

prof. UAM. dr hab. Krzysztof Dyczkowski
Zakład Sztucznej inteligencji
Wydział Matematyki i Informatyki
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Poznań, 28 maja 2025r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Olgi Kamińskiej**
„Computational intelligence methods for uncertain medical and sensor data”

Promotor rozprawy: dr hab. Katarzyna Kaczmarek-Majer

1. CEL I TEMATYKA PRACY DOKTORSKIEJ

Rozprawa doktorska podejmuje istotny zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia problem monitorowania zmian nastroju u pacjentów z chorobą afektywną dwubiegunową (BD). Badania koncentrują się na wykorzystaniu danych akustycznych oraz wyników ankiet psychiatrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem niepewności i niedokładności danych. Głównym celem pracy jest opracowanie, implementacja oraz kompleksowa weryfikacja nowych metod obliczeniowych, pozwalających na skuteczną klasyfikację stanów chorobowych oraz interpretację wyników z uwzględnieniem specyfiki klinicznej problemu.

W ramach badań sformułowano następujące hipotezy::

1. Zaproponowana metoda selekcji cech Uncertainty Aware Advanced Feature Selection skutecznie rozwiązuje problem niepewności wynikający z przypisywania etykiet psychiatrycznych w czasie, zapewniając wybór odpowiednich cech akustycznych dla poprawionej klasyfikacji stanów choroby afektywnej dwubiegunowej.
2. Zaproponowana metoda Explainable Compositional Multi-Layer Perceptron with Confidence Factor (XCMLPCF) umożliwia odpowiednie uwzględnienie niepewności

związanej z objawami afektywnymi. Proponowane dwuwarstwowe podejście wielowyjściowe pozwala zarówno na predykcję, jak i na wyjaśnianie cech wpływających na wynikowy stan i objawy, co jest szczególnie ważne w dziedzinie medycyny.

3. Zaproponowana metoda Semi-supervised Cluster Validation Agreement (SCVA) pozwala efektywnie określić stopień podobieństwa danych nieoznaczonych do danych oznaczonych, uwzględniając ich czasowy charakter w kontekście zbierania danych sensorycznych i psychiatrycznych.

Stwierdzam, że sformułowane cele pracy oraz hipotezy badawcze są odpowiednio sprecyzowane, trafnie odzwierciedlają zakres badań oraz w pełni pokrywają przedstawioną tematykę pracy doktorskiej.

2. OCENA FORMY I STRUKTURY

Praca liczy 106 stron tekstu zasadniczego, została napisana w języku angielskim i składa się z ośmiu rozdziałów, w tym wstępu oraz podsumowania.

Rozprawa składa się z rozdziału wstępnego, w którym szczegółowo opisano problem badawczy, sformułowano cel oraz postawiono trzy kluczowe tezy. W rozdziale pierwszym doktorantka jasno określiła cele badawcze, motywację oraz szczegółowo przedstawiła strukturę rozprawy. Rozdział drugi zawiera obszerny przegląd literatury przedmiotu, gdzie autorka analizuje i krytycznie ocenia istniejące metody inteligencji obliczeniowej stosowane w analizie danych medycznych i sensorycznych.

W kolejnym rozdziale autorka szczegółowo omawia proponowaną metodę „Uncertainty Aware Advanced Feature Selection” (UAAFS). Metoda ta integruje niepewność związaną z przypisaniem etykiet przez psychiatrów z procesem selekcji cech akustycznych, co zostało potwierdzone wynikami eksperymentalnymi.

Następnie zaprezentowano szczegóły metody „Explainable Compositional Multilayer Perceptron” (XCMLPCF), podkreślając jej innowacyjność i wyjaśnialność. Autorka dokładnie przedstawia konstrukcję, konfigurację oraz wyniki eksperymentów, które weryfikują skuteczność tej metody w praktyce klinicznej.

Kolejny rozdział dotyczy metody „Semi-supervised Cluster Validation Agreement” (SCVA), gdzie autorka omawia efektywność tej metody w walidacji danych oznakowanych i nieoznakowanych, uwzględniając ich czasowy aspekt. Przedstawiono szczegółową analizę wyników oraz możliwe ograniczenia zastosowania SCVA.

Końcowa część pracy obejmuje dokładne przedstawienie wyników eksperymentów, analizę statystyczną oraz interpretację rezultatów w kontekście postawionych tez. Rozprawa zamyka się jasno sformułowanymi wnioskami oraz sugestiami dalszych kierunków badań.

Szczególnie istotną częścią rozprawy jest opracowana metoda „Uncertainty Aware Advanced Feature Selection” (UAAFS), która w innowacyjny sposób integruje niepewność związaną z przypisaniem etykiet przez psychiatrów z procesem selekcji cech akustycznych. Autorka trafnie argumentuje, że uwzględnienie tej niepewności zwiększa dokładność klasyfikacji, co potwierdzają przedstawione wyniki eksperymentalne. Merytorycznie warto podkreślić, iż metoda ta w sposób skuteczny integruje zaawansowane techniki przetwarzania sygnałów z założeniami klinicznymi, co stanowi silny punkt rozprawy.

Zaproponowana metoda „Explainable Compositional Multilayer Perceptron” (XCMLPCF) zasługuje na wyróżnienie za to, że poza wysoką skutecznością klasyfikacyjną zapewnia przejrzystość procesu decyzyjnego. Wprowadzenie dwóch warstw wyjściowych – oceny stanu pacjenta oraz symptomów – jest trafnym i uzasadnionym podejściem, co zostało poparte solidnym dowodem empirycznym. Merytorycznie, metoda ta jest nie tylko innowacyjna, ale także starannie zweryfikowana na rzeczywistych danych klinicznych, co znacząco podnosi jej wartość aplikacyjną i wiarygodność naukową. Tym samym autorka z powodzeniem wpisuje się w aktualny nurt badań Explainable AI (XAI), co istotnie wzmacnia wartość aplikacyjną opracowanej metody.

Trzecia metoda „Semi-supervised Cluster Validation Agreement” (SCVA) stanowi również wartościowy wkład do dziedziny, umożliwiając efektywną walidację podobieństwa danych oznakowanych i nieoznakowanych, uwzględniając ich czasowy charakter. Chociaż wyniki eksperymentalne potwierdzają skuteczność SCVA, to krytycznie warto zauważyć, że autorka mogła bardziej szczegółowo omówić ograniczenia i potencjalne zagrożenia płynące z zastosowania tej metody w szerszej praktyce klinicznej. Merytoryczna analiza tego elementu pracy wykazała jednak, że mimo pewnych ograniczeń metoda ta efektywnie radzi sobie z rzeczywistymi problemami związanymi z monitorowaniem stanów pacjentów w praktyce klinicznej.

Metodyka badawcza została dobrze przemyślana i jasno przedstawiona. Autorka starannie opisała zarówno aspekt przygotowania danych, jak i konstrukcję oraz optymalizację modeli neuronowych, szczegółowo dokumentując eksperymenty, co świadczy o solidnym warsztacie naukowym. Szczególnie istotne jest merytoryczne podejście do walidacji opracowanych metod, które uwzględnia różnorodność scenariuszy klinicznych i zapewnia wiarygodność wyników.

Praca została napisana starannie, z logicznym układem treści. Formatowanie wzorów i definicji jest precyzyjne, przegląd literatury wyczerpujący, a bibliografia zawiera 91 pozycji, które właściwie cytowano w tekście. Zaprezentowana bibliografia jest obszerna i aktualna, dobrze oddając stan wiedzy w obszarze badań. Ilustracje i wykresy wspierają merytorycznie treść i są integralną częścią analizy wyników.

W pracy bardzo starannie zweryfikowano postawione tezy badawcze poprzez szczegółowe eksperymenty oraz analizy wyników. Teza pierwsza została potwierdzona dzięki

przeprowadzonym eksperymentom porównawczym, które jednoznacznie wykazały przewagę proponowanej metody selekcji cech nad klasycznymi podejściami, szczególnie w kontekście czasowej zmienności etykiet psychiatrycznych. Wyniki wykazały znaczącą poprawę jakości klasyfikacji stanów choroby afektywnej dwubiegunowej, co podkreślono w rozdziale piątym.

Teza druga została potwierdzona poprzez implementację metody XCMLPCF, a wyniki eksperymentalne wykazały jej skuteczność w analizie niepewności związanej z objawami afektywnymi. Szczególną uwagę zwrócono na zdolność tej metody do wyjaśniania, które cechy mają kluczowy wpływ na końcową diagnozę i objawy, co istotnie zwiększa wartość praktyczną proponowanego rozwiązania. Autorka szczegółowo przedstawiła w rozdziale szóstym, jak ta metoda może wspierać decyzje kliniczne poprzez interpretację wyników modeli.

Teza trzecia została udowodniona dzięki analizie semi-supervised SCVA, szczegółowo opisanej w rozdziale piątym i szóstym. Metoda ta umożliwiła precyzyjną ocenę podobieństwa danych nieoznaczonych do oznaczonych, z uwzględnieniem ich czasowej specyfiki, co efektywnie wspomogło proces walidacji modeli w praktycznych zastosowaniach danych sensorycznych oraz psychiatrycznych. Rezultaty eksperymentów potwierdziły skuteczność i przydatność tej metody w kontekście walidacji modeli obliczeniowych.

3. UWAGI I WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawiona praca stanowi istotny wkład w dziedzinę informatyki, zwłaszcza w obszarze zaawansowanych metod uczenia maszynowego umożliwiających efektywną analizę i klasyfikację niepewnych danych medycznych oraz danych sensorycznych. Zaproponowane w rozprawie metody, uwzględniające niepewność etykietowania oraz wyjaśnialność podejmowanych decyzji klasyfikacyjnych, mają duży potencjał aplikacyjny, szczególnie w kontekście diagnostyki i monitorowania zaburzeń afektywnych, takich jak choroba dwubiegunowa. W efekcie przedstawione podejścia są wartościowe nie tylko naukowo, lecz także mogą przyczynić się do znaczącej poprawy praktyki klinicznej.

Pomimo wielu zalet oraz innowacyjnego podejścia, w pracy zauważono kilka obszarów wymagających dodatkowej uwagi lub rozwinięcia. Poniżej przedstawiam zestaw uwag oraz sugestii, które mają na celu dalsze udoskonalenie rozprawy, zwiększenie jej klarowności oraz podkreślenie wartości naukowej i praktycznej prowadzonych badań.

1. W algorytmie 1 (str. 46) w kroku 9 wykonywane jest uczenie modelu (XGBoost) z użyciem wag określających niepewność etykiet. Czy przy wyborze cechy do usunięcia uwzględniana jest również bezpośrednio miara jakości klasyfikacji tego modelu (np. dokładność, F1-score, AUC)? W obecnej postaci algorytmu cecha usuwana jest wyłącznie na podstawie najniższej istotności wyznaczonej przez XGBoost. Czy nie należałoby dodatkowo monitorować zmian jakości klasyfikacji po każdej iteracji eliminacji cech? Czy potencjalny spadek jakości klasyfikacji po usunięciu danej cechy

nie powinien być czynnikiem decydującym o tym, czy cecha powinna być faktycznie usunięta, co mogłoby mieć istotny wpływ na ostateczny przebieg całego algorytmu oraz wyniki końcowe?

2. W sekcji dotyczącej konfiguracji sieci neuronowych (Rozdział 5), szczegóły dotyczące liczby warstw oraz liczby neuronów są jasno przedstawione, jednak brakuje uzasadnienia wyboru konkretnych parametrów (np. dlaczego wybrano taką liczbę warstw, jak dobrano parametry regularyzacji i dropout). Dodanie takich informacji poprawiłoby jakość metodologiczną rozprawy.
3. W części dotyczącej metody Semi-supervised Cluster Validation Agreement (SCVA) (Rozdział 6.3), warto byłoby bardziej szczegółowo uzasadnić wybór parametrów (np. topologia sieci SOM). Opisane topologie (1x2, 1x3, 1x4, 2x2) są klarowne, jednak brakuje wyjaśnienia, dlaczego akurat te topologie zostały uznane za odpowiednie do tego typu analizy.
4. Podsumowanie wyników powinno być bardziej syntetyczne, jasno podkreślające kluczowe osiągnięcia każdej metody, bez powtarzania szczegółowych informacji opisanych wcześniej.
5. Wykresy SHAP na stronach 92-93 mogłoby być bardziej wyraźna. Wykresy i heatmapy wyników SCVA (strony 95-98) są czytelne, lecz mogłyby zawierać wyraźniejsze oznaczenia kluczowych wyników.
6. W pracy zauważalnych jest kilka drobnych błędów stylistycznych i literówek, np. „Mulit-layer Perceptron” zamiast „Multi-layer Perceptron” na stronie 7 (lista skrótów).
7. Wnioski końcowe (Rozdział 8) są trafne, ale brakuje bardziej szczegółowej dyskusji na temat ograniczeń metod oraz jasno sformułowanych rekomendacji dotyczących przyszłych badań.

Uwagi te nie wpływają jednak na moją bardzo wysoką ocenę pracy a jedynie stanowią sugestię co do dalszych możliwych kierunków badań.

W mojej opinii rozprawa doktorska zawiera bardzo szeroki, dobrze opracowany materiał badawczy i stwierdzam, że jej ocena pod względem formalnym i merytorycznym jest bardzo pozytywna. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej oraz umiejętności praktycznych autorki w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja. Przygotowana rozprawa pokazuje również odpowiednie przygotowanie autorki do prowadzenia pracy naukowej.

Zauważyć należy również duży jak na doktoranta dorobek publikacyjny: 5 publikacji na uznanych konferencjach (tj. IPMU 2020, ACSIS 2022, XAI-Healthcare PM4H 2023) oraz bardzo dobrych czasopismach (tj. Information Sciences, Acta Psychiatrica Scandinavica, Sensors).

Stwierdzam, że spełnione zostały wymagania stawiane rozprawom doktorskim w tym wymagania określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Badań Systemowych PAN o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Olgi Kamińskiej do publicznej obrony i dalszego procedowania.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoki poziom recenzowanej rozprawy oraz dorobek naukowy doktorantki, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.

/prof. UAM. dr hab. Krzysztof Dyczkowski/