

Częstochowa, 29.12.2016

Prof. dr hab. inż. Leszek Rutkowski, czł. rzecz. PAN
Politechnika Częstochowska
Instytut Inteligentnych Systemów Informatycznych
ul. Armii Krajowej 36
42 – 200 Częstochowa
e-mail: leszek.rutkowski@iisi.pcz.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgra inż. Michała Okulewicza
zatytułowanej:
Zastosowanie populacyjnych metaheurystyk
uwzględniających rozkład danych problemu do
rozwiązywania problemu dynamicznej
marszrutyzacji**

Niniejsza opinia została przygotowana na prośbę Dziekana Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej dra hab. inż. Wojciecha Domitrza, prof. nadzw. z dnia 9 listopada 2016 roku.

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Problematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się w zakresie dyscypliny naukowej informatyka i dotyczy nowatorskich koncepcji zastosowania metaheurystycznych algorytmów optymalizacji ciągłej do rozwiązania problemów dynamicznej marszrutyzacji. Problemy te znane są w literaturze anglojęzycznej pod nazwą: „Dynamic Vehicle Routing Problem” (DVRP). Tematyka rozprawy bez wątpienia ma charakter naukowy i koresponduje do ważnych wątków badawczych w tym obszarze nauki. W oczywisty sposób problematyka badawcza rozprawy ma duże znaczenie praktyczne, gdyż zagadnienia optymalizacji w problemach transportowych, na przykład optymalizacja dostaw zapasów paliwa

do stacji benzynowych lub problemy kolejkowania zamówień, mają wyraźny aspekt ekonomiczny, a ich poprawne rozwiązanie w sposób bezpośredni może wpływać na dochody firm transportowych.

2. Zawartość rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska zawiera 9 zasadniczych rozdziałów. W części pierwszej rozprawy, składającej się z dwóch rozdziałów (Rozdział 1 - Kategorie problemów optymalizacyjnych, Rozdział 2 - Metodyka prac z problemami dynamicznymi), autor wprowadza czytelnika w zagadnienia dynamicznych problemów optymalizacyjnych.

W Rozdziale 3 (Problem dynamicznej marszrutyzacji) autor formalizuje zagadnienie dynamicznej marszrutyzacji (wzory 3.1-3.8), oraz definiuje tzw. parametry operacyjne problemu DVRP (definicje 22-26).

W Rozdziale 4 (Algorytmy heurystyczne w problemie marszrutyzacji) autor przedstawia klasyfikację algorytmów heurystycznych stosowanych do rozwiązania problemu DVRP, ze szczególnym uwzględnieniem zaproponowanego w 1958 roku algorytmu 2- OPT, iteracyjnej metody optymalizacji w problemie komiwojażera oraz zmodyfikowanego algorytmu Kruskala, w oryginalnej pracy z 1959 roku również zastosowanego do rozwiązania problemu komiwojażera.

W Rozdziale 5 (Kodowanie DVRP na potrzeby optymalizacji) autor najpierw przedstawia stosowane w literaturze metody kodowania dyskretnego (CIL, CIZ oraz WPP), a następnie proponuje ciągłe metody kodowania (WCZ oraz WRZ) do rozwiązania problemu DVRP. Te dwie metody mają zasadnicze znaczenie w podejściu autorskim, nazwanym ContDVRP, do rozwiązania zagadnienia DVRP.

W rozdziale 6 (Algorytmy metaheurystyczne i transfer rozwiązań w problemie dynamicznej marszrutyzacji) autor przedstawia znane metody metaheurystyczne, w szczególności takie algorytmy populacyjne jak: algorytm mrówkowy, algorytm genetyczny, optymalizacja rojem cząstek oraz algorytm ewolucji różnicowej. W drugiej części tego Rozdziału autor krótko przedstawia znane metody transferu wiedzy w dynamicznych problemach optymalizacyjnych, a następnie akcentuje przyjętą w tej pracy strategię polegającą na przenoszeniu do kolejnego kroku czasowego wyłącznie najlepszego rozwiązania.

W Rozdziale 7 (Wykorzystanie danych problemu) autor przedstawia dwie metody pozwalające na poprawę jakości działania algorytmów optymalizacyjnych, przy czym pierwsza z tych metod, metoda

predykcyjna, uwzględnia dynamiczny charakter danych, natomiast druga metoda, metoda hiperheurystyczna, uwzględnia charakterystykę danych zadania i polega na wyborze algorytmu optymalizacyjnego przed rozpoczęciem obliczeń.

W Rozdziale 8 (System optymalizacyjny) autor szczegółowo opisuje zaproponowany w pracy doktorskiej system optymalizacyjny realizujący algorytm ContDVRP. Istotną częścią tego Rozdziału jest prezentacja porównania algorytmu autorskiego z wynikami literaturowymi.

W Rozdziale 9, będącym podsumowaniem rozprawy, autor akcentuje przewagę rozwiązania własnego nad rozwiązaniami literaturowymi oraz formułuje szereg wniosków dotyczących problematyki DVRP.

3. Wkład autora

Wątki oryginalne w opiniowanej pracy doktorskiej można wyakcentować w sposób następujący:

- a) Zaproponowanie w podrozdziale 4.1.2 zmodyfikowanego algorytmu Kruskala do znalezienia początkowego rozwiązania podproblemu przydziału zamówień.
- b) Zaproponowanie w podrozdziałach 5.2.1 oraz 5.2.2 ciągłego kodowania podproblemów przydziału zamówień do pojazdów oraz zarówno kolejności obsługi zamówień jak i sposobu ich wykorzystania.
- c) Zaproponowanie sposobu transferu rozwiązań w podrozdziale 6.2.1.
- d) Propozycja przedstawiona w Rozdziale 7 dotycząca wykorzystania danych problemu.
- e) Koncepcja i realizacja przedstawionego w Rozdziale 8 algorytmu ContDVRP, ze szczególnym uwzględnieniem podrozdziału 8.4 prezentującego solidnie wykonane testy tego algorytmu i przeprowadzoną dyskusję wyników. Badania symulacyjne wykazały skuteczność kodowania ciągłego, uwiarygodniły poprawienie średnich najlepszych dotąd opublikowanych wyników w literaturze dla problemów testowych ze zbioru benchmarków Kilby'ego. Należy podkreślić, że autor rozprawy szczegółowo przeanalizował komponenty systemu mające najistotniejszy wkład w uzyskanie bardzo dobrych rezultatów oraz przedyskutował zagadnienie dynamizmu problemu oraz stabilność sekwencji rozwiązań.

4. Wiedza kandydata

Autor rozprawy bez wątpienia posiada rozległą wiedzę w zakresie metod optymalizacji oraz populacyjnych algorytmów metaheurystycznych, którą bardzo umiejętnie stosuje w celu konstrukcji systemu ContDVRP. Podana przez autora bibliografia uwzględnia aktualny stan literatury światowej, autor rozprawy cytuje również najnowsze prace w tym zakresie.

5. Inne uwagi

Pewną niezręcznością jest takie same brzmienie tytułu Części 2 rozprawy oraz Rozdziału 3.

Interesujące byłoby uwzględnienie w systemie ContDVRP możliwości wyboru algorytmu optymalizującego w każdym kroku czasowym. Warto byłoby też poświęcić więcej uwagi sprzętowym aspektom zrównoleglenia obliczeń. W literaturze światowej obecnie znanych jest kilkanaście (wraz z modyfikacjami) algorytmów metaheurystycznych. Interesująca byłaby analiza możliwości ich zastosowania jako komponentów systemu ContDVRP, a więc nie zawężanie się jedynie do PSO lub DE.

6. Konkluzja

W konkluzji stwierdzam, że praca doktorska „Zastosowanie populacyjnych metaheurystyk uwzględniających rozkład danych problemu do rozwiązywania problemu dynamicznej marszrutyżacji”, której autorem jest mgr inż. Michał Okulewicz, spełnia wymagania stosownej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Janusz Rezkowski