

dr hab. Jan Kozak, prof. UE  
Katedra Ucznia Maszynowego  
Wydział Informatyki i Komunikacji  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Katowice, 13 marca 2025

## **Recenzja rozprawy doktorskiej** **mgra inż. Łukasza Chmielowskiego**

Tytuł rozprawy: *Application of Multimodal Neural Networks in Solving Problem of Labeling Bug Reports*

Autor: mgr inż. Łukasz Chmielowski

Promotor: prof. dr hab. inż. Robert Burduk

Promotor pomocniczy: dr inż. Michał Kucharzak

Jednostka: Politechnika Wrocławska, Wydział Informatyki i Telekomunikacji,

### **1 Tematyka rozprawy**

Rozprawa doktorska mgra inż. Łukasza Chmielowskiego koncentruje się na problemie automatycznego przypisywania raportów o błędach w oprogramowaniu do odpowiednich zespołów badawczo-rozwojowych. W środowisku nowoczesnych, złożonych systemów telekomunikacyjnych i programistycznych efektywne zarządzanie błędami ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji procesu naprawczego, minimalizacji czasu odpowiedzi oraz poprawy jakości produktu końcowego.

Problem przypisywania raportów błędów jest istotny nie tylko ze względu na jego wpływ na czas reakcji organizacji, ale także ze względu na ogromną ilość zgłoszeń generowanych w trakcie eksploatacji oprogramowania. Błędna klasyfikacja lub nieefektywne

przypisywanie raportów do zespołów odpowiedzialnych za ich rozwiązanie może prowadzić do opóźnień, nieefektywnego wykorzystania zasobów ludzkich oraz zwiększenia kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa.

W tym kontekście praca doktorska jest dobrze osadzona w aktualnych trendach badawczych i rynkowych. Wykorzystanie multimodalnych sieci neuronowych do tego celu jest pomysłem innowacyjnym, łączącym analizę tekstową z informacjami systemowymi (np. logami systemowymi, metadanymi sprzętowymi). W literaturze przedmiotu dominują klasyczne podejścia oparte na przetwarzaniu języka naturalnego (NLP) oraz technikach klasyfikacji tekstu, a próby integracji dodatkowych modalności są wciąż stosunkowo rzadkie.

W swojej rozprawie Doktorant chciał wykazać, że *istnieje metoda automatycznego przypisywania raportu o błędzie oprogramowania do odpowiedniej grupy badawczo-rozwojowej, odpowiedzialnej za rozwiązanie błędu, która przewyższa dobrze znane metody przypisywania raportów o błędach*. W tym celu Doktorant podjął decyzję o:

- przeprowadzeniu przeglądu literatury w zakresie automatycznego przypisywania raportów błędów i zastosowania metod uczenia maszynowego do klasyfikacji danych tekstowych;
- opracowaniu metody łączącej klasyczne przetwarzanie języka naturalnego (NLP) z analizą danych systemowych pochodzących z logów;
- zaprojektowaniu architektury multimodalnej sieci neuronowej uwzględniającej różne źródła informacji o błędach;
- ocenie skuteczności podejścia multimodalnego w porównaniu do metod referencyjnych, takich jak klasyczne algorytmy klasyfikacji tekstu;
- przeprowadzeniu eksperymentów na rzeczywistych danych pochodzących z organizacji zajmujących się rozwojem oprogramowania telekomunikacyjnego;
- wdrożeniu opracowanej metody w środowisku przemysłowym i analizie jej wpływu na efektywność zarządzania raportami błędów.
- Doktorant skupił się na zastosowaniu sieci neuronowych do analizy raportów błędów oraz na badaniu wpływu różnych technik przetwarzania danych na jakość klasyfikacji.



Przeprowadzone eksperymenty miały na celu wykazanie, że podejście multimodalne pozwala na skuteczniejsze przypisywanie raportów niż metody oparte wyłącznie na analizie tekstu.

Rozprawa dotyczy problemu przypisywania raportów błędów do odpowiednich zespołów, co jest zagadnieniem praktycznym, ale nie nowym. W literaturze istnieją różne podejścia do tego problemu, głównie oparte na klasycznych technikach NLP, których ograniczenia autor podkreśla. Propozycja wykorzystania multimodalnych sieci neuronowych łączy analizę tekstu z danymi systemowymi, co może wpłynąć na skuteczność przypisywania raportów. Stopień, w jakim podejście to stanowi rzeczywistą innowację w stosunku do dotychczasowych metod, wymaga jednak głębszej analizy.

## 2 Ocena merytoryczna

Rozprawa została podzielona na osiem rozdziałów (wliczając w to rozdział z podsumowaniem), obejmujących wprowadzenie, przegląd literatury, metodykę, wyniki eksperymentalne oraz wnioski końcowe. Struktura pracy jest logiczna, a poszczególne części wprowadzają czytelnika w kolejne zagadnienia związane z automatycznym przypisywaniem raportów błędów w oprogramowaniu. Tematyka każdego z rozdziałów jest jasno określona, choć w kilku miejscach widoczny jest brak spójności między częściami pracy – niektóre rozdziały koncentrują się na dość odmiennych aspektach analizy danych, przez co trudno dostrzec jednoznaczną narrację spajającą całą rozprawę w jednolitą całość.

Praca rozpoczyna się od wprowadzenia, w którym Doktorant przedstawia problem automatycznego przypisywania raportów błędów, jego znaczenie w środowiskach przemysłowych oraz dotychczasowe podejścia stosowane w tej dziedzinie. W rozdziale tym jasno określono cel rozprawy, jakim jest opracowanie nowatorskiej metody klasyfikacji raportów błędów z wykorzystaniem multimodalnych sieci neuronowych, a także postawiono hipotezę o wyższej skuteczności tego podejścia w porównaniu do metod klasycznych.

Kolejny rozdział stanowi przegląd literatury dotyczący metod przetwarzania raportów błędów i analizy tekstu w kontekście uczenia maszynowego. Autor dokonuje szczegółowego przeglądu istniejących technik klasyfikacji tekstu, w tym klasycznych metod wek-

toryzacji danych (TF-IDF, Word2Vec), klasycznych algorytmów uczenia maszynowego (SVM, Random Forest) oraz głębokich sieci neuronowych. Szczegółowa analiza literatury pozwala na uchwycenie kontekstu badawczego, w którym osadzona jest rozprawa. Choć przegląd literatury jest rzetelny, zauważalny jest brak odniesień do najnowszych osiągnięć w dziedzinie NLP, zwłaszcza modeli transformatorowych takich jak BERT czy GPT, które obecnie dominują w analizie tekstu. Uwzględnienie tych metod w analizie porównawczej mogłoby znacząco wzbogacić rozprawę i ugruntować jej nowatorski charakter.

W kolejnych rozdziałach Doktorant przechodzi do kluczowego elementu swojej pracy – propozycji nowej architektury multimodalnej sieci neuronowej do klasyfikacji raportów błędów. Rozdział ten przedstawia szczegółowe uzasadnienie zastosowania podejścia multimodalnego oraz opis wykorzystanych źródeł danych – oprócz tekstowych opisów raportów błędów, uwzględniono również logi systemowe oraz metadane dotyczące zgłoszeń. Połączenie tych różnych źródeł informacji stanowi wkład naukowy pracy, gdyż większość dotychczasowych metod koncentrowała się wyłącznie na analizie tekstowej. Opis architektury sieci neuronowej jest szczegółowy i dobrze uargumentowany, a przedstawione schematy pomagają w zrozumieniu zastosowanego podejścia.

Rozdział poświęcony eksperymentom jest jednym z najmocniejszych punktów rozprawy. Doktorant przeprowadził szeroko zakrojone testy skuteczności modelu, analizując różne konfiguracje architektury sieci, sposoby wektoryzacji tekstu oraz wpływ różnych parametrów modelu na końcową skuteczność klasyfikacji. Wyniki eksperymentów zostały przedstawione w sposób klarowny i opatrzone odpowiednimi wizualizacjami. Metodologia eksperymentów jest poprawna, choć można zauważyć pewne niedociągnięcia – brakuje porównań z nowoczesnymi modelami transformatorowymi oraz głębszej analizy błędnych klasyfikacji. Warto byłoby przedstawić szczegółową analizę przypadków, w których model zawodzi, co pozwoliłoby na lepsze zrozumienie jego ograniczeń i potencjalnych obszarów do poprawy.

Rozprawa kończy się wnioskami, które podsumowują kluczowe osiągnięcia Doktoranta. Wnioski są dobrze sformułowane i przedstawiają zarówno sukcesy, jak i potencjalne kierunki dalszych badań. Autor wskazuje na możliwość dalszej optymalizacji modelu oraz jego rozszerzenia na inne obszary analizy zgłoszeń serwisowych.

### 3 Uwagi i pytania

1. Struktura rozprawy jest logiczna, choć niektóre rozdziały mogą sprawiać wrażenie osobnych analiz badawczych. Czy Doktorant rozważał dodanie krótkich sekcji podsumowujących na końcu każdego rozdziału, które mogłyby dodatkowo podkreślić spójność narracyjną?
2. W pracy przeanalizowano skuteczność podejścia opartego na multimodalnych sieciach neuronowych, jednak w literaturze coraz częściej stosuje się modele transformatorowe. Ich brak w porównaniu może być ograniczeniem, ale niekoniecznie zarzutem – warto doprecyzować, dlaczego wybrano właśnie tę metodę.
3. Wyniki eksperymentów wskazują na skuteczność modelu, a w rozprawie zawarto odniesienia do metod Explainable AI (XAI). Czy Doktorant przewiduje dalsze badania nad interpretacją błędnych klasyfikacji, np. z użyciem SHAP lub LIME?
4. Praca porusza wiele zagadnień, ale nie wszystkie są jasno powiązane. W szczególności, w rozdziale dotyczącym nowej propozycji podziału danych brakuje odniesienia do tego aspektu w pytaniach badawczych. Jakie jest rzeczywiste miejsce tego zagadnienia w całości rozprawy?
5. Nie przeprowadzono testów porównawczych z aktualnymi standardami, np. modelami zespołowymi (Random Forest, XGBoost itp.). Jakie są podstawy wyboru architektury sieci neuronowej zastosowanej w pracy?
6. Praca zakłada, że połączenie różnych modalności danych poprawia klasyfikację, ale nie przeprowadzono analizy wpływu poszczególnych źródeł informacji. Czy testowano skuteczność modelu na danych tekstowych osobno oraz w połączeniu z logami systemowymi?
7. Model wymaga znacznych zasobów sprzętowych. Nie przedstawiono analizy czasu trenowania, wymagań sprzętowych ani skalowalności. Czy przeprowadzono badania nad optymalizacją modelu?
8. W rozprawie znalazły się odniesienia do wdrożenia modelu w środowisku przemysłowym, a załącznik C wskazuje, że pierwsze wersje systemu zostały już wdrożone.

Warto byłoby przedstawić, jakie wstępne wyniki uzyskano oraz czy planowane jest przeprowadzenie dalszych badań nad pełniejszą oceną skuteczności modelu w dłuższym okresie czasu.

9. Rozprawa podejmuje temat wyjaśnialności modeli sztucznej inteligencji. Czy Doktorant widzi możliwość dalszego rozwinięcia tego aspektu w kontekście swojego modelu?
10. Czy model można rozszerzyć na inne zadania, np. klasyfikację zgłoszeń serwisowych, analizę recenzji klientów lub przetwarzanie dokumentów medycznych?
11. Przegląd literatury jest rzetelny, choć dynamiczny rozwój NLP w latach 2022–2024 mógł przynieść nowe perspektywy. Czy Doktorant może odnieść się do najnowszych prac w tej dziedzinie w kontekście swojego podejścia?
12. Nie przedstawiono badań dotyczących doboru hiperparametrów sieci neuronowej. Czy przeprowadzono testy optymalizacji parametrów modelu?
13. Jak model radzi sobie z niezbalansowanymi danymi? Czy zastosowano techniki równoważenia zbioru treningowego?

## 4 Ocena formalna

Rozprawa mgra inż. Łukasza Chmielowskiego została napisana w sposób poprawny pod względem formalnym i językowym. Struktura dokumentu jest przejrzysta, a wywód logiczny i dobrze uzasadniony. W pracy zawarto rzetelny przegląd literatury, który świadczy o dobrej znajomości aktualnego stanu badań w obszarze klasyfikacji raportów błędów, uczenia maszynowego oraz multimodalnych sieci neuronowych.

Eksperymenty zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami rzetelności naukowej, a ich wyniki zostały zaprezentowane w sposób klarowny i czytelny. Dodatkowo, zastosowanie rzeczywistych danych pochodzących z sektora telekomunikacyjnego zwiększa wiarygodność przedstawionych wniosków oraz potwierdza praktyczną użyteczność proponowanego rozwiązania.

Jedynie drobne zastrzeżenia można mieć do stylu niektórych fragmentów tekstu – w kilku miejscach wskazana byłaby większa precyzja sformułowań, zwłaszcza w kontekście opisu metodyki i analizy wyników. Warto również zwrócić uwagę na eliminację powtórzeń oraz większą dbałość o spójność terminologiczną, szczególnie przy użyciu pojęć związanych z uczeniem maszynowym i sztuczną inteligencją. Poprawa tych aspektów mogłaby dodatkowo podnieść walory merytoryczne oraz czytelność rozprawy.

## **5 Konkluzja**

Stwierdzam, że przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie poprawnie zdefiniowanego problemu naukowego, a recenzowana dysertacja Pana mgra inż. Łukasza Chmielowskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2023, poz. 742 z późn. zm. Paca prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną Doktorantki w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**W związku z powyższym, wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz o dopuszczenie mgra inż. Łukasza Chmielowskiego do publicznej obrony.**

