habilitantka opracowała tu metodę detekcji oraz segmentacji regionów anatomicznych i narządów, których punkty charakterystyczne wykorzystywane są na etapie rejestracji obrazów. W artykule [JC12] habilitantka dokonała szczegółowego przeglądu literatury w zakresie segmentacji nowotworów kości u dzieci oraz opracowała metodę segmentacji guzów kości w serii obrazów rezonansu magnetycznego (MRI) z wykorzystaniem autorskiego algorytmu łączącego metodę rozmytej spójności oraz techniki grupowania do estymowania jej parametrów. Metoda została zweryfikowana z wykorzystaniem obrysów eksperckich. W pracy [JC15] habilitantka opracowała algorytm segmentacji obrazów MRI, który wykorzystuje model mieszany Gaussowski do parametryzacji segmentowanych struktur oraz system rozmyty do opisu procesu diagnostycznego. Opisany system zweryfikowała na dwóch bazach obrazowych guzów kości oraz guzów mózgu.

Podsumowanie

Osiągnięcie przedstawione przez dr inż. Joannę Czajkowską w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego wpisuje się w dyscyplinę inżynieria biomedyczna w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych oraz ma charakter monotematyczny obejmujący zagadnienia zaawansowanych metod analizy obrazów w systemach komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej. Jednoznacznie pozytywnie i wysoko oceniam osiągnięcie naukowe dr inż. Joanny Czajkowskiej przedstawione w postaci cyklu 16 powiązanych tematycznie publikacji naukowych wraz ze zwięzłym ich opisem zawartym w Autoreferacie.

Do najważniejszych osiągnięć habilitantki stanowiących oryginalne, twórcze rozwiązanie problemu naukowego i wnoszących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria biomedyczna zaliczam:

1) opracowanie metody segmentacji warstw skóry w obrazach USG w.cz. (HFUS) u pacjentów z atopowym zapaleniem skóry, w oparciu o model aktywnych konturów [JC8];
2) opracowanie nowatorskiej metody segmentacji warstw skóry w obrazach USG w.cz. u pacjentów z zapalnymi chorobami skóry, w oparciu o głębokie sieci neuronowe [JC4];
3) opracowanie i weryfikacja nowatorskiej metody segmentacji naskórka w obrazach USG w.cz. u pacjentów zdrowych i z różnymi zmianami skórnymi, będącej połączeniem głębokich sieci neuronowych z wielopunktową metodą rozmytej spójności [JC2];

4) opracowanie innowacyjnej metody klasyfikacji obrazów USG w.cz. z wykorzystaniem modeli głębokich sieci neuronowych [JC3];
5) udział w pracach badawczych i projektowych związanych z opracowaniem wielomodalnego systemu komputerowego wspomagania diagnostyki i monitorowania terapii ran przewlekłych skóry, który umożliwia uzyskiwanie trójwymiarowego modelu rany z nałożoną teksturą pochodzącą z obrazów fotograficznych oraz pozwala na wyznaczanie objętości rany [JC5, JC6, JC13];
6) opracowanie metody śledzenia igły biopsyjnej w obrazach USG, w oparciu o deskryptor HoG i algorytm KLT [JC10, JC16];
7) opracowanie metod segmentacji zmian patologicznych oraz regionów anatomicznych i narządów w seriach obrazów medycznych, z wykorzystaniem zaawansowanych technik grupowania, systemów rozmytych oraz aktywnych konturów [JC9, JC11, JC12].

2. Ocena istotnej działalności naukowej

Charakterystyka zawodowa

Dr inż. Joanna Czajkowska ukończyła studia wyższe w roku 2007 na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w specjalności Elektronika Biomedyczna, na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, uzyskując tytuł magistra inżyniera. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej *biocybernetyka i inżynieria biomedyczna* uzyskała z wyróżnieniem w 2011r. również na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej, gdzie została zatrudniona na stanowisku adiunkta w Katedrze Informatyki i Aparatury Medycznej (obecnie Katedra Informatyki Medycznej i Sztucznej Inteligencji) Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechnice Śląskiej. W latach 2012 – 2014 odbyła dwuletni staż naukowy w Uniwersytecie Siegen w Niemczech, w ramach projektu DFG (Deutsche Fohrshungsgemeinschaft) 1564, gdzie kierowała zespołem badawczym zajmującym się analizą obrazów medycznych.

Działalność naukowa

Przed uzyskaniem stopnia doktora, Kandydatka opublikowała 1 artykuł współautorski z listy JCR o współczynniku **IF = 2.61 (20 pkt. MNiSW)** oraz 2 współautorskie rozdziały w monografiach konferencyjnych i 8 referatów w materiałach konferencji i warsztatów (w tym 3 autorskie) o sumarycznej liczbie punktów **MNiSW = 31**.

Po uzyskaniu stopnia doktora, oprócz osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego, Kandydatka opublikowała 2 artykuły z listy JCR o sumarycznym współczynniku **IF = 4.191** i sumarycznej liczbie punktów **MNiSW = 65**, 4 rozdziały w monografiach i 19 referatów w materiałach konferencyjnych o sumarycznej liczbie punktów **MNiSW = 205** oraz 3 repozytoria danych. Wszystkie publikacje oprócz jednego referatu konferencyjnego są pracami współautorskimi, co w obszarze dziedzin eksperymentalnych raportujących wyniki uzyskane za pomocą skomplikowanych technik badawczych wskazuje na umiejętność twórczej pracy w zespole i jest bardzo istotne przy realizacji projektów naukowo-badawczych.

Zgodnie z danymi przedstawionymi bezpośrednio w bazie *Web of Science* (apps.webofknowledge.com) na dzień 17.09.2022, publikacje Kandydatki były cytowane 167 razy, z czego 131 razy bez autocytowań, a **indeks Hirsha wynosi H = 6**. Zgodnie z danymi przedstawionymi bezpośrednio w bazie *Scopus* (www.scopus.com) na dzień 17.09.2022, publikacje Kandydatki były cytowane 64 razy, z czego 23 razy z wyłączeniem autocytowań

wszystkich autorów, a **indeks Hirsha wynosi odpowiednio H = 5 oraz H = 3.** Są to wysokie wskaźniki biorąc pod uwagę, że wiele artykułów z udziałem habilitantki zostało opublikowanych w ciągu ostatnich kilku lat i proces cytowania nie zdążył się jeszcze rozwinąć. Pani dr inż. Joanna Czajkowska wzięła udział łącznie w 13 konferencjach i kongresach naukowych, w tym w 3 międzynarodowych organizowanych poza granicami kraju (Mediolan, Berlin, Vancouver). Za swoje osiągnięcia naukowe habilitantka uzyskała liczne nagrody Rektora Politechniki Śląskiej w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza oraz wyróżnienie Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji za najlepszą rozprawę doktorską w dziedzinie sztucznej inteligencji (2012).

Dr inż. Joanna Czajkowska odbyła jeden długoterminowy, dwuletni staż naukowy na uniwersytecie w Siegen (2012-2014), na stanowisku PostDoc, w ramach którego sprawowała opiekę nad studentami studiów doktoranckich, prowadziła zajęcia dydaktyczne, badania naukowe, brała udział w projektach oraz kierowała grupą badawczą zajmującą się analizą obrazów medycznych. Badania zaowocowały licznymi publikacjami i były kontynuowane po zakończeniu stażu. Za istotny w ocenie naukowej uznaję również krótkoterminowy pobyt habilitantki na Northeastern University w Shenjang w Chinach, gdzie wygłosiła cykl wykładów zaproszonych. Habilitantka wykazała współpracę z czterema zagranicznymi ośrodkami naukowymi (Biomedical & Information Engineering School, Northeastern University, Shenyang, China - prof. Chen Li; Kindai University, Japan, Faculty of Science and Engineering - prof. Kimiaki Shirahama; Tafila Technical University, Jordan - prof. Imad Zyout; Universität zu Lübeck, Niemcy - współpraca w ramach projektu polsko-niemieckiej współpracy bilateralnej finansowanego przez NCBiR) oraz z trzema polskimi ośrodkami naukowymi (Wojskowy Instytut Medyczny z Warszawy; Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach; Zakład Anatomii Prawidłowej Uniwersytetu Medycznego im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu).

Kandydatka udziela się również w charakterze recenzenta w wielu czasopismach międzynarodowych z listy JCR oraz konferencjach indeksowanych w bazie WoS i od 2012 roku jest członkiem Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji.

Dr inż. Joanna Czajkowska brała udział w charakterze wykonawcy w 5 grantach badawczych NCBiR, 2 grantach NCN z programu OPUS, kilku projektach naukowo-badawczych finansowanych ze środków na działalność statutową Politechniki Śląskiej oraz wykazuje się współpracą z sektorem gospodarczym (Anclara sp. z o.o.; APA Group; IXP Institute of Experimental Psychophysiology, Duesseldorf; Centrum Onkologii w Gliwicach; Wasco SA; InnMedico, Tychy; Radpoint Sp. z o.o.).

3. Ocena aktywności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Joanna Czajkowska wykazuje się również aktywnością dydaktyczną i organizacyjną. W ramach kierunku inżynieria biomedyczna opracowała wykłady z prezentacjami multimedialnymi i programami demonstracyjnymi oraz szereg ćwiczeń laboratoryjnych, prowadziła zajęcia dydaktyczne w Politechnice Śląskiej oraz w Uniwersytecie Siegen w czasie stażu zagranicznego, pełniła funkcję promotora pomocniczego w 2 ukończonych pracach doktorskich oraz wypromowała liczne prace dyplomowe i projekty inżynierskie; bierze też udział w programie rozwijania potencjału intelektualnego uczniów szkół ponadgimnazjalnych i w działalności popularyzującej naukę (pikniki naukowe, targi edukacyjne, promocja kierunku inżynieria biomedyczna).

Z zakresu działalności organizacyjnej Kandydatki podkreślić należy jej coroczny udział w organizacji cyklicznych konferencji naukowych: International Conference Information Technologies in Biomedicine ITIB oraz działalność organizacyjną na Wydziale Inżynierii

Biomedycznej Politechniki Śląskiej (koordynacja procesu dyplomowania, praca w zespole ds. rekrutacji).

4. Konkluzja

Podsumowując przedstawioną przeze mnie w niniejszej recenzji ocenę osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej dr. inż. Joanny Czajkowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna stwierdzam, że dr inż. Joanna Czajkowska spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021r. poz. 478) z późniejszymi zmianami w zakresie dotyczącym stopnia doktora habilitowanego:

1) Kandydatka posiada stopień doktora nauk technicznych.
2) Osiągnięcia naukowe przedstawione przez dr. inż. Joannę Czajkowską w postaci cyklu 16 powiązanych tematycznie publikacji naukowych stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna i mają charakter monotematyczny, obejmujący zagadnienia zaawansowanych metod analizy obrazów w systemach komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej.
3) Kandydatka wykazuje się istotną aktywnością naukową w co najmniej 2 instytucjach naukowych.
4) Kandydatka wykazuje się aktywnością dydaktyczną i organizacyjną.

W związku z powyższym, wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie dr inż. Joanny Czajkowskiej do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych odnośnymi przepisami.

Podpisał Krzysztof J. Opieliński (podpis odręczny)