

Prof. dr hab. inż. Jan Awrejcewicz
Katedra Automatyki, Biomechaniki i Mechatroniki
Wydział Mechaniczny
Politechnika Łódzka

Łódź, 8.11.2024 r.

Recenzja

w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
dr. inż. Piotrowi Wodarskiemu
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomechaniczna

1. Recenzja została opracowana na podstawie pisma RDIB002.64.2024 z dnia 16.09.2024 podpisanego przez prof. dr. hab. inż. Roberta Michnika w oparciu o uchwałę RDNU DRKN.Z2.400.53.2024 oraz uchwałę nr 73/2024 RD Inżynieria Biomedyczna z dnia 17.10.2024.

Niniejsza recenzja została sporządzona zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa i wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy.

2. Informacje ogólne o Kandydacie

Dr inż. Piotr Paweł Wodarski tytuły inżyniera i magistra uzyskał odpowiednio w latach 2011 i 2012 na kierunku Elektroniki i Telekomunikacji przy Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, podczas gdy stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Mechanika został Mu nadany uchwałą RW Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w roku 2016 na podstawie rozprawy doktorskiej pt. "Interaktywny system inżynierskiego wspomagania diagnostyki kończyn górnych dla osób z problemami neurologicznymi". Wszystkie wymienione wyżej stopnie naukowe i inżynierskie zostały uzyskane z wyróżnieniem.

Habilitant od 1.07.2016 roku pracuje na stanowisku adiunkta w grupie pracowników naukowo-dydaktycznych w Katedrze Biomechatroniki na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Z przedstawionej mi do oceny dokumentacji nie wynika, aby Kandydat ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Charakterystyka, analiza i ocena osiągnięcia naukowego

Habilitant przedstawił swoje dwa osiągnięcia naukowe pod wspólnym tytułem „Ocena wybranych zmian w sygnałach pochodzących z badań stabilograficznych w kontekście diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi ciała człowieka”.

Powyższa ogólna tematyka została podzielona na dwa następujące podtytuły obejmujące dwa cykle powiązanych z nimi tematycznie artykułami:

1. *Zastosowanie metody detekcji chwilowych korekt postawy w różnicowaniu strategii utrzymywania równowagi ciała przez człowieka.*
2. *Ocena wpływu wybranych parametrów trójwymiarowej wirtualnej scenerii w kontekście możliwości zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości w diagnostyce i terapii zaburzeń równowagi ciała w warunkach konfliktu bodźców sensorycznych.*

Osiągnięcie (i) obejmuje publikacje od A1 do A6, których łączna liczba punktów ministerialnych wynosi: 720 pkt. zgodnie z punktacją po 1 stycznia 2019, a sumaryczny IF wynosi: 17,2.

Osiągnięcie (ii) obejmuje publikacje od B1 do B9, których łączna liczba punktów ministerialnych wynosi: **640** pkt. zgodnie z punktacją po 1 stycznia 2019 r. i **50** pkt. zgodnie z punktacją sprzed 1 stycznia 2019 r., a sumaryczny IF wynosi: **16,688**.

Publikacje te podano poniżej:

- A1. Wodarski Piotr: Trend Change Analysis as a New Tool to Complement the Evaluation of Human Body Balance in the Time and Frequency Domains, Journal of Human Kinetics, Section I – Kinesiology, 88, s. 1-21, 2023, DOI: 10.5114/jhk/163058, 140 punktów ministerialnych, IF(1.9).
- A2. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Michał Szlęzak, Gruszka Grzegorz, Romanek Justyna, Jurkojć Jacek: The effects of selected lower limb muscle activities on a level of imbalance in reaction on anterior-posterior ground perturbation, Acta of Bioengineering and Biomechanics, 24(3), s.135-146, 2022, DOI: 10.37190/ABB-02112-2022-02, 100 punktów ministerialnych, IF(1.0).
- A3. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Szlęzak Michał, Bajor Grzegorz, Gzik Marek, Jurkojć Jacek: Trend change Analysis in the Assessment of Body Balance during Posture Adjustment in Reaction to Anterior-Posterior Ground Perturbation, PLoS ONE 19(4): e0301227, 2024, DOI: 1371/journal.pone.0301227, 100 punktów ministerialnych, IF(2.9).
- A4. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Gruszka Grzegorz, Romanek Justyna, Jurkojć Jacek: The stock market indexes in research on human balance, Acta of Bioengineering and Biomechanics, 24(2), s. 163-176, 2022, DOI:10.37190/ABB-02062-2022-03, 100 punktów ministerialnych, IF(1.0).

- A5. Wodarski Piotr, Jurkojć Jacek, Michalska Justyna, Kamieniarz Anna, Juras Grzegorz, Gzik Marek: Balance assessment in selected stages of Parkinson's disease using trend change analysis. *J Neuroeng Rehabil.* 20(1):99, s. 1-10, 2023, DOI:10.1186/s12984-023-01229-1, 140 punktów ministerialnych, IF (5.2), TOP2(2023).
- A6. Piotr Wodarski, Jurkojć Jurkojć, Marta Chmura, Elke Warmerdam, Robbin Romijnders, Markus A. Hobert, Walter Maetzler, Krzysztof Cygoń, Clint Hansen, Trend change analysis of postural balance in Parkinson's disease discriminates between medication state, *J Neuroeng Rehabil.* 21:112, s. 1-9, 2024, DOI:10.1186/s12984-024-01411-z, 140 punktów ministerialnych, IF (5.2), TOP1(2024).
- B1. Michnik Robert, Jurkojć Jacek, Wodarski Piotr, Gzik Marek, Bieniek Andrzej: The influence of the scenery and the amplitude of visual disturbances in the virtual reality on the maintaining the balance, *Archives of Budo, International Scientific Information, Inc.*, 10, s. 133-140, 2014 Lista A, 20 punktów ministerialnych (punktacja sprzed 1 stycznia 2019 roku), IF(1.238), Publikacja przed obroną rozprawy doktorskiej.
- B2. Michnik Robert, Jurkojć Jacek, Wodarski Piotr, Gzik Marek, Jochymczyk-Woźniak Katarzyna, Bieniek Andrzej: The influence of frequency of visual disorders on stabilographic parameters, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 18(1), s.25-33, 2016, DOI:10.5277/ABB-00201-2014-04, Lista A, 15 punktów ministerialnych (punktacja sprzed 1 stycznia 2019 roku), IF(0.914) Publikacja przed obroną rozprawy doktorskiej.
- B3. Jurkojć Jacek, Wodarski Piotr, Bieniek Andrzej, Gzik Marek, Michnik Robert: Influence of changing frequency and various sceneries on stabilometric parameters and on the effect of adaptation in an immersive 3D virtual environment, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 19(3), s. 129-137, 2017, DOI:10.5277/ABB-00784-2016-02, Lista A 15 punktów ministerialnych (punktacja sprzed 1 stycznia 2019 roku), IF(0.964).
- B4. Jurkojć Jacek, Wodarski Piotr, Michnik Robert, Marszałek Wojciech, Słomka Kajetan J., Gzik Marek: The use of frequency analysis as a complementary and explanatory element for Time domain analysis in measurements of the ability to maintain balance, *Journal of Human Kinetics*, 76, s. 117-129, 2021, DOI:10.2478/hukin-2021-0004, 140 punktów ministerialnych, IF(2.923).
- B5. Wodarski Piotr, Jurkojć Jacek, Gzik Marek: Wavelet decomposition in analysis of impact of virtual reality head mounted display systems on postural stability, *Sensors*, 20(24):7138, s.1-12, 2020, DOI:10.3390/s20247138, 100 punktów ministerialnych, IF(3.576).
- B6. Wodarski Piotr, Jurkojć Jacek, Polechoński Jacek, Bieniek Andrzej, Chrzan Miłosz, Michnik Robert, Gzik Marek: Assessment of gait stability and preferred walking speed in virtual

reality, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 22(1), s. 127-134, 2020, DOI:10.5277/ABB-01490-2019-03, 100 punktów ministerialnych, IF(1.073).

B7. Wodarski Piotr, Jurkojć Jacek, Chmura Marta, Gruszka Grzegorz, Gzik Marek: Analysis of center of pressure displacements and head movements triggered by a visual stimulus created using the virtual reality technology, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 24(1), s.1-20, 2022, DOI:10.37190/ABB-01900-2021-01, 100 punktów ministerialnych, IF(1.0).

B8. Wodarski Piotr, Gruszka Grzegorz, Chmura Marta, Ples Marek, Gzik Marek, Jurkojć Jacek: Influence of Induced Environment Oscillations on Limits of Stability in Healthy Adults, *Applied Sciences*, 13(18):103312023, 2023; <https://doi.org/10.3390/app131810331>, 100 punktów ministerialnych, IF(2.5).

B9. Wodarski Piotr, Marta Chmura, Jacek Jurkojć: Impact of Visual Disturbances on the Trend Changes of COP Displacement Courses Using Stock Exchange Indices, *Applied Sciences* 14, nr. 11: 4953, 2024, DOI: 10.3390/app14114953, 100 punktów ministerialnych, IF(2.5).

Wszystkie z wymienionych wyżej prac zostały bogato opisane i zilustrowane w Autoreferacie (załącznik 2), a ponadto w załączniku 3 Habilitant obszernie wyodrębnił swój wykład w każdą z publikacji, co zostało potwierdzone w oświadczeniach współautorów publikacji zawartych w załączniku 5.

W przypadku tematyki (i) Habilitant oparł się na oryginalnej metodzie oceny zdolności utrzymywania równowagi ciała na podstawie analizy chwilowych korekt postawy wyznaczonych w oparciu o detekcję zmian trendu sygnału przemieszczeń COP (środek nacisku stóp na podłoże). Nowość metody badań polega na wprowadzeniu autorskich wskaźników oceny równowagi ciała oraz ich interpretacji fizycznej w kontekście diagnostycznym w oparciu o badania numeryczne i eksperymentalne.

Kandydat sformułował również zestaw pytań badawczych (8), które stanowiły motywację do sposobu przeprowadzenia badań, a uzyskane następnie odpowiedzi powiązał z artykułami [A1-A6].

Ponieważ zarówno Autoreferat, jak i dodatkowe elementy całości dokumentacji związanych z procesem habilitacyjnym są bardzo obszerne, to w moim odniesieniu jedynie do zasadniczych elementów naukowych zgłoszonych osiągnięć z obszaru (i).

Badania i osiągnięcia naukowe Kandydata w tej tematyce badań są mocno ukierunkowane aplikacyjnie. Autor podjął próbę wprowadzenia nowych wielkości mierzących do uzyskania łatwiejszej interpretacji testów uzyskiwanych z platform stabilograficznych dla potrzeb lekarzy i fizjoterapeutów w celu szybkiego podjęcia decyzji dotyczących leczenia zaburzeń równowagi

i ruchu człowieka. Dotyczy to w szczególności osób starszych, jak również osób cierpiących na choroby neurodegeneracyjne, a w tym chorobę Parkinsona.

Znane i powszechnie stosowane metody analizy stabilometrycznej bazują na pomiarach i interpretacji ich wyników na bazie rozkładu nacisku na podłoże (COP) i/lub przemieszczeniach środka masy (COM) w kierunkach AP (płaszczyzna strzałkowa) oraz ML (płaszczyzna czołowa). Z punktu widzenia biomechaniki wielkości mierzone (oszacowane) obejmują długości ścieżki podparcia, prędkości ruchu COP, pola elipsy, obciążenia, maksymalnego wychylenia i zakresu ruchów. Wyróżnia się w interpretacji przebiegów czasowych tak zwane składowe cykliczne (nazwa używana przez Kandydata) zwykle powiązane z czynnikami okresowymi wyprowadzającymi badanego osobnika ze stanu równowagi.

Kandydat stosuje i poprawnie interpretuje transformacje sygnału COP z dziedziny czasu do częstości z wykorzystaniem szybkiej transformaty Fouriera (FFT), krótkookresowej transformaty Fouriera (STFT), widmowej gęstości mocy (PSD) oraz analizy prowadzonej na bazie przekształceń transformat falkowych z grupy Coiflets w celu analizy chwilowych korekt postawy w oparciu o zmiany trendu. Bazuje ono na algorytmach znanych, ale wykorzystywanych w analizach zmian kursów giełdowych.

Osiągnięcia Kandydata w obszarze (i) są następujące:

1. Opracowanie i przetestowanie innowacyjnej metody zdolności utrzymywania równowagi ciała człowieka na podstawie analiz chwilowych korekt postawy.
2. Opracowanie sposobu oceny zdolności utrzymywania równowagi w oparciu o analizę strukturalną rejestrowanych sygnałów, przy wykorzystaniu współczynnika TCI oraz TCI_dT.
3. Opracowanie nowego sposobu detekcji zmian w sposobie balansowania ciałem podczas przygotowania posturalnego do reakcji na bodźce wytrącające z równowagi.

Autor wskazuje, że opracowana przez niego metoda prowadzenia obliczeń i analiz zdolności utrzymywania równowagi posiada również wymiar aplikacyjny (badania osób z chorobą Parkinsona przeprowadzone przez Kandydata w kraju i za granicą).

Podczas czytania i analizy tekstu nasunęły mi się następujące uwagi wymagające wyjaśnienia, które podaję niżej, zgodnie z kolejnymi stronami tekstu (niestety Kandydat nie dokonał ponumerowania stron Autoreferatu).

1. Brak jest wprowadzenia krótkiego opisu do podjętej problematyki w oparciu o proste rysunki (schematy) związane z analizą dotyczącą COP i COM, co ułatwiłoby czytanie i interpretację tekstu Autoreferatu.

2. Autor nie wykorzystał w pełni podstawowej wiedzy z mechaniki klasycznej i układów dynamicznych do opisu podjętej problematyki. Nie podano modeli mechanicznych człowieka w oparciu o wprowadzenie stopni swobody i zastąpienie ciała człowieka bryłami sztywnymi połączonymi elementami sprężysto-tłumiącymi oraz nie wykorzystano w pełni możliwości wektorowej analizy związanej z opisem ruchu ciała wokół położenia jego środka masy poprzez wprowadzenie kątów Eulera i możliwości sformułowania związków geometryczno-siłowych przy przejściu od COP do COM.
3. Nie jest jasne sformułowanie: ... „Należy mieć jednak na uwadze, że bazują one na poszukiwaniu periodycznych składowych sygnału przemieszczeń COP, często o kształtach sinusoidalnych jak w przypadku FFT, STFT lub przy zastosowaniu falek z grupy Coiflets [116]”. Ponadto Autor wyraźnie nie sformułował zalet i wad analizy falkowej w stosunku do klasycznych analiz opartych na FFT i STFT. Nie wykazał również, że falki z grupy Coiflets najlepiej nadają się do tego typu analiz.
4. Rys. 1 wymaga wyjaśnienia zwłaszcza, że nie zauważyłem tam koloru zielonego.
5. Na początku podrozdziału 4.3.2 Autor używa sformułowania “mechanizmy matematyczne”, które chyba jest pojęciem żargonowym. Ponadto wyjaśnienia wymaga dokonywanie analiz czasowo-częstotliwościowych w oparciu o STFT oraz wprowadzenie pojęcia analiz strukturalnych (jakich?) poprzez rozkład wzorca (jakiego?) na pojedyncze elementy składowe.
6. Nie znalazłem definicji stabilności postawy człowieka oraz jej utraty, choć Autor z nich korzysta.
7. Autor do badań używa czujników IMU do pomiaru przyspieszeń. Czy sygnały te były całkowane do określenia prędkości i przemieszczeń?
8. Autor pisze o przemieszczeniach środka masy w odniesieniu do naprężeń mięśni, ale zabrakło mi wykresów przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń, ruchu środka masy w przestrzeni 3D (można było też dokonać projekcji takiego ruchu na wybrane płaszczyzny).
9. Autor pisze: ... „W celu rozszerzenia analiz związanych z określeniem cykliczności ruchów COP o składowe nieokresowe, konieczne jest zastosowanie metody, która wykrywałaby chwilowe, niecykliczne zmiany zachodzące podczas całej analizy [58,64]” Z czego wynikają niecykliczne zmiany? Ponadto wyjaśnienia wymagają pojęcia “zmian cyklicznych i niecyklicznych”. W teorii układów dynamicznych mamy do czynienia z orbitami (ruchami lub rozwiązaniami) okresowymi, quasi-okresowymi lub chaotycznymi.

10. Cały opis zawarty w Autoreferacie pomija próbę podjęcia modelowania statyki postawy ludzkiej i dynamiki chodu w oparciu o proste i znane modele matematyczno-mechaniczne jak np. odwrócone potrójne wahadło. Pojawiają się w opisie jedynie dwa proste równania algebraiczne (R4) i (R5).
11. Autor pisze: *...tj. zaobserwowano wcześniej wspomnianą zależność, że ruchy ciała podążają za scenerią w przybliżeniu z tą samą częstotliwością"....* Zjawisko to posiada analogię związaną z wymuszeniem siłą harmoniczną układu sprężysto-masowego o jednym stopniu swobody, ale Autor nie podjął tego wątku.
12. W podrozdziale 4.3.6 Autor podkreśla, że użyte czujniki przyspieszenia IMU umożliwiają określenie przyspieszenia w 3 kierunkach, a więc i wektora przyspieszenia, a tym samym istnieje możliwość określenia przyspieszenia COM. Po dwukrotnym scałkowaniu można też uzyskać przemieszczenie COM w 3D. Nie znalazłem opisu wykorzystania tej możliwości w Autoreferacie.

Tematyka, osiągnięcia (ii) związana była z oczekiwaniami społecznymi dotyczącymi diagnostyki układów motoryki człowieka i prowadzenia treningów równowagi (starzejące się społeczeństwo i przewidywania przed upadkami).

Autor zaproponował pewne rozwiązania innowacyjne związane z wykorzystaniem Technologii Wirtualnej Rzeczywistości. Ponieważ w zasadzie Kandydat stosuje wcześniej opracowaną metodykę badań i stosowaną w przypadku (i), to mój opis zostanie tutaj skrócony z uwypukleniem nowych elementów innowacyjnych oraz sformułowaniu uwag o charakterze dyskusyjnym.

Podobnie jak wcześniej Autor formułuje 11 pytań naukowych, na które odpowiedzi zostały podane w opublikowanych artykułach [B1-B9].

Osiągnięcia Kandydata w obszarze (ii) są następujące:

1. Określenie wpływu wybranych parametrów wirtualnej scenerii na zmiany w sposobie balansowania ciałem (różne wirtualne scenerie, metody ich projekcji i oscylacje scenerii).
2. Określenie wpływu założenia systemu HMD (system do projekcji 3D do ubierania na głowę) z projekcją nieruchomej scenerii 3D na sposób balansowania ciałem.
3. Opracowanie metodyki preferowanej prędkości chodu na stabilność postawy podczas chodu na bieżni.
4. Określenie wpływu nagłych, niespodziewanych ruchów scenerii wykreowanych z wykorzystaniem Technologii Wirtualnej Rzeczywistości na zaburzenie postawy ciała.
5. Oszacowanie wpływu statycznej i ruchomej scenerii 3D na zmiany w granicach stabilności.

Moje uwagi krytyczne (dyskusyjne) są następujące (pomiąłem niektóre z uwag sformułowanych wcześniej przypadku (i), które też utrzymują swą moc w tym przypadku).

1. Czy cykliczne ruchy COP (p. 4.4.1) nie są ruchami okresowymi?
2. Wydaje się, że opisane wzmocnienie prążka dla częstotliwości 1Hz (p. 4.4.1) oraz określenie przemieszczenia fazowego posiada swoją analogię mechaniczną związaną z wymuszonymi sinusoidalnie drganiami układu o jednym stopniu swobody.
3. Czym motywowany był wybór rodzaju wprowadzonej zmiany częstotliwości zaburzeń wizualnych?
4. W ocenie stabilności chodu pojawiają się wykładniki (a nie współczynniki) Lapunowa oraz mnożniki Floqueta. Należałoby wyjaśnić ich stosowanie i powiązać z opisami powszechnie znanymi w teorii układów dynamicznych.

4. Opis i ocena istotnej aktywności naukowej.

Kandydat opublikował przed (po) uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych **13 (34)** artykułów naukowych oraz rozdziałów w monografiach przed (po) uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, a liczba publikacji punktowanych zgodnie z wykazem MEiN wynosi **68**.

Liczba punktów ministerialnych dla osiągnięcia (i) wynosi **720** (punktacja po 1 stycznia 2019), a sumaryczny IF=**17,2**.

Z kolei w przypadku osiągnięcia (ii) Autor osiągnął **640** pkt (punktacja po 1 stycznia 2019) i **50** pkt zgodnie z punktacją sprzed 1 stycznia 2019, a sumaryczny IF=**16,7**.

Kandydat wygłosił **6** wykładów plenarnych, brał udział czynny w **11** konferencjach zagranicznych i **17** międzynarodowych zorganizowanych w kraju oraz **73** konferencjach krajowych.

Autor publikował w takich czasopismach jak: Journal of Human Kinetics (140 pkt.), Acta of Bioengineering and Biomechanics (100 pkt.), PLOS ONE (100 pkt.), J. Neuroeng. Rehabil. (140 pkt.), Sensors (100 pkt.), Applied Sciences (100 pkt.).

Liczba patentów, współautor oskich wynosi **4** (w tym **2** europejskie), liczba wzorów: przemysłowych - **6**, użytkowych - **2**, oraz **2** zgłoszenia patentowe. Sumaryczny IF Kandydata wynosi **52,9**, liczba cytowań wg bazy Scopus – **300** i indeks H – **12**. Sumaryczna liczba punktów MNiSW wynosi: **2460** (od stycznia 2019) oraz **405** (do grudnia 2018).

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat był członkiem komitetów organizacyjnych **7** konferencji krajowych oraz pełnił rolę wykonawczą w **12** projektach, w tym **1** z NCN i **4** z NCBiR.

Po uzyskaniu stopnia doktora Autor wykazał 4 staże (w tym jeden zagraniczny). Trzy z nich były raczej krótsze ok. miesiąca, a jeden był odbyty w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN wynosił około 4 miesięcy. Po uzyskaniu stopnia doktora pełnił On również funkcję Guest Editor w czasopiśmie Applied Sciences (2022-2023), oraz napisał 31 recenzji dla takich czasopism jak: PLOS ONE, Journal of Biomechanics, Gait and Posture, Sensors, Biocybernetics and Biomedical Engineering, Journal of Human Kinetics oraz Acta of Bioengineering and Biomechanics.

Autor wykazał również udział w 2 programach europejskich Erasmus+ oraz udziały w innych projektach w liczbie 17, w tym w 4 jako kierownik projektu.

Dr P. Wodarski może również poszczycić się bogatą współpracą z sektorem gospodarczym poprzez koordynowanie i realizację 4 prac w przedsięwzięciach naukowo-badawczych. Ponadto Jego autorskie/współautorskie technologie po uzyskaniu stopnia doktora w liczbie 4 zostały wdrożone oraz brał czynny udział w 4 zespołach eksperckich pod patronatem Marszałka Województwa Śląskiego.

Jeśli chodzi o realizację badań i aktywność naukową w więcej niż jednej uczelni, to tutaj moja ocena jest bardzo wysoka. Autor wykazał efektywną współpracę z: *Instituto de Biomecánica de Valencia* (Hiszpania), *Fondazione Politecnico di Milano* (Włochy) oraz *European Society of Physical and Rehabilitation Medicine* (Holandia). Wczesniejsze kontakty Habilitanta doprowadziły do uzyskania grantu badawczego pt.: *Development of Innovative Training Contents Based on the Applicability of Virtual Reality in the Field of Stroke Rehabilitation*, akronim: *Brain4Train* (13/030/WDP17/0038), w kluczowym obszarze: *Cooperation for innovation and the exchange of good practices; Action: Strategic Partnerships; Call 2017, Round 1*. W projekcie tym uczestniczyły jednostki: *Instituto de Biomecánica de Valencia* (Hiszpania), *Fondazione Politecnico di Milano* (Włochy), *European Society of Physical and Rehabilitation Medicine* (Holandia) oraz *Politechnika Śląska* (Polska) jako lider projektu.

Wcześniejsza współpraca została poszerzona o *Universitat de València* (Hiszpania) oraz *Association of Medical Schools in Europe* (Niemcy). Wspólne starania ukończyły się pozyskaniem projektu pt.: *Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools*, course title: *Functional evaluation and advanced biomechanics in medicine and rehabilitation* (2018-1-PL01-KA203-051084).

Wynikiem współpracy były 2 opublikowane artykuły oraz dokonano prezentacji wyników na 1 konferencji.

Następnie Autor w 2020 r. brał udział w organizacji Międzynarodowego Interdyscyplinarnego Zespołu ds. Wynalazków i Know How na Politechnice Śląskiej.

(International Center for Interdisciplinary Research), gdzie od kwietnia 2020 r. do dnia dzisiejszego pełni funkcję kierownika sekcji ukierunkowanej na prace związane z patentowaniem dóbr intelektualnych, tworzeniem demonstratorów i prototypów oraz z tworzeniem autorskich opracowań typu know how. W ramach działań związanych z szerzeniem rozwiązań ukierunkowanych na rozwiązywanie potrzeb w zakresie urządzeń medycznych Kandydta nawiązał współpracę z Uniwersytetem Technicznym w Koszycach (Technická Univerzita v Kosiciach) na Słowacji. Wynikiem powyższej współpracy było **11** wynalazków/wzorów przemysłowych.

Autor współpracował również z Instytutem Wychowania Fizycznego, Turystyki i Fizjoterapii Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie oraz z Department of Kinesiology, University of Lethbridge w Lethbridge (Canada). W ramach współpracy przeprowadzono pilotażowe badania kinematyki sportowców trenujących Taekwondo.

W 2023 r. Autor rozwijał badania wykorzystujące analizy giełdowe w celu określenia zmian trendu w sygnałach pozyskiwanych z badań stabilograficznych (w współpracy z Departament Neurologii Christian-Albrechts-University w Kilonii w Niemczech oraz naukowcami z Oddziału Chirurgii Saarland University w Hamburgu). W lutym 2023 r. nawiązał współpracę mającą na celu rozszerzenie wykorzystania opracowanych autorskich wskaźników w diagnostyce osób z chorobą Parkinsona, jak również w przypadku występowania innych jednostek chorobowych o podłożu neurologicznym. W tej tematyce badań przebywał On na stażu naukowym w Neurogeriatrics reseach group w Department of Neurology, UKSH, Campus Kiel, Christian-Albrechts-University, Germany (22.05.2023-04.06.2023), a wynikiem tej współpracy była publikacja za 140 pkt.

Uważam, że oceniana aktywność naukowa jest istotna i spełnia wymagania ustawy: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 219, ust.1, pkt 3C.

Ponadto Jego aktywność jeśli chodzi o odbyte staże naukowe, chociaż stosunkowo krótkie, których wymogiem są wspólne autorskie publikacje oraz udział we wspólnych projektach jest ponadprzeciętna.

5. Osiągnięcia dydaktyczne organizacyjne oraz popularyzujące naukę lub sztukę

Dr P. Wodarski był promotorem pomocniczym **6** doktorantów, sprawował opiekę naukową nad studentami studiów magisterskich (promotor **9** prac magisterskich i konsultant/opiekun **7** prac magisterskich). W przypadku studiów inżynierskich był promotorem/konsultantem/opiekunem **12** prac/projektów inżynierskich.

Prowadził zajęcia typowe dla nauczycieli akademickich na stanowisku adiunkta, tzn. wykłady, laboratoria, projekty, ćwiczenia. Wysoce oceniam Jego aktywność organizacyjną

wymienianie której tutaj pomnę oraz udział w 2 innych przedsięwzięciach o charakterze naukowym i organizacyjnym.

Autor wykazał również 7 nagród/wyróżnień za działalność naukową.

W podsumowaniu tej części recenzji stwierdzam, że Kandydat uzyskał moją pozytywną ocenę w zakresie dydaktyki, działań organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

6. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę powyższe popieram wniosek o nadanie Kandydatowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna i wnoszę o przejście do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych w obowiązującej Ustawie.

Mając na uwadze przedstawione oceny recenzowanego osiągnięcia naukowego *„Ocena wybranych zmian w sygnałach pochodzących z badań stabilograficznych w kontekście diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi ciała człowieka”* oraz istotnej aktywności naukowej dr. inż. Piotra P. Wodarskiego uważam wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego za w pełni uzasadniony.

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe zawarte w cykl 15 publikacji powiązanych tematycznie stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria biomedyczna, spełniając warunek określony w art. 219, ust. 1, pkt 2 Ustawy, zaś aktywność naukowa dr. inż. Piotra P. Wodarskiego jest istotna i spełnia warunek określony w art. 219, ust. 1, pkt 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Podpisał Jan Awrejcewicz (podpis odręczny)