

Katowice, dn. 18.10.2024 r.

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



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Jóźwiak

nt. „*Metoda wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych*”

Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi Uchwała nr 994/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 2 lipca 2024 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora Pani mgr inż. Katarzynie Jóźwiak oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, prof. dr hab. inż. Konrada Lewczuka z dn. 20 sierpnia 2024 roku.

1. Uwagi wstępne oraz ogólna charakterystyka i ocena struktury pracy

Przedmiotem opracowanej recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Jóźwiak pt.: „*Metoda wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych*”. Promotorem rozprawy jest dr hab. Jolanta Żak, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym dr inż. Tomasz R. Waśniewski.

Dysertacja została wydana w formie książki i składa się z pięciu rozdziałów, wstępu, podsumowania z wnioskami, spisu rysunków, spisu wykresów i spisu tabel oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Wykaz literatury zawiera łącznie 208 publikacji, w tym 1 pozycję autorską i 3 pozycje współautorskie Doktorantki. Tekst rozprawy obejmuje łącznie 155 stron, w tym 46 rysunków, 10 wykresów oraz 13 tabel. Wszystkie formy graficzne zostały ponumerowane w sposób jednostopniowy oraz odpowiednio opisane w tekście zasadniczym pracy. W dysertacji zamieszczono również wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów, ułatwiający interpretację opisu formalnego problemu badawczego.

Zasadnicza treść rozprawy została poprzedzona wstępem, w którym zaprezentowano ogólny zarys podejmowanej problematyki badawczej wraz z wyeksponowaniem przyjętego przez Autorkę podejścia w zakresie doboru pojazdów do zadań transportowych. W tej części Doktorantka uzasadniła również wybór tematu oraz przedstawiła ogólną strukturę pracy.

W rozdziale pierwszym stanowiącym identyfikację problematyki badawczej dotyczącej doboru pojazdów do zadań transportowych, Doktorantka omówiła rolę transportu drogowego w przewozie towarów, wyjaśniła podstawowe pojęcia związane z podejściem systemowym do

organizacji przewozów oraz przedstawiła uwarunkowania przydziału wykonawców do zadań i problematykę wyznaczania optymalnych tras pojazdów. Rozdział 1 zawiera także ogólną charakterystykę technik sztucznej inteligencji ze szczególnym uwzględnieniem sieci neuronowych, ich właściwości oraz możliwości zastosowania w rozwiązywaniu problemów transportowych i logistycznych.

Rozdział drugi ma charakter teoretyczny i zawiera efekt badań literaturowych Doktorantki, opartych na krajowych i zagranicznych publikacjach dotyczących szeroko rozumianego modelowania oraz problematyki optymalnego przydziału zadań. Pani mgr inż. Katarzyna Jóźwiak przedstawiła również modele matematyczne wybranych zagadnień przydziału, w tym modele przydziału jednego zadania do jednego wykonawcy, modele przydziału jednego zadania do wielu wykonawców i modele przydziału wielowymiarowego. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury Doktorantka zidentyfikowała lukę badawczą, sformułowała tezę, cel główny i cele cząstkowe dysertacji. W tej części został także przedstawiony wkład naukowy i utylitarny pracy, jej ogólna struktura oraz zastosowane metody badawcze.

Rozdział trzeci zawiera matematyczny opis modelu decyzyjnego procesu doboru pojazdów do zadań transportowych. Pani mgr inż. Katarzyna Jóźwiak zdefiniowała strukturę modelu oraz charakterystyki sieci drogowej i środków transportu, a następnie sformalizowała opis zapotrzebowania na przewozy oraz tryb realizacji i przydziału zadań transportowych. W tym rozdziale Doktorantka opisała formalnie również zmienne decyzyjne, ograniczenia i sześć kryteriów oceny, w tym koszt globalny, sumę zrealizowanego dystansu pojazdów, czas trwania procesu realizacji pojedynczego zadania transportowego, globalny czas trwania procesu realizacji zadań transportowych, współczynnik wykorzystania przestrzeni ładunkowej ze względu na pojemność oraz współczynnik wykorzystania przestrzeni ładunkowej ze względu na tonaż.

W rozdziale czwartym opisana została autorska metoda wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych (MWDPZT) wraz z algorytmem jej działania. Doktorantka przedstawiła także wykorzystane narzędzia badawcze, czyli modelowanie neuronowe z zastosowaniem oprogramowania Statistica oraz modelowanie symulacyjne w programie FlexSim, w którym zaimplementowała opracowaną metodę.

W ostatnim rozdziale dysertacji p. mgr inż. Katarzyna Jóźwiak zamieściła weryfikację autorskiej metody doboru pojazdów do zadań transportowych na danych rzeczywistych. Doktorantka przedstawiła dwa przykłady zastosowania opracowanej metody, dla których przeprowadziła badania symulacyjne i oceniła poprawność uzyskanych wyników.

W podsumowaniu, stanowiącym nienumerowaną część rozprawy, zamieszczone zostały wnioski z przeprowadzonych analiz oraz opis kierunków dalszych badań. Doktorantka w tym miejscu odniosła się również do wcześniej sformułowanej tezy pracy i potwierdziła jej zasadność oraz wskazała aspekty poznawcze i możliwości praktycznego zastosowania wyników badań podejmowanych w ramach rozprawy.

W mojej ocenie **struktura pracy** przyjęta przez Doktorantkę **jest prawidłowa**. Zamieszczony wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów porządkuje i ujednolica stosowaną notację, co wpływa korzystnie na czytelność pracy. Numeracja poszczególnych rozdziałów ma charakter dwu i trzystopniowy, a ich objętość została dobrana właściwie. Treści zawarte w kolejnych rozdziałach stanowią konsekwentne i logiczne rozwinięcie problematyki podjętej

w dysertacji. Jedyne zastrzeżenie może budzić jednakowo zatytułowany rozdział 2 i podrozdział 2.2 (*Ogólne sformułowanie problemu doboru pojazdów do zadań transportowych*). Uwaga ta ma jedynie charakter redakcyjny i nie wpływa na ogólną pozytywną ocenę układu pracy.

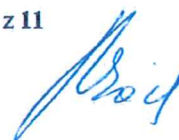
2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1. Ocena doboru tematu oraz celu i zakresu rozprawy

Przydział pojazdów do zadań transportowych jest złożonym i wieloaspektowym zagadnieniem wpływającym na efektywność procesów przewozowych realizowanych przez przedsiębiorstwa zajmujące się dystrybucją towarów. Wiąże się to w znacznym stopniu z optymalnym wykorzystaniem potencjału, jakim dysponuje firma, możliwościami osiągania maksymalnych korzyści z prowadzonej działalności oraz potrzebami wzmocnienia lub przynajmniej utrzymania pozycji na rynku w warunkach zmiennego otoczenia społeczno-gospodarczego. Zróżnicowane potrzeby związane z przewozem i rosnące oczekiwania dotyczące jakości realizacji usług transportowych istotnie wpływają na podejmowanie racjonalnych decyzji związanych z gospodarowaniem flotą pojazdów.

Złożoność problematyki i konieczność uwzględnienia szeregu różnych czynników powoduje, że dobór pojazdów do zadań transportowych staje się coraz trudniejszy dla podmiotów zajmujących się dystrybucją towarów. Dlatego prężnie rozwijające się firmy coraz częściej poszukują nowych narzędzi wspomagających procesy decyzyjne w tym zakresie. Budowane są zatem zaawansowane metody i techniki dostosowane do indywidualnych potrzeb, w których uwzględnia się specyficzne uwarunkowania i wymagania zarówno decydentów planujących przewozy, jak również dostawców i odbiorców towarów. Coraz częściej metody te mają jednak charakter mocno zindywidualizowany i nie mogą być szerzej stosowane, a w wielu przypadkach dotyczą wyznaczania optymalnego planu przewozu, koncentrując się jedynie na wielkości przewożonego towaru, co w sytuacjach rzeczywistych może okazać się niewystarczające. Ponadto w zagadnieniach dotyczących dystrybucji towarów należy wziąć pod uwagę czynniki losowe związane z warunkami ruchu w sieci transportowej oraz zakłóceniami w procesach logistycznych, co w konsekwencji może wpływać na poziom jakości realizacji zadania transportowego. **Zachodzi zatem potrzeba prowadzenia badań w tym zakresie i opracowania kompleksowej metody wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych uwzględniającej m. in. prognozowany popyt na przewozy, zróżnicowanie pojazdów ze względu na ich parametry techniczne oraz realizowane trasy jazdy. W tym kontekście pozytywnie oceniam wybór tematu pracy.** Uważam, że problem badawczy podjęty w dysertacji przez p. mgr inż. Katarzynę Jóźwiak jest ważny i aktualny z punktu widzenia poprawy procesu doboru pojazdów do zadań transportowych, a uzyskane wyniki badań mogą być użyteczne dla praktyków zajmujących się organizacją i planowaniem procesów przewozowych w przedsiębiorstwach.

Zasadniczym celem naukowym recenzowanej rozprawy doktorskiej jest „*opracowanie metody wielokryterialnego wspomagania decyzji w zakresie racjonalnego doboru pojazdów do zadań transportowych*”. W kontekście analizowanego problemu badawczego uważam, że cel ten został właściwie sformułowany, jest użyteczny i zasadny.



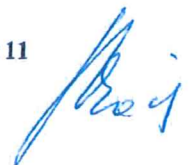
Doktorantka określiła również pięć celów cząstkowych, mających charakter konkretnych zadań, które umożliwiły osiągnięcie celu głównego w sposób etapowy. Cele te obejmują:

- „identyfikację obszaru badawczego w zakresie transportu drogowego towarów, w tym branży meblarskiej i problematyki wyznaczania tras przejazdów,
- systematyzację wiedzy na temat procesu doboru pojazdów do zadań transportowych oraz zastosowania sieci neuronowych w logistyce,
- opracowanie modelu matematycznego doboru pojazdów do zadań uwzględniającego prognozę popytu oraz wszystkie jego istotne elementy ze względu na przedmiot badań, tj.: formalizację języka opisu, formalizację kryteriów oceny, zapisu układu ograniczeń uwzględniających aspekty techniczne, ekonomiczno-technologiczne,
- opracowanie projektów sieci neuronowej poprzez wykorzystanie danych rzeczywistych do prognozy popytu,
- opracowanie modelu symulacyjnego do weryfikacji opracowanego rozwiązania oraz ocenę poprawności wyników”.

W mojej ocenie cele cząstkowe przyjęte w dysertacji tworzą logiczną całość, są ściśle powiązane z zasadniczym celem pracy i porządkują sposób podejścia do analizowanego zagadnienia. Należy podkreślić, że mają one nie tylko wymiar naukowy, ale również użytkowy. Opracowana przez p. mgr inż. Katarzynę Józwiak metoda doboru pojazdów do zadań transportowych oraz narzędzie informatyczne bazujące na autorskim modelu symulacyjnym mogą być bowiem zaimplementowane w przedsiębiorstwach, w których zachodzi potrzeba organizacji i planowania przewozów. Jej wynikami mogą być zatem zainteresowane zarówno firmy z branży TSL, jak i jednostki produkcyjne, zajmujące się dystrybucją ładunków.

Zdefiniowane przez Autorkę dysertacji cele badawcze determinują zakres rozprawy. W dysertacji można wyodrębnić dwie zasadnicze części. Pierwsza część, obejmująca rozdział 1 i 2 pracy, ma charakter teoretyczny i zawiera opis aktualnego stanu transportu drogowego ze szczególnym uwzględnieniem branży meblarskiej, definicje podstawowych pojęć stosowanych w pracy oraz omówienie problematyki organizacji przewozów, wyznaczania tras pojazdów i możliwości zastosowania sieci neuronowych w rozwiązywaniu problemów logistycznych. W tej części na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury przedstawiono także zagadnienia dotyczące doboru pojazdów do zadań transportowych, w tym klasyfikację modeli, modele z przydziałem jednego zadania do jednego wykonawcy, modele z przydziałem jednego zadania do wielu wykonawców oraz modele z przydziałem wielowymiarowym. W drugiej części rozprawy, mającej charakter empiryczny, Doktorantka zaprezentowała autorski model matematyczny doboru pojazdów do zadań transportowych oraz przyjęty sposób modelowania prognozy popytu z zastosowaniem sieci neuronowych, a także opisała opracowaną metodę z uwzględnieniem poszczególnych etapów. Ważną częścią dysertacji jest również autorski model symulacyjny stanowiący implementację modelu matematycznego w formie narzędzia informatycznego umożliwiającego prowadzenie badań przez Doktorantkę. W części empirycznej pracy zawarto także weryfikację metody na danych rzeczywistych. Uważam, że zakres pracy został dobrany właściwie dla osiągnięcia postawionych celów badawczych.

Reasumując, stwierdzam, że temat rozprawy jest ważny i aktualny, a zadanie badawcze podjęte przez Doktorantkę – trudne, złożone i zasadne zarówno pod względem naukowym, jak



i praktycznym. Cel pracy i jej zakres zostały określone adekwatnie do analizowanej problematyki i sformułowane w sposób prawidłowy.

2.2. Ocena tezy naukowej i jej oryginalności

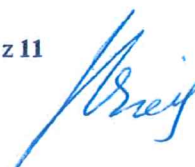
Problem badawczy, podjęty przez Doktorantkę, jakim jest dobór pojazdów do zadań transportowych, charakteryzuje się dużą złożonością i wymaga uwzględnienia różnego typu uwarunkowań. Wieloaspektowość zagadnienia wymusza potrzebę poszukiwania coraz bardziej nowatorskich metod o charakterze wielokryterialnym przy wyznaczaniu optymalnego rozwiązania. W związku z tym w recenzowanej rozprawie Doktorantka sformułowała następującą tezę naukową: „*Metoda modelowania matematycznego wykorzystująca sieci neuronowe do wyznaczenia prognoz popytu umożliwi racjonalny dobór pojazdów do przyszłych zadań transportowych, w którym jednocześnie wyznaczane są trasy jazdy pojazdów*”.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury Doktorantka zidentyfikowała lukę badawczą stwierdzając, że brakuje systemowego podejścia do rozwiązania problemu doboru pojazdów do zadań transportowych, które pozwalałoby na jednoczesną optymalizację liczby potrzebnych pojazdów, liczby pojazdów danego typu, wykorzystania przestrzeni ładunkowej pojazdów, długości pokonanej drogi, czasu realizacji zadań transportowych oraz trasy jazdy pojazdu z uwzględnieniem prognozy popytu wykorzystującej sieci neuronowe. W tym kontekście sformułowana teza wydaje się niepełna i niespójna z dość rozbudowaną luką badawczą. Pewnym rozwiązaniem mogło być albo ograniczenie zakresu badań jedynie do poszukiwania racjonalnego doboru pojazdów z jednoczesnym wyznaczaniem trasy bez uwzględniania dodatkowych czynników takich jak liczba pojazdów danego typu, wykorzystanie przestrzeni ładunkowej pojazdów, długość pokonanej drogi czy czas realizacji zadań transportowych, albo rozbudowanie tezy o dodatkowe czynniki, które były uwzględniane w dysertacji przy wyborze racjonalnego rozwiązania problemu badawczego.

Moim zdaniem wskazana niespójność pomiędzy zidentyfikowaną luką badawczą a tezą nie wpływa jednak zasadniczo na ocenę oryginalności tezy. Doktorantka w swoich badaniach wzięła pod uwagę większą liczbę czynników niż sformułowała w tezie, bardziej kierując się zidentyfikowaną luką badawczą, co w mojej ocenie świadczy jedynie o pewnym niedopełnieniu formalnym.

Podejście przyjęte przez Doktorantkę w dysertacji obejmuje m.in. opracowanie opisu formalnego elementów modelu procesu doboru pojazdów do zadań transportowych (model MPDP), modelowanie neuronowe popytu oraz implementację autorskiej metody w formie modelu symulacyjnego w programie FlexSim wspomagającego proces obliczeniowy i umożliwiającego przeprowadzenie eksperymentów przy przyjęciu zróżnicowanych założeń w odniesieniu do danych wejściowych. Problematyka związana z doborem pojazdów do zadań transportowych jest szeroko podejmowana w literaturze. Brakuje jednak podejścia, w którym oprócz typowych kryteriów, takich jak koszt, czas czy odległość przewozu, uwzględniana byłaby także liczba i typ dostępnych środków transportu, a prognoza popytu sporządzana byłaby z zastosowaniem sieci neuronowych.

Podsumowując, stwierdzam, że wyniki badań prowadzonych przez Doktorantkę wykazały zasadność prowadzonych badań teoretycznych i eksperymentalnych w analizowanym obszarze i stanowią ważny przyczynek w sensie poznawczym i użytecznym w problematyce doboru



pojazdów do zadań transportowych. W mojej ocenie świadczy to **oryginalności przyjętego podejścia**.

2.3. Ocena doboru metod do rozwiązania problemu przedstawionego w rozprawie

Przydział pojazdów do zadań transportowych jest problemem złożonym i wymaga użycia odpowiednich metod wspomagających procesy decyzyjne. Ich dobór jest bardzo ważnym i trudnym zadaniem, ponieważ może wpływać na wybór optymalnego rozwiązania w zakresie organizacji i planowania przewozów w przedsiębiorstwach.

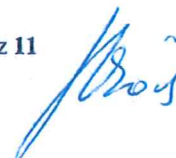
W recenzowanej dysertacji p. mgr inż. Katarzyna Jóźwiak zastosowała szereg metod i narzędzi umożliwiających prowadzenie badań na poszczególnych etapach powstawania pracy. Na etapie rozpoznania obszaru badawczego w części teoretycznej dysertacji Doktorantka przeprowadziła szczegółową analizę literatury przedmiotu badań, co dało podstawy do badań empirycznych. Metody analizy i syntezy systemowej pozwoliły na podejście do badanego zagadnienia w sposób holistyczny stawiając odpowiednie pytania dotyczące zgodności stanu istniejącego z oczekiwaniami, co umożliwiło zidentyfikowanie elementów systemu transportowego istotnych z punktu widzenia problemu badawczego oraz wytypowanie czynników wpływających na efektywność realizowanych procesów przewozowych.

Opracowując metodę doboru pojazdów do zadań transportowych Doktorantka zastosowała modelowanie matematyczne. Do osiągnięcia celu zdefiniowanego w dysertacji p. mgr inż. Katarzyna Jóźwiak opisała formalnie poszczególne elementy modelu, w tym strukturę sieci drogowej i pojazdów wraz z charakterystykami, zapotrzebowanie na przewozy, tryb realizacji i przydziału zadań transportowych, zmienne decyzyjne, ograniczenia oraz sześć funkcji kryterium oceny.

Ponadto w modelowaniu prognozy popytu Doktorantka zastosowała sieci neuronowe dobierając odpowiednio ich parametry, w tym typ sieci wraz z architekturą, funkcje aktywacji oraz wartości redukcji wag. Z kolei do implementacji i weryfikacji opracowanej metody Autorka zbudowała model symulacyjny w programie FlexSim, stanowiący wsparcie procesu obliczeniowego i umożliwiający odwzorowanie opracowanego modelu matematycznego. W modelu takie parametry jak: prędkość ruchu na drogach głównych, czas podstawienia pojazdu do załadunku oraz czas załadunku jednej tony zostały zaimplementowane jako zmienne losowe.

Oprócz wskazanych metod Doktorantka deklaruje również zastosowanie metody dedukcji i indukcji w ocenie spostrzeżeń i faktów związanych z doбором pojazdów do zadań transportowych, metody syntezy do określenia związków i zależności pomiędzy wynikami badań teoretycznych i empirycznych, metody porównań i analogii do zidentyfikowania podobieństw i różnic w dotychczas stosowanych metodach analizy systemów i procesów transportowych w firmach, obserwację naukową do pozyskania informacji o badanych faktach i zjawiskach oraz metodę badania sądów i opinii do zebrania danych eksperckich, które wykorzystano do opracowania metody wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych. Instrumentarium stosowane przez Doktorantkę jest zatem różnorodne i dostosowane do potrzeb analitycznych problemu badawczego.

Reasumując, uważam, że Autorka rozprawy posiada wiedzę w zakresie metod modelowania matematycznego oraz potrafi umiejętnie dobrać metody i narzędzia informatyczne do analizy wybranego zagadnienia i rozwiązania problemu badawczego.



2.4. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Autorka dysertacji powołała się w treści pracy na 208 pozycji literaturowych. W większości są to publikacje dotyczące problematyki modelowania systemów i procesów transportowych oraz zagadnień logistycznych związanych z przewozem ładunków. Pani mgr inż. Katarzyna Jóźwiak w swoich studiach literaturowych sięgnęła zarówno po publikacje krajowe, jak i zagraniczne. Opracowania, na które powołuje się Doktorantka to w przeważającej części monografie oraz artykuły wydane w renomowanych czasopismach naukowych. Znacząca większość prac została opublikowana po 2010 roku, co oznacza, że zawarte w nich treści prezentują aktualny stan wiedzy. W mojej ocenie zbiór cytowanych publikacji jest wystarczający i został on dobrany w sposób adekwatny do analizy badanego zagadnienia.

2.5. Ocena samodzielności rozwiązania problemu badawczego

Problematyka badawcza, będąca tematem recenzowanej rozprawy ma charakter złożony i wieloaspektowy. W związku z tym zadanie postawione przed Doktorantką należy uznać za ambitne i trudne. Dodatkowo analizowane zagadnienie, jakim jest dobór pojazdów do zadań transportowych jest istotne zarówno pod względem naukowym, jak i praktycznym.

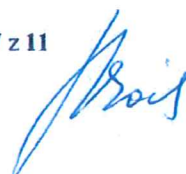
W mojej ocenie samodzielność rozwiązania problemu badawczego przez p. mgr inż. Katarzynę Jóźwiak nie budzi wątpliwości. Na podstawie analizy stanu zagadnienia w zakresie doboru pojazdów do zadań transportowych Doktorantka zidentyfikowała lukę badawczą, określiła główny cel rozprawy oraz cele cząstkowe i konsekwentnie dążyła do ich realizacji. W swojej dysertacji p. mgr inż. Katarzyna Jóźwiak odpowiednio dobrała aparat matematyczny do opracowania autorskiej metody doboru pojazdów do zadań transportowych wspomagającej w sposób wielokryterialny decyzje w zakresie organizacji i planowania przewozu ładunków. Ważną częścią rozprawy jest także zastosowanie sieci neuronowych do opracowania prognozy popytu oraz implementacja autorskiej metody w programie FlexSim.

Dokładna analiza treści rozprawy daje podstawy do stwierdzenia, że Doktorantka potrafi poprawnie interpretować uzyskane wyniki badań oraz trafnie formułować wnioski końcowe. Świadczy to o umiejętności prowadzenia samodzielnych badań naukowych przez Autorkę dysertacji.

2.6. Ocena naukowej wartości rozprawy

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Doktorantki przedstawionych w recenzowanej dysertacji zaliczam:

- identyfikację obszaru badawczego dotyczącego transportu drogowego ze szczególnym uwzględnieniem branży meblarskiej,
- uporządkowanie wiedzy związanej z doбором pojazdów do zadań transportowych i zastosowaniem sieci neuronowych w logistyce oraz ustalenie aktualnego stanu zagadnienia w tym zakresie,
- zaprojektowanie sieci neuronowej do prognozowania popytu,
- opracowanie modelu matematycznego doboru pojazdów do zadań transportowych, w tym określenie modelu sieci drogowej, zapotrzebowania na przewóz, zmiennych decyzyjnych, ograniczeń oraz sześciu funkcji kryterium,



- opracowanie autorskiej metody wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych,
- opracowanie modelu symulacyjnego, stanowiącego implementację autorskiej metody i umożliwiającego przeprowadzanie analiz z uwzględnieniem różnych danych wejściowych.

3. Uwagi szczegółowe i pytania problemowe

3.1. Uwagi merytoryczne

W mojej ocenie recenzowana rozprawa została napisana na dobrym poziomie merytorycznym. Mam jednak kilka pytań i wątpliwości, które nasunęły się podczas analizy treści pracy. Odpowiedzi oczekuję podczas publicznej obrony.

1. Przy prognozowaniu popytu Doktorantka zastosowała sieci neuronowe. Jakie były przesłanki wyboru typu sieci, tzn. perceptronu wielowarstwowego i algorytmów uczących?
2. Na schemacie przedstawiającym autorską metodę wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych (rys.14, str.95) znajdują się trzy bloki decyzyjne. Proszę o wyjaśnienie, w jaki sposób podejmowana jest decyzja w każdym z tych przypadków.
3. W opisie formalnym modelu doboru pojazdów do zadań transportowych zdefiniowano komponenty zadania optymalizacyjnego, tj. dane wejściowe, zmienne decyzyjne, ograniczenia i funkcje celu. Dlaczego nie sformułowano pełnego zadania optymalizacyjnego?
4. Jako jedną z funkcji celu Doktorantka przyjęła „współczynnik wykorzystania przestrzeni ładunkowej ze względu na tonaż”. Proszę o doprecyzowanie interpretacji tego kryterium.
5. Model matematyczny zbudowany przez Doktorantkę został określony jako Model Procesu Doboru Pojazdów (MPDP). Analizując strukturę tego modelu opisaną grafem GP, który jest odwzorowaniem struktury sieci drogowej nasuwa się wątpliwość jaki proces jest modelowany. Proszę o wyjaśnienie czy chodzi o proces przemieszczania pojazdów w sieci drogowej czy o proces doboru pojazdów do zadań.
6. W opracowanym modelu matematycznym założono, że czas załadunku oraz czas wyładunku wyrażone zostaną jako zmienne losowe o określonych rozkładach prawdopodobieństwa (wzory (48) i (50), str. 81-82). Natomiast przy budowie modelu symulacyjnego w programie FlexSim jako zmienne losowe przyjęto prędkość na drogach głównych, czas podstawienia pojazdu do załadunku i czas załadunku jednej tony. Proszę o wyjaśnienie tych rozbieżności.
7. W modelu matematycznym przyjęto (str. 81), że prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że czas załadunku jednostki ładunku rodzaju m na pojazd typu s w miejscowości n będzie wynosił konkretną wartość. W podobny sposób zdefiniowano prawdopodobieństwo dotyczące czasu wyładunku (str. 82). W mojej ocenie nie jest to jednak właściwe podejście. Trzeba bowiem pamiętać, że czas jest zmienną typu ciągłego, w związku z czym prawdopodobieństwo należy formułować w kontekście

przynależności do określonego przedziału. W związku z tym proszę o uzasadnienie przyjętego podejścia.

8. Jako jeden z kierunków dalszych badań Doktorantka wskazała „*uwzględnienie przeszkód terenowych i elementów infrastruktury na trasie przejazdów*”. Proszę o rozwinięcie tej koncepcji.

Należy zaznaczyć, że przedstawione wyżej uwagi mają charakter dyskusyjny i nie podważają mojej pozytywnej oceny rozprawy.

3.2. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

Uważam, że recenzowana rozprawa została napisana dobrym językiem naukowym i zredagowana starannie. Pomimo tego w wielu miejscach wystąpiły błędy redakcyjne, stylistyczne i językowe. Wśród nich należy wskazać następujące kwestie:

- na wyk. 3 (str.18) przedstawiono procentową zmianę liczby przedsiębiorstw działających w branży transportu drogowego nie precyzując w odniesieniu do czego ta zmiana nastąpiła;
- Doktorantka omawiając modele organizacji przewozów scharakteryzowała model wahadłowy jako „*najczęściej stosowany model organizacji przewozów*”. Natomiast przy prezentacji kolejnego modelu – modelu wahadłowo-ciągłego użyła sformułowania: „*równie często stosowany model transportu*”, co pozostaje w sprzeczności z charakterystyką pierwszego z modeli;
- w pracy występują oznaczenia, które nie są jednoznacznie i konsekwentnie stosowane, np. na str. 57 przez $k(i, j)$ oznaczono koszt przydziału i -tego zadania do j -tego wykonawcy (wzór 7), podczas gdy na tej samej stronie przez k określono również liczbę przydzielanych zadań do wykonawców;
- na rys. 36, 38, 39, 40, 44 i 45 odchylenie standardowe zaprezentowano w formie wykresu liniowego. W mojej ocenie łączenie punktów linią nie jest właściwe ze względu na prezentowane zmienne, które wyrażone są w skali nominalnej (tj. wyszczególnienie występujących przypadków);
- zauważono sporo niezręcznych sformułowań, np.:
 - „*ładunek dostarczany jest dużym transportem*” (str. 33),
 - „*inną problematyką dotyczącą przydział pojazdów do zadań*” (str. 34),
 - „*w przypadku metod dokładnych bazują one w oparciu o teorię grafów*” (str. 38),
 - „*heurystyki specyficzne dla danego problemu, które nie wymagają heurystyki, które nie wymagają matematycznego sformułowania problemu...*” (str. 41),
 - „*wg definicji [168] modelowanie definiuje się jako...*” (str. 49),
 - „*problemy badawcze z obszaru logistyki chętnie korzystają z warsztatu badawczego...*” (str. 69),
 - „*zadanie, które jest najdalej położone od nadawcy*” (str. 85),
 - „*we wzorach 57-60 przedstawiono wzory...*” (str. 85),
- w treści dysertacji znalazły się także liczne błędy stylistyczne, językowe i interpunkcyjne;

- w treści dysertacji zauważono również sporo błędów językowych.

Proszę, aby Doktorantka nie odnosiła się do powyższych uwag w trakcie obrony, lecz ewentualnie uwzględniła je w swoich przyszłych publikacjach.

Reasumując, stwierdzam, że p. mgr inż. Katarzyna Jóźwiak sprawnie posługuje się językiem naukowym, praca jest napisana w sposób czytelny i przejrzysty, a drobne uchybienia językowe i stylistyczne oraz niespójności formalne nie obniżają jej wartości merytorycznej.

4. Ocena końcowa rozprawy

Uważam, że treść recenzowanej rozprawy stanowi spójną i uporządkowaną całość. Doktorantka na podstawie przeglądu literatury określiła zasadniczy cel pracy oraz cele częściowe determinując tym samym zakres naukowy dysertacji. Zapoznanie się z aktualnym stanem wiedzy pozwoliło p. mgr inż. Katarzynie Jóźwiak zbudować model matematyczny analizowanego problemu badawczego umożliwiając prowadzenie badań w zakresie doboru pojazdów do zadań transportowych.

Główny cel dysertacji został osiągnięty, a opracowana metoda wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**. Wymiernym efektem pracy jest implementacja metody w formie modelu symulacyjnego opracowanego w programie FlexSim wspomagającego procesy obliczeniowe.

Rozprawa doktorska napisana jest na dobrym poziomie naukowym, a uwagi zgłoszone w p. 4 (głównie w formie pytań lub uwag o charakterze redakcyjnym) nie obniżają pozytywnej oceny pracy. Poszczególne etapy pracy zostały przedstawione w sposób zwarty i przejrzysty. Doktorantka właściwie dobrała aparat matematyczny do rozwiązania problemu badawczego, potwierdzając w ten sposób **swoją wiedzę teoretyczną w zakresie badanego zagadnienia**. Wnioski sformułowane przez Doktorantkę na podstawie uzyskanych wyników badań świadczą o umiejętności analize i krytycznej oceny, co stanowi ważną cechę **w samodzielnym prowadzeniu prac o charakterze naukowo-badawczym**.

Temat podjęty w pracy jest ważny, zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym. W związku z powyższym, w mojej ocenie, **dysertacja wnosi istotny wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych** w zakresie doboru pojazdów do zadań transportowych. Recenzowana rozprawa doktorska może być zatem podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska p. mgr inż. Katarzyny Jóźwiak pt. „*Metoda wspomagania doboru pojazdów do zadań transportowych*”:

- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego,
- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*,
- prezentuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Autorkę dysertacji.

Wobec powyższego stwierdzam, że recenzowana dysertacja **spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim** zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595), wraz

z jej późniejszymi zmianami oraz w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669), wraz z jej późniejszymi zmianami.

Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Katarzyny Jóźwiak przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej i dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów postępowania kwalifikacyjnego w zakresie uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

A handwritten signature in blue ink, reading "Renata Żochowska", written over a dotted line.

dr hab. inż. Renata Żochowska, prof. PŚ