



UNIwersYTET IM. A. MICKIEWICZA
WYDZIAŁ MATEMATYKI I INFORMATYKI
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 4
61-614 Poznań
<http://www.wmi.amu.edu.pl/>

ZAKŁAD MATEMATYKI DYSKRETNEJ
prof. UAM dr. hab. Katarzyna
Rybarczyk-Krzywdzińska
Telefon: (61) 829 5398
kryba@amu.edu.pl

Poznań, 14.04.2023

RECENZJA WNIOSKU
DR INŻ. KRZYSZTOFA TUROWSKIEGO
O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO

Niniejsza recenzja została sporządzona w związku z powołaniem mnie w dniu 15 grudnia 2022 na recenzenta w postępowaniu o nadaniu stopnia doktora habilitowanego dr inż. Krzysztofowi Turowskiemu, toczącym się na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie.

Dr inż. Krzysztof Turowski uzyskał tytuł doktora nauk technicznych w zakresie informatyki na Politechnice Gdańskiej. W ramach postępowania habilitacyjnego jako osiągnięcie naukowe przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. „Analiza strukturalna i kompresja dla duplikacyjnych modeli grafów losowych”, w którego skład wchodzi następujące prace:

- [A1] Krzysztof Turowski, Wojciech Szpankowski, Towards Degree Distribution of a DuplicationDivergence Graph Model, *The Electronic Journal of Combinatorics*, 28(1) (2021), P1.18.
- [A2] Alan Frieze, Krzysztof Turowski, Wojciech Szpankowski, *Degree Distribution for DuplicationDivergence Graphs: Large Deviations*, 46th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science, WG 2020, Leeds, UK, June 24-26, 2020. Lecture Notes in Computer Science 12301, s. 226-237.
- [A3] Alan Frieze, Krzysztof Turowski, Wojciech Szpankowski, *The concentration of the maximum degree in the duplication-divergence models*, Proceedings of 27th International Conference of Computing and Combinatorics, COCOON 2021, Tainan, Taiwan, October 24-26, 2021. Lecture Notes in Computer Science 13025, s. 413-424.
- [A4] Philippe Jacquet, Krzysztof Turowski, Wojciech Szpankowski, *Power-Law Degree Distribution in the Connected Component of a Duplication Graph*, 31st International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms, AofA 2020, June 15-19, 2020, Klagenfurt, Austria (Virtual Conference). LIPIcs 159, s. 16:1-16:14.

[A5] Krzysztof Turowski, Abram Magner, Wojciech Szpankowski, Compression of Dynamic Graphs Generated by a Duplication Model, *Algorithmica* 82(9) (2020), s. 2687-2707.

- wersja konferencyjna: Krzysztof Turowski, Abram Magner, Wojciech Szpankowski, *Compression of Dynamic Graphs Generated by a Duplication Model*, 56th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Allerton 2018, Monticello, IL, USA, October 2-5, 2018, s. 1089-1096.

Omówienie i ocena wskazanego osiągnięcia naukowego

Tematyka osiągnięcia naukowego mieści się w aktualnie prężnie się rozwijającym nurcie informatyki teoretycznej związanej z modelowaniem dużych sieci grafami losowymi. Istotnym kierunkiem badań w tym nurcie jest poszukiwanie modeli, które odzwierciedlałyby cechy rzeczywistych sieci, takich jak ogólnie sieci złożone i sieci bezskalowe, czy też szczególnie, konkretne sieci rzeczywiste. Nadal poszukuje się i bada modele, które lepiej niż takie grafy jak klasyczny graf $G(n, p)$ czy model typu *preferential attachment* odzwierciedlają cechy sieci rzeczywistych.

Przedstawiony cykl prac świetnie się wpisuje w ten nurt badań. Jego celem jest bliższe zbadanie cech ogólnego modelu duplikacyjnego wprowadzonego przez Solégo i Pastora-Satorrasa na początku wieku. Powstał on z myślą lepszego odwzorowania pewnych sieci biologicznych, ale potencjalnie może też odwzorowywać własności ewolucyjne innych sieci rzeczywistych. Model był badany wcześniej przez innych autorów a przedstawione w osiągnięciu prace są naturalną kontynuacją tych badań.

W przypadku badania takich modeli teoretycznych istotna jest analiza własności modelu teoretycznego pod względem podobieństw i różnic do sieci rzeczywistych. Ważną i interesującą kwestią jest też badanie własności sieci rzeczywistych bazując już na teoretycznym modelu. W pracach przedstawionych w osiągnięciu skupiono się na dwóch takich własnościach: stopniach wierzchołków oraz entropii grafowej i kompresji. Problemy te są naturalne i istotne z punktu widzenia informatyki.

[A1]-[A4]. Jedną z cech, którą się przypisuje wielu sieciom rzeczywistym jest ciąg stopni spełniający prawo potęgowe (*ang.* power law degree distribution). W tym kontekście istotnym pytaniem dotyczącym teoretycznych modeli takich sieci jest badanie stopni wierzchołków.

W pracach [A1]-[A3] skupiono się na standardowych parametrach rozkładu stopni wierzchołków (momentach, koncentracji wokół wartości oczekiwanej, ogonach rozkładu i maksymalnym stopniu). [A1] dotyczy asymptotycznych i dokładnych wartości momentów stopni wierzchołków w modelu. W dowodach badano rekurencje dla momentów stopnia wierzchołka. Rekurencje te wynikały naturalnie z rekurencyjnej definicji rozważanego grafu. Dowody są bardzo techniczne, polegają głównie na dokładnych obliczeniach. Między innymi, dostosowano metody dowodowe

dotyczące tego modelu z prac innych autorów (Lemat 18) i wykorzystano klasyczne metody szacowania.

[A2] jest naturalną kontynuacją badań rozpoczętych w [A1]. Dziwi mnie to, że prace [A1] i [A2] w pewnej części się pokrywają, ale nie cytują siebie na wzajem (na przykład Lemat 2 [A1] i Lemat 1 [A2], Lemat 18 [A1] i Lemat 2 [A2]). Praca [A2] wnosi jednak nowe wyniki dotyczące „ogonów” rozkładu stopnia wierzchołka. Dowody wydają się ciekawsze niż w [A1] i bazują na szacowaniu funkcji tworzących momenty oraz nierówności Chernoffa.

W [A3] przedstawiono wynik dotyczący maksymalnego stopnia w modelu. Ma on na celu określenie maksymalnego stopnia wierzchołka w modelu z dokładnością do czynnika polilogarytmicznego. Wynik ten jest ciekawszy w kontekście dowodów i znaczenia od tych przedstawionych w pracach [A1] i [A2], ale nie miałby racji bytu bez dwóch poprzednich prac. Dowód opiera się na zdefiniowanych w definicji 1 ciągach pomocniczych, które pozwalają oszacować prędkość wzrostu stopnia wierzchołka w grafie (w trakcie dodawania kolejnych wierzchołków). Należy zwrócić uwagę, że definicja 1 jest kluczową częścią dowodu, ale uzyskanie ostatecznych wyników wymagało jeszcze wielu technicznych elementów, które były niezbędne do ostatecznego wykorzystania pomocniczych ciągów.

Praca [A4] dotyczyła już bezpośrednio analizy rozkładu stopni wierzchołków pod kątem bezskalowości. Jest ona naturalną kontynuacją pracy Jordana ([9] w bibliografii [A4]). W pracy badano rozkład stopni wierzchołków największej składowej spójności pod kątem spełniania prawa potęgowego. Celem tej pracy było rozważenie jednego przypadku, który nie został ujęty w wyniku Jordana. Duża część dowodu opiera się na technice rozwiniętej w pracy Jordana. Nowa część dowodu jest znów bardzo techniczna i wykorzystuje metody analityczne.

Praca [A5] jedyna nie dotyczy stopni wierzchołków. Jest to też jedyna praca, która skupia się na najmniej ogólnej wersji rozpatrywanego modelu. Otrzymane w niej wyniki dotyczą asymptotycznego tempa wzrostu entropii dla modelu oraz efektywnej kompresji grafu, który został uzyskany zgodnie z rozkładem badanego modelu. Dowód bazuje na naturalnej obserwacji dotyczącej prostej struktury grafu, w którym każdy wierzchołek jest kopią innego, w pewnym sensie identycznego z nim, wierzchołka. Ostatecznie, najistotniejsza część dowodu, bazuje na analizie własności rozkładu wielomianowego Dirichleta oraz na lemacie wykorzystanym w innej pracy do analizy modelu Barabásiego i Alberta. Należy tutaj zwrócić uwagę na to, że część dowodu daje odpowiedź na wcześniej postawione pytanie dotyczące rozkładu wielomianowego Dirichleta. W kontekście informatyki teoretycznej, ciekawą częścią pracy jest zaprezentowany algorytm kompresji, nawet jeśli nie jest on bardzo skomplikowany a jego analiza nie wymagała bardzo zaawansowanych narzędzi.

Wszystkie przedstawione w osiągnięciu naukowym prace są współautorskie. Na niekorzyść Habilitanta świadczy, że z oświadczeń wynika, że ciekawsze fragmenty dowodów (np. Lemat 18 [A1], Definicja 1 [A3], zastosowanie nierówności Chernoffa) są autorstwa współautorów. Z drugiej strony, mimo że były to kluczowe pomysły, dowody zawierają jeszcze wiele istotnych idei,

w których tworzeniu Habilitant brał istotny udział. Dlatego, mimo wcześniejszych uwag, zgodnie z przedstawionymi oświadczeniami, można uznać wkład Habilitanta w każdą z prac za dość znaczący.

Wszystkie prace wpisują się naturalnie w aktualne nurty badań. Podjęte zostały naturalne problemy dotyczące już wcześniej znanego modelu, który wydaje się mieć naturalne zastosowania. Przedstawione prace są kontynuacją badań rozważanych przez innych autorów, uzupełniają poprzednie znane wyniki.

Głównym walorem zaprezentowanych prac są rygorystyczne dowody matematyczne. W przypadku wprowadzania potencjalnie ciekawego modelu, często pierwsze wyniki są tylko eksperymentalne lub stawiane są hipotezy ad hoc. Istotne naukowo jest sprawdzenie z wykorzystaniem ścisłych dowodów, czy hipotezy dotyczące modelu są prawdziwe. Dowody w prezentowanych pracach są bardzo techniczne, analityczne i wykorzystują w dużej mierze znane metody. Metody te oczywiście muszą być często odpowiednio zmodyfikowane i dostosowane, co nie zawsze było trywialne. Z punktu widzenia informatyki jednak istotnym walorem zaprezentowanych wyników jest sam fakt zbadania struktury nowego modelu. W tym przypadku skupiono się na ważnych z punktu widzenia informatyki własnościach: parametrach rozkładu stopni oraz problematyce kompresji. Dlatego wyniki mogą zostać uznane za istotne dla rozwoju informatyki.

Ocena pozostałej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej

Oprócz prac z osiągnięcia naukowego, kandydat przedstawił 16 prac opublikowanych w czasopismach naukowych lub materiałach konferencyjnych. Prace przedstawione w osiągnięciu naukowym wydają się dotyczyć bardzo wąskiej tematyki, co jest jednak wynikiem próby przedstawienia monotematycznego cyklu prac. Przedstawione pozostałe prace świadczą o szerokich zainteresowaniach naukowych Habilitanta.

Prace Habilitanta (zarówno te z osiągnięcia jak i pozostałe prace z dorobku) zostały opublikowane w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych o przyzwoitym poziomie. Nie ma wśród nich jednak wielu publikacji w tych bardzo uznanych. W tym kontekście można wymienić te opublikowane na COCOON i w IEEE Transactions on Information Theory. Kandydat może też się pochwalić dość szerokim gronem współpracowników.

Na niekorzyść kandydata świadczy bardzo niska, jak na informatykę teoretyczną, liczba cytowań. Prace dotyczące zagadnień modelowania sieci wzbudzają zwykle większe zainteresowanie. Jednakże prezentowane w osiągnięciu prace naukowe były opublikowane w ostatnich dwóch latach, więc możemy liczyć na to, że potencjalnie liczba cytowań się zwiększy. Analizowany w osiągnięciu naukowym model wydaje się naturalny a wyniki jego dotyczące obiecujące. Opublikowana wcześniej (2016-2018) pokrewna praca [B1] już teraz ma w sumie 7 cytowań na Web of Science.

Kandydat brał i bierze udział aktywnie w projektach badawczych. W pięciu w funkcji wykonawcy. Aktualnie jest kierownikiem grantu NCN SONATA. Wykazał się wygłoszeniem 10 referatów na różnych warsztatach i konferencjach.

Aktywność dydaktyczna i organizacyjna kandydata jest odpowiednia do obecnego etapu kariery naukowej: przygotowuje i prowadzi wykłady, ćwiczenia i laboratoria; jest promotorem 4 prac magisterskich i 6 licencjackich.

Habilitant wykazał się także istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej. W ramach swojej kariery naukowej pracował na Politechnice Gdańskiej i Uniwersytecie Jagiellońskim. Odbył także dwa staże podoktorskie na Purdue University (USA), które trwały w sumie 9 miesięcy. W ramach pracy i staży powstały liczne publikacje naukowe prezentowane w dorobku Habilitanta.

Konkluzja

Uważam, że przedstawione w ramach postępowania habilitacyjnego osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowy Krzysztofa Turowskiego spełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym. Cykl przedstawionych prac stanowi konsekwentną realizację spójnego przedsięwzięcia, jakim jest badanie własności teoretycznych modeli sieci rzeczywistych i stanowi oryginalne rozwiązanie postawionych problemów naukowych. Wnosi on znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka.

Popieram wniosek dr inż. Krzysztofa Turowskiego i wnioskuję o jego dopuszczenie do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.


(-) Katarzyna Rybarczyk-Krzywdzińska