

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Króla
w związku z postępowaniem w sprawie nadania w/w stopnia doktora
nauk technicznych.

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Inżynierii
Biomedycznej Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Marka Gzika
RIB/D/54/2018/2019 z dnia 20.12.2018 r. oraz wersji elektronicznej pracy dostarczonej
w dniu 13.12.2018.

1. Znaczenie podjętej tematyki

Problematyka wspomagania pracy lekarza metodami analizy i przetwarzania informacji obrazowej jest ważna i aktualna zarówno od strony naukowej jak też praktycznej. Duża zmienność osobnicza pacjentów, różnorodność schorzeń oraz różne warunki przeprowadzania zabiegu są powodem dla którego zastosowanie współczesnych metod analizy informacji obrazowej, na przykład w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej, nie jest zagadnieniem trywialnym. Z drugiej strony, zastosowanie przedoperacyjnego modelu pacjenta pozwala na dokładne zaplanowanie i zobrazowanie podstawowych struktur anatomicznych których wizualizacja znacznie przyspiesza wykonanie zabiegu. Połączenie trójwymiarowego modelu pacjenta z danymi rzeczywistymi pochodzącymi z sali operacyjnej jest trudnym i skomplikowanym obszarem analizy obrazów. Jest to spowodowane wieloma czynnikami, na przykład ruchami oddechowymi a zatem i lokalnymi przemieszczeniami narządów wewnętrznych oraz skóry z naniesionymi markerami. Wskazywanie błędów dynamicznych i statycznych, tego typu dopasowania, stanowi przedmiot niniejszej rozprawy.

2. Struktura rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Króla, pt. "Redukcja błędu dopasowania czasowo-przestrzennego punktu docelowego do przedoperacyjnego modelu pacjenta w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej", obejmuje 86 stron podzielonych na 5 rozdziałów, spis literatury, wykaz skrótów i oznaczeń, spis tabel i rysunków oraz streszczenie w języku angielskim. Praca, w formie drukowanej, została wydana w Zabrzu w 2018 roku o numerze ISBN: 978-83-934357-9-1 i napisana pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Dominika Spinczyka, prof. ndzw. Pol. Śl. Struktura rozprawy jest prawidłowa. Autor w pierwszej części przedstawia stan techniki i uzasadnia przyjętą metodykę postępowania, następnie zostaje sformułowana teza pracy i cele szczegółowe, następnie jest przedstawiona metoda analizy danych i otrzymane wyniki.

Rozdział pierwszy jest poświęcony zagadnieniom estymacji położenia punktu docelowego w systemach nawigacji obrazowej. Autor przedstawia transformacje związane z globalną rejestracją układów współrzędnych, lokalne transformacje wykorzystujące pola deformacji (TPS, EBS) oraz estymatory błędu dopasowania punktu docelowego (FRE, FLE, TRE). Przedstawiona jest też teza pracy oraz cele szczegółowe obejmujące cztery punkty.

W rozdziale drugim Autor przedstawia metodę analizy czasowo-przestrzennej danych wejściowych. Dodatkowo jest przedstawiony opis przeprowadzonych doświadczeń na danych rzeczywistych oraz adaptacja zaproponowanego algorytmu AQUIRC. Jednym z istotnych elementów dla dalszej części pracy jest przedstawienie metody akwizycji danych, ich struktury, metody zapisu oraz przykładowego rekordu jednego pacjenta (rys. 2.1, rys. 2.2, rys. 2.3).

Rozdział trzeci to przegląd istniejącego stanu techniki w zakresie rojowych algorytmów optymalizacji. Autor wymienia takie algorytmy jak: algorytmy genetyczne, sztuczną kolonię pszczół czy ewolucję różnicową, odnosząc się do wybranych (algorytmu ewolucji różnicowej, mutacji różnicowej, krzyżowania, reprodukcji i selekcji, mechanizmów adaptacyjnych) w kolejnych podrozdziałach.

W rozdziale czwartym mgr inż. Krzysztof Król przedstawia zaproponowaną metodykę adaptacji podejścia AQUIRC do zagadnień redukcji błędu czasowo-przestrzennego punktu charakterystycznego, testowaną w warunkach rzeczywistych, podczas przeprowadzania zabiegu. Następnie Autor przedstawia wyniki, wartości błędów modelowania położenia

punktu docelowego TRE dla poszczególnych rodzajów transformacji (SZTYWNE, AFINICZNE, TPE, EBS, EBSPSO, EBSDE, EBSPSO-AQUIRC).

Dyskusja i wpływające wnioski końcowe zostały przedstawione w rozdziale piątym. Oprócz analizy otrzymanych wyników dla znajdowania fazy oddechowej i wyników TRE Autor przedstawił wyniki korelacji miar błędów FRE i dla miary multiplikatywnej. Ostatni z podrozdziałów tego rozdziału (5.4.1. Zagadnienia etyczne) dotyczy zgody na badania komisji bioetycznej.

Rozprawę kończy bibliografia zawierająca 56 pozycji, wykaz skrótów i oznaczeń oraz spisy oraz streszczenie w języku angielskim. Spis tabel zawiera 42 tabele natomiast spis rysunków zawiera 31 opisów rysunków.

3. Cel pracy i teza rozprawy

Autor tezę rozprawy przedstawia w pierwszym rozdziale (podrozdział 1.4, str. 13) która brzmi "Wykorzystanie obwodów rejestracji 3-go rzędu umożliwia redukcję błędu dopasowania czasowo-przestrzennego punktu docelowego do przedoperacyjnego modelu pacjenta w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej". Do udowodnienia tej tezy Autor zaproponował cele szczegółowe dotyczące opracowania metody znajdowania fazy oddechowej, umożliwiającej wprowadzenie narzędzia chirurgicznego do jamy brzusznej, wybór i przebadanie możliwości użycia rojowych algorytmów optymalizacji czy analizę porównawczą korelacji multiplikatywnej miary błędu ϵ , w obwodach rejestracji 3-go rzędu. Teza pracy została prawidłowo postawiona, natomiast cele pracy zrealizowane. Zarówno teza pracy, jak też cele szczegółowe, odpowiadają zakresowi i tematyce rozprawy oraz określają zakres przeprowadzonych badań. W treści rozprawy oraz w podrozdziale 5.4 udowodniono postawioną tezę pracy oraz przedstawiono nowy wykład Autora w inżynierię biomedyczną.

4. Metodyka badań

Przedstawiona przez Autora metodyka badań jest prawidłowa. Stosowane metody znajdowania fazy oddechowej, czy metody redukcji błędu dopasowania punktu docelowego są poprawne od strony merytorycznej i zweryfikowane praktycznie na danych klinicznych (21 pacjentach). Autor otrzymał interesujące wyniki które przedstawił w licznych tabelach

i wykresach (str. od 32 do 52). Praca stanowi nowy wkład w inżynierię biomedyczną i jest kontynuacją prac rozpoczętych przez dr inż. Sylwestra Fabiana w rozprawie doktorskiej pt. „Redukcja błędu dopasowania położenia pacjenta do przedoperacyjnego modelu anatomicznego w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej” którą miałem przyjemność recenzować w 2017 roku. Autor w pracy powołuje się na pracę dr inż. Sylwestra Fabiana, porównuje otrzymane wyniki oraz wskazuje nowe elementy które przedstawia w niniejszej rozprawie. Obie prace (dr inż. Sylwestra Fabiana i mgr inż. Krzysztofa Króla), co tutaj należy wyraźnie zaznaczyć, są odrębnymi pracami związanymi z zakresem problematyki nawigacji obrazowej w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej.

W rozprawie dostrzegłem kilka drobnych usterek/braków redakcyjnych i merytorycznych które nie wpływają na moją pozytywną ocenę rozprawy, jednakże chciałbym żeby Doktorant (w szczególności do moich uwag merytorycznych) odniósł się podczas publicznej obrony pracy, są to:

1. Tabele i rysunki umieszczone w podrozdziałach od 4.2.1 do 4.2.12 nie zostały opisane w tekście. Podobnie tabele w podrozdziale 4.3. Proszę omówić przedstawioną, w wymienionych tabelach, treść.
2. Jakie parametry były przyjęte podczas akwizycji danych? Czy możliwe jest przedstawienie zdjęcia lub/i schematu blokowego przeprowadzania pomiaru? Czy były jakieś kryteria wykluczenia pacjentów w badaniu/pomiarze?
3. Autor w spisie literatury przedstawia tylko jedną swoją publikację (pozycja [50] pt.: Selection of the respiratory phase in minimally invasive interventions for target registration error minimization, 2019 Surgical Oncology, 28, pp. 31-35, współautorzy: Spinczyk, D., Fabian, S). Czy Autor nie ma żadnych, innych, własnych publikacji np. z listy B?
4. We wzorze ze strony 16 Autor nie podał czy równanie jest też prawdziwe dla $t_i^{max} = t_i^{min}$.
5. Autor nie podał wrażliwości opracowanej metody na zmianę parametrów. Brakuje analizy wpływu np. ułożenia pacjenta czy ustawienia kamer względem pacjenta na otrzymywane wyniki. Jest to tym bardziej istotne, iż Autor zajmuje się w pracy błędami dopasowania czasowo-przestrzennego punktów.
6. Jak typ rozkładu ma generator liczb pseudolosowych we wzorze na stronie 25.

Dodatkowo w pracy zauważyłem kilka błędów/braków redakcyjnych:

1. Błędy interpunkcyjne i literowe w kilku miejscach pracy, przykładowo: podwójne nawiasy „([15])” (str. 25), naprzemienne umieszczanie zmiennej w nawiasach „pożądanych wartości parametrów: α i sztywności (λ)” (str. 55), powtórzony rok wydania w spisie literatury (przykładowo pozycja [38], [42], [43], [47], [48], [49] itd.).
2. Mało precyzyjne sformułowania np. str. 55: "Celem badania jest sprawne prognozowanie lokalizacji celu w cyklu oddechowym" - co oznacza "sprawne" ?
3. Podpisy tabeli powinny zostać umieszczone nad tabelami, wyrównane do prawej.
4. Zmienne Autor we wzorach zapisał czcionką pochyłą, natomiast pod wzorami w opisie bez pochylenia np. wzór na stronie 19, 20, 25. Brakuje też automatycznie zgodności z przyjętym wykazem skrótów i oznaczeń (str. 73).
5. Brak numeracji wzorów.
6. Rys. 2.5. powinien być moim zdaniem zmniejszony lub wzbogacony o szczegóły. W obecnej wersji jest bowiem zbyt duży i nie wnosi nowej wiedzy.
7. Wartości w tabelach od 4.2 do 4.25 oraz od 5.36 do 5.41 powinny zostać zaokrąglone do 2 cyfr znaczących zgodnie z zasadami metrologii.
8. W pracy zauważyłem konflikt oznaczeń. Symbol „ Σ ” jest używany jako zmienna, macierz o rozmiarze $m \times n$ (wzór, str. 11) oraz jako symbol sumy (np. wzór na str. 16).
9. Praca dotyczy w głównej mierze analizy błędów. Natomiast Autor bardzo rzadko stosuje w rozprawie sformułowania bezpośrednio związane z teorią błędów, takie jak np.: błąd bezwzględny, właściwy, systematyczny itd.
10. Podrozdział 5.4.1 powinien być usunięty – zawiera tylko jedno zdanie. Autor powinien w pracy, np. w formie załącznika, przedstawić zgodę komisji bioetycznej na przeprowadzane badania.

Pomimo wskazanych przeze mnie drobnych błędów redakcyjnych i merytorycznych praca stanowi cenny wkład w zakres analizy błędów dopasowania czasowo-przestrzennego punktu docelowego do przedoperacyjnego modelu pacjenta. Praca ta ma też dużą wartość praktyczną w modelowaniu przedoperacyjnych i pasowaniu położenia poszczególnych punktów modelu z punktami zaznaczonymi bezpośrednio na pacjencie.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że Pan mgr inż. Krzysztof Król wykazał się dużą wiedzą z zakresu analizy i przetwarzania informacji obrazowej występującej w nawigacji obrazowej, a także opanowaniem i sprawnym posługiwaniem się warsztatem badawczym. Rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Króla pt. "Redukcja błędu dopasowania czasowo-przestrzennego punktu docelowego do przedoperacyjnego modelu pacjenta w małoinwazyjnych zabiegach jamy brzusznej" 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 a tym samym spełnia wymogi formalne o których mowa w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (D. U. 2003, Nr 65, poz. 595 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Króla do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

