

## GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식 모델 설계

김형주 박찬 박정현 김진아 문남미

호서대학교

kimhyungju01@gmail.com

## Bulky waste object recognition model design through GAN-based data augmentation

Hyungju Kim, Chan Park, Jeonghyeon Park, Jinah Kim, Nammee Moon,  
Hoseo University

## 요약

폐기물 관리는 전 세계적으로 환경, 사회, 경제 문제를 일으키고 있다. 이러한 문제를 예방하고자 폐기물을 효율적으로 관리하기 위해, 인공지능을 통한 연구를 제안하고 있다. 따라서 본 논문에서는 GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식모델을 제안한다. Open Images Dataset V6와 AI Hub의 공공 데이터 셋을 융합하여 폐기물 품목에 해당하는 이미지들을 정제하고 라벨링한다. 이때, 실제 배출환경에서 발생할 수 있는 장애물로 인한 일부분만 노출된 폐기물, 부분 파손, 눅혀져 배출, 다양한 색상 등의 인식저해요소를 모델 학습에 반영할 수 있도록 일반적인 데이터 증강과 GAN을 통한 데이터 증강을 병합 사용한다. 이후 YOLOv4 기반 폐기물 이미지 인식 모델 학습을 진행하고, 학습된 이미지 인식 모델에 대한 검증 및 평가를 mAP, F1-Score 로 진행한다. 이를 통해 향후 스마트폰 애플리케이션과 융합하여 효율적인 폐기물 관리 체계를 구축할 수 있을 것이다.

## 1. 서론

폐기물 관리의 소홀로 인한 환경, 사회, 경제 문제가 전 세계적으로 대두되고 있다[1, 2, 3]. 전 세계적으로 고형폐기물 배출량은 2100년까지 3배 가까이 증가할 것으로 예상된다[1]. 대표적으로, 캄보디아의 수도 프놈펜에서는 고형폐기물 관리 체계의 미흡으로 인해 2015년 635,000톤의 고형폐기물이 태워지거나 매립되었으며, CO(일산화탄소), CO<sub>2</sub>(이산화탄소) 등의 오염물질 배출의 원인이 되고 있다[2].

이러한 문제를 예방하고자 폐기물을 효율적으로 관리하기 위해 다양한 분야에서 연구를 제안하고 있다[3, 4, 5]. 사회적 연구로는 지역마다 커뮤니케이션 센터를 설립하고, 재활용에 따른 이점에 대한 캠페인을 진행하고 교육하는 연구가 제안되었다[3]. 해당 연구를 통해 이탈리아의 나폴리와 팔레르모 도시의 경우, 폐기물에서 종이와 판자 등의 재활용 폐기물을 회수했을 때 1,500만 유로(한화 200억)의 경제적 창출이 가능하다는 결과가 있다[3].

폐기물을 관리하기 위한 다른 연구로는 인공지능을 사용하여 폐기물을 인식하는 연구가 제안되었다[4, 5]. SVM(Support Vector Machine), ANN(Artificial Neural Network) 등의 인식 성능 정확도를 비교하여 효율적인 폐기물 인식모델을 제안하였다[4]. 딥러닝을 사용한 연구에서는 ResNet18 모델을 사용하여 재활용이 가능한 폐기물을 인식하는 연구를 제안하였다[5]. 하지만, 실제 배출환경에서 발생할 수 있는 장애물로 인한 일부분만 노출된 폐기물, 부분 파손, 눅혀져 배출, 다양한 색상 등의 인식저해요소를 모델 학습에 반영하지 않았기 때문에 폐기물 인식 성능에 한계점이 있다.

본 논문에서는 이러한 인식 저해요소로 인한 인식모델의 정확도 하락을 방지하기 위해 GAN(Generative Adversarial Networks)을 사용한 데이터 증강과정을 제안함으로써 다양한 폐기물에 대한 인식 정확도 향상을 기대한다. 또한, 인공지능을 통한 폐기물 인식 과정을 거쳐, 해당 폐기물의 품목을 도출하는 GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식모델을 제안하고자 한다.

## 2. 관련연구

## 2.1 객체 인식

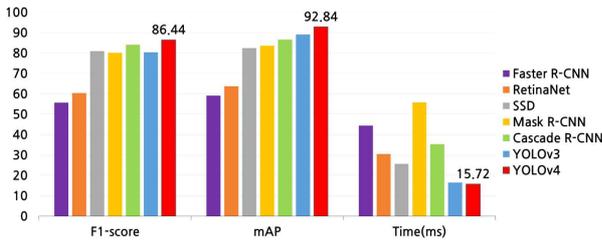
객체 인식은 인공지능에 이미지 데이터를 학습시키고 특징 추출 (Feature extraction)을 통해 특정한 객체를 인식하는 방법이다. 객체 인식을 사용하여 폐기물 인식을 진행한 연구가 제안되었다[6, 7].

RCNN(Regions with Convolutional Neural Networks features)은 특정한 지역(Region)을 추출하고 해당 지역만 CNN 학습을 통해 객체 인식을 진행하는 모델이다. 이러한 RCNN 모델 중, Faster-RCNN을 이용하여 폐기물을 인식하는 연구가 제안되었다[6].

SSD(Single Shot Detector)는 특징 추출 과정에서 발생하는 단계별 피쳐맵(Feature Map)에서 객체 인식을 수행하는 방식을 적용한 모델로, SSD와 딥러닝 모델인 MobileNet을 결합한 SSD-MobileNet을 사용한 폐기물 인식 연구가 제안되었다[7].

2022년 YOLO(You Only Look Once)v4기반의 객체 인식 및 탐지 모델을 제안한 연구에서 mAP(Mean Average Precision)가 Faster-RCNN은 59.17, SSD는 82.52, YOLOv4는 92.84를 기록하였

대[8]. 이를 통해 YOLOv4 모델이 앞서 제안된 연구들보다 성능이 우수하였다. 해당 결과는 아래 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 객체 인식모델 성능 지표

YOLOv4는 객체 인식 및 탐지에서 사용하는 딥러닝 모델로 단일 신경망으로 구성되어 있어서 연산 시간이 빠른 장점이 있다[8]. 본 논문에서는 YOLOv4 기반 딥러닝 모델을 통해 폐기물 이미지 인식 모델 학습을 진행하여 폐기물을 인식하는 모델을 제안한다.

### 2.2 데이터 증강(가제)

이미지 데이터를 통해 진행하는 데이터 증강은 이미지를 다양한 방식으로 편집하여 이미지의 개수를 증가시키는 것이다. 이미지 데이터를 증강하는 일반적인 방법으로는 Crop(자르기), Flip(뒤집기), Rotate(회전하기), Contrast(대조) 등을 사용하고 있다[9].



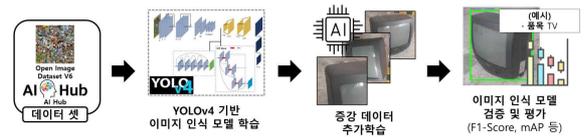
(그림 2) 이미지 데이터를 통한 데이터 증강

하지만, 폐기물 인식을 예로 들어, 이러한 일반적인 데이터 증강을 폐기물 인식에 적용할 경우 폐기물 일부분이 가려져 있거나, 파손되었을 때 인식 정확도가 하락할 수 있으며, 다양한 색상을 가진 폐기물의 경우, 해당 색상에 맞는 폐기물 이미지를 학습해야 하는 한계점이 있다. 따라서, GAN을 통한 데이터 증강 연구가 제안되었다[10, 11]. 일부분이 가려진 얼굴 사진을 GAN을 사용하여 원본 사진에 가깝게 복원하는 연구가 제안되었다[10]. GAN을 통해 이미지의 색상을 변경하는 연구로는 CycleGAN이 제안되었다. CycleGAN의 경우, Cycle-consistency loss를 통해 이미지의 형태를 왜곡시키지 않고 색상만을 변경하는 GAN 모델 중 하나이다[11].

그러하여 본 논문에서는 실제 배출환경에서 발생할 수 있는 폐기물 일부분이 가려짐, 파손, 누혀져 배출, 다양한 색상 등의 인식저해요소로 인한 인식 정확도 하락을 방지하고자 일반적인 데이터 증강과 GAN을 통한 데이터 증강의 병합 사용을 제안한다.

### 3. GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식

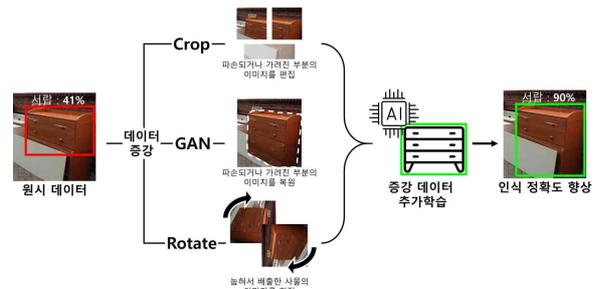
GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식의 개요는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) GAN 기반 데이터 증강을 통한 폐기물 객체 인식의 개요

학습과 검증에 사용되는 Open Images Dataset V6는 약 900만개 이상의 이미지 데이터로 구성되어 있으며, AI Hub의 공공 데이터 셋과 융합하여 폐기물 품목에 해당하는 이미지들을 정제하고 라벨링 하는 과정을 진행하여 데이터 셋을 구성한다. 이때, 이미지 인식을 위한 모델은 YOLOv4를 사용하며 정확도 향상을 위한 증강 데이터를 추가적으로 학습한다.

폐기물 품목에 해당하는 학습 데이터 셋을 바탕으로 YOLOv4 기반 이미지 인식 모델 학습을 진행하게 된다. 이때, 학습 모델의 인식저해요소를 개선하여 정확도를 향상하기 위해 증강된 데이터의 추가적인 학습을 진행한다. 증강 기법은 Crop, GAN, Rotate를 사용하고 증강 데이터를 통한 인식 정확도 향상의 구조는 아래 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 증강 데이터 학습을 통한 인식 정확도 향상 과정

이후 학습된 이미지 인식 모델에 대한 검증 및 평가를 mAP, F1-Score로 진행한다.

### 4. 결론 및 기대효과

본 논문에서는 GAN을 기반으로 한 데이터 증강을 통해 폐기물 객체 인식 모델을 제안하였다. 학습에 사용되는 데이터 셋은 Open Images Dataset V6와 AI Hub의 공공 데이터 셋을 융합하여 데이터 셋을 구성하고자 하였다. 이후 폐기물 품목에 해당하는 이미지들로 YOLOv4 기반 이미지 인식 모델 학습을 제안 하였으며, crop, GAN, rotate 등의 기법을 사용한 데이터 증강 방법을 제안하였다. 이후 학습된 인식 모델의 평가는 F1-Score와 객체 인식을 평가 지표인 mAP를 사용하고자 하였다.

향후 학습 모델의 도입으로 수동적이었던 프로세스들의 자동화로 인한 소비자들의 편의성 증대와 타분야로의 확장 적용 가능성을 기대할

수 있다.

### ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF- 2021R1A2C2011966).

adversarial networks," In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, pp. 2223-2232, 2017.

### 참고문헌

- [1] Minelgaitė, A., Liobikienė, G., "Waste problem in European Union and its influence on waste management behaviours", *Science of the Total Environment*, Vol. 667, pp. 86-93, 2019.
- [2] Ferronato, N., Torretta, V., "Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues", *International journal of environmental research and public health* Vol. 16, No. 6, pp. 1060-1087, 2019.
- [3] De Feo, G., Ferrara, C., Iannone, V., Parente, P., "Improving the efficacy of municipal solid waste collection with a communicative approach based on easily understandable indicators", *Science of the Total Environment*, Vol. 651, pp. 2380-2390, 2019.
- [4] Guo, H. N., Wu, S. B., Tian, Y. J., Zhang, J., Liu, H. T., "Application of machine learning methods for the prediction of organic solid waste treatment and recycling processes: A review", *Bioresource technology* Vol. 319, No. 124114, pp. 1-13, 2021.
- [5] Zhang, Q., Zhang, X., Mu, X., Wang, Z., Tian, R., Wang, X., Liu, X., "Recyclable waste image recognition based on deep learning", *Resources, Conservation and Recycling* Vol. 171, No. 105636, pp. 1-10, 2021.
- [6] Sousa, J., Rebelo, A., Cardoso, J. S., "Automation of waste sorting with deep learning", In 2019 XV Workshop de Visão Computacional (WVC), pp. 43-48, 2019.
- [7] Thokrairak, S., Thibuy, K., Jitngernmadan, P., "Valuable Waste Classification Modeling based on SSD-MobileNet", In 2020-5th International Conference on Information Technology (InCIT), pp. 228-232, 2020.
- [8] Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., Liao, H. Y. M., "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection", arXiv preprint arXiv:2004.10934, pp. 1-17, 2020.
- [9] Shorten, C., Khoshgoftaar, T. M., "A survey on image data augmentation for deep learning", *Journal of big data*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-48, 2019.
- [10] Zhu, H., Zhao, K., Yang, M., Zhu, Y., Wang, Z., "A Study on Intelligent Obscured Face Image Completion System Based on GAN Network." In *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2033, No. 1, pp. 012002, 2021.
- [11] Zhu, J. Y., Park, T., Isola, P., Efros, A. A., "Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent