

Gdynia, 6.05.2013 r.

dr hab. inż. Grażyna Grelowska  
prof. nadzw. AMW  
Akademia Marynarki Wojennej  
ul. Śmidowicza 69  
81-103 Gdynia

Recenzja rozprawy doktorskiej

pt.: „**Obrazowanie parametryczne tłumienia fali ultradźwiękowej w tkance miękkiej**”

autor: **mgr Ziemowit KLIMONDA**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Recenzja została opracowana na zlecenie Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN dr. hab. Janusza Szczepańskiego, prof. IPPT PAN zgodnie z uchwałą Rady Naukowej IPPT PAN z dnia 28 lutego 2013 r.

### **2. Krytyczny opis treści rozprawy**

Rozprawa doktorska magistra Ziemowita Klimondy poświęcona jest doskonaleniu metod obrazowania ultradźwiękowego w diagnostyce medycznej. Obrazy w tradycyjnych systemach ultrasonograficznych powstają na podstawie zdalnej oceny różnicy impedancji akustycznej poszczególnych obszarów tkanek. Istnieją jednak sytuacje, kiedy sąsiadujące ze sobą fragmenty tkanek nieznacznie różnią się pod względem wartości impedancji akustycznej, natomiast znaczne różnice można zaobserwować w ich właściwościach tłumiących. Spostrzeżenie to stało się punktem wyjścia do badań na opracowaniem nowej metody obrazowania ultradźwiękowego opartej o estymację zmian współczynnika tłumienia fali ultradźwiękowej w tkance miękkiej.

Sposób rozwiązania tak postawionego zadania omówiony został przez Autora w rozprawie złożonej z sześciu rozdziałów, z których pierwszy to wstęp, a ostatni – podsumowanie. W pracy zacytowano 58 pozycji literatury oraz uzupełniono ją informacjami o aparaturze specjalnej użytej w badaniach doświadczalnych.

Układ pracy generalnie jest przejrzysty i konsekwentny, wprowadzając czytelnika w zagadnienie badawcze i przedstawiając kolejne możliwości poszukiwania jego rozwiązań.

We wstępie przedstawiony został cel pracy a także omówione zostały aktualne osiągnięcia w zakresie metod wyznaczania tłumienia tkanek oraz przykłady wykorzystania informacji o powiązaniu zmian tłumienia ze zmianami patologicznymi tkanek.

Rozdział drugi to zwięzła informacja teoretyczna o tworzeniu obrazów B-mode oraz o tłumieniu w tkance miękkiej przydatna podczas lektury całości pracy, w której porównywane są wielokrotnie obrazy tworzone obiema metodami.

W rozdziale trzecim, który stanowi zasadniczy wkład Autora w rozwój metod zobrazowania ultradźwiękowego, sformułowany został model zmian widma impulsu propagującego się w tkance miękkiej oraz w sposób szczegółowy rozpatrzone zostały czynniki wpływające na funkcjonowanie estymatora skonstruowanego w oparciu o ten model. Rozważono tu wpływ pasma przetwornika, wpływ skończonego pasma częstotliwości sygnałów rzeczywistych, wpływ silnych ech oraz wpływ szumu elektronicznego na estymatę częstotliwości średniej.

Rozdział czwarty i piąty poświęcone zostały badaniom numerycznym i doświadczalnym. Wstępem do nich były badania rozdzielczości zaproponowanej metody i w oparciu o nie - dobór parametrów estymatora. Z kolei zaprezentowane zostały przykłady badań numerycznych i badań doświadczalnych, w których przy wykorzystaniu sygnału z głowicy ultrasonograficznej obok typowych obrazów B-mode tworzone były dzięki zastosowaniu estymatora tłumienia obrazy zwane „mapą tłumienia”. W wielu przykładach możliwość detekcji obszaru o różniących się właściwościach akustycznych jest bardziej jednoznaczna przy zastosowaniu metody opartej o estymację tłumienia. Jednak dokładność wyznaczenia położenia obiektu przy pomiarze bezpośrednim jest niezbyt duża.

W rozdziale piątym zaproponowano trzy metody zwiększenia dokładności estymacji tłumienia, a w konsekwencji dokładności obrazu ultrasonograficznego: metodę uśredniania przestrzennego, metodę uśredniania częstotliwościowego oraz metodę apertury syntetycznej, a także metody będące kombinacjami wymienionych metod. Funkcjonowanie każdej z zaproponowanych metod zilustrowano danymi doświadczalnymi. Dobrane przykłady wyraźnie eksponują walory bądź niedostatki poszczególnych metod. Do pełnego obrazu umożliwiającego jednoznaczną ocenę działania estymatora brakuje w moim odczuciu serii wyników będących zobrazowaniem tego samego fantomu (o ustalonych parametrach) kolejno przy wykorzystaniu wszystkich proponowanych metod pomiarowych.

Uzyskane wyniki z uwypukleniem wkładu Autora podsumowano w rozdziale szóstym.

Problem podjęty przez Pana mgr. Ziemowita Klimondę w rozprawie doktorskiej jest jak najbardziej aktualny i ważny, gdyż umożliwia uzyskanie komplementarnego obrazu tkanki miękkiej na podstawie sygnału, z którego powstaje zobrazowanie B-mode. Dodatkowe informacje o tkance, często trudne do zidentyfikowania metodą echolokacyjną, bez konieczności wprowadzania zmian w urządzeniu ultrasonograficznym to istotne zalety przedstawionego rozwiązania.

Estymacja współczynnika tłumienia w oparciu o zaprezentowany model wymaga dość dużej mocy obliczeniowej. Jednak rozwój technologii informatycznych sprzyja rozwojowi metod modelowania wymagających czasochłonnych obliczeń.

Konstrukcja rozprawy doktorskiej będąca odzwierciedleniem kolejnych etapów realizacji pracy świadczy o prawidłowym podejściu do rozwiązania postawionego zadania naukowego a także o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### **3. Szczegółowe uwagi do rozprawy**

Metodyka prowadzenia badań nie budzi zastrzeżeń jednak Autorowi nie udało się ustrzec pewnych uchybień w redakcji pracy. Do ważniejszych zaliczyłabym następujące:

1. Autor używa terminu „symulacje” dla określenia badań numerycznych;

2. W wielu miejscach użyte jest sformułowanie „na obrazku” zamiast „na wykresie” albo „obrazek” zamiast „obraz” czy „rysunek”
3. Podobnie w wielu miejscach użyto określenia „spadek częstotliwości” zamiast „zmiana częstotliwości”. Również spotyka się wielokrotnie: „częstotliwość spada” zamiast „zmniejsza się” czy „maleje”
4. Układ pracy generalnie jest poprawny i przejrzysty jednak lekturę utrudniają dwa elementy:
  - odwoływanie się do kolejnych rozdziałów, które później, np. w rozdziale 3.2.3. str. 41 do rozdziału 4.1, w rozdziale 3.2.4. str. 42 do rozdziału 4.2.2, 4.2.3 itp.; analogicznie: najpierw pojawia się opis rysunków 5.10 i 5.11 a dopiero potem rysunku 5.9;
  - brak krótkiego wprowadzenia w podrozdziałach omawiających pomiary i wyjaśnienia czemu służy prezentacja wyników kolejnego pomiaru, np. kilka podrozdziałów w rozdz. 5. rozpoczyna się następująco: „Do pomiarów na wzorcu tkankowym DFS 1054 A.4 wykorzystano ultrasonograf ....” i tu podany jest typ urządzenia. Na takiej podstawie trudno jest stwierdzić, że mowa będzie np. o głowicy skupiającej. Sprawa wyjaśniona zostaje zazwyczaj dopiero przy końcu podrozdziału.
5. Przy omawianiu pomiarów w rozdziale 4 wspomniano, że użyty został hydrofon. Typ hydrofonu podano dopiero w rozdziale 5 na str.66.
6. Kilkakrotnie użyto terminu „rozmiary” zamiast „wymiary”, np. str. 43, 63, 99
7. Str. 45 rys. 4.1. zamiast: „przebieg częstotliwości” powinno być „zmiany częstotliwości (w funkcji odległości)”
8. Str. 51 2 d jest: ‘ „krzywizna funkcji” powinno być: „wartość funkcji”
9. Str. 58 2-3d oraz str. 70 7-8g jest:” Do średniego spadku częstotliwości dopasowano prostą ...” powinno być „Zmiany częstotliwości aproksymowano (albo przybliżono) prostą ...” .
10. Str. 80 rys. 5.13 podpis jest „linia średniego tłumienia ...” powinno być : ”zmiany tłumienia ...”
11. Str. 80 pierwszy akapit. Kształt linii na wykresie rys. 5.13 opatrzone komentarzem: „wynika ... z rozbieżności wiązki, różnej dla różnych częstotliwości.” W tym przypadku przydałoby się oszacowanie.

Drobne błędy edytorskie zaznaczyłam w pracy i przekażę Autorowi.

#### **4. Ocena rozprawy i osiągnięć**

Wymienione wyżej usterki rozprawy nie mają istotnego wpływu na obniżenie jej wartości merytorycznej. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu modelowania zmian tłumienia w tkance miękkiej i estymowania jego wartości dla potrzeb zobrazowania ultradźwiękowego, a zawarte w niej wyniki prezentują nie tylko nowe podejście do ważnego dla nieinwazyjnej diagnostyki medycznej zagadnienia, lecz także mają duże znaczenie praktyczne.

Autor przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej przeprowadził badania, które pozwoliły mu udowodnić tezę, że „metoda estymacji tłumienia jest komplementarną metodą diagnostyki ultradźwiękowej dostarczającą nowych jakościowo informacji o badanym obiekcie”. Wykazał się podczas realizacji badań niezbędną ogólną wiedzą teoretyczną, znajomością literatury przedmiotu oraz umiejętnością prowadzenia pracy naukowej.

Wyniki badań opublikował w postaci 13 artykułów recenzowanych oraz 22 referatów na konferencjach naukowych. Poszczycić się może również wyróżnieniami dla młodych pracowników naukowych.

## **PODSUMOWANIE**

Stwierdzam, że rozprawa doktorska „**Obrazowanie parametryczne tłumienia fali ultradźwiękowej w tkance miękkiej**” spełnia, zgodnie z „Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami”, wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.