

# 적외선 센서 영상을 활용한 콘크리트 균열 학습 모델에 대한 연구

변시우

\*안양대학교 소프트웨어학과

e-mail: swbyun@anyang.or.kr

## A Study on the Concrete Crack Learning Model using Infrared Sensor Images

Siwoo Byun\*

\*Dept. of Software, Anyang University

### 요약

각종 균열은 막대한 인명 및 재산 손실로 이어질 수 있기 때문에 구조물의 균열을 조기에 발견하고 보수하는 것은 사회적 손실을 막기 위해 매우 중요한 작업이다. 그러나 기존 기술로는 페인트나 벽지 아래의 균열을 감지하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 적외선 기반의 이미지 센서와 경량 딥러닝 기법을 사용하고자 한다. 먼저 적외선 열화상을 이용한 균열 검출 성능을 향상시키기 위하여 기존 학습 방법과 딥러닝 모델을 분석하였다. 이후 실험에서 경량 옴로 모델을 활용하였고, 더 적은 수의 파라미터로 더 빠른 처리 속도와 유사 수준의 정확도를 보였다. 적절한 적외선 이미지를 활용하면 경량 딥러닝으로 전 모델과 비슷한 성능을 낼 수 있으며, 이는 저 사양 휴대용 기기에서 유용함을 알 수 있었다.

## 1. 서론

구조물의 다양한 균열(그림 1)은 제대로 수리하지 않으면 미적 문제뿐만 아니라 구조물의 강도 저하를 초래하여 생명과 재산을 크게 잃을 수 있다. 따라서 구조물의 균열을 조기에 발견하고 수리하는 것은 사회적 손실을 예방하기 위한 매우 기본적이고 중요한 절차이다[1-4].



[그림 1] 다양한 콘크리트 균열들

손상 검사의 객관성과 정확성, 데이터 기록 및 저장의 편의성을 향상시키기 위해서는 영상 장치[5]를 통해 영상을 촬영

하여 육안 검사 결과를 자동으로 추출하는 영상 처리 방법이 필요하다.

하지만 기존의 이미지 처리 기술로는 페인트나 벽지 아래의 균열을 감지하기 어렵기 때문에 적외선 기반 열화상 이미지와 휴대성을 고려한 경량 딥러닝 모델을 사용해 이 문제를 극복하고자 한다. 즉, 본 논문에서는 적외선 영상과 경량 딥러닝을 이용한 균열 검출 모델을 제안하고 실험을 통해 그 유효성을 검증한다.

## 2. 본론

### 2.1 콘크리트 균열의 원인과 기존 연구

콘크리트는 서로 다른 재료가 혼합되어 화학적 결합을 통해 구조물을 형성하기 때문에 균열은 불가피한 현상이다. 모든 균열이 문제가 되는 것은 아니지만 일정 크기 이상의 균열은 건물 자체뿐만 아니라 사용자에게도 부정적인 영향을 미치는 문제를 일으킬 수 있다. 균열의 원인은 재료적, 환경적, 구조적, 설계적 요인으로 분류할 수 있다.

기존 기법의 한계를 보완하기 위해 최근 머신러닝[6,7] 및 딥러닝[3,8]을 활용한 영상 분석 기법의 필요성이 대두되

## 참고문헌

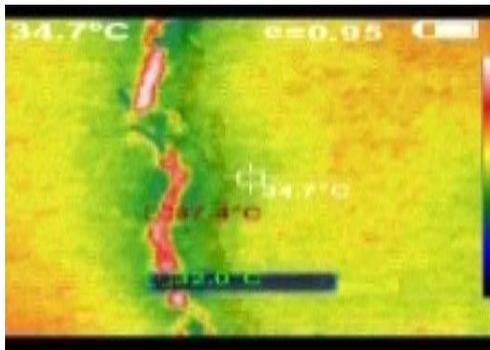
면서 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 기존 영상 모델에서 발견하기 어려운 균열은 적외선 영상을 활용하면 감지할 수 있다.

본 연구에서는 적외선 영상을 이용하여 콘크리트 구조물의 균열을 효과적이고 빠르게 검출하고 균열의 특성을 분석할 수 있는 경량 딥러닝 방법을 제안하고, 성능을 검증하여 실제 적용 가능성을 확인하였다.

## 2.2 데이터셋과 실험 결과

실험에 사용된 데이터 세트는 2024년에 촬영된 3462개의 적외선 카메라 이미지로 구성된 균열 데이터 세트로, 물체 감지를 목적으로 하는 컴퓨터 비전 데이터 세트 플랫폼인 로보플로우에 공개되어 있다[8].

이 데이터셋은 Coco 형식으로 주석을 달고 640 x 640으로 크기가 조정된 RGB 이미지 데이터셋이다(그림 2). 또한 수평 반전 50%, 수직 반전 50%로 전처리되어 있다. 3462개의 이미지 중 3022개의 이미지를 학습을 위한 훈련 데이터셋으로, 293개의 이미지를 하이퍼파라미터 튜닝을 위한 검증 데이터셋으로, 147개의 이미지를 모델의 최종 성능 평가를 위한 테스트 데이터셋으로 사용하였다.



[그림 2] 적외선 균열 이미지의 예

실험의 제안 모델이 된 경량 Yolo v5 나노는 파라미터 수가 170만 개로 이번 실험 모델 중 가장 적었고, 처리 속도는 8.0ms로 Yolo v10보다 3.2ms 느리지만 실시간 처리에는 충분히 빠른 것으로 판단된다. 정밀도는 0.956, mAP50은 0.970으로 Yolo v10에 비해 약 1% 정도 차이가 났으며, 전처리 기술은 파라미터가 많은 Yolo v10에서는 모델이 이미 충분한 성능을 가지고 있어 효과가 없었지만, Yolo v5 nano는 1~3%의 좋은 성능 향상을 달성할 수 있었다.

## 3. 결론

본 연구에서는 적외선 열화상을 이용한 균열 검출 성능 향상을 위하여 Yolo 기반 경량 딥러닝 모델을 실험으로 분석하였다. Yolo v10과 Yolo v5 나노를 비교한 결과, Yolo v5 나노 모델은 더 빠른 처리 속도와 더 적은 수의 파라미터로 비슷한 수준의 정확도를 보였다. 이는 저가형 영상 검출 장치가 자주 사용되는 분야에서 특히 유용할 것으로 기대된다.

- [1] Ju-Yeong Jung<sup>1</sup>, Hyuk-Jin Yoon, Hyun-Woo Cho, Hui-Seung Yang, "A Study on Temperature Characteristics of Various Depth using Infrared Thermography," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 3 pp. 83-89, 2018,
- [2] S. kim, K. Kim, and N. Kim. "Suitability Assessment of Asphalt Concrete Pavement Condition Evaluation Index Using Road Crack Density in Small-scale Areas," Journal of the Korean Society of Civil Engineers, vo.38, no.3, pp.467-475, Jun. 2018.
- [3] S. D. Nguyen, T. S. Tran, V.P. Tran, H. J. Lee, Md. J. Piran, and V. P. Le., "Deep Learning-Based Crack Detection: A Survey," International Journal of Pavement Research and Technology 16, pp.943-967, Apr. 2022.
- [4] N. Izzaty Mohd Yusof, A. Sophian, H. F. Mohd Zaki, A. A. Bawono, A. H. Embong, and A. Ashraf. "Assessing the performance of YOLOv5, YOLOv6, and YOLOv7 in road defect detection and classification: a comparative study," Bulletin of Electrical Engineering and Informatics vo.13, no.1, pp.350-360. Feb. 2024
- [5] Kim, Ah-Ram, Kim, Donghyeon, Byun, Yo-Seph, Lee, Seong-Won, "Crack Detection of Concrete Structure Using Deep Learning and Image Processing Method in Geotechnical Engineering," Journal of the Korean geotechnical society, Vol.34, No.12, pp.145-154, December 2018.
- [6] M. Kasian and H. Kilavo. "A comparative study on performance of SVM and CNN in Tanzania sign language translation using image recognition," Applied Artificial Intelligence vol.36, no.1 pp.452-466, Nov. 2021.
- [7] S. Byun., "Composite Context-based Offloading Scheme for IoT Fault Diagnosis," Journal of Next-generation Convergence Technology Association vo.7, no.5, pp.762-773, May 2023,
- [8] M. Hussain. , "YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection," Journal of Machines and Tooling vol.11, no.7, 677:pp.1-25, Jun. 2023.