



instytut biologii doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN

Prof. dr hab. Elżbieta Szelağ

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ im. M. NENCKIEGO

ul: Pasteura 3, 02-093 Warszawa
e-mail: e.szelağ@nencki.edu.pl

Warszawa, 30 grudnia 2022.

Recenzja pracy doktorskiej mgr Marcina Wojtasińskiego

**p.t.: „Wpływ przewidywalności ekspozycji bodźca dźwiękowego na orientację uwagi słuchowej”,
wykonanej pod kierunkiem**

promotora: dr hab. Tomasza Jankowskiego i promotora pomocniczego dr Przemysława Tuźnika

Ogólna charakterystyka pracy

Przedłożona do recenzji praca doktorska mgr Marcina Wojtasińskiego mieści się w obszarze badań nad neuronalnym podłożem procesów uwagi u osób z nieuszkodzonym ośrodkowym układem nerwowym. Tematem dociekań naukowych Doktoranta jest poznanie dynamiki działania sieci neuronalnej podczas kierowania uwagi słuchowej w zadaniu różnicowania bodźców dźwiękowych eksponowanych w wolnym polu akustycznym. Celem pracy było zbadanie jaki wpływ na orientację uwagi słuchowej mają: (1) doświadczenie nabyte przez probanta w trakcie prowadzenia pomiaru, mierzone przewidywalnością pojawienia się bodźca w czasie lub w przestrzeni akustycznej, (2) czynniki środowiskowe mierzone rodzajem sceny akustycznej (prosta vs złożona), w której eksponowane były dźwięki.

W empirycznej operacjonalizacji problemu orientacji uwagi słuchowej zastosowano pomiar poprawności różnicowania dwóch dźwięków (prosty vs złożony) i czasu reakcji. Natomiast korelaty neurofizjologiczne tych procesów mierzone przy pomocy parametrów (amplitudy) potencjałów skorelowanych ze zdarzeniem w badaniu elektrofizjologicznym. Orientację uwagi mierzone stosując autorską procedurę ekspozycji bodźców w wolnym polu akustycznym, stosując prosty lub złożony scenariusz ekspozycji. Podczas gdy badany koncentrował się na różnicowaniu eksponowanego dźwięku, w sposób dla niego niejawny, manipulowano częstością ekspozycji, która obejmowała *warunek przestrzenny* (bodziec eksponowany w określonych lokalizacjach pola akustycznego), *warunek czasowy* (w określonych odstępach czasu) lub jednoczesną kombinację obu tych warunków. W sytuacji kontrolnej zastosowano losowy układ warunków. Dodatkowo uwzględniono środowiskowy aspekt stymulacji sensorycznej, stosując prostą (ekspozycja dźwięków z jednego głośnika) lub złożoną (z 4 głośników) scenę akustyczną. Na tej podstawie opracowano 4 eksperymenty różniące się warunkami ekspozycji bodźców i rodzajem sceny akustycznej.

Należy tu podkreślić, że opracowany przez Doktoranta autorski paradygmat jest oryginalny i nowatorski. Poszerzenie paradygmatu behawioralnego o procedurę elektrofizjologiczną uważam za bardzo trafne. Dobrze nadaje się ona do badania dynamiki sieci neuronalnej i neurofizjologicznych podstaw orientacji uwagi ze względu na bardzo dobrą rozdzielczość czasową rejestrowanych fal mózgowych, pozwalającą badać dynamikę tych procesów z rozdzielczością na poziomie milisekundowym.

Wybór zagadnienia oceniam jako bardzo trafny i ważny naukowo. Choć procesy uwagi są jedną z podstawowych funkcji poznawczych pozwalających selekcjonować bodźce ze świata zewnętrznego i kształtujących procesy percepcji, stosunkowo mało wiadomo na temat roli orientacji uwagi w danej sytuacji.

Znacznie trudniejsze okazuje się zdefiniowanie, jaka jest rola sposobu ekspozycji bodźca i predykcji jego wystąpienia oraz środowiskowego kontekstu tej ekspozycji w działaniu sieci neuronalnej w procesach słuchowego różnicowania bodźców. Wyjaśnienie tej roli jest ważne z punktu poszukiwania odpowiedzi na pytanie o to jak działa mózg, gdyż bodźce z otoczenia docierające do narządu słuchu działają w określonym kontekście sytuacyjnym. Uzyskane przez Doktoranta wyniki pozwoliły na zdefiniowanie jaka jest poprawność opracowywania eksponowanego bodźca dźwiękowego i czas reakcji na poziomie behawioralnym oraz jaka jest dynamika przetwarzania informacji o tym bodźcu na poziomie mózgowym, co pokazywała analiza zapisu potencjałów skorelowanych ze zdarzeniem w badaniu elektrofizjologicznym. Rezultaty tego badania pozwoliły na dokładniejsze poznanie tych procesów u osób zdrowych, bez uszkodzeń układu nerwowego. Mogą one stanowić punkt wyjścia do dalszych badań ludzi wykazujących różnego typu dysfunkcje procesów uwagi (por. poniżej).

Niniejsza praca bardzo dobrze wpisuje się w toczącą się debatę nad istotą procesów predykcji uwagi i zasługuje na moją wysoką ocenę pod względem oryginalności rozwiązania problemu naukowego, wykazywania ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta w dziedzinie badań nad procesami uwagi i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo staranne opracowanie tekstu pracy, dokładne opisy wykonanych badań i interpretacja ich rezultatów. Lektura pracy wskazuje na wysoki poziom kompetencji teoretycznych Doktoranta, swobodne poruszanie się w problematyce, umiejętność dokonywania uogólnień, krytyczne i wnikliwe podejście do danych z literatury oraz umiejętność przekonującego formułowania własnych poglądów.

Rozprawa zawiera następujące części: streszczenie w języku polskim (str. 5-10) i angielskim (str. 11-17), obszerny wstęp teoretyczny (str. 16-85), który kończą pytania badawcze i hipotezy. Pozostałe rozdziały stanowią część empiryczną pracy, w tym: opis metody (str. 87-96), wyników badań własnych (str. 97-114) i dyskusji uzyskanych zależności, którą kończą wnioski końcowe (str. 125-126). Do części empirycznej pracy dodano także rozdziały świadczące o umiejętności Doktoranta do refleksyjnego podejścia do wykonanej pracy, w tym: „Ograniczenia badań własnych” (127-128), „Walor praktyczny badań (str. 129-130), „Przyszłe kierunki badań” (str. 130-131) oraz „Konkluzje” (str. 131-132). Rozprawę kończy obszerna bibliografia (str. 133-181) zawierająca wykaz prac ściśle powiązanych z tematyką wykonanych badań. Należy tu dodać, że tak obszerna bibliografia nie jest często stosowana w pracach doktorskich i świadczy o silnym zakotwiczeniu wykonanych eksperymentów w literaturze światowej. *Nota bene* pozycje bibliograficzne warto w pracy numerować, wówczas impakt tak obszernej bibliografii byłby dla czytelnika bardziej wyrazisty.

Poniżej charakteryzuję poszczególne części recenzowanej pracy.

We Wstępie teoretycznym Doktorant zaprezentował przegląd danych literaturowych na temat procesów uwagi, mechanizmów ukierunkowujących uwagę, ich dynamiki, biologicznego podłoża i stosowanych metod badania. Część tę kończy sformułowanie dziewięciu pytań badawczych i odnoszących się do nich hipotez, które uwzględniają mierzone wskaźniki behawioralne i elektrofizjologiczne. Treści zawarte w części teoretycznej pracy zostały bardzo dobrze dobrane z punktu istoty wykonanych przez Doktoranta badań, prawidłowo zorganizowane oraz klarownie i poprawnie opisane.

Choć zastosowany paradygmat eksperymentalny był skomplikowany, opis metody jest jasny i przejrzysty. Pomocne jest tu zastosowanie zbiorczych tabel (tab. 1 i 2) oraz schematycznych rysunków (rys. 9-13). Odnosząc się do tej części pracy należy zaznaczyć, że badania poprzedzono ustaleniem na

podstawie programu G*Power minimalnej liczebności osób badanych w poszczególnych eksperymentach, uwzględniając liczbę analizowanych zmiennych. Wyniki tej analizy udokumentowano w Aneksie, str. 181.

Uzyskane wyniki badań własnych zaprezentowano stosując konsekwentny podział na 4 wykonane eksperymenty, które spaja zastosowanie tego samego zadania różnicowania bodźców słuchowych. Eksperymenty różniły się (1) rodzajem sceny akustycznej, w której prezentowano bodźce: prosta – eksponowano bodziec z jednego z czterech głośników (Eksperyment 1 i 2) vs złożona – bodziec eksponowano na tle bodźców dystrakcyjnych w postaci białego szumu eksponowanego z trzech pozostałych głośników (Eksperyment 3 i 4) oraz (2) sposobem uczenia się przewidywalności pojawienia się bodźca wg. zasady częstotliwości (Eksperyment 1 i 3) tj. probabilistycznej dystrybucji lokalizacji (cztery możliwe lokalizacje źródła dźwięku) i czasu pojawienia się bodźca (cztery interwały oddzielające kolejne ekspozycje bodźców: 500, 750, 1000, 1250 ms) lub zasady kolejności (Eksperyment 2 i 4) czyli powtarzalnej w czasie sekwencji lokalizacji i czasu pojawiania się bodźców. Sekwencje bodźców adresowane przewidywalnej częstotliwości lub przewidywalnej kolejności w obrębie każdego eksperymentu eksponowano w blokach. W kolejnych eksperymentach badano więc rolę prostej sceny akustycznej i zasady częstotliwości (Eksperyment 1), prostej sceny akustycznej i zasady kolejności (Eksperyment 2), złożonej sceny akustycznej i zasady częstotliwości (Eksperyment 3), złożonej sceny akustycznej i zasady kolejności (Eksperyment 4).

W obrębie każdego eksperymentów zastosowano spójny schemat analizy danych, w którym wyodrębniono część behawioralną i analizę potencjałów wywołanych dla testowanych komponentów sygnału: P1, N1, N2 i P3. Komponenty te weryfikowano w klasycznie wyodrębnianych oknach czasowych przedstawionych w tab. 2 (str. 96) na elektrodach, których dystrybucję przedstawiają ryc. 11-13 (str. 95-96),

W toku obliczeń statystycznych wykonanych kolejno w obrębie każdego eksperymentu i każdego z w/w komponentów sygnału EEG zastosowano analizę wariancji ANOVA z powtarzalnym pomiarem, którym była elektroda i zastosowane 4 warunki w każdym eksperymencie.

Uzyskane wyniki są przedstawione bardzo szczegółowo. W pracy brak natomiast ogólnego podsumowania zaobserwowanych zależności i schematu, który ilustrowałby wpływ przewidywalności pojawienia się bodźca na orientację uwagi z perspektywy behawioru i działania sieci neuronalnej. Taki schemat powinien odnosić się do poszczególnych komponentów uwzględniając ich klasyczną rolę w opracowywaniu informacji. Ułatwiłoby to czytelnikowi zrozumienie uzyskanych zależności w kontekście badanego zagadnienia.

W zastosowanym w pracy rozbudowanym modelu eksperymentalnym uzyskane wyniki są wieloaspektowe, zaobserwowano jednak szereg podobieństw między eksperymentami. Odseparowanie w kolejnych eksperymentach zasady częstotliwości od zasady kolejności pokazało zróżnicowany wpływ przewidywalności czasowej i przewidywalności przestrzennej na orientację uwagi. Z kolei typ sceny akustycznej (prosty lub z dystrakcją) udokumentował użyteczność wskazówki o przestrzennej lokalizacji bodźca w polu akustycznym.

Ogólnie biorąc skrócenie czasów reakcji zaobserwowano dla zasady częstotliwości, przy czym efekt ten był zróżnicowany zależnie od zastosowanej sceny akustycznej. W przypadku sceny prostej (Eksperyment 1) dotyczył wymiaru czasowo-przestrzennego, a dla sceny złożonej (Eksperyment 3) wymiaru czasowego. W obu tych eksperymentach zaobserwowano wyższą amplitudę fali P3 (odzwierciedlającą kognitywną analizę bodźca) dla wymiaru czasowo-przestrzennego w porównaniu do sytuacji braku przewidywalności. W przypadku zasady kolejności integracja czasowo-przestrzenna wystąpiła dla komponentu wczesnego N1, przy czym zasada kolejności pokazała rolę wskazówki przestrzennej, a zasada częstotliwości wskazówki czasowej. Dysocjacja ta dokumentuje rolę doświadczenia nabywanego w toku prowadzenia eksperymentu w

orientacji uwagi słuchowej w wymiarze czasowym. Można przyjąć założenie, że korzystanie ze wskazówki przestrzennej może być pomocne w trudniejszej percepcyjnie sytuacji podczas różnicowania bodźców w złożonej scenie akustycznej, zawierającej oprócz bodźca docelowego również inne bodźce powodujące dystrakcję w procesach percepcji.

Od strony merytorycznej oceniam pracę bardzo wysoko. Najważniejszym kryterium oceny rozpraw naukowych jest wnoszony przez nie nowy wkład do wiedzy istniejącej oraz oryginalność rozwiązania problemu badawczego. W przypadku recenzowanej pracy oba te aspekty zostały wyraźnie spełnione. Doktorant wykazał znajomość dotychczasowej wiedzy zawartej w badaniach literaturowych na temat istniejących modeli uwagi i roli nabywanego przez probanta doświadczenia w ukierunkowywaniu uwagi. Biorąc pod uwagę, że większość dotychczasowych badań procesów uwagi dotyczy zmysłu wzroku, skoncentrowanie recenzowanej pracy doktorskiej na percepcji słuchowej jest nowatorskie i stanowi ważny wkład w poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie o mechanizmy ukierunkowujące uwagę człowieka.

Rozprawa zasługuje na bardzo pozytywną ocenę również pod względem jej metodologicznego poziomu. Jasno i precyzyjnie sformułowano w niej pytania badawcze i korespondujące z nimi hipotezy będące przedmiotem weryfikacji, i metody pomiaru zmiennych empirycznych.

Trafnie i stosownie do hipotez wybrano i uzasadniono metody pomiaru zmiennych niezależnych i zależnych. Z metodami tymi ściśle korespondują procedury statystycznego opracowania uzyskanych obszernych danych empirycznych. Jak wspomniałam powyżej dodanie ogólnego schematu uzyskanych zależności i wpływu badanych mechanizmów predykcji na orientację uwagi byłoby znacznym ułatwieniem dla czytelnika w zrozumieniu całości zagadnienia.

Uwagi szczegółowe

Jak uzasadniłam powyżej, niniejszą pracę doktorską oceniam bardzo wysoko i nie mam uwag krytycznych. Chciałabym jednak zamieścić uwagi o ogólniejszym charakterze, które mogłyby być pomocne w planowaniu przyszłych badań przez Doktoranta. Nie są to, w żadnym wypadku słowa krytyki, ale jedynie sugestie, które może warto wziąć pod uwagę.

- 1) Aspekt praktyczny wykonanych badań wymaga uwypuklenia. Mając tak dobrze opracowaną metodykę badania procesów uwagi może warto w przyszłości wziąć pod uwagę możliwości diagnostyczne opracowanej i zwalidowanej (na osobach z nieuszkodzonym mózgiem) metody pomiaru efektywności orientacji uwagi słuchowej. Spośród 4 paradygmatów zweryfikowanych w niniejszej pracy, można by wybrać jeden, który wydaje się być szczególnie sensytywny z perspektywy przyszłej diagnostyki. Taki wybrany paradygmat nie obciążałby badanego zbyt długim testowaniem i mógłby znaleźć zastosowanie w diagnostyce dzieci i dorosłych z problemami w skupianiu uwagi. Mógłby znaleźć także zastosowanie w ocenie postępów terapii zastosowanej u osób z zaburzeniami uwagi.
- 2) Doposażyłabym warsztat badawczy Doktoranta o wprowadzenie metody badania czułości słuchu jako kryterium włączania uczestników do przyszłych badań. W pracy jedynie lakonicznie nadmieniono, że uczestnicy badania charakteryzowali się „...słuchem w normie” (str. 86), bez podania na jakiej podstawie ocena zasadzała się. Jak wiadomo, występują tu duże różnice indywidualne i to zarówno między częstotliwościami dźwięków (z reguły tony wysokie charakteryzują wyższe progi słyszenia niż tony niskie), a również między lewym i prawym uchem. Ta pierwsza różnica może mieć znaczenie ze względu na wysokość prezentowanych w

niniejszym paradygmacie dźwięków, obejmujących szerokie spektrum częstotliwości - od 880 do 3250 Hz (str. 87). Z kolei różnica w progach słyszenia pomiędzy uszami jest istotna ze względu na rozmieszczenie źródeł dźwięków po lewej i prawej stronie sceny akustycznej, a więc kierowanych głównie do ucha po stronie głośnika. Jeśli u badanego wystąpiłyby różnice między uszami w wartościach progów słyszenia wpływałoby to na obserwowane zależności, gdyż bodziec gorzej słyszany powoduje obniżoną orientację uwagi. Dlatego też wykluczenie z przyszłych badań osób o niewyrównanej czułości słuchu pozwoliłoby zredukować niekontrolowaną zmienność, która zaszumia uzyskiwane wyniki.

- 3) W przyszłych badaniach zastosowałabym także kwestionariusz pozwalający na eliminację osób, które w procesie kwalifikacji z wywiadzie podadzą subiektywne problemy w zdolności skupiania uwagi, podzielności uwagi, itp. Eliminacja takich osób z badania również zmniejszyłaby niekontrolowaną wariancję.
- 4) Jak wiadomo w przypadku narządu słuchu, który jest narządem parzystym, występuje lateralizacja czyli stronność definiowana jako funkcjonalna dominacja jednej ze stron ciała w sytuacji wyboru (Bogdanowicz, 1985). Ludzi można więc scharakteryzować jako prawousznych, lewousznych lub obuusznych. Problem lateralizacji słuchowej nabiera właściwego wymiaru, kiedy analizujemy zjawisko uwagi słuchowej (Kurkowski, 2018). Polega ona na selekcji i intensyfikacji bodźców dźwiękowych, co dotyczy dwóch kanałów, którymi dociera dźwięk do mózgu – percepcji prawousznej i lewousznej. Skoro ta cecha ma wpływ na percepcję bodźców w wolnym polu akustycznym powstaje pytanie, jaki jest jej wpływ na badane w niniejszej pracy mechanizmy kierowania uwagi słuchowej?
- 5) Dbając o stosowanie ładnej polszczyzny w rozprawach naukowych i unikanie żargonu laboratoryjnego mam też uwagi terminologiczne. Nie stosowałbym określeń typu: „*uwaga oddolna vs uwaga odgórna*”, czy też „*procesy oddolne vs procesy odgórne*”, co powodować może rozmaite konotacje. Czyż nie byłoby właściwszym mówienie o „*procesach dół-góra vs góra-dół*”? lub nawet konsekwentne stosować dobrze zasymilowane dziś terminy angielskie, jak: „*bottom-up vs top-down*”? W niniejszej pracy zastosowano je na str. 25-28. Podobnie, wyraz „*facylitacja*” można by zastępować lepiej brzmiącym po polsku terminem „*torowanie*”, z kolei „*procedurę dyskryminacji*” określać jako „*procedurę różnicowania*”.
- 6) Uwagi edycyjne: streszczenie (str. 5-10) jest bardzo obszerne. Moim zdaniem powinno ono zawierać zwięzłe informacje o celach, metodologii, wynikach i konkluzjach, które wprowadzają czytelnika w istotę wykonanych badań i ich rezultatów. Niefortunne jest przypisanie określeń „*prosty /złożony*” zarówno do charakterystyki rodzaju eksponowanego bodźca w zadaniu różnicowania, jak i rodzaju sceny akustycznej. Takie powielenie tej samej etykiety do różnych wymiarów w zastosowanym w tej pracy złożonym modelu badawczym jest mylące.

Podsumowanie

Bardzo pozytywnie oceniam rozprawę doktorską mgr Marcina Wojtasińskiego ze względu na podjęcie w niej ważnego problemu badawczego, uzyskane wyniki warte publikacji w czasopiśmie z listy JCR i nowatorski poziom metodologiczny wyrażający się starannie zaprojektowanym autorskim paradygmatem badawczym.

Wnoszę zatem o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony jako spełniającej warunki określone w art. 31 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz.595 z późn. zmianami). Badania stanowiące przedmiot doktoratu stanowią oryginalny wkład w dziedzinę interdyscyplinarnych badań z zakresu psychofizjologii i badań układu nerwowego oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wnoszę również o wyróżnienie rozprawy za jej poziom merytoryczny i metodologiczny. Jak już stwierdziłam powyżej, jest to jedna z nielicznych prac doktorskich uwzględniających interdyscyplinarną metodologię, oryginalny autorski warsztat badawczy i starannie opracowane rezultaty przeprowadzonego badania.

Prof. dr hab. Elżbieta Szelağ

