

dr hab. Andrzej Grabowski, prof. CIOP-PIB  
Zakład Techniki Bezpieczeństwa  
Pracownia Techniki Rzeczywistości Wirtualnej  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

Warszawa, 09 wrzesień 2016

Rada Wydziału Fizyki  
Politechniki Warszawskiej  
Ul. Koszykowa 75  
00-662 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Maksymiliana Bujoka pt. : ***Teoria, symulacje numeryczne i wybrane zastosowania sieci złożonych o strukturze blokowej***

**1. Zawartość pracy i ocena merytoryczna przedstawionych treści**

Rozprawa dotyczy interesującego z naukowego punktu widzenia zagadnienia dotyczącego badania właściwości, w tym właściwości krytycznych, oraz budowania i weryfikowania matematycznych modeli struktury, blokowych sieci złożonych. Sieci tego typu są powszechnie obserwowane w otaczającej nas, silnie zindustrializowanej i z informatyzowanej, rzeczywistości. Oczywistymi przykładami takich sieci są sieci transportowe, np. sieci dróg miejskich oraz miasta połączone drogami krajowymi i autostradami, oraz sieci komputerowe, gdzie silnie usieciowione ze sobą komputery w ramach sieci lokalnych są łączone niewielką liczbą połączeń pomiędzy tymi sieciami.

Treść rozprawy bazuje na wynikach opublikowanych w trzech artykułach, dwóch w czasopiśmie z części A, w tym wysoko cenionym *Physical Review E*, oraz jednej z części B wykazu czasopism naukowych MNiSW. Autor rozprawy jest pierwszym Autorem dwóch z

tych publikacji, a wszystkie one dotyczą tematyki sieci blokowych. Część wyników była również prezentowana na dwóch międzynarodowych konferencjach naukowych. Prowadzone przez Autora badania były finansowane m.in. ze środków Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej.

Rozdział pierwszy zawiera syntetyczne informacje o celu naukowym i użytecznym rozprawy oraz opublikowanych artykułach i prezentowanych referatach na konferencjach naukowych. Autor precyzyjnie określa jakościowo i ilościowo własny wkład w powstanie każdej z wymienionych publikacji naukowych.

Rozprawa podzielona jest na trzy zagadnienia powiązane z sieciami blokowymi, co rzutuje na strukturę rozprawy – rozdziały drugi, trzeci i czwarty dotyczą innego zagadnienia. Z każdym z tych rozdziałów powiązana jest jedna publikacja z listy wymienionej w rozdziale pierwszym. Każdy z rozdziałów kończy się podsumowaniem.

Rozdział drugi dotyczy metody tworzenia modeli sieci złożonych o strukturze blokowej w oparciu o formalizm wykładniczych grafów przypadkowych. Rozdział ten zawiera wprowadzenie do zagadnienia dotyczącego grafów przypadkowych, zarówno klasycznych jak i tych z określonym rozkładem stopni wierzchołków. Intersujące obliczenia analityczne bazują na wykorzystaniu zespołu statystycznego, a więc rozważana jest grupa sieci, które w różny sposób realizują te same właściwości makroskopowe, jak np. rozkład stopni wierzchołków. Wyznaczenie prawdopodobieństwa realizacji danego grafu wymaga zdefiniowania hamiltonianu strukturalnego oraz sumy statystycznej. Obliczenia analityczne dotyczące grafów przypadkowych zostały rozszerzone na przypadek sieci blokowych, po wcześniejszym zdefiniowaniu pojęcia bloku sieci złożonej oraz rozróżnienia prawdopodobieństwa wystąpienia połączenia pomiędzy węzłami należącymi do tego samego bloku oraz prawdopodobieństwa połączenia węzłów przynależnych do różnych bloków tej samej sieci złożonej. Istotną częścią rozdziału jest opis metody numerycznej tworzenia modelu sieci blokowej bazującej na algorytmie Metropolisa-Hastingsa. Metoda polega na wprowadzaniu niewielkich zmian w grafie z prawdopodobieństwem zależnym od wartości hamiltonianu dla grafu przed i po zmianie. Wyniki symulacji Monte Carlo przedstawiono w postaci zaledwie dwóch wizualizacji sieci blokowych o 2048 wierzchołkach i 8 identycznych



co do rozmiaru blokach. Brak syntetycznego porównania wyników obliczeń analitycznych i numerycznych, chociażby poprzez porównanie uzyskanego z zakładanym rozkładem stopni wierzchołków, pozostawia pewien niedosyt, zwłaszcza w kontekście stwierdzenia z pracy, że „Wyniki analityczne przedstawione w tym rozdziale zostały potwierdzone za pomocą symulacji Monte Carlo.”

Rozdział trzeci dotyczy analizy progu perkolacji w blokowej sieci złożonej. Właściwe obliczenia poprzedzone są syntetycznym wstępem o zjawisku perkolacji oraz wyprowadzeniem równania uwikłanego opisującego względny rozmiar klastra perkolacyjnego. Równania komplikują się, gdyż należy uwzględnić dwa parametry: średni stopień wierzchołka dotyczący połączeń wewnątrz bloku oraz średni stopień wierzchołka dotyczący połączeń pomiędzy blokami. Najważniejsze wyniki, w tym diagramy fazowe, przedstawiane są w funkcji tych dwóch parametrów. Rozdział kończy przykład zastosowania procedury optymalizacji sieci z punktu widzenia analizy potencjalnych zysków i kosztów, jednakże trudno w pełni ocenić przedstawione w formie wykresu wyniki, gdyż nie została podana wartość jednego z kluczowych parametrów: średniego stopnia wierzchołka połączeń wewnątrz bloku.

Rozdział czwarty dotyczy szczegółowego porównania sieci relacji semantycznych *wordnet* dla języka polskiego i angielskiego. Porównywane są różne właściwości tych sieci takie jak rozkład liczby leksemów w synsetach, rozkład wieloznaczności, liczby klastrów i supremacji. Szczególnie interesująca jest analiza relacji międzyjęzykowych i studia przypadku bazujące na porównaniu tych samych słów. Tego typu badania mogą znacząco wspomóc rozwój narzędzi to automatycznego tłumaczenia tekstu. Jednakże w mojej opinii Autor niedostatecznie szczegółowo opisał kwestię wykazania, że analizowana sieć jest siecią blokową, co korzystnie wpłynęłoby na powiązanie zawartości tego rozdziału z tematem rozprawy.

Rozdział piąty zawiera podsumowanie całości wraz z opisem perspektyw dalszych badań.

## 2. Uwagi do pracy

Zastanawiające jest pominięcie, chociażby w opisie teoretycznym w ramach wprowadzenia, sieci hierarchicznych, których szczególnym przypadkiem jest właśnie sieć blokowa. Znacząco uproszczono również opis wpływu wag połączeń na funkcjonowanie sieci. W moim odczuciu, gdyby te kwestie potraktowano szerzej, rozprawa mogłaby dużo zyskać, nabierając bardziej kompleksowego charakteru. Jednym z oczywistych przykładów sieci hierarchicznej gdzie waga połączeń ma istotne znaczenie i zależy od poziomu hierarchii jest sieć dróg. Od dróg o niskiej przepustowości, takich jak drogi powiatowe, przechodzimy poprzez drogi krajowe do charakteryzujących się bardzo dużą przepustowością autostrad.

Przykład procedury optymalizacji sieci został dobrany niefortunnie. Razi przede wszystkim brak próby wyjaśnienia takiego, a nie innego doboru wartości parametrów kontrolnych oraz chociażby szcążtkowego opisu ich wpływu na uzyskiwane wyniki. Abstrahując od bezspornego faktu, że uwzględnienie blokowego, a może bardziej hierarchicznego charakteru sieci, jest niezmiernie istotne, założenie, że bardzo kosztowne połączenia pomiędzy blokami będą budowane z przypadkowymi węzłami jest nierzeczywiste.

## 3. Redakcja pracy

Praca jest obszerna – składa się z 81 stron podzielonych na 5 rozdziałów i bibliografię. Praca jest bogato ilustrowana, co ułatwia czytelnikowi zrozumienie definiowanych pojęć i zależności, zwłaszcza w przypadku nietypowych zagadnień takich jak złożone relacje pomiędzy częściami mowy w polskiej sieci semantycznej. Praca zawiera pewną liczbę błędów, które na szczęście nie wpływają na jej czytelność i poprawność merytoryczną. Błędy te są następującego typu: kropka w środku zdania (np. na str. 21), zbędne wyrazy (np. „...podzielone są na K parami...” – str. 26), brak nawiasu we wzorze (np. wzór 2.77 na str. 30), przedstawienie nie możliwych do realizacji wartości pewnych parametrów (np. względny rozmiar klastra większy od jedności, Rys. 3.1 na str. 41), nieprawidłowe odwołanie do ilustracji (np. dwukrotnie na str. 57) lub brak odwołania do jednej z ilustracji (np. do rysunku 4.2). Pewnym zaskoczeniem jest dosyć swobodne, moim zdaniem nieuzasadnione, używanie pojęć sieci blokowej i sieci modułowej, już w pierwszym zdaniu streszczenia zamiast sieci



blokowej (zgodnie z tytułem rozprawy) pojawia się pojęcie sieci modułowej. Informacja o tym, że pojęcia bloku, modułu i grupy są tożsame, pojawia się dopiero na stronie 21 rozprawy.

#### 4. Wnioski końcowe

Zawarte w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wysokiej oceny merytorycznej omawianej rozprawy. Rozprawa mgr inż. Maksymiliana Bujoka pt. *„Teoria, symulacje numeryczne i wybrane zastosowania sieci złożonych o strukturze blokowej”* zawiera oryginalne, cenne wyniki naukowe. Stwierdzam, że spełnia ona wymogi, stawiane rozprawom doktorskim, i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Maksymiliana Bujoka do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim. Uważam również, że przedłożona mi praca, pomimo pewnych niedoskonałości, zasługuje na wyróżnienie.



Andrzej Grabowski