



Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dnia 8.12.2015.
podpis



instytut biologii doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN

Pracownia Neuroinformatyki, Zakład Neurofizjologii, IBD PAN, ul. Pasteura 3, 02-093 Warszawa
tel. (48 22) 5892 348, fax (48 22) 822 53 42, e-mail: d.wojcik@nencki.gov.pl, www: <http://dwojcik.pl>

Prof. dr hab. Daniel Krzysztof Wójcik

Warszawa, 15.12.2015

Instytut Biologii Doświadczalnej

im. Marcelego Nenckiego PAN

02-093 Warszawa, ul. Pasteura 3

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Pawła Kordowskiego pt.:

„Multivariate matching pursuit analysis of MEG evoked fields”

Pomimo wielu lat badań, funkcjonowanie układu nerwowego w zdrowiu i chorobie, związek między mózgiem i umysłem, geneza naszych myśli i uczuć są bieżącymi problemami badawczymi. Główną przeszkodą do ich zrozumienia jest złożoność badanego obiektu: 10^9 komórek, 10^{13} połączeń tworzących sieć nerwową, którą zwykle możemy próbować naraz w kilkudziesięciu, co najwyżej kilkuset punktach, często mierząc złożone funkcje aktywności neuronalnej dostępnymi technikami doświadczalnymi. Żeby wydobyć znaczącą informację z tego złożonego pomiaru konieczne są pomysłowe techniki analityczne, dlatego każda nowa metoda jest ważna w neurobiologii dając nadzieję na lepszy dostęp do znaczącej informacji w takim czy innym kontekście.

W swojej rozprawie mgr. Paweł Kordowski zaproponował nową metodę identyfikacji źródeł sygnału magnetoencefalograficznego (MEG), którą nazwał Spatio-Temporal Matching Pursuit (Czasoprzestrzenne poszukiwania dopasowujące), pozwalającą na identyfikację w sygnale charakterystycznych elementów czasoprzestrzennych opisujących zlokalizowane źródła. Metoda została przedstawiona i zbadana w rozdziale drugim rozprawy, który stanowi jej zasadniczą część. W rozdziale 2.1 autor omawia podstawy koncepcyjne metody. Jest ona szczególnym przykładem metod Matching Pursuit, które polegają na przeszukiwaniu zadanych słowników elementarnych sygnałów zadających bazy nadokreślone, które najlepiej opisują mierzony sygnał. To co wyróżnia metodę mgr. Kordowskiego od dotychczas stosowanych w analizie sygnałów EEG i MEG, to jednocześnie poszukiwanie globalnego maksimum iloczynów skalarnych wszystkich sygnałów z sygnałami wyliczonymi na danej elektrodzie z zadanego źródła elementarnego



w modelu mózgu konkretnego pacjenta. Autor omawia konstrukcję i argumenty za wyborem konkretnych słowników elementarnych sygnałów w czasie i przestrzeni, po czym przedstawia swój algorytm. Następnie pokazuje jak ograniczyć przestrzeń iloczynów skalarnych przeszukiwaną przez metodę STMP z wykorzystaniem nierówności Cauchy'ego-Schwarza, co znacząco poprawia wydajność metody. Następnie omawia modyfikacje niezbędne do stosowania jego metody nie tylko do średnich z rejestracji po wielu powtórzeniach doświadczenia, ale także dla pojedynczych realizacji doświadczenia.

Po omówieniu algorytmu i praktycznych aspektów implementacji, autor testuje swoją metodę na prostych danych modelowych o strukturze podobnej do danych obserwowanych doświadczalnie. Wyniki porównania działania metody STMP z wcześniejszymi metodami, które uwzględniały wyłącznie zmiany sygnału w czasie (trzy warianty metod typu Matching Pursuit), są pozytywne dla nowej metody. Zarówno amplitudy źródeł jak i latencje są wykrywane nieco precyzyjniej niż poprzednimi metodami. Nie jest jasne dla mnie, czy badane źródła były, czy nie były elementami słownika wykorzystywanego w metodzie STMP. Pożyteczne byłoby porównanie funkcjonowania metody dla źródeł ze słownika, dla podobnych źródeł ale nie ze słownika (np. przesuniętych w czasie czy przestrzeni), wreszcie dla prostych ale wyraźnie innych źródeł. Tutaj nie jest dla mnie jasne czy tylko przebieg czasowy źródeł zadany był funkcjami Gabora a słownik w metodzie STMP używał funkcje typu chirplet, czy też słownik STMP został zmodyfikowany.

Następnie autor szeroko bada własności swojej metody w funkcji rosnącego szumu pokazując jej jakość w kontekście ograniczeń, jakie napotykamy w doświadczeniach i w porównaniu z wynikami działania popularnej w tej dziedzinie metody RAP-MUSIC. Widzimy, że metoda STMP jest zdecydowanie konkurencyjna w stosunku do RAP-MUSIC, w przypadku dużego szumu radzi sobie wyraźnie lepiej, co wydaje się być konsekwencją większej liczby wykorzystanych przebiegów do analizy, gdyż w STMP nie jest konieczne niezależne oszacowanie struktury macierzy korelacji potrzebnej w metodzie RAP-MUSIC. Wreszcie autor wykorzystuje swoją metodę do analizy wcześniej opublikowanych rzeczywistych danych doświadczalnych i pokazuje skuteczny rozkład zebranych sygnałów (w doświadczeniach słuchowych) na składowe, które poddają się rozsądnej interpretacji fizjologicznej. Nota bene, widoczna asymetria wyników między prawą i lewą stroną mózgu jest moim zdaniem przykładem lateralizacji mózgu, do której zaraz wrócę.

Ogólnie ten rozdział, stanowiący zasadniczą część pracy, podobał mi się. Uważam, że metoda została przedstawiona i przebadana adekwatnie. Wykorzystano dane testowe i doświadczalne, porównano metodę zarówno z wcześniejszymi wariantami MP jak i z alternatywną i popularną metodą RAP-MUSIC. W szczególności zbadano jak różne metody radzą sobie przy różnym stosunku sygnału do szumu i tutaj metoda mgr. Pawła Kordowskiego wypada dobrze zwłaszcza dla zaszumionych danych. Warto byłoby pokazać wyniki metody dla większej liczby i różnorodności danych testowych, chociaż zdaję sobie sprawę,



że generacja symulowanych danych MEG w złożonych modelach mózgu, takich jak ten zastosowany w niniejszej pracy, może być czasochłonna i kłopotliwa.

Niestety, pozostałe rozdziały pracy, rozdział pierwszy i trzeci, a także ogólna konstrukcja rozprawy, pozostawiają wiele do życzenia. Rozdział pierwszy, wstępny, przedstawia kontekst biologiczny, ogólny kontekst metodyczny metod odwrotnych, oraz krótkie wprowadzenie do metod poszukiwania dopasowującego. Omówienie metod odwrotnych i poszukiwania dopasowującego nie budzą moich większych zastrzeżeń, chociaż biorąc pod uwagę fakt, że praca nie jest obszerna, uważam, że autor mógł sobie pozwolić na rozbudowę rozdziału wstępnego. Natomiast rozdział 1.1, zatytułowany dla niepoznaki *Electroencephalography and magnetoencephalography*, jest pełen sformułowań, które mógłbym przyjąć na seminarium roboczym jako niefortunne skróty myślowe, ale uważam za niedopuszczalne w rozprawie doktorskiej. Wymienię tylko najbardziej rażące przykłady. Autor pisze o dendrytach hamujących i pobudzających – nie ma czegoś takiego. Mamy synapsy pobudzające i hamujące, które różną gęstością są rozłożone w różnych miejscach drzewa dendrytycznego, i to autor ma na myśli. Ale taka konsekwencja struktury sieci nerwowej nie musi jeszcze oznaczać stałej polaryzacji tego drzewa, bo ono zmienia się w czasie w konsekwencji aktywności mózgu. Lateralizacja nie oznacza symetrii funkcjonalnej mózgu (lewa półkula odpowiada za prawą stronę ciała i na odwrót), przeciwnie, oznacza ona asymetrię lokalizacji funkcji, dominujące kończyny i organy, lokalizację ośrodków Broki i Wernickego, czyli obszarów generowania i rozpoznawania mowy, w lewej półkuli, i tym podobne. Zewnętrzna warstwa mózgu, kora, nie jest zbudowana wyłącznie z równoległych komórek piramidalnych. Autor ma na myśli, że równoległe komórki piramidalne kory są głównymi źródłami sygnałów EEG i MEG, z czym się zgadzam, tylko to jest źle napisane.

Rozumiem, że to jest praca doktorska z fizyki, a nie z biologii, ale to nie oznacza, że na tematy, w których autor porusza się słabiej, można pisać bez sensu. Uważam, że autor powinien być świadom swoich ograniczeń w tej materii i albo nie pisać o tym, czego nie zna, albo sprawdzić w literaturze, albo poprosić jakiegoś biologa o przeczytanie tego krótkiego rozdziału przed wydrukowaniem rozprawy.

Z kolei ostatni rozdział rozprawy, trzeci, który ma dwie strony słabego tekstu i 10 stron rysunków, w którym autor szkicuje wariant swojej metody do badania w trudnych przypadkach częściowo nakładających się źródeł aktywnych w różnych kontekstach doświadczalnych, zupełnie nie ma sensu w obecnym układzie i psuje strukturę pracy. Struktura ta powinna być np. taka: Rozdział drugi należałoby rozdzielić na dobrze nazwane podrozdziały, które powinny stać się rozdziałami: Metody, Wyniki, Dyskusja. Obecny rozdział trzeci powinien zostać podzielony na części metodyczną, wynikową i dyskusję w tym plany na przyszłość, umieszczone w odpowiednich rozdziałach. Rysunki zajmują 10 stron, są zrobione w wersji poziomej, co przy pracy złożonej do druku dwustronnego i wydrukowanej jednostronnie zmusza



instytut biologii doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN

czytelnika do nieustannego kręcenia głową, co nie pomaga, bo rysunki te są słabo opisane i niezbyt czytelne. Biorąc pod uwagę zaawansowanie tego wariantu metody, w rozprawie powinny znaleźć się co najwyżej dwa dobrze opisane rysunki, które z powodzeniem można by zrobić pionowo, gdyż są one wielopanelowe.

Praca jest napisana po angielsku czytelnym językiem, chociaż niekiedy autor ma manierę używania rzeczowników w liczbie pojedynczej i czasowników w liczbie mnogiej. Drobnych usterek nie ma wiele, wspomnę tylko konstrukcję osi z prostopadłej do punktu przecięcia osi x i y (str. 24). Poza tym literówek było stosunkowo niewiele, zwłaszcza w kluczowym rozdziale drugim.

Pomimo moich kilku znaczących zastrzeżeń przedstawionych powyżej muszę podkreślić, że nie dotyczą one meritum pracy, które zostało wykonane solidnie. Autor wykazał się znajomością literatury z zakresu metod analizy sygnałów EEG i MEG, wykorzystywał narzędzia w językach MATLAB i Python, demonstrując solidny warsztat badacza. Szkoda, że autor nie poświęcił dodatkowych dwóch tygodni na dalsze szlify swojej rozprawy, które znacznie poprawiłyby odbiór jego ważnego przecież dzieła.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr. Pawła Kordowskiego spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i dlatego w oparciu o przepisy Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym wnoszę do Wysokiej Rady Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Daniel K. Wójcik