

Prof. dr hab. inż. Robert Burduk
Politechnika Wrocławska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, dnia 02.09.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Adriana Michalskiego
zatytułowanej: „**Ocena przydatności metod uczenia maszynowego
w systemach wspierających decyzje diagnostyczne**”

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Adriana Michalskiego została sporządzona w związku z powołaniem przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Medyczne Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, piszącego niniejszą recenzję, jako recenzenta rozprawy doktorskiej mgr. Adriana Michalskiego pismem z dnia 4 lipca 2024 r.

Kryteria oceny dysertacji wynikają z przepisów zawartych w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478). Rozprawę doktorską mgr. Adriana Michalskiego stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, który spełnia wymagania zawarte w art. 187 punkt 3 oraz punkt 4 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478).

Problem badawczy i jego znaczenie

Zakres recenzowanej rozprawy dotyczy szerokiej i dynamicznie rozwijającej się problematyki wykorzystania metod sztucznej inteligencji w systemach wspomagających diagnostykę medyczną. W szczególności Doktorant koncentruje się na zagadnieniu dotyczących wspomagania diagnostyki choroby rzadkiej (choroba Andersona-Fabry'ego). Opracowany system informatyczny dedykowany do analizy przesiewowej wspomnianej choroby wykorzystuje metody przetwarzania języka naturalnego niezbędne do przetwarzania

Prodzikan
Wydziału Lekarskiego
ds. Nauki

historycznych danych medycznych oraz zawiera autorski algorytm oceny punktowej pacjentów
Inny wątek badawczy przedstawiony w dysertacji dotyczy wykorzystania głębokich sieci neuronowych wraz z modułem do wyjaśniania działania metod sztucznej inteligencji w klasyfikacji zdjęć mikroskopowych leukocytów.

Tematyka podjęta przez mgr. Adriana Michalskiego jest interesująca, w pełni uzasadniona oraz odpowiada na wyzwania współczesnej medycyny, w szczególności w zakresie wykorzystania w systemach diagnostyki medycznej metod związanych z uczeniem maszynowym. Należy również zaznaczyć, że jedna z publikacji naukowych, która jest podstawą o ubieganie się mgr. Adriana Michalskiego o stopień doktora jest już zauważona przez światowe środowisko naukowe, czego dowodem jest osiem (na dzień sporządzenia niniejszej recenzji) cytowań w bazie Scholar (bez autocytowań) oraz cztery cytowania w bazie WoS, również bez autocytowań.

Struktura pracy oraz wiedza Autora

Rozprawę doktorską mgr Adriana Michalskiego stanowi zbiór dwóch opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych:

1. Michalski, A., Duraj, K., & Kupcewicz, B. (2023). Leukocyte deep learning classification assessment using Shapley additive explanations algorithm. *International Journal of Laboratory Hematology*, 45(3), 297-302.
IF'23 = 2,2 MNiSW = 70
2. Michalski, A., Lis, K., Stankiewicz, J., Kloska, S. M., Sycz, A., Dudziński, M., ... & Basak, G. W. (2023). Supporting the diagnosis of Fabry disease using a natural language processing-based approach. *Journal of Clinical Medicine*, 12(10), 3599.
IF'23 = 3,0 MNiSW = 140 cytowania: Scholar = 8, WoS=4

Wymienione artykuły naukowe przypisane są do dyscyplin: nauki medyczne oraz nauki o zdrowiu zgodnie z załącznikiem do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 5 stycznia 2024 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

Zbiór omawianych publikacji opatrzony jest opracowaniem, które składa się z: listy stosowanych skrótów, wstępu, zdefiniowanych celów badawczych, streszczenia prac wchodzących w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, kopii artykułów naukowych będących podstawą o ubieganie się Autora dysertacji o nadanie stopnia doktora,

wniosków końcowych, bibliografii odnoszącej się do treści przedstawionej we wstępie, kopii oświadczeń współautorów dotyczących wkładu do każdej publikacji wchodzącej w skład cyklu powiązanych publikacji, opinii wydanej przez Komisję Bioetyczną, życiorysu zawodowego mgr. Adriana Michalskiego, literatury, streszczenia w języku polskim oraz angielskim.

Rozdział *Wstęp* zawiera wprowadzenie do problematyki uczenia maszynowego oraz przedstawia charakterystykę systemów informatycznych służących wspomaganie decyzji diagnostycznych ze szczególnym uwzględnieniem diagnostyki w chorobach rzadkich. Jedną z takich chorób jest choroba Andersona-Fabry'ego, której został poświęcony punkt 3.8.1 recenzowanej rozprawy. Omawiany rozdział zawiera niezbędny opis zagadnień związanych z tematyką publikacji naukowych wchodzących w skład cyklu powiązanych artykułów, do których należą w szczególności: uczenie głębokie, diagnostyka obrazowa, modele językowe wykorzystywane w systemach wsparcia decyzji klinicznych czy też narzędzia ułatwiające zrozumienie działania metod uczenia maszynowego, które wpisują się w nurt badań naukowych dotyczący wyjaśnialnej sztucznej inteligencji.

W rozdziale nr 4 zostały przedstawione cele badawcze, które zostały zrealizowane, a ich wyniki zostały przedstawione na łamach periodyków naukowych wchodzących w skład zbioru powiązanych tematycznie publikacji [1, 2]. Osiągnięte cele badawcze dotyczą:

- 1) badań eksperymentalnych określających przydatność głębokich sieci neuronowych oraz modułu do wyjaśniania działania sztucznej inteligencji w klasyfikacji zdjęć mikroskopowych leukocytów [1],
- 2) opracowania systemu wspomagającego diagnostykę choroby Andersona-Fabry'ego wykorzystującego metody przetwarzania języka naturalnego do analizy dokumentacji medycznej wraz z autorskim algorytmem oceny punktowej do klasyfikacji pacjentów [2].

Zamieszczone oświadczenia współautorów publikacji naukowych wchodzących w skład zbioru powiązanych tematycznie artykułów naukowych pozwalają stwierdzić, iż wkład mgr. Adriana Michalskiego w ich przygotowanie jest znaczący i obejmuje najważniejsze aspekty merytoryczne oraz badawcze niezbędne w procesie tworzenia publikacji naukowej. Dodatkowo stosowny opis wykonanych prac badawczych, które wykonał mgr. Adrian Michalski znajduje się w sekcji *Author Contributions* każdej z publikacji.

Spis literatury liczy 82 pozycje. Cytowane prace dobrane są prawidłowo, są aktualne i odnoszą się do omawianych w pracy problemów.

Pod względem redakcyjnym praca napisana jest poprawnie. W dysertacji znajdują się drobne błędy redakcyjne oraz literówki (np. pierwsze zdanie na str. 34 nie zawiera początkowych wyrazów, str. 39 – słowo „gruby” zamiast słowa „grupy”).

Wkład Autora — oryginalne osiągnięcia

Oryginalne osiągnięcia mgr Adriana Michalskiego przedstawione w dysertacji dotyczą opracowania koncepcji dwóch różnych systemów wspomagania decyzji diagnostycznych oraz wykonaniu badań eksperymentalnych niezbędnych do określenia skuteczności procesu klasyfikacji będącego integralną częścią opracowanych systemów wspomagania decyzji diagnostycznych. W szczególności oryginalne osiągnięcia Doktoranta dysertacji dotyczą:

1. Wykonanie eksperymentów komputerowych mających na celu weryfikację celu badawczego dotyczącego wdrożenia prototypu systemu wspierania decyzji diagnostycznej dotyczącej choroby Andersona-Fabry’ego. Zaproponowany system wspomagania decyzji wykorzystuje przetwarzanie języka naturalnego w celu analizy treści historycznej dokumentacji medycznej oraz algorytm oceny punktowej cech klinicznych pacjentów. W przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych uwzględniono grupę kontrolną liczącą 19372 pacjentów oraz grupę badawczą, którą stanowiło 13 pacjentów. Wyniki badań eksperymentalnych dotyczących niniejszego wątku badawczego ukazały się w artykule [2].
2. Wykonanie eksperymentów komputerowych mających na celu weryfikację celu badawczego dotyczącego zastosowania biblioteki SHAP (*SHapley Additive exPlanations*) do wyjaśnienia procesu klasyfikacji obrazów leukocytów. W badaniach eksperymentalnych wykorzystano dwie architektury splotowych sieci neuronowych VGG16, VGG19 oraz publicznie dostępny zbiór danych (*A dataset for microscopic peripheral blood cell images for development of automatic recognition systems*) zawierający 17092 zdjęć komórek krwi.
3. Wykonanie analizy porównawczej uzyskanych wyników klasyfikacji zdjęć mikroskopowych leukocytów oraz klasyfikacji pacjentów do grupy zdrowy lub chory (dla choroby Andersona-Fabry’ego) z wykorzystaniem odpowiednich miar oceny jakości klasyfikacji.

Wymienione osiągnięcia świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez mgr. Adriana Michalskiego oraz o oryginalnym rozwiązaniu problemu

naukowego jakim jest wykorzystanie metod uczenia maszynowego w systemach wspomagających diagnostykę medyczną.

Uwagi krytyczne i dyskusje

W artykule [1] wykorzystano dwie architektury spłotowych sieci neuronowych VGG16 oraz VGG19 używanych w klasyfikacji obrazów. Zasadnicza różnica między tymi architektami dotyczy liczby warstw spłotowych sieci, która wynosi odpowiednio 16 i 19. W dysertacji oraz artykule [1] brakuje szerszego uzasadnienia wyboru do zadania klasyfikacji obrazów leukocytów wymienionych architektur sieci spłotowych, jest tylko wzmianka o ich wysokiej skuteczności w zadaniach klasyfikacji obrazów. Rozdział dysertacji *Uczenie Głębokie* mógłby zawierać analizę porównawczą z innymi architektuрами np. z ResNet.

Wartości metryk jakości klasyfikacji przedstawiono w artykule [1] dla zbioru walidacyjnego, który używany jest między innymi w procesie dostrajania hiperparametrów. W badaniach eksperymentalnych opisanych w artykule [1] dokonano podziału zbioru uczącego na część uczącą oraz walidacyjną, bez podziału na część wykorzystywaną do testowania modelu uczenia maszynowego. Taki rodzaj podziału zbioru danych jest dopuszczalny, ale powinien zostać uzasadniony w kontekście konkretnego problemu klasyfikacji.

W artykule [2] do oceny skuteczności zaproponowanego algorytmu klasyfikującego pacjentów z przyjętym progiem odcięcia (≥ 4) wykorzystano miary oceny klasyfikacji takie jak: precyzja, czułość, miara F1 czy też AUC, która jest wartością pola pod krzywą ROC. Analiza z wykorzystaniem nie tylko pola pod krzywą ROC, ale całej krzywej ROC umożliwiła by szerszą analizę otrzymanych wyników, w szczególności analizę wyboru wartości punktu odcięcia.

W artykule [2] zastosowano w ograniczonym zakresie testy statystyczne do porównania grupy kontrolnej oraz badawczej pacjentów. Wykorzystany test Manna-Whitneya porównuje jedynie średnie rangi – nie porównuje median oraz rozkładów badanych grup.

Podsumowanie

Reasumując stwierdzam, iż mgr Adrian Michalski posiada ogólną wiedzę z zakresu choroby Andersona-Fabry'ego, klasyfikacji leukocytów oraz systemów wspomagających diagnostykę medyczną. Wymienione zagadnienia mieszczą się w zakresie dyscyplin: nauki

medyczne oraz nauki o zdrowiu. Dodatkowo mgr Adrian Michalski posiada ogólną wiedzę teoretyczną dotyczącą metod uczenia maszynowego, które mieszczą się w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, co świadczy o interdyscyplinarności wiedzy Doktoranta. Lektura dysertacji pozwala stwierdzić, że Autor zaprezentowała na jej łamach umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, której efekty zostały opublikowane jako zbiór powiązanych tematycznie artykułów naukowych przypisanych zgodnie z załącznikiem do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 5 stycznia 2024 r. do dyscypliny nauki medyczne.

Wobec powyższego, recenzowana praca spełnia wymagania zdefiniowane przez artykuł 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478). Konkludując, wnoszę o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie mgr. Adriana Michalskiego do publicznej obrony.

