

Reviewy fachowe  
Włoski  
§  
Prof. dr hab. Małgorzata Pawłowska  
Prodziekan  
Wydziału Lekarskiego  
ds. Nauki  
Poznań, 15 sierpień 2023

Prof. dr hab. n. med. Katarzyna Karmelita-Katulska  
Zakład Neuroradiologii  
Katedry Radiologii Ogólnej i Neuroradiologii  
UM w Poznaniu

## O c e n a

rozprawy doktorskiej mgr Anny Kloski

pt. „Use Of Artificial Intelligence Methods for Classification Of X-Ray  
Images of Patients with Lung Diseases”

Konwencjonalne obrazowanie radiologiczne jest standardem wśród metod nieinwazyjnych zwłaszcza dla różnicowania chorób płuc. Interpretacja obrazów radiologicznych klatki piersiowej mimo szerokiego stosowania także w badaniach profilaktycznych może być wyzwaniem dla radiologów, ale także klinicystów i nie zawsze jest jednoznaczne w codziennej praktyce lekarzy.

Ostatnio w literaturze przedstawiono wykorzystanie narzędzi opartych na sztucznej inteligencji (AI) do rozwiązywania problemów z klasyfikacją obrazów w opiece zdrowotnej, w oparciu o szkolenie z obrazami rentgenowskimi, tomografią komputerową, obrazy histopatologicznymi itp. Głębokie uczenie się jest niezwykle potężnym narzędziem do uczenia się złożonych problemów diagnostycznych a częstotliwość ich stosowania i oceny w różnych problemach wzrasta. Ogromny progres prac nad AI miał miejsce podczas pandemii COVID-19 kiedy na podstawie uzyskanego materiału wprowadzono w niektórych krajach programy wykorzystujące głębokie uczenie maszynowe w wykrywaniu COVID-19 na zdjęciach rentgenowskich klatki piersiowej w celu szybkiej diagnozy.



Dlatego z dużym zainteresowaniem podjęłam się recenzji pracy na stopień naukowy doktora nauk medycznych mgr Anny Kloski. Praca ta powstała na Wydziale Lekarskim Collegium Medicum w Bydgoszczy pod kierunkiem promotora: dr hab. n.med. Marcina Woźniaka prof. UMK, drugiego promotora: prof. dr hab. Zbigniewa Serafina oraz promotora pomocniczego: dr inż. Agaty Giełczyk.

Cel pracy doktorskiej zrealizowano poprzez przeprowadzenie trzech prac badawczych. Do obrony przedstawiono cykl publikacji stanowiących podstawę pracy doktorskiej. Wynikiem pracy jest cykl trzech publikacji, które ukazały się w druku w latach 2022-2023:

1. Giełczyk A, Marciniak A, Tarczewska M, Lutowski Z. Pre-processing methods in chest X- rayimage classification. PLoS One. 2022 Apr 5;17(4):e0265949. doi: 10.1371/journal.pone.0265949. PMID: 35381050; PMCID: PMC8982897.
2. Giełczyk A, Marciniak A, Tarczewska M, Kloska SM, Harmoza A, Serafin Z, Woźniak M. A Novel Lightweight Approach to COVID-19 Diagnostics Based on Chest X-ray Images. J Clin Med. 2022 Sep 20;11(19):5501. doi: 10.3390/jem11195501. PMID: 36233368; PMCID: PMC9571927.
3. Kloska A, Tarczewska M, Giełczyk A, Kloska SM, Michalski A, Serafin Z, Woźniak M. Influence of augmentation on the performance of the double ResNet-based model for chest X- ray classification. Pol J Radiol. 2023 May 12;88:e244-e250. doi: 10.5114/pjr.2023.126717. PMID: 37346422; PMCID: PMC10280365.

Cykl prac jest zwartą całością dotyczącą jednej metody diagnostycznej i techniki oceny co jednoznacznie spełnia kryterium pracy doktorskiej. We wszystkich artykułach Doktorant jest pierwszym i/lub drugim Autorem. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest oparta o spójny tematycznie cykl 3 publikacji, w recenzowanych



czasopismach, o łącznym współczynniku Impact Factor 9,046 i łącznej punktacji Ministerstwa Edukacji i Nauki 310 punktów.

Zwraca uwagę konkretność i zwięzłość wytyczonych celów, są one jednocześnie bardzo ważne pod względem dalszego postępowania diagnostycznego i są podstawą do zwięzłego podsumowania.

Przedstawiona do oceny praca liczy 94 strony, jest podzielona na 10 rozdziałów.

Głównym celem pracy doktorskiej była ocena przydatności zastosowania modeli sztucznej inteligencji w diagnostyce i różnicowaniu COVID-19 na podstawie badania RTG klatki piersiowej.

Realizacja założeń została przeprowadzona poprzez następujące cele szczegółowe:

1. Badanie wpływu metod ulepszania na wydajność klasyfikacji zastosowanych modeli AI.
2. Ocena wpływu wstępnego przetwarzania obrazów rentgenowskich klatki piersiowej na zdolności klasyfikacyjne modeli.
3. Przedstawienie ekstrakcji uzyskanych z obrazów rentgenowskich klatki piersiowej za pomocą sieci neuronalnych, a następnie porównanie zdolności klasyfikacji metod opartych na metodach (XGBoost i LightGBM).
4. Określenie i omówienie kwestii etycznych związanych z wykorzystaniem AI w diagnostyce obrazowania klinicznego.

We wstępie Autorka, w którym wyczerpująco omówiła tematykę sieci neuronowych, w tym ich typy, z podkreśleniem zalet i niedogodności poszczególnych rozwiązań, parametry skuteczności, jak też kwestie etyczne wykorzystania w medycynie.

W rozdziale 2 zostały przedstawione przez Autorkę zwięzłe i merytorycznie cele pracy rozwinięte w przedstawionych pracach.

W przedstawionych pracach zwracają uwagę liczne tabele i ryciny, które poza nienaganną stroną techniczną, w całości odzwierciedlają omawiane tematy i w jednoznaczny sposób ilustrują omawiane zagadnienia.



W pierwszej pracy (Giełczyk A, Marciniak A, Tarczewska M, Lutowski Z. Pre-processing methods in chest X-ray image classification. PLoS One. 2022) Autorzy analizowali wpływ wstępnego przetwarzania obrazów rtg klatki piersiowej na skuteczność klasyfikacji tych obrazów przez sieć neuronową do jednej z trzech klas: obraz normalny, COVID-19, zapalenie płuc.

W badaniu przeanalizowano 6939 przypadków, po 2313 obrazów dla każdej z powyższych klas, przy czym, zgodnie z opisem źródłowym zasobu, przypadki z zapaleniem płuc obejmowała zarówno przypadki o etiologii bakteryjnej, jak i wirusowej. Jako metody wstępnego przetwarzania obrazów testowano niezależnie oraz w kilku kombinacjach: normalizację histogramu, rozmycie gaussowskie, adaptacyjne maskowanie oraz bilateralny filtr odszumiający.

Autorzy wykazali, że wstępne przetwarzanie obrazów może podwyższyć skuteczność ich klasyfikacji przez sieć neuronową, przy czym najbardziej obiecującą techniką okazało się połączenie normalizacji histogramu, rozmycia gaussowskiego i adaptacyjnego maskowania, gdzie dla poszczególnych klas: obraz normalny, COVID-19, pneumonia, wartości F1-score wynosiły odpowiednio: 0,97, 0,96, 0,99.

Jest to bardzo istotny wniosek, prezentujący jeden ze sposobów dalszego zwiększenia skuteczności oceny obrazów medycznych przez sieci neuronowe.

Uzyskane przez Autorów wyniki wysokiej skuteczności wynikały prawdopodobnie z jednorodności grupy pacjentów z COVID-19. Natomiast w codziennej praktyce przy występowaniu różnych przyczyn zapalenia płuc skuteczność może być niższa.

W drugiej pracy (Giełczyk A, Marciniak A, Tarczewska M, Kłoska SM, Harmoza A, Serafin Z, Woźniak M. A Novel Lightweight Approach to COVID-19 Diagnostics Based on Chest X-ray Images. J Clin Med. 2022) Autorzy wykorzystali obrazy rtg klatki piersiowej 30 zdrowych osób i 30 pacjentów z COVID-19 potwierdzonym w teście PCR. Ze względu na małą liczebność zbioru, użyto techniki augmentacji - generowania sztucznych danych, co wpłynęło na zwiększenie liczby obrazów do dalszej analizy. 80% zestawu użyto do uczenia sieci, 10% do walidacji i 10% do testowania. Przy użyciu konwolucyjnej sieci neuronowej wykonano ekstrakcję cech oraz klasyfikację, jak też



tylko ekstrakcję cech, natomiast klasyfikację niezależnie przy pomocy XGBoost, Random Forest, LightGBM i CatBoost, z porównaniem wyników pomiędzy klasyfikatorami. Najwyższą skuteczność w różnicowaniu obrazów prawidłowych i obrazów pacjentów z COVID-19 uzyskano dla XGBoost i dla LightGBM, przy czym LightGBM był istotnie szybszy.

Według Autorów wybór właściwej architektury jest kluczową decyzją w optymalizacji skuteczności sieci neuronowych w analizie obrazów medycznych. Ponadto implementacja takich rozwiązań jest także możliwa bezpośrednio na stacji roboczej końcowego użytkownika, zamiast na dedykowanych serwerach.

Autorzy zwrócili uwagę na potencjalne błędy testów genetycznych PCR na SARS-CoV-2 lub nie podlegać w/w diagnostyce z powodu braku objawów choroby, a wstępna diagnostyka może opierać się o ocenę zdjęcia RTG klatki piersiowej, gdzie zastosowanie powyższych technik oceny również może być zastosowane.

W trzeciej pracy, gdzie doktorantka jest pierwszym Autorem (Kłoska A, Tarczewska M, Giełczyk A, Kłoska SM, Michalski A, Serafin Z, Woźniak M. Influence of augmentation on the performance of the double ResNet-based model for chest X-ray classification. Pol J Radiol. 2023) oceniono wpływ zastosowania różnych technik augmentacji danych na skuteczność klasyfikacji przez sieć neuronową obrazów rtg klatki piersiowej osób zdrowych i pacjentów z COVID-19 z zastosowaniem przy pomocy wstępnie wyszkolonej konwolucyjnej sieci neuronowej ResNet18.

Autorzy wykazali w ten sposób, że technika augmentacji danych, w szczególności łącząca różne metody, może istotnie podwyższyć skuteczność klasyfikacji przez sieć neuronową, co jest zwłaszcza istotne dla małych zbiorów danych. Ponadto zastosowanie maskowania dodatkowo podwyższa skuteczność metody. Jest to kolejny, bardzo ważny wniosek Autorów, który może pomóc w zwiększeniu skuteczności klasyfikacji obrazów medycznych przez sieci neuronowe.

Uważam, że liczba chorych oraz przeanalizowanych zmian jest reprezentatywna i przydatna do założonego opracowania badawczo-statystycznego we wszystkich pracach.



Metodyka badań została szeroko przedstawiona wraz z załączeniem obecnie obowiązujących standardów do kwalifikacji do oceny w AI.

Analiza statystyczna została przeprowadzona zgodnie z obowiązującymi zasadami publikacji naukowych z dokładnym omówieniem poszczególnych parametrów statystycznych i ich przydatnością w wykonanej analizie. Poszczególne analizy zostały w wielu przypadkach zobrazowane dobrej jakości rycinami. Praca zawiera listę bibliografii w liczbie 83, głównie z ostatnich lat.

Prace kończą wnioski adekwatne do założonych celów pracy.

Czytając pracę nie dostrzegłam, poza drobnymi błędami natury edytorskiej, błędów merytorycznych.

Z obowiązku recenzenta pragnę przekazać Autorowi pytanie, które mogą być pomocne w dalszych etapach przewodu doktorskiego:

1. Czy w pracach nad sztuczną inteligencją i jej wykorzystaniem w diagnostyce obrazowej widzi Pani miejsce dla Radiologów? Czy w swojej pracy lekarz, który może niedługo korzystać z technik AI będzie przez nią zastąpiony?
2. Jaki może być rzeczywisty wpływ obecnie szeroko omawianych problemów etycznych i prawnych na rozwój sztucznej inteligencji w medycynie?

Uważam przedstawiona do recenzji pracę doktorską za znaczącą i wartą szczegółowego zapoznania się z jej treścią przez radiologów, fizyków, inżynierów pracujących nad sztuczna inteligencją. Mam nadzieję, że Autorka będzie kontynuował badania nad prezentowanym zagadnieniem.

Reasumując, uważam że rozprawa doktorska mgr Anny Kloski świadczy o dużej wiedzy Autorki w zakresie podjętego problemu i spełnia wszystkie wymogi stawiane do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk medycznych oraz rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. Art. 187 ust. 1-4 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. 2018 poz. 1668). Mam zaszczyt zwrócić się do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie lek. Anny Kloski do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Uważam, że praca doktorska jest modelowym przykładem prowadzenia badań naukowych na tym etapie rozwoju doktoranta i zasługuje na wyróżnienie.

Z poważaniem

A handwritten signature in black ink, reading "Katarzyna Karmelita-Katulska". The signature is written in a cursive, flowing style.

Prof. dr hab. n. med. Katarzyna Karmelita-Katulska