

dr hab. inż. Mariusz Zubert, prof. uczelni
Tytuł, stopień, imię i nazwisko

Łódź, 28 IX 2024 r.
data

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych (K-22)
Politechnika Łódzka
miejsce pracy

KWESTIONARIUSZ-RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ WYKONANA DLA RADY WYDZIAŁU INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Tytuł rozprawy: „**Methods of Computer-Aided Diagnosis of People with Eating Disorders
Using Elements of Natural Language Processing**”.

Autor rozprawy: **mgr Stella Maćkowska**

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Przedmiotem badań podjętych przez doktorantkę jest zastosowanie technik przetwarzania języka naturalnego (NLP - ang. Natural Language Processing) do komputerowego wspomaganie diagnostyki osób z zaburzeniami odżywiania, ze szczególnym uwzględnieniem anoreksji. Celem praktycznym tych prac jest opracowanie metod komputerowego wspomaganie diagnostyki psychologicznej zaburzeń odżywiania, w szczególności anoreksji, z wykorzystaniem technik analizy tekstu, w którym pacjent opisuje siebie i swoje odczucia.

Sformułowane w rozprawie doktorskiej zagadnienia badawcze obejmują:

- zastosowanie NLP w diagnostyce zaburzeń odżywiania;
- opracowanie automatycznej klasyfikacji notatek dotyczących obrazu ciała opisywanego przez pacjenta;
- analizę gramatyczno-leksykalną wypowiedzi pacjentów;
- analizę wpływu wykorzystania kategorii sentymentu w wypowiedziach pacjentów na efektywność przetwarzania tekstu i diagnozowania zaburzeń odżywiania;

- badanie sposobów zwiększenia liczebności zbiorów danych uczących oraz analizę ich wpływu na funkcjonowanie sieci;
- opracowanie metod oceny i ewaluacji narzędzi diagnostycznych;
- różnicowanie języka osób chorych od osób zdrowych.

Zagadnienia te zostały przedstawione w rozprawie w sposób klarowny.

Głównymi innowacjami zaproponowanymi w pracy są:

- opracowanie metody projekcyjnej, która pozwala na swobodne wypowiedzianie się badanych na temat własnego ciała. Metoda ta umożliwiła zebranie wartościowego materiału badawczego zarówno od osób zdrowych, jak i cierpiących na zaburzenia odżywiania;
- automatyzacja klasyfikacji notatek dotyczących obrazu własnego ciała przy użyciu elementów sztucznej inteligencji w postaci modeli głębokich sieci rekurencyjnych;
- autorska metoda słownikowa w analizie kategorii sentymentu, która przyniosła lepsze rezultaty niż użycie sieci rekurencyjnych, demonstrując innowacyjność i efektywność podejścia.

Sformułowana przez doktorantkę teza dobrze definiuje rozpatrywane zagadnienie badawcze: *Wykorzystanie elementów przetwarzania języka naturalnego w swobodnych wypowiedziach pisemnych badanych na temat obrazu swojego ciała umożliwia komputerowe wspomaganie diagnostyki psychologicznej zaburzeń odżywiania.*

Główny nurt rozprawy oraz zaproponowane w ramach niej metody, algorytmy i struktury danych mają charakter teoretyczny, natomiast sposób budowy sieci neuronowych, przeprowadzenia analiz i weryfikacji ich działania oraz ewaluacje przez personel medyczny opracowanych narzędzi mają charakter doświadczalny.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zagadnień w przemyśle) świadczą o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Doktorantka jest Autorką lub Współautorką dwóch publikacji wydanych w czasopiśmie *Cancers* (140 pkt), dwóch w *Applied Sciences (Switzerland)* (100 pkt) oraz po jednej wydanej w

Electronics (Switzerland) (100 pkt) i *BioMedical Engineering Online* (70 pkt). Wszystkie te publikacje są zindeksowane w bazie bibliometrycznej Scopus. Ponadto Doktorantka jest również współautorką prac prezentowanych w materiałach konferencyjnych *Information Technology in Biomedicine*, ITIB wydanych przez Springer w Cham.

W spisie literatury zamieszczonym w rozprawie doktorskiej zacytowano 172 prace innych autorów, obejmujących szeroki przegląd zagadnień związanych z poruszaną problematyką badawczą. W większości są to prace anglojęzyczne oraz polskie świadczące o bardzo dobrej orientacji w trendach i osiągnięciach światowej nauki w rozpoznanej problematyce. W szczególności można wyróżnić prace będące wprowadzeniem do podjętej tematyki oraz prace dotyczące diagnozowania anoreksji jak np. prace: J. Arcelus et al. (2011) [4], M. Bąk-Sosnowska (2010) [8], A. Phillipou et al. (2015) [125], M. Galmiche et al. (2019) [50], M. Janas-Kozik et al. (2012) [74], R. L. Boyd et al. (2022) [18]; oraz publikacje z zakresu wpływu choroby na percepcję swojego ciała u osób chorych na raka głowy lub szyi (ang. Head and Neck Cancer) np. D. Ackerman et al. (2018) [2], V. Bressan et al. (2017) [19], S. Clarke et al. (2014) [29], M. C. Fingeret et al. (2010), M. C. Fingeret et al. (2012) [49], H. C. Melissant et al. (2021) [107], R. L. Boyd et al. (2022) [18], G. I. Costandache et al. (2023) [32]. W zakresie NLP autorka rozprawy doktorskiej zacytowała między innymi prace: H. Amini and L. Kosseim (2020) [3], R. A. Calvo et al. (2017) [22], P. López-Úbeda et al. (2021) [97], T. Lin et al. (2022) [94], które są istotne z punktu widzenia rozwoju technologii NLP i jej zastosowania do analizy tekstu, którym pacjenci opisują swoje ciało. W odniesieniu do analizy sentymentalnej kluczowe są zacytowane publikacje: H. Amini and L. Kosseim (2020) [3], P. López-Úbeda et al. (2021) [97], R. A. Calvo et al. (2017) [22], J. Leppanen et al. (2017) [91], E. Gliwska et al. (2023) [53], M. Galmiche et al. (2019) [50], Y. Li and T. Yang (2017) [92], T. Wilson et al. (2009) [172].

3. Czy autor rozwiązał przedstawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Celem praktycznym przeprowadzonych badań było opracowanie i wdrożenie nowoczesnych metod komputerowego wspomaganie diagnostyki osób z zaburzeniami odżywiania ze szczególnym uwzględnieniem anoreksji. Badania te miały na celu wsparcie personelu medycznego, w szczególności psychologów i specjalistów zajmujących się pacjentami z zaburzeniami odżywiania, poprzez dostarczenie narzędzi umożliwiających bardziej precyzyjną i

efektywną diagnozę na podstawie analizy swobodnych wypowiedzi pacjentów o ich ciele. W praktyce, zaproponowane metody, takie jak automatyczna klasyfikacja notatek oraz analiza gramatyczno-leksykalna, ułatwiły identyfikację kluczowych cech lingwistycznych, które różnicują język osób chorych na anoreksję od osób zdrowych. Praktyczny aspekt badań koncentrował się również na ocenie możliwości wdrożenia tych metod w codziennej praktyce diagnostycznej i terapeutycznej, aby poprawić komfort pracy specjalistów, przyspieszyć proces diagnozowania i zwiększyć pewność diagnostyczną w trudnych przypadkach zaburzeń odżywiania.

W pracy zamieszczono analizę wyboru danych wejściowych oraz sposobu ich tokenizacji (str. 53-59), wyboru parametrów i meta-parametrów, architektury sieci neuronowej oraz sposobu jej uczenia (str. 44-50). Wybrano sieci o topologii LSTM (ang. Long Short-Term Memory) i GRU (ang. Gated Recurrent Unit), inicjalizację wag za pomocą algorytmu Xavier'a i optymalizację wag za pomocą algorytmu Adam (ang. ADAptive Moment estimation) ograniczając wymagania obliczeniowe w stosunku do architektur Transformers. Zaproponowano również ciekawy sposób kodowania sentymentu (str. 59); wprowadzono trzy zestawy danych (str. 48-49: łączenie źródeł danych - Eksperyment 1-3), uczenie transferowe (ang. transfer learning) i walidację krzyżową (ang. cross-validation method, str. 46) w celu lepszego zbalansowania danych uczących. Analizy przeprowadzono w środowisku SAS Viya.

Uzyskane w rozprawie wartości metryk: precyzji (rów. 3.18), czułości (ang. recall, rów. 3.19) i F1-score (rów. 3.20) można uznać za akceptowalne (Tabela 4.2). Statystyczne wartości metryk w przypadku NLP do analizy sentymentu z zastosowaniem sieci rekurencyjnych są niskie (Tabela 4.3), dlatego do automatycznej klasyfikacji sentymentu zastosowano autorską metodę słownikową (str. 67), która pozwoliła na zmniejszenie błędu klasyfikacji z 63.18%/52.59%/38.31% (rys. 4.2, wyniki dla Eksperymentu 1/2/3) do 12.40% (rys. 4.5); w tym podejściu uzyskano również bardzo wysokie wartości metryk: precyzji, czułości i F1-score (Tabela 4.6). Trzeba podkreślić, że w analizowanym przypadku analizy sentymentu mamy do czynienia z subtelnymi zmianami języka w przypadku grupy badanej i kontrolnej, choć zwroty zawierające ironię są dosyć dobrze rozpoznawane (rys. 4.4, Tabela 4.5).

Przeprowadzono również różnicowanie języka grupy badanej i kontrolnej, które wskazało na zwiększenie liczby czasowników i przymiotników grupy badanej w stosunku do ich liczby dla grupy kontrolnej. Widoczny jest również duży wzrost stosowania czasownika „to be” i

czasowników w czasie teraźniejszym dla grupy badanej (Tabela 4.8), oraz znaczny wzrost liczby używanych przymiotników negatywnych stosowanych przez grupę badaną w stosunku do liczby używanych przymiotników pozytywnych stosowanych przez grupę kontrolną (Tabela 4.9).

W przypadku grupy HNC badania wykazały duże zmiany w liczbie użytych pozytywnych i negatywnych przymiotków w zależności od stopnia zaawansowania choroby (Tablica 4.11) a także częste używanie czasownika „to be”.

Przed Autorką rozprawy postawiono złożony problem NLP o wysokim stopniu trudności ze względu na subtelności językowe i zastosowanie analizy sentymentu. Autorka dobrze poradziła sobie ze zbudowaniem modelu klasyfikatora i przeniesieniu subtelnych aspektów językowych i emocji pacjentów do tego modelu. Zaproponowany model cechuje dość wysoka metryka F1-score harmonizująca wyniki pomiędzy precyzją a czułością co jest zwykle istotne w analizie sentymentu, gdyż wskazuje zarówno na unikanie przez klasyfikator fałszywych pozytywów, jak i nieprzegapienie istotnych przypadków, które mogą być kluczowe w procesie diagnozy. Ponadto zaproponowana metoda jest na tyle ogólna, iż może zostać zastosowana do diagnozy bulimii oraz zespół kompulsywnego objadania.

W podjętych badaniach krytycznym elementem jest wielkość zbiorów danych uczących jego zbalansowanie. Metody balansowania danych zostały krótko przedstawione na str. 46-48, dlatego bardzo proszę szerzej omówić zastosowane metody zbalansowania danych oraz przedstawienie sposobu walidacji krzyżowej zbiorów danych.

W przyszłości mogłoby być ciekawe zastosowania metod interpretowalnej AI, takich jak SHAP (ang. SHapley Additive exPlanations), w celu próby lepszego zrozumienia co wpływa na wyniki klasyfikacji.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność przedłożonej rozprawy wynika z nowatorskiego połączenia zaawansowanych metod przetwarzania języka naturalnego, analizy lingwistycznej i technik sztucznej inteligencji z praktycznymi aplikacjami w diagnostyce psychologicznej, szczególnie w kontekście anoreksji. W szczególności innowacje obejmują:

- Zastosowanie przetwarzania języka naturalnego (NLP) w diagnostyce zaburzeń odżywiania do analizy swobodnych wypowiedzi pacjentów na temat ich ciała, które jest unikalnym połączeniem technik z zakresu sztucznej inteligencji z medycyną i psychologią.
- Wprowadzenie autorskiej automatycznej klasyfikacja notatek pacjentów na temat obrazu własnego ciała co stanowi innowacyjne podejście do analizy lingwistycznej w kontekście diagnostyki psychologicznej.
- Uzyskane wysokich wartości metryki w wyniku połączenie technik NLP z autorską analizą sentymentalną świadczą o innowacyjności w doborze narzędzi analitycznych.
- Tworzenie profilu lingwistycznego pacjentów osób chorującej na zaburzenia anoreksji do celów diagnostycznych.
- Ewaluacja opracowanych metod w praktyce klinicznej przez specjalistów (w tym psychologów klinicznych i personel pierwszego kontaktu) pokazujące praktyczne zastosowanie badań w rzeczywistych warunkach medycznych.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Przedstawione rozważania teoretycznych oraz analiza przeprowadzonych testów tworzy logiczną i spójną całość opartą na poprawnej metodyce badań. Doktorantka podeszła do problemu w sposób kompleksowy począwszy od analizy dotychczas stosowanych rozwiązań, aż po zaproponowanie nowych modeli i klasyfikatorów.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Autorka rozprawy nie ustrzegł się kilku drobnych błędów podczas redagowania pracy, które nie wpływają na rangę uzyskanych wyników ani na wkład doktoranta do dziedziny:

- Str. 1 - sformułowanie "the Internet results from photo manipulation" mogłoby być lepiej zrozumiałe, gdyby zostało przedstawione w następujący sposób "the Internet often features manipulated photos".

- Str. 2 - fraza "engaging in peer groups is an inseparable element of puberty" mogłaby być lepiej zrozumiała, gdyby została przedstawiona jako "Engagement in peer groups is an integral aspect of puberty".
- Str. 2 – procent „60 %” powinien być zapisane bez spacji jako “60%”.

7. Jaka jest przydatność naukowa rozprawy?

Badania przeprowadzone przez mgr Stellę Maćkowską dotyczyły zastosowanie elementów przetwarzania języka naturalnego (NLP) z analizą sentymentu do komputerowego wspomaganie diagnostyki osób z zaburzeniami odżywiania ze szczególnym uwzględnieniem anoreksji. Prace te mają bardzo duże znaczenie dla diagnostyki tej choroby zwłaszcza ze względu na zaproponowanie metody projekcyjnej oraz automatyzację klasyfikacji notatek ułatwiający osobom badanym swobodną wypowiedź i wyrażanie uczuć na temat własnego ciała. Autorka rozprawy wprowadziła również własną implementację metody słownikowej do analizy sentymantalnej, która w znaczący sposób polepszyła skuteczność klasyfikacji (zwiększyła metryki: precyzji, czułości i F1-score).

Wydaje się, że zaproponowane ogólne podejście pozwala na adaptację metody w innych chorobach psychicznych i somatycznych, gdzie sposób, w jaki pacjent wyraża swoje emocje i postrzeganie siebie, może dostarczyć kluczowych informacji diagnostycznych jak, na przykład:

- Depresja i zaburzeniach lękowych, w których analiza języka używanego przez pacjentów może pomóc w identyfikacji symptomów depresji, lęku, a także w ocenie nasilenia choroby i postępów w leczeniu.
- Zaburzeniach afektywnych dwubiegunowych, gdzie NLP może pomóc w wykrywaniu zmian w nastroju i sposobie wypowiedzania się pacjentów, co może być wskaźnikiem epizodów manii lub depresji.
- Wybranych chorobach neurologicznych jak np. choroba Alzheimera, Parkinsona, w których analiza mowy może dostarczyć informacji na temat zmian poznawczych u pacjentów, w tym zaburzeń pamięci, koncentracji oraz spowolnienia mowy, co może wspomagać wczesną diagnostykę tych chorób.

- Wybranych zaburzeniach psychosomatycznych, w których stres i emocje mają duży wpływ na stan fizyczny pacjentów, np. zespół jelita drażliwego (IBS) czy fibromialgia, mogą być lepiej zrozumiane dzięki analizie sposobu, w jaki pacjenci opisują swoje objawy i emocje.
- W wybranych choroby nowotworowych związanych z wyglądem zewnętrznym (np. rak piersi oraz poruszane w rozprawie doktorskiej rak głowy i szyi), w których pacjenci po leczeniu onkologicznym mogą mieć zmienione postrzeganie swojego ciała, które wpływa na ich stan psychiczny. Analiza języka może wówczas pomóc w zrozumieniu ich emocji i dostosowaniu terapii psychologicznej.

Moja ocena recenzowanej rozprawy jest pozytywna; podjęte w rozprawie zagadnienia stanowią istotny wkład do dyscypliny informatyka i inżynierii biomedycznej. Doktorantka rozwiązując postawiony problem wykazała się inwencją twórczą podczas projektowania algorytmów, projektowania eksperymentów badawczych oraz analizy uzyskanych wyników. Przedstawione rozważania teoretycznych oraz analizy przeprowadzonych testów tworzy logiczną i spójną całość opartą na dobrej metodyce badawczej. Doktorantka rozwiązała problem kompleksowo poczynając od określenia danych wejściowych, wybór klasyfikatora, jego weryfikację jak i analizę przydatności zastosowania w praktyce lekarskiej. Uważam, że zaprezentowane w rozprawie wyniki są ciekawe dla innych badaczy zajmujących się zastosowaniem NLP w wspomaganii diagnozy lekarskiej.

Zgodnie z moim rozeznaniem **przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.)**, dlatego też wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Stelli Maćkowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, z uwagi na nowatorskie podejście i kompleksowe rozwiązanie istotnego problemu o charakterze utylitarnym, a także duży zasób wiedzy teoretycznej i medycznej potrzebnej do realizacji pracy oceniam, iż praca spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z wyraźnym nadmiarem i wnioskuję o wyróżnienie pracy.

Mariusz Zubert

Mariusz Zubert