

Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej
e-mail: marianna.jacyna@pw.edu.pl

Warszawa, dnia 16.08.2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. **Jakuba Starczewskiego**
pt. „Kształtowanie systemu dystrybucji ładunków z wykorzystaniem rowerów
towarowych wewnątrz aglomeracji miejskiej”

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, Pana prof. dra hab. inż. Andrzeja Szaraty z dnia 11 lipca 2022 r.

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowi egzemplarz rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Starczewskiego pt. *Kształtowanie systemu dystrybucji ładunków z wykorzystaniem rowerów towarowych wewnątrz aglomeracji miejskiej*.


Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Vitalii Naumov, prof. PK.

1. Uwagi ogólne o doborze tematu rozprawy

Recenzowana rozprawa dotyczy problematyki poprawy efektywności dostaw ładunków w zabytkowych centrach dużych miast przy wykorzystaniu rowerów towarowych. Tematyka dysertacji jest o tyle ważna, że coraz więcej uwagi poświęca się problemowi dystrybucji ładunków w ścisłych centrach dużych miast, zwłaszcza o zabytkowej zabudowie. Zagadnienia te są ważne nie tylko dla badaczy ale również dla władarzy miast.

Badania prowadzone w obszarze logistyki miejskiej wskazują, że dostawy ładunków wewnątrz dużych aglomeracji miejskich wymagają uwzględnienia szerokiego spektrum czynników m.in.: czasu transportu, ograniczenia infrastruktury, lokalizacji odbiorców i ich potrzeb. Ponadto zapotrzebowanie na tego typu usługi jest zróżnicowane ze względu na strukturę przestrzenną i asortymentową poszczególnych jej odbiorców oraz losowość niektórych czynników.

Złożoność, różnorodność oraz losowość czynników sprawia, że efektywne, ze względu na przyjęte wskaźniki oceny, funkcjonowanie systemu dystrybucji ładunków w aglomeracjach miejskich jest możliwe dzięki stosowaniu narzędzi informatycznych wspomagających podejmowanie decyzji w tym zakresie. Budowa właściwego narzędzia wymaga przeprowadzenia wielu eksperymentów.

DZIEKANAT	
Wydziału Inżynierii Lądowej	
31 SIE. 2022	
Wpłynęło dnia	10. 5. 2022
L. dz.	34.5. 2022
podpis	



Aby tego dokonać niezbędna jest znajomość zagadnień nie tylko z obszaru transportu i logistyki miejskiej ale również podstaw informatyki czy umiejętności korzystania z dostępnych narzędzi informatycznych. Droga naukowa Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego ukazuje jego dobre przygotowanie do rozwiązywania problemów z tego obszaru. Ukończył studia na kierunku Transport, przy czym na pierwszym stopniu w specjalności *Eksploatacja i zarządzanie w transporcie*, natomiast na drugim stopniu w specjalności *Logistyka i technologia w transporcie samochodowym*. Końcowy etap to studia trzeciego stopnia na Politechnice Krakowskiej. Pan mgr inż. Jakub Starczewski jest autorem lub współautorem wielu publikacji, często o wysokiej punktacji. Te wszystkie aspekty świadczą o właściwym przygotowaniu i dobrej podbudowie naukowej Doktoranta do samodzielnego prowadzenia badań.

Podsumowując stwierdzam, że Pan mgr inż. Jakub Starczewski podejmując się realizacji rozprawy doktorskiej dot. zagadnień dystrybucji ładunków z wykorzystaniem rowerów towarowych wewnątrz zabytkowych aglomeracji miejskich dobrze wpisuje się w potrzeby aktualnych badań w tym obszarze. Praca ma nie tylko duże znaczenie poznawcze ale również użyteczne dla praktyki gospodarczej.

Rozprawa składa się ze 184 stron, streszczenia w jęz. polskim i w jęz. angielskim, 7 numerowanych rozdziałów, literatury, spisu rysunków oraz tabel, a także 4 załączników. Przy czym rozdział pierwszy to wprowadzenie, natomiast rozdział 7 to wnioski z przeprowadzonych w pracy rozważań. Spis materiałów źródłowych zawiera 318 pozycji (6 pozycji z udziałem Autora rozprawy, przy czym 2 samodzielne), w tym 2 strony internetowe. Kolejne załączniki to tabele zawierające dane odnośnie: indykatorów, planu eksperymentu, minimalnej wymaganej liczby obserwacji oraz ilustracje graficzne stanów szczególnych – zależności wskaźnika efektywności od prawdopodobieństwa pojawienia się klienta danego typu.

2. Analiza struktury rozprawy – podział treści na rozdziały

Zasadnicza treść rozprawy doktorskiej zawarta jest w rozdziałach 1-7.

Część merytoryczną pracy rozpoczyna **Wprowadzenie (rozd. 1 - str. 6)**, w którym Autor rozprawy przedstawił bardzo ogólnie przesłanki wyboru tematu, wskazując m.in. (rozd.1.1), że problemem miast jest ich zatłoczenie (kongestia), smog, brak właściwych rozwiązań dla dostaw ładunków. Zdaniem Doktoranta (str.11) „*niezaprzeczalnie jednym z koniecznych działań mających na celu zapobieganie kongestii transportowej jest poprawa efektywności dostarczania ładunków...*”, podkreśla przy tym, że rozwiązaniem na problemy zatłoczenia może być tzw. logistyka rowerowa.

To krótkie uzasadnienie wyboru tematu stało się podstawą zdefiniowania celu i tezy rozprawy (rozd.1.2). Jako cel rozprawy Doktorant wskazał:

„Zwiększenie efektywności systemu dystrybucji ładunków w miastach z wykorzystaniem rowerów towarowych poprzez racjonalizację technologii obsługi transportowej”.

Cel rozprawy został sformułowany poprawnie, nawiązując do istoty problemu naukowego określonego w jej tytule. Można jedynie dyskutować z potrzebą umieszczania w celu rozprawy „opracowanie modelu/metody do podniesienia efektywności.....”, tym bardziej, że dalej Autor pisze o celach cząstkowych wśród których wymienia m.in.:

1. „
2. „stworzenie narzędzia w postaci modelu symulacyjnego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, służącego do poprawy efektywności procesów obsługi transportowej,
3. opracowanie metody wyznaczania lokalizacji punktu przeładunkowego dla systemu dystrybucji rowerami towarowymi w obszarze miejskim,
4. wybór metody kształtowania tras dostawy ładunków rowerami towarowymi dla zmiennych parametrów popytu na przewozy w obszarze miejskim”.

Natomiast tezę Autor rozprawy zdefiniował jako:

„Istnieje możliwość poprawy efektywności funkcjonowania systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, w wyniku wyboru lokalizacji stacji przeładunkowej oraz stosowania efektywnych metod marszrutyzacji tras dostawy”.

Z naukowego punktu widzenia teza rozprawy jest zapisana poprawnie. Można prowadzić jedynie dyskusję co dokładnie jest celem prowadzonych badań - czy poprawa istniejącego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe czy też systemu dystrybucji ładunków, który tę technologię wprowadzi tj. rowery towarowe? Z obecnego zapisu wprost to nie wynika.

Po zapisie celu i tezy rozprawy Doktorat krótko omówił jej zakres przedstawiając istotne informacje o zawartości poszczególnych rozdziałów.

Następnie **w rozdziale 2** (str. 27 - *Zagadnienie logistyki miejskiej w kontekście systemów dystrybucji ładunków*) Pan mgr inż. Jakub Starczewski dokonał ogólnego przeglądu zagadnień w zakresie logistyki miejskiej, dystrybucji fizycznej dóbr oraz specyfiki miejskiego transportu ładunków. Przedstawił niezbędne definicje i dokonał charakterystyki jej elementów. Omówił koncepcję fizycznej dystrybucji dóbr oraz przedstawił jej podstawowe schematy funkcjonowania wraz ze wskazaniem wad oraz zalet. Dość dużo uwagi poświęcił analizie specyfiki miejskiego transportu ładunków, popierając omówione fakty licznymi przykładami, często na fotografiach pochodzących z prywatnego archiwum Autora.

Autor trafnie przyjął w opisie rozdziału drugiego na str. 13, że „... idąc tokiem rozumowania „od ogółu do szczegółu” omówiono koncepcję fizycznej dystrybucji



dóbr...”, natomiast dokładna lektura tego rozdziału wskazuje nadmiarowość interpretacji Autora rozprawy na podstawie często jednego źródła definicji niektórych pojęć. Na przykład str.16 Doktorant pisze, że „...logistyka miejska jest tworem wielopłaszczyznowym, a rzetelne tworzenie lub analizowanie jej procesów wymaga globalnego nań spojrzenia. Takowe umożliwia między innymi ogólna teoria systemów...” i z tym poniekąd można się zgodzić ale wymaga to większego wywodu naukowego. Podobnie w kolejnym zdaniu jest zapis „Zgodnie z powyższym, „system” rozumie się jako celowo zorganizowany twór złożony z licznych elementów oraz powiązań między nimi...” – to już jest nadmiarowość interpretacji, co to znaczy „twór” lub „licznych elementów” – a jeśli będą trzy elementy to wówczas mówimy o liczności i o systemie czy już raczej nie? Odsyłam Autora do pozycji G.J. Klira czy P. Sienkiewicza.

Rozdział kolejny – 3 (str. 18 - *Analiza stanu istniejącego dystrybucji ładunków rowerami towarowymi*) to charakterystyka systemów rowerowych oraz przykłady funkcjonowania systemów dystrybucji ładunków rowerami towarowymi w Europie.

Doktorant scharakteryzował główne typy rowerów towarowych istniejących obecnie na rynku wraz z ogólnym wskazaniem co do możliwości ich wykorzystania w procesie transportowym. W drugiej części rozdziału (podrozdz.3.2) dokonał omówienia kilku projektów, w tym dwóch unijnych, w których brał udział, a dotyczących takich miast jak Słupsk, Gdynia czy Kraków oraz inicjatyw mających na celu wykorzystanie rowerów dla realizacji usług przez firmy kurierskie np. DHL czy TNT.

Podsumowując, treści zawarte w rozdziałach 1-3 to wprowadzenie czytelnika w problematykę logistyki rowerowej, natomiast treści rozdziałów 4-6 to propozycja rozwiązania problemu dystrybucji ładunków w mieście z wykorzystaniem rowerów towarowych.

Kolejny **rozdział – 4** (str. 26 - *Formalizacja zagadnień dot. kształtowania systemu dostaw*) stanowi ogólne podejście do formalizacji modelu decyzyjnego kształtowania systemu dystrybucji z wykorzystaniem rowerów towarowych. Pan mgr inż. Jakub Starczewski przedstawił ogólny zarys modelu symulacyjnego (podrozdz.4.1), kryterium oceny efektywności systemu dostaw ładunków w ujęciu zrównoważonego rozwoju transportu (podrozdz.4.2), zagadnienie analizy popytu na przewozy ładunków (podrozdz.4.3), problem wyznaczania tras przejazdu (podrozdz.4.4) oraz tematykę wyboru lokalizacji punktów przeładunkowych (podrozdz.4.5).

Rozdział ten jest niezwykle ważny z punktu widzenia celu rozprawy, a w szczególności celów częściowych zapisanych w podrozdz.1.2 rozprawy. Jeśli cele częściowe zostały zapisane jako:

- 1) „uzasadnienie kryterium oceny efektywności systemu dystrybucji ładunków w mieście, uwzględniającego technologię obsługi transportowej oraz postulaty strategii zrównoważonego rozwoju,



- 2) stworzenie narzędzia w postaci modelu symulacyjnego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, służącego do poprawy efektywności procesów obsługi transportowej,
- 3) opracowanie metody wyznaczania lokalizacji punktu przeładunkowego dla systemu dystrybucji rowerami towarowymi w obszarze miejskim,
- 4) wybór metody kształtowania tras dostawy ładunków rowerami towarowymi dla zmiennych parametrów popytu na przewozy w obszarze miejskim”,

to cele 1) i 2) stanowią wprost przełożenie do pkt. 4.1 oraz 4.2, natomiast cele 3) oraz 4) przedstawione w punktach 4.3-4.5 stanowią bardzo ważną podbudowę dla treści przedstawionych w rozdziale 5. Taki zamysł Autora rozprawy należy uznać za słuszny i właściwy ze względu na szerokie spektrum aspektów/zagadnień, które należy uwzględnić w rozwiązywanym w rozprawie problemie badawczym.

Niektóre fragmenty wymagają jednak dyskusji i komentarza ze strony Autora. Dotyczy to chociażby modelu symulacyjnego jako podstawy badanego zagadnienia tj. kształtowania dostaw ładunków z wykorzystaniem rowerów towarowych. Autor rozprawy przedstawił ten model bardzo ogólnikowo, nadmiarowo interpretując niektóre elementy tego modelu.

Komentarza ze strony Autora rozprawy wymaga np.: jakiego typu założenia zostały przyjęte oraz jakie są ograniczenia w tym modelu. Autor wskazuje, zgodnie z objaśnieniem do schematu str.61, że „.....zmienne: 1 i 2 należą do grupy parametrów sterujących, natomiast 3 to parametr określający wpływ środowiska zewnętrznego. Wynika z tego **założenie mówiące, że poprzez odpowiedni wybór tras przejazdu pojazdów oraz lokalizacji punktu przeładunkowego (w systemie obsługi rowerami towarowymi) można maksymalizować funkcję kryterium efektywności odnoszącą się odwrotnie proporcjonalnie do kosztów przewozu....**”, natomiast w funkcji kryterium zapisanej wzorem (2) str. 71, tych zmiennych nie ma. Zatem w jaki sposób przebiega maksymalizacja funkcji kryterium (K_e) ? - wymaga to komentarza Autora rozprawy. Dodatkowo w wyjaśnieniach Autor pisze, że koszt (K_e), dotyczy i -tego zlecenia – czy rzeczywiście?

Na podkreślenie zasługuje skrupulatność Doktoranta w uzasadnieniu kryterium efektywności systemu dystrybucji w ujęciu założeń środowiskowych. Autor wskazał na szerokie spektrum czynników wpływających na ocenę systemów dystrybucji.

Podobnie z punktem dot. zagadnienia analizy popytu na przewozy ładunków. Na str. 74 Doktorant pisze „... popyt na przewozy ładunków jest elementem charakteryzującym wpływ środowiska zewnętrznego. Podstawową jednostką kształtującą popyt jest zamówienie na dostawę towarów. Jest to zapotrzebowanie klienta na usługi przewozu, zgłoszone na rynku. w uogólnieniu, zbiór zamówień wszystkich podmiotów gospodarczych na danym obszarze, reprezentuje popyt na usługi transportowe na nim występujące...”, co zostało odwzorowane w modelu matematycznym, gdzie Autor rozprawy na str. 75

pisze „... Jako podstawową jednostkę kształtującą popyt na przewozy ładunków w mieście, przyjęto pojedyncze zamówienie o odpowiednich parametrach numerycznych ...”

Jednak dokonując dokładnej analizy zapisów formalnych modelu, można odnieść wrażenie, że niektóre fragmenty zostały zapisane bardzo ogólnie i nie do końca doprecyzowane, co nastrocza kilka pytań do dyskusji. Na przykład we wzorze (5) parametry zależne są od czasu, co wyjaśnia Autor przy objaśnieniu parametru ρ_i , pisząc, że jest to „... i -te zamówienie w potoku: $\rho_i < \rho_{i+1}$ jeżeli $t_i \leq t_{i+1}$, t_i – moment pojawienia się i -tego zamówienia...”. Przy czym parametru ρ_i brak jest w opisie zbioru D , a tym bardziej odniesienia do czasu. Podobnie jest z zapisem – wzór (6) – pojedynczego zlecenia, gdzie pojawia się zbiór H , którego objaśnienie jest dopiero na str. 79 (wzór (14)). Komentarza ze strony Autora wymaga parametr ξ . Przy objaśnieniu tego parametru Doktorant pisze, że jest interwał czasu pomiędzy momentem pojawienia się danego oraz poprzedniego zamówienia, to dlaczego nie użyto zapisu z uwzględnieniem indeksu danego zlecenia i np. $(i-1, i)$.

Mylące jest również przedstawione objaśnienie pod wzorem (7) dot. zmiennej x , której we wzorze (7) nie ma – wymaga to komentarza Autora rozprawy.

Rozdział – 5 (str. 22 - *Metody zaadaptowane na potrzeby dysertacji*) to opis metod szacowania poziomów kosztów operacyjnych procesu transportowego, metod rozwiązywania zagadnień trasowania pojazdów oraz metod wyznaczania lokalizacji punktu przeładunkowego. W pierwszej części Pan mgr inż. Jakub Starczewski zaprezentował sposób podejścia do wyznaczenia kosztów operacyjnych wskazując na główne elementy tych kosztów, a dot. kosztu zamrożenia kapitału wskutek zakupu pojazdu, kosztu zużycia energii i materiałów eksploatacyjnych, kosztów zużycia pojazdów i kosztów środowiskowych.

Doktorant podaje również bardzo ogólny wzór na czas zaangażowania pojazdu w proces transportowy. W objaśnieniach do wzoru brakuje wyjaśnienia co oznacza parametr N_p . Ze względu na bardzo ogólny zapis tej formuły, proszę o krótki komentarz - dlaczego nie uwzględniono odległości pomiędzy poszczególnymi węzłami sieci transportowej, w której realizowane są przewozy rowerowe np. odległość między punktem załadunkowym a pośrednim itp.. Czym to zostało podyktowane?

W drugiej części rozdziału, Autor rozprawy dość szczegółowo opisał metody rozwiązywania problematyki trasowania pojazdów podając m.in. schematy blokowe dla działania algorytmu Clarke’a i Wrighta w wersji sekwencyjnej, działania algorytmu symulowanego wyżarzania oraz algorytmu genetycznego w wersji podstawowej. Ostatnia część rozdziału 5 to opis metody wyznaczania lokalizacji punktu przeładunkowego. Chociaż sam opis jest wyczerpujący i wskazujący, że podejście ma zastosowanie praktyczne, to brakuje schematu blokowego metody ujmującego graficznie całość podejścia.

Niektóre fragmenty analizowanego rozdziału wymagają dyskusji i komentarza Autora rozprawy, np. na str. 107 Doktorant pisze, iż „...*W dalszej części opracowania*

przedstawiono propozycję modelu symulacyjnego stworzonego na potrzeby wyznaczenia lokalizacji punktu przeładunkowego bazującego na wcześniejszych pracach badawczych [204], [205]. Zaproponowane rozwiązanie wykorzystuje pośrednio analizę średniej pracy przewozowej obliczonej w oparciu o model matematyczny systemu dostaw ładunków (zgodnie z modelem opisanym w rozdziale 4.1) ...". Rozdział 4.1 to bardzo ogólne podejście do sformułowania zagadnienia modelu symulacyjnego, natomiast przedstawiony model systemu obsługującego to dwa wzory (34) i (35), przy czym we wzorze (34) dany rower floty zapisany jest jako b_i , natomiast we wzorze (35) jako b . Czy to oznacza, że $b_i = b$? Podobnie we wzorze (41), występuje nadmiarowość zapisu. W opisie oznaczeń K jest zbiorem wszystkich odbiorców, którego elementami zapewne są odbiorcy oznaczeni jako k , natomiast M_k to wielkość popytu na przewozy wyrażona dla odbiorcy k , podobnie zmienne X_k oraz Y_k . We wzorach (41) i (22) zmienne te należą do zbioru K – wymaga to komentarza Autora rozprawy.

Rozdział 6 (str. 31 – *Badania eksperymentalne*) to weryfikacja zaproponowanego w rozprawie podejścia na danych rzeczywistych. Podrozdział 6.1 to charakterystyka oprogramowania stworzonego na potrzeby realizowanych w rozprawie badań. Doktorant przedstawił jego strukturę wraz z opisem działania poszczególnych modułów. Następnie opisał parametry przyjęte do szacowania kosztów procesu transportowego. W pkt 6.3 Pan mgr inż. Jakub Starczewski wyznaczył lokalizację punktu przeładunkowego dla ścisłego centrum Krakowa, natomiast podrozdział 6.4 to oszacowanie poziomów prawdopodobieństwa pojawienia się zlecenia w zależności od rodzaju klienta. Podrozdział 6.5 to eksperyment symulacyjny procesu obsługi odbiorców rowerami towarowymi na danych rzeczywistych. Doktorant przeprowadził eksperyment pełno-czynnikowy, dzięki któremu możliwe było przebadanie wszystkich możliwych kombinacji prawdopodobieństwa dla ustalonych przedziałów. Doktorant przeprowadził badania w zakresie analizy regresji liniowej.

Ze względu na złożoność zagadnienia oraz obszerność materiału empirycznego niektóre fragmenty wymagają dyskusji. Tym bardziej, że na początku rozdziału Doktorant pisze, że (str.111) „Na rynku oprogramowania inżynierskiego istnieje kilka licencjonowanych pozycji dających możliwość symulacji ruchu pojazdów. Jednakże w większej części przypadków badacz nie jest w stanie dostatecznie wniknąć w zastosowane algorytmy.....”, a następnie w kolejnych punktach w wielu miejscach brak bardziej szczegółowych wywodów co do wprowadzanych danych. Na przykład na str. 116 pod tabelą 11, Autor pisze, że”.... Masa jednej sztuki przesyłki (jednej partii ładunku) została określona jako zmienna losowa o rozkładzie normalnym takim, że: $N(\mu, \sigma)$, gdzie: $\mu=0,03$; $\sigma=0,0075$.” - brak wyjaśnienia na jakiej podstawie określono te parametry i w jaki sposób stwierdzono, że jest to rozkład normalny? Dla wyznaczenia z podanego zbioru najlepszej lokalizacji punktu przeładunkowego systemu dystrybucji ładunków rowerami towarowymi w Krakowie, Doktorant wykorzystał proces marszrutyzacji pojazdów. Natomiast na str. 121 wskazuje, że „....Uwzględniając wygenerowany popyt na

przewozy, zgłaszany przez odbiorców, występujących w rzeczywistych warunkach, stworzono sieć transportową obejmująca odbiorców i nadawców....”. Komentarza Autora rozprawy wymaga sposób ustalenia popytu - gdzie podano wielkość zapotrzebowania i w jaki sposób wygenerowano popyt? Tym bardziej, iż na str.122 jest zapis, że „...Dla każdego wariantu proponowanej lokalizacji przeprowadzono 100 cykli obliczeniowych składających się z: generacji popytu w formie zamówień pochodzących od grupy klientów, z przyjętym prawdopodobieństwem pojawienia się zamówienia równym 0,5...” Proszę Autora o komentarz - jak taką macierz popytu się generuje - ile jest tych zleceń? Komentarza wymaga również stwierdzenie na tej samej stronie, że „...otrzymane wyniki symulacji mogą zostać uznane za statystycznie istotne z prawdopodobieństwem równym 0,95...” Wydaje się, że jest to nadmiarowość interpretacyjna, przecież wielkość odpowiednia (oceniając tylko na jej podstawie) nie gwarantuje, że to jest wynik istotny czy nie?

Wyniki z przeprowadzonego eksperymentu symulacyjnego procesu obsługi klientów, Autor rozprawy szczegółowo opisał i przedstawił również graficznie, co bardzo ułatwia śledzenie prowadzonych wywodów. Szerszego komentarza wymagają jedynie wyniki przedstawione na rysunku 31 „Wyniki pełnoczynnikowego eksperymentu dla czterech typów klientów” – w jaki sposób prawdopodobieństwa pojawienia się zleceń zostały wykorzystane do wyznaczenia kosztów K_e . Druga kwestia to wywód na str. 130. Autor pisze, że „...dokonano analizy regresji wielorakiej dla modelu liniowego...”, po czym przedstawia hipotezy zapisane wzorami (48)-(51) – przy czym funkcje (50) – (51) nie są liniowe – proszę o komentarz.

Rozdział 7 (str.4 – *Podsumowanie i wnioski*) to wnioski z przeprowadzonych w rozprawie rozważań. Autor rozprawy podzielił je na dwie grupy tematyczne tj.: spełnienie założonych celów oraz kierunki dalszych badań. Pan mgr inż. Jakub Starczewski w pierwszej części wskazał na elementy potwierdzające realizację celu i celów częściowych rozprawy oraz udowodnienie hipotezy badawczej. Druga część to opis kierunków dalszych badań.

Podsumowując uważam, że układ całości rozprawy jest logiczny i czytelny, a ogólna jej forma, zakres oraz podział treści na rozdziały ujmują wszystkie istotne elementy tematu rozprawy. Całość rozprawy została podzielona na dwie części: część teoretyczną i część badawczo-eksperymentalną.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Analiza treści całości rozprawy wskazuje, że Autor pracy podjął się trudnego zadania, zdefiniowanego w celu rozprawy tj. opracowania narzędzia w postaci modelu symulacyjnego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, służącego do poprawy efektywności procesów obsługi transportowej. W tym kontekście, uważam, że najważniejszą częścią rozprawy są rozdziały 4-6, w których Autor przedstawił szczegółowo metodykę i poddał weryfikacji zaproponowane podejście. Uważam, że postawiony przez Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego cel rozprawy jest ważny zarówno z naukowego jak i użytecznego punktu widzenia.



Na uwagę zasługuje przeprowadzona ocena efektywności wykorzystania rowerów towarowych do dystrybucji ładunków w mieście. Nie ulega wątpliwości, iż przedstawiona do recenzji praca jako rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego jest oryginalnym, autorskim ujęciem propozycji narzędzia symulacyjnego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, służącego do poprawy efektywności procesów obsługi transportowej. Na podkreślenie zasługuje analiza szerokiego spectrum zagadnień w obszarze: uzasadnienia kryterium oceny efektywności systemu dostaw ładunków w ujęciu zrównoważonego rozwoju transportu analizy popytu na przewozy ładunków i sposobu jego zapisu w warunkach niepewności, marszrutyzacji tras przejazdu rowerów towarowych oraz wyboru lokalizacji punktów przeładunkowych.

Przytoczone fakty wskazują, że Doktorant zrealizował cel rozprawy i udowodnił tezę. Za główne osiągnięcie Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego uważam:

1. Opracowanie metody dystrybucji ładunków w mieście z wykorzystaniem rowerów towarowych.
2. Opracowanie modelu symulacyjnego jako narzędzia do badania efektywności dystrybucji ładunków w mieście z wykorzystaniem rowerów towarowych.
3. Przeprowadzenie analizy metod dot.: szacowania poziomów kosztów operacyjnych transportu, trasowania pojazdów oraz wyznaczania lokalizacji punktu przeładunkowego, które Autor zastosował w opracowanym modelu symulacyjnym.
4. Przeprowadzenie badań eksperymentalnych na danych rzeczywistych (dla wydzielonego obszaru Krakowa) z wykorzystaniem opracowanego, w ramach rozprawy, narzędzia symulacyjnego.

Stwierdzam, iż podjęta problematyka dotycząca opracowania modelu jako narzędzia symulacyjnego systemu dystrybucji ładunków wykorzystującego rowery towarowe, służącego do poprawy efektywności procesów obsługi transportowej, jest niezwykle złożona i wieloaspektowa. Sposób rozwiązania postawionego problemu badawczego świadczy o dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktoranta, dojrzałości naukowej i umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Omawiane zagadnienia zostały przedstawione w sposób obiektywny, poruszając nie tylko aspekt logistyki rowerowej, lecz także logistyki miejskiej w ogóle oraz specyfiki dystrybucji towarów, które bezpośrednio wiążą się ze sobą. Na podkreślenie zasługuje również przedstawiona charakterystyka dostaw ładunków w miastach, popartą licznymi badaniami i rzeczywistymi przykładami udokumentowanymi na fotografiach, zgromadzonych przez Autora rozprawy.

Podsumowując uważam, że omówiona konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy, w tym przyjęta metodyka badań są właściwe dla tego rodzaju prac. Doktorant wykazał się



ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod eksperymentalnych stosowanych w dyscyplinie *inżynieria lądowa i transport*.

4. Pytania szczegółowe i uwagi krytyczne

Analiza tekstu rozprawy rodzi kilka pytań szczegółowych, które nasunęły się w trakcie czytania. Odpowiedzi na poniższe pytania oczekuję podczas publicznej obrony:

1. W rozprawie stosuje Pan różne algorytmy wyznaczające trasy jazdy rowerów towarowych – brak jest czytelnego wskazania parametrów wejściowych przy których zaimplementowano te algorytmy. Proszę podać jakie parametry przyjęte i w jaki sposób je ustalono?
2. Autor rozprawy na podstawie wzoru (44), wyznacza minimalną liczbę obserwacji celem sprawdzenia, czy otrzymane wyniki posiadają uzasadnienie statystyczne. Obliczenie minimalnej wielkości próby badawczej zależy od wielu czynników np. znajomości lub braku wiedzy o odchyleniu standardowym populacji, itp. W zależności od posiadanych danych wejściowych wzór na minimalną wielkość próby może przybierać różną postać. Brak szerszego uzasadnienia co do wyboru zastosowanego przez Autora rozprawy wzoru nasuwa pytanie - czy parametry przyjętego rozkładu dotyczą całej populacji czy próby badawczej? Dlaczego akurat ten wzór, czym to zostało podyktowane?
3. W rozdziale 6.3. Wyznaczenie lokalizacji punktu przeładunkowego – studium przypadku wybrano 6 potencjalnych lokalizacji punktów przeładunkowych i dla każdej z lokalizacji wyznaczono wskaźnik oceny efektywności. Rozwiązaniem końcowym jest wybór jednej lokalizacji z 6 możliwych. Czy za pomocą opracowanej metody można wskazać więcej niż jedną lokalizację? Kombinacja różnych lokalizacji potencjalnie mogłaby wygenerować rozwiązanie lepsze niż w przypadku lokalizacji pojedynczej, co należałoby sprawdzić.
4. Ponieważ rozdział 6.4 to jak tytuł wskazuje „*Identyfikacja wielkości popytu na przewozy oraz wyznaczenie wartości wskaźnika oceny efektywności*”. Czy mógłby Pan wskazać w jaki sposób została wyznaczona macierz popytu dla odbiorców? Jak odbywa się proces generowania popytu na przewozy w modelu? Jaka jest wartość wskaźnika oceny efektywności?
5. Na str.128 pisze Pan, że „*Dla każdej serii zostały przeprowadzone trzy symulacje wyznaczenia trasy przejazdu przy pomocy odrębnych metod: Clarke’a – Wrighta, symulowanego wyłazania oraz algorytmów genetycznych*” – jakie przyjął Pan parametry dla tych algorytmów oraz jaką wielkość populacji?

W pracy dostrzeżono niedociągnięcia, które nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy, stanowią jedynie pewne niedociągnięcia edytorskie czy upraszczające. Wśród nich należy wymienić m.in.:



- 1) Brak wykazu skrótów i oznaczeń, co bardzo utrudnia odczytanie znaczenia niektórych parametrów. Zapis występuje wcześniej – wyjaśnienie kilka stron dalej.
- 2) Używanie tego samego indeksu do wielu oznaczeń.
- 3) Nadmiarowość interpretacyjna niektórych pojęć np. system, statystycznie istotne, twór itp.
- 4) Błędy edytorskie i stylistyczne w budowie zdań, np. str.18 „...charakteryzuje się następującymi cechami: a) *niejednorodność oraz złożoność*, b) *różnorodność powiązań* ...”
- 5) Autor rozprawy ma tendencję do pozostawiania pustych miejsc na stronach (w tego samego podrozdziału), w przypadku dalszego ciągu tekstu na kolejnej stronie (np. str. 22, 37, 50, 63, 81, 98, 102, 115).

5. Konkluzja

Uważam, że zawarte w recenzji uwagi krytyczne i zastrzeżenia absolutnie nie zmniejszają merytorycznej wartości naukowej i aplikacyjnej recenzowanej pracy. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie przez Autora zagadnienia naukowego, sformułowanego w tezie badawczej oraz opisanej przeze mnie w charakterystyce rozprawy.

Praca mieści się w obszarze badań właściwym dla dyscypliny naukowej *Inżynieria lądowa i transport*.

Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego pt. „*Kształtowanie systemu dystrybucji ładunków z wykorzystaniem rowerów towarowych wewnątrz aglomeracji miejskiej*”, spełnia wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003r. „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. 2003 Nr 65 poz.595, z późn. zm.) i Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020r. poz. 85 z późn. zm.) oraz **mieści się w dyscyplinie naukowej *Inżynieria lądowa i transport*.**

Wnoszę o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba Starczewskiego na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej oraz dalsze procedowanie postępowania w celu nadania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria lądowa i transport.

Marianna Jacyna

