

환경 및 응용기상 분과 [P-085]

장기간의 기상청 국지예보모델 및 공항기상관측을 이용한 공항 후처리 통계모델 기술 개발 및 검증

김정희, 김정훈

서울대학교 지구환경과학부

안전한 항공기의 운항 및 이·착륙 지원을 위하여, 각 공항의 기상대에서는 기온, 바람, 시정, 실링 등의 정보를 포함하는 Terminal Aerodrome Forecast (TAF)를 발표한다. 본 연구에서는 국내 13개 공항 지점에 대하여 30시간까지 통계학습 및 기계학습 기반 기상 예측을 수행하는 후처리 통계모델인 Model Output Statistics (MOS)을 개발하였다. MOS는 예보인자(수치모델 산출물)와 피예보인자(각 지점에서의 관측 기상 변수) 간의 관계식을 통계학습과 기계학습 등으로 수립하는 방법론이다. 미국 기상청의 Localized Aviation MOS Program (LAMP)의 방법론을 차용하여, 기상청 국지예보모델(Local Data Assimilation and Prediction System, 이하 LDAPS)과 더불어 공항 지점에서의 직전 관측자료를 추가로 예보인자로 활용하였다. 통계·기계학습 모델로 (1) 선형 회귀 기반의 다중선형회귀 및 Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO), (2) 비선형의 사결정나무 기반의 랜덤 포레스트 및 그래디언트 부스팅(XGBoost)을 이용하였다. 2013-2024년 기간의 LDAPS 및 관측자료를 활용하여, 11년 치의 기간을 훈련셋으로, 2024년 1년 치를 검증셋으로 설정하였고, 1년 단위로 교차검증을 수행하여 학습을 수행하였다. 평균절대오차, 평균절대퍼센트오차 및 수신자 조작 특성 곡선을 통한 예측 시간별 성능 검증 결과, 직전 관측자료를 활용한 경우가 예측 초기 시간(6시간 이내)에 큰 성능 향상을 보였고, 비선형적 특징이 강한 변수(풍속, 시정 등)에서 비선형 모델(랜덤 포레스트, 그래디언트 부스팅)이 더 좋은 성능을 보였다. 또한, 국제민간항공기구 부속서 3에서 제시된 TAF 예보 정확도 권고 기준인 기온 $\pm 1^\circ\text{C}$, 풍속 ± 5 knot, 시정 $\pm 30\%$ 의 기준을 예측 초기 시간에서 대체로 만족하였으나, 운저고도 및 실링의 경우 TAF 예보 정확도 권고 기준인 $\pm 30\%$ 보다 큰 오차를 보였다. 특성 중요도 분석 결과, 서로 다른 방법론인 Impurity Importance와 Permutation Importance는 일관된 특성 중요도 결과를 나타냈다. 특성 중요도에 따르면, 예측 초기 시간에서는 직전 관측자료가 큰 중요도를 차지하였고, 이어서 피예보인자와 직접적으로 관련된 LDAPS 변수가 중요도를 차지하였다. 예측 시간이 증가함에 따라 직전 관측자료의 중요도가 감소하였다. 향후 TAF 발표 및 공항 운항 의사결정에 있어서 MOS 예보 결과를 보조 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 통계학습, 기계학습, 공항 예보, Model Output Statistics, 특성 중요도

※ 이 연구는 기상청 「차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발 (NARAE-Weather)」 (RS-2022-KM220310)의 지원으로 수행되었습니다.