

Recenzja rozprawy doktorskiej

Stelli Maćkowskiej

***pt. Methods of computer-aided diagnosis of people
with eating disorders using elements of natural
language processing***

Prof. dr hab. inż. Robert Cierniak
Politechnika Częstochowska
Katedra Sztucznej Inteligencji

Częstochowa, 20 września 2024r.

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej Pani Prof. dr. hab. inż. Ewy Piętki.

Ocena rozprawy doktorskiej

1. Uwagi wstępne

Zakres recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr Stelli Maćkowskiej dotyczy opracowania technik komputerowego wspomagania diagnostyki i leczenia zaburzeń odżywiania, w szczególności tych patologicznych form związanych z aspektami psychicznymi oraz powikłań nowotworowych górnego odcinka pokarmowego. Należy podkreślić, że zakres badawczy ujęty w tej pracy dotyczy dziedziny w postaci kilku jednostek chorobowych, które jednak sprowadzają się do podobnych objawów i prowadzą do zbliżonych problemów w funkcjonowaniu osób nimi dotkniętych. Przy czym stanowią one poważne wyzwanie, zarówno w kontekście wyzwań medycznych, jak i społecznych (obejmowanie zauważalnej liczby populacji, w przeważającej części kobiet, w tym dopiero wkraczających w okres dojrzałości), a przez to również pośrednio finansowym. Relatywna hermetyczność potencjalnego zastosowania rezultatów przeprowadzonych w ramach tej pracy badań, nie ujmuje istotności prowadzonych przez nią poszukiwań, gdyż niszowe zastosowania stanowią w wielu przypadkach znaczące składowe postępu technicznego, jak również dobrobytu danego kraju.

Należy zatem uznać wysiłki naukowe i inżynierskie Doktorantki, które są ujęte w Jej pracy, za w pełni umotywowane.

Prace naukowe i techniczne Doktorantki ukierunkowane były na zaproponowanie metod opartych na przetwarzaniu języka naturalnego (swobodnego tekstu napisanego przez pacjentów), które pozwolą na diagnozowanie i wspieranie procesu terapeutycznego osób podejrzewanych o zaburzenia żywieniowe, w szczególności anoreksji (bulimii) i choroby nowotworowej górnego odcinka przewodu pokarmowego. Nade wszystko interesujące było zastosowanie metod z zakresu rekursyjnych sieci neuronowych, co oznacza odniesienie się do tak modnych aktualnie podejść z zakresu tzw. sztucznej inteligencji (AI). Z punktu widzenia medycznego, zaprezentowane w pracy badania odnoszą się do rzeczywistych potrzeb klinicznych i mogą spotkać się z szerokim zainteresowaniem środowiska lekarskiego. Zastosowane przez Doktorantkę podejścia tego rodzaju w wielu aspektach mają charakter nowatorski, zwłaszcza te, które odnoszą się do rozwiązywania problemów o charakterze praktycznym w tym zastosowaniu. Znaczna część problemów naukowych i technicznych, do których musiała odnieść się Doktorantka w swojej pracy jest potraktowana w sposób wykazujący głębokie studia nad zagadnieniem diagnozowania i leczenia powyżej nakreślonych patologii, które mgr Stella Maćkowska przeszła w trakcie swoich poszukiwań badawczych. W tym sensie badania przedstawione w tej pracy dotyczą bardzo specyficznych i niełatwych koncepcyjnie zagadnień praktycznych, w sytuacji istnienia obiektywnych trudności odnoszących się zarówno do strony medycznej zagadnienia, jak i w następnej kolejności do aspektów inżynierskich. Badania przeprowadzone przez Doktorantkę wychodzą w każdym elemencie naprzeciw tak zarysowanym uwarunkowaniom, co może doprowadzić w konsekwencji zastosowania wypracowanych podejść do poprawy rokowań dla wielu pacjentów.

Opisane w opiniowanej pracy doktorskiej badania zawierają dwa główne wątki badawcze, wyznaczone przez dwa podejścia do przetwarzania języka naturalnego, którego używają do opisu swojego stanu zdrowotnego osoby poddawane badaniom, tj. z wykorzystaniem rekurencyjnych sieci neuronowych i z użyciem metod słownikowych. Proponowane rozwiązania stały się kanwą, na której opierają się osiągnięcia Pani Stelli Maćkowskiej, służących sprostaniu napotkanym potrzebom praktycznym. W moim odczuciu pierwsze z kierunków badawczych jest znacznie bardziej wartościowe pod względem technicznym, patrząc przez optykę dyscypliny, która reprezentuje ta praca, czyli inżynierii biomedycznej. Główne wyzwanie stojące przed Doktorantką w tym zakresie było dobranie odpowiedniej struktury sieci neuronowej, przystosowanie danych tekstowych do przetwarzania i

przeprowadzenie procesu uczenia i testowania danej sieci. Doktorantka w trakcie prowadzonych poszukiwań stosowała w każdym przypadku elastyczne podejście do danego wyzwania, uzależniając zastosowane podejście od specyfiki problemu. Wymagało to oczywiście twórczego podejścia do poszczególnych wyzwań.

Podsumowując, problem badawczy, przed którym stanęła Kandydatka do stopnia naukowego doktora należy uznać za wymagający na wielu płaszczyznach, naukowych i inżynierskich, dotykając w swojej naturze kilku dyscyplin, tj. inżynierii biomedycznej, medycyny, psychiatrii, psychologii i informatyki. Jednak największy wkład twórczy został wniesiony przez Doktorantkę w zakresie inżynierii biomedycznej, która w swojej naturze stanowi jednak rodzaj konglomeratu wymienionych pobocznych dyscyplin naukowych.

2. Zawartość rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pani mgr Stelli Maćkowskiej pt. *Methods of computer-aided diagnosis of people with eating disorders using elements of natural language processing* została napisana w języku angielskim i zajmuje w sumie 121 stron. Praca składa się z części zatytułowanej *Wprowadzenie*, rozdziału przedstawiającego stan wiedzy w zakresie metod komputerowego wspomaganie oceny stanu pacjentów w trakcie terapii psychologicznych i psychiatrycznych, rozdziału prezentującego zastosowane metody przetwarzania języka naturalnego, oraz z części poświęconej wykonanym eksperymentom i ich wynikach. Rozdział zatytułowany Podsumowanie prezentuje w skrócie dokonania Doktorantki i określa plan dalszych badań. Obszerny *Wykaz literatury* obejmuje 180 pozycji bibliograficznych. Do pracy dołączono spis rysunków i tabel zawartych w pracy, jak również wykaz użytych skrótów i oznaczeń.

W Rozdziale 1., stanowiącym wprowadzenie do pracy, zawarto wyczerpujący i kompetentny opis dziedziny, której dotyczą zaprezentowane w dysertacji rozważania badawcze, tj. krótkie wprowadzenie do problematyki zaburzeń żywieniowych, ich charakteru, etymologii, czynników sprzyjających ich powstawaniu, konsekwencji. W następnej kolejności omówiono procedury diagnozowania tych patologii, co znalazło kontynuację w postaci opracowanych w ramach tej pracy podejść automatycznej diagnostyki. W tej części swojej pracy Doktorantka przedstawia w sposób systematyczny zakres badań przeprowadzonych w ramach tej dysertacji, postawioną tezę i cel pracy. W moim przekonaniu teza badawcza jest sformułowana w taki sposób, że trudno ją w obiektywny sposób zweryfikować, co nieco przeczy istocie tezy jako takiej. Określone w pracy sformułowanie stanowiące tezę powinno w tym przypadku zdefiniować w jakimś sensie obiektywnie mierzalny poziom uzyskiwanej dzięki

zastosowaniu zbudowanego systemu informacji, co dałoby możliwość zweryfikowania uzyskania na finiszu prac takiego pożądanego efektu.

Rozdział 2. stanowi prezentację stanu wiedzy, która związana jest z podejściami stosowanymi na polu wspomaganej komputerowo diagnostyki w zakresie psychologii i psychiatrii, z użyciem przetwarzania języka naturalnego, analizy obrazów i analizy dźwięków.

Rozdział 3. to jedna z dwóch części niniejszej pracy doktorskiej, które niosą ze sobą właściwy dorobek naukowy Doktorantki. W tym konkretnie rozdziale prezentuje Ona stosowaną w pracy metodologię badawczą wraz z narzędziami w niej zaimplementowanymi. W tym względzie omawia Ona sposób zbierania danych uczących, ich oznaczaniu, branych pod uwagę i możliwych do zastosowania metod automatycznej klasyfikacji przypadków, podejść do preprocessingu danych w tym zastosowaniu. W następnej kolejności Doktorantka omówiła proces uczenia wybranych struktur sieci neuronowych, tj. doboru wag startowych, doboru metody optymalizacji tych wag i procesu doboru hiperparametrów, oraz testowania nauczonych struktur i ewaluacji uzyskanych wyników. Odrębną część tego rozdziału stanowi omówienie zastosowanych metod słownikowych. W końcu w rozdziale tym znalazło miejsce omówienie metod statystycznych weryfikacji oceny przydatności opracowanych metod diagnostycznych w praktyce medycznej. Ocena ta została zaproponowana w taki sposób, aby objąć dwie kategorie personelu medycznego: przez specjalistów w zakresie diagnostyki i przez personel tzw. pierwszego kontaktu z pacjentem.

Rozdział 4. prezentuje wykonane przez Doktorantkę eksperymenty, których przeprowadzenie miało intencjonalnie potwierdzić postawioną na wstępie tezę badawczą.

Rozdział 5. pod nazwą *Podsumowanie* to część pracy, w której znalazło miejsce podkreślenie uzyskanych w trakcie prowadzonych badań nowych wyników, które potwierdziły słuszność tezy postawionej na wstępie tej dysertacji, jak również odniesienie do praktycznego zastosowania zbudowanego systemu, oraz plany Doktorantki na kontynuację badań.

3. Ocena pracy

W mojej ocenie recenzowana praca Pani mgr Stelli Maćkowskiej posiada wartość naukową na odpowiadającym doktoratowi poziomie, mając również godny uznania charakter praktyczny, gdyż prezentowane w ramach niniejszej dysertacji rozwiązania mogą potencjalnie znaleźć bezpośrednie zastosowanie w konkretnym zastosowaniu medycznym. Po lekturze niniejszej pracy nasuwa się nieodparte wrażenie, że Doktorantka przeszła w trakcie realizacji swoich zamierzeń badawczych głębokie studia nad dziedziną problemu, tj. diagnostyki i oceny terapii

w przypadku patologii żywieniowych, co znajduje swoje odzwierciedlenie w wielu miejscach opisu ocenianej tutaj pracy.

Najwyraźniejsze autorskie piętno noszą w tej dysertacji Rozdziały 3 i 4, w których omówiono zaproponowane rozwiązania z zakresu przetwarzania języka naturalnego służące wspomaganie diagnostyki tytułowych dysfunkcji, wraz z przeprowadzeniem odpowiednich eksperymentów weryfikujących ich skuteczność. Już samo zastosowanie struktur sieci neuronowych (w tym przypadku należących do kategorii rekurencyjnych sieci neuronowych) stanowi o novum niniejszej pracy, gdyż w tym względzie jest to podejście awangardowe. Tym bardziej, że tego rodzaju struktury stoją za aktualnie najbardziej dynamicznie rozwijającymi się technikami wspierającymi budowanie sztucznej inteligencji. Chodzi oczywiście o podejścia z zakresu NLP (przetwarzanie języka naturalnego).

Do swoich badań Doktorantka przystąpiła z pełną świadomością praktycznego wymiaru swoich zamierzeń. Z tą świadomością rozpoczęła Ona wysiłki naukowe od sformułowania metodologii badawczej, w ramach której natknęła się Ona na specyficzne problemy, z którymi poradziła sobie zgodnie z zasadami stosowanymi w nauce. Zgodnie z aktualnie panującymi standardami planowane do wykonania eksperymenty rozpoczęła Ona od budowy bazy danych, które zawierają opisy w języku naturalnym osób dotkniętych patologiami i osób zdrowych. Proces zbierania tego rodzaju danych medycznych wymusił zbudowanie zespołu, w skład którego wchodził lekarze specjaliści, co już samo w sobie stanowi osiągnięcie Doktorantki na polu organizacyjnym. Z oczywistych względów zbieranie tego rodzaju danych musiało zostać zatwierdzone przez Komisję Bioetyki, co z pewnością wymagało dużych nakładów czasu i wysiłku. W następnej kolejności zostały wybrane metody i struktury, które zostały zakwalifikowane jako rokujące w budowaniu automatu, którego zadaniem było klasyfikowanie przypadków do wybranych kategorii. Oczywistym jest również to, że należało odpowiednio dobrać sposób podziału analizowanych przypadków na odpowiednio dobrane klasy, biorąc pod uwagę specyfikę dziedziny. Trzeba podkreślić, że w trakcie swoich naukowych peregrynacji Doktorantka wybierała odpowiednie narzędzia i metody rozwiązywania problemów z pełną świadomością celów i konkretnych napotykanym uwarunkowań.

Stosownie do powyżej zarysowanych rozważań Doktorantka zdecydowała się rozwiązywać problem klasyfikacyjny z zastosowaniem struktur rekurencyjnych sieci neuronowych (sieci LSTM – Long Short-Term Memory cell, GBU – Gated Recurrent Unit cel, oraz tzw. Transformery) oraz metod z zakresu tzw. uczenia maszynowego. W Rozdziale 3. zostały zarysowane podstawowe informacje o tych narzędziach, które miały naświetlić czytelnikowi intencje Doktorantki. Jednakże w Rozdziale 4., który miał zaprezentować

rezultaty przeprowadzonych eksperymentów zostały ujawnione jedynie szczerkowe wyniki, bez wnikania w uzyskane efekty działania poszczególnych podejść i struktur. **Największy zarzut wobec niniejszej pracy powstaje właśnie przy analizie tychże rezultatów, które nie pozwalają ustalić, które struktury mają potencjał w tego rodzaju zadaniach, co mogłoby stanowić wskazówkę również dla innych badaczy.** Brak jest również określenia, na jakiego rodzaju sprzęcie zostały przeprowadzone eksperymenty, co również mogłoby być wskazówką dla innych osób zajmujących się podobnymi zagadnieniami. Omówione wstępnie w Rozdziale 3. słownikowe metody klasyfikacji oraz rezultaty ich działania (w dużo szerszym zakresie i wyczerpującej formie), zaprezentowane w Rozdziale 4., mają w moim przekonaniu mniejszą wartość naukową w kontekście dyscypliny inżynieria biomedyczna, choć oczywiście jest to bardzo pojemne pojęcie, mogące pomieścić zagadnienia z pogranicza medycyny, jak również psychologii (psychiatrii).

Nie ulega jednak wątpliwości, że działanie poszczególnych algorytmów użytych w ramach postawionych sobie wyzwań zostało przez Kandydatkę zweryfikowane w sposób obiektywny z wykorzystaniem miar oceny wykonania klasyfikacji używanych powszechnie w nauce i technice. Należy również podkreślić, że wykonane eksperymenty były przeprowadzone w sposób zgodny z aktualnie panującymi standardami, tj. najpierw zbudowano bazę wiedzy w kooperacji ze środowiskiem medycznym, następnie przeprowadzono zabiegi na danych określane jako preprocessing, a następnie wykonano uczenie, walidację i testowanie zaproponowanych mechanizmów klasyfikujących, po czym dokonano analizy otrzymanych wyników. Oznacza to, że generalnie proces eksperymentalny został przeprowadzony w sposób metodyczny i przemyślany.

Trzeba zaznaczyć, że zaproponowane narzędzia diagnostyki i nadzorowania postępów leczenia zaburzeń żywieniowych znakomicie wpisuje się w potrzeby środowiska medycznego zajmującego się jednostkami chorobowymi ujętymi w tytule recenzowanej pracy. Doktorantka z dużym wyczuciem odniosła się do tych potrzeb i stworzyła instrumenty w postaci algorytmów komputerowych, które będą z pewnością praktycznie przydatne, co już teraz ma przełożenie na jego wykorzystanie w warunkach klinicznych (rozumiem, że również w miejscu, w którym zbierano dane od pacjentów, tj. w Klinicznym Szpitalu nr 1 w Zabrze).

Przeprowadzona analiza głównych i pobocznych wątków badawczych zawartych w ocenianej tutaj pracy doktorskiej, z podkreśleniem własnego oryginalnego wkładu Doktorantki w powstanie prezentowanych metod automatycznej diagnostyki medycznej, pozwala stwierdzić, że zaproponowane przez Nią rozwiązania stanowią wartościowy dorobek naukowy i techniczny, z podkreśleniem ich użyteczności. Należy podkreślić szeroką gamę kompetencji

posiadanych przez Doktorantkę, które pozwoliły na sformułowanie złożonych podejść metodologicznych oraz twórczą adaptację znanych wcześniej sposobów radzenia sobie w sytuacji wystąpienia problemów żywieniowych na tle psychicznym. Praca Pani mgr Stelli Maćkowskiej charakteryzuje się entuzjazmem jej twórczyni, a jej wysiłki najwyraźniej skupiają się na chęci zastosowania uzyskanych wyników w praktyce klinicznej. W takim sensie pracę oceniam wysoko.

Po lekturze treści tej pracy nasuwają jednak pewne wątki dyskusyjne, które należałoby wyjaśnić lub odpowiednio naświetlić, a mianowicie:

1. Jak już wspomniano wcześniej, duży niedosyt pozostawia prezentacja wyników przeprowadzonych eksperymentów z wykorzystaniem elementów uczenia maszynowego i rekurencyjnych sieci neuronowych. Należałoby dokładnie określić przebieg badań z wyraźnym wskazaniem, jak zachowują się poszczególne mechanizmy i dokonać analizy uzyskanych rezultatów pod tym właśnie kątem;
2. Czy w ogóle zostały użyte sieci *transformers*, które cieszą się aktualnie wielką estymą wśród badaczy? Jeśli nie, to dlaczego omawiano je w Rozdziale 3? Podobnie w przypadku metod uczenia maszynowego;
3. Doktorantka nie zachowuje konsekwencji w systematyce używanych mechanizmów, o czym świadczy określenie „...*machine learning methods base on the deep recurrent network model...*” użyte na stronie 62;
4. Na stronie 20 wymienione są pola zainteresowania badaczy mających dostęp do odpowiednich baz danych, tj. *Computer-aided diagnosis and therapy* i *Therapeutic diagnosis*: jaka jest różnica pomiędzy tymi kierunkami badań?
5. Na rysunku 2.1 brak jest opisu jednego z liści przedstawionego tam drzewa;
6. W stosunku do rysunków 3.1 i 3.2 brak jest opisu niektórych oznaczeń zmiennych tam używanych;
7. Na rysunku 3.2 kontrowersyjny jest symbol węzła, gdzie spotykają się sygnały $h(t-1)$ i $x(t)$ (w elektrotechnice to jest zwarcie!);
8. We wzorach, np. (3.10), (3.11) Doktorantka używa znaku „*”, co raczej oznacza operację splotu (małe kółeczko też raczej nie jest spotykane dla oznaczenia mnożenia)

Powyższe uwagi nie umniejszają jednak znaczenia przeprowadzonych przez Doktorantkę badań w poszczególnych elementach składowych i ich znaczenia naukowego i praktycznego.

Odrębna uwaga dotyczy zdefiniowanej przez Doktorantkę tezy pracy, która została sformułowana w sposób utrudniający obiektywne zweryfikowanie jej potwierdzenia.

Określone na wstępie cele były jasne, co znacznie ułatwiło rozeznanie się czytelnika w poruszonym zagadnieniu.

Należy również skomentować stronę redakcyjną niniejszej pracy. W zasadzie jest ona poprawna, z wyjątkiem jednak dość nieczytelnego podziału na punkty w Rozdziale 3., w szczególności wewnątrz sekcji 3.2.1. Doktorantka dołożyła jednak wszelkich starań, aby lektura pracy nie była nieprzyjemna, praca jest dość przejrzysta.

Na podkreślenie zasługuje również obszerny wykaz pozycji bibliograficznych, które posłużyły Doktorantce jako wsparcie w swoich poszukiwaniach badawczych.

Stwierdzam w tym miejscu, że praca Pani mgr Stelli Maćkowskiej zatytułowana: *Methods of computer-aided diagnosis of people with eating disorders using elements of natural language processing* uzyskała u mnie pozytywną ocenę i może być przyjęta jako podstawa dopuszczenia do obrony pracy.

Uwagi końcowe

Z uwagi na pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr Stelli Maćkowskiej uważam, że jako Kandydatka do uzyskania stopnia naukowego doktora spełnia Ona wymagania stawiane przez odnośne przepisy osobom ubiegającym się o ten stopień naukowy w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. **Stawiam wniosek o dopuszczenie Pani mgr Stelli Maćkowskiej do obrony pracy doktorskiej.**

Podpisał Robert Cierniak (podpis odręczny)