

*dr hab. inż. Mikołaj Morzy*

Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej

ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań

Mikolaj.Morzy@put.poznan.pl

## Recenzja rozprawy doktorskiej dla Rady Wydziału Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji Akademii Górniczo-Hutniczej

Tytuł rozprawy: Exploring Group Dynamics in Social Media

Autor rozprawy: Bogdan Gliwa

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

Recenzowana rozprawa dotyczy metod analizy dynamiki formowania się i ewolucji grup w sieciach społecznościowych. W rozprawie zaprezentowano zarówno nowatorski algorytm wyznaczania grup oraz identyfikowania atomowych zdarzeń związanych z ewolucją grup, jak i opracowano cały szereg dodatkowych narzędzi badawczych na potrzeby analizowanych problemów. W szczególności Autor rozprawy zaproponował nową miarę oceny jakości podziału zbioru wierzchołków na zmieniające się w czasie grupy, a także zaprojektował test wzorcowy (ang. *benchmark*), przy pomocy którego porównuje różne warianty algorytmów identyfikacji grup w sieciach społecznościowych. Wprowadzone przez Autora metryki i algorytmy zostały poddane wyczerpującym i starannie zaprojektowanym eksperymentom, których wyniki jednoznacznie potwierdzają użyteczność i efektywność przedstawionych w rozprawie propozycji. Praca ma charakter oryginalny, ciekawy, zaprezentowane badania są, w mojej opinii, wolne od błędów metodologicznych, a wysnuwane przez Autora konkluzje uważam w większości za trafne i uzasadnione.

Problem identyfikacji grup, zwanych również społecznościami (ang. *communities*), był rozważany w obszarze teorii grafów od lat. Także socjologia i psychologia doceniają wagę i znaczenie identyfikacji grup społecznych jako istotnych czynników wpływających na zachowania poszczególnych osobników, choćby poprzez mechanizm dostosowywania się do norm grupowych. Dopiero jednak eksplozja społecznościowych systemów informatycznych, jaką obserwujemy na przestrzeni ostatnich lat, pozwoliła badaczom zgromadzić odpowiednio bogate zbiory danych, które umożliwiają badanie zachowań poszczególnych grup społecznych w wirtualnej rzeczywistości. W kontekście recenzowanej rozprawy istotnym czynnikiem jest dostępność danych rozciągniętych w czasie, dane takie pozwalają obserwować zachowania indywidualnych aktorów w szerszym horyzoncie czasowym, a w konsekwencji pozwalają obserwować zdarzenia związane z długofalowym

cyklem życia grup społecznych. Należy też podkreślić, że omawiany problem badawczy jest ciekawy nie tylko z teoretycznego, ale także praktycznego punktu widzenia. W świetle aktualnego stanu wiedzy w obszarze analizy i eksploracji sieci społecznościowych, w szczególności w obszarze analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych, uważam, że przedstawione w rozprawie rozwiązania mają charakter oryginalny, dobrze wpisują się w bieżące kierunki badań, a także stanowią ważny cel badań naukowych, spełniający wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Rozprawa jest napisana w języku angielskim i liczy, wraz z bibliografią, 193 strony. Do rozprawy dołączono także krótkie streszczenie w języku polskim oraz syntetyczny wykaz bieżącego dorobku naukowego Autora. Na rozprawę składa się sześć rozdziałów oraz listy umieszczonych w rozprawie rycin, tabel i schematów algorytmów. Bibliografia liczy 236 pozycji, w tym aż szesnaście prac których autorem lub współautorem jest Bogdan Gliwa. W rozdziale 1 Autor wprowadza czytelnika w zagadnienia poruszane w rozprawie, formułuje tezę pracy oraz jednoznacznie określa swój oryginalny wkład badawczy. Rozdział 2 stanowi wprowadzenie do tematyki analizy sieci społecznościowych, ze szczególnym naciskiem położonym na zagadnienie identyfikacji grup i społeczności. W tym rozdziale Autor wprowadza używane dalej w rozprawie oznaczenia i definicje. W rozdziale 3 przedstawiono aktualny stan wiedzy w obszarze analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych oraz przedstawiono opisane w literaturze przedmiotu rozwiązania dla problemów ewolucji grup, wizualizacji grup, a także predykcji zdarzeń w cyklu życia grup w sieciach społecznościowych. Rozdział kończy bardzo pobieżny opis technik eksploracji tekstu. Główny wkład własny Autora został przedstawiony w rozdziałach 4 i 5. Rozdział 4 wprowadza nową metodę analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych, nazwaną przez autora SGCI i porównuje zaproponowaną metodę z metodami znanymi z literatury. W tym samym rozdziale Autor wprowadza nową metrykę GEM do oceny jakości podziału wierzchołków na grupy (z perspektywy ewolucji grup w czasie, ich wewnętrznej spójności, trwałości, itp.) oraz przedstawia propozycję nowego testu wzorcowego GevBen, którego celem jest bardziej wyczerpująca ocena metod podziału sieci społecznościowych na grupy, z uwzględnieniem aspektu ewolucji grup w czasie. Zaproponowany test wzorcowy jest także porównany z testami używanymi wcześniej przez badaczy. W drugiej części rozdziału 4 Autor przedstawia problem predykcji zdarzeń cyklu życia grupy oraz opisuje popularną metodę identyfikacji tematów w zbiorach dokumentów bazującą na alokacji ukrytej zmiennej Dirichleta (ang. LDA). Rozdział 5 poświęcono prezentacji wyników przeprowadzonych eksperymentów. Eksperymenty zrealizowano zarówno na danych syntetycznych, w tym danych generowanych przez test wzorcowy GevBen, oraz na dużych zbiorach danych rzeczywistych. Poszczególne podrozdziały przedstawiają omówienie eksperymentów związanych z oceną metod podziału sieci na grupy, metod identyfikacji zdarzeń w cyklu życia grup, metod predykcji zdarzeń w cyklu życia grup, oraz metod analizy tematów występujących w grupach. Pracę kończy rozdział 6 zawierający krótkie podsumowanie oraz wskazanie możliwych przyszłych kierunków badań.

**Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle, świadczący o dostatecznej wiedzy autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Przedstawieniu aktualnego stanu wiedzy poświęcony jest cały rozdział 3. Autor szczegółowo omawia problem analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych oraz podaje liczne odnośniki literaturowe. Dobór literatury jest, w mojej opinii, trafny i kompletny, nie zauważyłem pominięcia żadnej powszechnie znanej metody. Oprócz opisanego poszczególnych metod Autor porównuje je na wzajem i wskazuje na ich braki lub uproszczone założenia - służy to zarówno jako informacja dla czytelnika, ale i uzasadnienie konieczności opracowania nowych metod analizy dynamiki grup. Podobnie rzecz ma się z metodami oceny algorytmów analizy dynamiki grup. Tutaj także Autor podaje główne metryki i dyskutuje ich zalety i wady, przekonująco argumentując konieczność opracowania nowej metryki. W przeciwieństwie do dwóch pierwszych zagadnień (algorytmy analizy dynamiki grup i metody oceny tych algorytmów), problemy wizualizacji grup, przewidywania zdarzeń związanych z cyklem życia grup, oraz obszar analizy i eksploracji tekstu w mediach społecznościowych zostały potraktowane bardzo skrótowo. Szczególnie przedstawienie aktualnego stanu wiedzy w obszarze analizy i eksploracji tekstu rozczarowuje, jest to temat bardzo obszerny i aktywnie rozwijany, zaś Autor ogranicza się do wymienienia kilku najbardziej fundamentalnych zagadnień. Jest to zresztą problem szerszy i związany z niepotrzebnym, moim zdaniem, włączeniem tego tematu do rozprawy, do czego powrócę w dalszej części recenzji.

Zapoznanie się z rozprawą nie pozostawia żadnych wątpliwości odnośnie wiedzy Autora w zakresie problematyki opisywanej w rozprawie. Autor swobodnie porusza się w obszarze analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych, świadczy o tym także czytelność i jasność całego wywodu. Projektując eksperymentalną ewaluację swoich propozycji Autor porównuje się z najbardziej aktualnymi propozycjami sformułowanymi w literaturze przedmiotu. Prace, na które powołuje się Autor, w przeważającej większości były opublikowane na przestrzeni ostatnich kilku lat. Co również bardzo istotne, Autor w sposób jednoznaczny definiuje swój wkład własny i dokonuje demarkacji między wcześniejszymi pomysłami a swoimi własnymi propozycjami. Pozwala to ocenić oryginalny wkład Autora do dziedziny, który to wkład jest, w mojej opinii, istotny.

**Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

Wszystkie propozycje związane z analizą dynamiki grup w sieciach społecznościowych (miara oceny, test wzorcowy, sformułowanie problemu detekcji połączeń grup) zostały zweryfikowane na drodze eksperymentu. Warto tutaj podkreślić, że weryfikacja eksperymentalna nie była trywialna, ponieważ Autor na każdym kroku musiał się mierzyć z problemem braku prawdziwych wartości referencyjnych. Pojęcie grupy nie jest ściśle i poszczególne metody analizy dynamiki grup definiują grupę istniejącą w danym interwale czasowym na swój własny

sposób. W efekcie próba porównania np. dwóch metod analizy dynamiki grup musi brać pod uwagę fakt, że być może każda metoda produkuje grupy o nieco innej semantyce. To właśnie brak danych referencyjnych stanowi główny powód, dla którego Autor poświęca dużo uwagi stworzeniu uniwersalnego i kompletnego testu wzorcowego dla metod analizy dynamiki grup. Uważam, że podejście zaprezentowane przez Autora w rozprawie jest poprawne i świadczy o tym, że Autor stara się sformułować jak najbardziej obiektywne kryteria porównania i nie wybiera tylko kryteriów korzystnych dla proponowanych przez siebie metod. Biorąc pod uwagę trudność w zaprojektowaniu eksperymentu oraz możliwość wielokrotnej propagacji błędów (przyjęta definicja grupy wpływa na algorytm detekcji ewolucji grup, który wpływa na wartość metryki oceny metody detekcji ewolucji, która z kolei wpływa na wynik ewaluacji trafności predykcji ewolucji grup) uważam, że Autor zastosował właściwe metody analizy i na tyle, na ile to możliwe, dokonał obiektywnego porównania swoich propozycji z rozwiązaniami znanymi z literatury kierując się racjonalnymi założeniami.

**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?**

Całą rozprawę oceniam jako dzieło oryginalne i nowatorskie. Całkowicie autorskie propozycje obejmują wprowadzenie nowych metryk oceny metod okrywania grup i metod detekcji ewolucji grup w sieciach społecznościowych, wprowadzenie nowego testu wzorcowego, wprowadzenie nowej metody analizy dynamiki grup, oraz zaproponowanie narzędzia do wizualizacji ewolucji grup. Autor podejmuje teoretycznie ciekawy i praktycznie istotny problem analizy dynamiki grup w sieciach społecznościowych. Moje duże uznanie budzi to, że propozycja zaprezentowana w rozprawie ma charakter kompletny i całościowy. Autor nie ogranicza się jedynie do zaproponowania izolowanych algorytmów rozwiązujących jakiś konkretny problem. W rozprawie otrzymujemy całe "środowisko" związane z badanym problemem: nowe algorytmy, nowe metody oceny tych algorytmów, nowe metryki, nowe generatory danych i nowe testy. Na tle wcześniejszych prac raportowanych w literaturze przedmiotu propozycje Autora wydają mi się bardzo dojrzałe, przemyślane i uniwersalne. W zasadzie poza drobnymi uwagami dotyczącymi interpretacji uzyskanych wyników (które to uwagi znajdują się w dalszej części rozprawy) nie mam żadnych zastrzeżeń do prezentowanych propozycji. Tak czy owak, wstępne wyniki są obiecujące a całokształt rozprawy przekonuje mnie, że mam do czynienia z dojrzałym badaczem, który potrafi samodzielnie prowadzić trudne prace naukowe. Nie mam też wątpliwości, że przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera ważne wyniki o dużym potencjale w kontekście przyszłych prac badawczych.

**Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?**

Praca jest napisana w sposób przejrzysty, jasny, poprawny, nieliczne pomyłki

językowe i stylistyczne w żadnym stopniu nie obniżają wysokiej oceny poziomu redakcji tekstu. Autor konsekwentnie stosuje wprowadzone oznaczenia. Poszczególne rozdziały posiadają podobną strukturę a odniesienia do innych fragmentów tekstu są nieliczne, co ułatwia lekturę rozprawy i podążanie za myślą Autora. Kolejność poszczególnych rozdziałów jest logiczna. Mam wrażenie, że Autor podszedł do projektowania struktury rozprawy jak do projektu inżynierskiego, co skutkuje dobrze zorganizowanym i czytelnym tekstem. Jedyna moja uwaga dotyczy rozdziału 5, w którym przedstawiono wyniki eksperymentów. Nie dostrzegłem przewodniej myśli która dyktowałaby kolejność prezentacji wyników poszczególnych eksperymentów, a ze względu na bardzo dużą liczbę przeprowadzonych testów lektura tego jednego rozdziału jest utrudniona. W efekcie ginie gdzieś myśl przewodnia. Odautorskie komentarze dotyczące wyników poszczególnych eksperymentów są zdecydowanie zbyt zdawkowe (tym bardziej, że często ograniczają się do opisu tego, co i tak jest widoczne na rycinie). Zdecydowanie przydało by się w paru miejscach więcej komentarza, interpretacji, być może także odniesienia do konkretnego scenariusza testowego.

#### Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

W tekście natknąłem się na nieliczne potknięcia stylistyczne i literówki, ale jeszcze raz podkreślam, że nie wpływają one w żadnym stopniu na moją wysoką ocenę jakości edycji tekstu. Jeśli chodzi o uwagi merytoryczne, to poniżej zamieszczam listę zauważonych przeze mnie punktów niejasnych lub dyskusyjnych, podając także w nawiasie numer strony.

- (7): niespójne użycie kapitalizacji, czasem w tekście występuje “Social network analysis”, czasem “Social Network Analysis”, czasem “social network analysis”
- (7): Sociologist often refer -> Sociologists often refer
- (7): “The relation is understood as a collection of ties of one kind” to przykład definicji *idem per idem*, Autor definiuje pojęcie *relation* przez równoznaczne pojęcie *ties*, kawałek dalej w tekście Autor łączy pojęcie relacji z krawędziami (*edges*), dołączając do tego typ relacji (relacja symetryczna, relacja przeciwsymetryczna). Powoduje to niepotrzebne zamieszanie terminologiczne, prościej byłoby zdefiniować relację jako podzbiór iloczynu kartezjańskiego wierzchołków.
- (10): występujący w definicji 2.9 zbiór  $V$  nie został uprzednio zdefiniowany
- (10): wzór 2.11 zakłada istnienie tylko jednej składowej spójności w grafie
- (11): niejasne jest sformułowanie “power-laws are free of any characteristic scale”, tym bardziej, że to sformułowanie służy jako przesłanka do konkluzji “therefore, such a network [...] is called a scale-free network”
- (12): model preferencyjnego dołączania istnieje już od lat 60-tych XX wieku (pojawił się pod nazwą *cumulative advantage* w pracach de Solli Price’a)
- (15): zdanie “methods that rely [...]” jest gramatycznie niepoprawne i niezrozumiałe

- (15): The authors has provided -> The authors have provided
- (23): definicje 3.1, 3.2 i 3.3 zakładają statyczny zbiór wierzchołków sieci, w jaki sposób modelowane jest pojawianie się nowych wierzchołków w sieci?
- (43): w opisie modeli reprezentacji tekstu zdecydowanie brakuje modeli CBOW (ang. *continuous bag of words*), modeli wektorowych uczonych przez sieci neuronowe (word2vec, GloVe) oraz wspomnienia o skip-gramach, na przestrzeni ostatnich kilku lat te modele pozwoliły bardzo znacząco rozwinąć techniki NLP (klasyfikacja tekstu, znajdowanie parafraz i zdań podobnych, znajdowanie synonimów, hipernimów, itp.) i ich pominięcie w opisie istniejących rozwiązań uważam za największą słabość tej części rozprawy.
- (48): Autor ogranicza zakres poprawnych wartości parametru  $minT$  do zbioru  $\{1, 2, 3\}$ , nie podając żadnych przesłanek, dlaczego są to jedyne dozwolone wartości?
- (49): This steps removes -> This step removes
- (50): Pseudocode 4: parametr  $minT$  powinien być hiperparametrem metody
- (55): nie jestem pewny, czy dobrze rozumiem, ale z definicji 4.13 wynika, że wystarczy aby dwa wierzchołki jeden raz trafiły do wspólnej grupy (niezależnie od liczby analizowanych migawek czasowych) aby  $C[ij]^X$  wynosiło 1, czy faktycznie taki był zamiar Autora?
- (56): w celu określenia stopnia podobieństwa między dwoma macierzami Autor mógłby wykorzystać jedną z wielu norm macierzowych zdefiniowanych w literaturze
- (79): definicja 4.38 nie jest definicją, czy raczej jest definicją typu *ignotum per ignotius*
- (79): wizualizacja ewolucji grupy byłaby bardziej przejrzysta, gdyby grubości strzałek wchodzących i wychodzących były proporcjonalne do liczby wierzchołków dołączających do/opuszczających grupę, podobnie wielkość grupy mogłaby być proporcjonalna do liczby wierzchołków należących do grupy
- (81): “a set of all edges in the current timestep” budzi pewne niezrozumienie, czy krawędzie reprezentujące zdarzenia związane z ewolucją grup nie pojawiają się **między** migawkami?
- (81): niepokój budzi stwierdzenie “[...] but some of them were aggregated because they appeared to be too fine-grained [...]”, które może sugerować taki dobór poziomu ziarnistości zdarzeń, aby uzyskać jak najlepsze wyniki (tzw. *cherry-picking of results*)
- (82): prościej byłoby zapisać 4.39 w postaci  $U[XY] = D[XY] + D[XY]'$  (druga macierz jest transponowana)
- (93): uwaga ogólna do rozdziału 5: zawarto w nim bardzo dużo wyników eksperymentów, mam wrażenie, że momentami brakowało mi wyjaśnienia podstaw założeń, wyjaśnienia interpretacji wyniku i ew. powiązania scenariuszy eksperymentów z praktycznym przykładem analizy dynamiki grup na przykładzie empirycznej sieci
- (99): nie wiem, w jaki sposób interpretować oś Y na wykresach 5.6 i 5.7

- (105): Such a number is increases -> Such a number increases
- (105): thsee -> these
- (123): skąd wiadomo, że rozkład liczebności grup dla zbioru *Huffington Post* jest zgodny z rozkładem potęgowym? Na pewno nie można tego stwierdzić na podstawie zamieszczonych w pracy rycin
- (125): czy nie jest niebezpiecznym sygnałem fakt bardzo dużego zróżnicowania wyników (zidentyfikowanych zdarzeń) między poszczególnymi metodami, które powinny (teoretycznie) znajdować mniej więcej to samo?
- (143): obserwujemy bardzo dużą poprawę kappy Cohena przy niewielkiej zmianie wartości parametru *min group time length*, konieczny byłby tutaj jakiś komentarz Autora i ew. przeprowadzenie dodatkowych eksperymentów
- (155): nie jest dla mnie jasne, skąd wzięły się etykiety poszczególnych kategorii na rycinie 5.42

Na koniec pozwolę sobie dodać jeszcze jedną uwagę krytyczną związaną z zamieszczeniem w rozprawie rozdziałów poświęconych analizie tekstu w kontekście grup. Osobiście uważam, że merytorycznie fragmenty te odbiegają (na niekorzyść) od reszty rozprawy, są dodane w sposób sztuczny i nie podnoszą ogólnej oceny rozprawy, wręcz przeciwnie. Rozumiem chęć Autora aby przedstawić w rozprawie szerokie spektrum przeprowadzonych przez siebie badań, ale w tym akurat przypadku usunięcie tych fragmentów przysłużyłoby się spójności rozprawy, która i bez tego jest wystarczająco obszerna i kompletna.

#### **Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?**

Recenzowana praca przedstawia zbiór narzędzi na potrzeby badania dynamiki grup w sieciach społecznościowych. Wprowadzone narzędzia zostały starannie opisane i przetestowane na drodze eksperymentów obliczeniowych. Wyniki eksperymentów jednoznacznie wskazują na użyteczność i poprawność przedstawionych propozycji, także w porównaniu z propozycjami znanymi z literatury. Przeprowadzone badania wskazują na dużą dojrzałość Autora i jego biegłość w omawianym temacie (pozwolę sobie tu wskazać np. na to, że Autor sam dostrzega niebezpieczeństwo przecieku informacji ze zbioru uczącego do zbioru testowego [strona 146], co wcale nie musiało być oczywiste). Jestem przekonany, że propozycje przedstawione w recenzowanej pracy znajdą zainteresowanie szerokiego środowiska naukowego.

W podsumowaniu recenzji z przekonaniem stwierdzam, że rozprawa doktorska Bogdana Gliwy spełnia z nadmiarem wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony. Ze względu na bardzo wysoki, w mojej ocenie, poziom merytoryczny recenzowanej rozprawy, rekomenduję Radzie Wydziału Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji Akademii Górniczo-Hutniczej wyróżnienie rozprawy.

