

Dr hab. inż. Jacek Marszał – prof. PG

Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Mirosława Krystiana Wróbla

Molecular Acoustic and Advanced Signal Processing Backgrounds of Acoustocerebrography

Rozprawa została napisana w języku angielskim, tytuł przetłumaczony na język polski:

Akustyka molekularna i zaawansowane przetwarzanie sygnałów – techniczne podstawy akustocerebrografii

Promotorami rozprawy są: prof. dr hab. inż. czł. koresp. PAN Andrzej Nowicki i dr hab. n. med. Robert Olszewski, a promotorem pomocniczym jest dr Marcin Lewandowski.

Prawną podstawą sporządzenia niniejszej recenzji jest uchwała Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk z dnia 25 kwietnia 2019 roku, o której zostałem powiadomiony pismem z dnia 6 maja 2019 r. przez dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego – Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk.

1. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy i czy został on trafnie i jasno sformułowany?

Tematem rozprawy doktorskiej mgr inż. Mirosława Krystiana Wróbla są zastosowania ultradźwiękowych pakietów fal o różnych częstotliwościach w celu śledzenia dyspersyjnych właściwości tkanek mózgowych, które mogły ulec zmianie w skutek urazów lub innych uszkodzeń neurologicznych. Jest to nowa, nie obrazowa metoda diagnostyczna nazwana AkustoCerebroGrafia (ACG).

W tezie rozprawy autor stwierdza:

Akustyka molekularna i zaawansowane przetwarzanie sygnałów stanowią techniczne podstawy akustocerebrografii.

Teza rozprawy doktorskiej została sformułowana bardzo ogólnie i w całości pokrywa się tytułem rozprawy. Taka forma tezy z początku wydawała mi się co najmniej dziwna, ale w miarę zagłębiania się w treść rozprawy coraz bardziej nabierałem przekonania, że jest do przyjęcia. Zamiast tej jednej tezy można byłoby sformułować wiele tez szczegółowych,

a wobec ich ilości sformułowanie jednej ogólnej tezy ma pewne swoje uzasadnienie. Praca ma wybitnie charakter wdrożeńowy. Doktorant w kolejnych rozdziałach konsekwentnie przedstawił metody i efekty badań zmierzających do zbudowania i przetestowania nowatorskiego narzędzia diagnostycznego, wykorzystującego zjawiska akustyki molekularnej oraz zaawansowane przetwarzanie sygnałów, tym samym udowadniają słuszność postawionej tezy. Przedstawione w rozprawie nowatorskie metody przetwarzania sygnałów zostały opatentowane i z sukcesem wdrożone.

2. Czy autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego właściwych metod, dowodząc że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych?

Aby udowodnić tezę, doktorant przedstawił szereg działań zmierzających do wykazania jej słuszności. W rozdziale 1 przedstawiona została analiza zagadnień związanych z propagacją i rozproszeniem fali akustycznej w materii amorficznej. Tematem rozdziału 2 jest budowa czaszki i tkanki mózgowej oraz analiza wpływu procesu biologicznego układu mózgowo-naczyniowego człowieka na parametry propagacji fali akustycznej. Rozdział 3 poświęcony został opracowaniu modelu ludzkiej czaszki ze szczególnym uwzględnieniem właściwości akustycznych różnych jej struktur oraz określeniu wymagań dla systemu wykorzystującego pomiary właściwości dyspersyjnych sygnału akustycznego propagowanego w strukturach czaszki. W rozdziale 4 dokonano przeglądu dostępnych metod badania tkanki czaszki z analizą matematycznych podstaw obliczeniowych oraz przedstawiono propozycje ich ulepszenia.

Rozdziały 5 i 6 stanowią główną część pracy. Przedstawiono w nich modele matematyczne oraz symulacje komputerowe nowych metod przetwarzania sygnałów, w tym między innymi opisana została nowa metoda umożliwiająca precyzyjne określenie fazy znanego sygnału po przejściu przez medium badawcze. W celu praktycznego zbadania nowatorskiej metody zaprojektowano przenośny system, który jest w stanie wysyłać i odbierać sygnał ultradźwiękowy w szerokim zakresie częstotliwości od 500 kHz do 7 MHz. Struktura tego systemu, jego budowa i oprogramowanie oraz parametry zostały zaprezentowane w rozdziale 7.

Rozdział 8 opisuje przeprowadzone eksperymenty diagnostyczne na owcach. Celem tych eksperymentów było określenie wpływu ewentualnego przedawkowania ekspozycji quasi-stałej fali ultradźwiękowej na tkankę mózgu owiec. W przeprowadzonych badaniach nie wykryto znaczącej różnicy stanu struktury tkanki mózgowej między grupą kontrolną, a grupą poddaną eksperymentalnej diagnostyce. Rozdział 9 poświęcony został opisowi przeprowadzonych badań klinicznych na próbie 97 pacjentów z wykorzystaniem metody ACG za pomocą ww. przenośnego systemu ultradźwiękowego. Uzyskane wyniki zostały porównane z badaniami z wykorzystaniem rezonansu magnetycznego. Przeprowadzone badania wykazały, że metoda ACG umożliwia szybką, bardzo precyzyjną i nieinwazyjną diagnostykę tkanki mózgowej na początku okresu terapeutycznego, a także dalsze, ciągłe monitorowanie mózgu.

Wykorzystana przez autora szeroka gama metod naukowych, począwszy od stworzenia teoretycznego modelu struktury mózgu i jego opisu matematycznego poprzez przeprowadzenie symulacji komputerowych, opracowanie unikalnej aparatury diagnostycznej i jej kliniczne przetestowanie, dowodzą jego doskonałego przygotowania do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

3. Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?

Mózg jest złożonym organem bardzo wrażliwym na czynniki zewnętrzne. Szybkie diagnozowanie patologii mózgu pozostaje głównym wyzwaniem w dziedzinie medycyny. Śmiertelność związaną z takimi patologiami można zmniejszyć, jeśli zostaną one szybko zdiagnozowane w prowincjonalnych przychodniach, a nawet karetkach pogotowia ratunkowego, gdzie zaawansowane narzędzia diagnostyczne, takie jak tomografia komputerowa i rezonans magnetyczny są niedostępne.

Tematyka rozprawy wpisuje się w poszukiwanie nowych metod diagnostyki ultradźwiękowej, których celem jest poprawa wykrywalności uszkodzeń mózgu za pomocą kompaktowych przenośnych narzędzi diagnostycznych. Zaprezentowana w rozprawie nowa metoda ACG umożliwia szybką, bardzo precyzyjną i nieinwazyjną diagnostykę tkanki mózgowej na początku okresu terapeutycznego, a także dalsze ciągłe monitorowanie mózgu.

4. Na czym polega oryginalny dorobek autora i jakie jest znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Zaprezentowane w rozprawie doktorskiej wyniki badań wykazały, że metoda ACG nadaje się do użytku klinicznego. Prace doktoranta nad metodą ACG zaowocowały licznymi wynalazkami w dziedzinie budowy systemów medycznych, przetwarzania sygnałów i klasyfikacji tkanek. Wynalazki te zostały opatentowane w USA jak również w Unii Europejskiej w międzynarodowym systemie patentowym PCT.

W szczególności oryginalnym i nowatorskim dorobkiem autora o znaczeniu poznawczym i równocześnie oferującym nowe metody diagnostyki mózgu są następujące wyniki pracy:

- Zaprojektowanie oryginalnej metody ACG, która okazała się przydatną w diagnozowaniu pacjentów z ostrymi i przewlekłymi uszkodzeniami mózgu i jest cennym rozszerzeniem dotychczas stosowanych metod monitorowania i diagnozowania naczyń krwionośnych mózgu.
- Opracowanie opatentowanie i wdrożenie algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów i redukcji danych, które sprawiają, że pozyskane dane są łatwo interpretowane i ułatwiają podejmowanie decyzji o sposobie leczenia. Algorytmy te z powodzeniem mogą również znaleźć zastosowania w innych obszarach medycyny i techniki.
- Zaprojektowanie zbudowanie i oprogramowanie przenośnego systemu ultradźwiękowego umożliwiającego praktyczną weryfikację opracowanej metody ACG.
- Przeprowadzenie eksperymentu na próbie 20 owiec w celu zbadania bezpieczeństwa metody ACG.
- Przeprowadzenie badań klinicznych na próbie 97 pacjentów, które wykazało użyteczność dyspersyjnej techniki ultradźwiękowej ACG w diagnozowaniu zmian chorobowych mózgu m.in. udaru mózgu oraz posocznicy.

5. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora, wiedzy na zaawansowanym poziomie, o charakterze podstawowym dla dziedziny nauk technicznych oraz o charakterze szczegółowym, odpowiadającym obszarowi prowadzonych badań naukowych?

Zawartość wszystkich wcześniej sformułowanych przeze mnie ocen jednoznacznie świadczy o wiedzy autora na bardzo zaawansowanym poziomie, zarówno o charakterze podstawowym jak i szczegółowym w obszarze prowadzonych przez niego badań. Wybitnym potwierdzeniem jego wiedzy i talentu są liczne wynalazki związane z tworzeniem nowej metody diagnostycznej ACG oraz jej wdrożenie zakończone badaniami klinicznymi potwierdzającymi jej skuteczność w diagnozowaniu uszkodzeń mózgu.

6. Czy rozprawa obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki i świadczy o znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy?

Niniejsza praca jest tematycznie umiejscowiona w interdyscyplinarnej dziedzinie inżynierii, fizyki, matematyki i medycyny. Doktorant swobodnie operuje metodami analizy matematycznej oraz komputerowymi narzędziami symulacyjnymi. O szerokim zakresie znajomości najnowszych osiągnięć nauki doktoranta świadczy pokaźna lista bibliograficzna obejmująca 68 pozycji, z czego większość została opublikowana po roku 2000. Lista ta obejmuje zarówno książki, artykuły w czasopismach naukowych jak i materiały konferencyjne oraz patenty. Wszystkie pozycje bibliograficzne zostały w umiejętny sposób dobrane i przywoływane w rozprawie.

W wykazie literatury znajduje się 16 pozycji autorstwa bądź współautorstwa doktoranta, w tym 11 opublikowanych w ostatnich 4 latach. Wśród wymienionych prac znajduje się aż 6 międzynarodowych patentów, w tym 2 jednoautorskie.

7. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Nie mam zasadniczych uwag dotyczących zakresu rozprawy, jej układu, podziału na rozdziały, szczegółowości opisów i wyciąganych wniosków. Mimo tego chciałbym zwrócić uwagę na pewne jej niedoskonałości:

- Przedstawiona do recenzji praca o charakterze wdrożeniowym powstała dzięki wieloletniej pracy zespołu pracowników. Niestety przyjęty przez doktoranta sposób narracji nie określa w sposób bezpośredni jaki był jego osobisty wkład w uzyskane wyniki poszczególnych etapów pracy. Informacje o jego współpracownikach można uzyskać pośrednio dzięki zamieszczonym na początku rozprawy podziękowaniom, natomiast o jego kierowniczej roli w realizowaniu tej pracy można wnioskować na podstawie dostarczonego wraz z rozprawą CV. W ten sposób wyrobiłem sobie pogląd o wiodącej roli doktoranta i jego istotnym wkładzie w zagadnieniach omówionych w rozprawie.
- Zastrzeżenia budzi sposób sformułowania tezy rozprawy, o czym już napisałem w pierwszej części recenzji.
- W pracy występują powtórzenia treści i wniosków oraz błędy edytorskie, np.:
 - o W spisie treści występuje błędna numeracja rozdziałów i podrozdziałów, niezgodna zastosowaną numeracją w dalszej części pracy. I tak: w spisie treści

mamy: „2 Chapter 1” oraz podrozdziały 2.1., 2.2., 2.3., a w tekście głównym pracy odpowiednio: „1 Chapter 1” oraz podrozdziały 1.1., 1.2., 1.2., 1.3. Błąd ten powtarzany jest w sposób analogiczny w całym spisie treści.

- o W spisie symboli „time of flight” oznaczone zostało skrótem złożonym z wielkich liter „TOF”, natomiast w dalszej części pracy autor wymiennie używa skrótów, w których środkowa litera jest wielka lub mała - TOF lub ToF.

Powyżej opisane niedoskonałości rozprawy nie mają zasadniczego wpływu na moją ogólną jej ocenę, która jest jednoznacznie pozytywna.

8. Do której z następujących kategorii recenzent zalicza rozprawę?

- a) ~~Niespełniająca wymogów stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy~~
- b) ~~Wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania~~
- c) ~~Spełniająca wymagania~~
- d) ~~Spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem~~
- e) **Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie**

9. PODSUMOWANIE

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Mirosława Krystiana Wróbla **w pełni spełnia wymagania** podane w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym ... (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami) oraz w art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r poz. 1669). W związku z **tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Ze względu na wysokie walory rozprawy doktorskiej, w szczególności biorąc pod uwagę jej wdrożeniowy charakter potwierdzony licznymi przyznanymi i wdrożonymi patentami oraz kliniczną weryfikacją zastosowania metody ACG w diagnostyce uszkodzeń mózgu, **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mirosława Krystiana Wróbla.**

Gdańsk, 8 lipca 2019 roku.

