

지상 관측 하늘 이미지를 활용한 CNN 기반 강수 예측 모델

이하록, 임선민, 윤승현

한국에너지공과대학교

{dlgkfh, atgb1024, syoon}@kentech.ac.kr

CNN-Based Rainfall Prediction from Ground-Based Sky Images

Harok Lee, Sunmin Lee, Seunghyun Yoon

Korea Institute of Energy Technology (KENTECH)

요약

본 연구는 하늘 이미지를 활용하여 강수 여부를 예측하는 인공지능 기반 접근 방식을 제안한다. 기존의 기상 예보는 위성이나 레이더 자료에 의존하기 때문에, 특정 지역의 단기적 강수 변화를 실시간으로 포착하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 지상에서 촬영된 하늘 이미지를 입력으로 하고, CNN을 활용하여 하늘 이미지로부터 강수 여부를 예측하는 모델을 제안한다. 제안된 모델은 구름의 형태, 명암, 색상 등 시각적 특징을 학습하여 저비용·고접근성의 실시간 강수 감지 시스템으로의 확장 가능성을 보여준다.

I. 서론

정확한 강수 예측은 농업, 물류, 재난 관리 등 사회 여러 분야에서 핵심적인 역할을 한다. 기존의 수치예보 시스템은 대규모 물리 방정식과 고해상도 기상 데이터를 기반으로 복잡한 연산 과정을 거친다. 이러한 방식은 계산 복잡도가 매우 높으며 특정 지역의 국지적 호우나 단기적인 기상 변화를 실시간으로 반영하는 데에는 한계가 있다. 최근에는 AI 모델을 활용하여 복잡한 물리 기반 연산을 대체하거나 보완하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다 [1]. 본 논문에서는 CNN 기반 하늘 사진 분석을 통해 국지적 강수 가능성을 예측하는 모델을 제안한다. 위성이나 레이더 자료에 비해 접근성이 높은 지상에서 촬영한 하늘 이미지를 활용하고, 구름 형태·분포·색상 등 시각적 특성을 학습함으로써 단기 강수 가능성을 추론한다.

II. 본론

본 연구에서는 지상 촬영 하늘 이미지를 활용하여 강수 여부를 예측하는 경량형 CNN 기반 프레임워크를 제안한다. 제안된 접근은 복잡한 수치예보 모델에 의존하지 않고, 시각적 구름 패턴으로부터 직접적인 강수 징후를 학습함으로써 지역 단위의 저비용·실시간 예측을 가능하게 한다.

데이터셋은 싱가포르 국립대학교에서 공개한 SWIMSEG (Singapore Whole Sky IMaging SEGmentation) 데이터 [2]와 싱가포르 기상청의 일별 강수 기록을 결합하여 구축하였다. SWIMSEG 데이터셋은 1,013장의 하늘 이미지를 포함하며, 각 이미지에 대해 전문가가 구름 영역과 맑은 하늘 영역을 구분한 이진 segmentation mask를 함께 제공한다. 본 연구에서는 이 mask 정보를 활용하여 구름의 분포와 면적을 명확히 반영함으로써, 단순 색상 대비에 기반한 전처리보다 더 신뢰성 있는 시각적 특징을 확보하였다. 또한 회전, 반전, 밝기 조절 등의 데이터 증강을 적용하여 다양한 기상 조건에 대한 모델의 일반화를 유도하였다.

본 연구에서는 3개의 합성곱 계층으로 구성된 경량 CNN 모델을 활용하였고, 입력 이미지를 합성곱과 풀링 연산을 통해 특징을 추출한 뒤, 마지막 출력층에서 Sigmoid 활성화 함수를 적용하여 강수 여부를 이진 확률로 예측하도록 구성하였다. 데이터셋은 훈련·검증·테스트셋으로 나누어 모델의 일반화 성능을 평가하였다. 최종적으로 테스트 데이터셋에서 약 87.4% 정확도를 보였다. 이러한 결과는 CNN이 구름의 형태·분포·밝기 등 시각적 패턴을 통해 강수 발생의 가능성을 포착할 수 있음을 시사한다.



그림 1. 원본 하늘 이미지와 데이터 전처리 과정을 거친 이미지 예시 [2]

III. 결론

본 연구에서는 지상 촬영 하늘 이미지를 활용하여 강수 여부를 예측하는 CNN 기반 모델을 제안하였다. 제안된 모델은 구름의 형태, 분포, 색상 등 시각적 특성을 학습함으로써 단일 이미지도 일정 수준의 강수 가능성 분류가 가능함을 확인하였다. 이러한 접근은 복잡한 수치예보 시스템을 보완할 수 있는 경량형 지역 예측 도구로서의 활용 가능성을 보여준다. 다만, 이미지 촬영 지점과 실제 강수 관측 지점 간의 불일치로 인해 일부 라벨링 오차가 존재하며, 이는 모델 성능 향상에 한계를 초래할 수 있다. 향후 연구에서는 영상의 시간적 연속성을 고려한 시퀀스 입력과 습도·풍속 등의 기상 변수 융합을 통해 예측의 신뢰도와 공간적 해상도를 향상시키고, 다양한 지역 데이터를 적용하여 일반화 성능을 검증할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 한국에너지공과대학교 KENTECH Research Grant (202200047A)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] S. Ravuri *et al.*, "Skilful Precipitation Nowcasting using Deep Generative Models of Radar," *Nature*, vol. 597, no. 7878, pp. 672-677, 2021.
- [2] S. Dev *et al.*, "Color-based Segmentation of Sky/Cloud Images from Ground-based Cameras," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 10, no. 1, pp. 231-242, 2016.