

Katowice, 3 maja 2025 r.

dr hab. inż. Łukasz KONIECZNY, prof. PŚ

Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej

Politechnika Śląska

ul. Krasińskiego 8

40-019 Katowice

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Rykały

pt. „BADANIE EMISJI CO₂ POJAZDU OSOBOWEGO NA WYBRANYM
PRZYKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM METOD MATEMATYCZNYCH”

1. Informacje ogólne

Praca doktorska mgr inż. Magdaleny Rykały została wykonana pod kierunkiem promotora płk dr hab. inż. Anny Boruckiej, prof. WAT oraz promotora pomocniczego ppłk dr inż. Małgorzaty Grzelak. Przedstawiona do recenzji praca zawiera 168 stron, ze spisem treści, streszczeniem w języku polskim i angielskim, 6 głównymi rozdziałami, oraz spisem literatury zawierającym 130 pozycji.

Poświęcona jest ważnemu z praktycznego i poznawczego punktu widzenia problemowi emisji CO₂ w transporcie drogowym, w ujęciu wsparcia kierowców samochodów osobowych w zakresie eco-drivingu. Doktorantka na wstępie (rozdział 1) dokonała kompleksowej i wnikliwej analizy dotyczącej emisji CO₂ oraz wpływ tej emisji na środowisko w aspektach prawnych obowiązujących w UE. Do oceny wartości emisji CO₂ w czasie rzeczywistym doktorantka wykorzystała interfejs diagnostyczny OBD2 z którego pozyskała szczegółowe informacje dotyczących parametrów pracy silnika pojazdu osobowego. Wykorzystała metody matematyczne regresji wieloczynnikowej oraz regresyjnych drzew decyzyjnych do realizacji głównego celu rozprawy, którym było **opracowanie modelu oceny kształtowania poziomu emisji CO₂ na podstawie informacji pozyskanych z interfejsów diagnostycznych.**

Zaproponowane rozwiązanie ma uniwersalny charakter i jest możliwe do wykorzystania w innych typach pojazdów. Wyniki badań prezentowanych w rozprawie przedstawiają znaczny potencjał do ich dalszego rozwoju.

Temat recenzowanej rozprawy doktorskiej jest z pewnością aktualny i odpowiadający na zapotrzebowanie w dziedzinie transportu, a w szczególności polityce UE w zakresie zrównoważonego rozwoju.

2. Analiza treści rozprawy doktorskiej

Praca została napisana starannie, z wykorzystaniem języka poprawnego technicznie. Strona edytorska rozprawy jest zadowalająca, widoczna jest duża dbałość o szczegóły i detale graficzne. Prawdłowo podzielono treści w pracy na poszczególne rozdziały i podrozdziały. Zastosowany czytelny układ podziału pracy na rozdziały stanowi logiczną całość. Stosowana terminologia naukowa i techniczna nie budzi zastrzeżeń.

Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy dokumentujące dorobek pracy doktorskiej i samodzielność w realizacji poszczególnych badań i obliczeń wykonanych przez autorkę rozprawy. Składają się na to poszczególne elementy rozprawy doktorskiej: wykonanie przeglądu i analizy stanu wiedzy w oparciu o artykuły i literaturę dotyczącą podjętego zagadnienia, sformułowane cele i teza naukowa rozprawy, przeprowadzenie badań oraz opracowanie modeli matematycznych do opisu analizowanego zjawiska.

Rozdział 1 wprowadza czytelnika w ogólne rozważania w zakresie emisji CO₂, oraz zawiera skrótowy opis zawartości poszczególnych rozdziałów.

Rozdział 2 obejmuje przegląd literaturowy dotyczący tematyki emisji CO₂, w tym klasyfikacji gazów cieplarnianych oraz ich roli w występujących zmianach klimatu. Szczegółowo przeanalizowano spełnienie norm emisji przez Polskę na tle pozostałych państw UE. Wyodrębniono trzy kluczowe czynniki wpływające na emisję CO₂: styl jazdy (zwłaszcza dynamikę jazdy), zużycie paliwa oraz możliwości zastosowania diagnostycznych systemów pokładowych (OBD). Wykazano, że kierowca może znacząco przyczyniać się do redukcji emisji CO₂ pochodzącej z pojazdów samochodowych.

Rozdział 3 definiuje cel i założenia badawcze pracy. Na podstawie analizy z rozdziału 2 wybrano zmienne wejściowe (m.in. prędkość pojazdu, prędkość obrotową silnika, względne obciążenie silnika, moment obrotowy, moc silnika, względne położenie przepustnicy) oraz zmienną wyjściową (emisja CO₂). Wykonano badania eksperymentalne polegające na serii przejazdów samochodem spalinowym. Eksperyment obejmował rejestrację wyszczególnionych parametrów z wykorzystaniem interfejsu OBD2.

Rozdział 4 opisuje przyjętą metodykę badań. Opisano wejścia i wyjścia z modelu z podkreśleniem występujących w nich zjawisk fizycznych oraz zależności matematycznych. Dodatkowo przedstawiono algorytm prowadzonych badań z opisem stosowanych metod badawczych oraz wyszczególnionych technik modelowania, tj. regresji wieloczynnikowej oraz regresyjnych drzew decyzyjnych.

Rozdział 5 prezentuje wyniki utworzonych modeli emisji CO₂. W wyniku wstępnej analizy danych za pomocą metody k-średnich wyodrębniono trzy charakterystyczne tryby jazdy (ruszanie, ruch miejski, pozamiejski). Dla każdego trybu zbudowano modele

regresji wieloczynnikowej, wykazując najwyższą emisję CO₂ podczas ruszania i poruszania się z niewielkimi prędkościami, a najniższą w ruchu pozamiejskim. W celu badania wpływu omawianych czynników na emisję CO₂ zastosowano modele drzew decyzyjnych z wykorzystaniem algorytmu CART, modelu lasu losowego oraz drzew wzmacnianych. Dokonano również analizy ważności predyktorów umożliwiającego ocenę wpływu poszczególnych zmiennych objaśniających na badane zjawisko. Największy wpływ na emisję CO₂ w trybie ruszania oraz w trybie miejskim ma prędkość pojazdu oraz względne obciążenie silnika. W przypadku trybu ruszania najmniejszy wpływ na emisję CO₂ ma względne obciążenie przepustnicy dla modelu drzewa CART. Rozdział 6 podsumowuje wyniki przeprowadzonych badań oraz przedstawia sformułowane wnioski końcowe.

3. Merytoryczna ocena pracy

Rozprawa posiada odpowiedni poziom naukowy i merytoryczny. Zawartość rozprawy potwierdza zasób wiedzy praktycznej i teoretycznej doktorantki oraz rzetelność w analizie zagadnienia. Wykorzystany warsztat naukowy i inżynierski w rozprawie dowodzi dojrzałości naukowej doktorantki i umiejętności jej wykorzystania podczas realizacji rozprawy doktorskiej.

Doktorantka w swojej pracy zajęła się ważnym i aktualnym zagadnieniem. Rozwiązaniem postawionego w pracy problemu badawczego była odpowiedź na pytanie, w jaki sposób na poziomie pojedynczego użytkownika można wpływać na emisję dwutlenku węgla z pojazdów osobowych. Przeprowadzone badania wykazały, iż możliwe jest opracowanie modelu oceny kształtowania poziomu emisji CO₂ na podstawie informacji pozyskanych z interfejsów diagnostycznych oraz wykorzystanie otrzymanych wyników do zmniejszenia emisji CO₂ poprzez kształtowanie stylu jazdy kierowców. Analiza danych z interfejsów diagnostycznych pozwoliła na identyfikację i pozyskanie kluczowych parametrów wpływających na emisję CO₂, a przeprowadzone w rozprawie badania wykazały, które z nich są najważniejsze w podejmowaniu bardziej ekologicznych decyzji. Zaprezentowane badania stanowią istotny krok w kierunku redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorze transportu drogowego poprzez zwiększenie świadomości ekologicznej użytkownika.

Na podstawie opracowania zaproponowano konkretne zalecenia dla kierowców i ich stylu jazdy pod kątem wpływu na emisję, co było głównym założeniem rozprawy. Jednak ich zastosowanie może być znacznie szersze. Mogą również stanowić podstawę do implementacji kompleksowych systemów wspomagania jazdy w pojazdach, wspierających kierowców w dostosowaniu stylu jazdy do osiągnięcia bardziej ekologicznych przebiegów.

4. Uwagi szczegółowe

W ramach pracy ograniczono się do przypadku pojedynczego modelu pojazdu co powoduje pewne ograniczenia w interpretacji wyników i możliwości uogólnienia tych wyników na inne przypadki pojazdów. Z pewnością poszerzenie badań o większą ilość pojazdów pozwoliłoby na bardziej kompleksową ocenę wpływu wybranych czynników na emisję CO₂ i bardziej uwiarygodniło statystycznie prezentowany wynik. Jednakże zastosowanie jednego pojazdu pozwoliło na opracowanie prawidłowego modelu emisji CO₂ w oparciu o dane eksploatacyjne zebrane w warunkach rzeczywistych.

Po przeanalizowaniu całej rozprawy doktorskiej pojawiło się kilka pytań i uwag ogólnych, na które autorka powinna odpowiedzieć najpóźniej na publicznej obronie:

1. W przedstawionym rysunku nr 38 Wykres emisji CO₂ w zależności od prędkości obrotowej pierwsza zmienna odpowiada prędkości obrotowej około 400 obr/min. Czy ta prędkość obrotowa silnika jest prawidłowa?
2. Jaka była częstotliwość pobierania informacji ze złącza OBD2 i jak dokładnie wyglądała procedura pobierania danych z interfejsu OBD2
3. W opisie wzoru 45 podano ε - składnik losowy podczas gdy we wzorze nie występuje?
4. Jaki jest cel zastosowania szarego tła w wybranych wierszach tabel 45 i 46?
5. W opisie osi na rys. 65 podano „Średni względny błąd (MAPE) natomiast w podpisie pod rysunkiem jest opis Średni bezwzględny błąd procentowy?
6. Dlaczego nie podano jednostek SI (np. wzory 1-11)?

5. Podsumowanie i konkluzja

Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dojrzałości naukowej doktorantki i wskazują na umiejętność podejmowania i wykonywania prac naukowych dla złożonych zagadnień w zakresie doboru metod matematycznych do opisu badanych zjawisk.

Przedstawione w rozprawie wyniki są oryginalnym dorobkiem naukowym doktorantki, a rezultaty pracy mogą być wykorzystane w praktyce. Doktorantka udokumentowała, że potrafi poprawnie dobierać i rozwijać warsztat badawczy, właściwie interpretuje wyniki wykonanych badań eksperymentalnych i potrafi je zamodelować z wykorzystaniem metod matematycznych.

Uwagi i pytania wskazane w uwagach nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, a przewaga wartości poznawczych i naukowych pozwala na pozytywną ocenę przedstawionej rozprawy. Stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania formalne oraz kryteria merytoryczne stawiane rozprawom doktorskim oraz kandydatom do otrzymania stopnia doktora, a Pani mgr inż. Magdalena Rykała w pełni zasługuje na stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Uwzględniając pozytywną ocenę pracy i osiągnięte oryginalne rezultaty naukowe stwierdzam, że rozprawa doktorska pt.: „*BADANIE EMISJI CO₂ POJAZDU OSOBOWEGO NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM METOD MATEMATYCZNYCH*” Pani mgr inż. Magdaleny Rykały (promotor: płk dr hab. inż. Anna Borucka, prof. WAT; promotor pomocniczy: ppłk dr inż. Małgorzata Grzelak) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zawartym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z. 2023 r., poz. 742 z późn. zm.)

W związku z powyższym rekomenduję rozprawę do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

