

생활 쓰레기의 재질 별 분리수거 안내 서비스

김윤지, 성예은, 김진영, 염다빈, 유소린, 최승호*
이화여자대학교, 한성대학교

*jcn99250@naver.com

Information on Separation of Household Waste by Material

Kim Younji, Seong Ye-eun, Kim Jin Young, Yeom Dabin, Yoo Solin, Choi Seoung-Ho*
Ewha W. Univ, Hansung Univ.

요약

생활폐기물을 줄이기 위해 올바른 분리배출 방법을 광고하거나, 생활폐기물에서 재활용 가능자원만 분리배출하는 등 노력이 시행되고 있다. 단일 재질 쓰레기의 경우엔 분리배출 표시가 있지만, 복합 재질 쓰레기는 명확한 표시조차 없다. 이를 개선하고자 -스티커가 붙어있는 유리병처럼- 복합 재질로 구성된 쓰레기의 영역별 재질을 인식하고, 재질 별 분리수거 방법을 안내하는 프로그램을 제안한다. 직접 수집한 데이터와 Ai-Hub 데이터를 바탕으로 데이터 세트를 구축하고, 7 개의 재질 클래스로 레이블링한다. 입력된 이미지는 Instance Segmentation 을 통해 재질 별로 영역을 인식하고 나타낸다. 모델 Detectron2 와 YOLOv8 을 훈련 후, 각 모델의 AP score, IOU 그리고 confusion matrix 성능 지표를 분석했다. YOLOv8 의 경우엔 모델이 인식한 재질의 영역 출력과 재질에 해당하는 안내문을 출력할 수 있음을 확인했다.

I. 서론

코로나로 인해 팬데믹을 거치며 전세계 폐기물 발생량이 급증했다. 네이처 리뷰에 따르면, 마스크 착용이나 온라인 배송 등의 증가로 전 세계 플라스틱 배출량은 2020 년 최소 두 배로 늘었다.[1] 이에 따라 폐기물의 감소를 위해 생활 속에서 재활용의 중요성이 대두되고 있다. 하지만 복잡한 분리수거 원칙에 많은 사람들이 어려움은 겪고 있다. 최근 대학가 인근 자치촌의 재활용 미분리 쓰레기 배출 문제가 심각한 가운데 대다수가 '잘 몰라서'를 이유로 답했다. [2]

이에 분리수거 규칙에 사람들이 쉽게 접근하여 알 수 있도록 하는 것이 필요하며, 각 재질을 어떻게 구분하여 분리수거를 해야 하는지 알려주는 것이 중요하다. 본 논문에서는 일상 생활 속 헷갈리는 분리수거에 도움을 주고자 생활 폐기물의 부위별 재질을 인식하고 재질에 맞는 분리수거 방법을 안내하는 시스템을 설계하고자 했다.

II. 본론

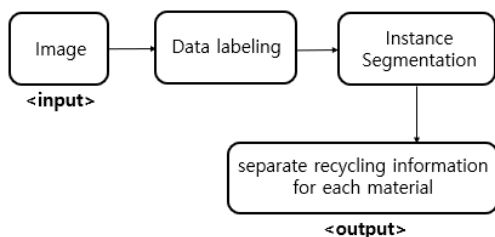


Figure 1. Our Proposal

본 논문에서 제안하는 방법을 Figure 1 과 같다. 먼저 사용자가 쓰레기의 사진을 촬영하여 이미지 데이터를 딥러닝 모델에 입력한다. 딥러닝 모델이 다른 재질로

구성된 부위를 인식하고 재질 별 분리수거 방법 안내 문구가 함께 출력된다.

데이터셋은 오픈 데이터셋, 검색한 이미지와 직접 찍은 이미지로 구성했다. 오픈 데이터셋은 Ai-Hub 의 '생활 폐기물 탐지 및 분류를 위한 생활 폐기물 15 종 이미지 데이터'[4]에서 일부를 사용하였다. 단일 재료로 구성된 이미지 데이터이지만 재료 별 인식의 정확도를 높이기 위해서 사용하였다.



Figure 2. Dataset example

이후 Roboflow[5]의 툴을 활용하여 polygon 으로 각 재질 별 영역을 구분하는 데이터 annotation 을 진행하였다. 총 672 개의 이미지 데이터에서 segmentation labeling annotation 을 진행하였다. Segmentation class 는 plastic, paper, vinyl, steel, rubber, trash 그리고 glass 로 총 7 개이다.

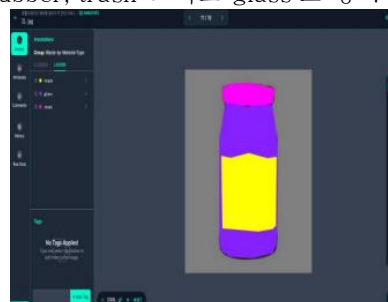


Figure 3. Data annotation example

다음으로는 Instance Segmentation 기법을 적용하였다. 주요 라이브러리는 Detectron2[5], YOLOv8[6] 등을 사용하여 쓰레기 이미지에서 각 영역의 재질을 인식했다. Detectron2 를 사용한 모델은 Tensorboard 를 이용하여 데이터 해석을 진행했다. 백본 네트워크 알고리즘을 FPN, C4, DC5 로 각각 설정했을 때의 AP 값을 구하여 비교를 진행한 결과, Detectron2 내에서는 FPN 으로 설정 시 예측의 정확성이 가장 높다는 것을 확인할 수 있었다.

Network	Train	Validation	Test
FPN	21.325	38.210	75.361
C4	20.878	31.103	71.411
DC5	23.259	36.059	75.023

Table 1. Dataset Configuration



Figure 4. Detectron2 model output example

YOLOv8 도 마찬가지로 Roboflow 에서 데이터셋을 코드로 바로 연결해 진행했다. 테스트 단계에서 기존 데이터셋과 predict 단계 이후의 예측 데이터가 매칭이 되지 않아 테스트 단계에서의 평가지표는 구하지 못했다. 훈련 단계에서의 Confusion Matrix 결과는 Figure 5 와 같다. 유리, 종이, 플라스틱, 비닐의 예측 정확성이 높은 것을 확인했다.



Figure 5. YOLOv8 performance

모델 학습 후, Figure 6 와 같이 재질이 인식되는 것을 확인했다.



Figure 6. YOLOv8 model output example

III. 결론

분리수거의 바른 방법 안내를 위해 지자체에서도 안내 책자를 부여하는 등의 노력을 하고 있지만 다 외울 수 없고, 분리수거가 헛갈릴 때마다 일일이 찾아봐야 하는 수고로움이 있다. 또한 내가 판단한 재질이 맞는지 스스로 확인하기 어렵다. 이를 개선하고자 사진을 통해 바로 재질을 알아낼 수 있는 프로그램을 제안했다. 기존에 존재하는 딥 러닝을 활용한 분리수거 시스템들은 단일 재질에 대해서 object detection 이나 classification 을 사용하는 반면에 다양한 class 의 재질로 분류할 수 있다는 점에서 차별성이 있다. 수집된 데이터에서 다양한 재질로 구성된 쓰레기 데이터가 많지 않아서 처음 목표로 하였던 여러가지 구체적인 분리수거 안내문구를 출력하는 부분에서 제한이 있었다. 추후 연구에서 같은 색의 플라스틱에 대한 세부 재질 구분, 더 복잡하고 많은 class 에 대한 인식과 안내문구 출력을 진행하고 application 으로 개발하여 서비스를 발전시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 조선일보 [Internet]. <https://www.chosun.com/economy/weeklybiz/2023/03/02/YASFJKIHUNCTRMO4CNC5TEYSFA/>
- [2] 오마이뉴스 [Internet]. https://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002938461
- [3] AIHub [Internet]. <https://www.aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=115&topMenu=100&aihubDataSe=data&dataSetSn=140>
- [4] Roboflow [Internet]. <https://app.roboflow.com/login>
- [5] Detectron2 [Internet]. <https://roboflow.com/model/detectron2>
- [5] YOLOv8 [Internet]. <https://yolov8.com/>