



Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Odpowiedź na komentarze recenzenta rozprawy doktorskiej Pana prof. dr. hab. inż. Marka Skomorowskiego, Instytut Informatyki i Matematyki Komputerowej Uniwersytetu Jagiellońskiego, dotyczące rozprawy doktorskiej mgr Justyny Włodarczyk, pt. „**Automatyczna segmentacja kości nadgarstka na obrazach 0,2-teslowego rezonansu magnetycznego**”, napisanej pod kierunkiem dr. hab. Zbysława Tabora, prof. PK

Serdecznie dziękuję Panu prof. dr. hab. inż. Markowi Skomorowskiemu za wnikliwą analizę mojej pracy doktorskiej oraz uwagi krytyczne i pozytywne. Stanowią one cenne i ważne wskazówki dla mojej przyszłej pracy.

Poniżej zamieszczam odpowiedzi na uwagi krytyczne i pytania.

1. Na stronie 88 jest odwołanie do artykułu: **J. Włodarczyk, K. Czaplicka, Z. Tabor, W. Wojciechowski, A. Urbanik**, „*Segmentation of Bones in Magnetic Resonance Images of the Wrist*”, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* 2015; 10: 419-431, który nie jest wymieniony w bibliografii rozprawy.

Podobnie, na stronie 105 jest odwołanie do artykułu: **J. Włodarczyk, Z. Tabor, K. Czaplicka, W. Wojciechowski, A. Urbanik**, „*Fast automated segmentation of wrist bones in magnetic resonance images*”, *Computers in Biology and Medicine*, vol. 65, 10.2015, który również nie jest wymieniony w bibliografii rozprawy. W przypadku tego artykułu brakuje numeracji stron.

Odpowiedź: Przepraszam za pominięcie artykułów w bibliografii. Uzupełniona o numery stron pozycja dotycząca drugiego artykułu powinna wyglądać następująco: **J. Włodarczyk, Z. Tabor, K. Czaplicka, W. Wojciechowski, A. Urbanik**, „*Fast automated segmentation of wrist bones in magnetic resonance images*”, *Computers in Biology and Medicine*, vol. 65: 44-53, 10.2015

2. Brak oszacowania złożoności obliczeniowej zaproponowanych algorytmów.

Odpowiedź: Oba algorytmy stanowią złożenie istniejących algorytmów do rejestracji, segmentacji metodą watershed, czy progowania metodą Otsu, dla których wykorzystano implementacje pochodząc z biblioteki ITK (<https://itk.org>). Reszta to autorskie przekształcenia/obliczenia typu woksel po wokselu (pętla po wszystkich wokselach). Przedstawienie dokładnych oszacowań co do czasu obliczeń byłoby nieco skomplikowane, ponieważ sami autorzy biblioteki ITK nie przedstawili ich

w dokumentacji. Niemniej analizując kod oraz publikacje dotyczące optymalnych implementacji wskazanych algorytmów można pokusić się o zgrubne oszacowania złożoności obliczeniowej algorytmów.

Jeżeli N to liczba wokseli obrazu 3D, L to liczba poziomów szarości (256), zaś M to liczba pikseli markerów, to oszacowania czasu obliczeń dla obu wersji wyglądają następująco:

A1: $O(N^2)$, gdzie

$O(N^2)$ = złożoność rejestracji $O(N^2)$ + złożoność watershed from markers $O(MN)$ + złożoność operacji obliczenia maski, klasyfikatora i innych przekształceń autorskich $O(1)$ liczonych dla części lub wszystkich pikseli obrazu $O(N)$

A2: $O(N \log N)$, gdzie

$O(N \log N)$ = złożoność watershed from markers $O(N \log N)$ + złożoność algorytmu Otsu $O(L^2)$ + złożoność operacji obliczenia maski, klasyfikatora i innych przekształceń autorskich $O(1)$ liczonych dla części lub wszystkich pikseli obrazu $O(N)$

3. Na stronie nr 12 jest napisane: *Wynikiem badań przedstawionych w pracy są dwa algorytmy do automatycznej segmentacji 15 kości znajdujących się na obrazach RM nadgarstka: ... Druga wersja algorytmu jest blisko 5 razy szybsza niż pierwsza ...*

Sformułowanie *Druga wersja algorytmu jest blisko 5 razy szybsza niż pierwsza ...*, niewiele mówi dlatego, że wcześniej w rozprawie nie ma informacji na temat szybkości działania pierwszego algorytmu.

Odpowiedź: Przepraszam za nieścisłość. W rozprawie prezentuję (przeklejoną tutaj) tabelę z porównaniem czasów obliczeń dla algorytmów w obu wersjach, jednak w przytoczonym komentarzu jest błąd w porównaniu czasów działania. Zgodnie z danymi z Tab. 1 mediana czasu obliczeń w minutach dla algorytmu w wersji pierwszej (A1) była ok. 8 razy mniejsza, zaś wartość średnia – 10 razy.

	A1	A2
Średnia (odchylenie standardowe)	63 (42)	5,9 (1,02)
Mediana	41	5,3
Wartość maksymalna	207	9
Wartość minimalna	19	5

Tab. 1 Średnia (odchylenie standardowe), mediana oraz wartość maksymalna i minimalna czasu obliczeń pojedynczego przypadku dla A1 oraz A2 wyrażona w minutach.

4. Na stronie nr 12 rozprawy jest napisane: *Druga wersja algorytmu jest blisko 5 razy szybsza niż pierwsza ...*. Natomiast na stronie 88 jest napisane: *Druga wersja algorytmu (A2) jest blisko 8-10 razy szybsza niż pierwsza ...*. W związku z tym chciałbym się dowiedzieć, które zdanie jest prawdziwe.

Odpowiedź: Przepraszam za nieścisłość. Zgodnie z Tab. 1 i odpowiedzią na pytanie nr 3, mediana czasu obliczeń w minutach dla algorytmu w wersji pierwszej (A1) była ok. 8 razy mniejsza, zaś wartość średnia – 10 razy.

5. Podrozdział rozprawy zatytułowany Stan wiedzy w zakresie segmentacji kości nadgarstka na obrazach rezonansu magnetycznego zajmuje jedną stronę i zawiera 3 pozycje literaturowe z lat 2011 (materiały konferencyjne), 2008 i 2013 (materiały konferencyjne). Czy stan wiedzy w tym zakresie ogranicza się do tych trzech pozycji literaturowych?

Odpowiedź: W czasie prowadzenia badań i powstawania pracy nie znalazłam w literaturze prac na temat segmentacji kości nadgarstka, podstaw kości śródręcza i dalszych części kości łokciowej i promieniowej dla obrazów pochodzących z rezonansu niskopoleowego. Nie istnieje również algorytm w pełni automatyczny do segmentacji wszystkich wspomnianych kości. W rozprawie odwołuję się do znanego algorytmu dla części kości z grupy kości wymienionej powyżej, na obrazach pochodzących z rezonansu wysokopoleowego oraz do algorytmu półautomatycznego. Pierwszy z nich opisany jest w pracy Kocha et. al (Koch M, Schwing AG, Comanicu D et al., “Fully automatic segmentation of wrist bones for arthritis patients”, *Proceedings of the 8th IEEE Int. Symp. on Biomed. Imaging: From Nano to Macro*, ISBI 2011 (March 30 - April 2, 2011), Chicago, Illinois, USA, 636-640) analizowane były obrazy z rezonansu wysokopoleowego, o dwa razy większym kontraście. Rozpoznawano na nich wyłącznie kości nadgarstka, zaś wyniki porównania z algorytmami zaprezentowanymi na seminarium były porównywalne (parametr AUC dla pracy Kocha = 0,91, dla pierwszej wersji algorytmu – 0,95 (0,08), zaś dla drugiej – 0,96 (0,07)). Algorytm półautomatyczny opisujący metodę SmartBrush, opisuje praca Parascandolo P, Cesario L, Vosilla L et al., „Smart Brush: A real time segmentation tool for 3D medical images”, *8th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis 2013*; 689-694. Markery do segmentacji wododziałowej zaznaczane są tu ręcznie. Uzyskane wyniki dla drugiej wersji autorskiego algorytmu porównałam z wynikami dla SmartBrush. Współczynnik Dice’a dla proponowanej metody był nieco lepszy.

Z poważaniem

Justyna Włodarczyk