

**RADA NAUKOWA DYSCYPLINY
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

zaprasza na
OBRONĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Mariusza Piotra Drabeckiego

która odbędzie się w dniu **16 września 2024 roku**, o godzinie **9:00** w trybie zdalnym

Temat rozprawy:

„Quality-based multi-criteria optimisation approach in dispatch of Services of General Interest”

Promotor: prof. dr hab. inż. Eugeniusz Toczyłowski – Politechnika Warszawska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Joanna Józefowska – Politechnika Poznańska

prof. dr hab. inż. Tadeusz Sawik – Reykjavik University

dr hab. inż. Lech Kruś – Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie

Obrona odbędzie się w trybie zdalnym. Osoby zainteresowane uczestnictwem w obronie proszone są o zgłoszenie chęci uczestnictwa w formie elektronicznej na adres sekretarza komisji: dr hab. inż. Mariusz Kaleta – email: mariusz.kaleta@pw.edu.pl, do dnia 14 września do godz. 23:59.

Z rozprawą doktorską i recenzjami można zapoznać się w Czytelni Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej, Warszawa, Plac Politechniki 1. Streszczenie rozprawy doktorskiej i recenzje są zamieszczone na stronie internetowej: <https://www.bip.pw.edu.pl/index.php/Postepowania-w-sprawie-nadania-stopnia-naukowego/Doktoraty/Wszczete-po-30-kwietnia-2019-r/Rada-Naukowa-Dyscypliny-Informatyka-Techniczna-i-Telekomunikacja/mgr-inz.-Mariusz-Piotr-Drabecki>

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Politechniki Warszawskiej
prof. dr hab. inż. Jarosław Arabas

Rozprawa Doktorska

Autor: Mariusz Drabecki

Promotor: prof. dr hab. inż. Eugeniusz Toczyłowski

Tytuł: *Optymalizacja wielokryterialna uwzględniająca kryteria jakościowe w dyspozycji Usług Świadczonych w Interesie Ogólnym.*

Streszczenie: Praca ta mieści się w nurcie badań nad Systemami Wspomagania Decyzji dla dyspozytorów Usług Świadczonych w Interesie Ogólnym (USIO). USIO stanowią ważny filar modelu społecznego i społecznej gospodarki rynkowej Unii Europejskiej, zapewniając Europejczykom minimalne standardy bytowe. W tej pracy badano dyspozycję USIO, których jednostki można rozróżniać między sobą ze względu na oferowaną przez nie jakość (lub specjalistykę) klientom. Przyjęto tezę, że dyspozycja USIO, uwzględniająca nie tylko koszty dyspozycji, lecz także jakość USIO otrzymywaną przez klientów (w sposób wielokryterialny), daje wyniki lepiej dopasowane do ich potrzeb niż w przypadku klasycznej jednokryterialnej minimalizacji kosztów dyspozycji. W tym celu zaproponowano i przeanalizowano generyczny problem optymalizacji dyspozycji USIO z uwzględnieniem kryteriów jakościowych (SDOQ). W pierwszej kolejności dokonano teoretycznej analizy problemu i zidentyfikowano najlepiej dopasowaną metodę agregacji. Następnie przeanalizowano statystycznie wyniki uzyskane przez rozwiązanie problemu SDOQ na 6 000 instancjach z losowo dobranymi parametrami optymalizacji — także uwzględniając sprawiedliwość (ang. *fairness*) rozwiązania. W kolejnym kroku zaaplikowano problem SDOQ do dwóch Studiów Przypadku opartych na wcześniej opublikowanych artykułach. Pierwsze Studium dotyczyło dyspozycji jednostek wytwórczych energii elektrycznej, drugie natomiast dyspozycji Zespołów Ratownictwa Medycznego oraz Szpitalnych Oddziałów Ratunkowych. We wszystkich analizach porównywano wyniki dyspozycji uzyskiwane przez proponowane podejście oparte na SDOQ z wynikami otrzymywanymi przez klasyczny jednokryterialny problem minimalizacji kosztów dyspozycji. Porównania dokonano w oparciu o sześć specjalnie opracowanych miar wydajności. Testy wykazały, że wyniki dyspozycji uzyskiwane w wyniku rozwiązania problemu SDOQ były lepiej dopasowane do potrzeb klientów, niż te uzyskiwane w wyniku rozwiązania problemu klasycznego. Wiązało się to jednak z istotnym statystycznie wydłużeniem czasu obliczeń, zwłaszcza w przypadku sformułowania uwzględniającego sprawiedliwość rozwiązania. Jednakże, mimo że zwiększony, czas ten nadal pozostawał akceptowalny. Podsumowując, zaproponowany problem SDOQ może znacząco poprawić wyniki dyspozycji różnych USIO, czyniąc je lepiej dostosowanymi do potrzeb klientów.

Słowa kluczowe: *Usługi Świadczonych w Interesie Ogólnym, optymalizacja wielokryterialna, dyspozycja, Systemy Wspomagania Decyzji*

Mariusz Drabecki
ETBustbsh.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Mariusza Drabeckiego

zatytułowanej:

*Quality-based Multi-criteria Optimisation Approach
in Dispatch of Services of General Interest*

1. Problem badawczy i jego znaczenie

W rozprawie rozważa się problem optymalnego wykorzystania zasobów w obszarze usług świadczonych w interesie ogólnym. Według terminologii przyjętej przez Komisję Europejską usługi świadczone w interesie ogólnym to usługi służące dobru ogółu, które podlegają szczególnym zobowiązaniom z tytułu świadczenia usług publicznych. Przykłady tego typu usług obejmują m.in.: transport publiczny, usługi pocztowe i opiekę zdrowotną. Badania prowadzone przez doktoranta były ukierunkowane na poszukiwanie ogólnego sformułowania modelu użytecznego wspomagającego podejmowanie decyzji dotyczących dystrybucji różnego typu usług zaliczanych do wspomnianej kategorii. Sformułowanie modelu użytecznego jest zasadniczym etapem budowy systemu wspomagania decyzji metodami badań operacyjnych. Mimo, że badania operacyjne są nauką interdyscyplinarną, modelowanie sytuacji decyzyjnych najczęściej klasyfikuje się w dyscyplinie informatyka i telekomunikacja, głównie ze względu na szerokie zastosowanie metod obliczeniowych w procesie poszukiwania optymalnych lub suboptymalnych decyzji. Równocześnie szybko rosnące możliwości obliczeniowe współczesnych komputerów pozwalają rozwiązywać zadania optymalizacyjne wynikające z modeli matematycznych, które stanowią coraz dokładniejszy opis rzeczywistej sytuacji decyzyjnej, co prowadzi do poprawy jakości podejmowanych decyzji. Te możliwości zostały z dobrym skutkiem wykorzystane w rozprawie poprzez wprowadzenie wielokryterialnej oceny rozdziału usług, uwzględniającej nie tylko aspekt kosztów, ale również dostosowanie usług do zdefiniowanych potrzeb usługobiorcy.

Niniejsza rozprawa dotyczy opracowania i analizy modeli rozdziału usług, które mogą być świadczone w sposób zróżnicowany (na przykład za pomocą różnych zasobów), co wpływa na jakość świadczonej usługi. Wstępna analiza wybranych usług świadczonych w interesie ogólnym wykazała, że poza kryterium kosztowym w praktyce często istotne są inne aspekty wykonania usługi, jak na przykład przewiezienie pacjenta bezpośrednio do specjalistycznego szpitala zamiast do najbliższej placówki medycznej. Okazało się, że wielu sytuacjach jakość świadczonej usługi staje się równie ważna lub ważniejsza niż sam koszt jej wykonania. Ambitnym celem dalszych badań stało się opracowanie ogólnego modelu optymalizacyjnego, który można zastosować niezależnie od charakteru świadczonych usług. Model taki o nazwie *Dispatch Optimisation problem with Quality-based criteria* (SDOQ) został zaproponowany w rozprawie a następnie zweryfikowany za pomocą eksperymentów obliczeniowych. Pierwsza grupa eksperymentów została przeprowadzona na danych generowanych

losowo. Druga grupa eksperymentów obejmowała analizę przypadku dla dwóch odmiennych typów usług: dostarczania energii elektrycznej oraz świadczenia usług w zakresie ratownictwa medycznego. Opracowany model jest modelem wielokryterialnym a zatem eksperymenty polegają głównie na porównaniu jakości rozwiązań otrzymanych za pomocą analizowanego modelu oraz podejścia z jednym tylko kryterium kosztowym. Oceny dokonano za pomocą analizy statystycznej pięciu miar związanych z wartościami kryteriów w porównaniu do poziomu rezerwacji, średnią wartością funkcji użyteczności oraz czasem obliczeń.

Zastosowane podejście jest poprawne metodologicznie a uzyskane wyniki stanowią wkład w rozwój badań operacyjnych. Przytoczone przykłady ilustrujące zastosowania analizowanego modelu potwierdzają potencjalne znaczenie praktyczne prezentowanych wyników.

2. Wkład autora

W rozdziale 1.3 sformułowano podstawową tezę rozprawy w postaci: uwzględnienie kryteriów jakościowych w uogólnionym problemie optymalizacji rozdziału usług świadczonych w interesie ogólnym podnosi jakość rozdziału pozwalając na otrzymanie rozwiązań lepiej dopasowanych do potrzeb usługobiorców. Aby wykazać postawioną tezę sformułowano 5 celów szczegółowych obejmujących opracowanie uogólnionego modelu optymalizacyjnego rozważanego problemu, analizę wybranych metod agregacji do rozwiązywania problemu wielokryterialnego, porównanie rezultatów otrzymanych w wyniku zastosowania proponowanego podejścia ze standardowym podejściem jednokryterialnym, analizę zastosowań problemu wielokryterialnego w zakresie świadczenia usług związanych z dostawą energii elektrycznej oraz w zakresie usług ratownictwa medycznego.

Zaproponowany model należy do klasy wielokryterialnych problemów rozdziału zasobów w czasie. Kryteria minimalizowane traktowane są jako kryteria kosztowe, natomiast kryteria maksymalizowane odpowiadają kryteriom jakościowym. Wartości zmiennych decyzyjnych określają ilość usług świadczonych przez usługodawcę odbiorcy w wybranym przedziale czasu. Model ten jest bardzo ogólny zatem istotnym wkładem autora jest wykazanie możliwości jego zastosowania do optymalizacji rozdziału różnorodnych usług. Omówieniu tego zagadnienia poświęcono dwa rozdziały rozprawy, w których przedstawiono studium przypadku dla systemu dystrybucji energii elektrycznej oraz dla systemu ratownictwa medycznego. Wykazano tym samym, że możliwa jest adaptacja modelu do specyfiki świadczonych usług oraz pozyskanie danych pozwalających na skuteczne wykorzystanie modelu do wspomagania decyzji w praktycznych zastosowaniach.

Wcześniej przeprowadzono analizę efektywności samego modelu za pomocą eksperymentów obliczeniowych na danych generowanych losowo. Eksperymenty miały na celu zbadanie możliwości poprawy rozwiązań z punktu widzenia kryteriów jakościowych dzięki zastosowaniu podejścia wielokryterialnego. Porównano wyniki otrzymane przy zastosowaniu trzech różnych modeli: problemu z jednym kryterium, problemu otrzymanego przez zastosowanie skalaryzacji problemu wielokryterialnego metodą punktu odniesienia gwarantującego znalezienie rozwiązań Pareto-optymalnych oraz problemu sformułowanego w sposób gwarantujący znalezienie rozwiązań Pareto-optymalnych i równocześnie sprawiedliwych. W ramach eksperymentu rozważano trzy grupy instancji wyróżnione ze względu na liczbę dostawców (od 13 do 120) i odbiorców (od 10 do 100). W każdej grupie wygenerowano losowo po 2000 instancji. Rozwiązania porównywano na podstawie pięciu miar, które zdefiniowano jako: liczba kryteriów przyjmujących wartości nie gorsze niż poziom rezerwacji, liczba kryteriów, których wartość była gorsza od poziomu rezerwacji o co najmniej 10%, największe (dodatnie) procentowe odchylenie między wartością kryterium z poziomem rezerwacji

łącznie dla kryteriów kosztowych i jakościowych, średnia wartość funkcji użyteczności oraz czas obliczeń. W rozwiązaniach otrzymanych za pomocą modeli wielokryterialnych statystycznie więcej kryteriów jakościowych osiągało wartości lepsze od poziomu rezerwacji. Wynik ten był bardziej wyraźny dla dużych instancji. Niekiedy poprawa kryteriów jakościowych powodowała pogorszenie w aspekcie kosztów (w sensie liczby kryteriów przyjmujących wartości gorsze od poziomu rezerwacji). Problem jednokryterialny okazał się jednak znacznie bardziej efektywny pod względem czasu obliczeń. Znaczące wydłużenie czasu obliczeń zaobserwowano szczególnie dla modelu gwarantującego znalezienie rozwiązań sprawiedliwych. Obliczenia okazały się na tyle złożone, że możliwość zastosowania tego modelu w praktyce jest na razie mało prawdopodobna. Ponadto zaobserwowano, że poprawa rozwiązań w stosunku do problemu nie dającego gwarancji znalezienia rozwiązania sprawiedliwego była niewielka. Zdecydowano zatem, że problem o krótszym czasie obliczeń będzie wykorzystany w studiach przypadku mających na celu potwierdzenie użyteczności modelu do zastosowań praktycznych.

Niektóre wyniki cząstkowe prezentowane w rozprawie były wcześniej publikowane, głównie w materiałach konferencyjnych. Uogólnienie i analizę tych wyników przedstawione w rozprawie również uważam za wartościowe osiągnięcie Autora.

3. Poprawność

Przyjęta w rozprawie metodyka badań, polegająca na opracowaniu uogólnionego modelu wielokryterialnej optymalizacji problemu dystrybucji usług świadczonych w interesie ogólnym a następnie wykazaniu jego efektywności na podstawie eksperymentów obliczeniowych oraz studium przypadku jest właściwa dla badań operacyjnych. Przedstawione modele są poprawne a plan eksperymentów i analiza wyników nie budzą zastrzeżeń.

Rozprawa o objętości 195 stron jest napisana w języku angielskim, zasadniczo poprawnym. Drobne uwagi przekazałam bezpośrednio doktorantowi. Rozprawa składa się z 7 rozdziałów, bibliografii, oraz dwóch dodatków zawierających definicje relacji dwuargumentowej wraz z własnościami oraz rozważane modele matematyczne. Układ treści oraz strona redakcyjna rozprawy nie budzą istotnych zastrzeżeń. Moim zdaniem można było zrezygnować z dodatku A, który jest bardzo krótki i wprowadza podstawowe definicje, które można było umieścić w tekście rozprawy. Również odwołanie do literatury jest tu zaskakujące – definicje te można znaleźć w podręcznikach algebry.

Mam kilka uwag dyskusyjnych, związanych przede wszystkim z przyjętymi założeniami.

Teza rozprawy postawiona w rozdziale pierwszym wydaje się nie wymagać dowodu. W pracy wykazano raczej, że dostępne są narzędzia pozwalające skutecznie uwzględnić kryteria jakościowe zarówno na poziomie modelu, jak i metod rozwiązywania sformułowanych zadań optymalizacyjnych. Szczegółowe cele badawcze znacznie lepiej wyjaśniają na czym polega cel i zakres podjętych prac.

Koncepcja usług świadczonych w interesie ogólnym wydaje się oczywista w społeczeństwach o wysokim poziomie rozwoju, który charakteryzuje wszystkie kraje Unii Europejskiej. Pewnym niedopowiedzeniem jest zakres świadczonych usług, co może znacząco wpływać na kształtowanie założeń w problemie optymalizacyjnym. Ponadto, w pracy przyjmuje się założenie, że pewne aspekty jakościowe mogą być ważniejsze dla usługobiorcy niż aspekty kosztowe. Założenie to wydaje się utopijne, zwłaszcza w sferze dystrybucji energii, gdy obliczu szybko i nieustannie rosnących cen energii (w tym energii elektrycznej) powszechnym problemem staje się poniesienie kosztów zakupu

gwarantujących zaspokojenie podstawowych potrzeb. Nieco bardziej przekonujący jest przypadek działania służb ratownictwa medycznego, gdzie udzielenie właściwej pomocy, mimo lokalnego wzrostu kosztu (np. transportu) powoduje globalne zmniejszenie kosztu leczenia czy też kosztów społecznych w przypadku nieudzielenia właściwej pomocy we właściwym czasie.

Kolejne uwagi są związane ze sformułowaniem modeli oraz interpretacją wyników zatem proszę o ustosunkowanie się do nich podczas obrony.

Na stronie 33 przedstawiono problem (2.5), będący pochodną problemu (2.4). Niestety nie objaśniono oznaczeń $(d_{i,k}, t_k)$, co sprawia, że rozważanie jest niezrozumiałe. Oznaczenia d oraz t pojawiają się na stronie 51, ale z trzema indeksami. Sformułowanie wymaga bardziej szczegółowego objaśnienia.

W modelu SAOQ (s. 36) dopuszczalność rozwiązania jest gwarantowana przez ogólnie sformułowane ograniczenie $x \in Q$. Natomiast w modelu DSOQ występuje tylko wyraźne ograniczenie zapewniające, że każdy odbiorca (*customer*) otrzyma dokładnie jedną jednostkę zasobu (*resource/supplier*), natomiast nie występuje w sposób jawny ograniczenie na dostępną ilość zasobu. Podany przykład (karetka pogotowia) sugeruje, że liczba zasobów użytych w jednostce czasu jest ograniczona, zatem $\sum_{i=1}^{|P_k|} y_i^j$ również powinno być ograniczone. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego to ograniczenie jest zbędne.

W tablicy 4.1. na stronie 56 w kolumnie *Multi-criteria eq.* w wierszu *Min value* pojawia się wartość zero. Jak należy interpretować tę wartość? Czy oznacza to, że w najgorszym przypadku żadne kryterium nie osiągnęło poziomu rezerwacji? Wydaje się to niespójne z danymi prezentowanymi na rys. 4.1. Mimo, że w tablicach podano wartości kilku miar statystycznych, dyskusja ogranicza się tylko do wartości średniej, co pozostawia pewien niedosyt.

We wzorze (4.4) na s. 59, w liczniku pojawia się wartość $f_i(x)$ objaśniona poniżej a w mianowniku wartość f_i , która nie została objaśniona. Czy chodzi o tę samą wartość $f_i(x)$, czy np. o najlepszą wartość znaną przez wszystkie trzy algorytmy czy poziom rezerwacji r_i , podobnie, jak dla kryteriów maksymalizowanych? Rozwianie tych wątpliwości ma istotne znaczenie z punktu widzenia interpretacji wyników eksperymentów obliczeniowych.

4. Wiedza kandydata

Wiedza kandydata obejmuje zarówno zagadnienia z zakresu badań operacyjnych, w szczególności metod optymalizacji wielokryterialnej, projektowanie systemów wspomagania decyzji, szczegółowe problemy modelowania dystrybucji energii elektrycznej czy ratownictwa medycznego, jak i ramowe założenia polityki Unii Europejskiej w zakresie usług świadczonych w interesie ogólnym.

Rozdział pierwszy rozprawy stanowi wprowadzenie do rozważanej tematyki. Wyjaśniono w nim pojęcie i charakter usług świadczonych w interesie ogólnym oraz zasady świadczenia tych usług. Przedstawiono charakterystykę i klasyfikację systemów wspomagania decyzji oraz omówiono pojęcie jakości w odniesieniu do jakości usług świadczonych w interesie ogólnym jak również przedstawiono dyskusję wielokryterialnego podejścia do rozdziału usług świadczonych w interesie ogólnym. Rozdział jest napisany bardzo syntetycznie, ale zawiera uporządkowane informacje odpowiednio ilustrujące genezę i motywację podjętych badań. Cytowana literatura świadczy o dobrej orientacji doktoranta w aktualnym stanie wiedzy we wszystkich prezentowanych obszarach. W przejrzysty sposób przedstawiono organizację pracy oraz cele badawcze.

Osobny rozdział poświęcono omówieniu metod optymalizacji wielokryterialnej skupiając się na metodach wykorzystanych w pracy. Ten rozdział mógłby być rozszerzony o prezentację alternatywnych klas metod optymalizacji wielokryterialnej (interaktywne, eksperymentalne, metaheurystyczne).

Kolejnym obszarem kompetencji doktoranta zaprezentowanym w rozprawie jest generowanie i dystrybucja energii elektrycznej. Podstawowe aspekty handlu energią elektryczną w systemie peer-to-peer przedstawiono w rozdziale 5. W tym zakresie doktorant opublikował współautorską pracę zawierającą koncepcje prezentowane w rozprawie.

Podobnie założenia związane z organizacją, działaniem i przewidywaniem usług ratownictwa medycznego omówiono w rozdziale 6. Na tej podstawie sformułowano problem optymalizacyjny bazujący na ogólnym modelu optymalizacji wielokryterialnej przedstawionym w rozdziale 4.

Bibliografia, zawierająca 256 pozycji obejmuje zagadnienia dotyczące teorii systemów wspomagania decyzji, metod optymalizacji wielokryterialnej, projektowania systemów generowania i dystrybucji energii elektrycznej w szczególności w systemach peer-to-peer, zasad organizacji służb ratownictwa medycznego oraz wytycznych Unii Europejskiej w zakresie świadczenia usług w interesie ogólnym. Jest to bogata bibliografia, wykorzystana w rozprawie w sposób bardzo dojrzały, świadczący o dobrej znajomości aktualnego stanu wiedzy w analizowanych obszarach. Sposób prezentacji podstaw teoretycznych zagadnień rozważanych w rozprawie potwierdza umiejętność korzystania ze źródeł literaturowych. W odniesieniu do bibliografii mam dwie uwagi. Pierwsza dotyczy uporządkowania pozycji w spisie literatury według kolejności cytowania. Jest to poprawne, jednak z punktu widzenia czytelnika, a zwłaszcza recenzenta wygodniejsze jest uporządkowanie alfabetyczne. Biorąc pod uwagę wykorzystanie rozłącznych zbiorów publikacji w różnych fragmentach pracy można było rozważyć umieszczenie spisu literatury na końcu każdego rozdziału. Ponadto uważam, że w naukach ścisłych i technicznych bardzo wygodny dla czytelnika jest tzw. system harwardzki, w którym źródła podawane są w nawiasach zawierających *nazwisko autora*, *rok wydania* i *ewentualnie stronę* cytowanej publikacji. Traktuję te uwagi raczej jako wskazówkę na przyszłość, gdyż zarówno układ listy, jak i przywołanie źródeł są redakcyjnie poprawne.

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach stwierdzam, że rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, pozwala stwierdzić, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i w związku z tym spełnia wymagania zdefiniowane przez z art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późniejszymi zmianami), a zatem wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



Podpis

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 wspomagania decyzji dyspozytorów Usług Świadczonej 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.



Prof. Tadeusz Sawik
Reykjavik University
Reykjavik, Iceland

Osiedle Uroczne 1/141
31-952 Kraków

<http://home.agh.edu.pl/~tsawik/CV.pdf>

Rada Naukowa Dyscypliny
INFORMATYKA TECHNICZNA
I TELEKOMUNIKACJA
Sekretariat
Data wpływu 16.04.24
Numer.....



Kraków, 10 kwietnia 2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Mariusza DRABECKIEGO

pt: *"Quality-based multi-criteria optimisation approach in dispatch
of Services of General Interest"*

Wstęp

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mariusza Drabeckiego została wykonana w Politechnice Warszawskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Eugeniusza Toczyłowskiego. Głównym jej celem było opracowanie ogólnego modelu matematycznego optymalizacji wielokryterialnej dla wspomagania dyspozycji Usług Świadczonej w Interesie Ogólnym, SGI (ang. *Services of General Interest*) z uwzględnieniem kryteriów jakościowych. Zaproponowana w dysertacji tematyka badań jest nowatorska i ważna nie tylko z naukowego ale przede wszystkim praktycznego punktu widzenia.

Ogólna ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do opinii rozprawa doktorska napisana jest w języku angielskim, w formie monografii liczącej 195 stron. Monografia jest podzielona na 7 rozdziałów plus bibliografia, listy tabel i rysunków oraz dwa aneksy, w których dodano definicje relacji binarnych i przedstawiono sformułowania trzech podstawowych modeli optymalizacyjnych. Kolejne rozdziały monografii, to:

1 *Introduction*, w którym przedstawiono tematykę badań, sformułowano ogólną tezę i szczegółowe cele badawcze, podkreślając ich wagę i opisano problem optymalizacji dyspozycji z kryteriami jakościowymi oraz zawartość pozostałych rozdziałów.

2 *Review of the concepts*, w którym problem optymalizacji dyspozycji SGI przedstawiono jako ogólny, wielokryterialny problem przydziału, dokonano przeglądu literatury oraz podstawowych koncepcji optymalizacji wielokryterialnej, ze szczególnym uwzględnieniem metody punktu referencyjnego oraz optymalizacji sprawiedliwej.

3 *Generic SGI dispatch optimisation problem with quality-based criteria*, w którym sformułowano ogólny problem optymalizacji dyspozycji SGI z kryteriami jakościowymi i do dalszych badań wybrano metodę punktu referencyjnego.

4 *Considering multiple criteria in the generic SGI dispatch optimisation problem-experiments*, w którym przedstawiono wyniki 6000 eksperymentów obliczeniowych wraz ich szczegółową analizą statystyczną.

5 *Case Study I: Electrical energy generation*, w którym zastosowano opracowane modele do optymalizacji dyspozycji jednostek wytwórczych energii elektrycznej.

6 *Case Study II: Emergency Medical Services*, w którym zastosowano opracowane modele do optymalizacji dyspozycji zespołów ratownictwa medycznego oraz szpitalnych oddziałów ratunkowych.

7 *Conclusions and discussion*, w którym podsumowano uzyskane wyniki, zweryfikowano tezy i cele badawcze oraz wskazano kierunki przyszłych badań.

Większość materiału przedstawionego w Rozdziale 6 i 7 została wcześniej opublikowana w dwóch artykułach naukowych, przygotowanych wspólnie z promotorem, prof. Eugeniuszem Toczyłowskim i innymi autorami, odpowiednio [13] i [63]. W obu artykułach mgr Mariusz Drabecki jest pierwszym autorem.

Rozważane w rozprawie problemy dyspozycyjne i ich modele optymalizacyjne mają charakter czysto deterministyczny. Całość materiału została przygotowana bardzo starannie, co czyni monografię przystępną dla szerszego grona praktyków i profesjonalistów z zakresu wielokryterialnej optymalizacji decyzji dyspozytorskich. Każdy rozdział monografii posiada wstęp, przegląd literatury i podsumowanie, co ułatwia przyswojenie, jak również analizę prezentowanego materiału. Rozdziały wstępne przedstawiają jasno tezę i cele pracy oraz układ pracy, co znacznie ułatwia czytanie rozprawy. Zamieszczone wyniki różnorodnych eksperymentów obliczeniowych opartych o rzeczywiste problemy dyspozycyjne dodatkowo ilustrują uzyskane wyniki teoretyczne. Recenzowana rozprawa świadczy o bardzo dobrej wiedzy Autora i znajomości współczesnej literatury z rozpatrywanej dyscypliny naukowej.

Najważniejsze wyniki rozprawy

- Sformułowanie ogólnych modeli programowania całkowitoliczbowego do sprawiedliwej i dowolnej, wielokryterialnej optymalizacji dyspozycji SGI z kryteriami jakościowymi. Ponieważ kryteria kosztowe są przeważnie w konflikcie z kryteriami jakościowymi (lepsza jakość, to na ogół wyższy koszt), a jednocześnie obie grupy kryteriów są często tak samo ważne, należy podkreślić zastosowanie optymalizacji sprawiedliwej do wspomagania decyzji dyspozytorskich.
- Dokonanie analizy porównawczej optymalnych rozwiązań standardowego problemu minimalizacji kosztów i wielokryterialnego problemu optymalizacji z kryteriami jakościowymi.
- Opracowanie szczegółowych modeli i zastosowanie ich do wielokryterialnej optymalizacji dyspozycji jednostek wytwórczych energii elektrycznej z uwzględnieniem mechanizmów rynkowych typowych dla współczesnego zdecentralizowanego rynku energii (np. p2p) oraz jakości wytwarzanej energii. Jakość energii oceniana jest np. przez tzw. zielone certyfikaty, którymi handluje się na giełdzie energetycznej i których koszty dodawane są do kosztów zakupu energii. Zielone certyfikaty przyznawane są dla energii pozyskiwanej z odnawialnych źródeł ekologicznych lub wytwarzanej wg standardów socjalnie odpowiedzialnych. W zastosowanej metodzie punktu referencyjnego jakościowe wymagania konsumentów energii reprezentowane są przez wartości parametrów aspiracji i rezerwacji.
- Opracowanie szczegółowych modeli i zastosowanie ich do wielokryterialnej optymalizacji dyspozycji zespołów ratownictwa medycznego lub szpitalnych oddziałów ratunkowych z uwzględnieniem jakościowych wymagań pacjentów. W szczególności dotyczą one czasu oczekiwania na

pomoc medyczną i poziomu adekwatności (specjalizacji) otrzymanego wsparcia medycznego. Problemy te formułowane są jako zadania przydziału pacjenta do ambulansu, a następnie do szpitalnego oddziału ratunkowego. W zastosowanej metodzie punktu referencyjnego wymagania pacjentów reprezentowane są przez wartości parametrów aspiracji i rezerwacji, zależne od stanu zdrowia pacjenta. Na podkreślenie zasługuje także oparcie eksperymentów obliczeniowych na najczęściej zagrażających życiu przypadkach kardiologicznych z możliwością przekierowywania pacjenta do szpitala specjalistycznego.

Poniżej zamieszczam kilka uwag, które nasunęły mi się podczas czytania tej rozprawy.

1. Do eksperymentów obliczeniowych Doktorant wybrał metodę punktu referencyjnego, która jednak wymagała zbyt dużych nakładów obliczeniowych w przypadku sprawiedliwej optymalizacji dyspozycji, co praktycznie wyeliminowało możliwość wyznaczania rozwiązań sprawiedliwych. Czy w takiej sytuacji Doktorant nie próbował stosować optymalizację leksykograficzną z porządkową średnią ważoną (ang. Ordered Weighted Averaging Aggregation, OWA), tzn. model (2.5) z funkcją celu w postaci sumy ważonej zmiennych „ $z_{\{k\}}$ ”? Model taki jest bowiem prostszy i umożliwia sprawiedliwą optymalizację dyspozycji bez konieczności wstępnego przyjmowania poziomów aspiracji i rezerwacji oraz uwzględniania związanych z nimi dodatkowych ograniczeń. Otrzymane w taki sposób optimum i tak mogłoby być zadowalające z punktu widzenia nieuwzględnionych poziomów aspiracji i rezerwacji dla często równie ważnych, a jednocześnie konfliktowych kryteriów kosztowych i jakościowych.
2. Jakość opracowanych modeli Doktorant ocenia również poprzez bardzo istotny dla praktyki dyspozytorskiej czas obliczeń (por. Rodział 4). Z treści pracy wynika, że zastosowany był solver Gurobi. Oczywiście czasy obliczeń silnie zależą od parametrów komputera, ale również od parametrów solvera, które użytkownik może dostrajać do modelu. Czy Doktorant korzystał z takiej możliwości? Interesujące byłoby także podanie jak silne były LP-relaksacje opracowanych modeli. Pozwalają one ocenić efektywność obliczeniową opracowanych modeli i w programowaniu całkowitoliczbowym istotnie wpływają na czasy wyznaczania gwarantowanych optimum.
3. Notację zastosowaną w modelach matematycznych można by uprościć i uczynić bardziej przejrzystą. Na przykład superscript można by wykorzystywać jedynie dla rozróżnienia kryteriów, zaś dla wszystkich pozostałych indeksów zastosować subscript. Na przykład w (4.1), $t^{\{j\}}_{\{i,k\}}$ zastąpiłbym przez $t_{\{ijk\}}$, a $y^{\{j\}}_{\{i\}}$ przez $y_{\{ij\}}$, albo wprost przez $x_{\{ij\}}$ (przez x oznaczono wektor zmiennych decyzyjnych). Dodanie tabel z zastosowaną notacją zapewne poprawiłoby czytelność opracowanych modeli. Ponadto w liniowych modelach matematycznych zwykle zachowuje się kolejność mnożenia: współczynnik*zmienne, a nie odwrotnie, np. $y*t$ w (4.1).

4. W modelach (2.5) i (3.9), $t_{\{k\}}$ oraz $d_{\{i,k\}}$ to zmienne, a nie parametry jak mogą sugerować ich oznaczenia (por. Rozdział 4) i sformułowania tych modeli.
5. W niektórych modelach dobrze byłoby dodać bardziej szczegółowy słowny opis ograniczeń.
6. Przedstawienie obszernej bibliografii liczącej 256 pozycji, w formie nie alfabetycznej, utrudnia późniejsze powroty do wybranych pozycji.

Wszystkie powyższe uwagi nie mają większego wpływu na przedstawioną poniżej, bardzo wysoką ogólną ocenę rozprawy.

Konkluzja

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Mariusza Drabeckiego stanowi samodzielne i oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o istotnym znaczeniu praktycznym. Wyniki teoretycznych badań Doktorant częściowo zweryfikował w oparciu o rzeczywiste dane dla dwóch różnych zastosowań praktycznych. Wszystkie uzyskane wyniki są oryginalne w skali światowej i umożliwiają zaliczenie rozprawy do kategorii prac wybitnie dobrych i zasługujących na wyróżnienie. W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki określone w odpowiedniej ustawie Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Mariusza Drabeckiego do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę rangę osiągniętych wyników oraz uznanie osiągnięć naukowych Doktoranta, którego wyrazem są publikacje w poważnych czasopiśmie naukowych, w tym także publikacje fragmentów rozprawy, proponuję również wyróżnienie recenzowanej pracy.

