



ZAKŁAD FIZYKI BIOMEDYCZNEJ
INSTYTUT FIZYKI DOŚWIADCZALNEJ
WYDZIAŁU FIZYKI
UNIwersytetu WarsZawskiego

ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, telefon: +48 22 5532870

dr hab. Jarosław Żygierewicz
Zakład Fizyki Biomedycznej
Wydział Fizyki UW

Warszawa 03.06.2019

Recenzja

Przedmiotem recenzji jest rozprawa mgr inż. **Michała Placka**, która nosi tytuł: „Analiza biosygnatów w połączonej dziedzinie czasu i częstotliwości”.

Recenzję opracowano na zlecenie Rady Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej.

1. Uwagi ogólne i wprowadzające

Zagadnienia wchodzące w skład opiniowanej rozprawy dotyczą analizy sygnałów fizjologicznych niosących informację o autoregulacji krążenia mózgowego (CA). Tematyka pracy znajduje się na pograniczu dwóch dziedzin – inżynierii biomedycznej i fizjologii. Z tej racji pracę określiłbym jako interdyscyplinarną, co jest dla mnie już jej pierwszą zaletą. Powszechnie uważa się, że w celu zrozumienia funkcjonowania układów regulacyjnych w żywych organizmach łączenie wiedzy z wielu różnych dziedzin nauki jest kluczowe. Praca będąca przedmiotem recenzji prezentuje podejście zgodne z takim sposobem myślenia.

2. Ogólna ocena pracy

Rozprawa ma charakter rozbudowanego autoreferatu łączącego w logiczną całość sześć publikacji wieloautorskich w dobrych i bardzo dobrych czasopismach recenzowanych (w tym jedna jest publikacją pokonferencyjną, a jedna jest jeszcze w recenzji). Dla każdej z publikacji Autor wyraźnie opisuje co stanowi jego własny wkład. Z oświadczeń tych wynika istotna rola mgr inż. Michała Placka w każdej z nich.

Rozprawa ma ciekawą strukturę, obejmującą: wprowadzenie do zagadnień poruszanych w pracy, po którym Autor formułuje trzy wyraźne tezy, z którymi rozprawia się w kolejnych rozdziałach oraz omawia wyniki publikacji źródłowych w kontekście rozważanych tez. Co do ogólnej koncepcji postępowania, Autor dla każdej z tez osobno dokonuje wprowadzenia metodologicznego, następnie opisuje badania doświadczalne, które ilustrują dany fragment metodologii, po czym następuje dyskusja otrzymanych wyników. Podejście to pozwala zarówno na przejrzystą prezentację metodologii jak i na prawidłowe wyciąganie wniosków. Całość omówionej wyżej zawartości pracy robi dobre wrażenie. Praca napisana jest z zainteresowaniem, które udziela się czytającemu. Cytowana literatura świadczy o dobrym rozeznaniu Doktoranta w aktualnym stanie wiedzy w dziedzinie analizy sygnałów.

Czytając Rozprawę można się upewnić co do dwóch rzeczy:

- Autor dysponuje szerokim warształem naukowym i wykazuje się umiejętnością jego wykorzystania.
- Autor potrafi stawiać i weryfikować oryginalne hipotezy badawcze oraz biegle dokonywać syntezy wyników.

Przytoczone wyżej stwierdzenia uzasadniają moją zdecydowanie pozytywną opinię o recenzowanej pracy.

3. *Opinia szczegółowa*

We wstępie (rozdział 1 pracy) Autor wprowadza pojęcia dotyczące fizjologii i patofizjologii krążenia mózgowego krwi. Ta część jest dobrze wyważona pod względem dogłębności i pozwala na swobodną lekturę dalszej części rozprawy osobom bez szerszej znajomości tego zagadnienia, ale również bez zbytecznego obciążania nadmiarem szczegółów. Jednocześnie nakreślenie problemów występujących w patofizjologii tego układu stanowi dobrą ilustrację motywacji do podjęcia tematyki badań.

W dalszej części Wstępu Autor zarysowuje aspekty metodologiczne analizy i modelowania sygnałów: ciśnienia tętniczego krwi, prędkość przepływu krwi mózgowej, oraz końcowego wydechowego stężenia CO₂, które to sygnały, a w szczególności dynamika zależności między nimi, niosą informację o systemie regulacji krążenia mózgowego. Po krótko wspomina o zaletach i wadach różnych podejść opisywanych w literaturze przedmiotu zwracając uwagę na ograniczenia w zakresie ich stosowalności.

W rozdziale 2 doktorant w zwięzły i konkretny sposób formułuje trzy tezy, które stanowią merytoryczną istotę ocenianej rozprawy oraz założenia przyjęte w dalszych rozważaniach. W szczególności tezy 2 i 3 mogą być punktem wyjścia do praktycznych zastosowań w badaniach diagnostycznych i monitorowaniu pacjentów z zaburzeniami mechanizmów regulacji krążenia mózgowego i po krwotokach podpajęczynówkowych.

W Rozdziale 3 Autor rozprawia się z tezą 1 dotyczącą wykorzystania analizy czasowo-częstotliwościowej do badania autoregulacji krążenia mózgowego. Rozważania oparte są na dwóch pracach opublikowanych przy współudziale Autora, wg. deklaracji jest to wkład istotny. Jako narzędzie do uzyskiwania reprezentacji czasowo-częstotliwościowej zaproponowana została dystrybucja Zhao-Atlas-Marksa. Dystrybucja ta umożliwia zarówno estymację auto- jak i wzajemnej reprezentacji. Autor wykorzystał tę możliwość do wyznaczania koherencji czasowo-częstotliwościowej i czasowo-częstotliwościowego widma fazowego.

W tym miejscu mam drobną uwagę edytorską. Wielkość oznaczana przez TFPS jest dość intensywnie wykorzystywana w dalszych rozważaniach, natomiast jej wprowadzenie na str. 35 jest nieco ukryte w tekście ciągłym. Warto było ją wyróżnić jako osobną formułę. Podobnie przy wprowadzaniu indeksu autoregulacji M_x oraz stałej czasowej τ .

Na poparcie tezy 1 Autor przedstawia argument, że sygnały istotne dla oceny autoregulacji krążenia mózgowego są niestacjonarne i w szczególności poziom koherencji pomiędzy nimi także się zmienia. Zaproponowana metoda wraz ze statystycznym wyznaczaniem poziomu koherencji przewyższającym fluktuacje pozwala w obiektywny sposób wyznaczać przesunięcia fazowe dla tych obszarów przestrzeni czas-częstotliwość, dla których ma to sens. Warto zauważyć, że Autor w sposób krytyczny rozważa także ograniczenia zaproponowanej przez siebie metody.

Rozdział 4 dotyczy analizy złożoności sygnałów związanych z parametrami krążenia mózgowego i jest oparty na dwóch publikacjach, których doktorant jest współautorem. Autor przypomniał znane z literatury miary złożoności takie jak entropia Renyi'ego, koncentracja Jonesa-Parksa oraz entropia wielkoskalowa. Dwie pierwsze miary zostały zastosowane przez Autora do szacowania złożoności reprezentacji czas-częstotliwość uzyskanej za pomocą dystrybucji Zhao-Atlas-Marksa, natomiast entropia wieloskalowa została zastosowana do sygnałów w reprezentacji czasowej. W opisie analizy statystycznej w sekcji 4.2.1 zabrakło wspomnienia o korekcji poziomu testów ze względu na wielokrotność porównań. Informacja ta jest podana tylko w źródłowej publikacji. Przytoczone wyniki badań wspierają tezę 2 postawioną przez doktoranta mówiącą, że obniżona złożoność sygnałów ciśnienia krwi, prędkości przepływu krwi mózgowej oraz utlenowania tkanki mózgowej korelują z podwyższonym ryzykiem komplikacji stanu klinicznego pacjentów. Na uwagę zasługuje to, że Autor zaobserwowane wyniki modyfikacji estymowanych współczynników złożoności tłumaczy w prosty sposób na właściwości reprezentacji czas-częstotliwość, co wskazuje na zrozumienie istoty obserwowanego efektu, oraz że potrafi je odnieść do szerszego kontekstu teorii dekompleksyfikacji sygnałów fizjologicznych. Autor wykazał się ostrożnością w formułowaniu wniosków, które choć obiecujące, bazują na stosunkowo małej grupie przypadków klinicznych. Autor podkreśla ten fakt w każdym podsumowaniu wyników cząstkowych.

W rozdziale 5 Doktorant zaproponował i przetestował nową miarę służącą do szacowania opóźnień fazowych między sygnałami. Metoda ta bazuje na wielokanałowym algorytmie dopasowania kroczącego (MMP). Dopasowanie kroczące zostało tu wykorzystane w podwójnej roli. Po pierwsze jako selektywny filtr pozwalający na skupienie uwagi na oscylacjach wolnych i odpowiednio długotrwałych, po drugie jako narzędzie dostarczające prostej koncepcyjnie metody

pomiaru opóźnienia pomiędzy kanałami za pomocą szacowania argumentu ilorazu amplitud zespolonych danego atomu w parze rozważanych kanałów. Stworzony indeks został przez Autora wykorzystany do oceny asymetrii przepływu mózgowego krwi u pacjentów po krwotoku podpajęczynówkowym. Zaletą tej metody jest wyeliminowanie konieczności pomiaru ciśnienia tętniczego krwi, które w pewnych sytuacjach klinicznych może być niebezpieczne dla pacjenta. Zaprezentowane wyniki wskazują na współzależność między wczesną asymetrią fal wolnych w przepływie krwi mózgowej a rozwinięciem się skurczu naczyń mózgowych w tej grupie pacjentów. Jest to argument przemawiający za tezą 3 postawioną przez Autora.

Drobnym niedociągnięciem w sposobie prezentacji jest fakt, że indeks, który jest istotny dla otrzymanych w grupie klinicznej wyników, czyli side-to-side PS_{MMP} jest wprowadzony w części metodologicznej w sposób uwikłany w tekście paragrafu 5.2.1 zamiast wyróżniony osobną formułą, co sprawia, że trudno jest się doszukać informacji o tym, który kanał względem którego jest rozważany.

W rozważaniach na temat zastosowanej metodyki (paragraf 5.4.2) Autor zwraca uwagę na fakt, iż zbyt duża liczba iteracji mogłaby prowadzić do nadmiernego dopasowywania wybieranych w MMP atomów, zacytuję: „W szczególności może się zdarzyć, iż pewien atom zostaje wybrany, dlatego że jego iloczyn skalarny jest wysoki tylko z jednym kanałem, a z drugim kanałem jest bliski zeru.” Czy nie byłoby stosunkowo prostym wykrywanie takich sytuacji? *Chciałbym prosić Doktoranta o ustosunkowanie się do możliwości zastosowania obiektywnego kryterium stopu podczas obrony.*

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując moją recenzję stwierdzam, że opiniowana rozprawa cechuje się istotną wartością naukową i odpowiada na tezy postawione w pracy. Jednocześnie Autor wykazuje się szeroką wiedzą teoretyczną w dziedzinach nauki dotyczących badań prezentowanych w dysertacji. Rozprawa będąca przedmiotem recenzji dowodzi zarówno umiejętności rozwiązywania problemów naukowych, jak również dokonywania syntezy otrzymanych wyników i wyciągania oryginalnych wniosków. Wszystko to sprawia, że **oceniana rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.)**. Zatem z całym przekonaniem wnioskuję do Wysokiej Rady Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej o przyjęcie rozprawy i o dopuszczenie jej Autora, mgr **Michała Placka** do jej publicznej obrony.

Jarostaw Gygocinski