

Opole, 10 października 2024 r.

Dr hab. inż. Szczepan Paszkiel, prof. PO
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Politechnika Opolska
ul. Prószkowska 76
45-758 Opole

Recenzja pracy doktorskiej mgra inż. Bartosza Biniasa
pt.: „***Application of EEG signals for prediction of delay in response time to unexpected events***” przygotowanej pod kierunkiem Promotora
– prof. dra hab. inż. Henryka Palusa

1. Podstawa prawna sporządzenia recenzji

Recenzja została sporządzona w związku z powołaniem mojej osoby na posiedzeniu w dniu 19 września 2024 r. przez Radę dyscypliny Inżynieria biomedyczna Politechniki Śląskiej do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych Pana mgra inż. Bartosza Biniasa. Ponadto podstawy prawne recenzji regulują: Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, (Dz.U. 2018 poz. 1668); art. 187.1 -41 oraz Rozporządzenie MNiSzW z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2018 poz. 261).

2. Podstawa faktyczna recenzji

Niniejsza recenzja sporządzona została na podstawie oceny rozprawy doktorskiej napisanej w języku angielskim i przedłożonej przez Doktoranta Pana mgra inż. Bartosza Biniasa. Praca liczy 87 stron, w tym po każdym rozdziale zawarto bibliografię. Ponadto do pracy dołączono sześć artykułów naukowych mgra inż. Bartosza Biniasa, zgodę Komisji bioetycznej na prowadzenia badań, a także patent (numer aplikacji: US17/050,199; numer publikacji: US11559044B2). Pracę rozpoczyna preface, lista publikacji dołączonych do pracy, lista pozostałych publikacji Autora, streszczenie w języku polskim oraz angielskim, słownik oznaczeń, spis treści, wykaz rycin i tabel. Powyższe elementy nie zostały przez Autora wliczone w liczbę 87 stron głównego tekstu recenzowanej dysertacji.

3. Struktura rozprawy doktorskiej

Rozprawa składa się z 5-ciu rozdziałów i załączników w postaci przede wszystkim sześciu publikacji naukowych, których współautorem i jednocześnie pierwszym Autorem jest Doktorant. Stwierdzam, że zaproponowany układ pracy odpowiada jej celowi, a mianowicie zbadaniu związku między pomiarami sygnałów EEG pochodzących od osoby badanej, a jej zdolnością do szybkiego i precyzyjnego podejmowania decyzji w reakcji na nieoczekiwane zdarzenia. Pierwszy z rozdziałów dotyczy wprowadzenia w tematykę rozprawy. Drugi rozdział charakteryzuje zagadnienia teoretyczne w zakresie sygnałów EEG, w tym przetwarzanie sygnałów EEG oraz predykcję. Rozdział trzeci to opis sześciu publikacji naukowych Autora. W rozdziale czwartym Doktorant przedstawił dyskusję otrzymanych wyników. Rozdział piąty zawiera konkluzje prowadzonych prac.

Doktorant w sposób właściwy potrafił przedstawić swoje analizy, rozwiązania, wykazał się istotną wiedzą w zakresie analiz sygnałów EEG, potrafił ustosunkować się nawet krytycznie do niektórych rozwiązań, jak również wskazał w końcowej części rozprawy (Conclusions) tzw. kwestie otwarte, które mogą być rozwiązane w toku dalszych badań, choć w niniejszym zakresie temat mógł być bardziej szczegółowo omówiony przez Autora dysertacji. Treść pracy odpowiada tytułowi „Application of EEG signals for prediction of delay in response time to unexpected events”, a sposób zredagowania pracy oceniam jako właściwy, choć sam fakt przedstawienia rozprawy doktorskiej z kluczowym rozdziałem, którego celem jest opis dotychczasowych publikacji Autora (Rozdział 3) uważam za rzadko praktykowany, choć zgodny z podstawą prawną sporządzenia recenzji. Ponadto zamieszczanie referencji – pozycji bibliograficznych tuż po każdym rozdziale pracy doktorskiej bardziej przypomina układ monografii naukowej wydanej w jednej z serii wydawnictwa Springer niż układ pracy doktorskiej. W niniejszym zakresie należy wskazać także na fakt, iż część z pozycji bibliograficznych powiela się względem rozdziałów, co niepotrzebnie zwiększa objętość pracy.

Recenzowana praca zawiera zarówno część teoretyczną (rozdziały 1 i 2) jak i eksperymentalną/dyskusyjną (rozdział 3 i 4) bazujący na dotychczasowych pracach współautorskich Autora ocenianej dysertacji. Doktorant sformułował efektywne podejście do problemu oraz zademonstrował faktycznie przeprowadzone wyniki badań, na które zezwoliła Komisja bioetyczna Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (Uchwała nr 2/1/2017 Uczelnianej Komisji Bioetycznej ds. Badań naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach z dnia 7 czerwca 2017 roku ws. opinii o projekcie eksperymentu medycznego).

4. Analiza i ocena problematyki badawczej, celów rozprawy oraz sformułowanych hipotez badawczych

Przedstawiona do recenzji dysertacja, ze względu na poruszaną problematykę jest rozprawą, którą można zaklasyfikować do dyscypliny inżynieria biomedyczna. Zaproponowany temat pracy doktorskiej stanowi zapowiedź tego, o czym będzie rozprawa, gdyż już w tytule: „Application of EEG signals for prediction of delay in response time to unexpected events” pojawiają się kwestie zastosowania sygnałów EEG do przewidywania opóźnienia czasu reakcji na nieoczekiwane zdarzenia.

Problematyka badawcza pracy dotyczy procedury przetwarzania sygnałów EEG, ekstrakcji istotnych informacji i przewidywania czasu reakcji człowieka na nieoczekiwane zdarzenia. Cele rozprawy określono jako zbadanie związku między pomiarami sygnału EEG pochodzących od osoby badanej, a jej zdolnością do szybkiego i precyzyjnego podejmowania decyzji w reakcji na nieoczekiwane zdarzenia.

Praca doktorska bazuje na materiale opublikowanym przez jej Autora w sześciu kluczowych dla jej celu publikacjach naukowych. Pierwszym z artykułów naukowych stanowiących podstawę pod rozdział nr 3 niniejszej dysertacji jest artykuł pt.: „Analysis of Relation between Brainwave Activity and Reaction Time of Short-Haul Pilots Based on EEG Data”, którego Doktorant jest pierwszym współautorem. Celem niniejszej pracy było zbadanie i ocena związku między koncentracją pilota, a czasem reakcji przy określonej aktywności mózgu podczas lotów krótkodystansowych. Uczestnicy wzięli udział w godzinnych sesjach lotu wykonywanych na symulatorze lotu klasy FNPT II. Fale mózgowe każdego uczestnika zostały zarejestrowane za pomocą urządzenia Emotiv EPOC+ Neuro Headset. Jak wynika z badań Autora większość uczestników wykazała statystycznie istotną, dodatnią korelację między mocą Theta w płacie czołowym, a czasem reakcji, co należy uznać za znaczące. Ponadto większość badanych wykazała statystycznie istotną, dodatnią korelację między mocą pasma, a czasem reakcji w zakresie Theta dla płatów skroniowych i ciemieniowych. Statystycznie istotne zmiany związane z wydarzeniem (ERC) zaobserwowano u większości badanych w płacie czołowym dla częstotliwości Theta, fal Beta w płacie czołowym i we wszystkich płatach dla pasma Gamma. Druga z publikacji naukowych wykazana przez Doktoranta jako kluczowa dla osiągnięcia celu niniejszej dysertacji nosi tytuł.: „Prediction of Pilot's Reaction Time Based on EEG Signals”, której to również Doktorant jest pierwszym z Autorów. Główną hipotezą tej pracy jest to, że czas opóźnienia reakcji na nieoczekiwane zdarzenie można przewidzieć na podstawie aktywności mózgu zarejestrowanej przed tym zdarzeniem. Taką aktywność umysłową można przedstawić za pomocą danych elektroencefalograficznych. Aby przetestować tę hipotezę, przeprowadzono eksperyment z udziałem 19 uczestników, którzy wzięli udział w 2-godzinnej sesji symulowanych lotów samolotów. Zaproponowano proces przetwarzania sygnału EEG, który składa się z wstępnego przetwarzania sygnału, ekstrakcji cech pasmowo-przepustowych i wykorzystania regresji do przewidywania czasów reakcji. Trzecia z prac Autora wykazanych

jako kluczowa w zakresie niniejszej dysertacji nosi tytuł: „A Machine Learning Approach to the Detection of Pilot's Reaction to Unexpected Events Based on EEG Signals”. Niniejsza praca przedstawia problem wykorzystania sygnałów EEG na potrzeby wykorzystania w systemach zaprojektowanych do monitorowania i poprawy osiągnięć pilotów samolotów. Autorzy przedstawili w niniejszej publikacji opis potencjału, jaki niosą ze sobą takie systemy, zwłaszcza w zakresie zwiększania bezpieczeństwa lotów. Przeprowadzone badania koncentrowały się głównie na problemie rozróżniania stanów aktywności mózgu związanych z beczynnym, ale skoncentrowanym oczekiwaniem na sygnał wizualny i reakcją na niego. W szczególności badany był problem wyboru właściwego algorytmu klasyfikacji dla takich problemów. W tym celu zaplanowano i przeprowadzono eksperyment z udziałem 10 osób. Eksperymentalne dane EEG uzyskano przy użyciu urządzenia Emotiv EPOC+ Neuro Headset. Proponowana metodologia uwzględniała wykorzystanie Common Spatial Pattern. Kolejno w ramach dysertacji w rozdziale trzecim powołano się na publikację naukową Autora dysertacji oraz Jego Promotora pt.: „Feature selection for EEG-based discrimination between imagination of left and right hand movements”. W tym artykule przeanalizowano wpływ wybranych cech na dokładność rozróżniania wyobrażeń ruchów prawej i lewej ręki na podstawie zarejestrowanych przebiegów EEG. Badanie wykazało znaczącą przewagę indywidualnego doboru cech i algorytmu klasyfikacji analizowanych danych nad bardziej ogólnym podejściem. Publikacja piąta wskazana jako kluczowa na potrzeby rozdziału nr 3 ocenianej dysertacji to artykuł konferencyjny pt.: „Normalization of feature distribution in motor imagery based brain-computer interfaces”. W niniejszym zakresie współautor publikacji i jednocześnie recenzowanej dysertacji wskazał, iż najpopularniejsze rozwiązania sprzętowe w BCI opierają się na sygnałach rejestrowanych przez elektroencefalograf (EEG). Niniejsze sygnały mogą być używane do rejestrowania i monitorowania aktywności bioelektrycznej mózgu. Aby poprawić wydajność algorytmu klasyfikacji, rozkład wyodrębnionych cech pasma był normalizowany przy użyciu funkcji logarytmu naturalnego. Wpływ na skośność cech, a także na ogólną dokładność klasyfikacji różnych ustawień transformacji Boxa-Coxa został przetestowany i porównany z klasycznym podejściem, które wykorzystuje funkcję logarytmu naturalnego. Ostatnia z publikacji wskazanych w ramach niniejszej dysertacji nosi tytuł: „Evaluation of alertness and mental fatigue among participants of simulated flight sessions”. W niniejszej publikacji Autorzy, w tym Autor niniejszej dysertacji podjęli próbę zaproponowania środków statystycznych pozwalających na ocenę parametrów psychicznych pilotów samolotów podczas symulowanych sesji lotu. Dzięki temu mogli zaproponować rozwiązanie wspomagające lot, które byłoby zdolne do monitorowania i ostrzegania o wszelkich potencjalnie niebezpiecznych przypadkach zmniejszonej koncentracji pilota lub zwiększonego zmęczenia. Do eksperymentu przedstawionego w niniejszym artykule wykorzystano ponownie urządzenia Emotiv EPOC+ Neuro Headset. Wszystkie eksperymenty przeprowadzono na symulatorach lotu Elite S812 FNPT II i Elite S923 FNPT II MCC.

Należy nadmienić, iż dla każdej z powyższych publikacji Doktorant wskazał w treści rozdziału nr 3, za co dokładnie odpowiadał i co było przedmiotem Jego wkładu pracy w daną publikację.

Ponadto należy nadmienić, iż powyższe prace przeszły pozytywnie proces recenzyjny i zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, z czego dwie ostatnie to publikacje konferencyjne w materiałach IEEE. W powyższym zakresie uważam jednak, że Doktorant mógł rozważyć także inne wydawnictwa (Elsevier, Springer), a co z tym się wiąże czasopisma, do publikacji efektów swoich prac.

Kolejno należy wskazać, iż Doktorant w pracy doktorskiej formułuje następujące tezy naukowe: „Po pierwsze możliwym jest przewidywanie czasu reakcji na nieoczekiwane zdarzenia na podstawie zbioru danych EEG”; „Po drugie, metody statystycznej analizy danych umożliwiają identyfikację aktywności mózgu związanej z reakcjami na nieoczekiwane wydarzenia.”; „Wreszcie, zastosowanie algorytmów klasyfikacji do danych EEG pozwala na rozróżnianie stanów mentalnej czujności związanych z antycypacją i reakcją na nieoczekiwane zdarzenia.”. Teza pierwsza uznana została za tezę główną, natomiast tezy druga i trzecia jako tezy uzupełniające. Powyższe tezy należy uznać za prawidłowo postawione w kontekście ich merytoryki.

Wybór tematyki pracy uważam za celowy i cenny w aspekcie naukowym, w tym w zakresie dyscypliny jaką jest inżynieria biomedyczna. Recenzowana praca doktorska wpisuje się w aktualne trendy badań w zakresie analizy sygnałów EEG, w tym w zakresie przewidywania opóźnienia czasu reakcji na nieoczekiwane zdarzenia.

5. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji dysertacja stanowi ciekawą i ważną analizę wskazanych problemów, dowodzi rzetelnej wiedzy oraz znajomości zarówno metod, jak i zasad prowadzenia własnych badań naukowych przez Doktoranta.

Zgodnie z przyjętymi celami badawczymi oraz koncepcją rozprawy rozdziały 1-2 stanowią analizę teoretyczną wybranych problemów. Rozdział trzeci odnosi się do dorobku naukowego Doktoranta, a mianowicie do sześciu publikacji naukowych, których Autor dysertacji jest pierwszym Autorem. Kolejne rozdziały to dyskusja i zakończenie w formie podsumowania. Warto jednak nadmienić, iż sama dyskusja ogranicza się do niepełnych 9 stron pracy nie licząc referencji, co powoduje, iż ten aspekt w pracy jest skromnie opisany.

Jak dowodzi treść pracy wynikiem rozprawy jest fakt, że algorytm SVMRBF wykazał obiecującą zdolność przewidywania czasu reakcji, osiągając średnią wartość MAE wynoszącą

114 ms oraz najniższe odchylenie standardowe błędów bezwzględnych wynoszące 68 ms. Zaobserwowano dodatnie korelacje między czasem reakcji, a mocą (power) Theta, Beta i Alpha w różnych płatach mózgu, bez istotnych korelacji ujemnych.

Doktorant podkreśla także w dysertacji, iż najważniejsze cechy wykorzystywane do przewidywania czasu reakcji obejmowały sygnał Gamma w płacie czołowym, Beta i Alpha w płacie czołowym oraz Gamma w płacie skroniowym.

Kolejno wskazano, iż istotne statystycznie zmiany w aktywności mózgu, mierzone miarami ERC z powodu zdarzeń nieoczekiwanych były widoczne w różnych płatach mózgu i zakresach EEG. Powyższe dowodzi możliwości wykrywania zmian aktywności EEG związanych z reakcją na nieoczekiwane bodźce. Ponadto przeprowadzone badania wykazały również możliwość rozróżniania pomiędzy stanami oczekiwania, a reakcji za pomocą modeli uczenia maszynowego. Powyższe należy uznać za cenne w zakresie tematyki prowadzonych przez Doktoranta badań.

Poniżej przekazuję uwagi krytyczne/spostrzeżenia/pytania do Autora dysertacji:

1. Należy zaznaczyć, iż Doktorant powinien w mojej opinii przedstawić w ramach dysertacji w załączeniu do artykułów naukowych ze stron „v-vi” oświadczenia o procentowym udziale poszczególnych współautorów ze względu na fakt, iż stanowią one kluczowy element rozprawy doktorskiej w zakresie rozdziału 3. Co prawda w niniejszych pozycjach literaturowych Doktorant jest zawsze pierwszym Autorem, ale są to publikacje współautorskie, gdzie liczba Autorów w niektórych przypadkach to cztery osoby. Niniejsze zostało uzupełnione na etapie sporządzania niniejszej recenzji, poprzez pisemne deklaracje Autora. Ponadto warto nadmienić, iż kluczowe publikacje dla wartości merytorycznej dysertacji, za które uznaję pozycję I (Paper I), pozycję II (Paper II) oraz pozycję III (Paper III) zgodnie z wykazem ze strony „v” wydano według kolejności w wydawnictwach: MDPI, Frontiers oraz Hindawi. Autor choć jedną z ww. publikacji mógł zgłosić do publikacji w Journal-ach bardziej renomowanych wydawnictw takich jak: Elsevier, Springer, czy Wiley. W szczególności, że dla artykułu pod tytułem: „Prediction of Pilot's Reaction Time Based on EEG Signals” Autor przedstawił załącznik B.3 Frontiers in Neuroinformatics Editor's Pick 2021, gdzie artykuł osiągnął ponad 11 000 odsłon i był 27 razy cytowany na 14.07.2024.
2. Przegląd literatury zawarty przez Autora dysertacji w ramach rozdziału 1 jest dość skromny jak na stan wiedzy w przedmiotowym obszarze. Doktorant przedstawia w niniejszym zakresie tylko 34 pozycje literaturowe, z czego żadna z pozycji nie odnosi się do ośrodków naukowych z Polski (poza pozycjami Doktoranta). Ponadto Doktorant wskazuje w ramach streszczenia, iż rozdział 1 zawiera przegląd: „aktualnej literatury”.

Warto jednak nadmienić, iż w przedmiotowym spisie literatury pojawiają się także pozycje z lat: 1987 (dwukrotnie), 1992, 2004, 2005, 2009.

3. Rozdział 2 pracy nie ma w pełni prawidłowo dobranego tytułu (Chapter 2 – Theory of EEG signals), ponieważ Autor nie przedstawia w nim tylko teorii w zakresie sygnału EEG, ale także odnosi się fundamentalnie do predykcji oraz algorytmów klasyfikacji, sztucznych sieci neuronowych, lasów losowych, czy też maszyny wektorów nośnych (SVM), co nie jest stricte związane z sygnałem elektroencefalograficznym.
4. Na stronie 9 Autor użył zwrotu „...insights into the enigmas of the human mind” w bezpośrednim tłumaczeniu na język polski: „...wgląd w zagadki ludzkiego umysłu”. Proszę o wyjaśnienie, co Doktorant rozumie pod tym pojęciem.
5. Pytanie: Proszę podać w sposób szczegółowy kryterium wyboru grupy badawczej do eksperymentów, w tym wprowadzane zmiany na przestrzeni poszczególnych publikacji Autora opisanych w ramach rozdziału 3.
6. Pytanie: Proszę o wyjaśnienie, dlaczego przepływ sygnału EEG w zakresie procesingu nie został przedstawiony na Fig. 2.1 na bazie algorytmu, tylko schematu w bliżej nieokreślonej notacji?
7. Pytanie: Proszę o wyjaśnienie jakie inne urządzenia do akwizycji sygnału EEG brano pod uwagę podczas wyboru urządzenia pomiarowego? Na ile Pana zdaniem wybór Emotiv EPOC+ Neuro Headset okazał się trafny i przykładowo nie generował opóźnień w akwizycji sygnału na potrzeby procesu identyfikacji sygnału EEG? Dlaczego na potrzeby badań nie wykorzystano elektroencefalografu klinicznego?
8. Na Figure 2.3 powołano się na standard 10-10. Proszę o rozszerzenie informacji w tym zakresie, czy inna kombinacja elektrod na przykład system 10-20 mógłby okazać się trafniejszym wyborem w zakresie realizacji pomiarów EEG na potrzeby celu niniejszej pracy doktorskiej? W ramach publikacji określonej jako Paper VI w niniejszej dysertacji, Doktorant wskazuje w zakresie streszczenia na fakt, iż: „urządzenie zapewnia 14 kanałów EEG rozmieszczonych zgodnie ze standardowym systemem rozmieszczenia elektrod 10-20”. Proszę o wyjaśnienie rozbieżności pomiędzy zapisem z pracy doktorskiej, a artykułem.
9. W rozdziale nr 2 zapisano, iż: „Participants were instructed to maintain a comfortable seated position and minimize movements during data recording.”, czy zatem podczas badania i późniejszej analizy sygnału weryfikowano ewentualne ruchy osób badanych podczas rejestrowania danych? Jeśli tak, jak ten proces był realizowany.

10. W rozdziale nr 3 nadmieniono, iż: „The participants were situated in the FNPT II Cessna flight symulator...”. Proszę o wyjaśnienie doboru niniejszego symulatora na potrzeby prowadzonych badań?
11. Proszę o uszczegółowienie w jakim zakresie zdaniem Autora pracy badania w niej opisane poszerzają zrozumienie procesów poznawczych? Proszę o przedstawienie neuropsychologicznego tła problemu.
12. Surowe potencjały EEG charakteryzują się słabą rozdzielczością przestrzenną. Z tego powodu wielokanałowe nagrania EEG mają tendencję do dostarczania niejasnego obrazu aktywności mózgu i konieczne jest zastosowanie metod przetwarzania i analizy sygnału. Proszę o przedstawienie możliwych sposobów na rozwiązanie powyższego problemu?
13. Proszę w sposób bardziej szczegółowy niż wykonano to w pracy w rozdziale 5 omówić możliwość przyszłych badań w zakresie celu pracy doktorskiej. W szczególności w zakresie potencjalnych aplikacji badań, w tym w systemach wspierających pilotów. Ponadto proszę wskazać na ile Pana zdaniem przedstawione rozwiązanie może służyć jako podstawa dla systemu, który w przyszłości mógłby zwiększyć bezpieczeństwo ruchu lotniczego. Czy w niniejszym zakresie były już wykonywane wstępne analizy?

Należy przy tym wskazać, iż uwagi krytyczne zawarte w tym punkcie recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i porządkowy. Proszę jednak, aby Doktorant ustosunkował się do nich przed planowanym terminem obrony i przekazał odpowiedzi do mojej wiadomości.

6. Aspekty formalne i językowe rozprawy doktorskiej

Praca pod względem formalnym przygotowana została poprawnie, choć wykazuje też pewne usterki. Przede wszystkim w pracy spotyka się specyficzne pogrubienia, które co do zasady nie powinny mieć miejsca w rozprawie doktorskiej, a jeśli już są stosowane, to powinno być to konsekwentne, tzn. powinny być wykorzystywane według jasnego klucza. Obecnie sprawia to wrażenie przypadkowości. Przykładowo na stronie 73 część tytułu cytowanej publikacji napisana jest bez pogrubienia, natomiast fragment tytułu o treści: „... Time from EEG” sprawia wrażenie pogrubionego.

Język pracy jest klarowny, zrozumiały. Składnia i stylistyka języka angielskiego są dobre. W pracy zidentyfikowałem jednak kilka niedociągnięć edytorskich, a mianowicie:

1. Wymieniając tezy w języku polskim Doktorant dla trzeciej z nich zapisał: „Wreszcie, zastosowanie algorytmów klasyfikacji do danych EEG pozwala na rozróżnianie stanów

mentalnej czujności związanych z antycypacją i reakcją na nieoczekiwane zdarzenia.”. W powyższym zakresie w mojej opinii zamiast słowa: „wreszcie” trafniejszym byłoby użycia po prostu zapisu: „Po trzecie...”.

2. Zapis w ramach Streszczenia, iż jeden z rozdziałów: „oferuje kompleksowe spojrzenie...” jest bardziej popularno-naukowy, niż naukowy i nie powinien zostać użyty w dysertacji.
3. Na stronach xiv-xv w bloku nagłówkowym zawarto napisy w języku polskim: ‘STRESZCZENIE”, gdzie niniejsze strony dotyczą sekcji: *Acronyms*.
4. W ramach Streszczenia w języku polskim Doktorant błędnie dzieli wyrazy przykładowo: „is-totnych” oraz „na-jważniejsze”.
5. W pozycjach literaturowych – przykładowo w rozdziale nr 1 dla pozycji 27 i 28 brakuje nawiasów dla roku wydania danego artykułu. Podobny brak systematyczności zapisu występuje w zakresie kolejnych rozdziałów, w tym w ramach rozdziału nr 2 – przykładowo pozycje: 3, 4, 5, 8, 9, 14 również nie posiadają nawiasów do roku wydania.
6. Dla zachowania ścisłości Doktorant w swojej dysertacji powinien używać konsekwentnie sformułowania Emotiv EPOC+ Neuro Headset w zakresie nazwy własnej urządzenia. Obecnie to samo urządzenie nie zawsze identyfikowane jest pełną nazwą własną. Raz Doktorant używa zapisu: „Emotiv EPOC+ Headset”, raz: „Emotiv EPOC+”, kolejno: „EPOC+”. Ponadto raz w pracy zapisano: „Emotiv EPOC+ Headset”, a raz: „Emotiv Epoc+ Headset”. Brak jest zatem pełnej standaryzacji, a jest to nazwa własna produktu.
7. Na stronie 48 Autor w liście wypunktowanej powinien na zakończeniu poszczególnych linii umieścić przecinek, a przy ostatniej linii kropkę, tak jak to ma miejsce w pozostałych listach wypunktowanych zastosowanych w dysertacji.
8. Doktorant powinien w sposób usystematyzowany odwoływać się do równań zamieszczanych w treści pracy. W większości przypadków w treści rozdziału/tekstu przywołano konkretny indeks danego wzoru/równania, ale zdarzają się fragmenty, w których niniejszego nie uczyniono. Przykładowo dotyczy to równania: 2.10, 2.12.
9. Należy stwierdzić, za zbyteczne wskazywanie dwukrotnie w pracy w ramach rozdziału nr 3 w zakresie list wypunktowanych fal: „Delta (1-4 Hz), Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz) ...”. W pierwszej kolejności Autor wykazuje je na stronie 53, a kolejno na stronach 61/62. Informacje niniejsze są powielone.

Ponadto należy stwierdzić, iż w pracy zdarzają się bardzo nieliczne literówki. **Wymienione w ramach niniejszego punktu mojej oceny uwagi edytorskie nie wpływają jednak na pozytywną ocenę merytoryczną niniejszej pracy.**

7. Bibliografia rozprawy doktorskiej

Opracowanie podzielone jest na rozdziały, z których każdy za wyjątkiem ostatniego kończy się osobną bibliografią. Rozdział nr 1 pracy kończą referencje, w których zawarto 34 pozycje bibliograficzne. Rozdział 2 posiada 89 pozycji bibliograficznych. Kolejno w rozdziale 3

powołano się na 16 pozycji bibliograficznych. Rozdział 4 to 24 pozycje literaturowe. Rozdział 5 będący podsumowaniem nie zawiera pozycji literaturowych.

Bibliografia zawarta w pracy nasuwa jednak pewne zastrzeżenia merytoryczne. Po pierwsze nie jest w pełni zasadne, aby każdy z rozdziałów kończył się indywidualną bibliografią/referencjami. W szczególności, iż część z niniejszych pozycji bibliograficznych powtarza się względem poszczególnych rozdziałów. Zwiększa to tym samym sztucznie objętościowo ocenianą dysertację.

Ponadto w przypadku pozycji bibliograficznych stanowiących studium literaturowe pod rozdział 1, a co się z tym wiąże całość pracy należy wskazać, iż przedstawione 34 pozycje są dość skromne. Doktorant nie wskazuje na prace z polskich ośrodków naukowych – poza swoimi pozycjami bibliograficznymi (12, 21, 22, 23). Warto natomiast podkreślić, iż zgodnie z deklaracją Doktoranta pierwszy z rozdziałów pełni rolę Wprowadzenia (Introduction).

Warto także zauważyć, że Autor nie korzystał w pełni z najnowszych wydań publikacji, ponieważ przykładowo w spisie literatury z rozdziału nr 1 pojawiają się także pozycje z lat: 1987 (dwukrotnie), 1992, 2004, 2005, 2009, choć Doktorant sam wskazał w rozdziale nr 1 na fakt, iż niniejszy rozdział zawiera przegląd: „aktualnej literatury”.

Podsumowując należy jednak stwierdzić, iż referencje zostały w zdecydowanej większości dobrane prawidłowo i są one bezpośrednio związane z celem pracy doktorskiej, którym to było zbadanie związku między pomiarami sygnałów EEG pochodzących od osoby badanej, a jej zdolnością do szybkiego i precyzyjnego podejmowania decyzji w reakcji na nieoczekiwane zdarzenia.

8. Wniosek końcowy

Reasumując, recenzowana praca spełnia kryteria właściwe dla rozpraw doktorskich, co uzasadnia postawienie wniosku o przyjęcie rozprawy doktorskiej, dopuszczenie jej do publicznej obrony i kontynuowanie czynności w ramach przewodu doktorskiego Pana mgr inż. Bartosza Biniasa.

Warto także nadmienić, iż w załączniku B.4 Doktorant przedstawił swoje wskaźniki w zakresie Indexu Hirscha na dzień 14.07.2024, które poczynszyszy od bazy Web of Science, a następnie Scopus oraz Google Scholar kształtują się w zakresie wartości H=5/6/6. Niniejsze należy uznać za właściwe jak na aktualny etap pracy naukowej Doktoranta, choć jak wynika z dokumentacji Doktorant pracował nad niniejszą dysertacją blisko 10 lat (zgodą Komisji bioetycznej na prowadzenie badań została wydana w czerwcu 2017, natomiast pierwszy artykuł przedstawiony w wykazie prac publikacyjnych w ramach dysertacji ukazał się w roku

2015, tym samym prace nad nim musiały zacząć się nie później niż w roku publikacji). Przedstawione wskaźniki bibliometryczne dowodzą jednak pewnej cytowalności prac Autora zarówno w zakresie krajowym jak i międzynarodowym. W bazie Scopus na dzień sporządzania recenzji zaindeksowano 92 odwołania do prac Autora w sumarycznej liczbie 70 prac naukowych. Autor przedstawił w pracy łącznie 14 publikacji z czego we wszystkich jest pierwszym Autorem, co należy uznać za warte podkreślenia.

Należy także zaznaczyć, iż Autor pracy wykazał się wyjątkową dbałością o jakość wizualną dokumentu w postaci przedmiotowej dysertacji. Praca mimo drobnych błędów edytorskich prezentuje się bardzo dobrze.

dr hab. inż. Szczepan Paszkiel, prof. PO