

지도학습을 활용한 (초)대형차의 CO₂ 배출량 예측에 적합한 독립 변수 연구

문 석 호¹⁾ · 박 수 한²⁾

건국대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 건국대학교 기계항공공학부²⁾

Study on Independent Variable Appropriate for Predicting CO₂ Emissions of (Ultra)Heavy-Duty Vehicle using Supervised Learning

Seokho Moon¹⁾ · Suhan Park²⁾

Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Konkuk University¹⁾,
School of Mechanical and Aerospace Engineering, Konkuk University²⁾

Key words : (ultra)Heavy-Duty Vehicle((초)대형차), Carbon Dioxide(이산화탄소), Real Driving Emissions(실제로 배출가스), 지도 학습(Supervised Learning), 변수 중요도(Feature Importance), 그래디언트 부스팅(Gradient Boosting), CNN(Convolutional Neural Network), LSTM(Long Short Term Memory)

* 교신저자, E-mail: suhanpark@konkuk.ac.kr

계적으로 수송 분야는 대기 중 온실가스 배출량의 대부분을 차지하고 있다. 국제 에너지 기구 (IEA, International Energy Agency)의 보고에 따르면, 2019년 전체 온실가스 배출량의 약 24%가 수송 분야에서 발생했다고 보고하였다. 이 중 도로 수송 부문이 가장 많은 온실가스를 배출(약 75%)하였으며, 이 중 대형차(트럭, 버스 등)는 다른 수송 수단에 비해 더 많은 온실가스를 배출하고 있어, 수송 분야에서 대형차의 온실가스 배출량 감축은 매우 중요한 과제 중 하나이다. 2023년 EU 위원회는 중대형 상용차의 CO₂ 배출량 규제 강화안을 제시하며 강화 대상 중 하나로 인증 시험 배출량과 실제 운행 배출량 차이 최소화화를 언급하였다. 강화된 차량의 규제와 인증 절차를 만족하기 위해 요구되는 실도로 배출량 시험 횟수는 증가할 것이며 이는 인력 및 비용 측면에서 부담이 커질 것으로 예상된다.

최근 시험을 최소화하는 방안으로 시뮬레이션 모델링을 통한 배출량 예측에 관심이 집중되고 있다. 이에 본 연구에서는 인공지능을 활용한 중대형 상용차의 실도로 CO₂ 배출량 예측을 위해 필요한 학습 변수로서의 실제 주행 특성에 대한 연구를 진행하였다.

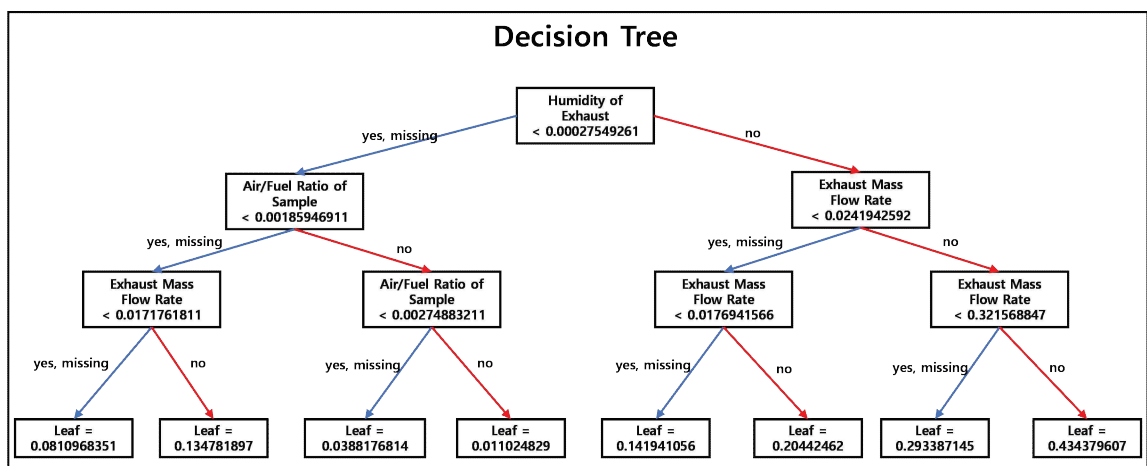


Figure 1. Diagram of CO₂ Prediction Process

본 연구는 3.5톤급 대형차와 25톤급 초대형차에 PEMS(Portable Emission Measurement System)를 탑재하여 실도로 주행 시험 데이터를 취득하고, Python 오픈 소스 모델에 적용하여 CO₂ 예측 배출량과 변수 중요도 (Feature Importance)¹⁾를 취득하였다. 적용 모델은 경사 하강법(Gradient Descent)에 기반한 Gradient Boosting 기법²⁻⁴⁾의 XGboost 지도 학습 모델을 활용하였다. Gradient Boosting 기법은 의사결정나무(Decision Tree) 방법을 통해 각 학습 변수의 중요도를 판단하여 분류시킨 후, 중요도에 따라 가중치를 부여하여 예측하는 기법이다. 따라서 관계성이 낮은 변수가 입력되더라도 자체적으로 변수의 중요도에 따라 분류시켜 정확성이 높은 예측값을 출력한다. 이러한 특징을 활용하여 실도로 주행 데이터의 모든 주행 특성을 학습 변수로 입력하여 CO₂ 배출량 예측 과정에서 주행 특성의 중요도 분석을 진행한 결과 비슷한 출력 범위의 대형, 초대형 자동차에 대해 배기 습도, 배기 유량, 공연비와 같은 세 가지 변수만으로 높은 정확도의 CO₂ 배출량을 예측할 수 있었다. 또한 다른 지도학습 결합 모델(CNN-LSTM)에서 해당 주요 변수의 적용 시의 정확성을 검증하였다.

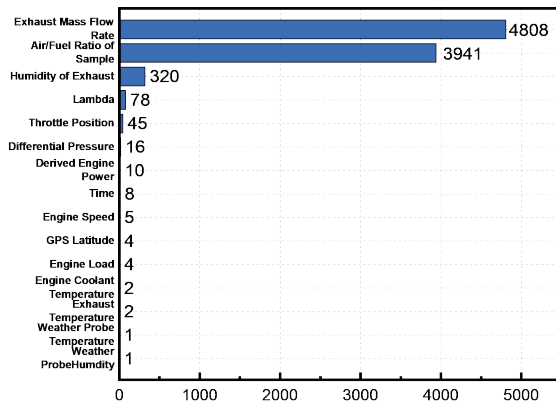


Figure 2. Key factors for CO₂ prediction

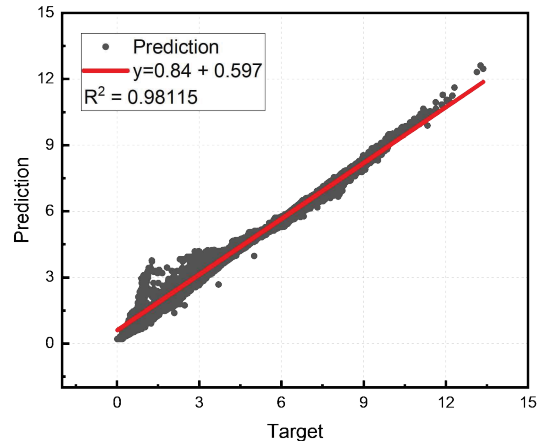


Figure 3. Validation of CO₂ prediction using three independent variables in HDV's with similar rated power

References

- 1) A. I. Adler and A. Painsky, "Feature Importance in Gradient Boosting Trees with Cross-Validation Feature Selection", *Entropy*, 24, 687, 2022.
- 2) H. T. Wen, J. H. Lu and D. S. Jhang, "Feature Importance Analysis of Diesel Vehicles' NO_x and CO₂ Emission Predictions in Real Road Driving Based on Gradient Boosting Regression Model", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 13044, 2021.
- 3) G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye and T. Y. Liu, "Light GBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree", In *Advances in Neural Information Processing Systems* 30, Neural Information Processing Systems Foundations, 2017.
- 4) Y. Zhang and A. Haghani, "A gradient boosting method to improve travel time prediction", *Transportation Research Part C*, 58, pp.308-324, 2015.

Acknowledgement

이 논문은 한국연구재단 중견연구자지원사업(2019R1A2C1089494)과 중견연구후속지원사업(RS-2023-00208502)의 지원으로 수행되었습니다.