

Badanie emisji CO₂ pojazdu osobowego na wybranym przykładzie z zastosowaniem metod matematycznych

Autor: mgr inż. Magdalena Rykała

Promotor: płk dr hab. inż. Anna Borucka, prof. WAT

Promotor pomocniczy: ppłk dr inż. Małgorzata Grzelak

Emisja gazów cieplarnianych, do których należy m.in. dwutlenek węgla (CO₂) dotyczy wielu obszarów gospodarki, a w szczególności sektora transportu. Dekarbonizacja transportu, oprócz zmian systemowych, wymaga także działań ukierunkowanych na pojedynczych użytkowników. Kształtowanie zachowania kierowców na drodze może mieć znaczny wpływ na emisję gazów cieplarnianych. Skuteczność indywidualnych strategii dążących do ograniczania emisji CO₂ w transporcie zależy od dostępności narzędzi, które wspomagają kierowców w zakresie ekologicznej jazdy i wskazuje na potrzebę ich tworzenia. Dlatego za cel naukowy pracy przyjęto opracowanie modelu oceny kształtowania poziomu emisji CO₂ na przykładzie wybranego pojazdu osobowego na poziomie pojedynczego uczestnika ruchu drogowego.

W ramach wprowadzenia do zagadnienia przedstawiono problematykę związaną z emisją CO₂, wyjaśniono jej wpływ na środowisko naturalne, podkreślając obecne cele polityki klimatycznej kształtowanej przez UE. Wytypowano także trzy główne obszary dotyczące badań w zakresie emisji CO₂ w kontekście pojazdów samochodowych z silnikami spalinowymi: styl jazdy kierowców, zużycie paliwa oraz możliwości wykorzystania danych z systemów diagnostycznych. Następnie opracowano i opisano metodykę badań. Sformułowano cel główny rozprawy oraz cele szczegółowe, główny problem badawczy oraz problemy cząstkowe, a także postawiono tezę badawczą. Następnie wybrano kluczowe zmienne do badania oraz zaproponowano i scharakteryzowano wykorzystywane w rozprawie metody badawcze, opracowując algorytm planowanych działań. Próbką badawczą stanowiły zebrane w toku badań eksperymentalnych obserwacje zawierające zapisy serii przejazdów testowych pojazdem osobowym wyposażonym w silnik spalinowy zasilany benzyną, pozyskane za pomocą interfejsu diagnostycznego OBD. Do badania wyodrębniono trzy podzbiory związane z pracą silnika: podczas ruszania pojazdu i jazdy z małymi prędkościami (tryb ruszania pojazdu), w trybie jazdy miejskiej oraz w trybie jazdy pozamiejskiej. Dla analizowanych podzbiorów skonstruowano modele regresji wieloczynnikowej oraz modele drzew decyzyjnych, wykorzystując algorytm CART, model lasu losowego oraz drzewa wzmacniane w celu analizy wpływu wytypowanych czynników na emisję CO₂. Otrzymane modele poddano szczegółowej ocenie i wzajemnemu porównaniu, uwzględniając ich skuteczność predykcyjną oraz interpretowalność wyników. Przeprowadzona analiza pozwoliła na identyfikację zmiennych o najsilniejszym wpływie na emisję CO₂ oraz sformułowanie końcowych wniosków dotyczących kluczowych czynników determinujących poziom emisji. Wyniki badania dostarczają istotnych informacji umożliwiających optymalizację strategii redukcji emisji z punktu widzenia pojedynczego użytkownika oraz wskazują na najbardziej efektywne kierunki działań w zakresie polityki środowiskowej i technologicznych rozwiązań ograniczających emisję gazów cieplarnianych.

Słowa kluczowe: emisja CO₂ z pojazdu osobowego, modelowanie matematyczne, drzewa decyzyjne, regresja wieloczynnikowa

A study of the CO₂ emissions of a passenger vehicle on a selected example using mathematical methods

Author: mgr inż. Magdalena Rykała

Supervisor: płk dr hab. inż. Anna Borucka, prof. WAT

Auxiliary Supervisor: ppłk dr inż. Małgorzata Grzelak

Emissions of greenhouse gases, which include carbon dioxide (CO₂), affect many areas of the economy, especially the transportation sector. The decarbonization of transportation, in addition to systemic changes, also requires measures aimed at individual users. Shaping driver behavior on the road can have a significant impact on greenhouse gas emissions. The effectiveness of individual strategies seeking to reduce CO₂ emissions in transportation depends on the availability of tools that assist drivers in green driving, and points to the need to create them. Therefore, the development of a model for evaluating the formation of CO₂ emissions on the example of a selected passenger vehicle at the level of the individual road participant was adopted as the scientific goal of the study.

As part of the introduction to the issue, the problem of CO₂ emissions is presented, its impact on the environment is explained, highlighting the current climate policy goals shaped by the EU. Three main areas for research on CO₂ emissions in the context of internal combustion engine vehicles were also identified: drivers' driving style, fuel consumption and the possibility of using data from diagnostic systems. The research methodology was then developed and described. The main objective of the dissertation was formulated, as well as specific objectives, the main research problem and sub-problems, and the research thesis was set. Then the key variables for the study were selected, and the research methods used in the dissertation were proposed and characterized, developing an algorithm for the planned activities. The research sample consisted of observations collected in the course of the experimental research, which included records of a series of test runs on a passenger vehicle equipped with a gasoline-powered internal combustion engine, acquired using the OBD diagnostic interface. Three subsets related to engine operation were extracted for the study: during vehicle start-up and low-speed driving (vehicle start-up mode), in urban driving mode and during driving in non-urban mode. Multivariate regression models and decision tree models were constructed for the subsets analyzed, using the CART algorithm, the random forest model and boosted trees to analyze the effects of the selected factors on CO₂ emissions. The obtained models were subjected to detailed evaluation and peer comparison, taking into account their predictive effectiveness and interpretability of the results. The analysis made it possible to identify the variables with the strongest impact on CO₂ emissions and to formulate final conclusions on the key factors determining the level of emissions. The results of the study provide important information for optimizing emission reduction strategies from the point of view of a single user, and indicate the most effective courses of action in environmental policy and technological solutions for reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: CO₂ emissions of a passenger vehicle, mathematical modeling, decision trees, multivariate regression