

Warszawa, 19.04.2024 r.

Dr hab., inż. Lech Kruś,
emerytowany prof. Instytutu Badań Systemowych PAN
prof. uczelni Akademia WIT w Warszawa

Rada Naukowa Dyscypliny
INFORMATYKA TECHNICZNA
I TELEKOMUNIKACJA
Sekretariat
Data wpływu: 23.04.2024
Numer:

Recenzja
Rozprawy Doktorskiej
Pana mgr. inż. Mariusza Drabeckiego
pt.: Quality-based multi-criteria optimisation approach
in dispatch of Services of General Interest

Dziedzina: nauki techniczne,
Dyscyplina: informatyka techniczna i telekomunikacja.

Niniejszą recenzję przygotowano na podstawie uchwały nr 655/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej z dnia 06 lutego 2024 roku.

Recenzowana praca powstawała pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. inż. Eugeniusza Toczyłowskiego.

1. Cel i teza rozprawy

Celem ocenianej rozprawy doktorskiej było opracowanie autorskiej metody informatycznego wspomaganie decyzji dyspozytorów Usług Świadczonech w Interesie Ogólnym (USIO) z wykorzystaniem optymalizacji wielokryterialnej. Dotyczy to w szczególności rozwoju systemów komputerowych wspomaganie decyzji dyspozytorów tych usług. Należy podkreślić, że sektor tych usług stanowi istotny filar modelu społecznego Unii Europejskiej. Istniejące komputerowe systemy wspomaganie decyzji podejmowanych przez dyspozytorów takich usług umożliwiają ich optymalizację tylko z uwzględnieniem jednego kryterium kosztu ew. średniego czasu usług. Powstaje pytanie, czy można poprawić jakość takich usług przez odpowiednią rozbudowę takich systemów z uwzględnieniem także kryteriów jakościowych. Stanowi to poważne wyzwanie naukowe, wymagające zarówno prac teoretycznych w zakresie wykorzystania optymalizacji wielokryterialnej do optymalizacji takich usług, budowy odpowiednich modeli matematycznych jak i konstrukcji nowych komputerowych systemów wspomaganie decyzji i ich numerycznej weryfikacji.

Doktorant podejmuje to wyzwanie formułując tezę tej pracy doktorskiej:

Adding quality-based criteria to the generic SGI dispatch optimization problem adds value to the dispatching, allowing to yield more tailored result as to the customers' need.

W celu udowodnienia powyższej tezy pracy Doktorant sformułował następujące cele szczegółowe:

1. Opracowanie i sformułowanie oryginalnego ogólnego wielokryterialnego zagadnienia optymalizacji dyspozycji USIO z uwzględnieniem kryteriów jakościowych;
2. Ocenę teoretyczną stosowalności różnych metod agregacji do rozwiązywania powyższego problemu;
3. Porównanie rozwiązań proponowanego problemu wielokryterialnego z klasycznym jednokryterialnym problemem minimalizacji kosztów;

4. Analizę stosowalności zaproponowanego problemu wielokryterialnego z kryteriami jakościowymi do optymalizacji dyspozycji jednostek generujących energię elektryczną;
5. Analizę stosowalności zaproponowanego problemu wielokryterialnego z kryteriami jakościowymi do dyspozycji Zespołów Ratownictwa Medycznego do pacjentów oraz pacjentów do Szpitalnych Oddziałów Ratunkowych.

W mojej ocenie temat rozprawy doktorskiej jest istotny i aktualny zarówno ze względu na wymagany wkład badawczy w dziedzinie badań operacyjnych wchodzących w zakres dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja jak i jego przyszłe zastosowania do poprawy wymienionych usług świadczonych w interesie ogólnym.

Teza pracy jest istotna z punktu widzenia zarówno naukowego (autorskie podejście) jak też w aspekcie przyszłych zastosowań. Wymienione cele szczegółowe są dobrze sformułowane. Ich osiągnięcie prowadzi do potwierdzenia tezy pracy

2. Przegląd i ocena treści rozprawy

Tekst rozprawy liczy 195 stron, obejmuje 7 rozdziałów, bibliografię (256 pozycji), spis tabel, spis rysunków i dwa aneksy zawierające sformułowania odpowiednio relacji binarnych i zadań optymalizacji wykorzystywanych w eksperymentach numerycznych, Praca doktorska została napisana w j. Angielskim.

Poniżej przedstawiono szczegółową analizę przeglądu treści rozprawy.

W rozdziale 1 rozprawy doktorskiej, Doktorant przedstawił motywację prowadzonych badań w zakresie wspomagania decyzji dyspozycyjnych z wykorzystaniem metod optymalizacji wielokryterialnej. Dotyczy to w szczególności rozwoju systemów komputerowych wspomagania decyzji dyspozytorów usług świadczonych w interesie ogólnym stanowiących istotny filar modelu społecznego Unii Europejskiej. Przedstawia również możliwe zastosowania takich rozbudowanych systemów wspomagania decyzji do optymalizacji usług dyspozycyjnych systemów w zakresie usług takich jak zaopatrzenie w energię elektryczną, wodę, usługi telekomunikacyjne, pocztowe, ochronę zdrowia i inne. Przedstawia sformułowane wyżej tezy pracy i cele szczegółowe. Omawia również zakres i organizację pracy.

W mojej ocenie układ pracy jest prawidłowy. W kolejnych rozdziałach przedstawiane są prace badawcze teoretyczne i eksperymentalne prowadzące do potwierdzenia tezy pracy.

W rozdziale 2 przedstawiono podstawowe pojęcia dotyczące zagadnień optymalizacji wielokryterialnej. Obejmują one między innymi relacje preferencji między kryteriami, relacje dominacji, pojęcia rozwiązań niezdominowanych (Pareto-optymalnych, efektywnych), rozwiązań sprawiedliwych – spełniających relacje tzw. „equitable efficiency”.

W rozdziale 3 przedstawiono matematyczne sformułowanie ogólnego wielokryterialnego zagadnienia optymalizacji dyspozycji USIO z uwzględnieniem kryteriów jakościowych. Jest to oryginalne osiągnięcie Doktoranta. W porównaniu z klasycznymi sformułowaniami, które uwzględniają tylko jedno kryterium takimi jak koszt, czy średni czas usług, Doktorant uwzględnił także kryteria jakościowe. Jest to istotne rozszerzenie o bardzo dużym znaczeniu praktycznym w zakresie wspomagania decyzji dyspozycyjnych. Stanowi również wyzwane naukowe obejmujące odpowiednie rozwiązywanie tego problemu optymalizacji i analizy uzyskiwanych rozwiązań. Doktorant podejmuje to wyznawanie i

przedstawia ich realizację w dalszych częściach rozprawy. W tym rozdziale przedstawia również ogólną analizę funkcjonalną zagadnienia, a następnie analizę możliwych metod jego rozwiązywania. Wymienione są dostępne solwery komercyjne rozwiązywania zagadnień optymalizacji jednokryterialnej oraz akademickie solwery zadań wielokryterialnych. Porównywane są i analizowane różne metody rozwiązywania zadań optymalizacji wielokryterialnej, polegające na odpowiedniej agregacji wielu kryteriów - skalaryzacji zadania tak, że zadanie wielokryterialne można rozwiązać stosując wielokrotne rozwiązywanie odpowiednio modyfikowanych zadań jednokryterialnych. Przegląd metod obejmuje metodę ważonych kryteriów, agregacji max-min, maksymalizacji leksykograficznej, metodę punktów referencyjnych, programowania celowego, metodę ϵ -constraint, metodę metaheurystyk. Przedstawione jest teoretyczne porównanie tych metod z punktu widzenia rozwiązywania zaproponowanego ogólnego zadania optymalizacji dyspozycji. Porównywane metody przedstawiane są z odpowiednimi odwołaniami bibliograficznymi do prac źródłowych.

Przedstawiony opis i porównanie metod świadczy o odpowiedniej wiedzy Doktoranta w zakresie metod optymalizacji wielokryterialnej. Doktorant dokonał też moim zdaniem właściwego wyboru metody punktu referencyjnego do rozwiązywania sformułowanego ogólnego wielokryterialnego zadania optymalizacji dyspozycji. Metoda ta pozwala na wyznaczenie rozwiązania Pareto-optymalnego zgodnego z preferencjami decydenta reprezentowanymi przez podane przez niego punkty aspiracji i rezerwacji.

Rozdział 4 poświęcony jest eksperymentom obliczeniowym mającym na celu sprawdzenie, czy dodanie kryteriów jakościowych do ogólnego problemu optymalizacji dyspozycji pozwoli lepiej dopasować wyniki dyspozycji do potrzeb klientów do potrzeb klientów w porównaniu z klasycznym problemem minimalizacji kosztów, który tych kryteriów nie uwzględnia. W tym celu porównywane są wyniki obliczeniowe trzech wariantów problemu optymalizacji: problemu jednokryterialnego z klasyczną minimalizacją kosztów dyspozycji, proponowanego problemu wielokryterialnego, a także problemu wielokryterialnego umożliwiającego wyznaczenie rozwiązań sprawiedliwych. Należy podkreślić bardzo szeroki zakres eksperymentów. Uzyskane wyniki obliczeniowe pozwoliły na dokonanie analiz statystycznych. Doktorant dokonał porównania wymienionych wariantów problemu stosując specjalnie opracowane miary wydajności. Przeprowadził testy na 6000 instancjach z losowo generowanymi parametrami. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że rozwiązania proponowanego ogólnego wielokryterialnego problemu optymalizacji są lepiej dopasowane do potrzeb klientów. Obserwuje się przy tym pewne zwiększenie, ale akceptowalne, czasu obliczeń. **Uzyskany wynik tych badań eksperymentalnych oznacza potwierdzenie tezy Doktoranta postawionej w rozprawie.**

W rozdziale 5 Doktorant przedstawia studium przypadku dotyczące dyspozycji jednostek wytwórczych energii elektrycznej. Wykorzystał w nim zaproponowane ogólne wielokryterialne zagadnienia optymalizacji dyspozycji USIO z uwzględnieniem kryteriów jakościowych. Zaproponował odpowiedni, złożony model matematyczny uwzględniający aktorów biorących udział na rynku energii: konsumentów, producentów, brokerów, prosumentów. Model ten obejmuje wielokryterialne zadania optymalizacji w/w aktorów oraz operatora podejmującego decyzje dyspozycyjne. Doktorant przeprowadził testy ilustrujące poprawne działanie zbudowanego systemu komputerowego. Dokładnie omówił uzyskane wyniki i przedstawił ich interpretację. Testy te pokazały, że dodanie kryteriów jakościowych w tym zagadnieniu optymalizacji dyspozycji pozwala lepiej dopasować efekty dyspozycji do potrzeb aktorów biorących udział na rynku energii.

Rozdział 6 przedstawia kolejne studium przypadku dotyczące dyspozycji Zespołów Ratownictwa Medycznego oraz Szpitalnych Oddziałów Ratunkowych. Doktorant opracował kolejny model pozwalający na rozwiązanie wielokryterialnego zagadnienia optymalizacji dyspozycji dla tego konkretnego przypadku. Rozwiązany został szereg wariantów tego zagadnienia. Wyniki badań zostały dokładnie omówione i zinterpretowane. Pokazano, że dodanie kryteriów jakościowych w zagadnieniu optymalizacji dyspozycji pozwala lepiej dystrybuować zespoły ratownictwa, uwzględniając konkretne potrzeby pacjentów.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników naukowych. Omówione są również ich ograniczenia, a także możliwe dalsze prace.

Bibliografia pracy jest obszerna (liczy 256 pozycje) i odpowiednio dobrana - zawiera pozycje istotne dla prowadzonych badań. Zawiera również pozycje autorstwa Doktoranta. Główne wyniki swoich badań przedstawiane w rozprawie Doktorant już opublikował w recenzowanych, renomowanych czasopismach naukowych o wysokim indeksie Impact Factor.

3. Ocena formalna

Od strony formalnej tekst rozprawy doktorskiej i stosowane piśmiennictwo nie budzą zastrzeżeń i są zgodne z normami przyjętymi w pracach naukowych. Brak zastrzeżeń w zakresie formalności jest zauważalnym atutem, podkreślającym profesjonalne podejście do pisania. Autor dokonał starannego przestrzegania zasad formalnych, co przekłada się na przejrzystość i czytelność całego dokumentu.

Podsumowując wnioski wynikające z analizy i oceny treści rozprawy należy stwierdzić, że:

Cel i tematyka rozprawy są istotne i aktualne zarówno ze względu na wymagany wkład badawczy wnoszony w dziedzinie badań operacyjnych wchodzących w zakres dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja jak i jego przyszłe zastosowania praktyczne do poprawy wymienionych usług świadczonych w interesie ogólnym.

Teza rozprawy jest istotna z punktu widzenia zarówno naukowego (autorskie podejście) jak też w aspekcie przyszłych zastosowań. Wymienione cele szczegółowe są dobrze sformułowane. Ich osiągnięcie prowadzi do potwierdzenia tezy pracy. Określają one też zakres przeprowadzonych badań.

Przeprowadzone prace objęły zarówno prace teoretyczne jak i eksperymenty obliczeniowe. Metody badawcze zostały wybrane w sposób prawidłowy dla postawionego celu pracy. Obejmują metody modelowania matematycznego stosowane w badaniach operacyjnych, w tym metody optymalizacji wielokryterialnej, oraz przeprowadzenie komputerowych eksperymentów obliczeniowych dla wielu instancji formułowanych zadań, a następnie odpowiednią ocenę uzyskiwanych wyników numerycznych.

Doktorant uzyskał bardzo wartościowe, oryginalne wyniki badawcze. Jako główny autorski wynik uważam opracowanie matematycznego sformułowania ogólnego wielokryterialnego zagadnienia optymalizacji dyspozycji USIO z uwzględnieniem kryteriów jakościowych, a następnie: teoretyczną analizę stosowalności różnych metod rozwiązywania zadania optymalizacji wielokryterialnej dla tego zagadnienia; analizę wykorzystującą eksperymenty obliczeniowe, pozwalającą porównać uzyskiwane rozwiązania tego wielokryterialnego

zagadnienia dyspozycji z klasycznym jednokryterialnym zagadnieniem, w którym minimalizowane są tylko koszty dyspozycji; opracowanie odpowiednich modeli matematycznych wykorzystujących to ogólne proponowane wielokryterialne zagadnienie optymalizacji dyspozycji i analizę uzyskiwanych rozwiązań dla problemów dyspozycji przedstawionych w studiach przypadku: rynku energii oraz Zespołów Ratownictwa Medycznego do pacjentów i pacjentów do Szpitalnych Oddziałów Ratunkowych.

Uzyskane wyniki potwierdzają słuszność postawionej tezy rozprawy.

Wyniki te stanowią znaczący wkład w dziedzinie badań operacyjnych.

Główne wyniki badań zostały już opublikowane w recenzowanych, renomowanych czasopismach naukowych o wysokim indeksie Impact Factor, ujętych w wykazie MNiSW w ramach Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Od strony formalnej tekst rozprawy doktorskiej i stosowane piśmiennictwo są zgodne z normami przyjętymi w pracach naukowych. Omówienie wyników badań jest przedstawione w sposób prawidłowy, umożliwiając ich dokładną interpretację i ocenę.

Doktorant prezentuje w rozprawie zaawansowaną wiedzę w zakresie badań operacyjnych i ich wykorzystania do wspomagania rozwiązywania złożonych praktycznych problemów decyzyjnych. W mojej ocenie jest przygotowany do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Tematyka pracy ma charakter rozwojowy. Wskazane jest kontynuowanie badań.

4. Uwagi dyskusyjne i pytania

1. Czy i ewentualnie jak można wykorzystać proponowane podejście z uwzględnieniem działającej giełdy towarowej rynku energii elektrycznej?
2. Czy rozważano możliwość ew. manipulacji decydentów polegających na podawaniu operatorowi nieprawdziwych wartości poziomów aspiracji i rezerwacji w celu poprawienia swoich wyników.
3. W ogólnym przypadku metoda punktu referencyjnego stosowana jest w podejściu interakcyjnym, w którym wyznaczane są kolejne rozwiązania Pareto-optymalne dla modyfikowanych punktów aspiracji i rezerwacji w przestrzeni kryteriów. Zakłada się przy tym, że decydent nie musi być pewien swoich preferencji i dopiero w takim interakcyjnym procesie znajduje preferowane rozwiązanie. Jakie są możliwości zastosowania tego podejścia w rozpatrywanych zagadnieniach?
4. W systemach ratownictwa medycznego mogą występować sytuacje awaryjne: pandemia, katastrofy z dużą liczbą poszkodowanych, gdy zasoby służb nie pozwalają na dostateczne spełnienie bieżących potrzeb. Czy w takich przypadkach proponowane podejście może być również pomocne?
5. Czy mierniki statystyczne wyliczane i przedstawiane w rozdziale 4. służące analizie i ocenie proponowanego podejścia mogą być także wykorzystane i ewentualnie jak w procesie konstrukcji systemów wspomagania decyzji dla konkretnych rodzajów usług USIO?
6. Do rozważenia w przyszłych pracach są modele gier koalicyjnych z wypłatami ubocznymi. Rozwiązania takich gier pozwalają zapewnić stabilność tworzonych koalicji. W szczególnych przypadkach rynku energii może wystąpić sytuacja, że otrzymane rozwiązania i decyzje dyspozytorów względem producentów energii mogą być poniżej poziomów rezerwacji producentów. Mogłoby to doprowadzić do bankructwa niektórych

producentów i załamania rynku energii. Rozwiązana w/w gier mogą być przydatne w takich sytuacjach.

7. Sformułowanie matematyczne definicji 2.2.4 jest niezgodne z jego omówieniem. Sądzę, że wkradła się literówka w zapisie podanej relacji.

5. Podsumowanie

W mojej ocenie zakres i poziom naukowy uzyskanych wyników badawczych spełniają z nadmiarem ustawowe i zwyczajowe wymagania stawianym rozprawom doktorskim ustawy o tytule i stopniach naukowych prawa o szkolnictwie wyższym i nauce. Wnioskuje zatem do Wysokiej Komisji powołanej przez Radę Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej Autora, mgr inż. Mariusza Drabeckiego do publicznej obrony.

Oceniam rozprawę jako bardzo dobrą i składam wniosek o jej wyróżnienie.

Uzasadnienie

Rozprawa przekracza poziomem typowe rozprawy doktorskie. Dotyczy to w szczególności zagadnienia badawczego podniesionego w rozprawie o istotnym znaczeniu naukowym i praktycznym, zakresu przeprowadzonych badań, uzyskanych wyników w zakresie modelowania matematycznego i rozwiązywania zagadnień optymalizacji wielokryterialnej służących wspomaganie w złożonych problemach decyzyjnych oraz pokazaniu jak mogą być one wykorzystane w konkretnych zagadnieniach praktycznych. Należy także podkreślić bogaty dorobek publikacyjny Doktoranta obejmujący 6 artykułów w czasopismach naukowych ujętych w wykazie MNiSW na dzień publikacji w ramach dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, rozdziału w recenzowanej monografii naukowej oraz wystąpień na naukowych konferencjach międzynarodowych i krajowych. Sumarycznie prace Doktoranta zdobyły 400 pkt. MNiSW.

