

Warszawa, 25.09.2024 r.

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pałko
Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej
Politechniki Warszawskiej
ul. Św. A. Boboli 8
02-525 Warszawa

adres prywatny:
Gorlicka 15 A m. 10
02-130 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Eweliny Sobotnickiej
p.t. **„Metody przetwarzania obrazów układu sercowo-naczyniowego do analizy blaszek miażdżycowych”**

Niniejsza recenzja została opracowana, w związku z powołaniem mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Eweliny Sobotnickiej p.t. „Metody przetwarzania obrazów układu sercowo-naczyniowego do analizy blaszek miażdżycowych”, przez Radę Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej na posiedzeniu w dniu 11.07.2024r. oraz zgodnie z pismem z dnia 19.07.2024r. w tej sprawie.

W społeczeństwie polskim jest na ogół dobrze znany fakt, że choroby układu krążenia są najczęstszą przyczyną śmierci ludzi na świecie. Mniej oczywistym faktem jest, że w wielu krajach przyczyna ta przekracza 40% wszystkich zgonów rocznie. Doktorantka także na podstawie danych GUS potwierdziła, że w 2020 roku w Polsce z powodu chorób sercowo-naczyniowych zmarło 42,6% osób, w stosunku do wszystkich przyczyn zgonów. Również z danych statystycznych można wykazać, że najczęściej przyczyną utraty życia jest choroba niedokrwienna lub zawał serca, albo zaburzenia rytmu serca jako zwiastuny migotania komór lub zatrzymania czynności serca, będące często powikłaniami choroby niedokrwiennej lub ostrego zawału serca. Stany te najczęściej spowodowane są miażdżycą, w rozwoju której następuje tworzenie się blaszek miażdżycowych. Z tych względów, tematyka niniejszej rozprawy doktorskiej dotycząca opracowania i przeprowadzenia badań metod przetwarzania obrazów układu sercowo-naczyniowego do wykrywania i analizy blaszek miażdżycowych jest bardzo istotna i w dużej mierze wynika z aktualnych i pilnych potrzeb współczesnej medycyny. Należy też podkreślić, że tematyka ta jest ważna zarówno z punktu widzenia poznawczego, dydaktycznego jak i utylitarnego, nadającego się do wykorzystania w praktyce

medycznej. Zakres pracy oceniam jako wystarczający i w pełni spełniający wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Zasadniczym celem wykonanej pracy doktorskiej była analiza i ocena wybranych metod segmentacji obrazów blaszki miażdżycowej, pod względem możliwości zastosowania ich do identyfikacji i klasyfikacji na blaszki twarde lub miękkie, a także do oceny ich stopnia uwapnienia, niezależnie od lokalizacji naczynia w jakim blaszka się znajduje. Cel ten został osiągnięty poprzez dobór i analizę przyjętych odpowiednich współczynników określających te cechy. W rozprawie przedstawiono następującą tezę: zaproponowana metoda segmentacji stanowi efektywne narzędzie do rozpoznawania blaszek miażdżycowych, a także pozwala na analizę wybranych cech obiektu. Należy stwierdzić, że w wyniku wykonanej pracy został w pełni osiągnięty założony jej cel, jak również została potwierdzona przyjęta w niej teza. Na podstawie uzyskanych wyników, należy też stwierdzić, że zaproponowana i szczegółowo przebadana przez Doktorantkę w dużej mierze innowacyjna metoda gradientowa segmentacji obrazów umożliwia wczesne wykrywanie i ocenę istotnych cech blaszek miażdżycowych przydatnych dla ich parametryzacji i klasyfikacji zmian chorobowych.

Recenzowana rozprawa została prawidłowo opracowana pod względem edytorskim i merytorycznym. Objętościowo jest odpowiednia, całość pracy zawiera 116 stron i składa się z 10 rozdziałów oraz dobrze dobranej literatury (114 pozycji). Struktura pracy jest przejrzysta i logiczna. Na początku rozprawy przedstawiono jednostronicowe, dobrze skondensowane streszczenia w językach polskim i angielskim. Pełny tekst rozprawy zawiera: krótki wstęp uzasadniający wybór tematu oraz kolejne rozdziały. Pierwsze trzy rozdziały stanowią część wprowadzającą w tematykę rozprawy, opracowaną głównie na podstawie literatury. Pozostałe siedem rozdziałów stanowi opis własnych przemyśleń, pomysłów i wyników badań oraz ich interpretacji, a także dyskusji i wyciągniętych prawidłowych wniosków. W części wprowadzającej opisano istotne zagadnienia z fizjologii układu sercowo-naczyniowego (rozd. 1) i powstające zaburzenia w wyniku procesów miażdżycowych (rozd. 2) oraz problematykę diagnostyki obrazowej pacjentów z miażdżycą (rozd. 3). W części opartej na własnych badaniach prowadzonych w trakcie rozprawy doktorskiej przedstawiono w sposób jasny cel i tezę pracy (rozd. 4), metodykę postępowania przy realizacji i analizie dwóch następujących wybranych metod, tj. metody rozrostu obszaru i metody gradientowej do segmentacji blaszek miażdżycowych, a także ustalono i dokonano oceny jakości tych segmentacji (rozd. 5). Następnie przedstawiono (rozd. 6) materiał badawczy pozyskany od 24 pacjentów w Śląskim Centrum Medycznym, a następnie wybrano 43 obrazy referencyjne przedstawiające blaszki miażdżycowe, przy czym 5 pacjentów badano dwukrotnie w różnym

odstępie czasu. Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych i uzyskanych wyników oceny jakości segmentacji (rozdz. 7) oraz przeprowadzonej szczegółowej analizy wyników i przeprowadzonej dyskusji badań (rozdz. 8), a także z podsumowania i wniosków końcowych (rozdz. 9) wynika, że spośród trzech poddanych badaniom metod segmentacji blaszki miażdżycowej, tj. metody rozrostu obszaru, metody gradientowej i dostępnej metody z oprogramowaniem ImageJ, najwyższą miarę jakości segmentacji osiągnęła zaproponowana metoda gradientowa. Metoda ta łączy metodę rozrostu obszaru z metodą gradientu jasności pikseli. W zakończeniu tekstu dysertacji (rozdz. 10) przedstawiono potrzebę dalszego rozwijania i wykorzystania metody gradientowej segmentacji blaszki miażdżycowej do rekonstrukcji trójwymiarowej naczyń krwionośnych i oceny przepływu w zwężonych naczyniach w wyniku miażdżycy.

Do szczególnie wartościowych i w dużej mierze oryginalnych osiągnięć Doktorantki należy zaliczyć:

1. opracowanie w środowisku MATLAB graficznego interfejsu użytkownika (GUI), który jako baza danych referencyjnych z obrazami zidentyfikowanych blaszek miażdżycowych w formacie DICOM, który umożliwia uzyskanie cennego i wygodnego do dalszej analizy materiału badawczego
2. opracowanie i zaimplementowanie parametrów sterujących dla klasycznej metody rozrostu obszaru i zaproponowanej przez Doktorantkę metody gradientowej do segmentacji blaszek miażdżycowej
3. wprowadzenie nowych technologii przetwarzania obrazów umożliwiających automatyczną detekcję i klasyfikację blaszek miażdżycowych na podstawie zaproponowanych cech
4. wykazanie, na podstawie szczegółowej oceny jakości segmentacji, przewagi gradientowej metody segmentacji blaszki miażdżycowej w odniesieniu do klasycznej metody rozrostu obszaru i dostępnej profesjonalnej metody wg. oprogramowania ImageJ

W trakcie czytania i analizy tekstu rozprawy dostrzeżono trzy drobne usterki, a mianowicie:

- Str. 7 w. 10 d – występuje słowo „bark” a powinno być „brak”.
- Str. 7 w. 4 d – napisano o wykorzystaniu darmowego programu komercyjnego – moje wątpliwości budzi fakt, czy darmowo dostępny program komputerowy można nazwać komercyjnym.

- Str. 97 w. 6 d – napisano „najważniejsze osiągnięcie pracy to: ...”, moim zdaniem ściślej byłoby zapisać osiągnięcia Autora pracy.

Poza tymi mało znaczącymi uwagami, w stosunku do merytorycznej (naukowo-badawczej) zawartości pracy, niniejszą rozprawę doktorską oceniam jako bardzo dobrą i bardzo ważną z punktu widzenia potrzeb współczesnej medycyny, a także coraz większych możliwości ze strony nauk inżynieryjno-technicznych dla rozwiązania problemów coraz lepszej jakości segmentacji obrazów w procesach ich cyfrowego przetwarzania. Uzyskane w ramach tej rozprawy wyniki są obiecujące i sugerują nadzieję, że szczegółowo opracowana metoda gradientowa może stanowić przełom w wykrywaniu, monitorowaniu, a także klasyfikacji blaszek miażdżycowych.

Zgadzam się w pełni z opinią Doktorantki, że porównywanie uzyskanych wyników badań z opracowaną referencyjną bazą danych oraz z danymi otrzymanymi z dostępnego profesjonalnego oprogramowania ImageJ umożliwiło obiektywną ocenę i potwierdzenie oczekiwanej dobrej użyteczności oraz precyzji szczegółowo opracowanej metody gradientowej segmentacji blaszek miażdżycowych. Należy też zaznaczyć, że doktorantka posiada z tej tematyki dwie współautorskie publikacje jako pierwszy Autor uwzględniony w piśmiennictwie niniejszej rozprawy.

Reasumując uważam, że mgr inż. Ewelina Sobotnicka w przedstawionej rozprawie doktorskiej rozwiązała samodzielnie postawione sobie zadanie naukowo-badawcze i wykazała się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Biomedyczna. Jednocześnie potwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr. inż. Eweliny Sobotnickiej została zakwalifikowana właściwie do dyscypliny Inżynieria Biomedyczna i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789), w związku z Ustawą z 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) i w związku z powyższym, wnioskuję o dopuszczenie w/w Doktorantki do publicznej obrony jej rozprawy doktorskiej.

Jacek Patko