

# 전이학습을 활용한 시설물 균열 탐지 모델 설계

김준영\*, 박준\*, 박성욱\*, 이한성\*\*, 정세훈\*\*, 심춘보\*

\*순천대학교 IT-Bio융합시스템전공

\*\*안동대학교 창의융합학부

ky\_kim@scnu.ac.kr, jungsh@anu.ac.kr, cbsim@sunchon.ac.kr

## Design of Facility Crack Detection Model using Transfer Learning

Jun-Yeong Kim\*, Jun Park\*, Sung Wook Park\*, Han-Sung Lee\*\*,  
Se-Hoon Jung\*\*, Cun-Bo Sim\*

\*Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System, Sunchon National University

\*\*School of Creative Convergence, Andong National University

### 요 약

현대사회의 시설물 중 다수가 콘크리트를 사용하여 건설되었고, 재료적 성질로 인해 균열, 박락, 백태 등의 손상이 발생하고 있고 시설물 관리가 요구되고 있다. 하지만, 현재 시설물 관리는 사람의 육안 점검을 정기적으로 수행하고 있으나, 높은 시설물이나 맨눈으로 확인할 수 없는 시설물의 경우 관리가 어렵다. 이에 본 논문에서는 다양한 영상장비를 활용해 시설물의 이미지에서 균열을 분류하는 알고리즘을 제안한다. 균열 분류 알고리즘은 산업 이상 감지 데이터 세트인 MVTEC AD 데이터 세트를 사전 학습하고 L2 auto-encoder를 사용하여 균열을 분류한다. MVTEC AD 데이터 세트를 사전 학습시킴으로써 균열, 박락, 백태 등의 특징을 학습시킬 수 있을 것으로 기대한다.

### 1. 서론

대부분의 선진국에서는 다양한 시설물이 노후화되고 있고, 시간이 지날수록 더 심각한 문제가 될 수 있다. 한국에서도 시설물의 노후화 문제가 발생하고 있다. 한국의 경우 많은 사회 시설물들이 1970년대부터 1990년대 사이에 구축되었고, 2000년대 이후 시설물들이 노후화되어 시설물 관리 수요가 급격하게 증가할 것으로 예상된다[1].

현대사회의 시설물 중 다수가 콘크리트를 사용하여 건설되고 있다. 그러나 콘크리트의 경우 재료적 성질로 인해 균열, 박락, 백태 등 손상이 발생할 수 있고, 이로 인해 안전성, 내구성, 사용성 등의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 예방하기 위해 한국시설안전공단에서는 시설물의 점검을 위해 세부 지침을 마련하였으며, 다양한 항목에 대한 육안점검을 정기적으로 수행하도록 하고 있다[2].

그러나, 육안에 보이는 시설물은 가능하지만, 구조물 사이나 높은 시설물 등 맨눈으로 불가능하거나 위험한 시설물을 검사하기 위한 효과적인 방법이 필요하다[2]. 딥러닝 기술을 활용하여 RC카 및 드론의 영상장비를 이용해 이미지에서 균열을 찾아내는 알고리즘을 구현하여 위험한 시설물을 안전하게 검사

할 수 있을 것으로 기대한다.

이에 본 논문에서는 transfer learning을 활용한 시설물의 균열 분류 알고리즘을 제안한다. Transfer learning을 진행할 때 범용적인 MS COCO 데이터 세트[3], ImageNet 데이터 세트[4] 등이 아닌 산업 검사에 중점을 둔 이상 탐지 데이터 집합인 MVTEC Anomaly Detection(MVTEC AD) 데이터세트[5]를 활용하여 진행한다. MVTEC AD 데이터 세트에서 제품의 굽힘, 균열, 파손, 결함 등의 특징을 사전 학습하여 시설물의 균열, 박락, 백태 등 손상에 대해 효과적으로 학습하여 빠르고 정확하게 탐지할 것으로 기대한다.

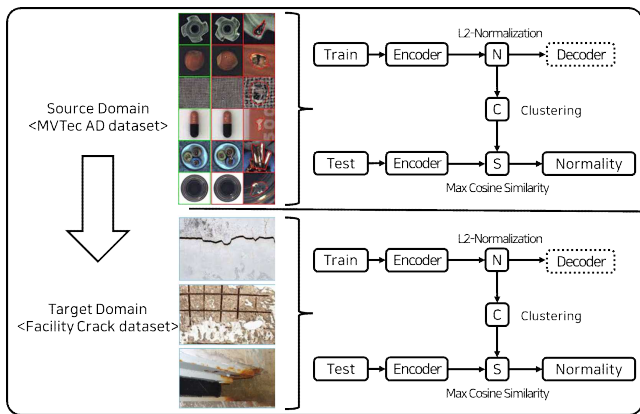
### 2. 관련연구

Transfer learning은 서로 다르지만 관련된 source 도메인에 포함된 지식(특징)을 전달함으로써 target 도메인에서 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다. Transfer learning은 target 모델을 학습하는 데 필요한 도메인 데이터에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 또한, 다양한 응용 분야에 적용할 수 있어 다양한 연구가 진행되고 있다[6].

다양한 이상 탐지를 위해 다양한 연구가 진행되

고 있다. [5]의 연구에서는 Real-World Industrial 데이터 세트인 MVTEC AD 데이터 세트를 제작하고 unsupervised anomaly detection을 다룬 연구이다. 벤치마크를 위해 여러 방법론을 시도하였고, AnoGAN, L2 and SSIM auto-encoder, CNN Feature Dictionary, GMM-based Texture Inspection Model 등을 사용하였다[7-9].

### 3. 시설물 결함 탐지를 위한 Transfer Learning



(그림 1) 제안하는 시설물 균열 탐지 모델 구성도

그림1은 제안하는 시설물 균열 탐지 모델의 구성도이다. MVTEC 데이터셋을 활용하여 사전학습을 진행하며 L2-normalization과 max cosine similarity를 활용하여 시설물의 이상을 탐지한다.

Transfer Learning을 위한 데이터 세트는 MVTEC AD 데이터 세트를 사용한다. MVTEC AD 데이터 세트는 15개의 다른 textures 및 objects가 존재하며 총 5,517개의 데이터가 있다. 이 중 1,331개의 데이터가 결함 데이터이며 표면에 긁힘이나 균열 등의 결함이 있다.

Transfer learning 및 시설물 결함 탐지를 위한 모델은 기존 연구에서 가장 성능이 좋았던 L2 auto-encoder를 활용한다. L2 auto-encoder는 훈련 중 auto-encoder의 representations에 L2 정규화 제약 조건을 적용하여 유클리드 공간에 군집화한다. 군집화는 k-means clustering을 활용하여 별도로 추가 clustering 손실을 정의하는 방법보다 정확도가 높다.

L2 정규화 제약 조건은 식(1)과 같이 인코더의 representative에 적용한다. 여기서 E는 인코더, D는 디코더를 의미하며,  $L_c$ 와  $E_c$ 는 손실 값과 인코딩된 representative를 의미한다. 인코더에 L2 제약 조건

을 추가하여 representative를 학습함으로써 벡터 사이의 거리와는 무관하고 각도에 따라 달라지게 정규화하는 것이다. 이렇게 representative에 단위 정규화를 적용하는 것은 전체 auto-encoder에 정규화를 하는 것과 비슷한 역할을 할 것이다.

$$L_c = \frac{1}{|J|} \sum_{j \in J} (I_j - D(E_c(I_j)))^2, E_c(I) = \frac{E(I)}{\|E(I)\|_2} \quad (1)$$

시설물의 결함을 감지하기 위해 MVTEC AD 데이터 세트를 활용하여 auto-encoder를 학습시키고, k-means clustering을 활용하여 군집화한다. 이후 사전학습된 군집들의 중심과 test 데이터의 인코딩된 representative와 유사도를 비교하여 식(2)와 같이 normality score를 계산하여 이상 데이터를 검출할 수 있다.

$$v_i = \max_j (E_c(I_i) \cdot \frac{C_j}{\|C_j\|_2}) \quad (2)$$

### 4. 결론

본 연구에서는 오래된 시설물 중 콘크리트로 건설된 시설물의 균열, 박락, 백태 등으로 인한 피해를 예방하고자, transfer learning 기반의 시설물 균열 탐지 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 일반적인 범주의 데이터 세트가 아닌 실제 산업의 이상 데이터 탐지를 위한 MVTEC AD 데이터 세트를 활용하여 auto-encoder 기반의 transfer learning을 제안하였다. MVTEC AD 데이터 세트에서 이상 데이터인 긁힘, 균열, 파손 등의 특징은 콘크리트의 균열, 박락, 백태 등과 유사한 특징을 가져 사전 학습의 효과를 높일 것으로 기대한다. 추후 제안한 모델을 일반적인 범주의 데이터 세트와 MVTEC AD 데이터 세트를 활용하여 사전학습시키고 이상 탐지의 성능을 비교 평가하고자 한다.

### Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2020R1I1A3054843) and this work was supported by the BK21 plus program through the National Research Foundation (NRF) funded

by the Ministry of Education of Korea(5199990214660)

### 참고문헌

- [1] 김병현, “딥러닝을 이용한 콘크리트 구조물 균열 탐지 및 정량화 기술”, 서울시립대학교 대학원 석사 학위논문, 2019
- [2] 국토교통부 한국시설안전공단, “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”, 2017
- [3] Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, Lubomir Bourdev, Ross Girshick, James Hays, et al., “Microsoft COCO: Common Objects in Context”, European Conference on Computer Vision 2014, Zurich Switzerland, 2014, pp. 740-755.
- [4] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, “ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database,” 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami USA, 2009, pp. 248-255.
- [5] Paul Bergmann, Michael Fauser, David Sattlegger and Carsten Steger, “MVTec AD - A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection”, 2019 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, California USA, 2019, pp. 9592-9600
- [6] Fuzhen Zhuang, Zhiyuan Qi, Keyu Duan, Dongbo Xi, Yongchun Zhu, Hengshu Zhu, et al., “A Comprehensive Survey on Transfer Learning”, Proceedings of the IEEE, Vol. 109, Issue. 1, pp. 43-76, 2021.
- [7] Thomas Schlegl, Philipp Seebock, Sebastian M. Waldstein, Ursula Schmidt-Erfurth, and Georg Langs, “Unsupervised Anomaly Detection with Generative Adversarial Networks to Guide Marker Discovery”, Information Processing in Medical Imaging 2017. North Carolina USA, 2017, pp. 146-157.
- [8] Caglar Aytekin, Xingyang Ni, Francesco Cricri, and Emre Aksu, “Clustering and Unsupervised Anomaly Detection with L2 Normalized Deep Auto-Encoder Representations”, 2018 International Joint Conference on Neural Networks, Rio Brazil, 2018, pp. 1-6.
- [9] Bergmann, P., Löwe, S., Fauser, M.,

Sattlegger, D. and Steger, C., “Improving Unsupervised Defect Segmentation by Applying Structural Similarity to Autoencoders”, In Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, Prague, Czech Republic, 2018, pp. 372-380.