

인공신경망 및 비선형 회귀분석을 이용한 건설장비의 CO₂ 배출량 예측 모델 개발

Developing Predictive Modelling of CO₂ Emissions of Construction Equipment Using Artificial Neural Network and Non-linear Regression

임 소 민* 노 재 윤* 노 상 우* 이 민 우** 한 승 우***
Im, Somin Noh, Jaeyun Ro, Sangwoo Lee, Minwoo Han, Seungwoo

Abstract

In order to measure the amount of carbon dioxide emitted from the construction sites, many literature which have been conducted have proposed methodologies for calculating coefficients based on actual data collections for estimating the emission formula. The existing data collected under controlled conditions not on site measurement were too limited to apply in actual sites. The purpose of this study is to conduct analysis based on the data measured in fields and to present predictive models using artificial neural network and nonlinear regression analysis for appropriate predictions and practical applications.

키 워 드 : 인공 신경망, 비선형 회귀분석, 건설장비, 이산화탄소 배출량, 굴착기
Keywords : artificial neural network, non-linear regression, construction equipment, CO₂ emissions, excavator

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2020년부터 적용되는 파리협정을 대비하여, 정부는 ‘2030년 온실가스 배출전망(BAU)대비 37% 감축’이라는 목표로 ‘온실가스 감축 로드맵 수립’, ‘배출권거래제 실시’ 등 다양한 노력들을 기울이고 있다(외교부, 2015). 건설 산업에서도 CO₂의 발생을 최소화하고자 건설장비의 CO₂ 배출량을 측정하는 연구들이 진행되고 있다.

건설장비의 CO₂ 배출량을 측정하는 방법과 배출계수 산정을 위한 다양한 방법론을 제시하는 기존 연구들이 있었으나, 대부분 실제 측정이 아닌 간접적인 방법으로 연구하였고, 현장에서 실무자들이 사용할 수 있는 CO₂배출량 산정식을 제시하는 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 기존의 연구보다 정확성을 향상시키는데 목적을 두고, 작업 별로 비선형 회귀분석 및 인공신경망을 이용한 예측 모델을 제시하여 실무에서 건설장비의 CO₂ 배출량을 정확하고, 쉽게 예측하고자 한다.

2. 기존연구의 고찰

기존의 CO₂ 배출량 연구로는 차량의 배기가스 데이터를 통해 유속 및 CO₂ 농도를 이용하여 건설 현장에서의 CO₂ 배출량을 실시간으로 측정할 수 있는 방법을 제시한 연구(장원석 외, 2013)와 건설 시공계획 단계에서 자원의 CO₂ 배출량의 변동성을 확률통계적으로 추정하는 시스템을 제시하여 CO₂ 발생량을 보다 정확하게 추정하는 모델을 제안하는 연구(이창용 외, 2014)가 있다.

인공신경망을 통한 분석기법에 대해 다양한 시도와 활용이 이루어지고 있다. 기존의 연구로는 인공신경망을 구축하여 정확하고 신속한 공사비 예측모델을 제안한 연구가 있다(김광희 외, 2006). 또한 터널 주변 폭파 시 파쇄영역의 예측 연구에서는 수치해석이나 실험으로 결과를 분석할 때의 단점을 보완하고자 인공신경망을 분석기법으로 사용하여 빠르고 정확하게 파쇄영역을 예측한 연구를 하였다(유광호 외, 2013). 위 연구들에서는 적합한 인공신경망 모델을 찾기 위해 시행착오를 거치며 최적의 모델을 위한 학습률, 은닉층과 노드 수를 찾았다.

실측 데이터의 경우 식 자체가 단순한 식으로 표현하기 힘들어 선형모델이 적합하지 않다. 이러한 문제를 해소하기 위해 선형모델에 가깝게 변수를 변환하고 다중회귀분석을 한 연구가 있다(서성호 외, 2014).

* 인하대학교 건축학부(건축공학과)
** 인하대학교 건축학부(건축공학과) 석사과정
*** 인하대학교 건축학부(건축공학과) 교수, 공학박사, 교신저자(shan@inha.ac.kr)

3. 연구 수행 방법

인공신경망 학습이 가능한 MATLAB으로 그림 1과 같이 인공신경망 네트워크를 구성하였고, 그림 2와 같이 MATLAB Curve Fitting Tool 을 이용하여 비선형회귀분석을 수행하였다.

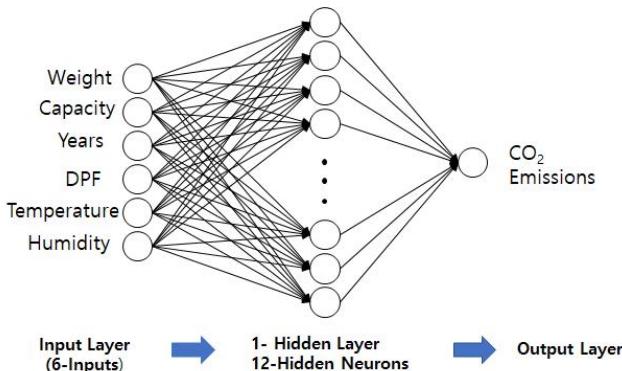


그림 1. 이산화탄소 배출량 예측을 위한 ANN 모델

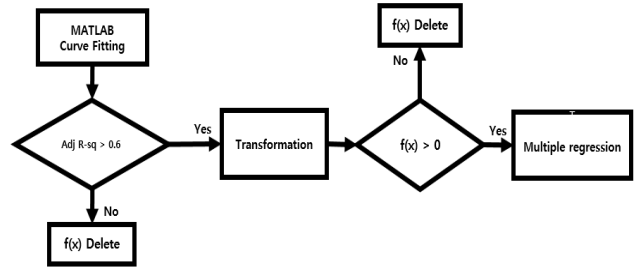


그림 2. 비선형회귀분석 변수변환 프로세스

굴착기를 무한궤도식과 타이어식으로 구분하여 작업환경에 따라 RPM 별 무게, 용량, 연식, DPF(배기가스 저감장치)의 유무, 작업환경의 온도, 습도 등 6개의 입력변수를 설정하고, CO₂ 배출량을 출력변수로 두었다. 시행차오를 통해 예측력이 가장 높은 은닉층과 노드 수를 정하고, RPM 별 최적의 가중치를 찾아 이를 적용한 네트워크를 훈련, 검증을 거쳐 최종 모델로 정하였다.

간단한 형태의 모델들을 기본 모델로 정하여 활용하는 방법이 있으나, 본 연구에서는 수식의 다양한 가능성을 열어두고자 MATLAB Curve Fitting Tool로 기존의 CO₂ 배출량 값과 6가지의 변수 데이터를 이용하여 비선형식을 얻었다. 얻은 비선형식을 통해서 기존의 독립변수들을 새로운 독립변수들로 변환시키고 CO₂ 배출량과의 다중회귀분석을 진행하여 회귀모델을 생성하였다.

4. 연구 수행 결과

변수와 CO₂ 배출량 값과의 관계를 분석하였을 때, 인공신경망의 수정된 결정계수(Adjusted R-Squared)값이 기존선형회귀분석에 비해 무한궤도식 굴착기의 경우 RPM 별 평균 40.1%, 타이어식 굴착기의 경우 RPM 별 평균 6.2%가 증가하였다. 비선형회귀분석의 변환된 변수들로 생성한 회귀모델의 경우 결정계수 값이 평균 12.6% 증가하였다.

5. 결 론

본 연구를 통해 인공신경망과 비선형 회귀분석을 사용했을 때 기존 선형회귀분석 방법보다 모델의 예측 정확도가 향상된 것을 확인할 수 있었다. 그중 인공신경망 모델 예측력이 더 높음으로 보아 앞으로 건설장비의 CO₂ 배출량 측정에 있어 새로운 방법론을 제시한 것에 의의가 있다. 또한 이 모델을 이용하여 현장 관리자들이 CO₂ 배출량을 예측하고 이를 고려해 공정 계획을 세우는데 도움을 줄 것으로 기대된다. 향후 다양한 환경조건과 모든 건설장비의 성능 데이터 수집을 통해 CO₂ 배출량 예측모델의 보편성을 확장한다면, 더 높은 예측력과 활용도를 지닐 것으로 기대된다.

Acknowledgement

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

참 고 문 헌

1. 외교부 기후변화 외교과, 기후변화 바로알기, 2015
2. 장원석, 김병수, 건설장비의 CO₂배출량 실시간 측정방법 개발을 위한 CO₂ 및 유속센서의 활용, 한국건설관리학회 논문집, 제14권 제2호, pp.78~86, 2013.3
3. 이창용, 곽한성, & 이동은, 확률·통계적 건설공정 CO₂ 배출량 추정 방법론, 대한건축학회 논문집-구조계, 제30권 제8호, pp.45~54, 2014
4. 김광희, 안성훈, 조형근, 신경망과 유전자알고리즘을 이용한 공사비예측 모델의 예측정확도 비교에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 - 구조계, 제22권 제3호, pp.111~118, 2006
5. You, K. H., & Jeon, S. W, 인공신경망을 이용한 터널 주변 폭파 시 파쇄영역의 빠른예측에 관한 연구, 2013
6. 서성호, 노명일, & 신현경, 비선형 회귀분석을 이용한 부유식 해양 구조물의 중량 추정 모델 연구, 대한조선학회 논문집, 제40권 제6호, pp.530~538 2014.12