

# 머신러닝을 활용한 폭염저감시설의 온도저감효과 설계 및 예측 모델 개발<sup>†,††</sup>

김재경\*, 이정준\*, 조준영\*\*, 백승현\*\*, 강준석\*\*\*

\*서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정, \*\*서울대학교 농업생명과학대학 생태조경·지역시스템공학부 석사과정,

\*\*\*서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 부교수

## 1. 서론

도시열섬 현상은 국소기후로, 도심 내의 산업화와 도시화로 인해 외곽의 지역보다 기온이 올라가는 현상을 뜻한다. 이러한 도시열섬 현상은 기후변화의 심화로 인하여 더욱 심화되고 있다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 발간한 6차 보고서에서는 미래의 기후는 더욱 빠르게 상승할 것으로 예측하고 있다(Sutton and Hawkins., 2020).

기후변화로 인한 도시열섬의 가속화 및 피해의 규모 증대는 취약 계층에게 더욱 위협하게 나타난다. 최근의 취약계층에 대한 개념은 노인, 어린이, 장애인, 만성질환자 등 일반적인 범주를 포함하여 야외근무자, 농업 및 어업 종사자 등 다양하게 정의되고 있다. 중앙정부 및 지자체에서는 취약계층이 기후변화에 적응(climate adaptation)할 수 있는 다양한 정책 제언 및 기술을 개발하고 있다.

대구광역시에서는 대한민국 내에서 가장 더운 도시 중 하나로 주목받아왔으나, 최근에는 기후변화 적응 정책의 적극 도입으로 그 이미지를 탈피하고 있다. 2019년부터 2021년까지 정부합동평가에서 기후변화 적응대책 우수사례로 뽑힌 바 있다. 대구에서 적극적으로 추진하고 있는 기후변화 적응 기술은 클린로드, 쿨루프, 그늘막, 무더위 쉼터, 가로수 계획 식재 등 다양한 방법론이 적용되었다.

대구광역시를 대상으로 한 최근의 도시열섬 연구로는 Jang and Kim(2021)의 연구가 있다. 선행연구에서는 한국 대구의 미기후 시뮬레이션을 통해서 축소도시의 열 쾌적성을 평가하였다. 오래된 폐가옥을 철거하고 일정기준에 따라서 녹지지역을 설치하였을 때 얻을 수 있는 열 스트레스의 저감량을 판단하였다.

Kim and Kang(2022)의 연구에서는 전산유체역학(computational fluid dynamics, CFD)을 활용하여 대구시 인동촌 지역에 설치된 쿨링포그의 온도저감 효과를 밝혔다. 또한, 쿨링포그의 설치 위치에 따른 차이를 분석하고, 최적화된 기술 설치의 시나리오를 밝혀냈다. 하지만, 선행연구는 온도와 습도 두 가지의 환경 조건만을 활용하여 Parametric Study를 수행하였으며, 다양한 환경조건을 반영하지 못했다는 단점을 지닌다. 본 연구는 Kim and Kang(2022)의 후속 연구로서 다양화된 환경변화 요인을 변수로 설정하고, 머신러닝을 접목시켜 온도저감효과 예측 모델을 개발하였다.

## 2. 본론

### 2.1 연구방법

본 연구는 유한체적법(finite volume methods, FVM) 기반의 CFD 프로그램인 Simcenter STAR CCM+ 프로그램을 활용하여 대구시 인동촌의 포그쿨링 효과를 분석하였다. 전체 도메인의 크기는 850,000m<sup>2</sup>로 설정하였고, 가로등 형태의 포그쿨링을 20개 설치하여 시간 이력에 따른 Transient Analysis를 사용하였다. 또한, 최적화된 쿨링포그의 배치를 대구 인동촌 지역의 입지조건을 반영하여 Figure 1과 같이 설계하였다.

모델의 검증을 위해서 대구 스마트시티에서 운영하는 Massive IoT의 데이터를 활용하였으며, 쿨링포그를 가동하였을 때 온도저감효과를 통계적으로 비교하였다. 제작된 모델과 Massive IoT를 통해 수집된 온/습도 데이터의 R2는 0.9 이상, RMSE는 1.10 이하로 매우 높은 수준의 값을 보였다.

폭염저감시설의 예측 모델 개발을 위해서 machine learning 기법 중 하나인 Gradient Boosted Regression Tree(GBRT) 모델을 사용하였다. CFD 모델 결과 데이터는 쿨링포그 유무에 따라서 온도 데이터 21개, 습도 데이터 7개, 풍속 데이터 20개로 총 5,880개의 데이터를 활용하였으며, 2,940개의 데이터 셋이 인공지능 모델로 활용되었다. 데이터 중 76%인 2,205개는 모형 개발용 train data로 사용되었으며, 25%인 735개의 데이터를 검증용 데이터로 활용하였다(Figure 2).

### 2.2 연구결과

본 연구를 통해 개발된 AI 모델을 살펴봤을 때, 포그쿨링을 분사하기 이전의 온도와 상대습도가 높을수록 온도저감 효과가 높아지는 것으로 나타났다. 온도가 섭씨 45도 이상이며, 풍속 1 m/s 이상일 때, 습도의 범위에 따라서 최소 6.92%부터 최대 8.92%까지 온도저감효과를 얻을 수 있었다. 상대습도 증가의 비율을 살펴봤을 때, 풍속이 빨라질수록 상대습도의 증가율이 저감하는 것으로 나타났다. 섭씨온도 45도, 풍속 1 m/s, 상대습도 40%일 때, 상대습도

<sup>†</sup>본 연구는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원의 환경서비스 전문인력 양성사업과 생태계 건강성 증진사업(2020002770002), 신기후 체제 대응 환경 기술개발사업(2022003570004)에 의해 수행되었습니다.

<sup>††</sup>본 연구는 THE 58th IFLA WORLD CONGRESS GWANGU 2022에서 발표된 포스터 작품을 발전시킨 연구입니다.



Figure 1. 대구인동촌 지역의 폭염저감시설의 설계

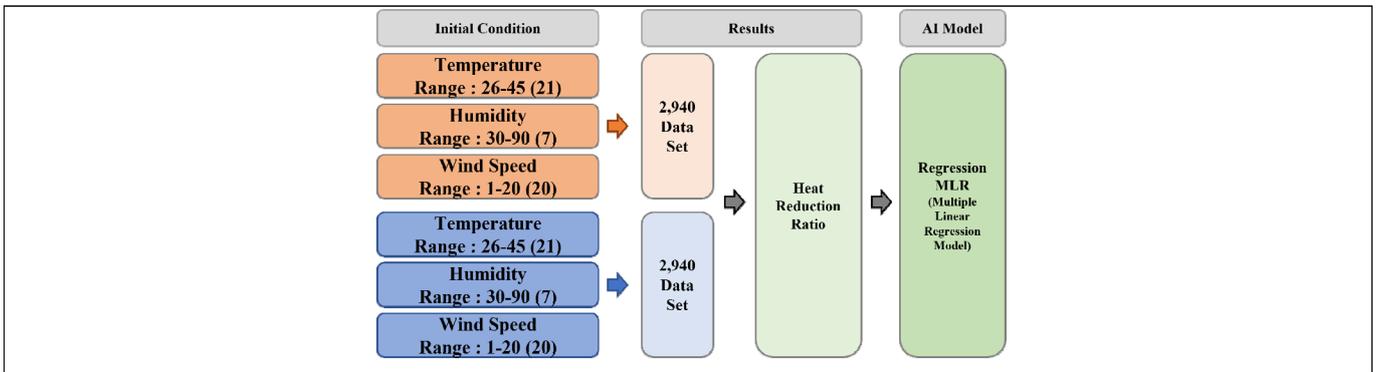


Figure 2. 인공지능 학습용 데이터 구축

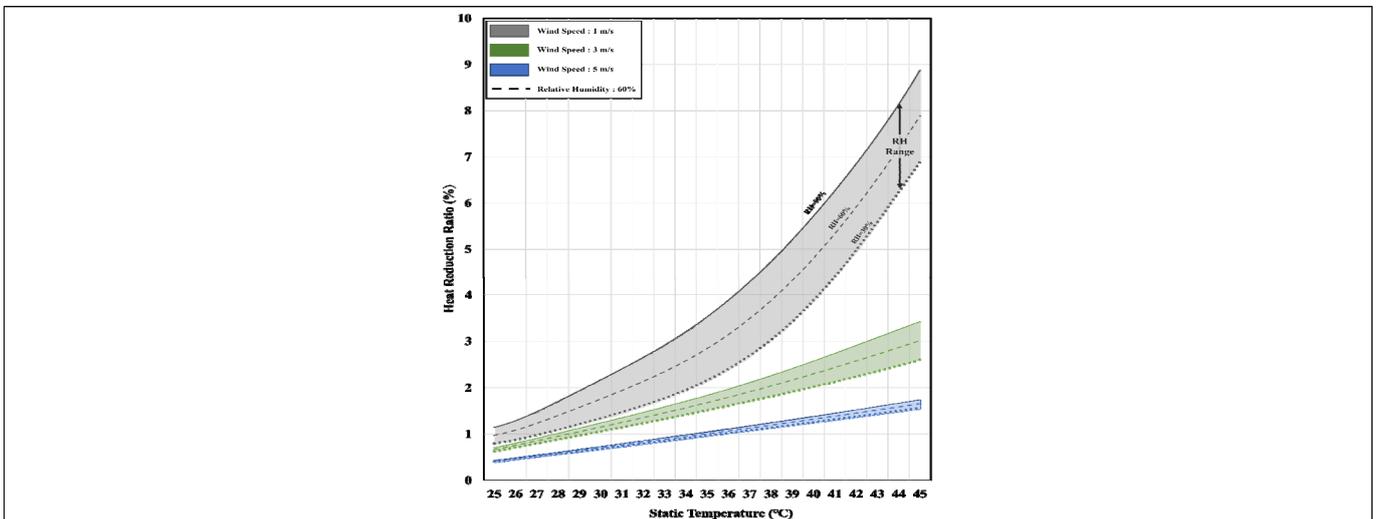


Figure 3. 환경요인에 따른 온도저감 효과 관계

증가율은 13.1%로 매우 큰 폭 증가하였다(Figure 3).

### 3. 결론

본 연구는 인공지능 모델을 활용하여, 쿨링포그 가동에 따른 온도저감효과 예측 모델을 개발하였다. 향후, 의사결정자가 쉽게 판단할 수 있는 매뉴얼 형태의 데이터 개발에 기여할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Jang, G. and S. Kim(2021) Are decline-oriented strategies thermally sustainable in shrinking cities? *Urban Climate* 39: 100924.
2. Kim, J. and J. Kang(2022) Evaluating the efficiency of fog cooling for climate change adaptation in vulnerable groups: A case study of Daegu metropolitan city. *Building and Environment* 217: 109120.
3. Sutton, R. T. and E. Hawkins(2020) ESD ideas: Global climate response scenarios for IPCC AR6. *Earth Syst Dyn Discuss* 2020: 1-4.