

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

Warszawa, 19 grudnia 2017 r.

D z i e k a n a t

Uprzejmie informuję, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej odbędzie się w dniu 9 stycznia 2018 r. publiczna obrona rozprawy doktorskiej

mgr inż. Bartłomiej Twardowski

temat: Algorithms for Ranking of Top-N Recommendations from Implicit User Feedback and Ephemeral Items”.

promotor – prof. dr hab. inż. Mieczysław Muraszkiwicz z Politechniki Warszawskiej

recenzenci:

prof. dr hab. inż. Jacek Koronacki z Instytutu Podstaw Informatyki PAN

dr hab. inż. Dariusz Mrozek z Politechniki Śląskiej

Obrona odbędzie się w dniu 9 stycznia 2018 r. w sali 116 na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych – Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19; początek godz. 11.00.

Po adresie: www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje zapewniony jest na stronie Wydziału dostęp do tekstów streszczenia rozprawy i recenzji, jak również do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

Mgr inż. Bartłomiej Twardowski
Promotor- prof. dr hab. inż. Mieczysław Muraszkiewicz

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Algorithms for ranking of Top-N recommendations from implicit user feedback and ephemeral items”

„Algorytmy rankingu Top-N rekomendacji bazujących na niejawniej opinii użytkowników oraz efemerycznych ofertach”

Streszczenie:

Praca poświęcona jest systemom rekomendacji bazującym na niejawniej opinii użytkowników, gdzie predykcją jest ranking N najlepszych ofert. W badaniach skupiono się na ofertach efemerycznych, które nie mają stałej reprezentacji w systemie.

W pracy zaproponowano podejście rekomendacji kontekstowej bazującej na sesji użytkownika, gdzie sam użytkownik nie jest identyfikowany, a o jego preferencjach świadczą zdarzenia w bieżącej sesji. Zaprezentowany został model sesji użytkownika, który umożliwia użycie dodatkowych zdarzeń wraz z danymi kontekstowym w procesie rekomendacji. Zidentyfikowany i opisany został problem ofert efemerycznych oraz metody które są wykorzystywane przy jego występowaniu.

Następnie zaproponowano dwa algorytmy rekomendacji bazujących na sesjach użytkowników dla ofert efemerycznych. Jako punkt odniesienia obrano algorytmy rekomendacyjne bazujące na treści oferty.

Pierwszy przedstawiony algorytm bazuje na metodzie faktoryzacji macierzy, która została użyta przy modelowaniu rzadkich interakcji pomiędzy sesją użytkownika a cechami oferty. W tej metodzie reprezentacja sesji jest agregacją danych z sekwencji zdarzeń, gdzie funkcja agregacji musi być sprecyzowana explicite.

Druga metoda wykorzystuje sztuczne sieci neuronowe i automatyzuje proces reprezentacji sesji. W metodzie tej wykorzystano jednocześnie dwa typy sieci neuronowych: rekurencyjne oraz jednokierunkowe. Sieci rekurencyjne użyto w celu uczenia maszynowego reprezentacji sesji z sekwencji zdarzeń w czasie, zaś sieci jednokierunkowe jako finalnego estymatora. W obu przedstawionych algorytmach podczas etapu uczenia maszynowego wykorzystano rankingowe funkcje straty.

W celu weryfikacji zaproponowanych metod przeprowadzono eksperymenty na czterech zbiorach danych. Zaprezentowano protokół ewaluacyjny dla systemów rekomendacji bazujących na sekwencji zdarzeń uporządkowanych w czasie. Wyniki potwierdziły użyteczność obu metod a ich charakterystyka została zaprezentowana w serii analiz.

Słowa kluczowe:

systemy rekomendacji, ranking top-n rekomendacji, rekomendacje bazujące na sesji użytkowników, faktoryzacja macierzy, rekurencyjne sieci neuronowe, rekomendacje ofert efemerycznych

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Bartłomieja Twardowskiego
„Algorithms for Ranking Top-N Recommendations
from Implicit User Feedback and Ephemeral Items”**

Niniejsza recenzja ma postać zgodną z kwestionariuszem przesłanym przez Pana Dziekana WEiTI PW – stanowi zatem zestaw odpowiedzi na kolejne pytania zawarte w tym kwestionariuszu.

1. Rozprawa miała za cel wykazanie, że dobrze pomyślany kontekstowy system rekomendacyjny, bazujący na zdarzeniach z bieżącej sesji niezidentyfikowanego użytkownika oraz dostarczający listę najlepszych ofert o zadanej liczności, potrafi dobrze opisać krótkoterminowe preferencje użytkownika i – więcej – przewyższyć pod względem jakości systemy bazujące na treści ofert. Autor skupił się na problemie rekomendacji, gdy oferty mają charakter efemeryczny, a zatem nie mają stabilnej reprezentacji w systemie.

Badania nad systemami rekomendacyjnymi oraz ich projektowanie trwa od lat, ale tematyka ta jest ciągle „gorąca” – cieszy się ogromnym zainteresowaniem biznesu oraz potencjalnych użytkowników, jest dalece nietrywialna i przeto otwiera przed badaczami i projektantami coraz to nowe wyzwania.

Zagadnienie rozpatrywane w rozprawie zostało jasno sformułowane i szeroko potraktowane – od części teoretycznej, zawierającej oryginalne propozycje dwóch algorytmów rekomendacyjnych z ciekawym modelem sesji użytkownika, po eksperymentalne wykazanie, że zaproponowane systemy rekomendacyjne dla ofert efemerycznych, bazujące na sesjach użytkowników, są lepsze od już wspomnianych podejść bardziej tradycyjnych.

2. Analizy stanu wiedzy w chwili podejmowania własnych badań dokonał Doktorant w trzech pierwszych rozdziałach oraz podrozdziałach 4.4 i 5.5 rozprawy, przy czym rozdział trzeci zawiera już po części materiał oryginalny. Najpierw bardzo ładnie – wyczerpująco i szeroko, ale w zwarty sposób – przedstawił tło problemu, w tym różne typy systemów rekomendacyjnych, sposoby ewaluacji systemów, problem bazowania na niejawnej opinii użytkowników oraz problem danych efemerycznych. Uważam, że erudycja Doktoranta jest w obszarze go interesującym imponująca. Zawartość tej całości jest dobrym uzasadnieniem celowości postawienia głównego zadania rozprawy.

3. Bardzo wysoko oceniam zaproponowane przez mgra Twardowskiego systemy rekomendacyjne. Doktorant głęboko wniknął w specyfikę problemów, które musi pokonać pomysłodawca, by jego system w sposób spójny je pokonał. Dobrze scharakteryzowawszy te problemy, wybrał bardzo dobre, adekwatne do potrzeb technologii, na których oparł swoje dwa systemy.

Pierwszy z zaproponowanych systemów ma za fundament metodę faktoryzacji macierzy – p. rozdz. 4. Najogólniej mówiąc, wymieniona metoda pozwala sobie poradzić z problemem rzadkości zdarzeń. Metoda ta jest szeroko stosowana w kontekście systemów rekomendacyjnych, ale nigdy nie była zastosowana tak dojrzałe, jak to uczynił mgr Twardowski. Doktorant zaproponował modelowanie rzadkich interakcji pomiędzy sesją użytkownika a poszczególnymi cechami (atrybutami) oferty. Reprezentacja sesji powstaje w wyniku agregacji danych z sekwencji zdarzeń, przy czym funkcja agregacji musi być *explicite* zadana.

Drugi z zaproponowanych systemów ma za swój fundament ideę głębokiego uczenia się (*deep learning*) – p. rozdz. 5. System składa się z dwóch części. Pierwsza w sposób automatyczny produkuje reprezentację sesji z sekwencji zdarzeń w czasie. Służy do tego rekurencyjna sieć neuronowa. Drugą część, czyli właściwy estymator (predyktor) stanowi jednokierunkowa sieć neuronowa. I to rozwiązanie jest oryginalne oraz bardzo, jeśli nie wyjątkowo, obiecujące.

Co ważne i jak najbardziej właściwe, w obu systemach na etapie ich uczenia się wykorzystano rankingowe funkcje straty. Nadto, w nowatorski sposób wykorzystano informacje kontekstowe.

To, co dotąd napisałem, świadczy o dojrzałym i oryginalnym rozwiązaniu zasadniczej części zadania, jakie sobie postawił Doktorant – zaproponowania systemów mających dużą szansę przewyższenia innych systemów. Rzeczona wyższość została wykazana w rozdziale 6 – obszernym, zawierającym szczegółową, wielostronną i trafną analizę eksperymentalną opartą na dobrze przemyślanym protokole ewaluacyjnym.

4. W poprzednim punkcie przedstawiłem już oryginalne propozycje mgra Twardowskiego, jak też uzasadniłem konkluzję, iż propozycje te stanowią ciekawy i wartościowy, ważny krok w rozwoju systemów rekomendacyjnych.

5. Całość skomponowana jest logicznie, zredagowana jasno i kompetentnie. Znalazłem tylko dwa drobne wyjątki od tej reguły:

- Moim zdaniem ani pierwsze, ani drugie sformułowanie problemu podane na s. 16 nie jest w istocie takowym, czyli rzeczywiście pełnym przedstawieniem problemu. Brakuje chyba wyjaśnienia wedle jakiego kryterium szukać przybliżenia, które „most accurately predicts ratings for unknown items” (pomijając to, że nie o jakieś nieznanne oferty tu chodzi), albo wedle jakiego mechanizmu rozwiązanie „donates values for [the] missing ones”.

- W tabeli 6.1 podaje się wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe długości sesji; nawet bez eksperymentalnego rzeczy sprawdzenia trudno nie spodziewać się, iż

rozkłady takich długości są wyraźnie skośne. Ale jeśli tak, to obydwie charakterystyki nie mówią wiele o owej długości.

Jak to już napisałem wcześniej, uzyskane wyniki zostały moim zdaniem przedstawione bardzo przekonująco.

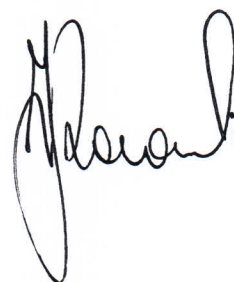
6. Jedynej słabości upatruję w angielszczyźnie. Jest doskonale zrozumiała, miejscami – a nawet często – ładna, ale zdarzają się zdania niezręcznie sformułowane albo niewolne od usterek gramatycznych. Autor nie radzi sobie z właściwym używaniem przedimków. Dobrą ilustracją takich trywialnych usterek jest już sformułowanie zasadniczego celu rozprawy:

Implicit user feedback from the current user session events better capture[s] a[no “a” here] user’s short-term preferences and outperforms content-based filtering methods in [the] task of top-N items recommendations to anonymous users.

Tego typu usterek jest w rozprawie moc. Większość z nich zaznaczyłem w pliku pdf rozprawy, który przekazałem Doktorantowi.

7. Przydatność rozprawy oceniam wysoko – zaproponowane systemy można ulepszyć, jak wszystkie i wszystko. Sam Doktorant ma takie plany (rozdz. 7), ale już w tej chwili mamy przed sobą dojrzałe i konkurencyjne demonstratory technologii, będące zarazem dojrzałym i oryginalnym osiągnięciem naukowym.

8. (d) Rozprawa mgr inż. Bartłomieja Twardowskiego bez wątpienia spełnia wymagania nakładane przez odnośną ustawę, i to nawet z pewnym nadmiarem.



Gliwice, 8 września 2017

Dr hab. inż. Dariusz Mrozek
Instytut Informatyki
Politechnika Śląska w Gliwicach
ul. Akademicka 16
44-100 Gliwice

RECENZJA

rozprawy doktorskiej dla
Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechniki Warszawskiej

Tytuł rozprawy: Algorithms for Ranking of Top-N Recommendations from Implicit User Feedback and Ephemeral Items

Autor rozprawy: mgr inż. Bartłomiej Twardowski

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)?

Przedstawiona przez Pana Bartłomieja Twardowskiego rozprawa doktorska w ogólnym ujęciu jest poświęcona eksploracji zachowań i preferencji użytkowników w sieci Internet, a konkretnie systemom i algorytmom rekomendacji działającym w oparciu o niejawną informację zwrotną pozyskiwaną z bieżącej, internetowej sesji użytkownika i zarejestrowanych w niej zdarzeń. Wprowadzenie do problematyki systemów rekomendacji, motywacja prowadzonych badań w tym obszarze, a wreszcie sama teza rozprawy zostały sformułowane w sposób jasny i wyczerpujący. Charakter rozprawy określiłbym jako częściowo:

- teoretyczny – Autor zaprojektował dwa algorytmy rekomendacji oparte o analizę sesji internetowej dla ofert efemerycznych;
- eksperymentalny – Autor przeprowadził szereg badań potwierdzających słuszność przyjętych rozwiązań algorytmicznych;
- po części również wdrożeniowy – przeprowadzono badania na istniejących, rzeczywistych danych aukcyjnych, a same algorytmy i rozwiązania w zakresie kodowania i reprezentacji informacji powstałe w ramach rozprawy mogą być z powodzeniem stosowane w realnie działających internetowych systemach sprzedaży lub wymiany dóbr materialnych.

Świadczy to w mojej opinii na korzyść przedstawionej pracy.

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

Analiza światowej literatury i bieżącego stanu wiedzy w omawianym obszarze zostały przeprowadzone w sposób właściwy i świadczą o dostatecznej wiedzy Autora w tej dziedzinie. Zawartość rozprawy, przegląd metod i różnorodnych podejść stosowanych w systemach rekomendacji, potwierdza, iż Autor posiada szeroką wiedzę w zakresie pierwotnych i bieżących trendów w zakresie tworzenia tego typu systemów, a także zna ich zalety i słabości. W rozprawie zacytowano łącznie 190 pozycji literaturowych, z których zdecydowana większość dotyczy tworzenia i działania systemów rekomendacji. Pierwsze rozdziały rozprawy wprowadzają przegląd i klasyfikację systemów rekomendacji, do której Autor nawiązuje w kolejnych rozdziałach, następnie Autor porusza problem tworzenia rankingów N najlepszych ofert, problem pozyskiwania preferencji użytkownika w postaci jawnej i niejawnej informacji zwrotnej, wreszcie ewaluacji systemów rekomendacji. Szczególną uwagę zwraca Autor na problem ekstrakcji niejawnej informacji zwrotnej, mogącej świadczyć o preferencjach użytkowników, z bieżącej sesji internetowej, a także na przedmiotach bądź ofertach o charakterze efemerycznym, które nie posiadają stałej reprezentacji w systemie. Przeprowadzony przez Autora przegląd wiedzy w tym zakresie pozwolił mu w sposób jasny i przekonujący sformułować wnioski, w tym m.in. określić problemy systemów rekomendacji działających w wybranych obszarach.

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

W swoich pracach Autor sięgnął do rozwiązań systemów rekomendacji klasy *Context Aware*, które prowadzą proces rekomendacji nie tylko w oparciu o interakcję pomiędzy użytkownikiem a przedmiotem oferty, ale uwzględniają również pewną dodatkową informację środowiskową, pewien kontekst. Kontekst ten, który w przedstawionych pracach tworzą zdarzenia zidentyfikowane w bieżącej sesji internetowej, pozwala dodatkowo na interpretację bieżącej rzeczywistości, w ramach której rekomendowane są przedmioty. Na podstawie lektury rozprawy można stwierdzić, iż postawione w rozprawie zagadnienie rekomendacji, przy istniejących ograniczeniach związanych z bieżącą sesją połączeniową oraz ulotnością ofert, zostało rozwiązane w sposób właściwy. Autor osiągnął to poprzez: 1) identyfikację i odpowiednią reprezentację przedmiotów podlegających rekomendacji, 2) odpowiednie zakodowanie cech bieżącej sesji internetowej, 3) eksperymentalny dobór odpowiednich algorytmów predykcji/rekomendacji. W przedstawionej rozprawie Autor zaproponował dwa algorytmy rekomendacji bazujące na treści oferty. W pierwszym algorytmie do modelowania rzadkich interakcji pomiędzy sesją użytkownika a cechami oferty użyto metody faktoryzacji macierzy. Natomiast w drugim algorytmie użyto dwóch rodzajów sieci neuronowych – sieci rekurencyjnych, dzięki czemu Autorowi udało się zautomatyzować proces reprezentacji sesji na podstawie sekwencji zdarzeń w czasie, a także sieci jednokierunkowych do generowania końcowych rekomendacji.

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?

Przedstawiona rozprawa stanowi bardzo dobre uzupełnienie bieżącego stanu wiedzy światowej w zakresie rekomendacji prowadzonej w oparciu o sekwencję zdarzeń zidentyfikowanych w bieżącej sesji połączeniowej dla przedmiotów/ofert o charakterze efemerycznym, a więc przy istnieniu istotnych ograniczeń. Ograniczenia, o których mowa, pojawiają się jednak w rzeczywistych systemach, w których rekomendacja właściwej oferty ma istotne znaczenie decydujące o sukcesie sprzedaży. Pan Bartłomiej Twardowski zaproponował dwa nowatorskie algorytmy w zakresie rekomendacji działające o istniejące metody faktoryzacji macierzy i sztuczne sieci neuronowe, a także przeprowadził proces ich wnikliwej oceny. **Opracowanie tych algorytmów uważam za istotne osiągnięcie Autora i zaliczam do oryginalnych wyników przedstawionych w rozprawie.** Do oryginalnych osiągnięć Autora należy również zaliczyć zaproponowaną reprezentację obiektu sesji internetowej w postaci kolekcji ukrytych cech, automatyzację sposobu reprezentacji kontekstu sesji z wykorzystaniem rekurencyjnych sieci neuronowych oraz podjęcie tematu i sposób przetwarzania obiektów efemerycznych. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych zostały opublikowane w 4 publikacjach w liczących się w dziedzinie informatyki wydawnictwach (m.in. Springer, IEEE Press, ACM) i zaprezentowane na międzynarodowych konferencjach naukowych, co świadczy o istotności podjętego problemu oraz wyraźnym wkładzie Pana Bartłomieja Twardowskiego w rozwój tego obszaru informatyki.

5. Czy Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawiania uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Realizując pracę Pan Bartłomiej Twardowski wykazał dobre opanowanie umiejętności przedstawiania uzyskanych przez siebie wyników. Same idee zostały zaprezentowane w sposób jasny, klarowny, sformalizowany i poparty przykładami, i co niezwykle istotne, poprzedzone szeroką analizą rozwiązań dotychczas zaprezentowanych na światowym forum naukowym. O ile forma prezentacji nie budzi większych zastrzeżeń, uważam, że dobrze byłoby gdyby Autor rozprawy czasem podkreślił i wyraźnie uwypuklił gdzie kończą się uwagi i analiza istniejących podejść, a rozpoczynają się własne rozwiązania problemu. Uwaga ta dotyczy głównie rozdziałów 4 i 5, w których Pan Bartłomiej Twardowski prezentuje autorskie podejście do modelowania kontekstu sesji z wykorzystaniem metody faktoryzacji rzadkich macierzy interakcji *sesja-oferta* i sztucznych sieci neuronowych. Oceny skuteczności metod dokonano przy użyciu zaproponowanego przez Autora protokołu ewaluacyjnego i czterech rzeczywistych zbiorów pochodzących z systemów aukcyjnych platformy Allegro i Avito, z których wyekstrahowano cechy istotne dla prowadzenia procesu rekomendacji kontekstowej. Wyniki oceny skuteczności zostały przeanalizowane i skomentowane w rozdziale 6 przedłożonej rozprawy pokazując, że dodanie informacji kontekstowej do procesu rekomendacji przynosi znaczącą poprawę wyników w stosunku do metod referencyjnych. Od strony redakcyjnej praca w większości jest napisana w dobrym stylu i czyta się ją z łatwością, chociaż znalazłem w niej również kilka błędów stylistycznych i gramatycznych. Wśród krytycznych uwag odnośnie strony redakcyjnej wspominałbym o braku opisu osi niektórych wykresów w rozdziale 6 oraz o niepełnych danych literaturowych w wielu pozycjach cytowanej bibliografii.

6. Słabe strony rozprawy i jej główne wady?

O ile praca jest bardzo ciekawa i dotyczy istotnych problemów działających systemów oferujących dobra materialne swoim użytkownikom, o tyle w moim osobistym odczuciu pewien niedosyt pozostawiają dwie kwestie:

- 1) W swojej rozprawie Pan Bartłomiej Twardowski wspomina kilkakrotnie o implementacji i wykonaniu zaproponowanych algorytmów na urządzeniach GPU. Szkoda, że Autor nie przedstawił i nie omówił, co stoi za takim wyborem, a zatem, jak można się domyślać, problemów związanych z wydajnością zaproponowanych metod dla testowanych przypadków i zbiorów danych wejściowych. Kontynuując dalej, w rozprawie brakuje nieco więcej szczegółów implementacyjnych. Zrównoleglenie obliczeń na urządzeniach GPU jest niezwykle interesujące, powstają zatem pytania – jak zorganizowane były dane, które trafiały do urządzenia GPU? Czy i ewentualnie jak wykorzystano różne rodzaje pamięci urządzenia? I co istotne, jak zastosowanie urządzeń GPU wpłynęło na szybkość prowadzenia procesu rekomendacji?
- 2) Przydałyby się również krótkie wnioski na temat potencjalnego zastosowania każdej z zaproponowanych metod (opartych na faktoryzacji macierzy i sztucznych sieciach neuronowych) w pewnych klasach problemów bądź obszarach, w których prowadzony jest lub może być proces rekomendacji.

Obie uwagi nie mają charakteru znacząco krytycznego. Należy je raczej traktować jako przyczynek do szerszej dyskusji, która mogłaby się wywiązać podczas obrony niniejszej rozprawy.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Uważam, że przedłożona rozprawa doktorska Pana Bartłomieja Twardowskiego wpisuje się w bieżące problemy istniejących i działających na rynku systemów informatycznych. Uwzględnienie kontekstu poszukiwania i niejawnych informacji o zdarzeniach pozyskiwanych z zapytań sesji internetowej pozwoliło Autorowi na zwiększenie dokładności i szybkości procesu predykcji potencjalnych ofert bądź przedmiotów, którymi mógłby być zainteresowany, w stosunku do istniejących rozwiązań opublikowanych w światowej literaturze, co przekłada się bezpośrednio na tworzenie lepszych i bardziej trafnych rekomendacji. W ten sposób zaproponowane algorytmy rozszerzają spektrum istniejących metod stosowanych w systemach rekomendacji, a także zakres danych oraz źródeł danych branych pod uwagę podczas prowadzenia procesu rekomendacji. Potwierdzają to publikacje, których Pan Bartłomiej Twardowski jest autorem lub współautorem, opublikowane przez wiodące wydawnictwa, takie jak Springer, IEEE Press, ACM.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy

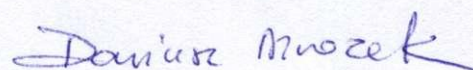
b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania

c/ spełniająca wymagania

d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem

e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Reasumując, bardzo dobre wyniki osiągnięte przez Pana Bartłomieja Twardowskiego w trakcie realizowanych przez niego badań pozwalają potwierdzić główną tezę rozprawy przedstawioną w rozdziale 1. Wyniki badań pokazują, że metody zaproponowane przez Pana Bartłomieja Twardowskiego mogą przyczynić się do znaczącej poprawy jakości prowadzonych rekomendacji w systemach tego typu. Wartość tych metod została dostrzeżona przez środowisko naukowe. Uważam zatem, że **przedstawiona rozprawa z wyraźnym nadmiarem spełnia wymagania (d)** stawiane rozprawom doktorskim określone w obowiązujących przepisach. Wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.



Dr hab. inż. Dariusz Mrozek
Instytut Informatyki
Politechnika Śląska w Gliwicach