

환경 및 응용기상 분과 [P-076]

## 트리기반 기계학습을 활용한 제주공항 급변풍 예측

석재혁, 최희욱, 이상삼, 김승범

국립기상과학원 기상응용연구부

제주국제공항은 제주도 북부 해안가에 위치하며, 연간 약 17만 건의 항공기가 운항한다. 제주도는 대한민국 남쪽 바다에 있는 타원형 화산섬으로 섬 중심에 해발 1,950m의 한라산이 위치한다. 제주국제공항에서는 겨울철에 강한 북서풍의 영향을 받고, 봄철에는 남풍이 한라산을 넘어오며 발생하는 물뿔현상으로 인해 강한 급변풍과 난류의 영향을 받는다. 또한, 복잡한 지형과 해양성 기후의 영향을 받으며 몬순, 태풍, 저고도 제트와 같은 계절적 기상 패턴으로 인해 급변풍 발생빈도가 높다. 본 연구는 트리기반 기계학습 알고리즘인 LGBM(Light Gradient Boosting Machine), XGB(eXtreme Gradient Boost), RF(Random Forest)를 활용하여 제주국제공항의 급변풍 예측모델을 구축하고 예측성능을 비교·분석했다. 2019년부터 2023년까지 제주도 내 47개 기상관측소에서 수집된 시간별 관측자료를 학습(60%), 검증(20%), 테스트(20%) 데이터로 분할하여 1시간부터 6시간까지 개별 예측 모델을 각각 구축하였다. 또한, 개별 예측 모델의 TSS(True Skill Statistic) 성능을 가중치로 활용하여 확률 예측 모델도 구성하였다. 검증 및 테스트 자료를 이용한 예측성능은 LGBM이 가장 높았고, RF가 가장 낮았으며, 세 알고리즘 모두 예측 시간이 길어질수록 성능이 점차 저하되는 경향을 보였다. LGBM 기반 예측모델을 2024년 독립적 기간 자료로 평가한 결과, AUC 0.883으로 우수한 성능을 보였다. 또한, SHAP(SHapley Additive exPlanations) 분석을 통해 제주국제공항 급변풍 발생에 영향을 미치는 요인을 확인한 결과, 바람 성분(U, V)이 50% 이상 기여하는 핵심 변수로 확인되었으며, 장기(4-6 시간) 예측 시 기압과 온도의 중요도가 소폭 증가하였다. 단기(1-2 시간) 예측에서는 공항 인근 관측소가, 중·장기(3-6 hour) 예측에서는 한라산 인근 및 공항 북쪽 해양 관측소의 영향이 커지는 공간적 패턴이 관찰되었다. 기계학습을 이용한 급변풍 예측 모델은 높은 정확도와 설명 가능성을 제공하며, 단계적 경보체계 수립과 항공업무 종사자의 의사결정 지원에 기여할 수 있다.

**Keywords:** 기계학습, LightGBM, XGBoost, 급변풍, 공항위험기상

※ 이 연구는 기상청 국립기상과학원 「수요자 맞춤형 기상정보 산출기술 개발 연구」(KMA2018-00622)의 지원으로 수행되었습니다.