CNN 기반 생활폐기물 분류 시스템의 설계

강민지, 한혜진, 송미화 [1]
[1] 세명대학교 스마트 IT 학부
fishrimo04@semyung.ac.kr, jin7250@naver.com, mhsong@semyung.ac.kr

Design of CNN-based Household Waste Classification System

Min-Ji kang, Hye-Jin Han, Mi-Hwa Song[1]
[1]School of Smart IT , Semyung University

요 약

코로나 19 장기화로 비대면, 원격 수업, 재택 근무 등 생활 형태가 변하면서 일회용품 쓰레기도 증가했다. 분리배출 표시제도가 자주 변경되어 가정에서 판단시 어려움을 느낄 수 있다. 이에 본 연구에서는 재활용 가능 여부를 알려주고, 생활폐기물의 수거 기준에 맞는 처리방법을 알 수 있도록 돕는 분류 시스템을 개발하고 평가한다.

1. 서론

코로나 19 장기화로 비대면, 원격 수업, 재택 근무 등 생활형태가 변하면서 택배 와 음식 배달 · 포장 등이 늘어나 일회용품 쓰레기도 증가했다. 환경부에 따르면 지난해 전국으로 배송으로 인해 발생하는 전년 같은 기간 대비 종이 폐기물 24.8%, 플라스틱 18.9%, 무제 완충재로 쓰이는 발포수지 14.4%, 포장용 비닐 9%, 가장 많은 양을 차지하는 종량제(생활폐기물)는 4.7% 증가했다. 그리고 환경부는 '분리배출 표시에 관한 지침' 일부 개정안을 올해 1 월 1 일부터 시행했다. 현행 분리배출 표시 제도는 실제 재활용이 어려운 제품 · 포장재에도 동일한 분리배출 표시를 하도록 했다. 분리배출을 올바르게 하지 않아 재활용품 수거함에 섞이게 되면 시간과 비용이 그만큼 늘어난다.

이렇듯 분리배출 표시제도는 너무 자주 바뀌었고 소비자 받아들이기 복잡하다. 그래서 본 논문에서는 이 제품은 재활용의 여부를 더 쉽게 알릴 수 있는 방법을 딥러닝을 활용하여 생활폐기물의 이미지를 인식하여 생활폐기물 수거 기준에 맞게 폐기물 처리 방법을 쉽게 도와주는 생활폐기물 분류 시스템을 개발한다[1-3].

2. 관련 연구

2.1 폐기물

폐기물은 폐기물관리법에 따라 '생활폐기물'과 '사업장폐기물로 분류된다(그림 1). 생활폐기물이라 함은 사업장 폐기물 외의 폐기물을 말하며, 사업장폐기물은 공업배치 및 공장설립에 관한 법률 제 2 조제 1 호의 규정에 의한 공장으로서 대한환경보전법 · 수질환경보전법 또는 소음 · 진동규제법의 규정에 의하여 배출시설을 설치 · 운영하는 사업장, 그 외에 지정폐기물을 배출하는 사업장, 폐기물을 1 일 평균 300kg 이상 배출하는 일련의 공사 · 작업 등으로 인하여 폐기물을 5 톤이상 배출하는 사업장에서 발생하는 폐기물을 말한다[4].

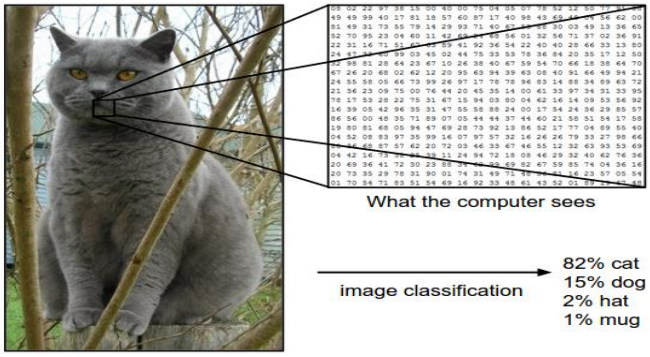
(그림 1) 폐기물관리법의 폐기물 분류체계

2.2 이미지 분류

이미지 분류 문제란, 입력된 이미지를 미리 정해진 카테고리 중 하나의 라벨로 분류하는 문제다. 문제 정의는 매우 간단하지만 다양한 활용 가능성이 있는 컴퓨터 비전 분야의 핵심적인 문제 중의 하나이다. 이미지는 0~255 정수 범위의 값을 가지는 Width(너비) x Height(높이) x 3 의 크기의 3 차원 배열이다. 3 은 RGB 로 구성된 3 개의 채널을 의미한다.

예를 들어, 아래 (그림 2)의 이미지 분류 모델은 하나의 이미지와 4 개의 분류 가능한 라벨 {cat, dog, hat, mug}이 있다. 그림에서 보다시피, 컴퓨터에서 이미지는 3 차원 배열로 표현된다. 이 예시에서 고양이 이미지는 가로 248 픽셀, 세로 400 픽셀로 구성되어 있고,

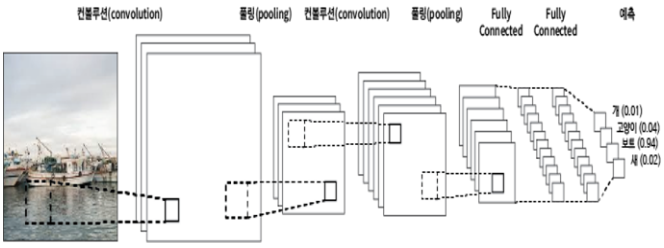
Red, Green, Blue 3 개의 색상 채널이 있다. 따라서 이 이미지는 248x400x3 개의 픽셀로 구성되어 있다. 각 픽셀의 값은 0~255 범위의 정수 값이다. 이미지 분류 문제는 이 수많은 값들은 “cat”이라는 하나의 라벨로 변경한다.



(그림 2) 고양이 이미지로 4 개의 라벨로 분류

2.3 이미지 분류의 주요 모델 비교

다층 퍼셉트론의 한계를 보완하기 위해 CNN 이 고안되었다. 그림 3 에서 보듯이 CNN 은 인간의 시신경 구조를 모방하나 Convolution 과 Pooling 을 반복해 특징(Feature)을 추출하고, 완전연결계층(Fully Connected Layers)을 통해 입력된 이미지를 분류하기 위한 변별적 학습을 수행한다. CNN 은 학습해야 할 전체 파라미터 수를 감소시켜 빠른 학습 속도와 우수한 일반화 능력을 가질 수 있도록 도와준다.



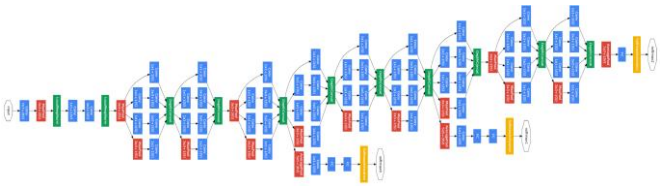
(그림 3) CNN

인간의 뉴런 구조를 모방한 퍼셉트론처럼 Convolution 은 인간의 시신경 구조를 모방한 Convolutional Kernel 을 이용해 이루어진다. 시신경은 작은 수용 영역(Local Receptive Field)을 가지며, 수용 영역에 해당하는 시각 자극에만 반응해 단순한 특징을 추출하고, 그 정보들이 조합되어 뇌로 전달된다.

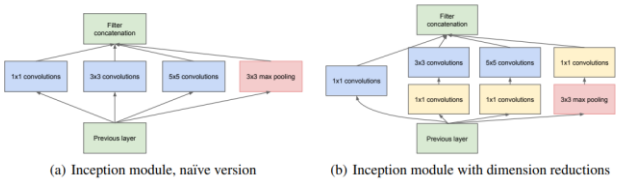
VGG-16 은 Oxford 에서 개발한 모델로, ImageNet 2013 대회에서 97.2%로 우승을 했다. 그림 4 의 구조를 보면 위에서 본 CNN 과 같이 Convolution 과 Pooling 을 반복하고, 마지막에 완전연결층(Fully Connected, FC)으로 구성된다.

(그림 4) VGG-16 구조

GoogLeNet 은 Google 에서 개발한 모델 (그림 5)로 2014 년 ILSVRC 에서 VGG 를 이기고 우승한 알고리즘으로 22 레이어로 구성되어있다. 1X1 convolution 을 사용하며 이 모델의 주요 특징은 연산을 하는 데 소모되는 자원의 사용 효율이 개선되었다는 점이다(그림 6). 성능을 최적화하기 위해 Hebbian principle 과 multi-scale processing 구조로 되어있다.

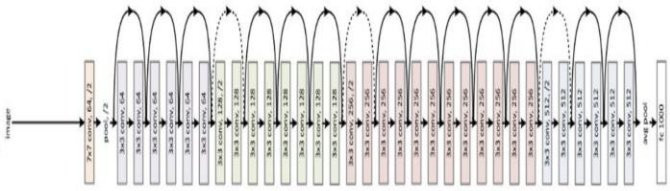


(그림 5) GoogleNet 구조



(그림 6) 연산량을 줄이기 위해 1X1 CONVOLUTION 추가

ResNet 은 Microsoft 에서 개발한 모델로, ImageNet 2016 대회에서 96.4%의 정확도로 우승했다. 그림 7 의 구조를 보면 VGG-16 과 같이 Convolution 과 Pooling 의 반복으로 통해 특징을 추출하고, 마지막에 완전연결층을 통해 분류하는 것을 볼 수 있다. 하지만 VGG-16 과 달리 이전 Layer 와 다음 Layer 을 이어주는 연결선이 존재하는 것을 볼 수 있다.



(그림 7) ResNet 구조

본 논문에서는 CNN 을 사용하여 이미지를 cardboard, glass, metal, paper, plastic 그 외는 trash 로 총 6 가지로 분류한다[5-7].

3. 생활폐기물 시스템의 설계 및 구현

3.1 생활폐기물 문제점

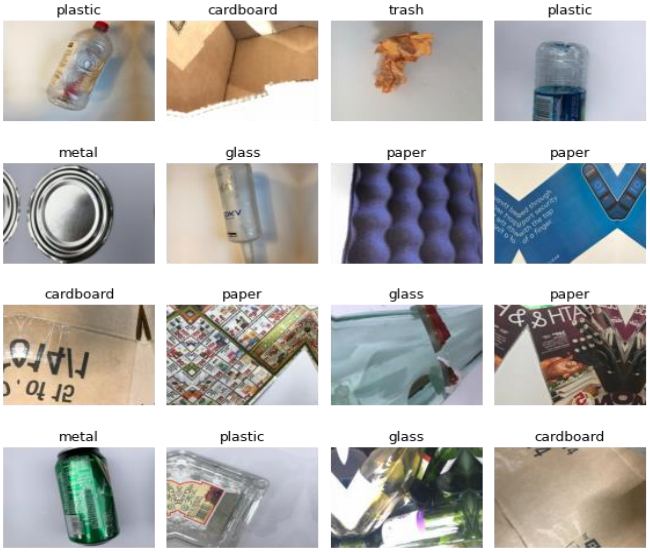
우리 나라 국민은 분리배출 방법을 얼마나 정확하게 알고 있을까? 본 조사는 환경부 및 몇 개의 유관기관이 함께 만들어 운영하는 '내 손 안의 분리배출' 애플리케이션 내용을 활용해 지식 측정 문항을 제시하고 정 · 오답을 분류했다. 재활용 분리배출 지식은 100 점 만점에 58 점 수준이었다. 또한, 분리배출 미준수 경험은 90%에 달했다. 재활용 또는 음식물 쓰레기를 일반쓰레기와 혼합 배출하는 행위는 과태료 부과 대상으로, 분리배출 기준 준수는 도덕적 기대가 아니라 엄연히 법규 위반에 해당한다는 인식의 확산이 필요하다[8-9].

3.2 데이터 추출 및 데이터 구성

Kaggle 의 Garbage Classification Dataset 은 'paper', 'trash', 'cardboard', 'metal', 'glass', 'plastic' 6 개의 하위 카테고리로 구성된다[10-11]. 데이터를 추출했으므로 이미지를 분할, 검증 및 테스트 이미지 폴더를 50-25-25 로 분할한다. 그 다음으로 ImageNet 디렉터리 규칙에 따라 대상 폴더를 만든다. 즉, 외부 폴더에 train, validation 및 test 라는 세개의 하위 폴더가 있다. 각각의 폴더에는 cardboard, glass, metal, paper, plastic 및 trash 가 있다.

3.3 생활폐기물 이미지 분류 과정

구글 드라이브에 저장되어 있는 데이터를 불러온다. 데이터의 파일과 폴더명 리스트 반환한 후 train, valid, test 구조로 분할한다. 전체 데이터의 50%를 train 폴더로 이동시키고 남은 데이터의 50%를 valid 폴더로 이동시킨다. 다음으로 데이터의 종류와 쓰레기 타입을 설정한다. 데이터, 데이터 종류, 쓰레기 타입의 디렉토리가 존재하지 않으면 폴더를 생성한다. test 폴더는 쓰레기 타입 디렉토리가 포함되지 않으므로 따로 작성해준다. 각 쓰레기 타입별로 파일들을 train, valid, test 폴더로 옮긴다. 변경된 디렉토리 구조를 확인해준다.



(그림 8) 지정한 행과 사이즈의 타입별 사진

3.4 실험결과

그림 9 는 상실 값이 큰 순서대로 보여준 결과이다. 예측/실제/상실/개요순으로 상실 값이 가장 큰 데이터는 값은 6.71 이고 메탈로 예측했으나 실제는 플라스틱이었다.

(그림 9) 상실값이 가장 큰 데이터 순으로 나타냄

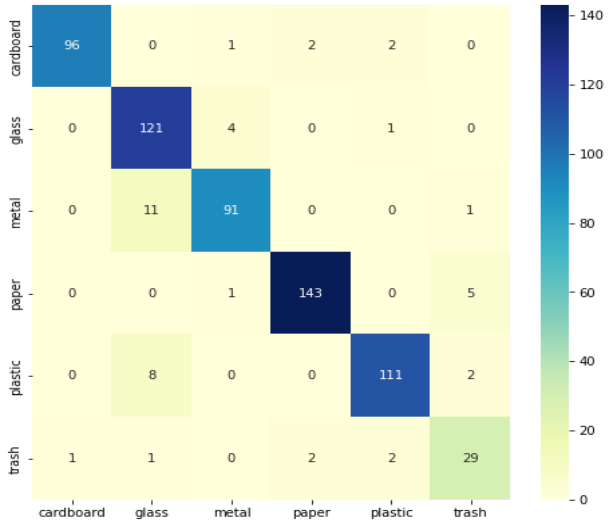
가장 혼동이 많이 되는 순서는 그림 10 과 같이 나타났다.

```
[('glass', 'metal', 7),
 ('plastic', 'metal', 6),
 ('cardboard', 'paper', 5),
 ('glass', 'plastic', 5),
 ('plastic', 'paper', 4),
 ('plastic', 'trash', 3),
 ('trash', 'paper', 3),
 ('metal', 'glass', 2),
 ('metal', 'trash', 2),
 ('paper', 'cardboard', 2),
 ('trash', 'cardboard', 2),
 ('cardboard', 'metal', 1),
 ('cardboard', 'trash', 1),
 ('glass', 'paper', 1),
 ('metal', 'plastic', 1),
 ('paper', 'glass', 1),
 ('paper', 'trash', 1),
 ('trash', 'glass', 1),
 ('trash', 'plastic', 1)]
```

(그림 10) 가장 혼동되는 조합

Test 데이터의 샘플 이미지를 그림 11 에서 확인한다.

(그림 11) test 이미지



(그림 12) test 이미지 예측 결과

테스트 이미지 예측 결과 143 으로 paper 가 가장 높았다(그림 12). 이 모델은 (그림 10)에서 본 것처럼 혼동하는 경우가 많다. 추가 조사가 이뤄진다면 이러한 실수를 줄이는데 도움될 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 딥러닝을 활용하여 생활폐기물 이미지를 인식하여 생활폐기물 수거 기준에 맞게 처리 방법을 쉽게 도와주는 분류 시스템을 개발하였다. Kaggle 에서 얻은 데이터 셋을 다운로드 한 후 코드를 분석했다. cardboard, glass, metal, paper, plastic, trash 로 분류하고 이미지를 분석하여 예측하고 실제와 비교하였다. 그리고 서로 비슷한 재질들이 있어서 가장 혼동이 되는 조합도 알아보았다.

향후 연구에서는 다음의 사항을 고려한 추가 연구 및 보완이 필요하다. 첫번째, 데이터의 불균형이다. Trash 데이터가 다른 데이터들에 비해 현저히 적어 trash 라고 예측하는 경우는 대부분 예측에 실패했다. 불균형 데이터 문제를 해결했을 때 더 좋은 성능을 낼 수 있을 것이다. 두번째는 이미지 전처리 작업을 수행하지 않을 경우 인식 결과에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 이미지 전처리 작업에 대한 연구가 추가적으로 이뤄져야 할 것이다. 만약 본 연구가 성공적으로 이뤄진다면, 더 나은 환경 보호 시스템을 구축해 나가고 사람들의 편리함도 증가하여 삶의 질도 상승할 것이다

참고문헌

[1] 최선영,“분리배출만 잘해도…생활 속 탄소중립 실천 방법은?”, 2021.06.24, https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148889163

[2] 김경은, “재활용 어려운 제품인데도 ‘분리배출’표시…분리 배출 표시제도 손본다”, 2021.02.23, https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=03011046628953472&mediaCodeNo=257

[3] 이지현, “22 년부터 복합재질 포장재, 종량제봉투에 담아 배출해야”, 2021.07.08, http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=93040

[4] 환경부 금강유역환경청, “폐기물”, 2022.04.07, http://m.me.go.kr/gg/web/index.do?menuId=2272

[5] 이종민. (2021). 컨볼루션 신경망 모델을 이용한 분류에서 입력 영상의 종류가 정확도에 미치는 영향. 의공학회지, 42(4), 167-174

[6] Christian Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, Andrew Rabinovich, Going deeper with convolutions,https://arxiv.org/pdf/1409.4842.pdf, 2014.09.17

[7] 남준영, 이혜민, Asif Ashraf Patankar, Hanxiang Wang, Yanfen Li, 문현준, “심층 신경망 기반의 생활폐기물 자동 분류”. 한국방송미디어공학회 학술발표대회 논문집,83-86.(2019).

[8] 심지영, “쓰레기 분리배출, 어느 장단에 기준에 맞추라는 건가요?”, 2021.04.13, http://www.thescoop.co.kr/news/articleView.html?idxno=50308

[9] 김수진, “ ‘쓰레기 종량제’ 26 년째…아직도 분리수거 함 앞에만 서면 갸우뚱”, 2021.08.12, https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2021080910060002110

[10] cchangcs, “Garbage Classification”, Kaggle, https://www.kaggle.com/datasets/asdasdasasdas/garbage-classification/discussion, 2022.04.10

[11] gibiee, “Trash_Classification”, Github, 2021.04.10, https://github.com/gibiee/Trash_Classification