

Bydgoszcz, 10.01.2025 r.

dr hab. inż. Tomasz Andrysiak
Profesor uczelni
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Politechnika Bydgoska
e-mail: andrys@pbs.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

dla Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Politechniki Wrocławskiej

Niniejsza recenzja została przygotowana w wyniku powołania na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „Application of multimodal neural networks in solving problem of labeling bug reports” przez Radę Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja na posiedzeniu w dniu 25 września 2024 roku oraz na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny „Informatyka Techniczna i Telekomunikacja” Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Wojciecha Bożejko z dnia 01.10.2024 roku.

Tytuł rozprawy: Application of multimodal neural networks in solving problem of labeling bug reports.

(Zastosowanie modalnych sieci neuronowych w rozwiązywaniu problemu etykietowania raportów o błędach)

Autor rozprawy: mgr inż. Łukasz Chmielowski.

Promotor rozprawy: Prof. dr hab. inż. Robert Burduk.

Podstawa opracowania recenzji:

- otrzymany egzemplarz rozprawy doktorskiej,
- pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny „Informatyka Techniczna i Telekomunikacja” Politechniki Wrocławskiej.

Zawartość treściowa rozprawy oraz analiza zagadnienia naukowego

Recenzowana rozprawa dotyczy zagadnień związanych z wykorzystaniem metod i technik uczenia maszynowego w aplikacjach związanych ze zgłaszaniem błędów w rozwoju oprogramowania. Główne cele badawcze pracy dotyczyły przydzielania zgłoszeń błędów oprogramowania do określonych grup programistycznych. Odbywało się to na różnych poziomach organizacji. Ponadto przeprowadzono badania nad przypisywaniem innych klas związanych z bezpieczeństwem. W obu powyższych przypadkach przeanalizowano możliwości wykorzystania metod związanych z wyjaśnianą sztuczną inteligencją. Zbadano również potencjalne zastosowanie multimodalnej sieci neuronowej do rozwiązania problemu przydzielania zgłoszeń błędów w oprogramowaniu grupom odpowiedzialnym za ich korektę lub analizę.

WPLYNEŁO

24-01-2025

RONITJ/48/2025

Praca składa się z ośmiu rozdziałów, bibliografii oraz dodatków jak również spisu tabel i rysunków a także objaśnień skrótów. W rozdziale pierwszym przedstawiono wprowadzenie do tematyki rozprawy zawierające opis problemu, motywację i wyzwania oraz zarysowano problem badawczy. W rozdziałach 2–6 dokonano przeglądu literatury oraz zawarto wyniki prac badawczo-rozwojowych Autora, które opracowane zostały również w formie publikacji naukowych. Efekty pracy zostały wdrożone w przedsiębiorstwie a opis elementów wdrożenia wraz z orkiestracją rozwiązania przedstawiono w rozdziale 7. Ostatni rozdział ósmy zawiera wnioski, podsumowanie pracy oraz kierunki dalszych prac rozwojowych nad udoskonalaniem procesu etykietowania raportów o defektach oprogramowania z wykorzystaniem technik uczenia maszynowego. Komplementarną częścią pracy są trzy załączniki, w których Autor przedstawił kolejno: szablon raportu o defektach oprogramowania stosowany w przedsiębiorstwie, instrukcję dla użytkowników wdrożonego systemu etykietowania oraz potwierdzenie ze strony przedsiębiorstwa o pomyślnym wdrożeniu wyników prac badawczo-rozwojowych.

W rozprawie zdefiniowano sześć grup pytań badawczych, które odnosiły się do procedury automatycznego etykietowania raportów o defektach w przedsiębiorstwie, która do czasu wdrożenia wyników prac Autora opierała się głównie na manualnej analizie pracowników firmy, wspomaganą przez uproszczone narzędzia, wykorzystujące co najwyżej ogólne metody uczenia maszynowego. Przedmiotowe pytania badawcze zostały sformułowane poprawnie oraz adekwatnie od postawionego celu głównego oraz celów szczegółowych rozprawy.

Autor rozprawy w oparciu o postawione pytania badawcze sformułował następującą tezę pracy: „There exists a method for automated assignment of a software bug report to appropriate development group, responsible for resolving the bug, which outperforms well-known methods for bug report assignment”. Przedmiotowa teza została sformułowana w sposób jasny, rzeczowy i odpowiedni do rozpatrywanego problemu badawczego. A także została udowodniona w rozprawie w oparciu o otrzymane wyniki eksperymentów komputerowych, które potwierdziły, że istnieje metoda automatycznego przypisywania raportu o błędzie oprogramowania do odpowiedniej grupy badawczo-rozwojowej odpowiedzialnej za rozwiązanie błędu, która przewyższa dobrze znane metody realizujące tego typu zadania.

Przydatność rozprawy dla gospodarki narodowej

Tematyka rozprawy mieści się w dyscyplinie naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Z punktu widzenia nauk technicznych przydatność rozprawy dotyczy przede wszystkim opracowania nowego modelu dla automatyzacji procesu etykietowania raportów o błędach oprogramowania oraz wykorzystania Autorskich algorytmów, jak również walidacji proponowanego rozwiązania w środowisku rzeczywistym. Opracowane przez Autora metody zostały zweryfikowane na drodze eksperymenty komputerowego w oparciu o pozyskane zbiory danych testowych związanych z raportami o błędach oprogramowania, które są charakterystyczne dla branży telekomunikacyjnej. Założenia przyjęte przez Autora rozprawy są uzasadnione i w szczególności dotyczą takich aspektów jak: automatyczne procesy etykietowanie, jak również zastosowania w tym zakresie multimodalnych sieci neuronowych. Wymienione założenia dotyczą z jednej strony aktualnych problemów badawczych, a z drugiej znajdują odzwierciedlenie w realnych potrzebach rozwiązywania problemów praktycznych. Tematyka rozprawy jest interesująca i w pełni uzasadniona a także wykazuje duży potencjał wykorzystania w rzeczywistych problemach dotyczących automatyzacji procesów przypisywania raportów o błędach do odpowiednich grup badawczo-rozwojowych.

Charakterystyka rozwiązania postawionego zagadnienia

Autor rozwiązał zagadnienie zdefiniowane w tezie rozprawy. W tym celu sformułował własne autorskie podejścia dotyczące: preprocesingu i wektoryzacji danych źródłowych odnoszące się do różnych poziomów struktury przedsiębiorstwa, metod i technik przypisywania raportów o błędach w kontekście kompozycji

organizacji jak również zastosowania wyjaśnianej (wy tłumaczalnej) sztucznej inteligencji oraz możliwości użycia protokołów wykorzystujących różne sposoby budowania zbiorów uczących i testowych.

Zastosowana metodologia sprowadzała się do następującej sekwencji: zdefiniowania problemu badawczego, propozycji rozwiązania postawionego problemu, zdefiniowania środowiska eksperymentowania z wykorzystaniem adekwatnych do postawionego problemu metod i technik jak również danych testowych oraz referencyjnych, analizy otrzymanych wyników z wykorzystaniem odpowiednich wskaźników jakości. Tego typu postępowanie jest typowym podejściem stosowanym przez społeczność naukową w analizie zagadnień związanych z uczeniem maszynowym, tak więc zaprezentowane w dysertacji podejście jest prawidłowe i właściwe w kontekście tematyki rozprawy.

Charakter rozprawy

Recenzowana praca ma charakter koncepcyjno-eksperymentalny. Autor zaproponował nowy model dla automatycznego przypisywania raportu o błędzie oprogramowania do odpowiedniej komórki organizacyjnej oraz określenie czy dany raport jest powiązany z zagrożeniem dla bezpieczeństwa, nieprawidłowościami z pamięcią czy wydajnością. Uzyskane przez Autora wyniki potwierdzają postawioną na wstępie pracy tezę badawczą, którą udowodniono w sposób eksperymentalny. Dysertacja zawiera niezbędne elementy eksperymentu komputerowego, które pozwalają na ocenę jakości wykorzystywanych metod uczenia maszynowego, a poruszana tematyka jest aktualna co do stanu wiedzy dotyczącego wykorzystania metod sztucznej inteligencji w zagadnieniach przypisywania raportów o błędach w kontekście określonych struktur organizacyjnych przedsiębiorstwa.

Oryginalność rozprawy

Wkład autora w rozwój metod i technik związanych z zastosowaniem uczenia maszynowego w rozwiązywaniu problemu etykietowania raportów o błędach polegał na opracowaniu i implementacji określonych podejść tj.:

- odpowiedniej reprezentacji danych wejściowych,
- wymaganego preprocesingu oraz wektoryzacji danych źródłowych,
- badania możliwości zastosowania multimodalnych sieci neuronowych jak również innych sposobów rozwiązywania problemu przypisywania raportów o błędach,
- zaprojektowania wymaganej architektury multimodalnej sieci neuronowej,
- weryfikacji proponowanego rozwiązania w stosunku do wybranych metod referencyjnych,
- wdrożeniu wyników prac badawczych w Nokia Solution and Networks Sp. z o.o. – firmie zajmującej się wytwarzaniem sprzętu i oprogramowania dla branży telekomunikacyjnej.

Ponadto do oryginalnych osiągnięć można zaliczyć opracowanie i implementację systemu informatycznego wspomagającego realizację przedmiotowych rozwiązań dla przedsiębiorstwa produkującego oprogramowanie. Oryginalnym osiągnięciem jest również wykazanie skuteczności zastosowania przedmiotowego systemu informatycznego w celu efektywnej rozwiązywania problemu etykietowania raportów w kontekście rozbudowanej struktury przedsiębiorstwa oraz charakterystyki danych (raportów o defektach), które ewoluują wraz z rozwojem i dostarczaniem kolejnych wydań oprogramowania.

Słabe strony rozprawy

Pomimo osiągnięcia postawionych celów rozprawy, udowodnienia sformułowanej tezy oraz przedstawienia odpowiedzi na postawione pytania badawcze w kontekście proponowanego rozwiązania oraz otrzymanych wyników eksperymentów, w recenzowanej rozprawie można zauważyć pewne braki, zarówno natury mery-

torycznej, wymagające wyjaśnienia i doprecyzowania, jak również mniej znaczące usterki natury językowej i edycyjnej.

Do głównych wad rozprawy, aczkolwiek mających w większości charakter dyskusyjny oraz nie umniejszających wartości pracy w znaczący sposób, zaliczyć należy kwestie wymienione poniżej (stanowią one zagadnienia polemiczne do wyjaśnienia lub dyskusji podczas obrony rozprawy doktorskiej):

- Rozważania zawarte w rozdziałach 2-6 zapewne istotne i potrzebne z punktu widzenia wyjaśnienia metod i technik wykorzystywanych w pracy, stanowią jednakże znaczącą część rozprawy. Bardziej syntetyczne ujęcie tych zagadnień wraz z znaczącym uzupełnieniem części badawczej z pewnością wzbogaciłoby merytorycznie i pozwoliło wnikliwiej ocenić recenzowaną rozprawę doktorską.
- Autor nie przedstawił, czy dane rzeczywiste dotyczące zgłaszanych błędów oprogramowania do poszczególnych działów przedsiębiorstwa mają cechę danych niezbalansowanych. W tym kontekście powinno się określić wskaźnik niezbalansowania dla rzeczywistych danych oraz wykorzystać również metryki, które są dedykowane do danych niezbalansowanych (np. balance accuracy, g-mean).
- Nie przedstawiono wyczerpujących rozważań z badań eksperymentalnych tj. statystyki pozycyjne (np. odchylenie standardowe). Analiza otrzymanych wyników jest zatem ograniczona (np. rozdział 2).
- Patrząc na rys. 4.4 zaproponowana przez Autora pracy metoda podziału danych na dane uczące oraz testowe znacząco wpływa na pogorszenie jakości klasyfikacji mierzonej wskaźnikiem accuracy. Czy z punktu widzenia praktycznego takie obniżenie wartości tego wskaźnika jest akceptowalne?
- W rozdziale 5 Autor rozprawy wykorzystuje kilka algorytmów uczenia maszynowego, w tym kontekście brak jest informacji w jaki sposób dobrano hiperparametry wybranych metod (np. SVC, XGBoost).

Powyższe uwagi wynikają przede wszystkim (prawdopodobnie) z braku prezentacji wyników eksperymentów, które były zapewne przeprowadzone podczas opracowywania poszczególnych algorytmów. Ich prezentacja pozwoliłaby potwierdzić pełną efektywność przyjętych rozwiązań, a być może pozwoliłaby na dalsze udoskonalenie, zwłaszcza metod wykorzystywanych do etykietowania raportów o błędach.

Recenzowana rozprawa napisana jest poprawnie pod względem językowym, stylistycznym oraz redakcyjnym. Niemniej jednak w pracy można znaleźć błędy językowe oraz redakcyjne, takie między innymi jak:

- str. ix niepoprawna struktura w spisie treści tj. podrozdział 7.4.1 jest jedynym elementem podrozdziału 7.4,
- str. ix niepoprawna struktura w spisie treści w zakresie załączników tj. podrozdział B.1.1 jest jedynym elementem podrozdziału B.1,
- brak konsekwencji w stosowaniu lub niestosowaniu znaku interpunkcyjnego tj. kropki na końcu tytułów rysunków np. brak kropki rys. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 natomiast stosowanie kropki rys. 2.1, 4.1, 4.2, 4.3,
- brak konsekwencji w stosowaniu lub niestosowaniu znaku interpunkcyjnego tj. kropki na końcu tytułów tabel np. brak kropki tab. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, natomiast stosowanie kropki tab. 2.5, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6,
- brak konsekwencji w stosowaniu znaku myślnika – używanie pauzy i półpauzy zamiennie np. str. 22-25,
- brak konsekwencji w stosowaniu znaku cudzysłowu np. str. 5 '[TAG] Rest ot title' a str.1 „First actual ...”,
- niepoprawne formatowanie tekstu w tabeli 2.4,
- niejednolite stosowanie znaków interpunkcyjnych w wyliczeniach np. str. 30 znak „ ; ” w przeciwieństwie do „ , ” str. 5,
- brak kropki na końcu wyliczenia np. str. 42 „... A, B, C ...”,
- str. 97 powinno być z małej litery w tekście „... in Section ...”,

- str. 109-118 brak jednolitego standardu zapisu pozycji literaturowych oraz błędy interpunkcyjne.

Należy podkreślić, że przytoczone powyżej błędy językowe oraz redakcyjne nie pomniejszają wartości naukowej oraz oryginalności rozprawy.

Ocena wiedzy i umiejętności Autora oraz znajomości współczesnej literatury z zakresy dyscypliny

Rozdziały nr 1 oraz 2 przedstawiają kolejno opis problemu badawczego, motywację i wyzwania przed którymi stanął Autor rozprawy. Opisano również stan wiedzy dotyczący przetwarzania języka naturalnego w kontekście procesów związanych z obsługą raportów o defektach powstałych podczas wytwarzania oprogramowania jak również możliwym wykorzystaniem modeli uczenia maszynowego w szczególności multimodalnych sieci neuronowych w zakresie problematyki rozprawy. W oparciu o przedstawiony krytyczny przegląd literatury zidentyfikowano poprawnie lukę badawczą. Można zatem stwierdzić, że przedstawione w wymienionych rozdziałach treści wskazują, że Autor rozprawy posiada wiedzę teoretyczną która dotyczy omawianej w pracy problematyki i mieści się w aktualnym nurcie badań związanych z przetwarzaniem języka naturalnego, w szczególności z zagadnieniami wykorzystania w tym zakresie metod i technik uczenia maszynowego. Treści tych rozdziałów odnoszą się do aktualnego stanu wiedzy i odpowiednio wprowadzają czytelnika do poszczególnych zagadnień, które w dysertacji stanowią oryginalny wkład Autora. Spis literatury liczy 137 pozycji. Cytowane prace dobrane są prawidłowo i odnoszą się do omawianych w pracy problemów oraz świadczą o umiejętności korzystania z istniejącej literatury.

Ocena umiejętności odpowiedniego przedstawienia wyników badań

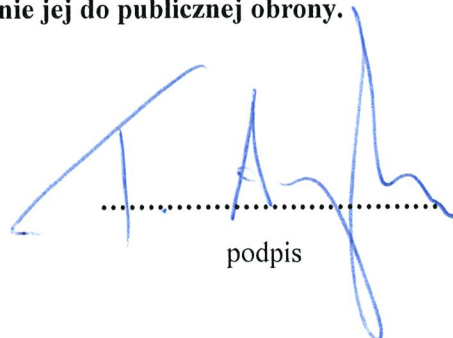
Autor wykazał umiejętności poprawnego i przekonującego przedstawienia wyników działania opracowanych autorskich algorytmów oraz ich eksperymentalnej weryfikacji z wykorzystaniem referencyjnych zbiorów danych. Styl i forma prezentacji otrzymanych rezultatów jest poprawna i zrozumiała. Dodatkowo wyniki badań eksperymentalnych zostały szeroko skomentowane w treści rozprawy.

Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Chmielowskiego pt. „Application of multi-modal neural networks in solving problem of labeling bug reports”, której promotorem jest Prof. dr hab. inż. Robert Burduk, spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023, poz. 742, z późn. zm.).

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi samodzielne rozwiązanie problemu badawczego mieszczącego się w zakresie dyscypliny naukowej *informatyka techniczna i telekomunikacja* w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, zgodnie z aktualną klasyfikacją i potwierdza umiejętność rozwiązywania problemów naukowych zgodnych z jej zakresem przez Autora rozprawy.

Wnioskuje o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



podpis