

Wrocław, dnia 12 maj 2020 r.

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

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA
I ELEKTROTECHNIKA POLITECHNIKI LUBELSKIEJ

(Recenzja opracowana na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej
Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Lubelskiej
dr hab. inż. Wojciecha Jarzyny, prof. uczelni pismem z dnia 5 maja 2020 r.,
zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny nr AEiE/7.5/2020 z dnia 29 kwietnia 2020 r.)

Temat: „Zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce osteoporozy”

Autor: mgr inż. Róża Dzierżak

Promotor: prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik

Promotor pomocniczy: dr inż. Zbigniew Omiotek

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 wspomaganey diagnostyki obrazowej dostarcza nowych metod i technik

służących do badania oraz interpretacji wskazanych cech obrazowych, by na ich podstawie dokonać diagnozy różnicującej. Dzięki nim medyk zostaje odciążony od uciążliwej analizy obrazu, często trudnych do ekstrakcji cech i może skupić się na interpretowaniu przetworzonych danych.

Oceniana praca ma charakter projektowo-badawczy i należy ją ulokować w tematyce projektowania systemów wspomagania 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 wspomagania diagnostyki osteoporozy na podstawie analizy obrazów tomografii komputerowej (CT). W szczególności, zasadniczym celem jest opracowanie efektywnej metody diagnostycznej na podstawie analizy obrazu CT tkanki gąbczastej kręgów lędźwiowych. Metoda ta pozwoli zastąpić standardowe badania, które posiadają liczne ograniczenia.

Należy zwrócić uwagę że zadanie to związane jest z elementarnymi składowymi problemu obrazowania począwszy od rejestracji, poprzez analizę i przetwarzanie obrazu po rozpoznanie i wspomaganie decyzji.

Na tym tle sformułowano tezę pracy, która brzmi: „zastosowanie odpowiednio dopasowanych i wytrenowanych konwolucyjnych sieci neuronowych pozwoli na opracowanie skutecznej metody diagnostycznej rozpoznawania osteoporozy kręgosłupa, poprzez klasyfikację obrazów CT tkanki gąbczastej”.

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

1. Zebraniu i opracowaniu reprezentatywnego materiału eksperymentalnego.
2. Opracowanie koncepcji wyodrębnienie obszaru do analizy obrazu celem dokonania klasyfikacji.
3. Opracowanie algorytmów klasyfikacji.
4. 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 automatyki, elektroniki i elektrotechniki, a w szczególności obszarze projektowania komputerowych systemów wspomagania obrazowania. Należy podkreślić interdyscyplinarny charakter pracy, a w szczególności powiązanie problematyki pracy z automatyką, informatyką i medycyną.

2. Przegląd treści pracy

Wyniki pracy Autorka przedstawiła w rozprawie doktorskiej napisanej w języku polskim, która składa się z dziewięciu rozdziałów oraz wykazu literatury. Pracę poprzedzają spis treści, streszczenia w języku polskim i angielski oraz wykaz ważniejszych oznaczeń. Opracowanie uzupełniają załączniki zawierające ilustrację ciągu uczącego (obrazy CT) oraz proces uczenia sieci. Całość liczy 122 strony.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka wprowadza czytelnika w zakres rozprawy. We wstępie zwraca uwagę na społeczną wagę problemu diagnozy osteoporozy. Lokuje treść pracy na tle literatury. Dokonuje szczegółowej analizy aktualnie stosowanych metod obrazowania w diagnostyce medycznej. We fragmencie tym warto zwrócić uwagę na doświadczenie Autorki w stosowaniu metod obrazowania komputerowego w diagnostyce medycznej. Przedstawia również zastosowanie sieci neuronalnych, w tym metod uczenia głębokiego, do wspomaganie obrazowania w różnych obszarach diagnostyki medycznej, co bardzo dobrze lokuje treść pracy na tle aktualnych badań. Rozdział pierwszy kończy cel i zakres pracy. Rozdział drugi zawiera kliniczny opis osteoporozy, metody diagnostyki w tym techniki pomiarowe. Rozdział trzeci przygotowuje do zebrania materiału badawczego tj. liczebności próby oraz statystycznej analizy wyników badań eksperymentalnych. Rozdział czwarty przedstawia bardzo ważny i pracochłonny etap pracy, który dotyczy zebrania i przygotowania danych obrazowych do dalszych badań. Opracowano bazę zbiorów uczących, która zawiera reprezentatywne obrazy dla badanej choroby. Ważnym elementem tego etapu badań jest wskazanie i opis wybranych obszarów obrazu do rozpoznania stopnia osteoporozy z wykorzystaniem obrazu CT. Analiza tekstury pozwala przedstawić wzorzec reprezentujący regularne cechy powierzchni na obrazie. Istotnym elementem pracy jest prezentacja w rozdziale szóstym modeli konwolucyjnych sieci neuronowych zastosowanych w badaniach przedstawionych w rozprawie. W badaniach wykorzystano modele: VGG16, VGG19, MobileNetV2, Xception, ResNet50, InceptionResNetV2. W rozdziale siódmym przytoczono powszechnie stosowane miary jakości klasyfikatorów. Rozdział ósmy przedstawia budowę, wskazanych wcześniej modeli sieci neuronowych. Prezentuje proces uczenia oraz walidacji uzyskanych klasyfikatorów. Kolejno przedstawia porównanie jakości uzyskanych klasyfikatorów korzystając miar prezentowanych w rozdziale siódmym. Analiza wyników porównania pozwoliła na przedstawienie rekomendacji wyboru klasyfikatora do opracowania prototypowego systemu wspomagającego diagnostykę osteoporozy. W rozdziale dziewiątym przedstawiono podsumowanie wyników oraz propozycje kierunków dalszych prac.

Bibliografia zawiera wykaz 97 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 ukierunkowany na wyznaczony cel pracy. W wykazie literatury można znaleźć cztery pozycje Autora. Są to publikacje w renomowanych czasopismach i w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym.

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 ilustracjami, 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 Autorki, która 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 i analiza praktycznego materiału badawczego do opracowania metody obrazowania obrazów CT do diagnozy osteoporozy.
- Stworzenie unikalnej bazy danych obrazowych tomografii komputerowej kręgosłupa zawierającej wyniki badań pacjentów u których zdiagnozowano osteoporozę oraz pacjentów z grupy kontrolnej, (przypadki osób chorych zostały dobrane pod kątem spełnienia określonych kryteriów dotyczących przebiegu choroby).
- Zbadanie algorytmów klasyfikacji, opartych na konwolucyjnych sieciach neuronowych, pod kątem ich użyteczności w komputerowo wspomaganym obrazowaniu.
- Opracowanie rekomendacji do projektowania prototypowego systemu wspomagającego diagnostykę osteoporozy.

5. Uwagi merytoryczne – pytania dyskusyjne

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

1. Proszę wyjaśnić w jaki sposób przygotowywany był ciąg uczący, a w szczególności w jaki sposób dokonywano klasyfikacji obrazów w ciągu uczącego?
2. W rozdziale szóstym Autorka prezentuje modele sieci neuronowych wybranych do dalszych badań. Charakteryzuje ich własności. Czym uzasadnić wybór tych modeli?
3. We wstępie Autorka zwraca uwagę na możliwość wykorzystania wyników klasyfikacji do wczesnego planowania procesu diagnostycznego i terapeutycznego. Czy i w jaki sposób można wykorzystać uzyskane wyniki w tym zakresie?

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

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

7. Podsumowanie.

Na podstawie lektury recenzowanej rozprawy mogę stwierdzić, że doktorantka:

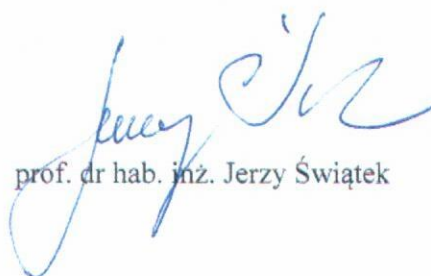
- podjęła ważny i aktualny problem w obszarze zastosowań automatyki, elektroniki i elektrotechniki,
- uzyskała oryginalne wyniki w zakresie zastosowania metod komputerowo wspomaganego obrazowania,
- przedstawiła interesujące możliwości zastosowań prezentowanych wyników we wspomaganium diagnostyki medycznej.

a tym samym wniosła istotny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika.

W podsumowaniu mojej oceny stwierdzam, że opiniowana praca mgr inż. Róży Dzierżak pt.: „Zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce osteoporozy” 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.

Wnoszę o przyjęcie niniejszej pracy, jako rozprawy doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Róży Dzierżak do publicznej dyskusji nad przedłożoną pracą.

Biorąc pod uwagę bardzo aktualną problematykę pracy i praktyczną wagę uzyskanych wyników oraz fakt, że przedstawione wyniki były publikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym i w materiałach renomowanych konferencji wnoszę o wyróżnienie pracy.



prof. dr hab. inż. Jerzy Świątek