

prof. dr hab. inż. Aleksander Byrski  
Wydział Informatyki  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
olekb@agh.edu.pl

Kraków 8.10.2023

## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Woldana pt. Hybrid deep learning structures for recommender systems**

Przedstawiona do recenzji manuskrypt pracy stanowi tekst w j. angielskim o zawartości ponad 70 stron, streszczenie w j. polskim, listy rysunków i tabel a także bibliografię zawierającą 87 pozycji. Doktorant w pierwszym rozdziale prezentuje ideę systemów rekomendacyjnych oraz wybrane aspekty ich budowy i działania. W drugim rozdziale Doktorant przedstawia motywację i cele, a w szczególności formułuje tezę rozprawy, która brzmi następująco: *The advancement of artificial intelligence methods has provided us with powerful tools to analyze complex data types with unprecedented efficiency. However, a significant challenge in the age of the universal Internet is adapting these methods effectively to offer personalized content to users. By introducing specific modifications, it is possible to adjust modern data analysis techniques to create effective recommendation systems that provide personalized and interpretable recommendations to users.* Kolejny rozdział poświęcony jest przedstawieniu wybranych technik uczenia głębokiego w zastosowaniu do budowy systemów rekomendacyjnych, wreszcie trzy rozdziały zostają poświęcone najważniejszym kontrybucjom Doktoranta, czyli opracowaniu interpretowalnego, hybrydowego systemu rekomendacyjnego, wizualnego systemu rekomendacji i opracowaniu systemu predykcyjnego pozwalającego na wizualną interpretację i rozumienie predykcji sieci. Na końcu zostało przedstawione podsumowanie.

Kontrybucją pracy do dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja niewątpliwie można określić opracowanie kilku nowatorskich metod, wykorzystujących algorytmy z obszaru uczenia maszynowego do implementacji systemów rekomendacyjnych. Ważnym celem określonym przez Doktoranta było nie tyle dbanie o efektywność opracowanych metod co o interpretowalność, co wpisuje się w aktualne trendy obserwowane w AI.

Pierwszym systemem zaproponowanym przez Doktoranta jest system rekomendacyjny odwzorowujący profil użytkownika z wykorzystaniem metod neuronowych a w szczególności głębokiego uczenia. Hybrydowa struktura systemu (łącząca podejścia content-based i collaborative filtering) dostosowana do pracy zarówno na atrybutach

nominalnych jak i nienominalnych umożliwiła osiągnięcie wysokiej skuteczności i mitygacji problemu zimnego startu, przy zachowaniu interpretowalności - po przedstawieniu rankingów można zinterpretować kolejność rekomendowanych pozycji. Właściwość ta jest badana przy użyciu danych z bazy MovieLens 20M. Dodatkowo wykorzystano wizualizację t-SNE do oceny podobieństwa między przetwarzanymi punktami, przedstawiono też przykłady interpretacji takich wizualizacji.

Drugi skonstruowany system wykorzystuje mechanizm uwagi w celu wyróżnienia najbardziej istotnych obszarów przetwarzanych obrazów poddawanych klasyfikacji przez sieć konwolucyjną. Eksperymenty zostały zrealizowane z wykorzystaniem bazy Zappos50K. Kluczowe cechy obrazu identyfikowane są dzięki mechanizmowi uwagi generowanemu przez strukturę autoenkodera. Klasyfikator wskazuje najważniejsze z punktu widzenia działania obszary obrazów pozwalając na wyodrębnienie charakterystycznych cech każdej klasy.

Następnie Dyplomant skoncentrował się na analizie metody Occlusion Sensitivity w szczególności ustalonego rozmiaru okna. Analiza dała efekt w opracowaniu algorytmu rekurencyjnego wyszukiwania obrazu umożliwiającego generowanie obszarów uwagi o różnej wielkości poprawiając oryginalną metodę Occlusion Sensitivity. Ponadto algorytm został zaprojektowany z myślą o wykorzystaniu obliczeń równoległych. Testy Doktorant przeprowadził wykorzystując bazę MS COCO 2017 oraz model EfficientNetB7 wstępnie wytrenowany na wspomnianej bazie. Ta sieć ma możliwość generacji wielu klas dla pojedynczego obiektu, a przy wykorzystaniu rekurencyjnego algorytmu Occlusion Sensitivity wygenerowano zestaw obszarów uwagi dla każdego obrazu pozwalając na uchwycenie najbardziej charakterystycznych jego części.

W tym samym rozdziale Doktorant podjął się omówienia ograniczeń metody GradCAM w szczególności dotyczących obliczania kierowanego gradientu (koncentrujące się wyłącznie na wartościach dodatnich) i zaproponował jej modyfikację obejmującą analizę niezerowych gradientów (zarówno wartości dodatnich jak i ujemnych). Opracowana modyfikacja umożliwia interpretację działania sieci neuronowej badając gradienty obliczone w trakcie wstecznej propagacji błędów. Wykorzystanie zmodyfikowanej metody GradCAM pozwala na wizualizację działania sieci i wspiera realizację procesów decyzyjnych, co może być szczególnie zyskowne dla zastosowań medycznych. Doktorant na końcu rozdziału przedstawia rozważania wykorzystując dostępne obrazy diagnostyczne w kierunku COVID-19.

Przedstawiona rozprawa zgodnie z powyżej przytoczonymi faktami wnosi do stanu wiedzy dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja szereg algorytmów użytecznych dla konstruowania systemów rekomendacyjnych - co do tego nie ma żadnych wątpliwości. Nie jest ona jednak wolna od błędów i niedociągnięć, w szczególności jako wyraźną wadę

należy wskazać powierzchowne wykorzystanie kanonicznej metody naukowej. Doktorant co prawda stawia we wstępie tezę przytoczona na początku niniejszej recenzji, jednak później już się do niej nie odnosi (w tym nie ma o niej słowa w konkluzji) i czytelnikowi pozostawia analizę, na ile została dowiedziona. Co więcej, podejście do konstrukcji nowych algorytmów wymaga identyfikacji niedociągnięć w stanie wiedzy (co też w zasadzie Doktorant czyni) a następnie wskazanie, na ile zostały one poprawione. Przytaczanie samych wartości ogólnych wskaźników takich jak precision, recall, F1 score, nawet jeśli zbliżają się do wartości optymalnych (co często można obserwować w przedstawionej do recenzji pracy), bez porównania z algorytmami referencyjnymi tam gdzie jest to możliwe, wywołuje poważny niedosyt. Co prawda np. w przypadku analizy Occlusion Sensitivity czy algorytmu GradCAM Doktorant przytacza wyniki oryginalnych algorytmów, co umożliwia na pewnego rodzaju jakościową ocenę poprawy, ale nie podejmuje On próby zdefiniowania jakiegokolwiek metryki ilościowej. Analiza wyników porównania z wykorzystaniem takich metryk oraz poddanie ich poprawnej obróbce statystycznej pozwoliłyby na upewnienie się co do faktycznego osiągnięcia celów pracy przez Doktoranta. Tego typu niedociągnięcia obserwowane są w zasadzie dla wszystkich przedstawionych algorytmów.

Życzyłbym sobie aby w czasie obrony Doktorant na tyle na ile będzie to możliwe postarał się przedstawić ilościowe porównania proponowanych przez siebie algorytmów (dla których będzie to możliwe) z wybranymi algorytmami referencyjnymi.

Pozwolę sobie przytoczyć jeszcze pomniejszych uwagi krytyczne, które nie na tyle istotne aby wymagać ich poprawy - struktura pracy jest trochę chaotyczna i miejscami nie przypomina klasycznej struktury pracy naukowej, niektóre podsekcje są za krótkie, choćby 1.2.4, 1.2.5, 1.26 - w takich rozdziałach lepiej zastosować nazwane akapity (paragraph w Latex) zamiast numerować podsekcje. Zawartość rozdziału 3 nadaje się bardziej na dodatek do pracy niż na umieszczenie w tekście głównym gdyż koncentruje się na aspektach technicznych. Inny szczegółowy przykład niezręcznie opracowanej sekcji to 1.2.10 - tego typu rozważania techniczne również powinny być przeniesione do dodatków lub ewentualnie umieszczone na początku opisu badań eksperymentalnych.

Podsumowując, zgodnie z obowiązującą ustawą, *rozprawa doktorska (...) powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej (...) oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (...)*. Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia przytoczone wymagania, gdyż Doktorant opracował on szereg nowatorskich algorytmów w obszarze uczenia maszynowego ze szczególnym zastosowaniem do konstrukcji systemów rekomendacyjnych i przetestował ich działanie (choć sam proces testowania mógłby być zdecydowanie rozszerzony, o czym wspomniałem powyżej). Przytoczone elementy tła osadzonego w stanie wiedzy świadczą o Jego wiedzy fachowej

(co również potwierdza jego dorobek publikacyjny - 9 publikacji w bazie DBLP z czego w trzech Doktorant jest pierwszym autorem), zaś kreatywność w tworzeniu modyfikacji elementów systemów rekomendacyjnych pozwala na stwierdzenie, że jest On gotowy do prowadzenia badań naukowych już raczej we współpracy z innymi naukowcami niż pod ich bezpośrednią opieką.

Biorąc pod uwagę przytoczone powyżej obserwacje, zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Częstochowskiej z wnioskiem o dopuszczenie mgr inż. Piotra Woldana do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora nauk technicznych.