

Kraków, 15.09.2023 r.

Dr hab. inż. Joanna Jaworek-Korjakowska, prof. AGH  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,  
Wydział EAIiB, Katedra Automatyki i Robotyki

**Recenzja**  
**Rozprawy Doktorskiej**  
**mgr inż. Pawła Bzowskiego**  
**pt.: Metody elastycznego dopasowania obrazów medycznych w**  
**zastosowaniach do różnych technik obrazowania**

**Dziedzina: nauki techniczne,**  
**Dyscyplina: Inżynieria Biomedyczna.**

Niniejszą recenzję przygotowano na podstawie uchwały Rady Dyscypliny IB Politechniki Śląskiej 67/2023 z dn. 13.07.2023 zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (j.t. Dz.U. z 2020 r. poz. 85, z późn. zm.).

**1. Cel i teza rozprawy**

Celem ocenianej rozprawy doktorskiej było opracowanie nowych metod dopasowania obrazów medycznych pochodzących z różnych urządzeń w celu wsparcia procesu diagnostycznego i leczenia pacjenta. Zgodnie z opisem w podrozdziale 1.4 *Cel pracy* Autor planował przeanalizować metody sztywne, metody elastyczne oraz algorytmy oparte na metodach elementów skończonych do dopasowania danych z obrazów rzeczywistych w tym obrazów medycznych CT jamy brzusznej, PET/CT piersi, MRI kości nadgarstka oraz wygenerowanych danych syntetycznych.

Temat rozprawy doktorskiej jest istotny, aktualny i kluczowy ze względu na jego zastosowanie w dziedzinie przetwarzania obrazów medycznych. Elastyczne dopasowanie obrazów medycznych stanowi istotne wyzwanie techniczne, pozwalające na dokładne odwzorowanie jednego obrazu na podstawie innego, często pozyskanego za pomocą różnych technik obrazowania, takich jak MRI, CT czy ultrasonografia. Dodatkowo, aktualny trend w analizowaniu fuzji danych pochodzących zarówno z urządzeń do obrazowania medycznego jak i metadanych stwarza nowe obszary do prowadzenia badań nad algorytmami i rozwiązaniami. Praktyczne zastosowania tego zagadnienia obejmują precyzyjne rejestracje obrazów, co jest niezbędne w planowaniu leczenia, nawigacji podczas operacji, czy

monitorowaniu postępu terapii. W dziedzinie badań medycznych, elastyczne dopasowanie obrazów pozwala na analizę zmian w tkankach lub narządach na przestrzeni czasu, co ma kluczowe znaczenie w monitorowaniu rozwoju chorób lub reakcji na terapię. Ponadto, ta problematyka wpływa na rozwijanie zaawansowanych algorytmów i technik przetwarzania obrazów, takich jak metody segmentacji, śledzenia ruchu, czy ekstrakcji cezur, co stanowi istotny wkład w dziedzinę informatyki medycznej i obrazowania medycznego.

Podsumowując, wyznaczony obszar badawczy jest trafny, jednak zaproponowana algorytmika oraz zakres celu pracy przedstawiony na str. 22 rozprawy doktorskiej bardzo zawężony i nie obejmujący aktualnych rozwiązań. Dodatkowo, już na tym etapie brak jest zadań jak i etapów wskazujących na oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

**Teza pracy** została przedstawiona w rozdziale 1.6 *Teza pracy* i stanowi tak naprawdę opis tezy, a nie poprawne jej sformułowanie. Trudno wyodrębnić tezę główną oraz ew. tezy pomocnicze, a ich sformułowanie jest niepoprawne i niezgodne z przyjętymi zasadami.

W celu udowodnienia powyższych tez pracy Autor nie zaproponował żadnych zagadnień badawczych, które wskazywałyby na oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Opis w podrozdziale 1.5 *Cel pracy* nie odpowiada w pełni ustawowym i zwyczajowym wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim. Co więcej, próba udowodnienia całego podrozdziału 1.6 jako tezy pracy stanowi wyzwanie.

## 2. Przegląd treści rozprawy

Tekst rozprawy liczy 102 stron i został podzielony na 5 rozdziałów. Rozprawa doktorska zawiera również 75 pozycji literaturowych, spis skrótów, spis rysunków i spis tabel.

Poniżej przedstawiono szczegółową analizę przeglądu treści rozprawy.

**Rozdział 1** wprowadza do tematyki badań z zakresu rozprawy, zawiera podstawowy opis technik dopasowania, technik diagnostyki obrazowej oraz krótki opis chorób nowotworowych w tym raka piersi. W rozdziale przedstawiono również cel pracy oraz tezę.

W **rozdziale 2** Autor przedstawił opis danych wykorzystanych w ramach prowadzonych badań, jednak ich charakterystyka nie jest wystarczająco precyzyjna. Brak jest informacji kluczowych dla opisywanej i

implementowanej algorytmiki, natomiast znajdują się zbędne dane, takie jak informacja o „zgodach rodziców”, które nie są związane z tematem badań i nie wnoszą wartości do pracy. W podrozdziale 2.3 Autor przedstawił metody oraz algorytmy wykorzystane w pracy w tym algorytmy przetwarzania wstępnego (wykrywanie krawędzi, normalizacja, SDA) oraz metody dopasowania (transformacje afiniczne, krzywa B-Spline, prawo Naviera-Lamego, demony Maxwella, czy metodę elementów skończonych). Podrozdział 2.4 przedstawia wykorzystane narzędzia (Matlab) oraz bardzo zdawkowo informacje o algorytmach. Rozdział nie zawiera zaawansowanych i szczegółowych opisów, co utrudnia analizę prowadzonych badań i eksperymentów. Ponadto, brakuje w nim oryginalnego rozwiązania problemu naukowego.

Zarówno rozdziale 1, jak i 2, Doktorant nie zawarł przeglądu literatury ani aktualnego stanu algorytmicznego w analizowanym obszarze badawczym.

W **rozdziale 3** opisano wyniki dla poszczególnych eksperymentów:

- dopasowanie obrazów syntetycznych,
  - dopasowanie obrazów MRI kości nadgarstka,
  - dopasowanie obrazów CT jamy brzusznej,
  - dopasowanie obrazów PET/CT piersi,
- z wykorzystaniem metod Naviera-Lamego, B-Spline, demona Maxwella oraz elementów skończonych.

Opisano również budowę fantomu piersi w celu akwizycji obrazu.

Doktorant porównał rozwiązanie z oprogramowaniem MIRT oraz Tool of Kroon. Brak jednak szczegółowych opisów algorytmów oraz analiz statystycznych. Autor przedstawia wyniki z wykorzystaniem miary DICE oraz parametrów MI oraz SSD. Dodatkowo, Doktorant zwizualizował różnice pomiędzy obrazami referencyjnymi, a dopasowaniem oraz porównał wyniki dla obrazów wstępnie przetworzonych.

W **rozdziale 4** Doktorant przedstawia dyskusję nad rozwiązaniami ,a w **rozdziale 5** prezentuje krótkie podsumowanie i wnioski końcowe z badań. Brak omówienia szczegółowego wkład naukowy i wskazania na otwarte problemy badawcze z rozważanej tematyki.

**Bibliografia** pracy jest niewielka, liczy 75 pozycje.

### 3. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Rozprawa doktorska w obecnej formie budzi wiele poważnych zastrzeżeń. Po pierwsze, występuje w niej nadmierna wielowątkowość, dalece niesatysfakcjonujący poziom naukowy, a brak wystarczającej jakości tekstu nie potwierdza naukowych kompetencji Autora.

Struktura rozprawy jest nie tylko niepoprawna, ale także trudna do zaakceptowania. Metodologicznie rozprawa jest nieprawidłowa. Warto zwrócić uwagę na to, że praca nie zawiera jasno sprecyzowanych zadań badawczych, które stanowiłyby wkład w dziedzinę i umożliwiły udowodnienie tezy. Dodatkowo, Doktorant nie podzielił tezy na tezę główną i tezy pomocnicze oraz nie wskazał, które fragmenty pracy oraz zaimplementowane algorytmy pozwalają na ich udowodnienie. W części wstępnej pracy brakuje także istotnych elementów, takich jak uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy, cel główny, cele szczegółowe, teza główna oraz tezy pomocnicze, zakres merytoryczny oraz przegląd literaturowy.

Treść rozprawy została podzielona na pięć rozdziałów, które nie są ze sobą w wyraźny sposób powiązane logicznie. Brakuje wyraźnej idei przewodniej i logicznego porządku w konstrukcji treści rozprawy. Wyraźnie widoczne są także braki warsztatowe autora w formułowaniu i prezentowaniu zagadnień, nadaniu im właściwej rangi oraz konsekwencji w rozwijaniu wątków merytorycznych.

Podczas lektury recenzowanej rozprawy nasunęły się również pewne uwagi o charakterze dyskusyjnym. Część z nich ma naturę bardziej ogólnej, a część jest szczegółowa.

Uwagi ogólne:

- Brak szczegółowego opisu algorytmów.
- Brak szczegółowego opisu zbioru danych.
- W pracy zdecydowano się na porównywanie istniejących algorytmów. Jaki jest wkład Doktoranta w algorytmikę dotyczącą metod elastycznego dopasowania obrazów?
- Jakie są aktualne rozwiązania i osiągnięcia w tym obszarze?
- Czy Doktorant porównywał również jakość obrazów uzyskanych po dopasowaniu?
- W jaki sposób Doktorant udowodnił fragment tezy „Dopasowanie obrazów daje lepszą informację komplementarną, czyli bardziej złożoną informację”. Jak sformułowana jest „złożoność informacji”.

- Schematy 2.11-14 wymagają dopracowania oraz powinny być przedstawione w zaawansowanej formie wymaganej na poziomie rozpraw doktorskich.
- W rozprawie doktorskiej brakuje parametrów algorytmów, schematu postępowań, informacji o przetwarzaniu wstępnym oraz kolejnych etapach implementacyjnych.

Uwagi szczegółowe:

- W pracy w wielu miejscach występują stwierdzenia mało precyzyjne.
- Błędne używanie wielkich liter np. metody elementów skończonych.
- Str. 55 – „w kolorach w skali szarości”.
- Str. 55 – brak poprawnego odwołania do rysunku.
- Str 48 – błędy językowe w opisie schematu.
- Str. 89 – niepoprawny opis rysunku (powtórzenia).
- Str. 41 – brak przecinków we wzorach (w całej pracy)
- Spis skrótów i symboli powinien znajdować się na początku pracy.

Podsumowując, recenzowana rozprawa doktorska wymaga znacznych poprawek pod względem struktury, metodologii, jasności przekazu oraz poziomu naukowego. Autor powinien również skupić się na wypracowaniu spójnej idei przewodniej oraz bardziej logicznym rozmieszczeniu materiału, aby praca mogła zostać zaakceptowana jako naukowy wkład w dziedzinę.

#### 4. Podsumowanie

Zakres i poziom naukowy uzyskanych wyników badawczych nie odpowiada w pełni ustawowym i zwyczajowym wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dn. 20 lipca 2018 r (Dz. U. Nr Dz.U.2022.574, z późn. zm.) Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce. Biorąc pod uwagę wcześniejsze sformułowania jak i wyrażoną powyższą opinię wnioskuję zatem do Wysokiej Komisji powołanej przez Radę Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej o nieprzyjęcie rozprawy i niedopuszczenie jej Autora, mgr. inż. Pawła Bzowskiego do publicznej obrony.

*Jewrel*