

환경 및 응용기상 분과 [P-075]

고해상도 토지 및 지형 자료를 반영한 WRF 모델링과 머신러닝 융합을 통한 항공 기상예보 고도화

권예은¹, 최우석¹, 김다솔²

¹세종대학교 인공지능데이터사이언스학과

²서울과학기술대학교 환경공학과

제주도와 같이 해안과 산악 지형이 복합적으로 존재하는 지역에서는 지형적 특성과 해양-대기 상호작용에 의해 기상현상이 국지적으로 뚜렷하게 나타난다. 이로 인해, 실제 운항에서 급격한 미규모 기상 변동 및 악화가 큰 부담으로 작용하며, 기존 수치예보모델 (Numerical Weather Prediction, NWP)만으로는 항공 기상예보 정밀도 확보가 충분하지 않다. 특히 풍속, 시정, 운고와 같은 요소는 항공기 이착륙의 안전성 및 신뢰성에 직결되므로 사전 대응 강화를 위한 고해상도 수치모델링 개선이 필수적이다. 본 연구에서는 중규모 수치모델 WRF (Weather Research and Forecasting)를 기반으로 LDAPS (Local Data Assimilation and Prediction System) 자료를 초기 및 경계 조건으로 활용하였다. 또한, 환경부의 세분류 토지피복 자료와 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 지형고도 자료를 반영하여 제주도 지역에 적합한 고해상도 기상장을 생산하였다. 연구는 2024년의 매주 월, 수, 금요일 및 매월 15일을 포함한 총 163일을 대상으로 수행되었으며, 하루 전 (Day-ahead)에 24시간을 1시간 간격으로 예측하였다. 수치모델의 내재적 한계를 보완하기 위해 Support Vector Regression (SVR), Extreme Gradient Boosting (XGB) 등 다양한 머신러닝 기반 후처리 기법을 도입하였다. 다변수 입력 구조를 기반으로 데이터 증강을 위한 patch 기법을 적용하였으며, GridSearch와 K-Fold 교차검증을 통한 하이퍼파라미터 튜닝을 거쳐 최적의 성능을 확보하였다. 최종적으로 앙상블 기법을 통해 개별 모델의 장점을 결합하였다. 훈련에는 AMOS (Automated Meteorological Observation System) 공항 기상 관측을 정답 자료로 사용하였고, 최종 검증은 METAR (Meteorological Aerodrome Report) 기상 보고서의 기상현상 코드를 기준으로 수행하여 실제 항공 운항과 연계된 검증 체계를 구축하였다. 분석 결과, 기상청에서 제공하는 기존 기상예보 대비 풍속, 풍향, 시정, 기온 등 주요 변수에서 RMSE와 MAE가 약 10% 이상 개선되었으며, 특히 강풍 및 저시정 등 비행 안정성과 밀접한 기상현상에서 오차 개선 효과가 두드러졌다. 본 연구는 고해상도 수치모델과 인공지능의 융합을 통해 항공 기상예보의 정확도를 크게 향상시킬 수 있음을 보여주며, 극한 기상 대응 및 항공기 운항 위험 관리, 공항 운영 의사결정 지원에 기여할 수 있다.

Keywords: WRF 모델, 고해상도 모델링, 머신러닝, 항공 기상예보, METAR