

R E C E N Z J A

osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowo-badawczego, i popularyzatorskiego Pani dr Elżbiety Olejarczyk w związku z postępowaniem habilitacyjnym

I. PODSTAWA RECENZJI

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Pani prof. dr hab. inż. Doroty Pijanowskiej, Zastępcy d.s. Naukowych Dyrektora Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN (pismo nr SRN/003/30/2021, z dnia 12 maja 2021r.) i dotyczy postępowania habilitacyjnego wszczętego przez RDN w dniu 03.11.2020 r., w dziedzinie *nauk technicznych*, dyscyplina *inżynieria biomedyczna*.

Podstawą do opracowania recenzji była dokumentacja wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego, przygotowana przez Kandydatkę.

II. DANE OGÓLNE O KANDYDATCE

Pani dr Elżbieta Olejarczyk uzyskała dyplom magistra na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 1990 roku.

Stopień doktora nauk technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna, uzyskała w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN w roku 2003. Tytuł rozprawy doktorskiej: „Analysis of EEG signals using fractal dimension”.

Od 1 czerwca 1999 do dnia dzisiejszego pracuje na etacie naukowo-badawczym w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęczka PAN w Warszawie.

III. CHARAKTERYSTYKA ORAZ OCENA MONOTEMATYCZNEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe stanowi cykl, powiązanych tematycznie, **12** publikacji oraz **1** osiągnięcie technologiczne w postaci wdrożonego oprogramowania:

- [1] **Olejarczyk E**, Sobieszek A, Rudner R, Marciniak R, Wartak M, Stasiowski M, Jałowicki P. Evaluation of the EEG-signal during volatile anaesthesia: methodological approach. *Biocybern Biomed Eng.* 29 (1): 3-28, 2009. **IF=1.031** , **MNiSW=100**
- [2] **Olejarczyk E**, Sobieszek A, Rudner R, Marciniak R, Wartak M, Stasiowski M, Jałowicki P. Spectral analysis of the EEG-signal registered during anaesthesia induced by propofol and maintained by fluorinated inhalation anaesthetics. *Biocybern Biomed Eng.* 30 (1): 55-70, 2010. **IF=1.031** , **MNiSW=100**
- [3] **Olejarczyk E**, Józwik A, Zmysłowski W, Sobieszek A, Marciniak R, Byrczek T, Jałowicki P, Bem T. Automatic detection and analysis of the EEG sharp wave-slow wave

- patterns evoked by fluorinated inhalation anesthetics. *Clin Neurophysiol.* 123: 1512-1522, 2012. **IF=3.866 , MNiSW=100**
- [4] Zappasodi F, **Olejarczyk E**, Marzetti L, Assenza G, Pizzella V, Tecchio F. Fractal dimension of EEG activity senses neuronal impairment in acute stroke. *Plos One* 9 (6), 2014. **IF=3.234 , MNiSW=100**
- [5] Zappasodi F, Marzetti L, **Olejarczyk E**, Tecchio F, Pizzella V. Age-Related Changes in Electroencephalographic Signal Complexity. *Plos One* 10 (11), 2015. **IF=3.234 , MNiSW=100**
- [6] Cottone C, Porcaro C, Cancelli A, **Olejarczyk E**, Salustri C, Tecchio F. Neuronal electrical ongoing activity as a signature of cortical areas. *Brain Struct Funct.* 222 (5):2115-2126, 2017. **IF= 5.811, MNiSW=140**
- [7] **Olejarczyk E**, Marzetti L, Zappasodi F, Pizzella V. Comparison of connectivity analyses methods in EEG during resting state. *JNeural Eng.* 14 (3), 2017. **IF= 3.493, MNiSW=140**
- [8] **Olejarczyk E.**, Bogucki P., Sobieszek A. The EEG Split Alpha Peak: Phenomenological Origins and Methodological Aspects of Detection and Evaluation. *Front Neurosci.* 11:506, 2017. **IF= 3.566, MNiSW=100**
- [9] **Olejarczyk E.** Jernajczyk W. Graph-based analysis of brain connectivity in schizophrenia. *Plos One* 12(11), 2017. **IF= 3.234, MNiSW=100**
- [10] Lebiecka K., Zuchowicz U., Woźniak-Kwaśniewska A., Szekely D., **Olejarczyk E.**, David O. Complexity Analysis of EEG Data in Persons With Depression Subjected to Transcranial Magnetic Stimulation. *Front Physiol.* 9, 2018. **IF= 3.394, MNiSW=100**
- [11] Zuchowicz U., Woźniak-Kwaśniewska A., Szekely D., **Olejarczyk E.** David O. EEG Phase Synchronization in Persons With Depression Subjected to Transcranial Magnetic Stimulation. *Front Neurosci.* 12, 2019. **IF= 3.707 , MNiSW=100**
- [12] **Olejarczyk E.**, Zuchowicz U., Woźniak-Kwaśniewska A., Kamiński M., Szekely D. David O. The Impact of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Functional Connectivity in Major Depressive Disorder and Bipolar Disorder Evaluated by Directed Transfer Function and Indices Based on Graph Theory. *Int JNeural Syst.* 30(4), 2020. **IF= 6.507 , MNiSW=140**
- [13] Klonowski W, **Olejarczyk E**, Stępień R. Wdrożenie trzech programów z interfejsem graficznym w C++ do platformy Tecnologias de Microelectrenica SA: (1) do monitorowania snu (program FRAST), (2) do monitorowania czujności u kierowców (FRAMON); (3) do monitorowania głębokości anestezji (FRANES) w ramach projektu SENSATION (Advanced Sensor Development for Attention, Stress, Vigilance and Sleep/Wakefulness Monitoring) w VI-tym Programie Ramowym EU (<http://www.sensation-eu.org/>), 2006.

W ogólności, tematyka publikacji związana jest z opracowaniem metod cyfrowego przetwarzania sygnałów do analizy fal elektroencefalograficznych na użytek badania mechanizmów działania mózgu oraz klinicznej diagnozy i oceny skuteczności terapii pacjentów. Są to niewątpliwie bardzo ważne zagadnienia z zakresu inżynierii biomedycznej, a w dorobku Habilitantki można wyodrębnić trzy zasadnicze nurty takie jak:

- I. Analiza sygnałów EEG rejestrowanych podczas anestezji wziewnej,
- II. Nowe zastosowania metody wymiaru Higuchiego,
- III. Metodologiczne aspekty analizy połączeń funkcjonalnych w mózgu.

Zbiór prac zaliczonych do prezentowanego osiągnięcia naukowego podzielić można na kilka charakterystycznych grup takich jak:

- A. Badania różnych stanów świadomości, jak sen czy anestezja oraz zaburzeń z nimi związanych [1][2][3],
- B. Badania zmian w mózgu występujących w chorobach neurologicznych takich jak padaczka czy udar [4].
- C. Badania zmian w aktywności elektrycznej mózgu związanych z wiekiem [5],
- D. Badanie osób podczas wykonywania określonych czynności [6].
- E. Badanie osób w różnych stanach spoczynku [7][8],
- F. Badania zmian w mózgu występujących w chorobach psychiatrycznych takich jak depresja czy schizofrenia [9][10][11][12].

Analiza dokonań raportowanych na łamach poszczególnych publikacji upoważnia do sformułowania następujących stwierdzeń:

Ad. [1]

Celem pracy [1] była weryfikacja przydatności wybranych metod analizy EEG do opisu nietypowych postaci tych przebiegów. Estymacja wymiaru fraktalnego Higuchiego i średniej koherencji fazowej oraz analiza rozkładów czasowo-częstotliwościowych, takich jak spektrogramy i skalogramy, pozwoliły na wydobycie ilościowych cechy nietypowych wzorców EEG. W szczególności dotyczy to badania wpływu anestetyków wziewnych na wzorce czynności elektrycznej mózgu. W pracy tej po raz pierwszy porównano wyniki analizy zmian aktywności EEG w czasie anestezji dla różnych miar. Pozwoliło to na znalezienie zależności między widmem gęstości mocy, wymiarem fraktalnym, średnią koherencją fazy i stężeniem anestetyku wziewnego. Ponadto, różne miary zostały porównane dla różnych anestetyków wziewnych, we wszystkich etapach anestezji. Do przeprowadzenia tych badań został opracowany i wdrożony unikalny system pomiarowy.

Ad. [2]

Celem pracy [2] było określenie wpływu różnych anestetyków wziewnych na wzorce rozkładu czasowo-częstotliwościowego, w różnych stadiach anestezji. Przeanalizowano energię sygnałów EEG dla poszczególnych pasm częstotliwości oraz ich zmiany w funkcji stężenia anestetyku. Przeprowadzono analizę EEG dla wszystkich etapów znieczulenia oraz dla różnych sposobów podawania anestetyku. Stwierdzono, że występuje problem błędnej oceny głębokości anestezji w oparciu o niektóre dotychczas stosowane indeksy jak np. entropia spektralna, co związane jest z występowaniem w sygnale EEG wielu artefaktów padaczkopodobnych jak iglice, fale ostre, zespoły fala ostra - fala wolna. Analizę widmową przeprowadzono w środowisku MATLAB.

Ad. [3]

Praca [3] dotyczy opracowania nowej metody morfologicznej do detekcji i analizy wzorców fala ostra - fala wolna, wywołanych w EEG pod wpływem anestetyków wziewnych, opartej o analizę zmiany cech opisujących kształty wzorców w funkcji stężenia i rodzaju anestetyku. Zaproponowana metoda bazowała na zastosowaniu klasyfikatora k-NN wykorzystującego zbiór referencyjny uzyskany przy użyciu wiedzy eksperckiej. Nowum proponowanej metody, polegało na analizie kształtu poszczególnych wzorców fala ostra - fala wolna.

Ad. [4]

Praca [4] zawiera raport z nowych zastosowań metody wymiaru fraktalnego Higuchiego (HFD) do analizy przebiegów EEG. Przeprowadzone badania przyczyniły się do znacznego poszerzenia zakresu zastosowań metody HFD. Przebadano jej przydatność do oceny stopnia

upośledzenia klinicznego pacjentów po udarze oraz rokowania na ich wyleczenie. Stwierdzono, że poziom HFD był niższy u pacjentów, niż w grupie kontrolnej, a jego zmniejszenie było związane wprost z gorszym stanem klinicznym pacjenta. Do normalizacji zapisów EEG użyto „punktu w nieskończoności”, jako rodzaju neutralnego odniesienia. Następnie zastosowano analizę składowych niezależnych (ICA), do eliminacji artefaktów, pochodzących od ruchów gałek ocznych, czynności serca, skurczów mięśni głowy. Dla każdego kanału EEG obliczono wymiar fraktalny (FD) za pomocą algorytmu autorstwa Higuchiego. Według danych Web of Science, praca była cytowana w 63 artykułach.

Ad. [5]

W pracy [5] opisano zmiany aktywności neuronalnej mózgu związane z naturalnym starzeniem się. Wyniki pracy pokazały, że wymiar fraktalny Higuchiego (HFD) rośnie w przedziale wieku od 20 do 50 lat, a następnie znów maleje czyli jest miarą, która pozwala na badanie zmian aktywności mózgu w zależności od wieku. Do identyfikacji i eliminacji artefaktów, pochodzących od ruchów gałek ocznych, czynności serca, skurczów mięśni głowy, również zastosowano analizę składowych niezależnych (ICA), a do standaryzacji odniesienia zapisów EEG „punkt w nieskończoności”. Dla każdego kanału EEG obliczono wymiar fraktalny (FD) za pomocą algorytmu Higuchiego. Praca była cytowana w 35 artykułach.

Ad. [6]

W ramach badań raportowanych w pracy [6] badano poziomy aktywności elektrycznej przypisane różnym obszarom kory mózgowej. W szczególności analizowano obszar mózgu odpowiedzialny za sterowanie ruchem ręki. Wyniki pokazały, że możliwe jest rozróżnienie obszarów pierwotnej kory somatosensorycznej i pierwotnej kory motorycznej wyłącznie na podstawie ich aktywności neuronalnych. Aktywność EEG oceniana była za pomocą widma gęstości mocy. Praca stanowi ważny krok w kierunku identyfikacji i klasyfikacji obszarów kory mózgowej w oparciu o dynamikę neuronalną.

Ad. [7]

W pracy [7] opisane są efekty poszukiwania nieliniowych metod badania pracy mózgu. W oparciu o dane EEG wysokiej rozdzielczości, zarejestrowane u osób zdrowych w różnych stanach spoczynku, przetestowano dwie metody nieliniowe: wielowymiarowa entropię transferu (TE) oraz synchronizację fazy (PS). Osiągnięte wyniki porównano z wynikami otrzymanymi przy użyciu kierunkowej funkcji przejścia, stosując wskaźniki oparte na teorii grafów. Wyniki pokazały, że wielowymiarowa entropia transferu jest metodą konkurencyjną w stosunku do innych metod wielowymiarowych. Pozwala nie tylko na eliminację pozornych połączeń charakterystycznych dla podejścia dwuwymiarowego, ale również na lepsze zróżnicowanie stanów mózgu. Dodatkowo, zastosowanie wielowymiarowej entropii transferu wskazało na istnienie nieliniowych zjawisk w przepływie informacji, co nie było obserwowane przy użyciu analizy widmowej.

Ad. [8]

Praca [8], zrealizowana we współpracy z Kliniką Neurologii i Epileptologii CMKP w Warszawie, dotyczy badania połączeń funkcjonalnych w mózgu. Wzorce elektroencefalograficzne zostały przeanalizowane w grupie pacjentów w różnym wieku i o różnej płci za pomocą analizy spektralnej, a także kierunkowej funkcji przejścia (DTF). Zbadano wpływ rozmiaru okna i wyboru elektrody odniesienia na identyfikację pików o bliskich parametrach w widmowym rozkładzie mocy (pik alfa). Badanie map czasoprzestrzennych pokazujących rozkład amplitud wzorców EEG pozwoliło na lepsze wyjaśnienie mechanizmów leżących u podstaw generowania pików alfa. Wykazano, że podzielone widmo alfa może być generowane przez dwa lub

więcej niezależnych i połączonych ze sobą generatorów fal alfa, zlokalizowanych w różnych obszarach kory mózgowej. Wykazano też znaczenie odpowiedniego doboru elektrody odniesienia podczas rejestracji sygnału. Wyniki uzyskane przy użyciu danych oryginalnych porównano z wynikami uzyskanymi dla danych referencyjnych.

Ad. [9]

Wyniki zamieszczone w pracy [9] potwierdzają celowość badania połączeń funkcjonalnych w mózgu, do oceny zróżnicowania stanów patologicznych. Korzystając z danych EEG rejestrowanych u osób ze schizofrenią i u osób zdrowych, pokazano różnice w organizacji funkcjonalnej mózgu między tymi dwoma grupami pacjentów. Jednak głównym celem tych badań było przedstawienie różnych aspektów metodologicznych, które mogą mieć wpływ na wynik analizy połączeń funkcjonalnych w mózgu. Wyniki pracy wskazują na znaczenie badania funkcjonalnej łączności mózgu dla różnych miar. Każda miara niesie inne informacje o oddziaływaniach zachodzących wewnątrz lub pomiędzy określonymi strukturami mózgu. Przeanalizowano trzy miary, które dostarczają informacji o ważnych cechach, takich jak synchronizacja fazy i kierunkowy przepływ informacji między różnymi strukturami mózgu, które podlegają szczególnym zmianom w schizofrenii.

Ad. [10]

Praca [10] związana była z badaniem wpływu przeczaszkowej stymulacji magnetycznej na zmianę organizacji funkcjonalnej mózgu u osób z depresją jednobiegunową (MDD) i dwubiegunową (BD). Analiza połączeń funkcjonalnych przeprowadzona została przy użyciu metody wymiaru fraktalnego Higuchiego (HFD). Zastosowanie wymiaru fraktalnego Higuchiego pokazało różnice w reakcji na stymulację w poszczególnych grupach pacjentów.

Ad. [11]

Głównym celem pracy [11] było zbadanie wpływu stymulacji magnetycznej (rTMS) na aktywność mózgu u pacjentów z depresją jednobiegunową MDD i pacjentów z chorobą afektywną dwubiegunową (BP). Celem badania było ustalenie, czy osoby reagujące na leczenie różnią się od osób niereagujących, a także czy jakakolwiek zmiana wystąpiła z powodu zaaplikowania rTMS w kolejnych sesjach. Wykorzystana została analiza łączności oparta na teorii grafów do pomiaru współzależności fazowych - PLV. Analiza PLV pozwoliła na ocenę wpływu rTMS na aktywność EEG w każdej grupie pacjentów. Okazało się, że zmiany PLV powstałe pod wpływem stymulacji, mogą być dobrym wskaźnikiem odpowiedzi na leczenie depresji. Wyniki pracy były cytowane w 5 publikacjach.

Ad. [12]

Celem pracy [12] było zbadanie wpływu stymulacji magnetycznej mózgu (rTMS) na łączność EEG ocenianą za pomocą wskaźników opartych na teorii grafów, pochodzących z funkcji ukierunkowanego transferu (DTF). Badano pacjentów z dużym zaburzeniem depresyjnym (MDD) lub z zaburzeniem afektywnym dwubiegunowym (BD). Wskazano na występowanie fal o wyższych częstotliwościach (pasma beta i gamma) powstałych pod wpływem rTMS. Wyniki badań wskazują, że DTF może być użytecznym markerem pozwalającym na ocenę wydajności terapii przy użyciu rTMS, a także na zróżnicowanie zarówno między obiema jednostkami chorobowymi, jak i między pacjentami reagującymi i niereagującymi na stymulację.

Ad. [13]

Zrealizowano wdrożenie trzech programów z interfejsem graficznym w C++ do platformy Tecnologias de Microelectrónica SA: (1) monitorowanie snu, (2) monitorowanie czujności

kierowców, (3) monitorowanie głębokości anestezji - w ramach projektu SENSATION w VI-tym Programie Ramowym EU, 2006.

W kontekście powyższych uwag należy stwierdzić, że dorobek naukowy pani dr Elżbiety Olejarczyk, zaprezentowany w postaci 13, powiązanych tematycznie publikacji, zamieszczonych w wysokiej rangi czasopismach z listy JCR ($1,031 \leq IF \leq 6,507$ – **sumaryczny IF= 42,178**), stanowi znaczące osiągnięcie naukowe, mieszczące się ramach dyscypliny inżynieria biomedyczna. Do najważniejszych elementów tego osiągnięcia można zaliczyć:

1. Opracowanie nowej metody morfologicznej do automatycznej detekcji i analizy wzorców „fala ostra - fala wolna” występujących w zapisach EEG podczas anestezji.
2. Wykorzystanie metod spektralnych do badania efektu histerezy występującego w zapisach EEG podczas anestezji wziewnej.
3. Wykorzystanie metody wymiaru fraktalnego Higuchi’ego do monitorowania głębokości anestezji, diagnozowania osób po udarze, badania zmian złożoności sygnału EEG w zależności od wieku, mapowania funkcjonalnego kory mózgowej, badania zmian w organizacji mózgu pod wpływem stymulacji magnetycznej u pacjentów z depresją.
4. Przeprowadzenie analizy porównawczej metod badania łączności mózgu, a w szczególności porównanie metod liniowych i nieliniowych, kierunkowych i niekierunkowych, podejścia dwuwymiarowego i wielowymiarowego, badanie wpływu szerokości okna w badaniu zjawiska występowania podwójnego piku alpha, badanie wpływu wyboru elektrody odniesienia na wynik analizy łączności mózgu.
5. Wykorzystanie kierunkowej funkcji przejścia (DTF) do badania zmian w organizacji mózgu u osób zdrowych podczas anestezji, badania mechanizmu generowania piku alpha, diagnozowania pacjentów ze schizofrenią, badania zmian w organizacji mózgu u osób zdrowych w różnych stanach spoczynku oraz badania zmian w organizacji mózgu u pacjentów z depresją jedno- i dwubiegunową.

Reasumując, opracowane w ramach prezentowanego przez Habilitantkę osiągnięcia, w postaci monotematycznego cyklu publikacji, nowe metody badania mózgu i algorytmy analizy sygnału EEG, stanowią oryginalny wkład w rozwój wiedzy ogólnej, w zakresie inżynierii biomedycznej. Wskaźniki bibliometryczne potwierdzają wysoki poziom potencjału naukowego zawartego w tych publikacjach.

IV. AKTYWNOŚĆ NAUKOWA

1. Monografie naukowe

Autorka podaje współdział w realizacji trzech pozycji:

1. Olejarczyk E. „Wykorzystanie metody wymiaru fraktalnego Chena do analizy obrazów biomedycznych, Tom 8. Obrazowanie Biomedyczne. Inżynieria Biomedyczna. Podstawy i Zastosowania, Exit, 2020.
2. Olejarczyk E. „Fractal Dimension in Time Domain — Application in EEG-signal Analysis” w Classification and Application of Fractals, pp. 161-185, Nova Science Publishers, 2011.
3. Klonowski W, Olejarczyk E, Stępień R, Jałowicki P, Rudner R. „Monitoring the Depth of Anaesthesia Using Fractal Complexity Method” w Complexus Mundi. Emergent Patterns in Nature, 2006.

2. Artykuły w czasopismach naukowych

Autorka wymieniła 13 dodatkowych publikacji (z tego 8 na liście JCR), poza należącymi do cyklu dzieła naukowego podlegającego ocenie.

3. Udział w konferencjach naukowych

Autorka wymieniła 10 konferencji krajowych, na których wygłosiła regularne referaty. Wymieniła też 20 znaczących konferencji międzynarodowych, na których wygłosiła regularne referaty. Wykazała wygłoszenie cyklu 6 wykładów na zaproszenie National Research Council, w Rzymie oraz dwu wykładów w University of Southern California.

4. Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne:

Autorka zamieściła opis dwu wdrożonych aplikacji programowych. Pierwsza to program do wyznaczania i wizualizacji rozkładów czasowo-przestrzennych wiodącej częstotliwości i energii - na transformacji falkowej – opracowany dla Kliniki Neurologii i Epileptologii CMKP. Druga to program do stymulacji komputerowych przełączeń między wzorcami aktywności w multistabilnych sieciach neuronowych. Obydwie aplikacje opracowane były w środowisku Matlab.

5. Uczestnictwo w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów

Habilitantka uczestniczyła jako wykonawca w realizacji dwu takich projektów:

1. Projekt SENSATION nt. „Advanced Sensor Development for Attention, Stress, Vigilance and Sleep/Wakefulness Monitoring”, 6-ty Program Ramowy EU, (2004 - 2008).
2. Projekt badawczy NCBiR, w ramach EU Joint Programme Neurodegenerative Diseases Research p.t. „Zastosowanie ontologicznej analizy wiedzy medycznej do budowy internetowej bazy danych umożliwiającej badanie patogenezy stwardnienia bocznego zanikowego” (2004 - 2008).

6. Członkostwo w organizacjach i towarzystwach naukowych

Habilitantka nie wykazała się członkostwem w żadnej organizacji naukowej.

7. Odbyte staże w instytucjach naukowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- University of L’Aquila , Faculty of Physics, L’Aquila, 1993-1997.

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- Stevens Neuroimaging and Informatics Institute, University of Southern California, 7-14 VIII 2017,
- Fondazione Universita “Gabriele d’Annunzio”, Chieti, Włochy, od 1.X-30.XI 2013,
- Fondazione Universita “Gabriele d’Annunzio”, Chieti, Włochy, od 1.V- 30.VI 2013,
- Department of Physiology and Pharmacology, University of Rome, 1.V- 30.VII 2012,
- Tampere University of Technology, 1-30 sierpień 2011.

8. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Habilitantka wskazała dwa takie czasopisma, w których pełni funkcję redaktora pomocniczego

- Frontiers in Neuroscience and Neurology - od 2018r.
- Frontiers in Human Neuroscience - od 2020r.

9. Informacja o recenzowanych pracach naukowych

Habilitantka może się pochwalić bardzo znaczącą liczbą wykonanych recenzji zarówno artykułów konferencyjnych jak i prac wydawanych w czasopismach takich jak np: IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Biocybernetics and Biomedical Engineering, Journal of Neural Engineering, International Journal of Methods in Psychiatric Research, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Frontiers in Neuroscience, Biomedical Signal

Processing and Control, Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Clinical EEG & Neuroscience, Frontiers in Neuroscience and Neurology.

10. Udział w zespołach badawczych.

Współpraca z instytucjami krajowymi:

- Katedra Anestezjologii, Intensywnej Terapii i Medycyny Ratunkowej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach (2004 – 2010),
- Klinika Neurologii i Epileptologii CMKP, Warszawa – od 2004r.,
- Naukowe Centrum Obrazowania Biomedycznego w Kajetanach – od 2009r.,
- Wydział Fizyki, UW - od 2010r.,
- Instytut Psychiatrii i Neurologii w Warszawie - od 2015r.,
- Katedra i Klinika Psychiatrii, WUM – od 2015r.

Współpraca z instytucjami zagranicznymi:

- Tampere University of Technology i Tampere University Hospital, Finlandia – od 2004r.,
- Uniwersytet „La Sapienza” w Rzymie, 2012 – 2014,
- Institute for Advanced Biomedical Technologies, Chieti, Włochy – od 2013r.,
- Institute of Cognitive Sciences and Technologies CNR, Rzym, 2012 – 2014,
- Stevens Neuroimaging and Informatics Institute, University of Southern California, 2016,
- Brain Stimulation and Systems Neuroscience, Grenoble Institute of Neuroscience, Grenoble, od 2016r.,
- Department of Biochemistry and Biophysics, Vilnius University; Republican Vilnius Psychiatric Hospital, Wilno, od 2017r.

11. Uczestnictwo w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań

Recenzje dwóch wniosków o finansowanie badań na zlecenie Narodowego Centrum Nauki.

Aktywność naukowa Habilitantki jest wyróżniająca. W szczególności stwierdzenie to dotyczy liczby i jakości publikacji naukowych oraz współpracy z krajowymi i międzynarodowymi instytucjami naukowymi. Zabrakło tylko formalnego członkostwa w programach europejskich oraz organizacjach i towarzystwach naukowych np. IEEE.

V. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Dorobek technologiczny

Autorka wymieniła cztery aplikacje programowe przeznaczone do zastosowań medycznych:

- Wdrożenie trzech programów w C++ do platformy Tecnologias de Microelectrónica SA opracowanych w VI-tym Programie Ramowym EU.
- Program w Matlabie do obliczenia i wizualizacji rozkładów czasowo-przestrzennych opracowany dla Kliniki Neurologii i Epileptologii CMKP.

2. Współpraca z sektorem gospodarczym.

- Elmiko Medical Sp. z o.o. w Warszawie - współpraca w zakresie opracowania systemu do rejestracji i monitorowania sygnałów EEG,
- Tecnologias de Microelectrónica SA, Portugalia – wdrożenie autorskiego oprogramowania.

3. Uzyskane prawa własności przemysłowej.

Autorka wymieniła współautorstwo dwu zgłoszeń patentowych.

4. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania wykonane na zamówienie instytucji.

Autorka wymieniła recenzje dwóch projektów badawczych NCN, trzech rozpraw doktorskich na zlecenie uczelni zagranicznych oraz opiekę nad trzema pracami dyplomowymi (AGH).

Współpraca z otoczeniem gospodarczym plasuje się na zadowalającym poziomie.

VI. WSKAŹNIKI BIBLIOMETRYCZNE

- Sumaryczny Impact Factor publikacji według listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **64.013**.
- Liczba cytowań według bazy Web of Science wynosi **255** (w tym 62 autocytowania).
- Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi **9**.
- Ranga publikacji znajdujących się w bazie JCR według punktacji MNiSW wynosi: 140 (4 publikacje), 100 (14 publikacji), 70 (2 publikacje), 40 (2 publikacje), 20 (3 publikacje). W sumie **2380** punktów MNiSW.

Osiągnięte przez Habilitantkę wskaźniki bibliometryczne potwierdzają wysoki poziom ogólnego dorobku naukowego.

VII. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Stwierdzam, że zaprezentowane przez Panią dr Elżbietę Olejarczyk osiągnięcie naukowe w postaci 13, powiązanych tematycznie publikacji oraz całkowity dorobek naukowy, powstały po uzyskaniu stopnia doktora, stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria biomedyczna. Ogólny dorobek naukowy oraz działalność popularyzatorska i organizacyjna spełniają wymagania, stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce*. (Dz.U. z 2018 r., poz.1668 ze zm.). W kontekście powyższego, bez wahania popieram wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. Elżbiecie Olejarczyk.

