

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Łukasik
Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny
im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

Radom, 20.05.2020r.

Ocena
Rozprawy doktorskiej mgr inż. Róży Dzierżak
pt.: „Zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych
w diagnostyce osteoporozy”.

1. Podstawa opracowania recenzji.

Przedmiotem opinii jest rozprawa doktorska mgr inż. Róży Dzierżak pt.: „Zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce osteoporozy” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Waldemara Wójcika z Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Promotorem pomocniczym rozprawy był dr inż. Zbigniew Omiotek

Recenzja została opracowana na zlecenie Politechniki Lubelskiej reprezentowanej przez Rektora prof. dr hab. inż. Piotra Kacejko.

Podstawą zlecenia jest uchwała nr AEiE/7.5/2020 z dnia 29.04.2020r. Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika reprezentowana przez przewodniczącego dr hab. inż. Wojciecha Jarzynę prof. uczelni (pismo AEiE/37/2020).

2. Ogólna charakterystyka rozprawy.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska liczy 122 strony wraz ze spisem literatury w liczbie 97 pozycji oraz załącznikami zawartymi na 41 stronach. Zamieszczona bibliografia jest wystarczająca i stanowi odzwierciedlenie stanu wiedzy w zakresie tematyki dotyczącej rozważań podjętych w pracy.

Rozprawa składa się z 9 rozdziałów w tym ze wstępu i podsumowania zawierającego wykaz oryginalnych osiągnięć pracy oraz planu dalszych badań w zakresie prezentowanym w rozprawie. Materiał graficzny rozprawy jest przejrzysty, a treść jednoznacznie określa dokonania badawcze Autorki. Układ pracy nie budzi moich zastrzeżeń, a użyta terminologia jest prawidłowa i zrozumiała.

3. Ocena tematu, tezy i celu rozprawy.

Diagnoza stawiana przez lekarza specjalistę nawet z dużym stażem niekiedy może być błędna. Wynika to głównie z błędnej interpretacji badań diagnostycznych.

Szczególne znaczenie ma to w tzw. diagnostyce obrazowej, czyli ultrasonografii, tomografii komputerowej, rezonansie magnetycznym czy zwykłym badaniu rentgenowskim. Ocena tych badań może się różnić w zależności od doświadczenia lekarza radiologa oraz od jego stanu fizycznego (przemęczenia, stresu, liczby badań).

Z tego powodu poszukuje się metod, aby zmniejszyć lub całkowicie wyeliminować błędne diagnozy. W tym celu należy wykorzystywać zaawansowane narzędzia techniczne wspomagające lekarzy w ich pracy.

Narzędzia te to stosowane algorytmy i zaawansowane metody cyfrowego przetwarzania wyników badań w celu postawienia obiektywnej diagnozy, która jest sprawdzana i weryfikowana przez lekarza specjalistę.

W niniejszej rozprawie Autorka skupia się na diagnostyce jednostki chorobowej zwanej osteoporozą. Choroba ta związana jest z ubytkiem masy kostnej człowieka na skutek starzenia się lub terapii farmakologicznych.

Stosowana dotychczas diagnostyka w tym schorzeniu obejmuje pomiar gęstości mineralnej kości (BMD), co nie identyfikuje w całości zmian strukturalnych zachodzących w kości bełczkowej w wyniku starzenia się, zaburzeń metabolicznych lub terapii farmakologicznych. Zmiany w architekturze całej kości np. w grubości kory i momencie bezwładności kości długich lub minimalnym polu przekroju kręgów zdefiniowano w literaturze jako czynniki krytyczne w określeniu wytrzymałości kości. Kluczowym aspektem diagnostyki w takich przypadkach jest wykrywanie ubytków masy kostnej w fazie początkowej choroby, kiedy dostępne formy leczenia mogą przynieść najlepsze efekty. Jednym z rozwiązań wcześniejszej diagnostyki mogą być badania przesiewowe wykrywane przy okazji badań obrazowych w kierunku wykrywania innych schorzeń lub badań kontrolnych.

Osteoporoza staje się poważnym problemem społecznym w związku z czym prowadzone są prace nad opracowaniem zaawansowanych technik jej wczesnego wykrywania.

Jak wskazują opublikowane prace naukowe osiągnięcie dobrych efektów rozpoznawania uszkodzeń tkanki bełczkowej jest analiza tekstury. Z tego powodu podjęte przez Autorkę badania w tym zakresie uważam za prawidłowe i cenne, gdyż pokazują między innymi możliwość osiągnięcia czułości klasyfikatora cech tekstury na poziomie 90%. Inne badania Autorki nad problemem osteoporozy dotyczą analizy fraktalnej w której osiągnęła czułość klasyfikatora na poziomie 81%.

Pomimo osiągniętych dobrych wyników Autorka uznaje za nie w pełni satysfakcjonujące i rozpoczęła badania nad znalezieniem innych technik klasyfikacji obrazów tkanki gąbczastej.

Skupiła się na możliwości zastosowania konwolucyjnych sieci neuronowych i technik głębokiego uczenia w diagnostyce osteoporozy, co jest przedstawione w rozprawie i w pełni uzasadnione.

Za cel niniejszej rozprawy Doktorantka postawiła wykazanie skuteczności zastosowania konwolucyjnych sieci neuronowych w klasyfikacji obrazów tomografii komputerowej (CT) tkanki gąbczastej kręgów lędźwiowych, pozwalające na rozpoznanie zachodzących w nich zmian osteoporotycznych.

Po wielu przeprowadzonych badaniach i analizach oraz testach przy uwzględnieniu celu rozprawy Doktorantka postawiła następującą tezę:

„Zastosowanie odpowiednio dopasowanych i wytrenowanych konwolucyjnych sieci neuronowych pozwoli na opracowanie skutecznej metody diagnostycznej rozpoznawania osteoporozy kręgosłupa, poprzez klasyfikację obrazów CT tkanki gąbczastej”.

Jak słusznie zauważa Doktorantka jej praca składa się z części teoretycznej i części badawczej. Wynika to z potrzeby przeprowadzenia w pierwszej kolejności analizy wiedzy w rozpatrywanym temacie, a następnie należy dokonać eksperymentów, które staną się podstawą udowodnienia postawionej tezy.

4. Analiza i merytoryczna ocena pracy.

Proces przygotowania przez Doktorantkę badań rozpoczął się od oszacowania liczebności próby oraz rozpatrzeniu podstaw ocen istotności statystycznej przeprowadzanych testów.

Z analitycznych rozważań oraz możliwości techniczno organizacyjnych przeprowadzonego eksperymentu, określono wartość próby na poziomie 50 obrazów tkanki gąbczastej kręgu L1 kręgosłupa lędźwiowego w grupie testowej przy zachowaniu proporcji podziału opisowego materiału badawczego.

W następującej kolejności opisano zebrany materiał badawczy prezentując charakterystykę grup pacjentów i dane techniczne pozyskanych obrazów z tomografii komputerowej. Zamieszczono także sposób wypreparowywania próbek i proces przetwarzania wstępnego.

Rozdział piąty poświęcony jest zastosowaniu sieci konwolucyjnych charakteryzując poszczególne ich modele.

W pracy do budowy sieci wykorzystano pakiet Keras, będący ramą projektową zaimplementowaną w języku Python, co umożliwia definiowanie i trenowanie dowolnych modeli uczenia głębokiego.

W dalszej części pracy opisano wyniki działania wykorzystanych modeli sieci konwolucyjnych oraz przeprowadzono analizę porównawczą parametrów określających pracę sieci klasyfikacyjnych.

Kolejnym krokiem działań Autorki pracy było przedstawienie miar jakości klasyfikacji w diagnostyce medycznej.

Proces ten opiera się na przypisaniu badanej próbki lub testu (będących wynikiem diagnozy) do jednego z dwóch zbiorów – chory lub zdrowy. Do oceny skuteczności działania klasyfikatorów wykorzystuje się miary jakości przeprowadzanych klasyfikacji. W tym celu bada się **poziom wrażliwości** klasyfikatora identyfikującego przypadki **chorych** oraz **specyficzność** określającą poprawną identyfikację pacjentów **zdrowych** jako **zdrowych**.

Następnym krokiem badań było określenie istotności statystycznej i otrzymanych wyników poprzez sformułowanie hipotezy zerowej.

W ostatniej części rozprawy opracowano zestawienie osiągnięć w badaniach, a także nakreślono potrzebę i kierunek dalszych badań.

W załączniku 1 do pracy przedstawiono oryginalne próbki obrazowe tkanki gąbczastej wykorzystane w rozprawie (grupa kontrolna), a załącznik 2 jest raportem tworzenia sieci **VGG16**.

Należy zauważyć, że dla otrzymania optymalnych efektów badań Doktorantka skupiła się na osiągnięciu najwyższej **wrażliwości** klasyfikacji przy zachowaniu możliwie wysokiej **specyficzności**. Ponadto do oceny jakości prezentowanych modeli klasyfikacji poza wrażliwością i specyficznością w pracy wykorzystano ogólną dokładność klasyfikacji odnoszącą się do obydwu grup pacjentów.

W swoich badaniach Doktorantka wykorzystwała 6 modeli klasyfikatorów obrazów tkanki gąbczastej kręgu lędźwiowego L1, które były wcześniej wytrenowane na dużych zbiorach danych. Modele te charakteryzują się różną głębokością topologiczną i różną liczbą warstw sieci.

Modele wykorzystane w badaniach składają się z dwóch części z których pierwsza była bazą konwolucyjną, a drugą tworzyły gęsto połączone klasyfikatory położone na końcu sieci.

Zamiast klasyfikatorów oryginalnych Autorka wykorzystwała własne zbudowane z dwóch warstw gęsto połączonych.

Wyuczone reprezentacje, były specyficzne dla badanego zestawu klas (kategorie zdrowy, chory), na których modele te były trenowane.