

ANN 기반 미세먼지 예측모델의 재학습 기능 적용에 따른 성능 분석

Performance Analysis of ANN-based Fine Dust Prediction Model by Application of Retrain Function

○김 태 원*
Kim, Tae Won

최 영 재*
Choi, Young Jae

김 아 영**
Kim, Ah Young

배 강 우**
Bae, Kang Woo

문 진 우***
Moon, Jin Woo

Abstract

The purpose of this study is to improve prediction accuracy by adding a re-learning function to the developed indoor fine dust prediction model. The prediction model was developed with data collected from the Living Lab and applied to the field after adding a re-learning function. Students were re-learned 20 times using data from when they were in the room and when the ventilation system worked. The results of this study were as follows; The performance of the initial prediction model was shown as Cv(RMSRE) 37.19%. The accuracy of the prediction model retrained 20 times was Cv(RMSRE) 23.45%, which showed a performance improvement of about 13.74%.

키워드 : 예측모델, 인공신경망, 미세먼지, 재학습

Keywords : Predictive Model, Artificial Neural Network, Particulate Matter, Retrain

1. 서론

초등학교는 오염물질 취약계층으로 분류되는 13세 이하의 어린이들이 장시간 재질하는 공간으로 실내환경 오염물질에 민감도가 높은 특수성을 가지고 있다. 특히, 실내오염물질 중 미세먼지는 2013년 국제암연구소(IARC)에서 1군 발암물질로 분류된 바 있으며, 학교시설은 미세먼지 발생률과 밀집도가 높은 공간으로 분류된다. 이에 따라 교육부는 2018년 3월 학교 교실 실내 초미세먼지 농도를 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 유지하도록 실내공기질 관리기준을 강화하였다. 하지만 국내 대부분의 학교 교실에는 교육시설 특성과 환경을 고려한 환기설비 계획이 부족한 실정이다. 또한, 기존의 외기도입형 환기장치들은 CO_2 를 기반으로 작동하기 때문에 현실적인 이슈를 반영하지 못하고 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 학교시설 중 교실에서 발생하는 미세먼지를 선제적으로 저감 할 수 있는 알고리즘에 적용이 가능한 적응형 예측모델을 개발하는 것이다. 이를 위해 현장 데이터 기반 미세먼지 예측모델을 개발하고, 알고리즘에 적용하여 학기 중 날씨와 활동 양상에 따라 달라지는 실내환경 데이터를 지속적으로 재학습 시켰다.

* 중앙대학교 대학원 박사과정

** 중앙대학교 대학원 석사과정

*** 중앙대학교 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, gilerbert73@cau.ac.kr)

본 연구는 2020년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부분임. 과제번호:2019M3e7A1113095

2. 실내 미세먼지 예측모델 개발

본 논문은 선행연구를 통해 학교시설 실내 미세먼지 예측모델의 최적화 방법과 정확도 및 안정성을 확보하였다. 또한, 실제 초등학교 교실에 리빙랩 구축 후 수집된 데이터를 통해 예측모델과 학교시설 맞춤형 실내 공조장치 제어 알고리즘을 개발하였다. 리빙랩 현장에 적용된 알고리즘은 예측모델이 탑재되어 예측한 미세먼지 농도에 따라 풍량을 제어하도록 설정되어있다.

개발된 알고리즘은 미세먼지를 우선 제거하는 방식으로 이산화탄소를 기준으로 실내공기질을 제어하는 기존의 방식과 우선순위가 다르다. 따라서, 예측모델 개발에 사용된 데이터는 예측성능 확보를 위해 리빙랩에 적용된 알고리즘으로 취득된 데이터를 사용하였다. 초기 예측모델의 성능은 Cv(RMSE) 37.19%로 그림 1과 같다.

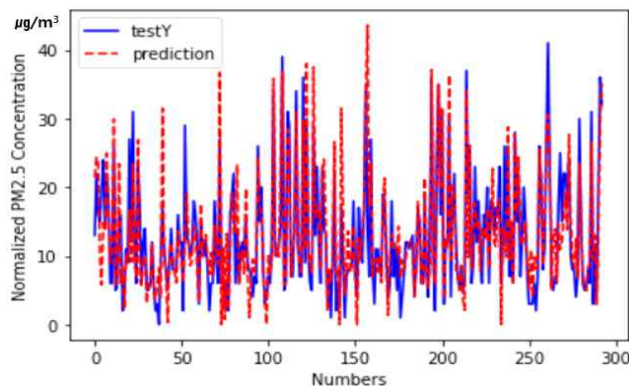


그림 1. 초기 예측모델 성능평가

3. 실내 미세먼지 예측모델 적응성 부여

3.1 예측모델 실시간 재학습 기능 적용

개발된 예측모델은 성능이 발휘될 수 있는 사용처가 교실과 같은 특성을 가지는 공간으로 특정되어있다. 교실은 실내 학생들의 활동량과 계절별로 공기질이 변화하는데, 이러한 실내환경에 대응할 수 있도록 현장 적응형 기능이 포함되어야 할 필요성이 있다. 재학습 데이터는 2021년 11월부터 2022년 4월에 까지 수집된 데이터 중 학생들 활동 시간이고 초미세먼지 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이며, 환기장치가 작동 중인 시간의 데이터만을 전처리하여 사용하였다. 학습데이터가 생성된 시점마다 재학습하였으며, 일평균 115개 데이터가 사용되었다. 재학습 기능을 포함하는 알고리즘의 구조는 그림 2와 같다.

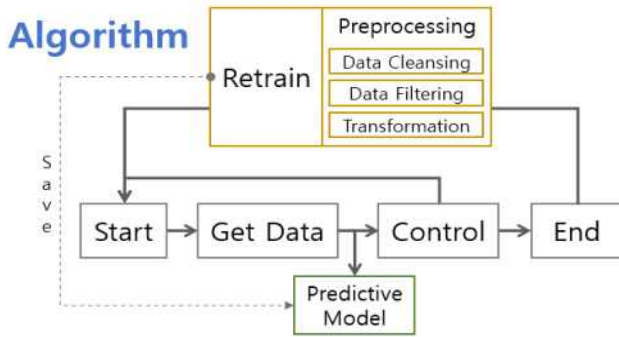


그림 2. 재학습 기능이 포함된 알고리즘 프로세스

3.2 학습 횟수에 따른 예측모델 성능 확인

리빙랩에 적용된 예측모델 재학습은 20회 진행되었으며, 정확도는 정답과 예측값에 대한 Cv(RMSE)를 통해 평가했다. 20회 재학습한 예측모델의 성능은 Cv(RMSE) 23.45로 나타나 초기 예측모델 보다 정확도가 13.74% 향상된 것을 확인하였다.

표2. 학습 횟수에 따른 성능 변화표

단위 : %	Cv(RMSE)		Cv(RMSE)
1회	26.13	11회	26.56
2회	37.32	12회	32.15
3회	26.95	13회	20.45
4회	37.43	14회	43.66
5회	35.03	15회	21.70
1~5회 평균	32.57	11~15회 평균	28.90
6회	28.12	16회	18.45
7회	43.84	17회	22.28
8회	33.38	18회	17.35
9회	31.31	19회	22.63
10회	44.18	20회	23.45
6~10회 평균	36.16	16~20회 평균	20.83

각 학습 횟수별 성능은 표 2와 같이 나타났다. 예측 성능은 재학습에 사용된 실내환경 데이터에 따라 편차가 큰 것으로 나타났는데, 성능이 가장 안 좋게 나타났던 10회차

의 경우 실내에서 급격한 미세먼지 상승이 다수 발생했던 것으로 확인되었다. 또한, 성능이 가장 좋게 나타난 18회차의 경우 실내환경 데이터가 급격한 변화 없이 안정적으로 거동했던 것을 확인하였다. 각 5회차 마다의 평균 Cv(RMSE)가 초기모델 대비 성능이 향상된 것으로 나타났다. 특히 16~20회차 평균 Cv(RMSE)는 20.83%로 나타나 회차가 거듭될 때마다 예측모델이 현장 환경에 적응하고 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 학교시설 중 교실 미세먼지를 선제적으로 저감하기 위해 예측모델 성능을 향상시키고자 하였다. 리빙랩에 적용된 예측모델의 성능은 재학습을 20회 반복하였을 때 초기 모델 Cv(RMSE) 대비 13.74%가 향상된 것으로 나타났다. 학습차별 성능이 일정하게 향상되지 않았지만 5회차 별 평균 Cv(RMSE)가 낮아지고 있으므로 예측모델을 지속적으로 재학습시키면 현장 적응력을 향상시켜 효율적인 미세먼지 저감이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 실내환경 데이터에 따라 성능의 편차가 크게 나타났으므로 실내의 환경이 갑자기 변할 경우 예측모델이 적응하는 기간에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

추후 학습 주기와 학습량에 따른 최적 조건 연구 및 적용처 변경에 따른 성능 변화를 다방면으로 분석하여 예측모델의 범용성을 확대할 예정이다.

참고문헌

1. Centre international de Recherche sur le Cancer, Lyon, France, IARC evaluation of the carcinogenicity of outdoor air pollution, IARC Monograph 109, Outdoor Air Pollution, 7-18, 2013
2. 교육부, 학교 고농도 미세먼지 대책 발표, 2018.04.
3. 박환출, 이동현, 이정재, 학교교실의 실내공기질 개선을 위한 환기장치 및 공기청정기의 연동제어 알고리즘 개발 및 적용 연구, 대한건축학회 논문집 - 구조계, 36(5), 187-194, 2020
4. 최영재, 박보량, 송용우, 최은지, 문진우, 학교 시설 최적 실내 공기질 제공을 위한 환기시스템 및 제어 방법 분석, 한국생태환경건축학회 논문집 20(2), 131-137, 2020
5. 최영재, 최은지, 조혜운, 문진우, 학교시설 실내공기질 환경 개선을 위한 실내 미세먼지(PM2.5) 예측모델 개발, 한국생태환경건축학회 논문집 21(1), 35-40, 2021
6. 변재운, 김태원, 최영재, 문진우, 리빙랩 데이터 기반 학교시설 미세먼지(PM2.5) 예측모델 개발, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 22(1), 90-91, 2021
7. 문진우, 김태원, 최영재, 학교 공기질 개선을 위한 외기 도입 환기청정기 제어 알고리즘, 한국설비기술협회 특집원고, 2, 2022