

Katowice, dn. 5.07.2018

Dr hab. inż. Renata Żochowska
Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu
Wydział Transportu
Politechnika Śląska
ul. Krasińskiego 8
40-019 Katowice

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Mateusza Szaraty

nt. „*Modelowanie ruchu z dynamicznym uprzywilejowaniem autobusów*”

Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej oraz zlecenie Prodziekana ds. Nauki i Rozwoju, dra hab. inż. Bartosza Millera, prof. PRz z dn. 21 maja 2018 roku.

1. Uwagi wstępne i ogólna charakterystyka struktury pracy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska p. mgra inż. Mateusza Szaraty pt.: „*Modelowanie ruchu z dynamicznym uprzywilejowaniem autobusów*”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Piotr Olszewski, a promotorem pomocniczym – dr inż. Lesław Bichajło.

Dysertacja składa się z siedmiu rozdziałów, wykazu oznaczeń, spisu literatury zawierającego 152 pozycje piśmiennictwa (w tym 3 pozycje autorskie i 5 pozycje współautorskich Doktoranta) oraz sześciu załączników. Tekst rozprawy obejmuje 217 stron, w tym 37 tablic, 103 rysunki oraz 36 wzorów. Wszystkie tablice, rysunki i wzory zostały ponumerowane w sposób dwustopniowy oraz odpowiednio opisane w tekście zasadniczym pracy. W dysertacji zamieszczono również streszczenie w języku polskim i angielskim.

W treści recenzowanej rozprawy można wyodrębnić część teoretyczną, obejmującą identyfikację obszaru badawczego oraz wyraźnie wyeksponowaną część praktyczną, zawierającą opis koncepcji wprowadzenia dynamicznie wydzielonych pasów autobusowych (DPA) w Rzeszowie, przedstawienie wyników badań oraz prezentację autorskich modeli ruchu drogowego w warunkach funkcjonowania DPA.

W **rozdziale pierwszym** Doktorant, po krótkim wprowadzeniu, uzasadnił wybór tematu, wskazując zalety i wady stosowania wydzielonych pasów dla autobusów w połączeniu z nadaniem priorytetu na skrzyżowaniach oraz przedstawiając dynamiczne zarządzanie dostępnością pasów ruchu jako rozwiązanie o dużym potencjale w zakresie usprawniania publicznego transportu zbiorowego i realizacji celów związanych z kształtowaniem zrównoważonego rozwoju miast. W tym rozdziale p. mgr inż. Mateusz Szarata sformułował także cele i tezy pracy oraz przedstawił jej zakres.

Rozdział drugi ma charakter teoretyczny i zawiera efekt badań literaturowych Autora dotyczących sposobów uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego w ruchu miejskim. Szczegółowo przedstawiono dotychczasowe przykłady wdrożeń dynamicznie wydzielanych pasów autobusowych. Rozdział ten zawiera również opis modeli analitycznych i symulacyjnych mających zastosowanie w ocenie efektywności DPA.

W **rozdziale trzecim** Doktorant scharakteryzował system publicznego transportu zbiorowego obecnie funkcjonujący w Rzeszowie z uwzględnieniem struktury systemu ITS służącego do zarządzania ruchem drogowym i komunikacją miejską. Zasadniczą część tego rozdziału stanowi koncepcja funkcjonowania DPA z wykorzystaniem nowoczesnej infrastruktury ITS.

Rozdział czwarty dysertacji zawiera wyniki badań potrzebnych do przeprowadzenia analiz ruchu w zakresie możliwości wprowadzania dynamicznie wydzielonych pasów autobusowych. Pomiarów wykonano na wybranych odcinkach sieci drogowo-ulicznej Rzeszowa z wykorzystaniem różnych technik, tj. manualnych, polegających na zapisie natężenia ruchu oraz tablic rejestracyjnych przez odpowiednio przeszkolonych obserwatorów oraz automatycznych z wykorzystaniem kamer wideo oraz wysokoczułych odbiorników GPS umieszczonych w autobusach wybranych linii. Badaniami objęty został również odcinek, na którym obecnie funkcjonuje wydzielony pas dla autobusów, co pozwoliło porównać efektywność tego pasa dla stanu aktualnego z sytuacją występowania dynamicznego wydzielenia pasa autobusowego. W rozdziale tym zamieszczono także analizę statystyczną zebranych danych.

W **rozdziale piątym** Doktorant przedstawił model analityczny DPA wyznaczony z wykorzystaniem amerykańskiej instrukcji HCM 2000 i polskiej metody MOP-SZS-04. Stanowił on podstawę przeprowadzenia wstępnej oceny efektywności tego rozwiązania. W przyjętym autorskim podejściu założono, że wprowadzenie wydzielonego pasa autobusowego będzie zasadne, gdy sumaryczne straty czasu dla użytkowników transportu indywidualnego nie przekroczą oszczędności czasu w publicznym transporcie zbiorowym. Rozdział ten zawiera również analizę wrażliwości czynników wpływających na zmianę wartości strat czasu oraz określenie warunków granicznych aktywacji DPA dla wybranych trzech odcinków sieci drogowo-ulicznej w Rzeszowie.

Kolejny rozdział zawiera opis modelu mikrosymulacyjnego ruchu drogowego zbudowanego z wykorzystaniem oprogramowania Vissim. Ważnym etapem modelowania była kalibracja. W tym celu Doktorant zastosował dwie metody, tj. metodę eksperymentalną z wykorzystaniem algorytmu LHS (ang. *Latin Hypercube Sampling*), umożliwiającego przyspieszenie procesu kalibracji (dla al. Okulickiego oraz dla ul. Podkarpackiej) oraz metodę opartą na algorytmach genetycznych (dla ul. Dąbrowskiego). Istotnym elementem opracowanego modelu jest moduł umożliwiający przeprowadzenie pełnej symulacji aktywacji i dezaktywacji pasa autobusowego. Sterowanie pasem realizowane jest z wykorzystaniem autorskiego algorytmu opracowanego w programie VisVap.

W **ostatnim rozdziale** dysertacji Autor przedstawił podsumowanie przeprowadzonych badań, odniósł się do celów i tezy pracy, sformułował wnioski oraz wskazał kierunki dalszych badań.

Dysertacja została uzupełniona sześcioma **załącznikami** zawierającymi opis wyznaczenia wyjściowych natężeń nasycenia dla wybranych przekrojów, przykład wyznaczania bilansu

oszczędności czasu dla użytkowników publicznego transportu zbiorowego i strat czasu w transporcie indywidualnym, skrypt obliczeniowy Matlab, pozwalający sporządzić wykresy dla założonego przekroju ulicznego i dowolnych ustawień sygnalizacji świetlnej, koncepcję pasów autobusowych w Rzeszowie, kontroler VAP, umożliwiający programowanie sterowników sygnalizacji świetlnej, pracującej jako sygnalizacja akomodacyjna lub acykliczna oraz schematy blokowe przedstawiające procedurę oceny możliwości wprowadzenia wydzielonych pasów autobusowych.

Uważam, że przyjęta przez Doktoranta **struktura pracy jest właściwa**. Zamieszczony w pracy wykaz oznaczeń porządkuje i ujednolica stosowaną notację, dzięki czemu wpływa korzystnie na czytelność pracy. Numeracja poszczególnych rozdziałów ma charakter dwu lub trzystopniowy, a ich objętość została dobrana w sposób optymalny. Praca dobrze przedstawia tok postępowania podczas analizy problemu badawczego. Treści zawarte w kolejnych rozdziałach odpowiadają ich tytułom i stanowią logiczne rozwinięcie zagadnień podjętych w dysertacji. Większość rozdziałów zakończona jest podsumowaniem, co świadczy o umiejętności syntetycznego podejścia do prezentowanych treści oraz umożliwia poszukiwanie luk badawczych i wyznaczanie kolejnych kierunków badań.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1. Ocena doboru tematu oraz celu i zakresu rozprawy

W sytuacji stale rosnącej wartości wskaźnika motoryzacji problemy komunikacyjne miast związane z zatłoczeniem stają się coraz bardziej powszechne. Niekorzystne warunki ruchu i pojawianie się efektu kongestii powodują wzrost strat czasu, pogorszenie bezpieczeństwa ruchu i zwiększenie zanieczyszczenia powietrza. Wpływa to negatywnie na funkcjonowanie całego miasta i komfort życia jego mieszkańców. Ponadto w obszarach zurbanizowanych możliwości rozbudowy infrastruktury drogowo-ulicznej są często ograniczone. Dlatego, w celu zwiększenia udziału podróży realizowanych z wykorzystaniem publicznego transportu zbiorowego podejmowane są działania związane z poprawą jakości funkcjonowania tego środka transportu.

W obszarach miejskich optymalne wykorzystanie deficytowej przestrzeni komunikacyjnej przez różnych użytkowników systemu transportowego staje się złożonym problemem. Coraz częściej do sprawnego zarządzania ruchem stosuje się nowoczesne technologie teleinformatyczne, poprawiające sprawność przemieszczania się w mieście. Jednym z rozwiązań tego typu jest wprowadzenie sterowania dostępnością pasów ruchu w formie dynamicznie wydzielonych pasów autobusowych (DPA). Podejście to jest nowe w skali kraju i jak dotąd nie było jeszcze wdrożone w Polsce. Recenzowana rozprawa wypełnia zatem lukę badawczą w tym obszarze. W związku z tym **pozytywnie oceniam wybór tematu pracy**. Uważam, że problem badawczy podjęty przez p. mgra inż. Mateusza Szaratę w recenzowanej rozprawie jest ambitny, ważny i aktualny z punktu widzenia poprawy funkcjonowania transportu w mieście oraz jakości życia jego mieszkańców, a uzyskane wyniki badań - cenne dla praktyków w tej dziedzinie.

Doktorant sformułował zasadnicze cele pracy jako „*określenie efektywności dynamicznie wydzielanych pasów autobusowych i przeprowadzenie oceny możliwości zastosowania tego rozwiązania w warunkach polskich miast*” oraz „*określenie warunków brzegowych, dla których nowe rozwiązanie może być stosowane, i ocena wpływu działania dynamicznie wydzielonych*

pasów autobusowych na pozostałych uczestników ruchu drogowego”. W kontekście analizowanego problemu badawczego oba cele ściśle wiążą się ze sobą. Uważam, że zostały one **właściwie sformułowane, są użyteczne i zasadne**.

Autor dysertacji określił również cele szczegółowe, które mają charakter konkretnych zadań i pozwalają w sposób etapowy osiągnąć cele zasadnicze pracy. Dotyczą one m.in. opracowania modeli wykorzystywanych do analiz funkcjonowania DPA, algorytmu sterowania DPA oraz metody kalibracji i walidacji modelu mikrosymulacyjnego. Wskazuje to zarówno na naukowy, jak i na praktyczny charakter rozprawy. Wymiernym efektem dysertacji jest bowiem narzędzie informatyczne, w postaci odpowiednio skonstruowanego modelu mikrosymulacyjnego, które może być wykorzystane do analiz ruchu prowadzonych podczas wdrażania DPA na wybranych odcinkach sieci drogowo-ulicznej w Rzeszowie. Jej wynikami mogą być zatem zainteresowane m.in. jednostki zajmujące się zarządzaniem ruchem oraz infrastrukturą transportową w mieście, a także organizatorzy publicznego transportu zbiorowego.

Precyzyjnie sformułowane cele badawcze determinują zakres rozprawy. W dysertacji można wyodrębnić dwie zasadnicze części. Pierwsza z nich, o charakterze teoretycznym, zawiera szczegółowy przegląd literatury dotyczący sposobów uprzywilejowania transportu zbiorowego w ruchu miejskim, obejmujący lokalizację przystanków autobusowych, wykorzystanie priorytetów w sygnalizacji świetlnej oraz charakterystykę wydzielonych pasów autobusowych ze wskazaniem wad i zalet poszczególnych rozwiązań. W części tej przedstawiono również zasady funkcjonowania DPA, opis rozwiązań zastosowanych w Australii, Portugalii, we Włoszech i Francji oraz przykłady modeli analitycznych i symulacyjnych wykorzystywanych w analizach dotyczących DPA. W drugiej części pracy, o charakterze praktycznym, Doktorant scharakteryzował system transportu zbiorowego oraz ITS funkcjonujące w Rzeszowie ze szczególnym uwzględnieniem koncepcji wprowadzenia DPA, zamieścił wyniki badań niezbędne do dalszych analiz, zaprezentował opracowane modele analityczne wraz z określeniem warunków granicznych aktywacji DPA dla wybranych odcinków sieci drogowo-ulicznej oraz przedstawił modele mikrosymulacyjne, metody ich kalibracji, moduł umożliwiający przeprowadzenie symulacji aktywacji i dezaktywacji pasa i algorytm sterowania DPA. Uważam, że **zakres pracy został dobrany właściwie** dla osiągnięcia postawionych celów badawczych.

Reasumując, stwierdzam, że temat rozprawy jest **oryginalny, ważny i aktualny**, a zadanie badawcze podjęte przez Doktorant – trudne, złożone i zasadne tak z naukowego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Cele pracy i jej zakres zostały określone adekwatnie do analizowanej problematyki i sformułowane w sposób jasny.

2.2. Ocena tezy naukowej i jej oryginalności

W swojej dysertacji Doktorant sformułował następującą główną tezę naukową: *„Dynamicznie wydzielany pas autobusowy jest w pewnych warunkach ruchu bardziej efektywny niż klasyczne rozwiązania czasowego wydzielenia pasa autobusowego”*. Mając na uwadze analizowany problem badawczy, uważam, że **teza została zdefiniowana prawidłowo** i stanowi ważny przyczynek w sensie poznawczym w problematyce uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego w miastach. Teza ta ściśle powiązana jest z wcześniej określonymi celami badawczymi.

Doktorant sformułował również dwie tezy pomocnicze, które wyznaczają kierunek prowadzonych badań. Pierwsza z nich brzmi następująco: „*Nowe rozwiązanie wydzielenia pasów autobusowych umożliwi skrócenie czasu podróży nie tylko pasażerom komunikacji autobusowej, lecz także pozostałym uczestnikom ruchu*”. Takie podejście wymusiło uwzględnienie w opracowanych modelach nie tylko miar oddziaływania DPA na pasażerów publicznego transportu zbiorowego, ale również na osoby podróżujące innymi środkami transportu. Druga z tez pomocniczych o treści: „*Dynamicznie wydzielony pas autobusowy będzie mógł być uzasadniony i zastosowany w przypadkach, w których klasyczne wydzielone pasy są nieefektywne*” jest spójna z celami badawczymi odnoszącymi się do poszukiwania warunków brzegowych, w których nowe rozwiązanie może być korzystniejsze od dotychczas stosowanych.

Opracowane przez Autora modele mikrosymulacyjne umożliwiły przeprowadzenie szczegółowych analiz dla różnych wariantów funkcjonowania wydzielonego pasa autobusowego. Wyniki tych badań potwierdziły prawdziwość postawionych tez.

Modelowanie ruchu w warunkach funkcjonowania wydzielonego dynamicznie pasa autobusowego jest nowym podejściem w Polsce. Jak dotąd, nie zaobserwowano również wdrożeń tego rozwiązania w naszym kraju. Świadczy to **oryginalności postawionych tez**.

2.3. Ocena naukowej wartości rozprawy

Do najistotniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Doktoranta przedstawionych w recenzowanej rozprawie zaliczam:

- określenie aktualnego stanu zagadnienia w zakresie uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego w ruchu miejskim ze szczególnym uwzględnieniem modelowania ruchu w warunkach funkcjonowania wydzielonych pasów autobusowych,
- przeprowadzenie badań z wykorzystaniem różnych technik pomiarowych na odcinkach, na których mogą być wprowadzone DPA oraz analizę ich wyników,
- opracowanie modelu analitycznego wykorzystywanego w analizach planistycznych efektywności DPA,
- opracowanie modelu mikrosymulacyjnego do szczegółowych analiz funkcjonowania DPA na wybranych odcinkach ulic, na których występują skrzyżowania z sygnalizacją świetlną,
- opracowanie modułu dla oprogramowania mikrosymulacyjnego umożliwiającego uwzględnienie pracy systemu DPA,
- opracowanie algorytmu sterowania DPA,
- opracowanie metody kalibracji i walidacji modelu mikrosymulacyjnego wykorzystywanego w analizach efektywności DPA.

2.4. Ocena doboru metod do rozwiązania problemu przedstawionego w rozprawie

Odwzorowanie ruchu pojazdów w obszarach miejskich z uwzględnieniem uprzywilejowania autobusów w postaci wydzielonych pasów ruchu wymaga zastosowania odpowiednich metod analitycznych i narzędzi symulacyjnych. Do takich metod należy modelowanie matematyczne, które zostało wykorzystane przez Doktoranta w analizie badanego zagadnienia. Opracowując modele analityczne dla różnych wariantów ruchu p. mgr inż. Mateusz Szarata udowodnił, że

posiada dużą wiedzę w zakresie metod stosowanych do opisu ruchu drogowego i potrafi umiejętnie wykorzystać właściwy aparat matematyczny.

Również budowa, kalibracja, weryfikacja i walidacja modelu mikrosymulacyjnego ruchu dla potrzeb badań w zakresie funkcjonowania DPA jest zadaniem bardzo trudnym i wymaga znacznego doświadczenia. W jednej z metod kalibracji Doktorant wykorzystał algorytmy genetyczne, co pozwoliło na efektywne przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań przy zachowaniu odporności na błędzenie w optimach lokalnych. Zastosowanie tego podejścia w znaczny sposób usprawniło proces kalibracji opracowanego modelu mikrosymulacyjnego.

Przeprowadzając analizy statystyczne zebranych danych pomiarowych Doktorant wykorzystał test Grubbsa do eliminacji elementów odstających oraz sprawdził, czy liczebność próby jest wystarczająca do oszacowania wartości średniej na poziomie ufności 90% przy założonym 10% błędzie szacunku. Świadczy to o umiejętności wykorzystania zasad statystyki podczas przygotowania danych uzyskanych z pomiarów do dalszych analiz.

Reasumując, uważam, że p. mgr inż. Mateusz Szarata biegle posługuje się aparatem matematycznym i posiada duże praktyczne doświadczenie w zakresie modelowania ruchu drogowego z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych. Dobór właściwych metod i narzędzi do analizy wybranego zagadnienia jest zadaniem bardzo trudnym i wpływa na wiarygodność otrzymanych wyników. Autor rozprawy poradził sobie z tym zadaniem znakomicie umiejętnie wykorzystując szeroką wiedzę i doświadczenie w zakresie możliwości zastosowania współczesnych technik obliczeniowych.

2.5. Ocena samodzielności rozwiązania zagadnienia

Problem badawczy podjęty przez Doktoranta wymagał odwzorowania rzeczywistych procesów transportowych. W związku z tym, że proponowane rozwiązanie w postaci DPA nie zostało jeszcze wdrożone w warunkach polskich, zadanie postawione przed Autorem rozprawy było wysoce ambitne. Doktorant samodzielnie wyznaczył sobie cele badawcze oraz konsekwentnie dążył do ich realizacji. Identyfikacja stanu zagadnienia na podstawie dokładnych studiów literaturowych w zakresie modelowania ruchu z dynamicznym uprzywilejowaniem autobusów umożliwiła precyzyjne sformułowanie planu badań oraz wybór odpowiednich metod i narzędzi matematycznych.

Samodzielność rozwiązania problemu badawczego przez Doktoranta nie budzi wątpliwości. Dla potrzeb rozwiązania problemu badawczego p. mgr inż. Mateusz Szarata przeprowadził pomiary niezbędne do dalszych analiz, zbudował modele analityczne i mikrosymulacyjne dla różnych wariantów organizacji ruchu na wybranych odcinkach sieci drogowo-ulicznej, opracował algorytm sterowania DPA, moduł umożliwiający uwzględnienie pracy systemu DPA oraz metodę kalibracji i weryfikacji modelu mikrosymulacyjnego. Na podstawie dokładnej analizy treści rozprawy mogę stwierdzić, że Doktorant potrafi poprawnie interpretować uzyskane wyniki badań oraz trafnie formułować wnioski końcowe. Świadczy to o właściwym przygotowaniu do prowadzenia samodzielnych badań naukowych i analiz teoretycznych.

2.6. Ocena stopnia wiedzy w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy rozprawa

Doktorant przeprowadził bardzo obszerne studia literaturowe w zakresie uprzywilejowania ruchu autobusów w obszarach miejskich. Analizując stan zagadnienia Autor sięgnął po

najnowsze wyniki badań. Znaczna większość cytowanych publikacji (87 %) to prace wydane po 2000 roku (w tym 59 % po 2010). Należy więc uznać, że w dysertacji przedstawiony został aktualny stan wiedzy w zakresie analizowanego zagadnienia. Prace starsze zostały zamieszczone głównie w celu uporządkowania dorobku dotyczącego omawianej problematyki. Publikacje, na które powołuje się Doktorant w swojej rozprawie mają charakter zarówno naukowy (monografie, artykuły wydane w uznanych czasopismach naukowych), jak i praktyczny (poradniki, wytyczne, raporty z badań). Autor sięgnął również po prace opublikowane w języku angielskim (91 publikacji, tj. 67 %). Uważam, że cytowane publikacje zostały **dobrane w sposób właściwy do analizy badanej problematyki**. Stanowią one cenne kompendium wiedzy w zakresie szeroko pojętego modelowania ruchu w warunkach uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego oraz zagadnień pokrewnych.

Gruntowne studia literaturowe dały Doktorantowi wiedzę niezbędną do analizy badanego zagadnienia oraz pozwoliły dobrać właściwy sposób modelowania, a następnie implementacji zadania badawczego. Złożoność problematyki uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego w warunkach miejskich wymagała zastosowania wiedzy z zakresu różnych obszarów naukowych. Opracowując wyniki badań Doktorant wykorzystał znajomość statystyki i ekonometrii. Z kolei budując modele analityczne i mikrosymulacyjne p. mgr inż. Mateusz Szarata wykazał się umiejętnością wykorzystania odpowiedniego aparatu matematycznego. Ponadto właściwie dobrał i zastosował istniejące narzędzia informatyczne oraz umiejętnie dostosował je do wymagań i ograniczeń problemu badawczego. Świadczy to o **bardzo dobrym opanowaniu wiedzy z dziedziny nauk technicznych**.

2.7. Ocena umiejętności prezentacji wyników

Praca została napisana z dużą starannością i dbałością zarówno o treść, jak i formę prezentacji wyników badań. W dysertacji zamieszczono wiele tablic i rysunków, które w dużym stopniu ułatwiają odbiór i zrozumienie omawianych treści. Na rysunkach zaprezentowano nie tylko wyniki badań w formie wykresów różnego typu, ale także schematy metod, algorytmów oraz procedur zastosowanych w pracy. Wszystkie formy graficzne zostały starannie przygotowane i przemyślane. Ich zamieszczenie w pracy uważam za zasadne.

Doktorant w sposób przejrzysty i zrozumiały zaprezentował założenia oraz ogólny algorytm opracowanej przez siebie metody. Przeprowadził również analizę wrażliwości modelu, która pozwoliła na identyfikację najistotniejszych parametrów wpływających na oszczędności i straty czasu dla odpowiednich grup użytkowników. Kalibracja modeli mikrosymulacyjnych została wykonana dwoma sposobami, tj. metodą eksperymentalną oraz metodą wykorzystującą algorytmy genetyczne. W mojej ocenie, taka forma kalibracji jest wystarczająca przy badaniach związanych z modelowaniem ruchu w sieci drogowo-ulicznej miasta. Pozytywnie oceniam również zestawienia mające za zadanie porównanie wyników otrzymanych różnymi metodami oraz dla różnych wariantów organizacji ruchu na wybranych odcinkach.

Uważam, że treść dysertacji stanowi spójny wywód podporządkowany jej tematowi. W podsumowaniu Doktorant w sposób syntetyczny odniósł się do wyników przeprowadzonych badań i analiz, celów oraz tez określonych na początku pracy, sformułował odpowiednie wnioski oraz wskazał kierunki dalszych badań. Zgadzam się, że rozszerzenie analizowanego zagadnienia powinno uwzględniać badania poziomu oddziaływania DPA nie tylko dla wybranych odcinków, ale również w ujęciu sieciowym. Całość została zaprezentowana

w związku i uporządkowanej formie. Umiejętność wyeksponowania najistotniejszych aspektów teoretycznych i użytkowych rozprawy oraz wskazanie dalszych możliwości rozwinięcia badanego zagadnienia świadczą o dużej dojrzałości i świadomości naukowej Doktoranta.

3. Uwagi krytyczne

3.1. Uwagi merytoryczne

Uważam, że recenzowana rozprawa została napisana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Mam jednak kilka pytań i wątpliwości, które nasunęły się podczas studiowania treści pracy.

1. W opisie systemu teleinformatycznego funkcjonującego w Rzeszowie (str. 61) występuje pewien brak konsekwencji, np. System Informacji Pasażerskiej (E-INFO) oraz System Elektronicznego Poboru Opłat (E-BILET) zostały scharakteryzowane w czasie przeszłym. Czy to oznacza, że projekt Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem i Transportem Publicznym nie został jeszcze wdrożony w całości? Uważam, że powinno to być wyraźnie sprecyzowane w pracy.
2. W przypadku aktywacji warunkowej DPA następuje ocena warunków ruchu na badanym odcinku. W opracowanym przez Doktoranta modelu mikrosymulacyjnym dla ul. Dąbrowskiego jako zasadniczą miarę warunków ruchu przyjęto długość kolejki. Czy w analizowanym modelu można byłoby uwzględnić również inne miary?
3. W opracowanym modelu przyjęto uśrednione wartości napełnienia pojazdów w transporcie indywidualnym oraz autobusów. Czy możliwa jest rozbudowa modelu i wykorzystanie bieżących informacji z systemu zliczającego pasażerów do sterowania DPA?
4. W autorskiej metodzie przyjęto uśredniony czas wymiany pasażerów. W warunkach rzeczywistych czas ten powinien być funkcją sumy liczby osób wsiadających i wysiadających na przystanku. Czy jest możliwe rozszerzenie modelu w tym kierunku?
5. Czy opracowany model mikrosymulacyjny umożliwia badanie scenariuszy uwzględniających możliwości korzystania z DPA przez innych uczestników ruchu (np. pojazdy służb miejskich, pojazdy o większym napełnieniu, taksówki)?
6. Doktorant wykazał, że zastosowanie DPA wpływa korzystnie na poprawę ruchu w mieście, zarówno dla pasażerów publicznego transportu zbiorowego, jak i dla użytkowników transportu indywidualnego. Wobec tego uważam, że rozszerzeniem analizowanej problematyki oraz kierunkiem dalszych badań powinno być zbadanie wpływu tego rozwiązania na decyzje podejmowane przez użytkowników nie tylko w zakresie zmiany trasy przejazdu, ale również zmiany środka transportu.

3.2. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

Ogólnie recenzowana dysertacja napisana jest poprawnym językiem na bardzo dobrym poziomie edytorskim. Jednak w kilku miejscach wystąpiły drobne błędy językowe, stylistyczne i formalne. Za najważniejsze z nich uważam następujące kwestie:

- w zakresie pracy (str. 13) napisano „Praca składa się z sześciu rozdziałów”, podczas gdy w rzeczywistości dysertacja składa się z siedmiu,

- w wielu miejscach pracy pojawia się sformułowanie typu „oczyszczenie wydzielonego pasa autobusowego z pojazdów” (str. 38), „oczyć odcinek z pojazdów” (str. 42), „czas potrzebny do oczyszczenia odcinka przed przyjazdem autobusu” (str. 45), itp. Rozumiem intencje Autora, ale w mojej ocenie określenia te mają charakter potoczny i nie powinny być stosowane w publikacji naukowej, jaką bez wątpienia jest rozprawa doktorska,
- na rys. 3.4 - 3.7 zaprezentowano wartości miar warunków ruchu (średni czas przejazdu i średnia liczba zatrzymań) wyznaczone przed i po wdrożeniu systemu sterowania ruchem na wybranych odcinkach sieci drogowo-ulicznej Rzeszowa. Według mnie zamieszczenie mapki z lokalizacją tych odcinków wpłynęłoby korzystnie na czytelność tego fragmentu pracy,
- analizę funkcjonowania DPA przeprowadzono dla wybranych trzech odcinków sieci drogowo-ulicznej (al. Okulickiego, ul. Podkarpacka, ul. Dąbrowskiego). Uważam, że w dysertacji brakuje mapy przedstawiającej lokalizację tych odcinków w układzie całego miasta,
- na str.133 zapisano „Przykładem skutecznego zastosowania SSN (...) mogą być publikacje...” zamiast np. „Przykłady skutecznego zastosowania SSN (...) zamieszczono w publikacjach...”,
- autorem publikacji poz.147 w spisie literatury jest Zbigniew Michalewicz.

Proszę, aby Autor nie ustosunkowywał się do powyższych uwag w trakcie obrony, lecz ewentualnie uwzględnił je w przyszłych publikacjach.

Ogólnie stwierdzam, że p. mgr inż. Mateusz Szarata sprawnie posługuje się językiem naukowym, praca jest napisana w sposób spójny, przejrzysty i czytelny, a ewentualne drobne uchybienia językowe, stylistyczne i formalne w żaden sposób nie obniżają jej wartości merytorycznej.

4. Ocena końcowa rozprawy

W recenzowanej dysertacji p. mgr inż. Mateusz Szarata wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy zarówno w zakresie sposobów uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego oraz uwarunkowań z tym związanych, jak również modelowania ruchu w obszarach zurbanizowanych. Umiejętność syntetycznego i krytycznego podejścia do źródeł literaturowych pozwoliła Autorowi zidentyfikować luki badawcze i sformułować cele, do których osiągnięcia konsekwentnie dążył w swojej dysertacji. Doktorant opracował modele analityczne i mikrosymulacyjne ruchu, które umożliwiły przeprowadzenie eksperymentów obliczeniowych dla różnych scenariuszy sterowania w celu wyboru najlepszego rozwiązania organizacji ruchu w warunkach występowania wydzielonych pasów autobusowych. Istotnym elementem rozprawy było opracowanie dodatkowego modułu umożliwiającego przeprowadzenie pełnej symulacji aktywacji i dezaktywacji pasa. Założone cele pracy zostały osiągnięte a określenie efektywności DPA i sprawdzenie możliwości zastosowania tego nowego rozwiązania w warunkach polskich stanowi oryginalne ujęcie problematyki modelowania ruchu z uwzględnieniem uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego.

Dysertacja napisana jest w sposób przejrzysty i spójny na bardzo dobrym poziomie naukowym, a uwagi zgłoszone w p. 3 (głównie w formie pytań lub drobnych usterek

redakcyjnych) nie obniżają ogólnie wysokiej oceny pracy. Poszczególne etapy pracy zostały zaprezentowane w sposób czytelny. Autor w sposób adekwatny dobrał metody do rozwiązania problemu badawczego, a wnioski sformułowane na podstawie uzyskanych wyników badań świadczą o umiejętności analize i krytycznej oceny, co jest niezbędne w samodzielnym prowadzeniu prac o charakterze naukowo-badawczym.

Uważam, że recenzowana dysertacja stanowi wartościowe i oryginalne opracowanie spełniające wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Problem badawczy został właściwie sformułowany i odwzorowany za pomocą aparatu matematycznego. Wykorzystując odpowiednie narzędzia i techniki obliczeniowe Doktorant wykazał się dojrzałością badawczą oraz potwierdził, że posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Temat podjęty w pracy jest nowy i ważny, zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym. Tym samym p. mgr inż. Mateusz Szarata otwiera nowe pole badawcze, stanowiące duży potencjał w zakresie poprawy jakości funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego w mieście. W związku z powyższym, w mojej ocenie, dysertacja **wnosi istotny wkład w rozwój nauk technicznych w zakresie modelowania ruchu z dynamicznym uprzywilejowaniem autobusów.**

Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska p. mgr inż. Mateusza Szaraty spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim w dziedzinie nauk technicznych zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”, wraz z jej późniejszymi zmianami (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595). Stawiam zatem wniosek o przyjęcie recenzowanej rozprawy przez Radę Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

