

prof. dr hab. Wojciech Bożejko
Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Politechnika Wrocławska
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Wrocław 11.12.2023 r.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne

wpłynęło dnia 18.12.2023.

nr zał.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Adriana Olczyka pt.:
„Wielokryterialność i predykcja w planowaniu trajektorii w sieciach komunikacji
publicznej”

Zawartość rozprawy

Przedmiotem niniejszej recenzji jest ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Adriana Olczyka w związku z przewodem doktorskim prowadzonym przez Radę Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne w Politechnice Śląskiej w Gliwicach. Podstawą formalną sporządzenia recenzji było zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny, wyrażone w piśmie nr RDAETK/72/2023 z dnia 12.10.2023 r.

Rozprawa doktorska mgr inż. Adriana Olczyka poświęcona jest zagadnieniom predykcji i optymalizacji czasu przejazdu w sieciach transportu publicznego. Jest to niewątpliwie problem ważny i interesujący z praktycznego punktu widzenia, a wymóg uwzględnienia niepewności czyni go dodatkowo atrakcyjnym, jako modelu bliskiego rzeczywistości.

Recenzowana rozprawa liczy 141 stron i składa się ze wstępu, czterech rozdziałów o numerach od 2 do 5, podsumowania (zatytułowanego „Dyskusja i wnioski”), bibliografii, spisu skrótów, oznaczeń, rysunków oraz tabel. W liczącej 104 pozycje bibliografii, zawierającej istotne pozycje z zakresu tematyki rozprawy, występuje 6 współautorskich publikacji doktoranta.

Z merytorycznego punktu widzenia w rozprawie można wyróżnić dwie główne części. Pierwsza, obejmująca wstęp, rozdział 2, 3 oraz 4, ma charakter wprowadzający. Przedstawiono w nich, po sformułowaniu tez pracy, obecny stan wiedzy na temat problematyki modelowania sieci transportowych, predykcji opóźnień oraz metod stosowanych przy rozwiązywaniu problemów należących do klasy wielokryterialnych problemów wyszukiwania połączeń. Zamieszczono przegląd literaturowy współcześnie stosowanych metod i algorytmów. Dokonano także omówienia pokrewnych do omawianej tematyki zagadnień specyfiki komunikacji miejskiej.

Trzon pracy, rozdział 5, stanowią część drugą i prezentuje główne wyniki autora. Przedstawiono w nich opis eksperymentów weryfikujących opracowane modele, jak również oceniono skuteczność zaproponowanej autorskiej metody hybrydowej łączącej użycie sztucznej sieci neuronowej z metodą bieżącej propagacji opóźnień. Rozdział 6 prezentuje podsumowanie badań oraz wnioski.

Główną tezą rozprawy jest stwierdzenie, że system transportowy łączący predykcję opóźnień i wielokryterialne planowanie tras z wykorzystaniem reprezentacji grafowych danych może zwiększyć efektywność, niezawodność i komfort użytkowania systemu w porównaniu do systemów niezintegrowanych.

Za najważniejsze wyniki zamieszczone w rozprawie uważam:

1. Sformułowanie problemu predykcji opóźnień i wyszukiwania połączeń w sieciach transportu publicznego.
2. Opracowanie dedykowanych algorytmów dostosowanych do unikalnych cech sieci transportu publicznego, w szczególności obsługujących dynamiczny charakter tych sieci, mogących uwzględniać wiele rodzajów (modalności) transportu, czynniki zależne od czasu i wielokryterialne potrzeby pasażerów.
3. Opracowanie modelu transportu publicznego uwzględniającego przesiadki (minimalny czas przesiadek), czasy transportu (przejścia między przystankami), ruch drogowy i korki, wielokryterialność oraz możliwość wyszukiwania tras typu „punkt do punktu”.
4. Zaproponowanie autorskiej metody predykcji opóźnień w sieci transportowej.
5. Przedstawienie wyników badań eksperymentalnych rozważanych metod. W rozprawie doświadczalnie wykazano skuteczność zaproponowanego podejścia, w szczególności algorytmu hybrydowego, w odniesieniu do eksperymentów obliczeniowych przeprowadzonych na bardzo dużej grupie przykładów testowych, zarówno rzeczywistych jak i wygenerowanych losowo.

Strona informatyczna rozprawy nie budzi zastrzeżeń. Zaproponowane metody i miary ich efektywności są bezpośrednio wykorzystywane w konstrukcjach algorytmów. Strona formalna i językowa pracy posiada pewne uchybienia jednak nie mają one zasadniczego wpływu na treść merytoryczną rozprawy. Bibliografia zawiera najważniejsze obecnie publikacje z dziedziny predykcji i metod wielokryterialnych w odniesieniu do zagadnień sieci transportowych. Należy także podkreślić umiejętność zaplanowania i przeprowadzenia przez Autora rozprawy złożonych eksperymentów obliczeniowych. Dysertacja zawiera ponadto wiele rysunków, tablic i wykresów, które dodatkowo ilustrują i ułatwiają analizę uzyskanych wyników.

Część zamieszczonych w rozprawie wyników była prezentowana na konferencjach oraz została opublikowana w pracach współautorskich zamieszczonych w materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych.

Rozprawa została napisana poprawnie, jednak Autor nie ustrzegł się pewnych niedociągnięć:

1. Na stronie 24 Autor pisze: „(...) właściwość grafu, która jest niemożliwa do obliczenia dla dużych sieci drogowych lub transportu publicznego, poprzez konieczność rozwiązania problemu NP-trudnego”. Wydaje się, że NP-trudność, a przez to niewielomianowość współczesnych algorytmów rozwiązywania tej klasy problemów (stosuje się przecież metaheurystyki czy wyspecjalizowane solvery, jak np. Concorde dla problemu komiwojażera), niekoniecznie jest przeszkodą w praktycznym znalezieniu rozwiązania problemu NP-trudnego. Tak jednoznaczne stwierdzenie o „niemożliwości” wymaga komentarza.
2. Str. 59: „Wykres oczekiwanego czasu przejazdu pokazuje, że MPK we Wrocławiu nie jest w stanie utrzymać stałego czasu przejazdu w ciągu dnia” – uwaga pozamerytoryczna: stwierdzenie to zakłada domyślnie, że taki cel przyświeca MPK we Wrocławiu. Wydaje się że raczej nie taki cel przyświeca zakładowi komunikacji miejskiej który nie dysponuje siecią transportową niezależną od transportu samochodowego (Wrocław nie ma metra...). Duża część tras w centrum przebiega po ulicach którą jeżdżą równocześnie samochody. Zapewnienie stałych czasów przejazdu wymagałoby w tym przypadku celowego opóźniania jazdy poza godzinami szczytu, co raczej nie spotkałoby się ze zrozumieniem pasażerów.
3. W rozdziale 5, będącym opisem głównych wyników pracy, Autor zaprezentował porównanie metod predykcji opóźnień w sieci transportowej: szereg metod literaturowych (sztuczne sieci neuronowe, regresja liniowa, filtr Kalmana, etc.) oraz własną metodę nazywaną Algorytmem Hybrydowym. Algorytm ten jest zarysowany w rozdziale 2.7, jednak brak jest jego dokładnego opisu, pseudokodu, sposobów strojenia, uczenia (w jego skład wchodzi sieć neuronowa), funkcji aktywacji. Wskutek tego niemożliwe jest powtórzenie eksperymentu przeprowadzonego przez Autora w zakresie implementacji i uruchomienia zaproponowanej metody. W tym sensie zaproponowana metoda hybrydowa – najlepsza z metod przetestowanych w rozdziale 5 – jest *de facto* dla czytelnika procedurą typu „black box”. Opis działania metody ma charakter inżynierski i jest skupiony na jej zastosowaniu jako gotowego komponentu.
4. W Tabeli 5.8 na str. 101 zaprezentowano porównanie zaimplementowanych i przetestowanych metod predykcji czasów opóźnień. Brak jest jednak wskazania czasów działania poszczególnych metod. W tym kontekście uzyskanie przez autorski algorytm AH lepszej jakości predykcji poprzez dłuższą (bardziej kosztowną w sensie złożoności obliczeniowej) analizę danych niż sieć neuronowa (która jest elementem algorytmu AH) wymaga wyjaśnienia.

Lista uwag szczegółowych zamieszczona jest na końcu niniejszej recenzji.

Główną tezą pracy było stwierdzenie, że system transportowy łączący predykcję opóźnień i wielokryterialne planowanie tras z wykorzystaniem reprezentacji grafowych danych może zwiększyć efektywność, niezawodność i komfort użytkowania systemu w porównaniu do systemów niezintegrowanych. Cel ten był w pracy realizowany poprzez zaproponowanie metod obliczeń oraz analizie wyników badań empirycznych. Zastosowano klasyczne metody predykcji i optymalizacji uzupełnione o autorską metodę będącą połączeniem sztucznych sieci neuronowych oraz metody propagacji opóźnień.

Stwierdzam, że recenzowana praca ma charakter naukowy i może być przedmiotem rozprawy doktorskiej. Wyniki uzyskane przez Autora uzupełniają istniejący stan badań nad rzeczywistymi systemami transportowymi. Należy więc uznać, że podjęcie zawartego w tezie pracy problemu badawczego jest uzasadnione.

Konkluzja

Uważam, że rozprawa stanowi rozwiązanie problemu naukowego w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Praca zawiera szereg oryginalnych rozwiązań, a zaproponowane podejścia wymagały zastosowania zaawansowanego modelowania matematycznego. Stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane przez Ustawą o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789), oraz Ustawę z 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne i wnoszę o przyjęcie rozprawy i jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Lista uwag szczegółowych:

1. str. 10 i 14: N oznacza raz liczbę dni tygodnia, innym razem liczbę przykładów w zbiorze treningowym
2. str. 24 „tranektorii”->”trajektorii”
3. str. 25 „Planowanie trajektorii w transporcie publicznym definiowane w niniejszej pracy jako proces (...)” -> „(...) jest definiowane (...)”
4. str. 59 „„Wykres (...) pokazuje” → „Na wykresie możemy zauważyć”
5. str. 62 i dalej: wykresy kolumnowe powinny posiadać etykiety danych by można było porównać słupki; inaczej wykres ma wyłącznie znaczenie poglądowe, nie można z niego odczytać dokładnych wartości prezentowanych funkcji
6. str. 105 „model stacji posiada krawędzie” – niezręczny skrót myślowy, chodzi zapewne o grafowe modelowanie zagadnienia
7. str. 105 „czas liczony w inkrementach minutowych” -> „czas liczony w odstępach minutowych”
8. str. 105 „implementacja wykorzystana do pomiarów poszczególnych modeli” -> model (np. graf) trudno mierzyć czy porównywać, skrót myślowy, prawdopodobnie chodzi o metody optymalizacji oparte na poszczególnych sposobach modelowania