

# CNN 전이학습을 적용한 RVM 종이팩 검사 기능 개발

## Development of the CNN Transfer-Learning based Inspection Function for Reverse Vending Machine (RVM) Cartons

○차 영 민<sup>1</sup>, 강 지 원<sup>1</sup>, 임 동 원<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> 수원대학교 기계공학과 (TEL:031-229-8675, E-mail: dwlim@suwon.ac.kr)

**Abstract** To protect the environment, the material recycling of domestic waste is necessary. One of precious resources from households is liquid cartons that are made of high-quality paper that can be reused for various products, including facial tissues, packaging boxes, and so forth. To promote recycling, this paper proposes the classification model based on Convolutional Neural Networks via Transfer Learning (CNN-TL) for collecting liquid packaging cartons in the Reverse Vending Machine (RVM). The RVM is an unmanned automatic waste collector, and so it needs the intelligence to inspect the inserted items. The Kaggle's public database was processed into the pre-trained DenseNet121 model and the proposed model was verified whether it can distinguish a liquid carton from other types of waste. The results show that the accuracy of detection was over 90%, and the testing time was less than 2 seconds by vision data of liquid cartons.

**Keywords** Liquid Packaging Carton, Recycling, Reverse Vending Machine, Artificial Intelligence, Convolutional Neural Networks, Transfer Learning

### 1. 서론

종이팩의 종이(펄프)부분은 최고급 펄프이며, 일반적으로 천연 펄프를 75%이상 포함하여 제작하고 있다. 천연펄프 부분은 폴리에틸렌과 분리하여 재활용될 수 있기 때문에 종이팩의 부가가치는 높게 평가 된다. 그러나 우리나라의 국내 폐지사용량 약 145만톤 중 혼합폐지는 9.8%를 차지하고 있고, 그 중 종이팩의 71%가 재활용되지 못하고 그대로 버려지고 있다. 이에 대한 원인으로 종이팩 수집단계 문제점들을 살펴보면 1. 종이팩 수거 인프라 미비, 2. 폐지와 종이팩 분리배출에 대한 낮은 국민의식, 3. 공동주택 관리의 어려움을 대표적인 문제로 들 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 국내에서는 RVM(Reverse Vending Machine)[1]을 이용하여 재활용을 독려하고 있다. RVM은 상시로 재활용 쓰레기를 수용할 수 있고, 보상을 통해 낮은 재활용 의식을 보완할 수 있다. 현재 국내 RVM을 이용한 사례는 종이팩의 바코드 인식을 통해 물체를 인식하여 해당 업체의 앱을 통해 마일리지로 보상을 제공

받는 방식이다. 그러나 이러한 방식은 바코드가 없는 경우나 사용자가 악의적으로 보상을 취하고자 바코드 인식 후 종이팩이 아닌 물건을 투입하는 경우 물체를 인식할 수 없다. 위와 같은 상황을 보완하기 위해 투입된 물체를 파악할 필요가 있다. 그 방법으로 최근 컴퓨터 비전을 이용한 인공지능 기반 분류방법이 각광을 받고 있다.

컴퓨터 비전 기반 인공지능 분류방법은 인공신경망을 이용하여 이미지의 특징들을 검출하여 학습 및 분류한다. 이를 통해 이미지분류와 객체 탐지가 가능하며, RVM에 적용하여 투입된 물체가 종이팩인지 아닌지 판별할 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문에서는 건전한 종이팩 폐기물 수거를 위한 비전 검사 방법을 제시한다. 합성곱 신경망을 [3]와 같이 전이학습시켜 인공지능 기반 이미지분류 방법을 제안하며, 방법의 실효성을 검증한다.

### 2. CNN 훈련 설계

본 실험에서는 학습에 필요한 데이터를 Kaggle open dataset[2]를 통해 그림 1과 같이 종이팩, 캔,

\* 본 논문은 중소벤처기업부의 2021년도 생활혁신형개발사업에서 지원하여 연구하였음. (No. S3199636)

페트병, 유리병 4종류의 이미지를 획득하여, 총 1,921개의 데이터 셋을 [3]과 같이 훈련 데이터, 검증 데이터, 시험 데이터로 나누고, 8:1:1 비율로 분할하여 사용하였다.



그림 1. 훈련에 사용된 데이터 사진 예시

실험에서는 Kaggle 가상환경에서 합성곱 신경망 모델 DenseNet121을 통해 전이학습 한 후, 정확도와 손실함수로 분류성능을 평가하였다. 이미지의 크기는 128x128로 재조정해주었고, 데이터 증진을 위해서 데이터에 회전, 확대, 좌우반전 과정을 수행하였다. 손실함수는 Binary-crossentropy, 옵티마이저는 Adam, 활성화 함수는 Sigmoid 함수, 배치사이즈는 1024, 에폭은 100으로 설정하고 과적합을 방지하기 위해 조기 종료하였다.

### 3. 실험 결과

실험결과 검증 데이터에서 다음 그림 2에서와 같이 손실함수 최솟값은 0.3388로 훈련 종료시 확인되었고, 정확도 최댓값은 0.8489로 나타났다.

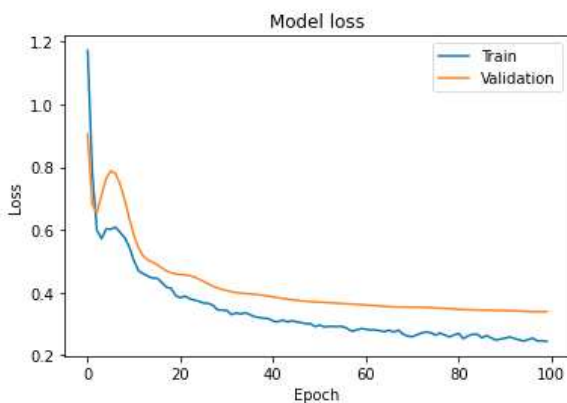


그림 2. 훈련 데이터와 검증 데이터의 손실함수 결과

학습된 합성곱 신경망에 시험 데이터를 넣어 사진 학습된 가중치에 따라 이미지를 학습하고 분류하여 다양한 생활폐기물들 중 종이팩을 바르게 인식하는 지 시험하였다. 데이터 셋의 사진들 중 시험 데이터 샘플 사진이 그림 3과 같다. 본 논문의 모델은 이러한 사진의 물품들이 RVM에 들어온 상황을 가정하여 종이팩인지 검사하는 단계에 해당하는 것

으로 시험 결과 정확도 92.23%, 손실함수 0.2712, 처리속도 1.692초의 속도로 처리하였다.



그림3. 시험 데이터를 신경망으로 예측한 모습

### 4. 결 론

본 논문에서는 종이팩 재활용을 위한 RVM에 적용 될 검사 기능 방법을 제안하였다. 컴퓨터 비전 기반 CNN 전이학습으로 훈련된 시스템은 시험 대상 사진에 대해 종이팩을 90% 이상의 정확도로 구분해 낼 수 있었고, 검사 시간은 2초 이내로 매우 짧았다.

이러한 실험 결과를 통해 RVM에 들어온 물체를 실시간으로 검사할 수 있음을 확인하였다. 이번 연구에서는 기존의 사진을 이용하였으나, 향후에는 실제 RVM 환경과 같이 캠 촬영 사진을 검사 대상으로 할 예정이다. 또, 종이팩의 청결도와 품질을 판별하는 검사 기능을 추가할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] P. Jeong and Y. Cho, "A Bottle Recycling Information Management System for the Promotion of Saving and Recycling of Resources Due," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 11, pp. 2155-2161, Nov. 2016.
- [2] D. G. Kim, et al., "Developing of New a Tensorflow Tutorial Model on Machine Learning : Focusing on the Kaggle Titanic Dataset," *대한임베디드공학회논문지*, vol. 14, no. 4, pp. 207-218, 2019.
- [3] K.-M. Park, "Machine Classification in Ship Engine Rooms Using Transfer Learning," *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 27, no. 2, pp. 363-368. 2021.