

기계학습기반 X-ray 금지 품목 검사 시스템에서 생성형 AI와 프롬프트를 활용한 이미지 생성 및 성능 분석

안효찬*, 이영규*, 김동식†, 강진호*

*경상국립대학교 전자공학과, 4단계 BK21 S2X 인공지능기반 유무인 복합체계 교육연구단

†플랫폼비엔티

*ahc1352@gnu.ac.kr, *lyg8984@gnu.ac.kr, †dskim@pbnt.kr, *jinhokang@gnu.ac.kr

Image Generation and Performance Analysis using Generative AI and Prompts in Machine Learning-based X-Ray Prohibited Item Inspection System

An Hyo Chan*, Lee Young Gyu*, Kim Dong Sik†, Kang Jin Ho*

*Department of Electronic Engineering and Brain Korea 21 Four Project S2X Technologies
of AI-MUMT Research&Education Group, Gyeongsang National University

†Platform B&T

요약

본 논문은 기계학습 기반 X-ray 보안 검사 시스템에서 데이터 부족 문제를 해결하기 위해, 프롬프트를 활용하여 생성형 AI 모델을 통해 생성한 합성 이미지를 실제 X-ray 이미지와 결합함으로써 데이터셋 다양성을 확보하고 모델의 일반화 성능을 향상시키기 위한 머신러닝 프레임워크의 탐지 성능을 분석한다. 시뮬레이션 결과, 본 방식이 객체 탐지 성능 및 모델의 일반화 성능이 향상됨을 확인하였다.

I. 서론

X-ray 보안 검색은 공항, 항만 등에서 승객 안전 확보에 필수적이지만, 수동 탐지 방식은 피로도와 정확도 저하 문제를 야기한다 [1]. 이에 따라 머신러닝 기반 자동 탐지 기술이 활발히 연구되고 있지만, 데이터 부족 문제로 인해 탐지 성능 향상에 한계가 있다 [2]. 한편, 최근 생성형 AI의 발전으로 간단한 프롬프트로 고품질 이미지를 손쉽게 생성할 수 있게 되었다 [3]. 이에 따라, 생성형 AI를 활용한 머신러닝 기반 X-ray 보안 검사 시스템의 새로운 프레임워크가 제안되었다 [4]. 본 논문은 생성형 AI 합성 이미지를 통한 금지 품목 탐지 성능을 분석하고자 한다.

II. 본론

본 논문에서는 컴퓨터 비전에서 효율적인 객체 탐지를 위해 폭넓게 사용되고 있는 YOLOv8 모델을 도입한다. YOLOv8은 높은 탐지정확도와 빠른 처리 속도를 제공하여 최근 많은 연구에 활용되고 있다 [5]. 또한, 프롬프트를 활용하여 DALLE-3 모델을 통해 X-ray 이미지를 생성한다. 본 프레임워크에서는 기존 이미지와 생성 이미지의 성능을 모두 보장하기 위해 생성 이미지 데이터셋을 실제 X-ray 데이터셋과 결합하여 YOLOv8 모델을 학습시킨다 [4]. 이때, 생성 이미지 데이터셋을 다양한 비율로 결합하여 학습을 진행하며, 훈련된 모델을 실제 데이터와 생성 데이터로 분리하여 테스트함으로써, 객체 탐지 성능 및 모델의 일반화 성능을 분석한다. YOLOv8 모델 훈련을 위한 실제 X-ray 이미지/생성 X-ray 이미지는 학습데이터로 $35850/x \in [0,300]$ 장, 검증 및 테스트 데이터로 7680/60장을 사용하였다. 시뮬레이션 결과, 그림 1과 같이 6개 클래스 모두 0.9이상의 confidence score를 달성하여 실제 X-ray 이미지만으로 학습한 모델보다 실제 X-ray 이미지와 생성형 AI를 통해 생성한 이미지를 결합하여 학습

하였을 때 실제 X-ray 이미지에 대한 탐지 성능 저하 없이 생성한 이미지와 같은 새로운 유형의 금지물에 대한 모델의 일반화 성능은 향상되었다.

III. 결론

본 논문에서는 생성형 AI를 통해 생성한 X-ray 이미지를 실제 데이터셋과 결합함으로써 X-ray 보안 검사 시스템의 탐지 성능을 분석하였다. 그 결과, 생성형 AI를 통해 생성한 이미지를 통해 데이터셋 다양성을 확보하고, 객체 탐지 성능 및 모델의 일반화 성능이 향상됨을 확인하였다.

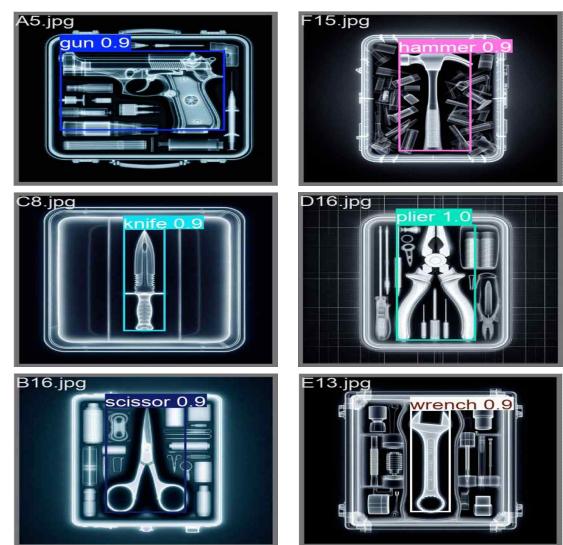


그림 1. 제안된 프레임워크의 X-ray 금지 물품 탐지 결과

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported in part by the NRF (National Research Foundation of Korea) grant funded by the Korea government (Ministry of Science and ICT) (RS-2023-00214142), and in part by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation)-ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) grant funded by the Korea government (Ministry of Science and ICT) (IITP-2025-RS-2022-00156409).

참 고 문 헌

- [1] J. Liu and T.H. Lin, "A framework for the synthesis of X-ray security inspection images based on generative adversarial networks," IEEE Access, vol.11, pp. 63751 - 63760, 2023.
- [2] Y. Wei, et al., "Occluded prohibited items detection: An X-ray security inspection benchmark and de-occlusion attention module," In Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia, pp. 138 - 146, October 2020.
- [3] Y. Zhu, et al., "Data augmentation of X-ray images in baggage inspection based on generative adversarial networks," IEEE Access, vol.8, pp 86536 - 86544, 2020.
- [4] D. Kim and J. Kang, "Novel learning framework with generative AI X-ray images for deep neural network-based X-ray security inspection of prohibited items detection with you only look once," Electronics, vol. 14, no. 7, p. 1351, Mar. 2025.
- [5] Y. Lee. and J. Kang, "YOLOv8-SCS: Improved Object Detection for Autonomous Driving Under Adverse Weather Conditions," in IEEE Access, vol. 13, pp. 149933-149946, 2025.