

Spośród sześciu zbudowanych modeli Doktorantka wybrała najlepszy (VGG16), który cechuje się największą ogólną dokładnością klasyfikacji wynoszącą 95% i najwyższą wrażliwością wynoszącą 96%.

Wysoka wrażliwość modelu oznacza dużą dokładność rozpoznawania przypadków chorych, co jest korzystne do postawienia właściwej diagnozy.

Uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań pozwalają stwierdzić, że są one istotne diagnostycznie i mogą służyć do opracowania systemu automatycznej identyfikacji osteoporozy w tkance gąbczastej kręgosłupa.

W rozprawie Autorka przedstawiła schemat systemu do predykcji nowych obrazów za pomocą modelu VGG16, który uzyskał najwyższe wskaźniki jakości. Model ten charakteryzuje się najmniejszą złożonością topologiczną, gdzie baza konwolucyjna zawiera 19 warstw.

Zaprezentowany w pracy model analizuje dane i oblicza prawdopodobieństwo przynależności obserwacji do klasy pozytywnej, czyli do przypadku osteoporozy. Jeżeli obliczone prawdopodobieństwo jest równe, bądź większe od 0,5 moduł klasyfikacji przypisuje obserwacji etykietę „osteoporoza”, a w przeciwnym przypadku obserwacji otrzymuje etykietę „zdrowy”.

Dla oceny istotności statystycznej wyników badań przeprowadzono testy Z osobno dla każdej z 6 modeli sieci konwolucyjnej wykorzystywanej w pracy.

Wyniki testów pozwalają stwierdzić, że warunek istotności statystycznej dla sieci VGG16 i dwóch innych został spełniony.

## 5. Oryginalność pracy i uwagi szczegółowe.

Analizując pracę mogę podkreślić, że Doktorantka jasno określiła temat i cel pracy oraz prawidłowo sformułowała tezę. Materiał badawczy przygotowany był starannie, a zastosowane narzędzia w postaci odpowiednio skonfigurowanego systemu komputerowego i jego oprogramowanie pozwoliły na skuteczną realizację oryginalnych badań.

Metodykę badań i ich realizację można uznać bez zastrzeżeń, co pozwoliło na trafny wybór materiału badawczego i opracowanie jasnych wniosków, **dowodzących postawioną tezę.**

### **Za szczególne osiągnięcia Doktorantki uważam:**

- Zebranie bogatego materiału statystycznego i opracowanie bazy danych obrazowych CT dotyczące pacjentów chorych na osteoporozę oraz porównawczego (osoby zdrowe)

- przeprowadzenie testowania sześciu różnych modeli sieci konwolucyjnych dobranych w procesie badań wstępnych w celu uzyskania jak najlepszych skuteczności
- stworzenie oryginalnego binarnego klasyfikatora zbudowanego z dwóch warstw gęsto połączonych (dense layers); reprezentacje, których się one „wyuczyły” były specyficzne dla badanego zestawu klas (kategorie zdrowy/chory), na których modele te były trenowane
- zaprojektowanie prototypowego systemu do diagnostyki osteoporozy wykorzystującego wyniki pracy sieci VGG16
- oszacowanie wymaganej liczebności próby w eksperymencie oraz przeprowadzenie dowodu o spełnieniu warunków istotności statystycznej dla trzech z sześciu testowanych modeli sieci konwolucyjnych

#### **Uwagi krytyczne do których Doktorantka powinna się odnieść:**

1. Rozprawa dotyczy medycznych aspektów diagnostyki osteoporozy, co jest zagadnieniem obszernym i ważnym. Stanowi zatem ono pewne uzasadnienie podjęcia tego ważnego tematu i praca napisana jest ciekawie. Jednakże recenzenci reprezentujący dyscyplinę „automatyka, elektronika i elektrotechnika” nie posiadają w niektórych elementach pełnych kompetencji do jej weryfikacji
2. Sztuczne sieci neuronowe zwykle stosowane są do analizy dużych zbiorów danych, co zresztą w pracy zauważono. Zastosowany w pracy zbiór danych obrazowych jest dość niewielki w ujęciu zastosowanej metody.
3. W niektórych fragmentach pracy Autorka operuje hermetycznymi terminami informatycznymi ograniczającymi zrozumienie jej treści osobom spoza obszaru deep learningu

#### **6. Ocena końcowa i konkluzja.**

Pomimo przedstawionych przeze mnie kilku uwag krytycznych oceniam rozprawę doktorską Pani mgr inż. Róży Dzierżak za wysoce pozytywną. Autorka wykazała się dobrą znajomością literatury naukowej oraz zrozumieniem niełatwej problematyki badań medycznych.

Biorąc pod uwagę całość rozprawy jej wartość i wkład własny Autorki **uważam że Doktorantka rozwiązała ważny problem badawczy w zakresie dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika i tym samym osiągnęła wyznaczony cel pracy oraz udowodniła postawioną tezę.**

Recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż.. Róży Dzierżak ma duże znaczenie aplikacyjne a wyniki uzyskane podczas badań mogą być wykorzystane w praktyce.



Doktorantka posiada kompetencje do samodzielnego prowadzenia badań naukowych i posiada znaczną wiedzę w dyscyplinie naukowej w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

W moim przekonaniu Doktorantka potwierdziła również umiejętność formułowania problemu badawczego, tworzenia narzędzi badawczych i samodzielnego rozwiązania problemu.

**Uwzględniając wszystkie przedstawione moje oceny, stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Róży Dzierżak pt.: „Zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce osteoporozy” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w obowiązującej Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z późn. zm. (Dz.U. 2017, poz.1789) Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018r, poz. 261) oraz art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r., poz. 1669)**

**Wnioskuje zatem o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

