

딥러닝을 이용한 Soot/NOx coupling mechanism의 1, 2차 미세먼지 배출량 예측 모델 개발

신 철 수¹⁾ · 정 윤 재²⁾ · 서 현 규^{*3)}

국립공주대학교 기계공학과 대학원¹⁾, 국립공주대학교 친환경지속가능에너지연구소²⁾, 국립공주대학교 기계자동차공학부^{*3)}

Development of a Primary, Secondary Particulate Matter Emission Prediction Model using the Soot/NOx Coupling Mechanism with Deep Learning

Cheolsu Shin¹⁾ · Yoonjae Chung²⁾ · Hyun Kyu Suh^{*3)}

Graduate School of Mechanical Engineering, Kongju National University¹⁾,

Eco-sustainable Energy Research Institute of Kongju National University²⁾,

Division of Mechanical & Automotive Engineering, Eco-Sustainable Energy Research Institute, Kongju National University^{*3)}

Key words : Particulate matter (미세먼지), LSTM(Long short-term memory, 장단기 메모리), Machine learning(기계 학습), Exhaust Emissions(배기배출물), Learning Rate(학습률), Epoch(학습 횟수)

* 교신저자 서현규, E-mail: hksuh@kongju.ac.kr

본 연구는 선행 연구된 Soot/NOx coupling reduction mechanism을 기반으로 연소 화학반응 기반 데이터의 시계열적, 비선형적 특성을 예측하는데 이점을 가지는 LSTM(Long short-term memory) 학습모델을 적용하여 미세먼지 발생량을 예측하기 위해 수행되었다.

실험 결과와 비교를 통해 신뢰성이 검증된 화학반응 축소 메커니즘을 적용하여 3D 연소해석을 기반으로 머신러닝 데이터 학습을 수행하였다. 머신러닝 학습 과정에서 해석 변수인 초기 온도(T_{init}), 배기 가스 재순환율(Exhaust gas recirculation rate, EGR rate), 노즐 분사 압력(P_{inj})을 입력 인자로 적용하였으며, 실린더 내의 온도(T_{cyl})와 압력(P_{cyl}), 미세먼지를 구성하는 화학종인 Soot, NOx, VOCs의 배출량을 출력 인자로 적용하였다. 또한, 학습데이터, 학습률 및 학습 횟수의 변경이 데이터를 학습시키는 과정에서 예측성능에 미치는 영향을 평가지표인 R^2 와 RMSE를 통해 NOx와 Soot, VOCs의 예측 결과를 비교하였다.

연구 결과, NOx와 Soot, VOCs 배출량에 대한 예측성능은 학습데이터의 변경에 따라 최대 94%의 예측 정확도를 보였으며, 학습률에 따른 예측성능의 비교에서는 최대 95%, 학습 횟수에 따른 예측성능의 비교에서는 최대 94% 예측 정확도를 보였다. 예측성능을 비교하는 과정에서 학습데이터와 학습 횟수의 변경에 따라 각각 3%, 5%의 성능 차이를 보였지만, 학습률의 변경에 따라서는 최대 14%의 차이를 보이며 학습률이 예측성능에 가장 큰 영향을 주는 인자로 나타났다.

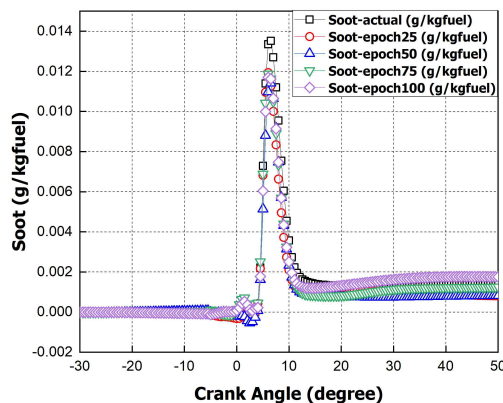


Fig. 1 Prediction results of soot emissions based on epoch variation

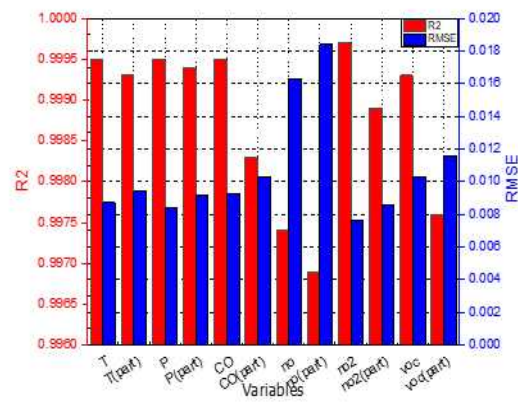


Fig. 2 Evaluation of Prediction Accuracy Using RMSE and R^2

후기 본 연구는 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역대학 우수과학자 지원사업의 연구입니다.(RS-2023-00278009)