

Poznań, 02.05.2021

Prof. dr hab. Grzegorz Króliczak

**Recenzja rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Wpływ oscylacji neuronalnych na procesy percepcyjne. Znaczenie interakcji pomiędzy oscylacjami alfa w korze wzrokowej a stanem czynnościowym sieci połączeń mózgowych dla poprawności percepcji”, napisanej przez mgra Mikołaja Magnuskiego, po opieką naukową dra hab. Mateusza Goli**

Jak wynika z podanego wyżej tytułu, dysertacja mgra Mikołaja Magnuskiego została napisana w języku polskim. Mając względną tradycyjny format monografii pracę poprzedzają kilkustronicowe streszczenia w języku polskim i angielskim. Na dość obszerną całość składają się tylko cztery rozdziały główne (z mnóstwem podrozdziałów oraz sekcji), obejmujące: **(1) Wstęp**, zawierający (a) szkic historyczny rozwoju badań z użyciem encefalografii (EEG) i rejestrowanych w sygnale EEG oscylacji (z naciskiem na oscylacje alfa i ich powiązania z percepcją wzrokową); (b) opis podejmowanej w pracy problematyki badawczej (z naciskiem na hamujący wpływ mocy oscylacji alfa na aktywność obszarów wzrokowych skorelowaną z prezentacją bodźca i postulowanym związkiem między oscylacjami alfa, a charakterystyką percepcji wzrokowej w świetle teorii kodowania predykcyjnego) oraz kończący się (c) podsumowaniem testowanych hipotez; **(2) Metody**, zawierające opis (a) uczestników badania oraz zastosowanych w fazie treningu i badaniu właściwym procedur [wykorzystanych / dopasowywanych kontrastów i wyznaczanych funkcji psychometrycznych], (b) rejestracji samego sygnału EEG i jego przygotowaniu do analiz, m.in. kryteriów wyłączenia danych z analizy [np. identyfikacji artefaktów mięśniowych, detekcji i interpolacji złych kanałów [w tym ich zawężeniu dla poszczególnych epok], analizy komponentów niezależnych; następnie opis i objaśnienie (c) samych analiz danych elektrofizjologicznych, potencjałów wywołanych oraz wszelkiego innego rodzaju analiz [częstotliwościowej, czas-częstość, fal wędrujących] i ich obróbki statystycznej; (d) analizy faktycznej realizacji zadań (w tym odstępstw od poprawności oczekiwanej, oszacowanej dla kolejnych kroków kontrastu z użyciem wykorzystanej funkcji psychometrycznej), wreszcie (e) opis dodatkowych testów i stosownych parametrów analiz, własnych narzędzi i rozwijanych bibliotek; **(3) Wyniki i ich dyskusję**, poczynwszy od efektów behawioralnych i zaobserwowanych różnic wywołanych zmianami w poziomach kontrastu, w tym czasów reakcji, odnotowanych tendencji behawioralnych, przez wyniki elektrofizjologiczne, w tym zmian odpowiedzi wywołanej pod wpływem różnic w kontrastach, przez moc oscylacji alfa zaobserwowanej przed prezentacją bodźca, jak i mocy oscylacji w szerokim oknie czasowo-częstotściowym, oknach zainteresowania, jak i opis postulowanych związków miar neuronalnych z zachowaniem, w tym wpływu wędrujących fal alfa; wreszcie **(4) Podsumowanie** dysertacji, dość zgrabnie zbierające najważniejsze z uzyskanych wyników oraz ich ogólne interpretację, jak i przedstawiające ograniczenia przeprowadzonych w doktoracie badań i przyszłe wyzwania, na jakie mogą napotkać badacze zajmujący się podejmowaną problematyką.

Podjęmowana w tej dysertacji problematyka roli oscylacji neuronalnych w procesach percepcji wzrokowej, ze szczególnym naciskiem na oscylacje alfa w korze potylicznej, jest niezwykle doniosła w literaturze przedmiotu. Jest to jedno z coraz bardziej uwytatniających się podejść w badaniach z wykorzystaniem elektroencefalografii (EEG) i jest wiele powodów, dla których tak się dzieje. Oczywiście, wykorzystywana w doktoracie technika eksperymentalna nie pozwala na (albo też nie czyni łatwym) badanie funkcji i struktur mózgu w tradycyjnym tego słowa znaczeniu. Tam: szczególnie interesująca badacza funkcja jest niejako zdeterminowana zarówno jej podłożem anatomicznym, jak i też połączeniami funkcjonalnymi, np. między sąsiadującymi ze sobą podpodziałami (polami) mózgu. Te wcześniejsze, tj. połączenia funkcjonalne, w szczególności, jeśli nie są badane przy pomocy technik dających względnie dobrą rozdzielczość czasową w monitorowaniu przepływów/zmian aktywności mózgu, można adekwatnie opisywać niemal tylko (bądź nawet jedynie) w kategoriach zależności przestrzennych. Kategoria czasu i kierunków przepływu informacji jest co najwyżej bardzo zgrubna i nie oddaje nawet w przybliżeniu faktycznych przebiegów czasowych tego przetwarzania w mózgu. A przecież mózg funkcjonuje wg. własnego zegara, w którym podstawową jednostką zdają się być milisekundy (a nie sekundy), a generowane struktury czasowe zdają się być uorganizowane w powtarzające się oscylacje. Te najbardziej uwytatniające się (o ile nie mówimy o laboratorium badania snu, a tak w tym przypadku nie jest), to oscylacje w zakresie fal alfa, które charakteryzuje średnia częstotliwość ok. 10 Hz. Oscylacjom tym przypisywano w literaturze przedmiotu wiele ról, m.in. hamującą, choć oczywistym jest, że muszą one odgrywać także inną – bardziej „czynną” – rolę w przetwarzaniu informacji przez mózg. Być może przyczyniają się one do aktywnej selekcji bodźca, albo nawet konkretniej, orientują na pewną klasę bodźców [np. Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends Cogn Sci*, 16(12), 606-617. doi: 10.1016/j.tics.2012.10.007]. Tym samym, oscylacje te leżałyby u podstaw procesów poznawczych, choć w recenzowanej dysertacji idzie jedynie o rozpoznanie (znalezienie danych wspierających, lub fałszyfikujących) bardziej konkretnych mechanizmów przetwarzania bodźca, czy też jego przejawów zachowaniowych. Podsumowując ten wątek, mgr Mikołaj Magnuski zajmuje się w swym doktoracie nie tylko niezwykle ważną, ale także niezwykle wymagającą problematyką badawczą.

Zajęcie się tak wymagającą problematyką nie jest łatwe (nie tylko dlatego, że nie jest to „main stream” w badaniach EEG), ale również dlatego, że wymaga niezwykle sprawności „metodycznej”. Ponadto, z uwagi na swą pewną „niszowość” (pomimo niekwestionowanej doniosłości), w obszarze tym nie ma tak licznych, łatwych/przyjaznych dla użytkownika w obsłudze, narzędzi. Te trzeba niekiedy *od zera* opracować, bądź kompilować samemu i Doktorant wykazał się ponadprzeciętnymi umiejętnościami w ich tworzeniu. Ponadto, ich adaptacja do badania psychofizyki ludzkiej (funkcji psychometrycznych) wymaga włączenia do swego repertuaru dalszej wiedzy i kolejnych narzędzi, które, aby skutecznie mogły być zastosowane w konkretnym badaniu, wymagały napisania dodatkowego oprogramowania. To w większości zostało również stworzone przez Doktoranta. Podsumowując ten metodyczny wątek rozważań, mgr Mikołaj Magnuski potrafił podejmowaną przez siebie problematykę badawczą także odpowiednio „oprządkować”.

Gdyby teraz jeszcze spojrzeć na tę dysertację od strony czysto formalnej, przedstawiona mi do oceny praca jest oryginalnym opracowaniem naukowym, bez wątpienia jest pracą twórczą, wyrastającą z osobistych zainteresowań i ambicji badawczych doktoranta. Ponadto, zawiera jakiś model wyjaśniający badane zjawisko, który poszerza dotychczasową wiedzę na ten temat; znaleźć w nim można empiryczną weryfikację oryginalnej hipotezy badawczej oraz krytyczną analizę uzyskanych wyników własnych oraz wyników innych autorów. Bez wątpienia, dysertacja ta obejmuje także opracowanie nowego podejścia (metody) do badania wpływu oscylacji alfa na percepcję. Tym samym, przy każdym z tych punktów można powiedzieć, że dysertacja ta spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim.

Zanim przejdę do uwag krytycznych, niekiedy tylko w formie pytań niewprost, dodam jeszcze, że praca doktorska jest pisana pod opieką naukową promotora. Choć nie jest jego rolą zbytnie ingerowanie w badaną materię, to do jego obowiązków należy ocena nie tylko fragmentów, ale także całości rozprawy, by zapewnić jej spójność i jak najlepszy poziom naukowy. Nie wiem, czy tego elementu niestety nie zabrakło w przypadku tej pracy. (Alternatywnie, być może było tak, że Doktorant nie wziął sobie do serca pewnych uwag promotora, do czego ma oczywiście prawo.)

Uwagi krytyczne i/lub polemiczne przedstawione poniżej nie powinny jednak przesłaniać wymienionych wcześniej zalet pracy. Ponadto, jako badacz nie zajmujący się oscylacjami alfa w mózgu, a nawet nie zajmujący się badaniami EEG, mam prawo się mylić.

### Uwagi główne:

1) W pracy brakuje mi idei przewodniej, która by porządkowała wszelkie inne wywody. Wstęp historyczny był bardzo historyczny i nie miałem poczucia, że z każdym jego akapitem coraz więcej wiem o oscylacjach w mózgu. (Przypomniana mi została głównie historia EEG.)

2) Następnie, przez szereg kolejnych podrozdziałów zastanawiałem się, czy jest to praca stricte badawcza (eksperymentalna), czy też „metodyczna”, na potrzeby której przeprowadzono dodatkowo eksperyment. (Co ważne, praca z pewnością nie wydawała mi się metodologiczną.) W pewnym momencie byłem już niemal pewny, że tylko i wyłącznie o stworzenie nowych metod badawczych i/lub twórcze dopracowanie starych metod w tym doktoracie idzie. Utwierdziły mnie w tym ponadto późniejsze fragmenty, z których dowiedziałem się także o biegłej umiejętności programowania (a przynajmniej pisania skryptów zaprzęgających inne moduły) po stronie Doktoranta, czy też o jego zdolności do tworzenia nowych narzędzi badawczych, pozytywnie ocenianych na GitHubie i nie tylko. (Przekonując się chwilę później, że mam jednak do czynienia z pracą eksperymentalną, w której o uzyskanie wyników i ich interpretację idzie najbardziej, miałem poczucie, że marnowany był mój czas. Mianowicie, wszystkie sekcje dotyczące tworzenia narzędzi powinny być się znaleźć w Materiałach dodatkowych, na końcu dysertacji.)

3) Opisy znalezione w pracy nie przekonują, że Doktorant badał w sensie dosłownym wpływ oscylacji neuronalnych na procesy percepcyjne. Żadna z zastosowanych manipulacji nie dotyczyła samych oscylacji (tak mi się przynajmniej wydaje), a zatem nie mogła niezależnie wpływać na procesy percepcyjne. Co więcej, żadna z zastosowanych manipulacji nie wpływała wprost na interakcje pomiędzy oscylacjami alfa w korze wzrokowej a stanem czynnościowym sieci połączeń mózgowych. Alternatywnie, wywód nie jest na tyle jasny, by czytelnik mógł mieć taką pewność.

4) Choć zupełnie dopuszczalną jest formuła opisu wyników, a następnie ich interpretacji, z przykrością stwierdzam, że wiele wyników nie zostało w ogóle zakomunikowanych w tzw. surowej formie, a jedynie od razu w formie interpretacji.

5) Zdanie z abstraktu „fałszywe alarmy nie są możliwe w zadaniach dyskryminacyjnych” wydaje się wielce wątpliwe. Np. „Discrimination is accurate to the extent that the hit rate exceeds the false alarm rate, and as the difference between hits and false alarms increases, the ROC moves closer to the upper left corner” (Verde, M.E., MacMillan, N.A., & Rotello, C.M. (2006). Measures of sensitivity based on a single hit rate and false alarm rate: the accuracy, precision, and robustness of  $d'$ ,  $A_z$ , and  $A'$ . *Percept Psychophys*, 68(4), 643-654. doi: 10.3758/bf03208765)

#### **Uwagi pomniejsze:**

- a) Interpretacja hamowania multiplikatywnego jako odpowiednika operacji dzielenia, a hamowania addytywnego jako odpowiednika operacji odejmowania jest bardzo płytka z każdej, nie tylko psychologicznej perspektywy. Nawet objaśnienie na str. 32 nie łagodzi tego problemu.
- b) Czasami trudno się było oprzeć wrażeniu, że ten obszar badawczy jest bardzo zapóźniony, choćby w stosunku do fMRI (por. korekta ze wzgl. na liczbę klastrów przedstawiana jako nowość, czy konieczność; sugestie terminologiczne z tym związane, itp.).
- c) Liczba raportowanych wyników jest trudna do ogarnięcia (przynajmniej dla badacza nie zajmującego się tą problematyką na co dzień). Prawdopodobnie problemem jest jednak ich opis, a nie liczba.
- d) W pracy jest wiele literówek i niezgrabnych sformułowań / tłumaczeń słownictwa fachowego.

Pomimo uwag krytycznych/polemicznych, moja ostateczna konkluzja (jak to musiało zresztą wynikać ze str. 2-3) jest jednak pozytywna. Przedstawiona mi do oceny dysertacja **spełnia warunki określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o tytule naukowym i stopniach naukowych. Rekomenduję zatem dopuszczenie mgra Mikołaja Magnuskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

  
Grzegorz Króliczak