

Curve Fitting을 이용한 건설장비 CO₂ 배출량 예측 모델

A Prediction Model of CO₂ Emissions for Construction Equipment Using Curve Fitting

노재윤*
Noh, Jaeyun

김유진*
Kim, Yujin

이지연*
Lee, Jiyeon

이민우**
Lee, Minwoo

한승우***
Han, Seungwoo

Abstract

The severity of the global climate crisis is increasing due to greenhouse gases caused by human activities. As a result, countries and industries are making efforts to reduce carbon dioxide emissions, the biggest cause of global warming. Many studies have been conducted to predict carbon emissions in the construction sector to reduce this, but they have not actually produced a highly usable formula in the field. Therefore, the two variables 'Curve Fitting' were performed based on the data of excavators and trucks measured at the field. As a result, we have obtained a carbon dioxide emission prediction model for construction equipment, and we would like to use it to help establish an eco-friendly process plan.

키워드 : 곡선적합, 건설장비, 이산화탄소 배출량, 굴착기, 덤프트럭

Keywords : curve fitting, construction equipment, CO₂ emissions, excavator, dump truck

1. 연구 배경 및 목적

IEA(International Energy Agency)의 통계에 따르면, 2018년 건물 및 건설 부문은 전 세계 CO₂ 배출량의 약 40%를 담당하고 있다(UNEP and GlobalABC, 2019). 국내의 경우 저탄소 녹색성장 기본법에 따라 온실가스·에너지 목표관리 대상을 정하여 관리하고, 온실가스 배출권거래제를 일부 사업에 적용하는 등의 노력을 하고 있다(한국환경공단, 2020년 04월 27일). 이에 따라 본 연구는 건설산업의 환경 규제를 대비하고, 친환경적인 공정계획을 수립하기 위해 건설장비에서 발생하는 CO₂ 배출량 산정모형을 고안한다. 선행 연구로는, CO₂ 배출량 데이터에 영향력을 주는 요인들을 종합하여 상관관계수가 높은 변수들을 추출하고(고지은 외, 2018), 이후 다중선형 회귀분석을 통한 건설장비의 rpm별 CO₂ 배출량 예측 모델을 도출한 연구(권재민 외, 2018)가 진행되었다. 하지만 기존 연구에서 CO₂ 배출량 예측 모델의 정확도를 높이기 위해서는 변수들의 조합에 변화가 필요하며, 선행 회귀식의 한계점을 극복하기 위해 곡선 형태의 회귀식이 필요함을 시사한다. 따라서 본 연구에서는 현장 작업 규모와 상황에 따라 용이하게 사용할 수 있는 건설장비의 CO₂ 배출량의 예측식을 도출하고자 한다.

2. 연구 수행 방법

본 연구는 아래 그림 1과 같이 데이터의 수집 및 분류와 예측식 도출 과정으로 나누어 진행한다.

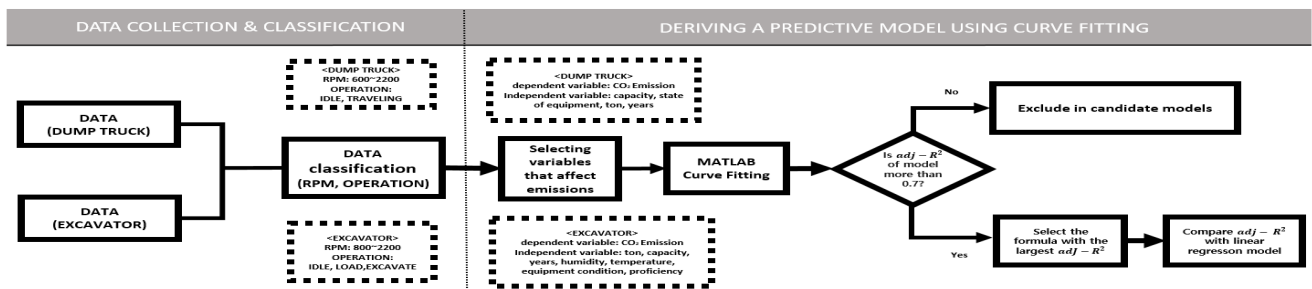


그림 1. 연구 방법

* 인하대학교 건축학부(건축공학과)

** 인하대학교 건축학부(건축공학과) 석사과정

*** 인하대학교 건축학부(건축공학과) 교수, 공학 박사, 교신저자(shan@inha.ac.kr)

독립변수 중 2개의 변수를 조합하여 CO₂ 배출량을 종속변수로 Curve Fitting을 수행하였고, rpm별, 동작별로 예측식을 도출하였다. 본 연구에서는 수정된 결정계수(adj-R²)의 값을 기준으로 결과를 분석하였다. adj-R²은, 자료와 회귀선 간의 적합도를 의미하는 값으로, 모형에 유의미한 변수들을 추가할수록 값은 증가한다. 예측식을 도출할 때, adj-R²이 0.7 미만인 회귀식은 예측식에서 제외하였다(곽기영, 2011). 이후 Curve Fitting을 통해 얻은 예측식과 선형 회귀분석의 adj-R²을 비교하여, 각각의 방법을 통해 도출한 모형이 실제 데이터를 잘 설명하는지 확인하였다.

3. 연구 수행 결과

굴착기의 변수와 CO₂ 배출량 사이의 관계를 rpm별로 분석한 결과는, 무한궤도식 굴착기(Cat으로 표현)의 경우 선형 회귀분석 대비 비선형 회귀분석의 adj-R²의 평균값이 17.5%, 바퀴식 굴착기(Wheel로 표현)의 경우 0.3% 증가하였다. 작업 상태별로 분석했을 때, Cat의 경우 22.2% 증가, Wheel의 경우 11.7% 증가하였다. 트럭의 변수와 CO₂ 배출량 사이의 관계를 rpm별로 분석한 결과는, 선형 회귀분석 대비 비선형 회귀분석의 adj-R²의 평균값이 15.4%, 작업 상태별로 분석했을 때 15% 증가하였다. 따라서 굴착기와 트럭 모두 비선형 회귀분석을 통한 CO₂ 배출량 예측 모델이 측정 데이터와의 적합도가 높은 것으로 판단된다. 다음의 표 1과 표 2는 각각 굴착기와 트럭의 adj-R² 비교를 나타낸다.

표 1. 굴착기의 수정된 결정계수(adj-R²) 비교

Category	Equipment type	A.L*	A.N**	Increase (%)
rpm	Cat	0.6427	0.7786	17.5
	Wheel	0.6130	0.6151	0.3
Operation status	Cat	0.5847	0.7512	22.2
	Wheel	0.4923	0.5574	11.7

표 2. 트럭의 수정된 결정계수(adj-R²) 비교

Category	A.L*	A.N**	Increase (%)
rpm	0.7863	0.9293	15.4
Operation status	0.7315	0.8608	15.0

* Average of adj-R² for linear regression

** Average of adj-R² for non linear regression

4. 결 론

본 연구는 건설장비의 CO₂ 배출량 예측을 위해 Curve Fitting을 사용하여 굴착기와 트럭의 비선형 회귀분석을 진행하였고, 사용자의 편의성을 고려하여 rpm별, 동작별 각각의 CO₂ 배출량 예측식을 도출하였다. 연구 결과, 선형 회귀분석 보다 비선형 회귀분석의 adj-R²이 더 높았고, 이를 통해 회귀식의 정확도가 상승했다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 현장관계자의 사용성을 높이기 위해 변동 빈도가 높은 변수들을 제외하고, 사전에 수집이 가능한 변수를 사용하여 현장의 작업 규모와 상황의 변화에 따라 쉽게 사용할 수 있는 건설장비의 CO₂ 배출량 예측 모델을 도출하였다. 이는 경제적이고 친환경적인 건설공정 계획을 수립하는 것에 도움을 줄 것이다.

향후 건설현장에서 적용하기 위해서는 더 많은 수의 데이터를 확보하고, 다양한 건설장비를 고려하여 시공 전반의 CO₂ 배출량 데이터베이스를 구축하고, 본 연구의 연구방법을 적용한 시뮬레이션으로 CO₂ 배출량 예측 모델을 설계하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

Acknowledgement

본 논문은 한국연구재단의 지원(과제번호: 2018R1A2B6004801)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. UNEP and GlobalABC., 2019 Global Status Report for Building and Construction, 2019
2. 온실가스 감축 정책지원 한국환경공단. 2020년 4월 27일 접속. <https://www.keco.or.kr/kr/business/climate/contentsid/1520/index.do>
3. 고지은, 이진우, 채운병, 한승우, 친환경 공정계획 수립을 위한 굴착기의 배기가스 계측 데이터 분석. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제18권 제1호, pp.35~46, 2018
4. 권재민, 이재학, 조민도, 최영준, 한승우, 다중선형회귀분석 기반 건설장비 이산화탄소 배출량 예측모델 개발. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제19권 제2호, pp.38~39, 2019
5. 곽기영, 경영통계분석 IBM SPSS STATISTIC 활용. 경문사. pp.218~220, 2011