

Wrocław, 16.12.2024

dr hab. inż. Krzysztof Brzostowski, prof. Uczelni

Katedra Informatyki i Inżynierii Systemów

Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Politechnika Wrocławska

Wyb. Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

RECENZJA

naukowego osiągnięcia habilitacyjnego Pana dra. inż. Piotra Wodarskiego pt.

„Ocena wybranych zmian w sygnałach pochodzących z badań stabilograficznych w kontekście diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi ciała człowieka”

oraz ocena aktywności naukowej (dorobku naukowo-badawczego) Habilitanta

wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej

(uchwała nr 73/2024 z dnia 17 października 2024r.)

1. Obowiązujące przepisy prawa i kryteria oceny

Zgodnie z artykułem 219 ustęp 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (dalej jako Ustawa) stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- a) posiada stopień doktora;
- b) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a. 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
 - b. 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi

na podstawie art. 267 kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c. 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

c) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Dane podstawowe o Kandydacie

2.1. Wykształcenie

Pan Piotr Wodarski w roku 2011 uzyskał **tytuł inżyniera** a w roku 2012 **tytuł magistra inżyniera** na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach na specjalności Aparatura elektroniczna. Studia magisterskie Habilitant ukończył z wyróżnieniem. Z kolei w roku 2016 uzyskał **stopień doktora nauk technicznych** w dyscyplinie mechanika - również z wyróżnieniem. Stopień został nadany uchwałą Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej. Tytuł rozprawy doktorskiej Kandydata to *„Interaktywny system inżynierskiego wspomaganie diagnostyki kończyn górnych dla osób z problemami neurologicznymi”*.

2.2. Przebieg pracy naukowo-zawodowej

Od roku 2016 Pan Piotr Wodarski jest zatrudniony w Katedrze Biomechatroniki na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach na stanowisku **adiunkta**. W latach 2012 – 2016 prowadził zajęcia dydaktyczne na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

2.3. Informacja o wcześniejszych postępowaniach o nadanie stopnia doktora habilitowanego Kandydata

W przedłożonej przez Kandydata dokumentacji nie ma informacji dotyczącej tego, czy Pan dr inż. Piotr Wodarski ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2.4. Podsumowanie

Z wykształcenia Habilitant jest **doktorem nauk technicznych** w dyscyplinie mechanika oraz magistrem inżynierem o specjalności aparatura elektroniczna. Stopień doktora został nadany Panu Piotrowi Wodarskiemu przez Radę Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach, a więc **spełnia wymaganie art. 219 ustęp 1. punkt 1. Ustawy**.

3. Informacja o osiągnięciu habilitacyjnym Kandydata

Wskazane przez Kandydata dwa osiągnięcia naukowe to **dwa cykle powiązanych tematycznie artykułów naukowych** o wspólnym tytule *„Ocena wybranych zmian w sygnałach pochodzących z badań stabilograficznych w kontekście diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi ciała człowieka”*. Tematyka wskazanych we wniosku osiągnięć naukowych dotyczy:

1. zastosowania metod detekcji chwilowych korekt postawy w różnicowaniu strategii utrzymywania równowagi ciała przez człowieka (O1);
2. oceny 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 (O2).

Pierwsze osiągnięcie (O1) obejmuje publikacje oznaczone we wniosku kodami **od A1 do A6**, których łączna liczba punktów ministerialnych wynosi: **720 pkt. zgodnie z punktacją po 1 stycznia 2019**, a sumaryczny IF wynosi: **17,200**.

Drugie osiągnięcie (O2) obejmuje publikacje oznaczone we wniosku kodami **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**.

W skład osiągnięcia habilitacyjnego O1 wchodzi następujące prace (w nawiasie podano procentowy udział Habilitanta w poszczególnych pracach zgodnie z przedłożonymi oświadczeniami):

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) (100%)**

A2. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Michał Szlęzak, Gruszka Grzegorz, Romanek Justyna, Jurkojc 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) (40%)**

A3. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Szlęzak Michał, Bajor Grzegorz, Gzik Marek, Jurkojc 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: 10.1371/journal.pone.0301227, **100 punktów ministerialnych, IF(2.9) (50%)**

A4. Wodarski Piotr, Chmura Marta, Gruszka Grzegorz, Romanek Justyna, Jurkojc 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) (45%)**

A5. Wodarski Piotr, Jurkojc 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) (35%)**

A6. Piotr Wodarski, Jurkojc Jacek, 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) (26%)**

W przypadku drugiego osiągnięcia habilitacyjnego (O2) w jego skład wchodzi następujące prace (w nawiasie podano procentowy udział Habilitanta):

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 (30%)

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 (30%)

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) (45%)**

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) (40%)**

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) (80%)**

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) (50%)**

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) (50%)**

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) (55%)**

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) (50%)**

Dane naukometryczne

Sumaryczny IF publikacji, które wchodziły w skład osiągnięcia habilitacyjnego Kandydata, to 52,898. Niestety **we wniosku brakuje wyliczenia IF, który uwzględnia udział własny Habilitanta** i wskazywałby na jego faktyczny wkład w dziedzinę Inżynierii Biomedycznej.

Indeks Hirscha Kandydata w bazie Web of Science (WoS) wynosi 12, w bazie Google Scholar (GS) 15 a w bazie Scopus to 12.

Liczba cytowań artykułów dra inż. Piotra Wodarskiego (według Web of Science) to 337. Zgodnie z tą samą bazą liczba cytowań bez autocytowań to 243. Liczba cytowań według bazy Scopus to 300 a według bazy Google Scholar wynosi 459.

Suma punktów prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego - zgodnie z listą MNiSW – wynosi **720** dla osiągnięcia pierwszego (O1) oraz **640** (zgodnie z punktacją po 1 stycznia 2019 r.) oraz **50** (zgodnie z punktacją przed 1 stycznia 2019 r.) dla drugiego osiągnięcia (O2).

W tab. 1 przedstawiono zestawienie artykułów wchodzących w skład dwóch osiągnięć habilitacyjnych z podaniem IF czasopisma, w którym artykuł został opublikowany oraz z liczbą punktów z listy MNiSW.

Tab. 1 Zestawienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego.

ID	IF	Liczba punktów MNiSW
A1	1,9	140
A2	1,0	100
A3	2,9	100
A4	1,0	100
A5	5,2	140
A6	5,2	140
B1	1,238	20
B2	0,914	15
B3	0,964	15
B4	2,923	140
B5	3,576	100
B6	1,973	100
B7	1,0	100
B8	2,5	100
B9	2,5	100

4. Ocena osiągnięcia naukowego Kandydata

4.1. Ogólna charakterystyka osiągnięcia habilitacyjnego – wkład w rozwój dyscypliny

Kandydat w pracach, które weszły w skład dwóch osiągnięć habilitacyjnych, zajmuje się metodami pomiarowymi i obliczeniowymi zastosowanymi w badaniach nad zdolnością utrzymywania równowagi ciała przez człowieka. Celem opracowanych metod jest rozwój narzędzi do wspomagania diagnostyki oraz terapii osób cierpiących na zaburzenia równowagi.

Wskazane we wniosku dwa osiągnięcia naukowe zawierają prace, które dzielą się na dwa główne kierunki badawcze. Pierwszy z podjętych kierunków prac badawczych dotyczy metod analizy wyników badań stabilograficznych. Prace związane z tym obszarem działalności Habilitanta we wniosku zostały oznaczone kodami od A1 do A6. Wśród prac wymienionych jako pierwsze osiągnięcie naukowe Kandydata jest tylko jedna praca jednoautorska, która została opublikowana w czasopiśmie o przeciętnej renomie. Z pozostałych prac wchodzących w skład pierwszego osiągnięcia wyróżniają się prace A5 i A6, które zostały opublikowane w czasopiśmie o znaczącym IF. Wkład autora w te publikacje – zgodnie z dostarczonymi deklaracjami - jest równy ok. 1/3. Warto podkreślić, że prace te opracowano w większości przypadków we współpracy z różnymi ośrodkami naukowymi (np. Śląski Uniwersytet Medyczny, Akademia Wychowania Fizycznego W Katowicach).

Analiza zawartości prac wchodzących w skład pierwszego osiągnięcia wskazuje, że do opracowania metod przetwarzania wyników badań stabilograficznych wykorzystano jedynie klasyczne algorytmy takie jak Szybka Transformacja Fouriera, Krótco-czasowa Transformacja Fouriera czy Transformacja Falkowa. Od czasu opracowania tych metod w literaturze pojawiło się wiele prac, w których zaproponowano nowoczesne metody przetwarzania danych, które Kandydat mógł wykorzystać w swoich pracach. Takimi metodami są np. algorytm EMD (ang. *Empirical Mode Decomposition*) lub EWT (ang. *Empirical Wavelet Transform*). Ten aspekt dorobku Kandydata wskazuje na pewną zachowawczość w podejmowaniu nowych wyzwań przy opracowywaniu algorytmów wykorzystujących rozwiązania opracowane w ostatnich latach.

W skład drugiego osiągnięcia naukowego wchodzi dziewięć prac oznaczonych kodami od B1 do B9. Publikacje z tego cyklu dotyczą zagadnień związanych wykorzystaniem technologii wirtualnej rzeczywistości we wspomaganiu diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi ciała w warunkach konfliktu bodźców sensorycznych. Prace z tego cyklu mają głównie charakter aplikacyjny a ich celem jest opracowanie wskaźników scenarii, które będą przydatne w diagnostyce zaburzeń równowagi. Również i w tej części badań Habilitant opracował metody przetwarzania danych wykorzystujące klasyczne metody, takie jak w przypadku osiągnięcia pierwszego. Oceniam to jako jedną ze słabości dorobku Kandydata (podobnie jak w przypadku pierwszego osiągnięcia): stosowanie klasycznych metod zamiast nowych podejść o dużym potencjale i możliwościach.

Analizując osiągnięcia Pana dra inż. Piotra Wodarskiego miałem pewne trudności z określeniem faktycznego wkładu w dziedzinę. Opisując każdą z prac od A1 do A6 oraz B1 do B9 Habilitant wskazał co w tych pracach jest jego osiągnięciem. Najczęściej w tym podsumowaniu jako osiągnięcie wskazano wszystko co w danej pracy jest istotne. Biorąc pod uwagę, że większość prac została przygotowana jako współautorskie może to budzić pewne wątpliwości i sprawiać trudność w ustaleniu faktycznego wkładu Kandydata w dziedzinę Inżynierii Biomedycznej.

4.2. Szczegółowe omówienie osiągnięcia habilitacyjnego

Praca **[A1]** dotyczy analizy sygnału przemieszczenia środka nacisku stóp na podłoże (COP). Opis metody zawarty w pracy nie jest jasny: został przedstawiony w postaci

dwóch formuł matematycznych. Weryfikację metody przeprowadzono na zbiorze danych, które to dane zebrano dla ponad 100 osób uczestniczących w badaniu. Podana w pracy średnia wieku uczestników eksperymentów wskazuje, że byli to młodzi ludzie (najprawdopodobniej studenci), których nie można uznać za grupę reprezentatywną. Nie wiadomo czy metoda ta będzie skuteczna dla osób starszych a z opisu Habilitanta wynika, że takie metody analizy są dedykowane głównie dla tej grupy osób.

Praca ta jest jedyną samodzielną pracą pracą dr inż. Piotra Wodarskiego, która znalazła się w dwóch wskazanych osiągnięciach naukowych.

Praca [A2] dotyczy analizy zmian posturalnych. Do opracowania wyników badań w pracy wykorzystano metodę analizy zmian trendu. Również i w tym przypadku opis metody nie jest czytelny. W pracy na przykład nie wyjaśniono w jaki sposób ustalono interwały czasowe w formułach 1-3. Czy dla wszystkich osób te interwały są jednakowe?

Do weryfikacji zaproponowanej metody tym razem zaprojektowano eksperyment dla 38 osób i – podobnie jak w przypadku pracy A1 – byli to studenci.

Praca [A3] dotyczy podobnego zagadnienia jak w przypadku pracy A2. Wyniki opublikowane w tej pracy są kontynuacją prac przedstawionych w A2 i dotyczyły detekcji zjawiska przygotowania posturalnego. Opis zastosowanej metody jest czytelny. Analizując zaproponowaną metodę można zadać pytanie o jej odporność na dane odstające, które mogą pojawić się w pomiarach.

W pracy [A4] podjęto problem analizy chwilowych korekt postawy. Do analizy danych z badań stabilograficznych wykorzystano metody znane z analizy danych giełdowych.

W samej pracy trudno znaleźć wskaźniki, które inspirowane są metodami znanymi z analizy danych giełdowych. W zasadzie większość wzorów pojawiła się we wcześniej omówionych już pracach.

Praca [A5] dotyczy problemu oceny równowagi ciała osób z chorobą Parkinsona. Praca ta jest efektem wcześniejszych prac, których rezultaty wykorzystano w ważnym problemie diagnostyki osób cierpiących na Parkinsona. W badaniach wzięło udział 90 osób, które zostały podzielone na kilka grup. W badaniach – jak wynika z opublikowanych wyników – z sukcesem wykorzystano algorytmy, które zostały przetestowane we wcześniejszych badaniach.

Z kolei praca [A6] dotyczy analizy chwilowych korekt postawy wykonywanej na podstawie danych z czujnika przyspieszenia. W pracy podjęto próbę wykorzystania danych z popularnych i co raz bardziej dostępnych – ze względu na swoją cenę – czujników typu IMU. Oczywiście aktualny stan badań pozwala na opracowanie metod diagnostycznych, które mogą jedynie uzupełniać metody standardowo wykorzystywane w klinicznej ocenie stabilności postawy dla pacjentów z chorobą Parkinsona. Przedstawiony w tej pracy wynik uważam za wartościowy.

Praca [B1] rozpoczyna drugi z cykli publikacji. Prace z tego nurtu dotyczą z jednej strony tematyki, która została przedstawiona w pierwszym cyklu, z drugiej strony rozszerza go o zagadnienia związane z wirtualną rzeczywistością i jej wykorzystaniem w analizie postawy ciała człowieka. Główny wynik tej pracy to eksperymentalne

potwierdzenie możliwości wykorzystania wirtualnej rzeczywistości do tego by wpływać na sposób balansowania ciałem.

Kolejna praca z tego nurtu, tj. **[B2]** dotyczy podobnego zagadnienia jak w pracy B1, jednakże tym razem badano wpływ częstotliwości zaburzeń scenerii kreowanych w wirtualnej rzeczywistości na zdolność utrzymania równowagi ciała. Zaproponowana metoda analizy danych bazowała na Krótko-czasowej Transformacji Fouriera. Uzyskane wyniki są ciekawe i mogą być podstawą do dalszych badań nad wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości w diagnostyce osób z zaburzeniem utrzymania równowagi ciała.

Praca **[B3]** jest kontynuacją dwóch wcześniej omówionych prac. Jednym z wyników tej pracy jest to, że wirtualna rzeczywistość może na różne osoby oddziaływać w odmienny sposób. Wskazuje to na konieczność wstępnego przygotowania badanych osób oraz sprzętu bazującego na wirtualnej rzeczywistości poprzez m.in. jego kalibrację.

Praca **[B4]** dotyczy problemu wykorzystania analizy czasowo-częstotliwościowej do oceny równowagi ciała w warunkach zaburzeń uzyskanych z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości. We wniosku Kandydat napisał, że w pracy wykorzystuje zaawansowane narzędzia do analizy czasowo-częstotliwościowej, co jest określeniem na wyrost ponieważ w pracy ograniczył się do zastosowania Krótko-czasowej Transformacji Fouriera. Zawansowane metody, które rozwijają koncepcję Krótko-czasowej Transformacji Fouriera to na przykład Transformacje Gabora, Wignera lub Stockwella.

Praca **[B5]** analizuje wpływ systemu do projekcji 3D (HMD) na utrzymanie równowagi ciała człowieka. W tym przypadku do analizy zebranych danych pomiarowych wykorzystano transformację falkową. Wybór tego narzędzia w pracy został umotywowany tym, że Krótko-czasowa Transformacja Fouriera ma ograniczenia utrudniające analizę zebranych danych pomiarowych. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie transformacji falkowej do oceny przemieszczeń COP znacznie ułatwia interpretację wyników.

W pracy **[B6]** badania stabilności chodu w systemie HMD oraz tego jak wirtualna rzeczywistość wpływa na prędkość chodu. W ramach tych badań Habilitant podjął współpracę z AWF w Katowicach gdzie zaprojektował i zrealizował badania, które umożliwiły pozyskanie odpowiednich danych. W badaniach wzięło udział 40 osób, które – biorąc pod uwagę średni wiek – były studentami. Uzyskanie wyniki potwierdziły, że wirtualna rzeczywistość ma wpływ na stabilność postawy człowieka podczas chodu na bieżni.

Praca **[B7]** dotyczy analizy wpływu nagłych zmian w generowanej przez wirtualną rzeczywistość scenerii na zaburzenie postawy ciała człowieka. Z zebranych danych i przeprowadzonej analizy nie uzyskano jednoznacznych wniosków a Habilitant stwierdził, że to zagadnienie wymaga dalszych badań.

W pracy **[B8]** podjęto próbę oceny wpływu wirtualnej rzeczywistości na zmiany subiektywnych granic stabilności człowieka. W badaniach eksperymentalnych udział wzięło 16 osób. Z analizy uzyskanych w pracy wyników ustalono, że systemy HMD w

Najważniejsze czasopisma (IF > 2.000), w których Habilitant publikował:

- PLOS One (recenzowane internetowe czasopismo naukowe);
- Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation;
- Journal of Human Kinetics;
- Sensors;
- Applied Sciences;
- International Journal of Environmental Research and Public Health;
- BioMedResearch International.

W pięciu czasopismach z powyższej listy opublikowanych zostało siedem artykułów, których Kandydat jest współautorem i wchodzi w skład zgłoszonego osiągnięcia habilitacyjnego.

Wykłady na zaproszenie

Pan P. Wodarski wygłosił **pięć referatów na zaproszenie**. Były to m.in. konferencje *HealthTech Innovation Conference* w roku 2023 oraz *Nowe Technologie w Schorzeniach Sercowo-Naczyniowych* w roku 2019.

Udział w konferencjach zagranicznych i polskich

Habilitant wziął udział w dwudziestu konferencjach zagranicznych (również tych zorganizowanych w Polsce) po uzyskaniu stopnia doktora oraz w ośmiu (również tych zorganizowanych w Polsce) przed uzyskaniem stopnia doktora. Pan P. Wodarski brał udział w trzydziestu sześciu (po uzyskaniu stopnia doktora) oraz w trzydziestu pięciu (przed uzyskaniem stopnia doktora) konferencjach krajowych.

Udział w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych

Pan dr inż. Piotr Wodarski był członkiem siedmiu komitetów organizacyjnych konferencji krajowych po uzyskaniu stopnia doktora oraz siedmiu komitetów organizacyjnych konferencji krajowych przed uzyskaniem stopnia doktora.

Kierowanie i udział w międzynarodowych i krajowych projektach badawczych, badawczo-wdrożeniowych i wdrożeniowych

Kandydat brał udział w 17 (w czterech z nich Habilitant uczestniczył przed uzyskaniem stopnia doktora) projektach badawczych, badawczo-rozwojowych oraz wdrożeniowych. Dwa z tych projektów to projekty międzynarodowe.

W wymienionych projektach międzynarodowych pełnił funkcję **wykonawcy**. W pozostałych projektach, które były projektami krajowymi, czternastokrotnie pełnił funkcję **wykonawcy** a raz był **ekspertem wewnętrznym**.

Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

- od 2024 Członek Towarzystwa Innowacyjnych Technologii dla Zdrowia (TITdZ);
- od 09.09.2016 Członek Polskiego Towarzystwa Biomechaniki;
- od 04.2020 Międzynarodowy Interdyscyplinarny Zespół ds. Wynalazków i *Know How*, Kierownik sekcji sprofilowanej na prace związane z patentowaniem dóbr

przeprowadzonym eksperymencie nie wpływają zarówno na zmianę granic stabilności oraz na szybkość osiągnięcia granicy stabilności.

Praca [B9] z kolei związana jest z opisywanymi w poprzednich pracach algorytmami analizy zmiany trendu w ocenie równowagi w sytuacji gdy sceneria jest zaburzana przez technologię wirtualnej rzeczywistości. W przeprowadzonym eksperymencie zbadano 28 osób, które były młodymi osobami. Z przeprowadzonych badań wynika, że zaburzenia wizualne generowane przez WR wydłużają drogę COP pomiędzy kolejnymi korektami postawy.

4.3. Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Recenzowane osiągnięcie habilitacyjne ma następujące cechy:

- a) Ma **aspekt praktyczny**: w ramach prowadzonych prac została nawiązana współpraca w wieloma ośrodkami naukowymi (m.in. Samodzielnym Publicznym Zakładem Opieki Zdrowotnej "Repty" Górnośląskie Centrum Rehabilitacji im. gen. Jerzego Ziętka, Akademią Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Akademią Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcz Polskiej Akademii Nauk w Warszawie), a efektem tej współpracy są wspólne prace, z których część stanowi osiągnięcie habilitacyjne Kandydata;
- b) Dotyczy **aktualnej tematyki**: wykorzystanie nowoczesnych metod pomiarowych do wspomagania diagnostyki zaburzeń ciała człowieka. Habilitant wykazał, że opracowane podejścia mogą być przydatne w przypadku diagnozowania osób cierpiących na chorobę Parkinsona;
- c) Ma **walor aplikacyjny**: osiągnięte wyniki, które zostały opisane w pracach wchodzących w skład dwóch osiągnięć były testowane na danych rzeczywistych, które pochodziły ze starannie przygotowanych eksperymentów;
- d) Pierwsze osiągnięcie habilitacyjne jest **samodzielne w ok. 50% a drugie w 40%**: tylko jedna z prac wchodzących w skład osiągnięcia jest pracą samodzielną Habilitanta. W pozostałych pracach Pan dr inż. Piotr Wodarski wiodącą rolę odgrywał również tylko w jednej pracy (wkład powyżej 70%).

4.4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę niezaprzeczalny aspekt praktyczny recenzowanych osiągnięć habilitacyjnych oraz jego aktualność, jak również dobry wkład w rozwój dyscypliny uważam, że **spełnia ono w stopniu dobrym warunki art. 219 ustęp 1. punkt 2. Ustawy.**

5. Informacja o dorobku Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Habilitant jest autorem lub współautorem **łącznie 177 publikacji**, z uwzględnieniem prac z cyklu habilitacyjnego, w tym:

- **29 artykułów w czasopismach z listy JCR**, wśród tych publikacji **jest tylko jedna samodzielna praca Kandydata**;
- **monografia – brak**;
- **20 artykułów w czasopismach spoza listy JCR**;
- **128 rozdziałów w monografiach naukowych.**

Zestawienie ważniejszych działań eksperckich

Habilitant

- był koordynatorem z ramienia Katedry Biomechatroniki oraz członkiem zespołu projektowego ds. realizacji programu: Śląskie Centrum Inżynierskiego Wspomagania Medycyny i Sportu „Assist Med Sport Silesia”, działanie 1.1 RPO WSL 2014-2020 (2017-2021 r.);
- w latach 2016 i 2017 oraz 2022 i 2023 pełnił funkcję eksperta oceniającego wnioski w konkursie „Innowator Śląska” dla Górnośląskiej Agencji Przedsiębiorczości i Rozwoju sp. z o.o., Konkurs jest objęty patronatem honorowym Marszałka Województwa Śląskiego w ramach marki INNOSILESIA.

Współpraca z sektorem gospodarczym

W przedstawionym wykazie osiągnięć Kandydat wskazał współpracę z dziewięcioma jednostkami gospodarczymi, m.in.: EMT-Systems Sp. z o.o. z siedzibą w Gliwicach (w latach 2019 - 2023), SilSense Technologies SA z siedzibą w Gliwicach (od 2019 do obecnie) oraz Szpital Geriatryczny im. Jana Pawła II w Katowicach (w latach 2016 - 2017).

Patenty krajowe i międzynarodowe

- Aparatura do pomiaru sprawności psychofizycznej człowieka, numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia): 428372, numer patentu/prawa: 237884 (**patent polski i europejski**);
- Device to improve safety at the workplace, numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia): 42802218A (**patent europejski**);
- Urządzenie do pomiaru rozkładu nacisku stóp na podłoże oraz do pomiaru momentu sił rotujących kończyną dolną, numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia): 434688, numer patentu/prawa: 243709 (**patent polski**);
- Aparatura do oceny koordynacji podzielności i przerzutności uwagi w symulowanych trudnych warunkach pracy fizycznej, numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia): 428373, numer patentu/prawa: 240851 (**patent polski**).

Oprócz w/w patentów Habilitant ma zarejestrowane dwa wzory użytkowe oraz sześć wzorów przemysłowych.

Wdrożone technologie

Pan dr inż. Piotr Wodarski brał również udział w pracach wdrożeniowych, m.in.:

- wdrożenie oprogramowania usprawniającego prace placówek fizjoterapeutycznych w ramach działań w firmie IDS: IDS Idea Development Systems Jurkojć, Wodarski Spółka Jawna.

Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne

- System interaktywnej rehabilitacji kręgosłupa i postawy w aspekcie dynamicznej spersonalizowanej stymulacji, produkt będący rezultatem projektu POIR.04.01.02-00-0082/17-00;

intelektualnych, tworzeniem demonstratorów i prototypów, z tworzeniem autorskich opracowań typu *know how* (Międzynarodowe Centrum Badań Interdyscyplinarnych Politechniki Śląskiej);

- 10.03.2017-2021 Koordynator z ramienia Katedry Biomechatroniki i członek zespołu projektowego ds. realizacji programu: Śląskie Centrum Inżynierskiego Wspomagania Medycyny i Sportu „Assist Med Sport Silesia”, działanie 1.1 RPO WSL 2014-2020.

Współpraca z innymi ośrodkami naukowymi

- 22.05.2023 - 04.06.2023 Staż naukowy w Department of Neurology, UKSH, Campus Kiel, Christian-Albrechts-University, Germany (Niemcy);
- 06.06.2022 - 16.09.2022 Staż naukowy w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza Polskiej Akademii Nauk w Warszawie;
- 01.08.2018 - 31.08.2018 Staż naukowy w Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, w Katedrze Fizjoterapii Układu Nerwowego i Narządu Ruchu;
- 29.05.2017 - 26.06.2017 Staż naukowy w Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, w Katedrze Motoryczności Człowieka.

Kandydat był również w latach 2022 – 2023 redaktorem gościnnym w czasopiśmie Applied Science. Opracował również recenzje do kilku czasopism, m.in.: Biocybernetics and Biomedical Engineering, Gait & Posture, Journal of Biomechanics.

5.1. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę Kandydata

Osiągnięcia dydaktyczne

Wykładowca trzech przedmiotów w języku polskim, jednego w języku angielskim, prowadzący formy pomocnicze (zajęcia projektowe, ćwiczenia) do kilku przedmiotów.

Promotor **9 prac magisterskich** oraz **5 prac inżynierskich**.

Habilitant jest (lub był) **promotorem pomocniczym** w sześciu przewodach doktorskich (dwa z przewodów są zamknięte a cztery kolejne są w trakcie).

Osiągnięcia organizacyjne

- Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego dwóch konferencji;
- Kandydat jest współopiekunem Studenckiego Koła Naukowego Biomechatroniki „Biokreatywni” w Politechnice Śląskiej.

Osiągnięcia w popularyzacji nauki

Pan dr inż. Piotr Wodarski jest również aktywny na polu popularyzacji nauki. Jego aktywność dotyczy m.in.:

- współpracy z ze szkołami w Gliwicach i Mikołowie;
- popularyzacji nauki i prezentacji oferty edukacyjnej Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w szkołach średnich na terenie Zabrze i Mikołowa;
- udziału w organizacji Nocy Naukowców Politechniki Śląskiej w latach: 2016, 2018, 2019.

- Mobilne mechatroniczne urządzenie z funkcją pionizacji dla osób niepełnosprawnych zrealizowane w ramach projektu NB nr NB-289/RIB3/2019, dla firmy PHU „Technomex” Spółka z o.o.;
- Interaktywna kula ortopedyczna z pomiarem i rejestracją wybranych wielkości fizycznych we współpracy ze Szpitalem Geriatrycznym im. Jana Pawła II w Katowicach.

Nagrody i wyróżnienia

Za swoją działalność zawodową otrzymał m.in. następujące nagrody lub wyróżnienia:

- złoty medal oraz nagrodę WIPO (World Intellectual Property Organization) na 17. Międzynarodowych Targach Wynalazków i Innowacji INTARG® 2024 za wynalazek „Urządzenie do pomiaru rozkładu nacisku stóp na podłoże oraz do pomiaru momentu sił rotujących kończynę dolną”;
- wyróżnienie w XIII edycji Ogólnopolskiego Konkursu na najlepsze prace magisterskie i doktorską;
- 3 miejsce w X edycji konkursu "Mój Pomysł na Biznes";
- zespołowa Nagroda Rektora stopnia I za osiągnięcia organizacyjne (2018 r.).

5.2. Ocena dorobku Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora nauk

Analizując dorobek Habilitanta należy zwrócić uwagę na dużą liczbę projektów badawczych, badawczo-wdrożeniowych oraz wdrożeniowych, w których brał udział. W większości z tych projektów Pan dr inż. Piotr Wodarski był wykonawcą. W tej części dorobku Kandydata należy również zwrócić uwagę na to, że Kandydat pełnił funkcję wykonawcy w dwóch międzynarodowych projektach badawczych. Udział w tak wielu projektach pozwolił dr inż. Piotrowi Wodarskiemu na nawiązanie współpracy, która zaowocowała m.in. wspólnymi publikacjami. W kilku jednostkach (m.in. Department of Neurology, UKSH, Campus Kiel, Christian-Albrechts-University) odbył staż naukowy. Pan P. Wodarski wygłosił również pięć referatów na zaproszenie. Były to referaty wygłoszone m.in. na konferencjach HealthTech Innovation Conference w roku 2023 oraz Nowe Technologie w Schorzeniach Sercowo-Naczyniowych w roku 2019.

Oprócz projektów naukowych Habilitant wykazał się dużą aktywnością organizacyjną: współorganizował dwie konferencje naukowe, jest współopiekunem Studenckiego Koła Naukowego Biomechatroniki „Biokreatywni” w Politechnice Śląskiej.

Pan Piotr Wodarski jest również aktywny na polu działalności dydaktycznej. Wypromował 9 prac magisterskich oraz 5 prac inżynierskich. Prowadzi wiele zajęć, ćwiczeniowych i projektowych. Wykłada trzy przedmioty w języku polskim i jeden w języku angielskim. Warto również zaznaczyć, że Kandydat pełnił i pełni rolę promotora pomocniczego w sześciu przewodach doktorskich. Jest to bardzo ważny aspekt pracy badacza i naukowca.

W opisanym dorobku Habilitanta zwraca uwagę duża aktywność na polu eksperckim. Pan dr inż. Piotr Wodarski był m.in. koordynatorem z ramienia Katedry Biomechatroniki oraz członkiem zespołu projektowego ds. realizacji programu: Śląskie Centrum Inżynierskiego Wspomagania Medycyny i Sportu „Assist Med Sport Silesia”. Pełnił również funkcję eksperta oceniającego wnioski w konkursie „Innowator Śląska” dla Górnośląskiej Agencji Przedsiębiorczości i Rozwoju sp. z o.o. Działalność na polu

eksperckim, duża aktywność w otoczeniu gospodarczym zaowocowała czterema patentami (dwa z tych patentów są patentami polskimi a dwa europejskimi). Jest to fakt, który jest warty podkreślenia. Kandydat ma również interesujące osiągnięcia konstrukcyjne, m.in. jest współautorem systemu interaktywnej rehabilitacji kręgosłupa i postawy w aspekcie dynamicznej spersonalizowanej stymulacji jak również mobilnego mechatronicznego urządzenia z funkcją pionizacji dla osób niepełnosprawnych.

5.3. Podsumowanie

Dr inż. Piotr Wodarski brał udział w 17 projektach badawczych, badawczo-rozwojowych oraz wdrożeniowych, w tym dwa z nich to projekty międzynarodowe. Habilitant współpracował m.in. ze Department of Neurology, UKSH, Campus Kiel, Christian-Albrechts-University oraz Akademią Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach. Jest współautorem patentów polskich oraz europejskich. W mojej opinii ta działalność Kandydata **spełnia w stopniu bardzo dobrym wymagania art. 219 ustęp 1. Punkt 3. Ustawy.**

6. Wniosek końcowy

Materiał załączony do wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna spełnia wymagania wyartykułowane w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo szkolnictwie wyższym i nauce* i należy uznać go za dobrze uzasadniony.

Wniosek końcowy oraz konkluzja przeprowadzonej analizy jest jednoznacznie pozytywna i **wniosuję o nadanie dr. inż. Piotrowi Wodarskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.**

Podpisał Krzysztof Brzostowski (podpis odręczny)