

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Biniasa

w związku z postępowaniem w sprawie nadania w/w stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

Niniejsza ocena została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Roberta Michnika,
RDIB.002.54.2024 z dnia 26.09.2024 r.

1. Znaczenie podjętej tematyki

Związek między sygnałami EEG a szybkością reakcji na zdarzenie człowieka jest przedmiotem wielu badań z zakresu neurokognitywistyki i psychofizjologii. Rejestracja sygnałów EEG pozwala analizować procesy zachodzące podczas przetwarzania informacji i reakcji na bodźce. Może również wykrywać zmiany w aktywności mózgu związane ze zmęczeniem, odpowiadając na pytanie, co wpływa na szybkość reakcji. Spadek częstotliwości fal w zakresie beta oraz wzrost aktywności fal Theta i Alfa może wskazywać na obniżoną czujność, co prowadzi do wolniejszych reakcji. Zatem sygnały EEG dostarczają bogatych informacji o procesach neuronalnych związanych z przetwarzaniem bodźców i przygotowaniem reakcji przez organizm człowieka. Analiza ERP, aktywności w różnych pasmach częstotliwości oraz desynchronizacji fal mózgowych pozwala lepiej zrozumieć, jak mózg reaguje na zdarzenia i jak te procesy wpływają na szybkość reakcji. Podjęta tematyka przez Doktoranta jest więc ważna i aktualna nie tylko z medycznego punktu widzenia ale też z innych dziedzin i dyscyplin nauki w których istotne i ważne jest szybkie podejmowanie decyzji.

2. Struktura rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Bartosza Biniasa, pt. "Application of EEG signals for prediction of delay in response time to unexpected events", została przedstawiona w formie przewodnika po 6 publikacjach. Praca została napisana w języku angielskim pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Henryka Palusa, prof. PŚ.

Autor, zaraz po wprowadzeniu, liście publikacji wchodzących w skład rozprawy, streszczeniach, spisie skrótów, spisie rysunków i tabel, przedstawia pierwszy rozdział, który został poświęcony uzasadnieniu wyboru tematyki oraz tezie i celowi pracy.

Drugi rozdział to przedstawienie koncepcji, podstaw teoretycznych oraz metod przetwarzania sygnałów EEG. Dodatkowo Autor omawia metodę analizy predykcyjnej z przeprowadzonych pomiarów i ich rezultatów.

Trzeci rozdział został poświęcony omówieniu publikacji naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Doktorant w tym rozdziale szczegółowo omawia nowy wkład w obszar analizy sygnałów EEG oraz praktycznej przydatności prezentowanych metod.

W czwartym rozdziale przedstawiono analizę otrzymanych wyników oraz porównanie z literaturą przedmiotu.

Ostatni piąty rozdział zawiera podsumowanie, wnioski końcowe oraz kierunki dalszych badań.

Rozprawę kończy dodatek w formie przedruków 6 publikacji Autora oraz zgoda komisji bioetycznej i wykaz innych osiągnięć Doktoranta.

Struktura rozprawy jest prawidłowa.

3. Cel pracy i teza rozprawy

Teza rozprawy została przedstawiona przez Autora w pierwszym rozdziale (podrozdział 1.1, str. 5), w ramach której przyjęto, że możliwe jest przewidywanie czasu reakcji na zdarzenie na podstawie analizy sygnału EEG. Autor w tym zakresie podał też jej uzasadnienie oraz przyjęte ograniczenia. W kolejnych dwóch tezach pracy Autor wymienia, między innymi że

jest możliwe zidentyfikowanie aktywności mózgu związanej z szybką reakcją na niespodziewane zdarzenia za pomocą metod statystycznych i analizy danych. Teza pracy została prawidłowo postawiona, a cel główny, zrealizowany. Zarówno teza pracy, jak też cele pracy, odpowiadają zakresowi i tematyce rozprawy oraz określają zakres przeprowadzonych badań. W treści rozprawy, w zakresie merytorycznym obejmującym przedstawione artykuły oraz w podrozdziale 4 (dyskusja) udowodniono postawioną tezę pracy oraz przedstawiono nowy wykład Autora w inżynierię biomedyczną.

4. Metodyka badań

Przedstawiona przez Autora metodyka badań jest prawidłowa. Autor nie tylko zastosował różne metody analizy i przetwarzania danych EEG ale też odniósł proponowane metody do konkretnych ich zastosowań w praktyce. Przykładowo aby ocenić wydajność pilotów podczas krótkich lotów, przeprowadzono zestaw eksperymentów, w których uczestnicy latali w symulowanych warunkach na profesjonalnym symulatorze. Celem przedstawionych badań było zmierzenie aktywności mózgu człowieka podczas symulowanych sesji krótkich lotów. Natomiast w trakcie sesji eksperymentalnych na głównym ekranie symulatora losowo wyświetlano wizualne sygnały. Uczestnicy badania byli w wieku od 20 do 35 lat. W czasie kiedy na ekranie pojawiał się sygnał wizualny, uczestnicy mieli nacisnąć wyznaczony przycisk natychmiast. Pomiar czasu reakcji oraz współtowarzyszący mu sygnał EEG potwierdziły ich wzajemną korelację. Istotna, pozytywna korelacja między mocą fal Theta w płacie czołowym a czasem reakcji, wskazuje, że zwiększona aktywność Theta w tym obszarze jest związana z dłuższym czasem reakcji. Ponadto u większości uczestników zaobserwowano istotne, pozytywne korelacje między mocą pasma a czasem reakcji w zakresie fal Theta w płatach skroniowym i ciemieniowym, co sugeruje zaangażowanie tych obszarów w procesy poznawcze związane z czasem reakcji. Dodatkowo, u ponad połowy badanych stwierdzono pozytywne korelacje w zakresie fal Beta w płacie czołowym, co wskazuje na potencjalną rolę aktywności Beta w modulowaniu czasu reakcji. Jest to przykład prawidłowo postawionego problemu badawczego, zaproponowania autorskiej metody jego rozwiązania oraz prawidłowo wyciągniętych wniosków przez Autora. W związku z tym ten i pozostałe przedstawione artykuły z cyklu, potwierdzają umiejętność Autora w sformułowaniu celów badawczych, nowych metod i algorytmów analizy i przetwarzania danych dla poprawnie przygotowanego eksperymentu badawczego.

Proponowana metodyka badań w zakresie analizy danych pochodzących z EEG została przez Doktoranta opisana w 6 artykułach:

- [1] Binias, B., Myszor, D., Binias, S. & Cyran, K. A. (2023). Analysis of Relation between Brainwave Activity and Reaction Time of Short-Haul Pilots Based on EEG Data. *Sensors*, 23(14), 6470.
- [2] Binias, B., Myszor, D., Palus, H. & Cyran, K. A. (2020). Prediction of Pilot's Reaction Time Based on EEG Signals. *Frontiers in Neuroinformatics*, 14, 6.
- [3] Binias, B., Myszor, D. & Cyran, K. A. (2018). A Machine Learning Approach to the Detection of Pilot's Reaction to Unexpected Events Based on EEG Signals. *Computational Intelligence and Neuroscience*.
- [4] Binias, B. & Palus, H. (2015). Feature Selection for EEG-Based Discrimination Between Imagination of Left and Right Hand Movements. *Measurement Automation Monitoring*,
- [5] Binias, B., Grzejszczak, T. & Niezabitowski, M. (2016, June). Normalization of Feature Distribution in Motor Imagery Based Brain-Computer Interfaces. In 2016 24th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED) (pp. 1337-1342).
- [6] Binias, B., Myszor, D., Niezabitowski, M. & Cyran, K. A. (2016). Evaluation of Alertness and Mental Fatigue Among Participants of Simulated Flight Sessions. In 2016 17th International Carpathian Control Conference (ICCC) (pp. 76-81).

W tym trzy z nich zostały opublikowane w czasopismach o IF równym odpowiednio: *Sensors* IF=3.4, *Frontiers in Neuroinformatics* IF=4.23 oraz *Computational Intelligence nad Neuroscience* z IF=2.15. Kolejny artykuł ukazał się w czasopiśmie *Measurement Automation Monitoring* oraz dwa kolejne w materiałach pokonferencyjnych (24th Mediterranean Conference on Control and Automation i 17th International Carpathian Control Conference).

Niezależnie od bogatego dorobku publikacyjnego w przedstawionej rozprawie dostrzegłem kilka drobnych usterek merytorycznych, które nie wpływają na moją pozytywną ocenę pracy, jednakże chciałbym, aby mgr inż. Bartosz Binias się do nich odniósł podczas publicznej obrony:

1. Czy optymalizowano, od strony zmniejszenia złożoności obliczeniowej, kod źródłowy analizy sygnałów EEG? Chodzi tutaj o możliwość praktycznego wykorzystania stworzonych algorytmów i ich implementację.
2. Jaką jest wrażliwość stworzonych algorytmów na zmianę ich parametrów? W jaki sposób wpływają parametry algorytmów na otrzymywane rezultaty? Czy otrzymywane wyniki są, a jeżeli tak, to w jakim zakresie powtarzalne dla tego samego badanego?
3. Jakie są parametry akwizycji sygnału EKG na którym testowano stworzone metody?
4. W jaki sposób Autor wyeliminował ruchy mięśni, mruganie, oddychanie i inne działania fizyczne, które mogą wprowadzać zakłócenia w sygnałach EEG?

5. W jaki sposób przeprowadzono w ramach niniejszej rozprawy ślepą separację źródeł? Rejestrowane sygnały EEG zazwyczaj pochodzą z wielu źródeł a rozdzielenie ich na składowe jest trudnym zagadnieniem.

Dodatkowo w pracy zauważyłem kilka błędów redakcyjnych. Przykładowo zmienne przedstawione w rozprawie są zamiennie zapisywane czcionką pochyłą i bez pochylenia np. wzór 2.13 (str. 25) – „L2” wstępuje we wzorze natomiast poniżej jest odniesienie do „L2” podobnie wzór 2.12 czy 2.26 („n-dimensional space”).

Wskazane przeze mnie usterki merytoryczne i drobne błędy redakcyjne mają charakter polemiczny i przede wszystkim powinny pomóc Autorowi w dalszym rozwoju naukowym. Podsumowując, praca stanowi cenny wkład w zakres analizy sygnałów EEG a przyjęta metodyka badań jest poprawna.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że Pan mgr inż. Bartosz Binias wykazał się dużą wiedzą z zakresu analizy i przetwarzania sygnałów cyfrowych, a także opanowaniem i sprawnym posługiwaniem się warsztatem badawczym. Rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Biniasa pt. "Application of EEG signals for prediction of delay in response time to unexpected events" jest oryginalnym, interesująco przedstawionym, uzasadnionym i twórczym wkładem w dyscyplinę inżynieria biomedyczna. Niniejsza rozprawa doktorska zawiera poprawnie sformułowany i rozwiązany problem badawczy oraz posiada bardzo duży aspekt praktyczny, stanowi zatem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Zgodnie z powyższym stwierdzam, że mgr inż. Bartosz Binias spełnia wymogi formalne o których mowa w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r., Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. dnia 30 sierpnia 2018 r., poz. 1669) w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Bartosza Biniasa do dalszych etapów przewodu doktorskiego i wnioskuję o wyróżnienie pracy.