

YOLO v8을 이용한 분리수거 보조 장치

김민호, 신민혁, 이상기, 이세훈, 강병권

순천향대학교 정보통신공학과

kiminho9946@gmail.com, bgkang@sch.ac.kr

Waste Sorting Assistant Device using YOLO v8

Min Ho Kim, Min Hyuk Shin, Sang Gi Lee, Seh Un LEE Byeong-Gwon Kang

Dept. of Information and Communication Engineering, SoonChunHyang University

요약

본 연구는 YOLO 알고리즘을 기반으로 한 최적화 기법과 하이퍼파라미터 조정하여 플라스틱 재활용 문제를 해결하는 문제에 초점을 맞추고 있다. 이를 통해 플라스틱 쓰레기를 효율적으로 분류하고 재활용 공정으로 원활하게 이동시키는 푸시 시스템을 고려한다. 이러한 기술적 접근은 플라스틱의 재활용률을 현저히 증가시켜 환경적, 경제적 이득을 가져올 것으로 기대된다. 이 연구는 환경 보호와 자원의 지속 가능한 관리에 긍정적인 변화를 가져올 수 있는 새로운 방안을 제시한다.

I. 서론

우리나라에서는 환경 보호와 지속 가능한 자원 관리를 목표로 다양한 재활용 정책들을 시행하고 있음에도 불구하고, 실제로 재활용되는 플라스틱의 양은 기대에 못 미치는 실정이다. 2021년 기준으로 가정과 사무실에서 배출하는 플라스틱 쓰레기의 총량은 연간 1192만톤 달하며, 이 중 178만톤(55.1%)은 소각되거나 매립되어 환경 오염의 주범이 되고 있다. 나머지 145만톤(44.9%)만이 재활용품으로 분리수거되고 있으나, 환경부의 보고에 따르면 실제로 선별장을 거쳐 재활용되는 플라스틱은 분리수거된 물량의 절반 수준인 53.6%에 불과하다. 이는 사용되는 양을 제외하고 물질 형태로 재활용되는 양이 총 44만톤 그친다는 것을 의미한다. 더욱 심각한 문제는 가정에서 열심히 분리 배출한 폐플라스틱조차도 대부분이 재활용되지 못하고 버려진다는 점이다. 실제로 가정에서 분리 배출한 폐플라스틱의 69.3%는 재활용되지 못한 채 폐기된다. 이러한 낮은 재활용률의 주된 원인 중 하나로 폐트병에서 발생하는 문제를 들 수 있다. 폐트병은 라벨이나 이물질이 붙어 있어 재활용 과정에서 큰 어려움을 겪고 있다. 재활용을 위해서는 폐트병이 깨끗하게 배출되어야 하지만, 현실에서는 라벨 제거나 이물질 제거가 충분히 이루어지지 않아 재활용 공장에서 큰 골칫거리가 되고 있다. 특히 선별장에서 폐트병을 압축하는 과정에서 올리브기름 등이 든 플라스틱병이 터져 다른 폐트병에 기름이 묻어 재활용할 수 없어지는 사례도 발생하고 있다. 이와 같이 플라스틱 재활용 현황은 다양한 어려움에 직면해 있으며, 이는 환경 보호와 자원의 지속 가능한 관리를 위한 더 효율적이고 혁신적인 접근 방법이 필요함을 시사한다. 본 연구에서는 기존에 적용되는 YOLO 알고리즘의 성능을 더욱 향상하기 위해 최적화 기법 및 하이퍼파라미터 조정에 중점을 두었으며, 특히, 분류 정확도를 최대화하고 처리 시간을 최소화하기 위해 다양한 최적화 알고리즘을 실험하고, 최적의 모델 구조를 찾아내어 적용한다. 또한, 분리된 플라스틱 쓰레기를 효율적으로 재활용 공정으로 이동시키기 위해 푸시 시스템을 도입한다. 이 시스템은 감지된 플라스틱 쓰레기를 자동으로 분류하고, 지정된 재

활용 경로로 전송하는 방안을 제시한다.

II. 본론

II - 1. 데이터 전처리 및 훈련과정

위 장치는 [그림 1]과 같은 형태의 알고리즘을 작성하여 작동하였다. 훈련할 이미지를 roboflow, AI hub 등을 이용하여 이미지를 수집하였다. 이후 YOLO v8 모델을 이용하여 학습을 진행했다. YOLO의 학습은 이미지를 픽셀 단위로 나누고 이후 바운딩 박스 각 셀 기준으로 예측을 한 후 필터링을 거쳐서 결과를 얻는다. 이때 데이터가 불균형이 발생할 때 over fitting이나 under fitting이 발생할 수 있다. 위와 같은 문제를 해결하기 위해 일정한 비율로 데이터를 가공하였다[2]. 위 실험의 경우 데이터의 비율을 7:2:1 비율로 구성했다.

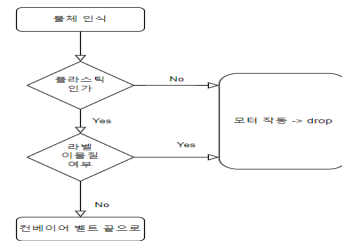


그림1.분리수거 보조 장치 알고리즘

Fig.1. Recycling aid algorithm

이후 훈련을 여러 가지 optimizer, epochs, batch size 등을 변경하며 가장 성능이 좋은 모델을 얻고자 하였다. 8회 정도 훈련을 진행하였다. 훈련을 진행할 때 일정한 임계점에 도달할 경우 학습을 더 진행하는 것은 성능에 영향을 끼치지 않는다. 일정 임계점 이상으로 훈련할 경우 over fitting

이 발생할 수도 있어 알맞은 epochs를 찾는 것이 중요하다. 알맞은 epochs를 찾은 후 optimizer 등을 변경하며 최적의 모델을 찾았다. 이때 각 모델의 성능은 정확도를 기준으로 평가한다. 정확도의 공식은 식(1)과 그림[2]을 기준으로 나타낼 수 있다.

$$Accuracy = \frac{TP + NP}{TP + NP + TF + NF} \quad (1)$$

		실제 정답	
		True	False
분류 결과	True	True Positive	False Positive
	False	False Negative	True Negative

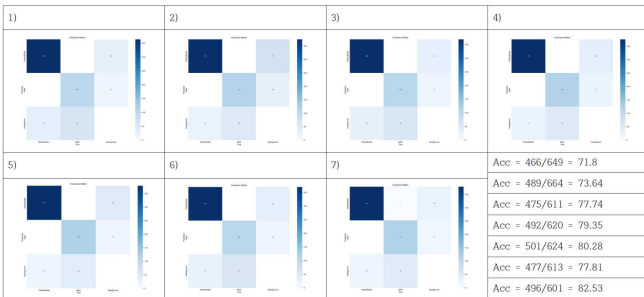
그림 2. 혼동 행렬

Fig 2. confusion matrix

표1과 같이 실험을 진행하였다. 아래 표1의 하단은 각각의 기준으로 모델을 돌렸을 때 결과이다. 위 실험의 결과 실험 7 이 가장 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있다. 위 모델을 기준으로 하여 쓰레기 분류 장치를 구현하고자 한다.

표 1. 훈련 결과
Table 1. train result

횟수	epochs	batch size	optimizer
1	150	16	ATUO
2	150	32	ATUO
3	200	16	ATUO
4	200	32	ATUO
5	200	32	Adam
6	200	32	NAdam
7	200	32	SGD



II - 2. 쓰레기 분류 장치

본 연구에서는 재활용할 페트병 쓰레기의 분류를 효율적으로 수행하기 위해 최적화된 모델을 사용하여 실험을 진행하였다. 본 실험의 목적은 일정한 속도로 컨베이어 벨트를 따라 이동하는 페트병을 목표 지점에 정확히 분류하는 것이다. 로봇 팔을 이용하여 라벨이 있는 쓰레기를 분류하는 방법 역시 좋은 아이디어이다.[2] 비용적인 측면에서 보았을 때 더 저렴한 방법을 생각하는 과정에서 옮기는 것이 아닌 밀어내는 방법을 고안하게 되었다. 본 실험의 첫 단계는 컨베이어 벨트의 속도를 정확히 측정하는 것이다. 이는 컨베이어 벨트의 이동 거리와 소요 시간을 측정함으로써 수행되었으며, 이러한 정밀한 측정을 통해 벨트의 운동 특성을 파악할 수 있다. 해당 데이터의 경우 모터의 작동 시점을 결정하는 데 있어 중요한 기초 정보로 활용된다. 다음으로, 모터의 반응 시간, 즉 신호가 발생한 후 모터가 실제로 작동하기 시작하는 데까지 걸리는 시간을, 실험을 통해 측정한다. 이 반응 시간은 모터 작동 타이밍을 결정하는 데 있어 중요한 변수로 작용한다. 본 연구에서는 해당 시간 지연을 정량적으로 계산하

여, 모터가 작동해야 하는 최적의 시점을 결정하는 기준으로 삼았다. 물체를 목표 지점에서 정확히 분류하기 위해서는 물체가 목표 지점에 도달하기 직전까지 컨베이어 벨트와 동일한 속도를 유지해야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 모터가 작동하는 정확한 시점을 '목표 지점 도달 시간 - 모터 반응 시간'이라는 공식을 사용하여 계산하였다. 이 과정을 통해 모터 작동 시점의 정확성을 높이고, 물체를 원하는 지점에서 정확하게 분류할 수 있다. 마지막으로, 분류 과정에서 DC 모터는 물체를 컨베이어 벨트와 동일한 속도로 올려 해당 속도에 도달할 수 있도록 적절히 조절되어야 한다. 이를 통해 물체는 목표 지점에서 정확하게 분류될 수 있으며, 이는 재활용 과정의 효율성과 정확도를 향상하는 데 이바지할 것이다.

III. 결론

우리나라에서 플라스틱 재활용 문제는 환경 보호와 지속 가능한 자원 관리를 위해 극복해야 하는 중요한 과제 중 하나이다. 현 시점에서 재활용되지 않는 플라스틱의 양이 매우 높은 상태로, 이러한 상황은 환경오염을 가중시키고 자원의 낭비를 초래하고 있다는 점에서 큰 문제로 정의될 수 있다. 본 연구는 YOLO 알고리즘을 활용한 최적화 기법 및 하이퍼파라미터 조정을 통해 이 문제에 새로운 접근을 시도하였다. 제안된 시스템은 플라스틱 쓰레기의 분류 효율을 향상 시키며, 재활용 공정으로의 원활한 흐름을 돕는 푸시 시스템을 제공함으로써 재활용률을 높이는 방법을 제시한다. 이 시스템의 도입은 재활용 효율의 증가, 환경적 이득, 그리고 경제적 이득이라는 세 가지 주요 기대효과를 가지고 있다. 자동화된 분류 시스템을 통해 플라스틱 쓰레기의 재활용률이 현저히 증가하여, 지속 가능한 자원 관리에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 또한, 재활용률의 증가는 소각 및 매립되는 플라스틱의 양을 줄여 대기오염 감소에 기여하게 될 것이다. 이는 궁극적으로 탄소 배출 감소 목표 달성에도 도움이 될 것이다. 마지막으로, 효율적인 분류 및 재활용 과정을 통해 비용을 절감하고 재활용 제품 시장 내에서의 수익성을 향상시킬 수 있다. 종합적으로, 본 연구에서 제안된 시스템을 통한 기술적 접근법은 플라스틱 재활용의 효율성을 크게 높이며, 환경 보호와 자원의 지속 가능한 관리라는 우리 사회의 큰 과제에 중요한 해결책을 제공한다. 이는 단순히 재활용률을 증가시키는 것을 넘어 대한민국의 지속 가능한 발전 전략에 기여하며, 글로벌 환경 문제에 대한 책임 있는 대응을 모색하는 중요한 발판이 될 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 2024년도 SW 중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음"(2021-0-01399)

참 고 문 헌

- [1] W. Lan, J. Dang, Y. Wang and S. Wang, "Pedestrian Detection Based on YOLO Network Model," 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), Changchun, China, 2018, pp. 1547-1551, doi: 10.1109/ICMA.2018.8484698.
- [2] 김영훈, et al. "분리수거 로봇의 필요성." 한국정보처리학회 학술대회 논문집 28.2 (2021): 1235-1238.