



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI

Gdańsk, 12.04.2021 r.

Dr hab. inż. Jacek Rak, prof. PG
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
NAUKOWEJ DYSCYPLINY INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy: Wielokryterialne modele sprawiedliwej optymalizacji dla rozdziału zasobów sieciowych

Autor rozprawy: Mgr inż. Grzegorz Zalewski

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)**

Oceniana praca dotyczy zagadnienia sprawiedliwego rozdziału zasobów sieciowych, tj. problemów optymalizacyjnych obejmujących dwa kryteria: (1) maksymalizacji łącznego przychodu wynikającego z uzyskanej konfiguracji oraz (2) zapewnienia rozwiązania sprawiedliwego. Szczególną uwagę Doktorant poświęca zagadnieniom alokacji ograniczonych zasobów sieciowych (przepustowości łączy) mających z natury ograniczony charakter (klasyfikowanych w pracy jako problemy rozdziału zasobów ograniczonych – RZO). W przeciwieństwie do modeli jednokryterialnych, sprawiedliwy rozdział zasobów sieciowych ma za zadanie niedopuszczenie do dyskryminacji żadnego z żądań, traktując te żądania w sposób szczególny, nawet jeśli są one mniej atrakcyjne z powodów efektywnościowych/wydajnościowych systemu. Sprawiedliwy rozdział zasobów sieciowych jest więc

JRak

kompromisem między łączną efektywnością systemu, a sprawiedliwością konfiguracji rozdziału zasobów. Doktorant w pracy zauważa, że zaproponowane dotychczas modele sprawiedliwego rozdziału zasobów mają charakter jednokryterialny i, koncentrując się wyłącznie na aspekcie sprawiedliwości, nie sprawują kontroli nad wynikową łączną wydajnością rozwiązania.

Mimo, że teza nie została w rozprawie wyraźnie wyeksponowana, Autor dąży do wykazania w rozprawie, że poprzez proponowane algorytmy i ich odpowiednią konfigurację, możliwe jest uzyskanie rozwiązania będącego kompromisem pomiędzy łączną efektywnością a jej sprawiedliwością. Kierunek ten ukazuje ostatnie pełne zdanie znajdujące się na stronie 8 rozprawy („Przez umiejętne dobranie równań opisujących je możliwe jest wyznaczenie rozwiązania, które jest kompromisem pomiędzy wydajnością i sprawiedliwością rozwiązania”). Cel opracowania metod zapewniających rozwiązanie kompromisowe został w rozprawie jasno sformułowany.

Rozprawa ma w mojej ocenie charakter teoretyczny poparty eksperymentami numerycznymi.

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 sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Analiza źródeł literatury została przeprowadzona w pracy w sposób właściwy. Sam wykaz literatury (część 8. rozprawy) obejmuje 76 prac (głównie artykułów w czasopiśmie), a więc stanowi zbiór o raczej średnim rozmiarze. Zawiera on jednakże prace o istotnym znaczeniu, w tym ważne pozycje literatury dotyczące sprawiedliwego rozdziału zasobów sieciowych oraz mechanizmów doboru tras w sieciach teleinformatycznych.

Opis charakterystyk modeli dostępnych w literaturze z rozpatrywanego obszaru jest zawarty głównie w rozdziale 2 rozprawy. Zadaniem tego rozdziału jest ukazanie najważniejszych koncepcji przydziału zasobów do obsługi żądań w tym m.in. metod ukierunkowanych na zapewnianie sprawiedliwości (np. max-min fairness), miar służących ocenie poziomu sprawiedliwości rozwiązania oraz strategii optymalizacji ukierunkowanych na maksymalizację zysku wynikającego z zastosowanego przydziału zasobów. Zastosowania metod referencyjnych zostały przez Autora przedstawione w rozdziale 2 w kontekście różnorodnych problemów (tzn. nie tylko w odniesieniu do zastosowań w sieciach teleinformatycznych), co dowodzi dużej wiedzy Autora i elastyczności w zakresie analizowanej tematyki, której poziom jest adekwatny do wymogów stawianych rozprawom doktorskim.

Wnioski sformułowane przez Autora rozprawy dotyczące istniejących rozwiązań, w tym np. spostrzeżenie dotyczące ryzyka dyskryminacji żądań o niewielkim jednostkowym dochodzie przez jednokryterialne modele RZO ukierunkowane na maksymalizację łącznego zysku operatora sieci (co w istocie stoi w sprzeczności z oceną sprawiedliwości rozwiązania) są również jasne i przekonujące.

JK

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

Zadaniem ocenianej pracy doktorskiej było zaproponowanie algorytmów sprawiedliwego rozdziału zasobów sieciowych ukierunkowanych jednocześnie na wydajność i sprawiedliwość. Rozwiązanie sformułowanych przez Autora problemów zostało w rozprawie ukazane poprzez użycie właściwych do tego celu metod oraz założeń. W ogólności, Autor dla większości analizowanych problemów przedstawił ich zapis w postaci modeli programowania liniowego obejmujących funkcje kryterialne odzwierciedlające cele optymalizacji oraz zbiory ograniczeń dotyczące elementów analizowanych sieci (łączy) oraz zbiorów żądań. Następnie dokonał stosownych implementacji w celu umożliwienia rozwiązania zadanych problemów przy wykorzystaniu znanego pakietu optymalizacyjnego CPLEX. Rozwiązania analizowanych w rozprawie problemów dla sieci o większym rozmiarze zostały przez Autora uzyskane w wyniku realizacji metod heurystycznych (rozdziały 4-5 rozprawy).

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?

W mojej ocenie, do oryginalnego dorobku autora ukazanego w ocenianej rozprawie należy zaliczyć:

- 1) charakterystykę dwóch typowo przeciwstawnych aspektów: wydajności rozwiązania (od której zależy np. zysk operatora sieci) oraz sprawiedliwości rozwiązania (cechy istotnej z punktu widzenia użytkownika) ukazaną w rozdziale 2 rozprawy wraz z opisem dostępnych miar sprawiedliwości oraz metod jednokryterialnych (dotyczących sprawiedliwego rozdziału zasobów oraz metod alokacji przepustowości łączy sieci skutkujących doborem tras maksymalizującym zysk operatora),
- 2) propozycję wykorzystania modeli ilorazowych ukazanych w rozdziale 3 rozprawy, umożliwiających przeprowadzenie optymalizacji dwukryterialnej, tj. przy jednoczesnym uwzględnieniu kryteriów wydajności i sprawiedliwości oraz:
 - a. identyfikacji k -najbardziej dyskryminowanych wartości (model zaprezentowany w dwóch wersjach: RBMIN i RBMAX),
 - b. wykorzystaniu współczynnika Giniego jako miary sprawiedliwości (model RGM).

W szczególności, Autor wykazał w rozprawie, że odpowiednia konfiguracja modeli prowadzi do uzyskania oczekiwanego kompromisu pomiędzy sprawiedliwością rozwiązania a jego wydajnością,

- 3) propozycję metod heurystycznych zaprezentowanych w rozdziałach 4-5 rozprawy dotyczących uzyskania rozwiązań postawionych problemów dla sieci o większym rozmiarze oraz przygotowania danych wejściowych (obejmujących parametry sieci o dużym rozmiarze)

TK

w kontekście ograniczenia problemu niespójności sieci (tzw. uspojnienie grafu sieci omawiane w rozdziale 4 rozprawy).

W mojej ocenie propozycje Autora są warte uwagi i rozszerzają stan wiedzy i technik rozwiązywania problemów w rozpatrywanym obszarze.

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

Wyniki zaprezentowane przez Autora w rozprawie zostały przedstawione w sposób zwięzły i przekonujący. Sama rozprawa składająca się z 10 rozdziałów ma ogólnie poprawną strukturę i jest poprawnie zredagowana. Zauważalna jest jedynie dysproporcja objętościowa rozdziału drugiego, który stanowi prawie 40% całej rozprawy. W tym kontekście oraz z uwagi na zawartość merytoryczną, lepszym rozwiązaniem wydaje się wyodrębnienie podrozdziałów 2.3 i 2.4 (dotyczących kolejno sformułowania problemu RZO dla sieci teleinformatycznych oraz przedstawienia modeli optymalizacji bezpośredniej dla problemu RZO) jako oddzielnych rozdziałów.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Rozprawę odbieram pozytywnie, jednak posiada ona kilka słabszych stron bądź niedopowiedzeń wymienionych poniżej, które warto wyjaśnić podczas obrony pracy.

- i) Pomimo, że praca jest ogólnie napisana dobrze pod względem stylistycznym, zdarzają się w niej literówki oraz niedociągnięcia stylistyczne, np.:
 - Str. 10: „... rozdział zasobów powinna się odbyć...”
 - Str. 11: „W przypadku kiedy możliwa jest rozdział...”
 - Str. 17: „mapujących” → „odwzorujących”
 - Str. 33: „całkowito-liczbowe” → „całkowitoliczbowe”
 - Str. 46: „Problemy alokacji ograniczonych zasobów na zapotrzebowania może dotyczyć...”
 - Str. 64: „wartości przychodu jednostkowego z przedzielonego żądania...”
 - Str. 67: „...na sprawiedliwość rozwiązania został można nazwać modelem...”
 - Str. 76: „W odróżnieniu do modelu RBMIN...”
 - Str. 96: „...między węzłami, spójność nie miałyby.”
- ii) W rozdziale 2 brakuje podsumowania, które w szczególności mogłoby podkreślić motywację poszukiwania modyfikacji istniejących metod (OWA i RPM) rozwiązywania problemów optymalizacji sprawiedliwej RZO przedstawionych w kolejnych rozdziałach pracy.
- iii) W rozdziale 2.4 widoczny jest przykład zastosowania metod OWA i RPM do rozwiązywania problemu sprawiedliwego rozdziału zasobów, natomiast zakres modyfikacji wprowadzonych

Rok

przez Autora wymaga lepszego uwypuklenia w tym rozdziale (trudno jest w rozdziale 2.4 dostrzec granicę pomiędzy elementami nowatorskimi wprowadzonych przez Autora rozprawy w porównaniu ze zbiorem założeń oryginalnych metod OWA i RPM znanych z literatury).

- iv) Na rysunku 2 numeracja łączy wydaje się być niepoprawna: brakuje ciągłości numeracji łączy (zamiast l_4 powinno być l_3) a współdzielenie jest zilustrowane na łączy l_2 , a nie jak to wynika z tytułu rysunku na l_3 . Podobnie brakuje łączy l_3 na rys. 3.
- v) Główna część rozprawy bazuje na zastosowaniu metod programowania liniowego do rozwiązania złożonych problemów (NP-trudnych). Nasuwa się więc naturalne pytanie o efektywność czasową tych metod (w szczególności o zależność czasu obliczeń od rozmiaru sieci, liczby żądań) lecz wyniki zestawione w formie tabel tego ważnego aspektu praktycznego nie obrazują.
- vi) Uwaga Autora w rozprawie koncentruje się na dwóch aspektach rozwiązań problemów: sprawiedliwości (ważnej głównie dla użytkownika) oraz efektywności (wpływającej na zysk operatora). Jednakże na ogólny poziom zadowolenia użytkownika może mieć wpływ większa liczba parametrów rozwiązania – np. długość ścieżek transmisji determinująca opóźnienie transmisji między węzłami krańcowymi. Warto byłoby przeanalizować wpływ zastosowanych metod na opóźnienie transmisji oraz wartości innych parametrów QoS.

Powyższe uwagi nie rzutują na moją ogólną pozytywną ocenę całościową rozprawy.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Rozprawa mgr inż. Grzegorza Zalewskiego wnosi zauważalny wkład w rozwój metod sprawiedliwego rozdziału zasobów sieciowych i wpisuje się w ramy zagadnień dyscypliny naukowej Informatyka techniczna i telekomunikacja. Z uwagi na szerokie spektrum zastosowań mechanizmów sprawiedliwości wskazane w rozprawie, które wykracza poza główny nurt badań Doktoranta dotyczący sieci teleinformatycznych, istnieje duża szansa na zaadaptowanie zaprezentowanych w rozprawie technik również w innych obszarach nauk technicznych.

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

Powyższa recenzja pracy, w tym opis osiągnięć, sformułowane uwagi, jak i informacja o opublikowaniu części prac Autora w pięciu publikacjach naukowych, w tym w:

- dwóch rozdziałach monografii z 2018 i 2019 r. (kolejno; 20 pkt i 5 pkt MNiSW),



- jednym artykule w czasopiśmie *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych* (2015, 9 pkt MNiSW),
- dwóch artykułach w czasopiśmie *Journal of Telecommunications and Information Technology* (oba w 2016 r., 12 pkt MNiSW)

sprawiają, że zaliczam niniejszą rozprawę do kategorii **c/ spełniająca wymagania**.

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Zalewskiego do publicznej obrony.

