

Recenzja rozprawy doktorskiej

Anna Lisowska

zatytułowanej:

*Leveraging artificial intelligence in the area of connectomics
for automated early diagnosis of Alzheimer's disease.*

1. Problem badawczy i jego znaczenie

1. Jaki jest najważniejszy problem rozważany w rozprawie?

Najważniejszym problemem rozważanym w rozprawie jest wczesna diagnoza choroby Alzheimera (AD), przy użyciu nowoczesnych metod sztucznej inteligencji, w szczególności z zastosowaniem Morfologicznej Sieci Mózgu i struktury Brain Multiplex, które analizują subtelne zmiany morfologiczne w mózgu. Celem jest stworzenie narzędzia diagnostycznego, które może być skutecznie i realistycznie wykorzystywane w praktyce klinicznej.

2. Czy ma on charakter naukowy?

Tak, problem ma zdecydowanie charakter naukowy. Rozprawa koncentruje się na opracowaniu nowatorskich metod analizy danych neuroobrazowych, rozwijaniu algorytmów uczenia maszynowego dla wczesnego rozpoznawania choroby Alzheimera, co wpisuje się bezpośrednio w obszary badań naukowych z zakresu medycyny, neurobiologii i sztucznej inteligencji.

3. Czy ma on znaczenie praktyczne?

Tak, ma bardzo duże znaczenie praktyczne. Opracowane metody mają na celu poprawę realnej praktyki klinicznej – umożliwiają wcześniejsze wykrycie choroby Alzheimera, co może prowadzić do szybszego wdrożenia terapii i lepszego zarządzania chorobą. Wczesna diagnoza jest kluczowa dla spowolnienia postępu choroby i poprawy jakości życia pacjentów.

2. Wkład autora

Najważniejszy wkład autora opisany w rozprawie: Najważniejszym wkładem doktorantki jest opracowanie nowatorskiego podejścia do wczesnej diagnozy choroby Alzheimera

poprzez: (1) wprowadzenie koncepcji Morfologicznej Sieci Mózgu, która rejestruje subtelne zmiany strukturalne w mózgu na podstawie analizy danych morfologicznych, (2) zaprojektowanie struktury Brain Multiplex, integrującej wiele morfologicznych perspektyw mózgu w jeden spójny model diagnostyczny, (3) zastosowanie zaawansowanych metod fuzji cech i modeli uczenia zespołowego w celu poprawy dokładności diagnostycznej na ograniczonych i złożonych danych klinicznych.

Wkład deklarowany przez autorkę: Zgadzam się z deklarowanym przez doktorantkę zakresem jej wkładu. Zaprezentowane rozwiązania są oryginalne, poprawne pod względem naukowym i odpowiadają na realne potrzeby praktyki klinicznej. W literaturze wcześniej pojawiały się prace dotyczące funkcjonalnych lub metabolicznych konnektomów, jednak specyficzne podejście morfologiczne oraz wielowarstwowa integracja (multiplex) w kontekście wczesnej diagnozy Alzheimerera są nowatorskie i nie były dotąd szeroko eksplorowane.

Praktyczność zaproponowanych rozwiązań: Problem, którym zajmuje się rozprawa, jest wyjątkowo praktyczny – wczesna diagnoza chorób neurodegeneracyjnych, w szczególności Alzheimerera, ma ogromne znaczenie dla zdrowia publicznego. Zaproponowane rozwiązanie jest również praktyczne, gdyż: bazuje na danych MRI, które są stosunkowo szeroko dostępne w środowisku klinicznym, eliminuje konieczność stosowania drogich lub inwazyjnych procedur, oferuje wyniki diagnostyczne zrozumiałe dla lekarzy (wskazanie istotnych biomarkerów morfologicznych).

Jednocześnie zauważam, że pełne wdrożenie kliniczne będzie wymagało dalszych badań na bardziej zróżnicowanych populacjach oraz walidacji w warunkach rzeczywistych.

Publikacje współautorskie doktorantki (7 pozycji) obejmują prace w uznanych czasopismach i konferencjach naukowych, co świadczy o wysokim poziomie prowadzonych badań. Łączna liczba pozycji w bibliografii (192) wskazuje na bardzo dobre rozeznanie doktorantki w literaturze przedmiotu. Obecne publikacje i zaproponowane rozwiązania dają solidną podstawę do dalszych badań, możliwych wdrożeń oraz potencjalnych przyszłych cytowań.

3. Poprawność

Stwierdzenia zawarte w rozprawie są wiarygodne i zostały odpowiednio poparte zarówno przeglądem literatury, jak i wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych (rozdział

4-5). Argumentacja prowadzona przez autorkę jest spójna, logiczna i oparta na aktualnym stanie wiedzy. Przyjęte hipotezy oraz proponowane rozwiązania są jasno uzasadnione, a sposób ich weryfikacji wskazuje na wysoką świadomość metodologiczną doktorantki.

Wskazane słabości i zauważone błędy:

1. Ograniczona wielkość i heterogeniczność zbioru danych użytego do walidacji modelu. Chociaż autorka słusznie zwraca na to uwagę, należy podkreślić, że dalsza weryfikacja na bardziej zróżnicowanych populacjach byłaby konieczna dla potwierdzenia pełnej uogólnialności wyników.
2. Ograniczona liczba bezpośrednich porównań z alternatywnymi metodami diagnostycznymi. Choć w pracy przedstawiono przewagę proponowanego rozwiązania nad wybranymi istniejącymi metodami, pełniejsza analiza konkurencyjnych podejść mogłaby wzmocnić wartość dowodową wyników.
3. Praca w wielu miejscach wymaga poprawy i uzupełnienia. Brakuje odnośników i referencji, niektóre wzory są niepotrzebnie tłumaczone (str. 43), brak spacji po fig.X, o ile w nawiasach jest poprawnie (fig.) poza powinno być Figure.

Brak jednoznacznego podkreślenia tezy rozprawy, Recenzent uznał stwierdzenia na początku rozprawy za tezy pracy.

Wskazane słabości nie podważają jednak zasadniczej wartości merytorycznej rozprawy, a autorka wykazała świadomość istniejących ograniczeń i przedstawiła kierunki przyszłych badań.

Najbardziej wartościowe aspekty dotyczące poprawności i jakości rozprawy:

- Opracowanie koncepcji Morfologicznej Sieci Mózgu oraz struktury Brain Multiplex świadczy o wysokim poziomie innowacyjności i głębokim rozumieniu analizowanych problemów.
- Selekcja danych, procedury przetwarzania oraz walidacji modeli zostały zaplanowane w sposób przemyślany i odpowiadają wysokim standardom badań naukowych.

- Wykorzystanie zaawansowanych technik fuzji cech (CCA, LDA) oraz zespołowych modeli uczenia maszynowego zostało właściwie dobrane.

- Opracowane rozwiązania zostały zaimplementowane w formie prototypowego systemu co świadczy o umiejętności przełożenia wiedzy teoretycznej na praktyczne zastosowania.

Towarzystwo

W oparciu o przedstawione analizy i ocenę jakości rozprawy, stwierdzam, że zarówno proponowane rozwiązania, jak i sposób ich weryfikacji spełniają wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Wiedza kandydata

W rozprawie szczegółowo omówiono aktualny stan wiedzy zarówno z obszaru Informatyki Technicznej i Telekomunikacji, jak i Inżynierii Biomedycznej. Praca ma charakter interdyscyplinarny i wymagała od doktorantki szerokiej wiedzy obejmującej analizę danych, uczenie maszynowe, głębokie uczenie, statystykę, a także zagadnienia związane z funkcjonowaniem mózgu, obrazowaniem medycznym oraz wczesnym diagnozowaniem choroby Alzheimera. Na podstawie przedstawionych w rozprawie informacji w rozdziałach 2: Machine Learning in Healthcare, 3: The problem of brain disease diagnosis oraz częściowo 4: Machine Learning Pipeline, można jednoznacznie stwierdzić, że doktorantka osiągnęła wymagany poziom wiedzy w zakresie Informatyki Technicznej. Co więcej, zaproponowane rozwiązania, przeprowadzone implementacje oraz wyniki testów w pełni to potwierdzają.

W omawianych rozdziałach szczegółowo przedstawiono następujące obszary z dyscypliny Informatyki Technicznej i Telekomunikacji: Uczenie maszynowe i głębokie uczenie – omówienie teorii oraz implementacja algorytmów uczenia nadzorowanego i nienadzorowanego w kontekście analizy danych medycznych; zastosowanie modeli zespołowych do poprawy dokładności klasyfikacji. Fuzja cech i techniki redukcji wymiarowości – zastosowanie metod takich jak kanoniczna analiza korelacyjna (CCA) oraz analiza dyskryminacyjna (LDA) w celu integracji informacji pochodzących z różnych źródeł danych morfologicznych. Analiza i przetwarzanie danych medycznych – budowa Morfologicznej Sieci Mózgu i struktury Brain Multiplex na podstawie skanów MRI, segmentacja obrazu i analiza cech morfologicznych. Projektowanie i walidacja algorytmów diagnostycznych – rozwój i testowanie algorytmu diagnostycznego umożliwiającego wczesne

wykrycie choroby Alzheimera na podstawie danych o wysokiej złożoności i ograniczonej liczebności. Przetwarzanie sygnałów i obrazów – przygotowanie danych obrazowych do analizy, w tym ekstrakcja cech strukturalnych i analiza podobieństwa morfologicznego między regionami mózgu. Tworzenie modeli konnektomiki mózgu – nowatorskie podejście do modelowania sieci połączeń strukturalnych w mózgu na podstawie danych morfologicznych, z zastosowaniem metod grafowych i wielowarstwowych (multiplex). Ocena jakości modeli predykcyjnych – wykorzystanie wskaźników takich jak dokładność, czułość, specyficzność oraz analiza stabilności wyników na różnych podzbiorach danych. Przeprowadzone badania oraz opracowane metody jednoznacznie potwierdzają wysoki poziom kompetencji doktorantki w zakresie Informatyki Technicznej i Telekomunikacji oraz jej zdolność do tworzenia innowacyjnych rozwiązań na styku informatyki i medycyny.

Rozdziały prezentują odpowiedni poziom merytoryczny, a doktorantka wykazała się wystarczającą znajomością zarówno zagadnień informatyki technicznej i telekomunikacji, jak i inżynierii biomedycznej. Tematy zostały opracowane szczegółowo i rzetelnie, z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć naukowych w omawianych dziedzinach. Przedstawiona analiza oraz proponowane rozwiązania są zgodne z aktualnym stanem wiedzy.

W odniesieniu do bibliografii: bibliografia jest kompletna, aktualna i adekwatna do tematu rozprawy. Obejmuje zarówno podstawowe, jak i najnowsze pozycje literaturowe, w tym publikacje z renomowanych czasopism oraz kluczowe prace książkowe. Świadczy to o gruntownym rozeznaniu doktorantki w literaturze przedmiotu oraz o umiejętności właściwego doboru źródeł naukowych. Bibliografia jest skonstruowana poprawnie, jednorodna, zawiera odniesienia także do cytowanych stron. Bibliografia została podzielona na dwie części:

- Publikacje współautorskie doktorantki – obejmuje 7 pozycji,
- Pozostałe publikacje – łącznie cała bibliografia liczy 192 pozycje.

Taki podział jest przejrzysty i podkreśla wkład doktorantki w rozwój badań naukowych związanych z tematyką rozprawy.

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późniejszymi zmianami)¹ moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego? (wybierz jedną opcję stawiając znak X)

☒	☐	☐	☐	☐
<i>Zdecydowanie TAK</i>	<i>Raczej TAK</i>	<i>Trudno powiedzieć</i>	<i>Raczej NIE</i>	<i>Zdecydowanie NIE</i>

B. Czy po przeczytaniu rozprawy zgadzasz się, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja?

☒	☐	☐	☐	☐
<i>Zdecydowanie TAK</i>	<i>Raczej TAK</i>	<i>Trudno powiedzieć</i>	<i>Raczej NIE</i>	<i>Zdecydowanie NIE</i>

C. Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

☒	☐	☐	☐	☐
<i>Zdecydowanie TAK</i>	<i>Raczej TAK</i>	<i>Trudno powiedzieć</i>	<i>Raczej NIE</i>	<i>Zdecydowanie NIE</i>



Podpis

¹ <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190000276>