

# 전이학습 활용 YOLO 기반 안티-드론 객체 탐지 시스템을 위한 Precision 및 Recall 효율 성능 분석

이영규, 강진호

경상국립대학교

lyg8984@gnu.ac.kr, jinhokang@gnu.ac.kr

## Performance Analysis on Precision and Recall Efficiency for Anti-Drone Object Detection System based on YOLO with Transfer Learning

Younggyu Lee, Jinho Kang

Gyeongsang National University

### 요약

본 논문은 학습 데이터를 확보하기 어려운 테러나 전시 상황 또는 예기치 않은 드론/무인기 침입과 같이 특수한 상황에서 안티-드론 객체탐지 시스템의 성능 향상을 위해 전이학습 기반의 YOLO 네트워크를 도입하며, 기계 학습 기반 안티-드론 객체 탐지 시스템에서 데이터 확보 및 레이블링 등을 위한 비용과 자원의 효율성을 증가할 수 있도록 훈련 소요 시간 대비 Precision, Recall 성능을 분석한다.

### I. 서론

최근 드론 및 무인항공기 기술이 발달함에 따라, 테러 및 전시 상황 또는 예기치 않은 침입 등의 드론/무인항공기 악용 사례가 증가하고 있다. 이에 대응하기 위한 인공지능을 활용한 실시간 안티-드론 객체 탐지 기술이 큰 주목을 받고 있다 [1,2]. 한편, 다양한 분야에서 기계학습을 활용하여 우수한 성능을 달성하기 위해서는 양질의 이미지 수가 필요하지만, 데이터 확보 및 레이블링 등을 위한 높은 비용과 자원이 요구된다. 이러한 이유로, 시스템이 요구하는 기계학습 성능을 달성할 수 있는 이미지 수 예측 및 분석, 기계 학습에 활용되는 이미지 수 대비 시스템 성능의 효율을 분석하는 연구가 활발히 진행되고 있다 [2,3]. 최근, 테러 및 전시 상황, 급작스러운 드론/무인기 침투 상황 등의 학습 데이터가 부족한 상황에서 안티-드론 객체 탐지 시스템이 요구하는 성능을 달성하기 위한 기계학습 모델 훈련에 요구되는 최소 이미지 수를 예측하기 위해 학습 이미지 수에 따른 mAP, F1 score, mIOU의 성능과 관계성을 분석한 연구가 이루어졌다 [2]. 하지만, 훈련 소요 시간 대비 객체 탐지 성능의 효율을 분석하는 연구는 미비한 실정이다. 본 논문에서는 전이 학습 활용 YOLO 기반 안티-드론 객체 탐지 시스템에서 훈련 소요 시간 대비 Precision 과 Recall의 효율 성능을 분석한다.

### II. 본론

#### 1. 시스템 모델

본 논문에서는 실시간 객체 탐지에 주로 사용되는 YOLOv5s 모델을 활용하며, 적은 데이터 셋에서 우수한 안티-드론 객체 탐지 시스템 성능을 얻기 위해 전이 학습 기반의 YOLO 네트워크를 도입한다. 전이 학습으로 일반화 성능을 향상시키기 위해 객체 탐지를 위한 대규모 데이터셋으로 널리 활용되는 COCO 데이터 셋을 도입한다 [2].

#### 2. 훈련 소요 시간 대비 Precision 및 Recall 효율성 성능 분석

본 논문에서는 안티-드론 객체 탐지 시스템을 위한 YOLO 네트워크의 학습을 위해 학습 데이터 1900장, 검증 데이터 100장, 테스트 데이터 200장의 드론 이미지를 사용하였으며, 성능 지표로 Precision과 Recall을 고려하였다.

그림 1과 2는 각각 학습 이미지 수에 따른 Precision과 Recall 성능을 보여준다. 그림 1과 2는 각각 학습 이미지 수에 따른 Precision과 Recall 성능을 보여준다. Precision과 Recall 모두 전이학습 기반 YOLO네트워크가 전체 학습 이미지 수 구간에서 우수한 성능을 보였으며, 학습 이미지 수가 증가함에 따라 Precision과 Recall의 성능 차이가 감소하였다.

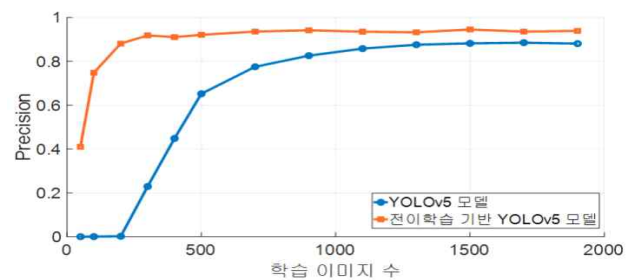


그림 1. Precision 성능

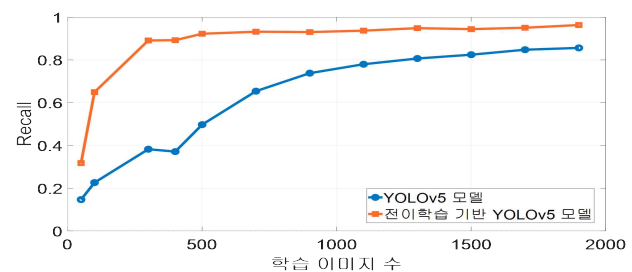


그림 2. Recall 성능

그림 3과 그림 4는 훈련 소요 시간 대비 Precision 과 Recall의 효율 성능을 보여준다. 본 논문에서 새롭게 도입하는 지표로, 훈련 이미지 수에 따른 기계 학습 훈련 소요 시간 대비 Precision 및 Recall의 성능, 즉,  $\frac{(\text{Precision}, \text{Recall})}{\text{훈련 소요 시간}}$  을 의미한다. 그림 5와 그림 6은 각각 Precision - Recall 효율 Region 과 Recall - Recall 효율 Region을 보여준다. 훈련 소요 시간 대비 Precision 및 Recall 효율 성능에서도 학습 이미지 수가 적을수록 높은 효율을 달성하였으며, 학습 이미지 수가 증가할수록 훈련 소요 시간 대비 성능의 효율이 미비하다. 특히나 그림 5와 그림 6을 통해, 학습 이미지 수가 100장 ~ 300장에서 0.8 이상의 Precision 및 Recall 성능을 달성하는 동시에 가장 높은 효율 성능을 달성함을 확인할 수 있다.

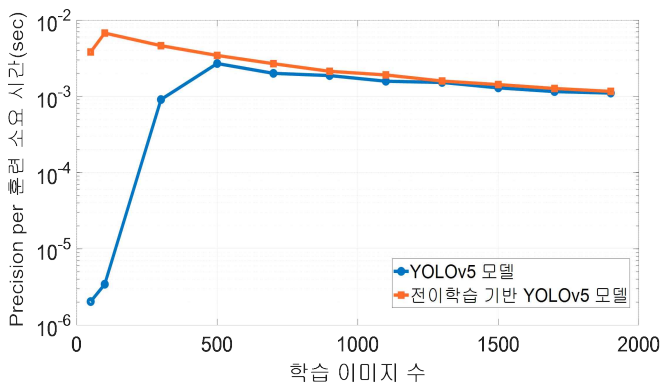


그림 3. Precision 효율 성능

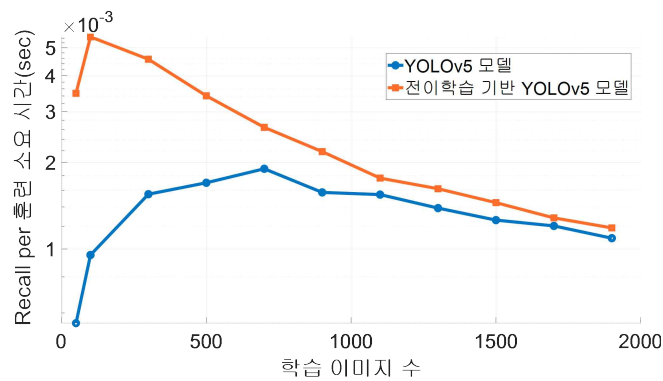


그림 4. Recall 효율 성능

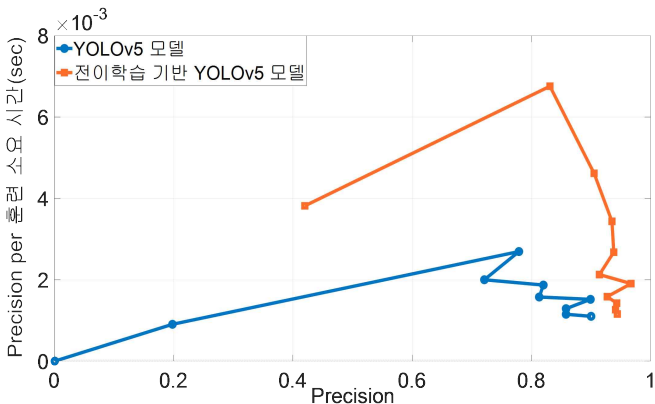


그림 5. Precision - Precision 효율 Region

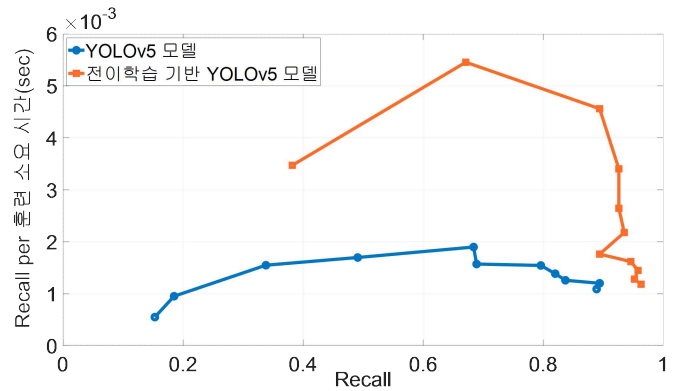


그림 6. Recall - Recall 효율 Region

### III. 결론

본 논문에서는 전이학습 활용 YOLO네트워크 기반 안티-드론 객체 탐지 시스템에서 훈련 소요시간 대비 Precision과 Recall의 효율 성능을 분석하였다. 전이학습 활용 YOLO 기반 안티-드론 객체탐지 시스템의 활용은 적은 학습 이미지 수에서 훈련 소요 시간 대비 Precision과 Recall 성능이 높은 효율을 달성함을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported in part by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (RS-2023-00214142), and in part by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) program(IITP-2023-RS-2022-00156409) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation).

### 참고 문헌

- [1] N. Al-Qubaydhi, et al., "Detection of unauthorized unmanned aerial vehicles using YOLOv5 and transfer learning," *Electronics*, vol. 11, p. 2669, Aug. 2022. (<https://doi.org/10.3390/electronics11172669>)
- [2] Younggyu Lee and Jinho Kang, "Performance Analysis by the Number of Learning Images on Anti-Drone Object Detection System with YOLO," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 49, no. 3, pp. 356-360, 2024. (<https://doi.org/10.7840/kics.2024.49.3.356>)
- [3] S. Shahinfar, et al., "How many images do I need? Understanding how sample size per class affects deep learning model performance metrics for balanced designs in autonomous wildlife monitoring," *Ecological Informatics*, vol. 57, 2020. (<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101085>)