

Prof. dr hab. Daniel Krzysztof Wójcik

Warszawa, 7.12.2022

Pracownia Neuroinformatyki

Instytut Biologii Doświadczalnej

im. Marcelego Nenckiego PAN

02-093 Warszawa, ul. Pasteura 3

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Andrzeja Kawiaka pt.: „Metoda pomiaru wiarygodności źródła wykorzystująca elektroencefalografię ilościową i uczenie maszynowe”**

Rozprawa mgr. Andrzeja Kawiaka dotyczy obiektywizacji pomiaru wiarygodności źródeł komunikatów społecznych. Autor zwraca uwagę na problem propagowania dezinformacji i fałszywych wiadomości, szczególnie w mediach społecznościowych, i rozważa przyczyny tego zjawiska. W szczególności zastanawia się, w jaki sposób weryfikujemy wiarygodność komunikatu, a następnie zwraca uwagę na kilka subtelnych aspektów tej wiarygodności. Celem rozprawy autora jest opracowanie metodologii szacowania subiektywnej wiarygodności źródła komunikatu w oparciu o pomiary EEG z wykorzystaniem uczenia maszynowego, a następnie jej walidacja doświadczalna.

Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów: rozdziału wstępnego, który omawia kontekst badanego problemu, trzech rozdziałów metodycznych, rozdziału z wynikami autora oraz dyskusji. Całość rozprawy ma ponad 170 stron, prawie 250 cytowań, kilka tabel i prawie 40 rysunków. Rozdział wstępny wystarczająco i odpowiednio przedstawia kontekst centralnego zagadnienia pracy. Rozdział 2 omawia biofizyczne podstawy generacji sygnałów EEG, biofizykę neuronu, związki aktywności komórki z pomiarem EEG, fale EEG i potencjały wywołane. Rozdział 3 omawia praktykę i podstawowe wyzwania rejestracji EEG, zarówno na poziomie doświadczalnym jak i analizy, z naciskiem na potrzeby analizy potencjałów wywołanych. Rozdział 4 omawia metody odwrotne lokalizacji źródeł aktywności neuronalnej oraz neuronalne korelaty procesu decyzyjnego i wiarygodności opisywane w literaturze. Ta ostatnia część (rozdziały 4.4 do 4.6) powinna być wydzielona albo dołączona do rozdziału 1, gdzie pasuje bardziej naturalnie. Rozdział 4.6, który wprowadza jedną z metod stosowanych przez autora, był dla mnie nieczytelny. Funkcja MEC nie została jasno zdefiniowana w pracy, a przynajmniej nie rozumiem obecnej tu dyskusji, nie wiem też, co to za skrót. W pracy nie ma spisu użytych skrótów,

a kiedy skrót jest wprowadzany, często bierze się z nazwy angielskiej, której autor nie podaje, co utrudnia powiązanie skrótu z wielkością, którą opisuje. Na przykład, dlaczego Poziom Wiarygodności Źródła to SCL a nie PWŻ (s. 92)?

Rozdział 5 omawia doświadczenia wykonane przez autora, przy czym podrozdział 5.1 omawia problem badawczy częściowo powtarzając, częściowo rozszerzając informacje z rozdziału pierwszego. Wydaje mi się, że lepiej było to zintegrować z rozdziałem pierwszym. Następnie autor omawia dwa doświadczenia, które przeprowadził, wskazując na różnice między nimi, ale nie tłumacząc, dlaczego zdecydował się na zmianę protokołu dla drugiej grupy. Píše, że wykorzystano inne modele anatomiczne, ale nie píše jakie w pierwszym a jakie w drugim doświadczeniu. Po omówieniu swoich doświadczeń kandydat opisuje, jakie hipotezy badawcze postawił i jak na nie odpowiadał, szczegółowo przedstawiając wyniki statystyczne oraz wybrane aspekty przetwarzania danych. Autor buduje różne modele statystyczne, zarówno opisowe jak i predykcyjne. Wykorzystanie metod odwrotnych pozwoliło autorowi na identyfikację struktur korowych zaangażowanych w przetwarzanie informacji dotyczącej wiarygodności źródła. W ostatnim rozdziale autor podsumowuje i dyskutuje swoje wyniki wskazując swoje osiągnięcia. Nie mam wątpliwości, że autor osiągnął pewne zrozumienie badanego zagadnienia a zatem postawiony cel.

W pracy zabrakło mi rozdziału opisującego czytelnie wykorzystane metody doświadczalne. Nie chodzi mi przy tym o metody, które wykorzystuje się w dziedzinie – co akurat autor z nadmiarem przygotował – ale o metody doświadczalne, które autor wykorzystał. Jakie były grupy doświadczalne, jak były rekrutowane, jak wyglądało przetwarzanie wstępne danych i cały proces analizy. Informacje te w większości są w pracy podane ale powinny być lepiej zorganizowane. Na przykład informacja o liczebności grupy doświadczalnej w pierwszym doświadczeniu pojawia się dopiero w dyskusji na stronie 139. Z kolei liczebność drugiej grupy jest podana przy omówieniu wyników na s. 130. Omawiając przygotowanie rejestracji do analizy autor píše np. w rozdziale 5.2.2: „Na początku surowe serie czasowe EEG zostały poddane postprocessingowi, uśrednione.” Co to znaczy? jakimu postprocessingowi? W rozdziale 3 autor omówił wiele aspektów analizy EEG, ale nie wiemy, jak konkretnie przetwarzał sygnał, o którym píše w rozdziale 5.2.2. W rozdziale metodycznym, którego zabrakło, powinien być opisany konkretny potok obliczeniowy a w wynikach powinno być do niego odniesienie.

Zgodnie z ustawą ocena rozprawy doktorskiej powinna zawierać trzy elementy:

- 1) ocenę, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata;
- 2) ocenę, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez kandydata;

3) ocenę, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Nie mam wątpliwości, że rozdziały teoretyczne 2-4 wystarczająco przedstawiają ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w zakresie klasycznej analizy EEG jak i metod odwrotnych. Dyskusja w rozdziałach 5 i 6 wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez kandydata, wykazuje również wkład autora w zrozumienie problemu, który postawił w rozdziale pierwszym, co stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Uważam zatem, że warunki ustawowe autor spełnił. Niestety, rozprawa zawiera liczne usterki i niezręczności językowe i techniczne. Większość z nich jest drobna ale jest ich dużo, na pewno zabrakło ostatecznej redakcji rozprawy, która pozwoliłaby autorowi je wyeliminować. Większość tekstu udało mi się zrozumieć, niektóre pozostały zagadką. Np. na s. 94 autor pisze „Zbiór testowy i uczący był stworzone przez ERP, z pomiarów od oddzielnych osób powstałych przy stymulacji” co już było ponad moje siły. Poniżej zwrócę uwagę na wybrane usterki rozprawy i wskażę kilka kwestii, do których chciałbym, żeby autor odniósł się na obronie.

Na s. 3 autor pisze „Samo pytanie uczestników, czy wierzą w fake newsy, lub wnioskowanie o tym na podstawie ich zachowań, nie jest wystarczające, by z całą pewnością stwierdzić, że fake news zostały uznane za wiarygodne, nie może też ujawnić prawdziwych powodów takiej decyzji.” Pytanie: czy EEG jest wystarczające? **Czy możemy z całą pewnością uznać, że fake newsy zostały uznane przez badanego za wiarygodne na podstawie jego EEG? Po drugie, czy EEG może ujawnić powody tej decyzji, tj. uznania fake newsów za wiarygodne?**

Na s. 97 autor pisze *Różnice w schemacie stymulacji pomiędzy pierwszym oraz drugim dotyczyły wyglądu planszy stymulacyjnej, czasów prezentowania planszy oraz planszy fiksacyjnej.* **W jakim celu zmodyfikowano schemat doświadczalny?**

**Na czym polega optymalny post-processing sygnałów ERP ze s. 104?**

Nie rozumiem tabelki 5.3. Co to znaczy np. ilość decyzji -7,575 przy teście Z dla 50%? **Proszę o wyjaśnienie i omówienie tej tabeli.**

Na rysunkach 5.13-5.16 podpisy sugerują, że pokazano wyniki z elektrody 108, co jest zgodne z opisem na osiach. Ale na rysunkach 5.8-5.11 – nie. Mamy po kolei elektrody E109, 139, 151, 151. **Proszę o komentarz, czy błąd jest na rysunkach, czy w podpisach, i czy ma to jakieś konsekwencje. Nie widzę w szczególności, dlaczego którakolwiek z tych elektrod powinna być wybrana w kontekście wyników z Tab. 5.9-11. Dlaczego wybrano takie a nie inne elektrody dla ilustracji?**

Zabrakło mi porównania wyników obu doświadczeń na poziomie anatomicznych. W szczególności w pierwszym doświadczeniu autor wskazał aktywność struktur odpowiedzialnych za kodowanie słów i twarzy. Zabrakło mi porównania aktywacji tych i innych struktur pomiędzy oboma

doświadczeniami. Chętnie bym zobaczył takie bezpośrednie porównanie – które struktury zachowywały się tak samo, a które inaczej, i czy to jest spójne z oczekiwaniami autora. w kontekście zmienionego protokołu doświadczalnego.

Drobne uwagi i niezręczności, do których autor nie musi się odnosić na obronie

- s. 5: *Zaimplementowanie stymulacji neuronalnej danych* – nie wiem na czym polega *stymulacja neuronalna danych*
- s. 16: *z niego wychodzą różne wypustki* – z jądra komórkowego?
- Opis dynamiki jonowej na dole s. 16 miesza jony sodu i potasu. Zarówno jony sodu jak i potasu dążą do osiągnięcia stanu równowagi. Opis potencjału czynnościowego zawiera błędy.
- s. 18: inaczej niż autor pisze, uważa się, że EEG odzwierciedla głównie wyniki sumowania potencjałów postsynaptycznych, a nie czynnościowych.
- s. 19: „Wiele potencjałów EPSP powstaje w wielu miejscach, na synapsach sumują się i zwiększają ich depolaryzację.” ??? może chodzi o sumowanie na wzgórku aksonalnym?
- s. 20: jest wiele neuroprzekaźników pobudzających, nie tylko acetylocholina. Dendryty komórek piramidalnych są położone prostopadle do kory. Komórki są ułożone wzdłuż linii równoległej do powierzchni głowy. Komórki nie muszą mieć tego samego typu wejścia, natomiast rzeczywiście muszą być istotnie zsynchronizowane. „Jeżeli hamowanie trwa 1/10 s, to pobudzenie trwa również 10 razy w ciągu sekundy” – niejasne.
- s. 21 – nie ma wyładowań oscylacyjnych.
- s. 26 *jest nietypowym problemem odwrotnym* - jest **typowym** problemem odwrotnym
- rozdziały 3.1 i 3.2 mają taki sam tytuł.
- Opis modułowy w rozdziale 3.3 jest niezrozumiały. Co to za moduły? sprzętowe? softwarowe? doświadczalne?
- s. 43: *Funkcję splotu można opisać wzorem. jakim?*  
*Operacja splotu jest sumą iloczynów.* niejasne  
Wzór 3.3 używa gwiazdki na oznaczenie dwóch różnych operacji, prawa strona jest też niekompletna.
- s. 45: ostatni akapit jest powtórzony.
- s. 52: segment neuroanatomiczny – o co chodzi?
- s. 52 i 53 – autor czasem pisze P300 a czasem P3 – brakuje jednolitego opisu fal EEG.
- Rozdział 4.2.5 zawiera liczne błędy typograficzne, np. w równaniach 4.1 i 4.3 różna pisownia  $j^p$ , równanie 4.2 błędne nawiasy, itd.
- rozdział 4.3.1 – sformułowanie problemu odwrotnego jest dla mnie niezrozumiałe.



- s. 73 – operator Laplaciana – laplasjan albo operator Laplace’a
- Rys. 5.4 byłyby czytelniejszy, gdyby na osi y podać procent a nie liczbę odpowiedzi od 0 do 100% i zaznaczyć poziomy 50, 70 i 90%.
- s. 102: cofnięcie informacji – co to jest?
- Tab. 5.8 – co to jest inputacja elektrod? Liczne literówki.
- opis wyboru okien w rozdziale 5.3.3 jest dla mnie niejasny
- s. 109 - *Analiza ERP pozwala dodatkowo analizować sygnał ERP*
- o jakich składowych mowa na górze s. 110? co to są chwilowe mapy grand-median? co to jest „porównanie różnych zbiorów danych na podstawie prorównania”.
- *Pierwsza metoda znacząco zwiększa możliwość wystąpienia prawdopodobieństwa wystąpienia fałszywego wyniku testu* → Pierwsza metoda znacząco zwiększa możliwość wystąpienia fałszywego wyniku testu.
- opisy na osiach na rysunkach 5.8-5.13 mają za małą czcionkę
- s. 114 – w opisie hipotezy 1 brakuje sformułowania „mają statystycznie istotne różnice”
- s. 119 - ogólne ramy obecnego pakietu ERP – o co chodzi?
- tab. 5.16 – dlaczego accuracy a nie dokładność?
- s. 142 *Zauważono duże podobieństwo kształtów Grand Average potencjałów wywołanych z pierwszego i drugiego eksperymentu* – jak duże? jak to policzyć? Autor pisze *Nie można zastosować bezpośredniego porównania potencjałów Grand Average z eksperymentu pilotażowego i drugiego z powodu innych czasów utworzonych potencjałów. Czy nie można znaleźć ich podzbiorów, na których będą porównywalne?*
- brak definicji wielu skrótów. Np. HMI, HCI – czy to jest human machine interface, human computer interface?
- W ref. [49] podano wyłącznie inicjały autorów. Ref. [169] - using eeg using eeg
- słowa, których nie ma: s. 16: koratral; s. 30: akwizuje; - s. 54 – oddbale paraganim → oddball paradigm;
- s. 32 właściwości rezystencjalne i odpornościowe → rezystywne i opornościowe; - s. 83 – girie to rosyjskie odważniki kulowe. Ang. gyri to po polsku zakręty. - s. 104: logicystyczna → logistyczna; kros walidacja → walidacja krzyżowa.





Pomimo powyższych usterek i pewnych niedociągnięć moja ocena rozprawy mgr. Andrzeja Kawiaka jest pozytywna. Nie mam wątpliwości, że autor wykazał się umiejętnościami technicznymi, oczekiwanymi na tym etapie od kandydata do stopnia doktora. Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska pana mgr. Andrzeja Kawiaka **spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668)**, dlatego zwracam się do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Informatyki Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr. Andrzeja Kawiaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Daniel K. Wójcik