

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Justyny WŁODARCZYK pt. *Automatyczna segmentacja kości nadgarstka na obrazach 0,2-teslowego rezonansu magnetycznego*

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie zamówienia Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie nr WEAlilB-120.271-232/16 z dnia 5 października 2016 r.

UWAGI WSTĘPNE

Przedstawiona do recenzji praca została wykonana pod kierunkiem promotora, dr hab. Zbysława Tabora, prof. PK. Treść pracy zawarto na 139 stronach formatu A4, a oprócz tekstu w pracy znajdują się 53 rysunki, 6 tabel oraz spis literatury składający się z 72 pozycji. Pozycje literatury są w większości anglojęzyczne i pochodzą z ostatnich 10 lat. Wyjątkiem są źródłowe prace opisujące zasady używanych w pracy metod przetwarzania obrazów. Pozycje literaturowe podano w kolejności przywoływania ich w pracy.

W przypadku cytowania w niniejszej recenzji fragmentów recenzowanej rozprawy przytaczane elementy zapisano *kursywą*. Podobnie, kursywy użyto do zapisu poprawnej lub zalecanej postaci tekstu.

OCENA TEMATYKI, TEZY, CELU I ZAKRESU PRACY

Początków współczesnej diagnostyki obrazowej należy upatrywać w momencie odkrycia w 1895 r. przez W. Roentgena nowego rodzaju promieniowania, które pozwalało po raz pierwszy w historii ludzkości uzyskać obraz wnętrza organizmu pacjenta bez jego widocznego uszkodzenia. Badania rentgenowskie były i są cały czas udoskonalane, ale dopiero od drugiej połowy XX wieku obserwujemy bezprecedensowy rozwój metod diagnostyki obrazowej. Wiąże się on z opracowaniem nowych metod obrazowania, a w szczególności tomografii, scyntygrafii, ultrasonografii oraz rezonansu magnetycznego. Trzeba jednocześnie podkreślić, że skuteczne wprowadzanie nowych narzędzi diagnostyki obrazowej nie byłoby możliwe bez gwałtownego postępu w zakresie informatyki, gdyż tylko dzięki komputerom możliwe jest sterowanie nowymi urządzeniami oraz analiza wyników badań. Omawiany postęp w metodach diagnostyki obrazowej stanowi olbrzymie wyzwanie dla lekarzy, którzy muszą pracować na sprzęcie wymagającym często specjalistycznej wiedzy technicznej, a jednocześnie oczekuje się od nich poprawnej interpretacji bardzo zróżnicowanych obrazów. Obecnie jeden człowiek nie jest w stanie być wysokiej klasy specjalistą we wszystkich metodach diagnostyki obrazowej. Dodatkowo, coraz powszechniejsze używanie taniejących zaawansowanych urządzeń diagnostycznych wymaga rosnącej liczby specjalistów, których kształcenie jest kosztowne, a przede wszystkim czasochłonne.

prof. dr hab. inż. Leszek Wojnar

Dąbrowa Szlachecka 169, 32-070 Czernichów e-mail: leszek.wojnar@gmail.com tel. 603 582 292

W tej sytuacji rośnie zapotrzebowanie na systemy pozwalające na obiektywizację i automatyzację interpretacji obrazów diagnostycznych. Stworzenie takich systemów jest trudne m.in. ze względu na dużą zmienność osobniczą pacjentów oraz konieczność zapewnienia bardzo wysokiego poziomu poprawności wyników. Ewentualne błędy diagnostyczne mogą mieć dramatyczne skutki.

Przedstawione powyżej fakty pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że:

- Tematyka pracy doktorskiej mgr Justyny Kowalczyk jest nowoczesna i podejmuje aktualne problemy interpretacji obrazów medycznych, a ponadto
- Autorka podjęła się trudnego zadania o charakterze interdyscyplinarnym, wymagającego nie tylko wiedzy medycznej i technicznej, ale również umiejętności korzystania ze współczesnych narzędzi informatycznych.

Tezy pracy zostały opisane wyjątkowo krótko (7 wierszy tekstu), ale precyzyjnie i bez zbędnych ozdobników, które często obserwujemy w pracach doktorskich:

1. *Wykonanie segmentacji kości budujących stawy nadgarstka na obrazach pochodzących z niskopolewego rezonansu magnetycznego jest możliwe przy wykorzystaniu algorytmu działów wodnych z markerów.*
2. *Markery wykorzystane do segmentacji kości budujących stawy nadgarstka mogą być znalezione bez interakcji użytkownika przy użyciu:*
 - a) *metod atlasowych,*
 - b) *metod wykorzystujących wiedzę ekspercką o anatomii ręki.*

Przedstawione w pracy algorytmy oraz omówione wyniki ich użycia do analizy rzeczywistych obrazów diagnostycznych pochodzących od 32 pacjentów pozwalają na stwierdzenie, że tezy zostały udowodnione, co stanowi podstawową przesłankę do pozytywnej oceny całej pracy.

W rozprawie brakuje klasycznego rozdziału pt. *Cel i zakres pracy*. Co prawda pierwszy podrozdział *Wstępu*, zatytułowany: *Motywacja i cel prac badawczych*, pozwala na zorientowanie się, co było celem badań, ale brak jednoznacznych deklaracji nie pozwala na ocenę, na ile cele pracy zostały osiągnięte. Podobnie, brak podania zakresu pracy otwiera pole do dyskusji, czy można lub należało zrobić więcej. Precyzyjne podanie celu i zakresu pracy niewątpliwie ułatwiłoby jej ocenę, a pośrednio również i obronę. Podsumowując: jasne sprecyzowanie celu i zakresu rozprawy jest ważniejsze, niż sformułowanie tez, które zwykle mogą być sformułowane na podstawie analizy tytułu rozprawy.

UWAGI O CHARAKTERZE REDAKCYJNYM

Praca jest napisana poprawnie, a nawet dobrze pod względem językowym. Co prawda w tekście rozprawy można znaleźć liczne drobne błędy stylistyczne i gramatyczne, ale ich obecność nie zmienia podanej w poprzednim zdaniu wysokiej oceny. Podobnie, wspomniane drobne błędy nie mają negatywnego wpływu na wartość merytoryczną pracy. Ponieważ jednak ewentualna korekta dostrzeżonych usterek może być pomocna na przykład w przygotowywaniu dalszych publikacji, poniżej zamieszczam ich listę.

Autorka niejednokrotnie stosuje przestawiony szyk wyrazów, co brzmi nieco sztucznie i pogarsza odbiór pracy. Przykładowo:

- Str. 11 wiersz 7 od góry. Zamiast: *Nie istnieje również algorytm w pełni automatyczny* lepiej byłoby napisać: *Brakuje w pełni automatycznego algorytmu.*
- Str. 13 wiersz 2 od góry. Zamiast: *anatomia prawidłowa ręki* lepiej byłoby napisać: *prawidłowa anatomia ręki.*

prof. dr hab. inż. Leszek Wojnar

Dąbrowa Szlachecka 169, 32-070 Czernichów e-mail: leszek.wojnar@gmail.com tel. 603 582 292

Poniżej przytaczam różne dostrzeżone usterki wraz z propozycją zmian, które likwidują błędy lub przyczyniają się do lepszego brzmienia tekstu:

- W całej pracy – lepiej brzmiałoby, gdyby zamiast słowa *rezultat* używano przynajmniej co pewien czas słowa *wynik*.
- Str. 13. Zamiast: *podstawę do systemu* lepiej byłoby napisać: *podstawę do budowy systemu*.
- Str. 19, wiersz 5 od góry. Lepiej byłoby napisać: *Staw ten jest czynnościowo sprzężony ze stawem łokciowo-promieniowym*.
- Str. 19, wiersz 14 od góry. Zamiast: *główka stawu jest* lepiej byłoby napisać: *główka stawu znajduje się*.
- Str. 32, dół. Zamiast: *Na rys. 12 znajduje się przedstawienie* lepiej byłoby napisać: *Na rys. 12 przedstawiono*, albo jeszcze prościej: *Rys. 12 przedstawia*.
- Str. 16, u dołu. Zamiast *II – środkowy* powinno być *III – środkowy*.
- Str. 16, u dołu. Opisano numerację palców i odwołano się do rys. 3, na którym nie zaznaczono tej numeracji. W takim przypadku odwołanie do rys. 3 nie ma uzasadnienia i mogłoby zostać pominięte.
- Rys. 3 i 4 (a częściowo również 1 i 2): opisy poszczególnych elementów są wykonane zbyt małą czcionką i przez to słabo czytelne.
- Str. 22, początek rozdziału 3. Przytoczono definicję i krótki komentarz dotyczący RZS, który jest praktycznie identyczny z tekstem na początku wstępu (str. 9). Należałoby w jednym miejscu zrezygnować z tego opisu.
- Str. 33, wiersz 5 od góry; str. 73 wiersz, 16 od dołu. Zamiast: *przy pomocy* powinno być: *za pomocą*.
- Str. 35, wiersze 7-8 od góry. Dwukrotne użycie przymiotnika: *niższym* jest błędne, jeden raz powinno być napisane: *wyższym*.
- Str. 44, wiersz 11 od dołu. Wydaje się, że zamiast *T1* powinno być *T2*.
- Str. 45: tekst powinien być tak sformatowany, aby podpis pod rysunkiem był widoczny na jednej stronie. Można to łatwo zrobić, przenosząc rys. 20 przed akapit zaczynający się od słów: *W przypadku nadżerek i obrzęku...*
- Str. 46, wiersz 10 od dołu. Zamiast: *na proces choroby* powinno być: *procesu chorobowego*. W następnym zdaniu niezręczne i niepotrzebne jest użycie słów: *jednak* i *jednakże*. Przynajmniej jedno z nich można usunąć.
- Str. 60, wiersz 6-7 od góry. Zdanie zaczynające się do słów: *Metoda prowadzi...* jest całkowicie niezrozumiałe.
- Str. 64, wiersz 5 od góry. Zamiast: *ilością* powinno być: *liczbą*. Podobnie jest w przypadku str.85, wiersze 9 i 17 od góry.
- Str. 70, wiersz 4 od góry. Zamiast: *łączeniu* powinno być: *łączenie*.
- Str. 77 – tytuł podrozdziału. Wydaje się, że zamiast terminu: *rejestracja* lepszym byłoby użycie słowa: *dopasowanie*.
- Str. 85, wiersz 5 od góry. Zamiast: *Analizie zostały poddane 34 obrazy* lepiej i prościej byłoby napisać: *Przeanalizowano 34 obrazy*. Problem polega na tym, że zazwyczaj zdania napisane w stronie biernej brzmią obco i sprawiają wrażenie sztucznie napompowanych dodatkowymi słowami. Podobnie niezręczne sformułowanie znajdziemy na str. 87, wiersz 2 od dołu: *Znaczniki kości uzyskiwane są*. Lepiej byłoby napisać: *Znaczniki kości uzyskano* lub jeszcze lepiej: *Znaczniki kości wyznaczono*.
- Str. 85, wiersz 15 od góry: *Stwierdzenie: Każdy z pacjentów chorował na RZS od 0 do 5 lat* jest niezręczne. Lepiej byłoby napisać: *Czas trwania choroby u poszczególnych pacjentów wynosił od 0 do 5 lat*. Warto przy tym zwrócić uwagę, że podawanie czasu trwania choroby jako 0 (zero) jest trochę nielogiczne, bo choroba musi się najpierw pojawić, a dopiero potem można ją

zdiagnozować i nie dokonamy tego natychmiast w momencie zapadnięcia na chorobę. Dlatego wydaje się, że najlepszą formą opisu byłaby następująca: *Czas trwania choroby był różny u poszczególnych pacjentów: u niektórych RZS było świeżo zdiagnozowaną chorobą, zaś najdłuższy czas jej trwania wynosił 5 lat.*

- Str. 93, rys. 33. Opisane w podpisie rysunku elementy, w szczególności markery, są słabo widoczne.
- Str. 99, wiersz 5 od dołu. Zamiast: *Zbliżony rozmiar do fragmentów* lepiej byłoby napisać: *Rozmiar zbliżony do fragmentów.*
- Literatura – w spisach literatury należy podawać również numery stron, które zawierają dany artykuł, a nie tylko numer i rocznik czasopisma.

UWAGI DOTYCZĄCE TREŚCI PRACY

Układ rozprawy doktorskiej mgr Justyny Włodarczyk wydaje się niezbyt czytelny, gdyż autorka wprowadziła dużą liczbę podrozdziałów. Bliższa analiza spisu treści pracy pozwala na następujące zidentyfikowanie jej struktury:

- Wstęp.
- Budowa kończyny górnej ze szczególnym uwzględnieniem kości i stawów.
- Istota, objawy oraz metody diagnostyczne w reumatoidalnym zapaleniu stawów (RZS).
- Przegląd metod badań obrazowych stosowanych w diagnostyce RZS z dokładniejszym opisem rezonansu magnetycznego.
- Przegląd metod przetwarzania obrazu.
- Niezależne opisy dwóch algorytmów z tabelarycznym zestawieniem oceny ich skuteczności.
- Podsumowanie (brak klasycznych wniosków).

Taki układ pracy jest logiczny, gdyż przedstawia kolejno: analizowany problem, dostępne narzędzia, sposoby wykorzystania tych narzędzi, propozycję konkretnego rozwiązania i na końcu ocenę skuteczności zaproponowanej nowej metody. Należy w tym miejscu podkreślić, że przedstawione w pracy dwa algorytmy detekcji kości nadgarstka są nowymi, dotąd nieznanymi, a jednocześnie skutecznymi rozwiązaniami dość trudnego zagadnienia. Ich opracowanie stanowi oryginalny wkład autorki w rozwój metod interpretacji obrazów rezonansu magnetycznego.

Niezależnie od wysokiej oceny przedstawionego w rozprawie rozwiązania po lekturze rozprawy nasuwają się pewne uwagi krytyczne lub dyskusyjne. Uwagi krytyczne dotyczą zazwyczaj drobnych usterek, które nie wpływają w istotny sposób na wartość pracy, ale nie powinny mieć miejsca w dalszych pracach autorki. W szczególności:

- Str.9 (Wstęp), wiersze 6-8 od góry oraz str. 22, wiersze 2-5. Powtórzono w niemal niezmienionej postaci definicję reumatoidalnego zapalenia stawów (RZS). Wydaje się, że wstęp można byłoby zredagować nieco inaczej, tak, aby ściśle definiowanie RZS nie było w tym miejscu potrzebne.
- Str. 22 – Epidemiologia. W pierwszym zdaniu autorka pisze, że choruje 0,5-1,5% populacji, a w drugim, że jest to (w USA i Europie Zachodniej) 0,5-2% społeczeństwa. Te dwa kolejne zapisy są sprzeczne i przynajmniej jeden z nich jest błędny. W tym podrozdziale również powtórzono pewne zapisy ze wstępu. Wydaje się, że wstęp należałoby przereklamować (już wcześniej zwracałem uwagę, że brakuje rozdziału *Cel i zakres pracy*).
- W rozdziale 1.3 *Stan wiedzy w zakresie segmentacji kości nadgarstka na obrazach rezonansu magnetycznego* jest kilka odwołań do dalszych rozdziałów, a ponadto nie pokazano żadnych ilustracji. Nie dowodzi to jakiegoś błędu autorki, ale sprawia, że ten fragment tekstu jest mało wygodny dla czytelnika.

- Rozdział 1.4 *Wkład naukowy rozprawy* mógłby być z powodzeniem częścią brakującego rozdziału *Cel i zakres pracy*.
- Str. 31, opis rys. 10. Na scyntygramie z całą pewnością nie widać zapalenia, a jedynie obszary koncentracji pierwiastka promieniotwórczego, które możemy interpretować jako efekt RZS. Podobny obraz mogą dać inne choroby, np. nowotworowe.
- Str. 33, wiersze 5-6 od góry. Trudno mówić o trójwymiarowych przekrojach; przekroje są dwuwymiarowe, natomiast na podstawie szeregu przekrojów można zrekonstruować trójwymiarowy obiekt.
- Str. 56, wiersz 7 od dołu: dylatacja nie usuwa obiektów mniejszych od elementu strukturalnego; wręcz odwrotnie – powiększa je. Ponadto dylatacja nie tyle wypełnia dziury, ile zmniejsza lub zalewa otwory. Słowo: *dziura* należałoby też zastępować słowem: *otwór* w dalszej części tekstu.
- Rys. 24 – podano, że operacje morfologiczne wykonano przy użyciu elementu strukturalnego w kształcie koła o promieniu 1 piksela, podczas gdy analiza wyników tego przekształcenia wskazuje, że lepszym opisem elementu byłby kwadrat 3x3. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że w przypadku cyfrowych obrazów nie jesteśmy w stanie jednoznacznie rozróżnić kół o małej średnicy od kwadratów o małej długości boku, w zakresie 1-3 lub 4 pikseli.
- Str. 64, opis algorytmu Otsu: brakuje wyjaśnienia, co to jest prawdopodobieństwo klasy obiektów (lub tła).
- Str. 66, rys. 27: rysunek ten powinien być zamieszczony wcześniej, tak aby nie było ponad połowy pustej strony 65. Poza tym w tekście nie ma żadnego odwołania do twego rysunku. W obecnej postaci jest on wklejony po prostu jako oderwana od tekstu dekoracja.
- Str. 69, wiersz 7-8 od góry: niejasne jest pojęcie długości gradientu.

Podczas lektury pracy nasunęła mi się następująca uwaga dyskusyjna: Zamiast sformułowań typu: *Z doświadczenia autorki tej rozprawy wynika* (str.11, podobne sformułowania są na str. 87 i 88) można byłoby napisać znacznie prościej: *Z mojego doświadczenia wynika*. Nie ma żadnych formalnych zakazów, by pisać prosto i zrozumiale. Interesujące byłoby poznać zdanie autorki na ten temat. Z innych uwag dyskusyjnych chciałbym wymienić następujące:

- Początek pracy, strony 4-8 – mamy spisy rysunków oraz tabel (nota bene nie zostały one uwzględnione w spisie treści, który zajmuje strony 1-3), ale warto byłoby dodać spis użytych w pracy oznaczeń i skrótów.
- Str. 28, rys. 8. Elementy uszkodzeń i zmian zachodzących w kościach powinny zostać zaznaczone, np. strzałkami. W obecnej wersji osoba nie będąca specjalistą radiologiem ma niewielkie szanse na dostrzeżenie zmian wymienionych w tekście.
- Str. 29, opis tomografii komputerowej. Wydaje się, że lepszym metodycznie rozwiązaniem byłoby pokazanie obrazu tomograficznego kości zamiast obrazu płuc. Tym bardziej, że większa część opisu dotyczy właśnie obrazowania kości.
- Str. 33, rys. 12. W celu lepszego zilustrowania problemu dobrze byłoby zaznaczyć poszczególne orientacje przekrojów jako płaszczyzny naniesione na obraz ciała człowieka.
- Str. 48, wiersz 10-11 od góry: sformułowanie *Obróbka wstępna nie zwiększa ilości informacji na obrazie* jest niezręczne, bo może sugerować, że istnieją takie metody obróbki, które zwiększają ilość informacji zawartej w obrazie, co jest nieprawdą. Poza tym informacja jest zawarta w obrazie, a nie na nim.
- Str. 43, rozdział 4.13 *Jakość obrazów RM*. Autorka wymieniła czynniki wpływające na jakość obrazów RM, ale nie podała żadnego komentarza, przez co rozdział sprawia wrażenie niedokończonego.
- Str. 48, wiersz 7 od dołu – trudno się zgodzić ze stwierdzeniem, że przekształcenia geometryczne są bardzo ważne przy operacjach OCR.

- Str. 49, wiersz 6-7 od dołu: autorka pisze, że przekształcenia punktowe są *odwracalne, jeśli w przekształceniu używana jest funkcja ściśle monotoniczna*. Warunek monotoniczności nie jest konieczny. Wystarczy, aby funkcja przetwarzająca wartości poszczególnych pikseli nie dawała w żadnym wypadku tych samych wartości dla różnych argumentów funkcji. Oczywiście, funkcja ściśle monotoniczna spełnia ten warunek, ale może on być spełniony również przez inne funkcje, które nie są monotoniczne.
- Str. 50, pierwszy akapit od góry – do operacji punktowych można też dodać operacje logiczne.
- Str. 50-53 przy omawianiu filtrów warto byłoby rozważyć zilustrowanie rozważań przykładami działania danego filtru. Należałoby również dodać, że matryca filtru może mieć praktycznie dowolny rozmiar i kształt – mogą to być koła, odcinki lub nawet zupełnie nieregularne kształty. Podobnie, warto byłoby dodać przykłady wykorzystania transformaty Fouriera. Można też byłoby wspomnieć, że w praktyce wykorzystuje się tzw. szybką transformatę Fouriera (FFT).
- Rozdział 6.2 Przekształcenia morfologiczne. Pewne sformułowania wydają się być niezręczne. Definicje erozji i dylatacji są mało zrozumiałe. Trudno też zgodzić się za sformułowaniem: *erozja zbioru A o element strukturalny B* (podpis do rys. 23). Mamy raczej erozję A za pomocą elementu B. Warto pamiętać, że erozja z wykorzystaniem klasycznego elementu 3x3 powoduje usunięcie jedynie pojedynczej warstwy pikseli leżących na brzegu obiektu. Ponadto w przypadku kwadratowej siatki pikseli (w praktyce jedynej powszechnie aktualnie używanej; siatka heksagonalna nie ma obecnie praktycznie żadnego znaczenia) dla wielu przekształceń rozważamy dwa rodzaje sąsiedztwa: 4 najbliższych sąsiadów oraz 8 najbliższych sąsiadów. Sąsiedztwo wybieramy głównie na podstawie charakteru obrazu. Przykładowo, przy 8 najbliższych sąsiadach dwa prostokąty stykające się tylko narożnikami mogą zostać potraktowane jako jeden element i lepiej wybrać 4 najbliższych sąsiadów. Ten ostatni wybór może z kolei doprowadzić do nadmiarowych podziałów cienkich obiektów – linia o grubości jednego piksela zorientowana pod kątem 45° zostanie zinterpretowana jako zbiór oddzielnych punktów. Dla mniej zorientowanego czytelnika dobrze byłoby wyjaśnić, że przekształcenia morfologiczne też są filtrami (erozja to w istocie filtr minimalny, a dylatacja to filtr maksymalny), tylko bardziej wyrafinowanymi. Polega to na tym, że dany filtr jest wykonywany tylko w wybranych miejscach, których lokalna konfiguracja pikseli odpowiada elementowi strukturalnemu. Ponadto wiele z tych filtrów (np. szkieletyzacja lub detekcja działów wodnych) wykonywanych jest w sposób iteracyjny, często ze zmiennym (np. wirującym) elementem strukturalnym.
- Str. 66-67: opis progowania metodą maksymalnej entropii jest bardzo lakoniczny i mało zrozumiały. Przydałby się przykład obrazu z binaryzacją przeprowadzoną metodą maksymalizacji entropii. Dodanie przykładowych wyników progowania należałoby wykonać konsekwentnie dla wszystkich omawianych metod, przy czym można byłoby przedstawić je na jednym, wspólnym rysunku.
- Str. 70-73 przy segmentacji wododziałowej dobrze byłoby wspomnieć, że może ona służyć również do dzielenia sklejonnych obiektów lub uzupełniania granic między nimi na obrazach binarnych. Jako obraz pośredni stosujemy wtedy tzw. funkcję odległości.
- Str. 85: informacja: *Wiek pacjentów to 23-74 lata, ze średnią 47 ± 13 lat*. wydaje się nie być do końca ścisłą, gdyż średnia wyznaczona dla konkretnego zbioru nie ma odchylenia na plus lub minus. Jeżeli natomiast miałby to być półprzedział ufności, to jest on co najmniej wątpliwy. Zakładając bowiem najczęstszy poziom istotności, równy 0,05 dochodzimy do wniosku, że jeden pacjent miał 23 lata, jeden 74, zaś wiek reszty mieścił się w zakresie od 34 do 60, co wydaje się mało prawdopodobne. Niestety, nie można tego sprawdzić, gdyż w pracy nie podano wieku poszczególnych pacjentów.
- Str. 85, opis materiału badawczego. Autorka podaje, że przedmiotem badań były 34 obrazy RM. Wydaje się, że należałoby napisać, że przedmiotem badań były wyniki 34 badań RM, być może z dopiskiem, że zostały zarejestrowane w standardzie DICOM. Obecne brzmienie może sugerować, że przebadano tylko 34 dwuwymiarowe obrazy.

- Str. 79-84. Wyjaśnienia wymaga pytanie, dlaczego tak dużo miejsca poświęcono metodom oceny jakości segmentacji. Zapewne wynika to z faktu, że wykorzystano je do oceny jakości detekcji dokonanej przy użyciu opracowanych algorytmów. Niemniej, rozdział ten jest napisany w sposób niezbyt czytelny, a niektóre pojęcia (na przykład krzywa ROC) nie zostały nigdzie zdefiniowane i wyjaśnione.

OGÓLNE UWAGI DOTYCZĄCE CAŁEJ PRACY

Jak wspomniałem we wcześniejszej części recenzji, układ rozprawy mgr Justyny Włodarczyk jest logiczny, ale pewne zastrzeżenia budzą proporcje pomiędzy poszczególnymi jej blokami. Omówienie anatomii kończyny górnej, reumatoidalnego zapalenia stawów, metod diagnostyki obrazowej oraz przetwarzania obrazów obejmuje strony 11-84. Po odjęciu indeksów (spisy: treści, rysunków, tabel i pozycji literatury) oraz dodatku zawierającego fragmenty kodów źródłowych okazuje się, że wspomniana powyżej część zajmuje aż dwie trzecie całej rozprawy. Wydaje się, że zostały tu zachwiane proporcje pomiędzy częścią wstępną i najważniejszą częścią pracy, jaką jest opis przeprowadzonych badań oraz uzyskanych wyników wraz z ich analizą, a także wnioski.

We wstępnej części należało zdecydowanie ograniczyć opisy tych elementów, które nie były wykorzystywane w dalszej części rozprawy. Na przykład niepotrzebne są szczegóły dotyczące rentgenografii, tomografii komputerowej, scyntygrafii oraz ultrasonografii, gdyż te metody diagnostyczne nie są przedmiotem dalszych rozważań. Podobnie, nierówny jest opis metod przetwarzania obrazu. Niektóre z nich są opisane bardziej szczegółowo (na przykład filtry), choć nie stanowią najważniejszych elementów opracowywanych algorytmów.

W przypadku opisu metod przetwarzania obrazu w wielu miejscach brakuje odpowiednich ilustracji, które lepiej od tekstu wyjaśniałyby istotę lub potencjalne zastosowanie danej operacji. Z kolei część ilustracji została ewidentnie wklejona do pracy jako swoista forma dekoracji. Dowodzi tego bardzo słabe związanie tych ilustracji z tekstem - czasami nie są one w ogóle przywoływane lub nie odpowiadają treści i tym samym mogłyby zostać usunięte bez zauważalnej szkody dla treści rozprawy (np. rys. 3 i rys. 27).

W całej wstępnej części rozprawy często brakuje autorskiego komentarza, który określiłby stosunek mgr Justyny Włodarczyk do omawianych treści. Z tego powodu ta część rozprawy sprawia wrażenie bardziej przeglądu prasy, niż analizy stanu zagadnienia.

Opracowane przez autorkę algorytmy zostały przedstawione w sposób dokładny i jasny. Załączony materiał ilustracyjny dotyczy jednak wyłącznie opisu poszczególnych etapów algorytmu. Sprawia to wrażenie, że algorytm przetestowano tylko na materiale pochodzącym od jednego pacjenta. Brakuje dokumentacji faktu przebadania 32 pacjentów. Wydaje się, że można było pokazać na wybranym przekroju pary obrazów: początkowego oraz końcowego wyniku detekcji. Można też było pokazać wynik detekcji w postaci kolorowych granic wykrytych kości nadgarstka nałożonych na początkowe obrazy. Byłby to bardzo przekonujący sposób wykazania poprawności i skuteczności opracowanych algorytmów. W obecnej wersji pracy mamy jedynie tabelaryczne zestawienie ocen jakości segmentacji.

Pracę kończy krótkie *Podsumowanie*, natomiast zrezygnowano z klasycznego wyszczególniania wniosków. Uwagi zawarte w *Podsumowaniu* zawierają prawidłową ocenę wyników pracy i możliwości ich dalszego rozwijania. Ten krótki rozdział w pełni rekompensuje brak wniosków.

prof. dr hab. inż. Leszek Wojnar

Dąbrowa Szlachecka 169, 32-070 Czernichów e-mail: leszek.wojnar@gmail.com tel. 603 582 292

PODSUMOWANIE

Podsumowując uwagi dotyczące recenzowanej rozprawy należy stwierdzić, że autorka podjęła się trudnego zadania, które skutecznie rozwiązała. Swoją pracę przedstawiła w kilku publikacjach umieszczonych na łamach renomowanych czasopism oraz w rozprawie doktorskiej. Stanowi to niewątpliwie wartościowy dorobek autorki, choć wydaje się, że przynajmniej w rozprawie doktorskiej można go było sprzedać w sposób bardziej przekonujący.

Rozprawa doktorska powinna stanowić jeden z początkowych etapów pracy naukowej, a nie podsumowanie dorobku całego życia autora. Dlatego też przytoczone w recenzji, na ogół drobne, usterki w recenzowanej rozprawie oraz pewne uwagi krytyczne służą przede wszystkim pomocy autorce w dalszym rozwoju naukowym i nie mają istotnego wpływu na jej końcową, wysoką ocenę.

Na podstawie analizy przedłożonej od oceny pracy uważam, że recenzowana rozprawa mgr Justyny Włodarczyk spełnia w pełni wymagania stawiane pracom doktorskim określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Dąbrowa Szlachecka, 28 listopada 2016 r.

prof. dr hab. inż. Leszek Wojnar

Dąbrowa Szlachecka 169, 32-070 Czernichów e-mail: leszek.wojnar@gmail.com tel. 603 582 292