



Poznań, 5 czerwca 2026 r.

dr hab. inż. Mikołaj Morzy, prof. PP

Wydział Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej

Mikolaj.Morzy@put.poznan.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej

Autor rozprawy: mgr inż. Michał Czuba

Tytuł rozprawy: On Spreading Phenomena and Influence Maximisation in Multilayer Networks

1. 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)?

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, w formie spójnego cyklu publikacji, jest poświęcona istotnemu problemowi opracowania, analizy oraz optymalizacji algorytmów maksymalizacji wpływu (ang. *influence maximization*) i symulacji procesów dyfuzji w złożonych strukturach sieciowych. Tematyka ta odnosi się do znanego wyzwania w dziedzinie analizy sieci społecznych którym jest identyfikacja minimalnego zbioru węzłów początkowych, których aktywacja gwarantuje najszerze i najszybsze rozprzestrzenienie się zjawiska pożądanego (np. w postaci informacji i innowacji), lub przeciwnie, służy zapobieżeniu rozprzestrzeniania się zjawiska niepożądanego (np. wirusa czy dezinformacji). Ponieważ problem ten należy do klasy problemów NP-trudnych, wymaga on projektowania heurystyk oraz skalowalnych modeli aproksymacyjnych.

Autor postawił przed sobą ambitne zadanie przeniesienia i rozszerzenia klasycznych modeli dyfuzji, takich jak model niezależnych kaskad (ang. ICM, *Independent Cascade Model*) oraz liniowy model progowy (ang. LTM, *Linear Threshold Model*), na grunt sieci wielowarstwowych. Tradycyjna analiza oparta na sieciach płaskich często stanowi zbyt daleko idące uproszczenie, nie oddając wiernie dynamiki zjawisk w wielowymiarowej rzeczywistości, gdzie relacje między aktorami zachodzą na wielu płaszczyznach jednocześnie.

Rozprawa doktorska posiada bardzo obszerne i starannie przygotowane wprowadzenie, w którym Autor identyfikuje konkretne obszary badawcze, w których istnieje luka w wiedzy. Na podstawie przeglądu literatury, Autor precyzyjnie definiuje siedem wyzwań badawczych, wskazując na następujące niedoskonałości w obecnym stanie wiedzy:

WPLYNEŁO
08-06-2026

QDN/80/2026



- Zjawiska rozprzestrzeniania w sieciach wielowarstwowych nie zostały usystematyzowane z perspektywy modelowania.
- Stosowane metryki oceny skuteczności rozprzestrzeniania nie uwzględniają warunków początkowych, w jakich inicjowana jest dyfuzja, ani właściwości samego reżimu rozprzestrzeniania.
- W badaniach nad sieciami wielowarstwowymi zbiory danych oparte na fizycznych kontaktach są niedoreprezentowane, podczas gdy syntetyczne generatory takich sieci wykazują znaczne ograniczenia.
- Brakuje szerszego spojrzenia na ogólną skuteczność heurystyk maksymalizacji wpływu, które opierają się na uściślaniu rankingów w strukturach wielowarstwowych.
- Metody wyboru węzłów początkowych wykorzystujące koncepcje sterowalności systemów nie zostały jeszcze ocenione w środowisku sieci wielowarstwowych.
- Podejścia do maksymalizacji wpływu oparte na uczeniu maszynowym nie eksploatują w pełni możliwości tych modeli.
- Istniejące techniki maksymalizacji wpływu nie wykorzystują możliwości dokonywania celowych interwencji w topologii systemu.

W odpowiedzi na zdiagnozowane braki, Autor formułuje cel nadrzędny rozprawy, jakim jest opracowanie i ocena podejść do maksymalizacji wpływu w sieciach wielowarstwowych poprzez wykorzystanie paradygmatów takich jak centralność aktorów, narzędzia sterowalności, uczenie maszynowe na grafach oraz interwencje strukturalne. Cel ten został rozbity na cztery kierunki badawcze:

- Ewaluacja różnych metod uściślenia rankingów pod kątem ich skuteczności w dyfuzji informacji.
- Zaproponowanie nowego podejścia do wyboru wierzchołków początkowych opartego na minimalnym zbiorze dominującym i weryfikacja efektywności tego podejścia.
- Opracowanie indukcyjnej grafowej sieci neuronowej do predykcji najbardziej efektywnych źródeł dyfuzji i porównanie jej z rozwiązaniami SOTA.
- Zaprojektowanie metody makroskalowej manipulacji strukturą sieci w celu porównania skuteczności rozprzestrzeniania i identyfikacji właściwości topologicznych sprzyjających propagacji.

Na szczególne uznanie zasługuje niezwykle staranne zaprojektowanie architektury całej rozprawy, która stanowi cykl siedmiu powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Autor w sposób przemyślany i metodyczny przypisuje poszczególne artykuły do konkretnych luk i hipotez badawczych. Kolejność realizacji poszczególnych celów badawczych odzwierciedla logiczną progresję, od implementacji metod najprostszych aż po najbardziej zaawansowane



techniki algorytmiczne i modele uczenia maszynowego. Taka struktura dowodzi dojrzałości warsztatu naukowego Autora i bardzo pomaga w zapoznaniu się z całością rozprawy.

Recenzowana rozprawa ma w moim odczuciu dualny charakter. Z jednej strony jest to praca o silnych podstawach teoretycznych, w której Autor przeprowadza dowody matematyczne (np. wykazanie braku submodularności modelu LTM w wersji wielowarstwowej, co skutkuje brakiem gwarancji dla prostego algorytmu zachłannego), adaptuje zaawansowane koncepcje z teorii sterowania oraz projektuje nowe architektury głębokich sieci neuronowych. Z drugiej strony, praca ma wymiar doświadczalny i inżynierski, czego dobrym wyrazem jest implementacja biblioteki Network Diffusion, a także przeprowadzenie dziesiątek tysięcy eksperymentów symulacyjnych na sieciach syntetycznych i rzeczywistych.

2. 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?

Nie mam najmniejszych wątpliwości, że Autor wyśmienicie orientuje się w aktualnym stanie wiedzy i dogłębnie przeanalizował literaturę światową. Każda z prac z recenzowanego cyklu zawiera szczegółowe i aktualne referencje. Poza swobodnym poruszaniem się po literaturze przedmiotu bardzo cieszy wyczerpująca analiza narzędzi i zastosowań praktycznych. W publikacjach dotyczących środowiska Network Diffusion Autor dokonał systematycznego przeglądu dostępnych narzędzi symulacyjnych i analitycznych. Przeanalizowano pakiety, takie jak GLEaMviz, NDlib, SimInf, Sispread, STEM oraz EpiModel (w prowadzonych przeze mnie zajęciach laboratoryjnych korzystam z NDlib i chętnie porozmawiam z Autorem o zaletach i wadach poszczególnych środowisk, szczególnie pod kątem dydaktyki). Wnioski z tego przeglądu sformułowano w sposób przekonujący, wykazując lukę technologiczną w postaci braku platformy do symulacji nakładających się procesów w złożonych grafach, co skutkowało implementacją nowego narzędzia.

W pracy poświęconej ewaluacji heurystyk uściślających rankingi, Autor zaproponował uspoijniającą klasyfikację strategii selekcji wierzchołków początkowych, także wykazując się znajomością bardzo szerokiego zakresu metod. Z kolei przegląd stanu wiedzy w artykule wprowadzającym architekturę TopSpreadersNetwork przekonująco dowodzi, że sieci wielowarstwowe pozostają w dużej mierze nieeksplorowane w kontekście maksymalizacji wpływu. Autor swobodnie odwołuje się do najnowszych osiągnięć w dziedzinie grafowych sieci neuronowych oraz metod uczenia reprezentacji grafowych.

W artykule badającym użyteczność pojęcia minimalnego zbioru dominującego Autor przedstawia ewolucję algorytmów rozwiązujących ten problem, od klasycznych algorytmów zachłannych, przez optymalizację mrówkową, po zaawansowane techniki metaheurystyczne czy metody bazujące na programowaniu całkowitoliczbowym. Wniosek, że problem znalezienia minimalnego



zbioru dominującego w sieciach wielowarstwowych jest zjawiskiem w dużej mierze niezbadanym z powodu kosztów obliczeniowych, jest w świetle przeprowadzonej analizy źródeł przekonujący.

Warto również zauważyć, że Autor swobodnie operuje literaturą spoza swojego głównego nurtu badawczego. W pracy dotyczącej trajektorii uczenia się języka obcego, zgrabnie syntetyzuje wyniki badań lingwistycznych z możliwościami, jakie daje nowoczesna, obliczeniowa analiza sieci społecznych. Podsumowując, analiza źródeł, stanu wiedzy oraz zastosowań została w całej rozprawie przeprowadzona w sposób bardzo dobry, świadczący o dojrzałości naukowej Autora.

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

Rozwiązania zaproponowane przez Autora są poprawne metodologicznie, oryginalne i ciekawe. Zanim jednak przedstawię szczegółową analizę poszczególnych komponentów rozprawy, pragnę wyraźnie podkreślić, że stoję przed niezwykle trudnym zadaniem. Rozprawa ma formę zbioru publikacji, co oznacza, że wszystkie składowe doktoratu przeszły już proces recenzyjny w docenianych w środowisku czasopismach i materiałach konferencyjnych. Trudno mi na tym etapie polemizować z techniczną poprawnością samych prac, które zostały już zweryfikowane. W związku z tym w mojej recenzji skupiam się w głównej mierze na ocenie zbioru publikacji jako spójnej całości, poszukując synergii między poszczególnymi artykułami oraz oceniając stopień realizacji postawionych hipotez badawczych.

Spójność cyklu jest wzorowa. Prace płynnie przechodzą od fundamentów narzędziowych, poprzez analizę teoretyczną i adaptację heurystyk opartych na centralności oraz optymalizację przy użyciu teorii sterowania, po zastosowanie najnowocześniejszych technik reprezentacji grafowej. Jedyną pracą, która w mojej ocenie odbiega od głównego nurtu jest publikacja o charakterze silnie aplikacyjnym, demonstrująca wykorzystanie metod analizy sieci społecznych w śledzeniu postępów akwizycji drugiego języka. Jak rozumiem, Autorowi zależało też na dowiedzeniu praktycznej użyteczności proponowanych metod, ale pozostaję nieprzekonany czy zaproponowany obszar faktycznie jest najlepszą ilustracją. Miejsca publikacji prac są dobrze dobrane pod kątem (nomen omen) dyseminacji wyników w środowisku naukowym: Journal of Complex Networks, Social Network Analysis and Mining, Big Data Mining and Analytics oraz materiały konferencji DSAA to właściwe platformy prowadzenia dialogu naukowego w tym obszarze informatyki.

Poniżej pokrótce podsumowuję zawartość artykułów wchodzących w skład recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Simulating Spreading of Multiple Interacting Processes in Complex Networks: Publikacja wprowadza i prezentuje koncepcję nowo powstającego środowiska Network Diffusion. Artykuł skupia się na budowie matematycznych i algorytmicznych podstaw definiowania dynamiki w sieciach, w których procesy różnego typu oddziałują na siebie nawzajem (np. jako zjawiska wspierające się, rywalizujące lub tworzące relacje mieszane). Autorzy zaproponowali



modelowanie problemu za pomocą n-wymiarowej siatki ortogonalnej przejść, gdzie stany mogą zmieniać się krokowo tylko wzdłuż osi pojedynczych zjawisk, z precyzyjnie definiowanymi wagami. W pracy przedstawiono praktyczną weryfikację tego ogólnego schematu, implementując narzędzie bazujące na bibliotece NetworkX. Za pomocą symulacji odtworzono spójny eksperyment demonstrujący rywalizację i współzależności pomiędzy rozprzestrzeniającą się chorobą, kampanią uświadamiającą populację oraz postępującym procesem szczepień. Zaprezentowane wyniki można traktować jako punkt wyjścia do budowy oprogramowania wykorzystywanego w kolejnych etapach doktoratu.

Network Diffusion Framework to Simulate Spreading Processes in Complex Networks: Praca stanowi kontynuację poprzedniego artykułu i wprowadza bibliotekę Network Diffusion, zaprojektowaną do symulowania rozprzestrzeniania się wielu powiązanych ze sobą zjawisk w złożonych sieciach wielowarstwowych i temporalnych. Autor dokonał w niej gruntownego przeglądu istniejącego oprogramowania z zakresu data science i analizy sieci, zauważając brak środowiska pozwalającego na wygodne modelowanie procesów rywalizujących i wspierających się w niejednorodnych strukturach grafowych. W pracy zawarto cztery odrębne studia przypadków o rosnącym stopniu trudności które obejmowały symulację wpływu obostrzeń sanitarnych na współbieżne rozprzestrzenianie się wirusa, badanie kaskad informacyjnych na ewolucyjnych sieciach temporalnych, złożone modelowanie epistemologii sieciowej, oraz analizę wpływu doboru wierzchołków początkowych na przebieg kaskad w sieciach wielowarstwowych. W pracy zawarto też omówienie ograniczeń pakietu i jego ocenę wydajnościową.

Peer Interaction Dynamics and Second Language Learning Trajectories During Study Abroad: A Longitudinal Investigation Using Dynamic Computational Social Network Analysis: Artykuł ten stanowi przykład zastosowania metod obliczeniowej analizy sieci społecznych do modelowania procesów akwizycji drugiego języka podczas wyjazdów edukacyjnych. W badaniu prowadzonym na przestrzeni trzech miesięcy na grupie 41 amerykańskich studentów intensywnie uczących się języka arabskiego w Jordanii, zrekonstruowano sieci interakcji rówieśniczych. Dla każdego studenta wyznaczono metryki centralności (PageRank, współczynnika grupowania, pośrednictwo, itp). Przeprowadzona analiza pokazała zależności między pozycją w strukturze sieci społecznej a obiektywnymi i subiektywnymi postępami w nauce języka docelowego. Wykazano m.in., że wysoki stopień wejściowy pozytywnie przekłada się na mierzalne postępy, podczas gdy duży odsetek interakcji wyłącznie ze studentami ze swojej macierzystej uczelni działa hamująco na postępy w nauce języka. Ponadto zaobserwowano, że wysoki wskaźnik pośrednictwa negatywnie koreluje z subiektywnym postrzeganiem własnych kompetencji językowych studenta na tle grupy, a sama topologia sieci rówieśniczych wykazuje tendencję do silnej i pogłębiającej się z upływem czasu homofilii.

Rank-refining seed selection methods for budget constrained influence maximisation in multilayer networks under linear threshold model: Głównym celem tego artykułu jest ewaluacja różnych metod selekcji wierzchołków początkowych w algorytmach modyfikujących rankingi. Metody są testowane w środowisku wielowarstwowych sieci z zastosowaniem



wielowarstwowego liniowego modelu progowego (MLTM). Najważniejszym wynikiem tej pracy jest formalny dowód na to, że proces dyfuzji w modelu MLTM traci właściwość submodularności z powodu agregacji sygnałów z wielu warstw. Ten wynik podważa teoretyczne gwarancje na poprawne wyznaczanie optymalnej granicy, na jakich dotychczas opierały się tradycyjne algorytmy zachłanne. Część eksperymentalna zawiera ponad 40 tysięcy symulacji z wykorzystaniem sztucznych oraz rzeczywistych grafów o zróżnicowanej topologii i liczbie warstw. Wyniki prac analitycznych dowiodły, że żadna z weryfikowanych metod nie osiąga stałej dominacji we wszystkich środowiskach. Niemniej jednak, ulepszone i autorsko dostosowane na potrzeby grafów wielowarstwowych heurystyki wykazywały systematycznie najwyższą skuteczność pokrywania sieci kaskadą.

Applicability of the minimal dominating set for influence maximization in multilayer networks: Publikacja bada możliwość zastosowania pojęcia minimalnego zbioru dominującego, wywodzącego się z teorii sterowania sieciami, jako heurystyki doboru wierzchołków początkowych w problemie maksymalizacji wpływu dla wielowarstwowego liniowego modelu progowego. Ponieważ problem dokładnego znalezienia minimalnego zbioru dominującego jest NP-trudny, Autor zaproponował własną adaptację algorytmu lokalnej poprawy która optymalizuje początkowe rozwiązania zachłanne bezpośrednio w środowisku grafów wielowarstwowych. Badania wymagały przeprowadzenia tysięcy symulacji na zróżnicowanych typach sieci, aby wiarygodnie ocenić wydajność heurystyki w porównaniu z bazowymi metodami selekcji. Jak się okazuje, okno użyteczności minimalnego zbioru dominującego jest stosunkowo wąskie. Wykazano, że ta heurystyka przynosi znaczącą poprawę skuteczności dyfuzji wyłącznie w precyzyjnie określonym scenariuszu, tj. przy niskich progach aktywacji, z wykorzystaniem protokołu agregacji typu AND, przy odpowiednio dużych budżetach początkowych. Co gorsza, użyteczność heurystyki wydaje się być ograniczona tylko do sieci o topologii scale-free, co Autor logicznie i przekonująco uzasadnia specyficznym rozkładem stopni wierzchołków w tych sieciach.

Identifying Super Spreaders in Multilayer Networks: W tej publikacji Autor koncentruje się na problemie identyfikacji węzłów o największym potencjale dyfuzyjnym w sieciach wielowarstwowych, proponując podejście oparte na grafowych sieciach neuronowych. Problem sformułowano jako zadanie typu learning-to-rank, gdzie model estymuje czterowymiarowy wektor opisujący potencjał propagacji danego wierzchołka (obejmujący m.in. całkowity zasięg, czas trwania kaskady, maksymalną liczbę jednocześnie zarażonych wierzchołków oraz moment wystąpienia tego szczytu). Aby umożliwić uczenie, wygenerowano unikalny zbiór danych, oparty na symulacjach modelu ICM dostosowanego do struktur wielowarstwowych. Zaproponowany model grafowej sieci neuronowej porównano z klasycznymi heurystykami opartymi na centralności oraz konkurencyjnymi modelami uczenia maszynowego. Kluczowym osiągnięciem jest indukcyjny charakter zaproponowanej sieci. Model potrafi skutecznie generalizować i poprawnie przewidywać rankingi w nowych sieciach, niezależnie od ich rozmiaru czy topologii. Wyniki badań sugerują, że opracowany model przewyższa tradycyjne algorytmy jeśli chodzi o precyzję w identyfikowaniu wierzchołków o kluczowym znaczeniu, jednocześnie oferując



wyjaśnialność poprzez przewidywanie konkretnych składowych wielowymiarowego wektora wpływu.

Multilayer artificial benchmark for community detection (mABCD): W tej publikacji zaproponowano nowy model mABCD (multilayer Artificial Benchmark for Community Detection), będący rozszerzeniem rodziny generatorów ABCD. Proces konstrukcji sieci oparto na wielofazowym algorytmie, który gwarantuje zachowanie potęgowych rozkładów stopni wierzchołków oraz rozmiarów społeczności, charakterystycznych dla sieci rzeczywistych. Ciekawym i nowatorskim rozwiązaniem jest tu wprowadzenie warstwy ukrytej, z której w sposób probabilistyczny próbkuje się przypisania wierzchołków do społeczności. Mechanizm ten pozwala na sterowanie siłą korelacji topologicznych między poszczególnymi warstwami, zachowując jednocześnie ich niezależność strukturalną. Dodatkowo, w pracy przeprowadzono szeroką ewaluację eksperymentalną benchmarku. Autorzy zademonstrowali zastosowanie generatora w złożonej analizie zjawisk propagacji. Ponadto wykazali, że model mABCD pozwala na badanie zjawiska próbkowania sieci, zachowując charakterystyki przepływu informacji bez zaburzania bazowej topologii.

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

Pod względem redakcyjnym oraz umiejętności prezentacji wyników, zbiór prac stanowi zamkniętą, spójną i logicznie skonstruowaną całość. Publikacje są starannie przygotowane, czytelne, zwraca uwagę dbałość o precyzję oznaczeń matematycznych czy czytelność rycin. Bardzo cieszy fakt, że Autor nie unika trudnych tematów i wprost wskazuje przypadki, w których opracowane modele nie wykazują przewagi lub w których dyfuzja całkowicie wygasa (np. przy restrykcyjnym protokole AND w modelu MLTM).

Niemniej jednak, obowiązkiem recenzenta jest krytyczna ocena prezentowanego materiału, niezależnie od wcześniejszych recenzji. Podczas lektury nasunęły mi się pewne niejasności i uwagi polemiczne, które mogą stanowić interesujący punkt wyjścia do dyskusji podczas obrony, przedstawiam je poniżej.

1. W modelu TopSpreadersNetwork użyto wektorów zerowych jako cech wierzchołków, argumentując, że same połączenia są wystarczające. Taki zabieg pozbawia sieć neuronową cennych informacji strukturalnych na etapie agregacji i może utrudniać rozróżnianie symetrycznych topologicznie wierzchołków. Co więcej, zastosowano silnie nieliniowy operator transformacji etykiet, aby wzmocnić sygnał od najsilniejszych wierzchołków. Budzi to moją obawę o potencjalne przeuczenie architektury do syntetycznie wygenerowanego zbioru TopSpreaders Dataset, a w konsekwencji o spadek skuteczności modelu w przypadku procesów propagacji charakteryzujących się bardziej łagodnymi, ciągłymi rozkładami potęgowymi.



2. Adaptacja algorytmu do wyznaczania minimalnego zbioru dominującego wiąże się ze złożonością pesymistyczną rzędu $O(L|A|^2|D|^5)$. Autor uczciwie przyznaje w tekście, że narzut ten jest ogromny, co wymusiło zastosowanie limitów czasowych podczas eksperymentów. Rodzi to pytanie o operacyjną użyteczność metody w odniesieniu do rzeczywistych sieci społecznościowych o setkach tysięcy krawędzi. Skoro już w średnich sieciach algorytm zmuszony jest do przerywania poszukiwań lokalnych, jak Autor postrzega przyszłość tego mechanizmu optymalizacji w przypadku dużych sieci?
3. Jednym z kluczowych wyników teoretycznych jest wykazanie, że model MLTM traci właściwość submodularności. Taki wynik jest sam z siebie bardzo ciekawy, ale niesie ze sobą istotne konsekwencje: matematycznie podważa gwarancje aproksymacyjne, na których opiera się klasyczny algorytm zachłanny. Pomimo tego, w eksperymentach algorytm zachłanny wciąż jest stosowany jako empiryczna górna granica optymalności. Chciałbym zapytać Autora, w jakim stopniu możemy ufać temu górnemu ograniczeniu i czy w środowisku pozbawionym submodularności heurystyki mogą w pewnych specyficznych warunkach wręcz przewyższyć działanie algorytmu zachłannego?
4. Biblioteka Network Diffusion wykazuje zauważalne ograniczenia wydajnościowe (przynajmniej tak interpretuję wynik porównania z pakietem NDlib). Ograniczenia narzucane przez GIL w środowisku języka Python dodatkowo utrudniają operowanie na potężnych grafach temporalnych z wysoką rozdzielczością czasową. Interesuje mnie, jakie kierunki rozwoju oprogramowania (np. wykorzystanie Cythona, wykorzystanie specjalizowanych bibliotek typu Rapids czy Optuna, użycie zaawansowanych indeksów) Autor rozważa jako możliwe w przyszłości.
5. W analizie sieci interakcji studentów wykorzystana próba $n=41$ to zbiór mały i wykazujący wyraźną homofilię. Obliczanie w tak zwartej, gęstej "bańce" miar takich jak pośrednictwo powoduje, że miara może odzwierciedlać raczej szum związany z okazjonalnymi interakcjami aktorów między dwiema hermetycznymi podgrupami, a nie rzeczywistą kontrolę nad przepływem informacji. Zastanawiam się, czy negatywna korelacja pomiędzy pośrednictwem a subiektywną oceną postępów nie jest po prostu artefaktem topologicznym a nie faktyczną cechą aktorów. Chętnie usłyszę opinię Autora w tej kwestii.

Podkreślę raz jeszcze, powyższe uwagi są tylko zaproszeniem do dyskusji i w żaden sposób nie obniżają mojej bardzo wysokiej oceny jakości prezentowanych badań.

5. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Recenzowana praca przedstawia niezwykle kompletną i dojrzałą koncepcję modelowania oraz optymalizacji rozprzestrzeniania się informacji w sieciach wielowarstwowych. Wszystkie wymienione elementy rozprawy: opracowanie analiz heurystyk centralnościowych, adaptacja nowoczesnych metod uczenia maszynowego na grafach, dostarczenie biblioteki Network



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Poznań University of Technology

Diffusion, stanowią w pełni użyteczne narzędzia naukowe. Wkład Autora wykracza poza dziedzinę analizy sieci społecznych i znajduje bezpośrednie zastosowanie w strategiach marketingowych, epidemiologii, systemach rekomendacyjnych czy też socjolingwistyce.

W mojej ocenie, lektura rozprawy w sposób jednoznaczny potwierdza wysokie kompetencje naukowe Autora, jego znakomite rzemiosło programistyczne i inżynierskie, a także sprawność komunikacji naukowej.

W podsumowaniu z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Czuby stanowi oryginalne i wartościowe rozwiązanie postawionego problemu naukowego, spełniając z dużym nadmiarem wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim. W związku z tym wnoszę do Rady Dyscypliny o dopuszczenie mgr. inż. Michała Czuby do publicznej obrony. Ze względu na nowatorstwo przeprowadzonych badań, rozmach wykonanej pracy eksperymentalnej oraz jakość dorobku publikacyjnego, wnoszę o wyróżnienie tej rozprawy.



Signed by /
Podpisano przez:

Mikołaj Aleksander
Morzy
Politechnika
Poznańska

Date / Data: 2026-
06-05 13:00

ZA ZGODNOŚĆ
Z ORYGINAŁEM

Główny Specjalista

mgr Anna Paula Sobok

8.06.2026

podpis weryfikowane (kopert)