

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Wilczewskiej
w związku z postępowaniem w sprawie nadania w/w stopnia doktora
nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria
biomedyczna.

Niniejsza ocena została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. Tomasza Markiewicza, RND.IB.521.1.2024 z dnia 22.03.2024 r.

1. Znaczenie podjętej tematyki

Informatyka i elektronika w coraz większym stopniu wspomaga diagnostykę lekarską w różnych obszarach medycyny. Jednym z takich obszarów jest kardiologia. Metody diagnostyczne stosowane w kardiologii i szeroko rozumianego obrazowania medycznego opierają się zazwyczaj na zastosowaniu typowych metod analizy i przetwarzania obrazów. Jednak dzięki wyprofilowaniu metod analizy i przetwarzania obrazów do konkretnej metody obrazowania i problemu, w tym przypadku kardiologicznego, można otrzymać większą powtarzalność wyników oraz ich odporność na zakłócenia. W tym obszarze mieści się przedmiotowa rozprawa doktorska w której odniesiono się do problematyki wyznaczania przemieszczenia i odkształcenia mięśnia lewej komory serca na podstawie danych echokardiograficznych. Zmodyfikowano metody elastycznego dopasowania obrazów z wykorzystaniem krzywych B-sklejanych. W związku z tym podjęta tematyka jest ważna i aktualna oraz rozwiązuje istotny problem z zakresu inżynierii biomedycznej.

2. Struktura rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Wilczewskiej, pt. "Metoda wyznaczania przemieszczeń i odkształceń lewej komory serca, z użyciem danych echokardiograficznych poprzez elastyczne dopasowanie obrazów, wzbogacone o informację z segmentacji", obejmuje 147 stron podzielonych na 8 rozdziałów, podziękowania, oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca została napisana pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Jakuba Żmigrodzkiego oraz promotora pomocniczego dr inż. Szymona Cygana. Struktura rozprawy jest prawidłowa.

Autorka, zaraz po streszczeniach, przedstawia pierwszy rozdział, który został poświęcony motywacji Autorki, walidacji wyników, podstawom obrazowania ultradźwiękowego oraz metodyce wyznaczaniu odkształceń. W rozdziale tym zawarto też cele rozprawy bez zakresu rozprawy, który obiecuje Autorka w podrozdziale 1.1.

Drugi rozdział jest związany z opisem stworzonego przez Autorkę algorytmu. Podział tego rozdziału na sześć podrozdziałów jest prawidłowy. Na początku przeprowadzony jest opis segmentacji, następnie transformacji, interpolacji, funkcji kosztu a następnie optymalizacji i wyznaczania przemieszczeń i odkształceń.

Autorka w trzecim rozdziale opisuje metody walidacji opracowanej metody zwracając szczególną uwagę na metody i miary oceny dokładności otrzymanych przemieszczeń i odkształceń.

Rozdziały czwarty i piąty dotyczą opisu metodyki doboru wartości hiperparametrów algorytmu ze szczególnym uwzględnieniem danych związanych z fantomem jednorodnych oraz fantomem z wtrąceniem. Rozdział czwarty zakończono podsumowaniem. Natomiast rozdział piąty poświęcono opisowi walidacji algorytmu odnosząc się do danych z obrazowania fantomu z referencją numeryczną i danych semi-systematycznych.

W rozdziale szóstym, siódmym i ósmym zawarto odpowiednio: podsumowanie, bibliografię obejmującą 93 pozycje oraz dodatek w formie tabeli z wynikami.

Struktura rozprawy jest prawidłowa.

3. Cel pracy i teza rozprawy

Teza rozprawy nie została przedstawiona przez Autorkę. W podrozdziale 1.1. Autorka przedstawia jedynie cel pracy w następujący sposób „Celem pracy było opracowanie i weryfikacje nowej metody wyznaczania przemieszczeń i odkształceń mięśnia lewej komory serca”. Po tym jednozdaniowym celu pracy brakuje wyszczególnienia celów składowych (częstkowych) które, jak wynika z przedstawionej rozprawy, Doktorantka zrealizowała. Nie bardzo wiadomo też, czytając rozdział Podsumowanie czy cel pracy został zrealizowany. Autorka zamiast skupić się w podsumowaniu na odniesieniu do pełności zrealizowanego celu pracy opisuje na czym polega algorytm elastycznego dopasowania. Moim zdaniem jest to zbyt późno. Czytelnik zapoznając się rozprawą ma wrażenie, że poszczególne rozdziały powstały at hoc bez wcześniejszego przemyślenia i wyraźnie postawionego celu. W tym zakresie nie są też zdefiniowane założenia pracy które, z całą pewnością, potwierdzałyby powody wyboru takiego a nie innego rozwiązania tego ciekawego problemu.

4. Metodyka badań

Przedstawiona przez Autorkę metodyka badań jest prawidłowa. Analiza została przeprowadzona dla danych klinicznych z badań pochodzących od 450 pacjentów. Dodatkowo dla każdego z obrazów zostały wygenerowane maski przez specjalistów rozszerzone dalej z wykorzystaniem procesu segmentacji dla każdej klatki sekwencji echokardiograficznej. Uzyskane w ten sposób maski Autorka wykorzystała poprzez dodanie do funkcji kosztu algorytmu elastycznego dopasowania obrazów nowej funkcji kary. Dla niej zaproponowano wagi i inne parametry opisywane w rozprawie. W rezultacie otrzymano nową metodę wyznaczania przemieszczeń i odkształceń lewej komory serca. Na uwagę zasługuje fakt, że oprócz wymienionych danych klinicznych Autorka wykorzystwała szereg innych danych, takich jak: syntetyczne dane ultrasonograficzne przedstawiające fantom lewej komory serca (jednorodnego i z wtrąceniem) oraz dane generowane numerycznie. W tym zakresie Doktorantka wykazała, że zaproponowany algorytm zwiększa dokładność o 40% wyznaczania przemieszczenia i odkształcenia mięśnia sercowego z wykorzystaniem zaproponowanych masek. Jest to znacząca poprawa dokładności w porównaniu z metodami tradycyjnymi, typowymi algorytmami stosowanym w segmentacji tego typu obrazów.

W rozprawie dostrzegłem kilka drobnych usterek merytorycznych, które nie wpływają na moją pozytywną ocenę rozprawy, jednakże chciałbym, aby mgr inż. Aleksandra Wilczewska się do nich odniosła podczas publicznej obrony, są to:

1. Czy było jakieś kryterium wykluczenia pacjentów dla których opisywana metoda przynosi gorsze rezultaty? Czy jest możliwe podanie konkretnych przesłanek jakiego typu obrazu/pacjenci mogą spowodować powstawanie dużych błędów analizy?
2. Czy możliwe jest przedstawienie przez Autorkę dowolnego fragmentu algorytmu napisanego w Matlabie? W rozprawie zabrakło jakiegokolwiek odniesienia do środowiska Matlab – np. wersji zastosowanych toolbox'ów, czy ciekawszych fragmentów algorytmu.
3. Co kierowało Autorką w zaproponowaniu elastycznego dopasowania obrazów, wzbogaconego o informację z segmentacji? Czy rozważano też inne metody dopasowywania obrazów, np. niedokładnej odpowiedniości grafów czy innej metody segmentacji.
4. Jakie są podstawy merytoryczne do podawania wartości np. w tabeli 6 (str. 85) z dokładnością do czwartego miejsca po przecinku?
5. W jaki sposób na opracowane metody wpływają parametry akwizycji danych. Przykładowo w jaki sposób wpływa rozdzielczość obrazu czy obrót na otrzymywane wyniki?

Pomimo wskazanych przeze mnie drobnych błędów redakcyjnych i merytorycznych, praca stanowi cenny wkład w zakres wyznaczania przemieszczeń i odkształceń lewej komory serca.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że Pani mgr inż. Aleksandra Wilczewska wykazała się dużą wiedzą z zakresu analizy i przetwarzania obrazów biomedycznych, a także opanowaniem i sprawnym posługiwaniem się warsztatem badawczym. Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Wilczewskiej pt. "Metoda wyznaczania przemieszczeń i odkształceń lewej komory serca, z użyciem danych echokardiograficznych poprzez elastyczne dopasowanie obrazów, wzbogacone o informację z segmentacji" jest oryginalnym, interesująco przedstawionym,

uzasadnionym i twórczym wkładem w dyscyplinę inżynieria biomedyczna. Niniejsza rozprawa doktorska zawiera poprawnie sformułowany i rozwiązany problem badawczy oraz posiada bardzo duży aspekt praktyczny, stanowi zatem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Zgodnie z powyższym stwierdzam, że mgr inż. Aleksandra Wilczewska spełnia wymogi formalne o których mowa w aktualnej ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Wilczewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.