

YOLO 기반의 자동차 부품 이기종 혼입 방지 예측 모델

조한결¹, 유유빈², 김문석³, 반상우^{1,3,*}

¹동국대학교 WISE 캠퍼스 대학원 정보통신공학과, ²한국전자통신연구원,

³동국대학교 WISE 캠퍼스 창의융합공학부 전자정보통신공학전공

johangyeol@dongguk.ac.kr¹, yooyubin@etri.re.kr², anstjr999@dongguk.ac.kr³, swban@dongguk.ac.kr^{1,3,*}

Prediction Model for Preventing Heterogeneous Mixing of Automobile Parts Using the YOLO Model

Hangyeol Jo¹, Yubin Yoo², Moonseok Kim³, Sang-Woo Ban^{1,3,*}

¹Department of Information & Communication Engineering, Dongguk University WISE,

²Electronics and Telecommunications Research Intestine, ³Department of Electronics, Information & Communication Engineering, Dongguk University WISE

요약

본 논문은 자동차 부품 제조 과정에서 발생하는 부품 이기종 혼입 문제를 해결하기 위해 YOLO 모델을 활용한 혼입 방지 예측 모델을 제안한다. 제안된 모델은 컨베이어벨트에서 이동하는 스타트 모터의 외형 특징을 추출하고 품종을 선별하여 이기종 혼입을 방지한다. 실험 결과, 테스트데이터에 대한 자동차 부품 기종 인식률 100%를 보였다. 제안 모델은 육안 검사 또는 머신 비전에 의존하고 있는 이기종 혼입 문제 해결 지능형 자동화 시스템 구현에 활용될 수 있을 것이며, 다양한 부품의 이기종 혼입 인식 시스템에 확대 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

자동차 부품 제조 분야에서 품질 검사는 부품 측정, 검사, 테스트 또는 측정을 통해 부품 특성이 정상 설계와 일치하는지 확인하는 과정이다. 양질의 품질 검사 과정을 통해 부품 제조 과정에서 발생하는 찍힘, 조립 불량 등 다양한 문제를 해결하여 품질이 낮은 부품을 공급사에 제공할 위험을 줄일 수 있다[1].

기존의 부품 제조 분야에서 품질 검사는 작업자의 육안검사로 진행되고 있다. 작업자의 육안에 의존하기 때문에 부품의 품종 이기종 혼입이 빈번히 발생하여, 이후 공정에까지 영향을 끼치는 상황이다. 특히, 작업자 능력에 따른 생산성 문제와 연결되며 정확하고 일관성 있는 품질 유지를 보장하기 어려운 부분이 있다. 이에 대응하기 위해 자동차 부품 기업들은 기존의 육안 검사 방식을 머신 비전 시스템과 인공지능 시스템으로 대체하고 있다[2].

머신 비전 시스템에서는 스타트 모터의 이기종 혼입을 식별하기 위해, 카메라를 이용하여 획득한 영상 데이터와 규격에 제시된 기어 잇수, 지름 크기, Bush의 크기와 위치 등 임계치에 맞는 특징을 추출하는 과정이 매우 복잡하다. 영상 데이터를 기반으로 다양한 영상 처리 알고리즘을 적용하여 다양한 스타트 모터의 품종의 특징 정보를 추출하여 이기종 혼입을 방지한다. 그러나 머신 비전시스템은 새로운 품종과 형상이 다른 부품에 적용할 때마다 시스템을 새로 개발해야 하며, 품종이 많을수록 임계치 조건이 증가하여 이기종 확인에 어려움이 있다 [3].

본 논문에서는 컨베이어벨트에서 이동하는 스타트 모터에 대한 카메라 영상을 획득하고, YOLO 모델을 활용하여 학습과정을 통해 이기종 스타트 모터 혼입 방지를 위해 스타트 모터 품종을 예측하는 모델을 제안한다.

II. 이기종 혼입 방지를 위한 YOLO 모델

2.1 YOLO

YOLO "You Only Look Once"라는 개념에서 파생된 객체 검출 모델로, 객체의 검출과 분류를 수행하는 딥러닝 모델이다. 객체를 예측하는 방식에 따라 One-Stage Detector와 Two-Stage Detector로 구분된다. One-Stage Detector는 입력된 데이터의 객체를 한 번에 감지하여 객체 검출과 분류를 동시에 예측한다. 반면에 Two-Stage Detector는 객체의 후보 영역을 먼저 생성하고, 그 후에 해당 영역에서 객체를 감지하고 분류하는 두 단계로 구성된 딥러닝 모델이다. 그림1은 객체 검출 모델의 구조이다.

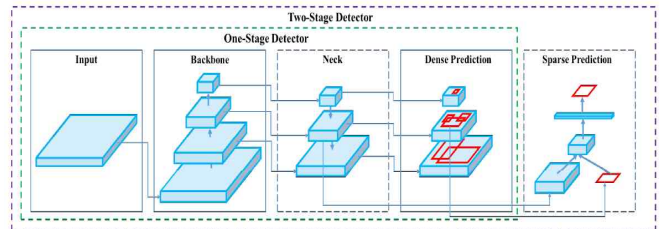


그림 1. 객체 검출 모델 구조

One-Stage Detector를 대표하는 모델 중 하나인 YOLO v4는 객체 감지의 성능이 우수하며, 실시간 처리 속도가 빨라 자동차 부품 이기종 혼입을 빠르게 예측하는데 효율적인 모델이다 [4].

2.2 모델 개발 환경

제안 모델은 카메라를 통해 획득한 스타트 모터 부품 영상 데이터를 기

반으로 Intel(R) Core(TM) i7-14700K, RAM 128, Windows 11 Pro, Python 3.8, Tensor flow 2.10 환경에서 개발하였다. 아래의 표는 YOLO 모델을 활용한 제안 모델 구현 개발 환경이다.

표 1. YOLO를 활용한 제안 모델 개발 환경

항목	세부 내용
Hardware	CPU : Intel(R) Core(TM) i7-14700K RAM : 128GB GPU : NVIDIA GeForce RTX 4090
Operating System	Windows 11
Language	Python 3.8
Library	Tensorflow 2.10 Opencv 4.8 Numpy 1.24

2.3 데이터 셋

본 논문에서 사용된 데이터셋은 경주에 위치하고 있는 M사에서 획득한 자동차 스타트 모터 부품 데이터이다. 스타트 모터는 RSM Gamma, A2-EVRO, Mercury Marine을 사용하였다. RSM Gamma는 기어 잇수 13개, 지름은 약 492mm이며, A2-EVRO는 기어 잇수 13개, 지름은 약 496mm이며, Mercury Marine는 기어 잇수 13개, 지름은 약 491mm이다. 실험에 사용된 데이터는 640×640 크기의 RGB 데이터로, 이를 이기종 혼입 방지 모델의 입력으로 사용하였다.

표 2. 실험에 사용된 스타트 모터 품종 예시



각 품종별 데이터를 100장씩 획득하여 실험을 수행하였으며, Train data는 총210장(품종별 70장), Validation data는 총 30장(품종별 10장), Test data는 총 60장(품종별 20장)으로 나누어 실험을 진행하였다.

2.4 성능평가

YOLO의 학습 설정은 batch size를 32, epoch을 2000으로 설정하였다. 아래 표3은 각 부품에 대한 True Positive(TP)와 False Positive(FP)를 나타낸 것이다.

표 3. 제안 모델의 테스트데이터에 대한 이기종 분류 성능

	True Positive	False Positive
A2-EVRO	20	0
Mercury Marine	20	0
RSM Gamma	20	0

제안 모델의 성능을 평가하기 위해 Precision, Recall, mAP(Mean Average Precision)를 클래스별로 정리하였다. mAP@0.5는 IoU (Intersection Over Union) 기준을 0.5로 고정했을 때 측정된 mAP를 의미한다.

Precision은 98%, Recall은 100%, F1-score는 99%, Average IoU는

91.31%로 이기종 부품 분류에 우수한 성능을 보일 수 있는 충분히 적합한 객체 검출 성능을 보였다.

그림 3은 제안 모델이 입력 영상에서 스타트 모터 부품 영역 검출 정확도와 품종 분류의 정확도 예측을 보여주는 결과이다. 검출된 부품 영역을 표시하는 Bounding Box의 색상으로 스타트 모터 품종을 구분하고 있다. 파란색은 RSM Gamma, 녹색은 A2-EVRO, 빨강은 Mercury Marine을 나타낸다.

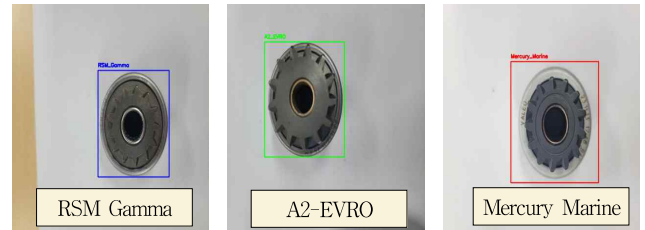


그림 3. 제안 모델의 스타트모터 영역 검출 및 품종 분류 결과

III. 결론

자동차 부품 제조 과정에서 이기종 혼입을 방지하기 위해 적용된 기존 머신 비전 기반 검사법은 다양한 품종 검사를 필요로 하고, 품종변화가 수시로 발생하는 자동차 부품 제조 공정에 적용하기 위해서는 매년 새로운 알고리즘을 개발해야 하는 부담이 있다.

본 논문에서는 YOLO 객체 탐지 모델을 기반으로 이기종 자동차 스타트 모터 제품의 혼입을 방지하는 부품 검사 모델을 제안하였다. 제안 모델은 제한된 실험데이터를 활용한 실험 결과이기는 하지만 실험에 사용된 테스트 데이터에 대해서 100% 이기종 부품 판단 성능을 보였다. 향후에 다양한 자동차 부품 제조 공정에 적용하는 연구를 계획 중에 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 지원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구 결과입니다.

참고 문헌

- [1] Babic M., Farahani M.A., Wuest T. Image based quality inspection in smart manufacturing systems: A literature review 103, Elsevier B.V. (2021), pp. 262-267, 10.1016/j.procir.2021.10.042
- [2] Kang, Chang Wook, et al. "Effect of inspection performance in smart manufacturing system based on human quality control system." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 94 (2018): 4351-4364.
- [3] 박영민, 정동일. "자동차 부품 품질검사를 위한 비전시스템 개발과 머신러닝 모델 비교." The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT) 8.1 (2022): 409-415.
- [4] Bochkovskiy, Alexey, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao. "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection." arXiv preprint arXiv:2004.10934 (2020).