

Wrocław, dnia 29 kwiecień 2019 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Świątek
Katedra Informatyki
Wydział Informatyki i Zarządzania
Politechnika Wroclawska

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ

(Recenzja opracowana na podstawie zlecenia Pani Dziekan Wydziału Elektrotechniki i Informatyki prof. dr hab. inż. Henryki D. Stryczewskiej pismem z dnia 13 marca 2018 r., zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 27 lutego 2019 r.)

Temat: „Komputerowe wspomaganie diagnostyki sarkoidozy na podstawie obrazów CT i RTG”

Autor: mgr inż. Pawel Prokop

Promotor: prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik

Promotor pomocniczy: dr hab. n. med. Robert Kieszko

1. Cel i zakres pracy.

W ostatnich latach w literaturze światowej obserwujemy znaczący rozwój problemów dotyczących metod przetwarzania obrazów w różnych dziedzinach. Jest to spowodowane z jednej strony rozwojem technik pomiarowych i rejestracji obrazów, które dostarczają precyzyjnych danych dotyczących rzeczywistych obiektów i procesów. Z drugiej strony współczesne platformy sprzętowe i programowe pozwalają na projektowanie złożonych systemów komputerowych rejestracji i przetwarzania obrazów. Problem ten można odnotować w różnych obszarach zastosowań, począwszy od monitorowania procesów technologicznych, chemicznych poprzez procesy biomedyczne po obserwacje astronomiczne. Ważnym zagadnieniem jest rozwój metod i technik obrazowania medycznego jak np. rentgenografia, ultrasonografia czy tomografia. Techniki te dostarczają obrazy, których przetwarzanie jest czasochłonne i wymaga ogromnego doświadczenia specjalistów w interpretacji obrazów. Rozwój komputerowo wspomaganiej diagnostyki obrazowej dostarcza metod i technik

służących do badania oraz interpretacji wskazanych cech obrazowych, by na ich podstawie dokonać diagnozy różnicującej. Dzięki nim lekarz zostaje odciążony od uciążliwej analizy obrazu i może skupić się na interpretowaniu przetworzonych danych. Podstawowe operacje komputerowo wspomaganymi systemami obrazowania mają na celu:

- poprawę jakości obrazu poprzez modyfikację kontrastu, redukcję szumów i artefaktów
- poprawę percepcji
- uwydatnienie cech obrazu kluczowych w dalszej analizie
- wspomaganie diagnozy.

Praca ma charakter projektowo-badawczy i należy ją ulokować w tematyce projektowania systemów wspomaganie diagnostyki medycznej. Główny problem podjęty w recenzowanym opracowaniu leży w obszarze zastosowań metod komputerowo wspomaganego obrazowania i polega na opracowaniu rekomendacji do projektowania systemu komputerowego wspomaganie diagnostyki przesiewowej chorób płuc na podstawie analizy obrazów RTG oraz CT. W szczególności, zasadniczym celem jest dobór takiego wektora cech tekstualnych obrazów RTG oraz CT płuc, który pozwoli na efektywne wykrywanie sarkoidozy. Należy zwrócić uwagę że zadanie to związane jest ze wszystkimi wyżej wymienionymi operacjami w zadaniu obrazowania począwszy od rejestracji, poprzez analizę i przetwarzanie obrazu po ekstrakcję cech oraz wspomaganie decyzji.

Na tym tle sformułowano tezę pracy, która brzmi: „Na podstawie komputerowej analizy obrazów RTG oraz CT płuc badanych pacjentów, można dokonać podziału analizowanych przypadków na zdrowe i chore.”.

Wykazanie powyżej sformułowanej tezy przekłada się na następujące zadania badawcze i projektowe:

1. Zebraniu i opracowaniu reprezentatywnego materiału badawczego.
2. Opracowanie koncepcji wyodrębnienie obszaru do analizy obrazu celem wyznaczenia zbioru cech diagnostycznych.
3. Opracowanie algorytmów ekstrakcji i redukcji cech.
4. Opracowanie algorytmów klasyfikacji.
5. Analiza wyników badań i opracowanie rekomendacji.

W świetle wcześniej przedstawionych uwag mogę stwierdzić, że podjęty temat recenzowanej rozprawy jest ważny i aktualny, a opracowane zadania mają ważny aspekt praktyczny i wnoszą istotny wkład w rozwój zastosowań elektrotechniki, a w szczególności obszarze projektowania komputerowych systemów wspomaganie obrazowania. Należy

podkreślić interdyscyplinarny charakter pracy, a w szczególności powiązanie problematyki pracy z elektrotechniką, informatyką i medycyną.

2. Przegląd treści pracy

Wyniki pracy Autor przedstawił w rozprawie doktorskiej napisanej w języku polskim, która składa się z 8. rozdziałów oraz wykazu literatury, a także streszczenia w języku polskim i angielski oraz wykazu ważniejszych oznaczeń. Opracowanie uzupełniają dodatki zawierające wyniki obliczeń wraz z ich graficzną prezentacją. Całość liczy 191. stron.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autor wprowadza czytelnika w zakres rozprawy, lokuje jej treść na tle metod, aktualnie stosowanych w diagnostyce medycznej. W rozdziale drugim przedstawiono cel i zakres pracy. Rozdział trzeci przedstawia bardzo pracochłonny etap pracy, który dotyczy przygotowania materiału badawczego. Opracowano zbiory uczące zawierające reprezentatywne obrazy dla badanej choroby. Ważnym elementem tego etapu badań jest wskazanie i opis wybranych obszarów obrazu do rozpoznania stopnia sarkoidozy. Metody analizy obrazu przydatne w dalszych badaniach przedstawiono w rozdziale piątym. Analiza tekstury pozwala przedstawić wzorzec reprezentujący regularne cechy powierzchni na obrazie. Omówiono deskryptory cech wykorzystane w badaniach, które pozwoliły na wyznaczenie cech statystycznych opisujących teksturę obrazu. Ważnym etapem pracy jest dokonanie ekstrakcji i selekcji cech. W rozdziale piątym przedstawiono wyniki badań wykorzystania metod: analizy składowych głównych, analizy czynnikowej oraz analizy wielowymiarowej. Wszystkie proponowane metody okazały się nieskuteczne. Kolejno, w rozdziale szóstym zaproponowano zbadania procedur selekcji. Wzięto pod uwagę metody: heurystycznej identyfikacji zmiennych zakłócających, badania istotności korelacji Spearmana oraz wskaźników pojemności informacyjnej Hellwiga. Przedstawione badania posłużyły do wyboru cech wykorzystanych do budowy klasyfikatorów. Poddano analizie dziesięciu metod klasyfikacji do wspomaganie diagnostyki w tym: k-NN, SNN, SVM, liniowa oraz kwadratowa funkcja dyskryminacyjna oraz drzewa decyzyjne, a także klasyfikatory złożone bazujące na różnych metodach agregacji. W rozdziale siódmym przedstawiono obszerne wyniki badań uczenia i oceny jakości wybranych klasyfikatorów z uwzględnieniem zaproponowanych metod selekcji cech. Analiza wyników pozwoliła na przedstawienie rekomendacji wyboru klasyfikatora przy zbiorach cech określonych trzema metodami. W rozdziale ósmym przedstawiono podsumowanie wyników oraz propozycje kierunków dalszych prac.

Bibliografia zawiera wykaz 100. trafnie dobranych pozycji literaturowych. Cytowane są głównie artykuły w czasopismach oraz opracowania monograficzne. Większość pozycji literaturowych stanowią pozycje aktualne z ostatnich lat. Informacje literaturowe ściśle dotyczą tematyki rozprawy, a proponowany zbiór jest ściśle ukierunkowany na wyznaczony cel pracy.

3. Uwagi redakcyjne

Na podstawie lektury pracy mogę stwierdzić, że podział treści jest logiczny i uporządkowany, styl oraz poziom językowy jest wysoki, a szata graficzna jest staranna i dopracowana. Sposób przekazywania treści jest bardzo dobry. Treść pracy jest wzbogacona dobrze dobranymi rysunkami, wykresami oraz tabelami zawierającymi wyniki badań eksperymentalnych, ocen i porównań. Pracę czyta się z przyjemnością. Informacja jest dobrze wyważona. Czytając lekturę pracy odnosi się wrażenie o wysokiej kompetencji merytorycznej Autora, który potrafi przedstawić swoje wyniki w sposób przyjazny dla czytelnika.

4. Oryginalne wyniki

Wykonanie założonego celu wiąże się z wykonaniem następujących zadań szczegółowych, które uważam za oryginalne wyniki pracy:

- Przygotowanie praktycznego materiału badawczego do opracowania metody obrazowania obrazów RTG i CT.
- Opracowanie oryginalnej koncepcji doboru cech tekstury obrazów RTG oraz CT przydatnych do diagnozy.
- Zbadanie algorytmów klasyfikacji pod kątem ich użyteczności w komputerowo wspomaganym obrazowaniu.
- Opracowanie rekomendacji do projektowania systemu wspomagającego diagnostykę medyczną.

5. Uwagi merytoryczne – pytania dyskusyjne

W trakcie analizy treści pracy nasuwają się pytania (uwagi), o których wyjaśnienie poproszę podczas publicznej dyskusji:

1. W zastosowaniach medycznych ważnym elementem projektu jest zapewnianie wiarygodności danych i autoryzacja wyników badań. W jaki sposób przedstawiony

projekt systemu zapewnia powyższe własności?

2. We wstępie autor zwraca uwagę na możliwość wykorzystania wyników klasyfikacji do planowania procesu diagnostycznego. Czy i w jaki sposób można wykorzystać uzyskane wyniki w tym zakresie?

6. Ocena wiedzy doktoranta w zakresie dyscyplin naukowych związanych z tematyką rozprawy

1. Problematyka rozprawy ma charakter interdyscyplinarny. Obejmuje wiedzę z dziedziny nauk technicznych w zakresie dyscyplin elektrotechnika oraz informatyka jak również nauk medycznych, a w szczególności automatyzacji procesu obrazowania medycznego
2. Doktorant swobodnie posługuje się aparatem projektowo-badawczym, właściwie formułuje hipotezy badawcze i wykazuje umiejętność dokonywania trafnych wyborów i właściwego wnioskowania. Formułowane przez doktoranta wnioski są przemyślane, logiczne i spójne.
3. Na podkreślenie zasługuje precyzyjne przedstawienie kolejnych kroków badawczych przy analizie danych eksperymentalnych.
4. W stopniu biegłym opanował tematykę rozprawy w warstwie nie tylko teoretycznej, ale także praktycznej, w oparciu o dobre rozeznanie problemów związanych przetwarzania obrazów i ich zastosowaniach dla obiektów medycznych.
5. Lektura rozprawy upoważnia mnie do stwierdzenia, że doktorant swobodnie porusza się po literaturze przedmiotu, dysponuje wymaganym do prowadzenia badań naukowych zasobem wiedzy z zakresu zastosowań elektrotechniki, czyli tego obszaru nauki i techniki, którego dotyczy temat rozprawy.

7. Podsumowanie.

Na podstawie lektury recenzowanej rozprawy mogę stwierdzić, że doktorant:

- podjął ważny i aktualny problem w obszarze zastosowań elektrotechniki,
- uzyskał oryginalne wyniki w zakresie zastosowania metod komputerowo wspomaganego obrazowania,
- przedstawił interesujące możliwości zastosowań prezentowanych wyników we wspomaganie diagnostyki medycznej,

a tym samym wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny elektrotechnika.

W podsumowaniu mojej oceny stwierdzam, że opiniowana praca mgr inż. Pawła Prokopa pt.: „Komputerowe wspomaganie diagnostyki sarkoidozy na podstawie obrazów CT i RTG” jest kompletna i nie wymaga żadnych zmian ani uzupełnień. Spełnia ona zwyczajowe i ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku.

Wnioskuje o przyjęcie niniejszej pracy, jako rozprawy doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Pawła Prokopa do publicznej dyskusji nad przedłożoną pracą.

prof. dr hab. inż. Jerzy Świątek

