

## 목조 문화재 영상에서의 변위량 측정을 위한 앙상블 딥러닝 모델

강재용\*, 김인기<sup>0</sup>, 임현석\*, 곽정환(교신저자)<sup>\*\*\*</sup>

\*한국교통대학교 소프트웨어전공,

<sup>0</sup>한국교통대학교 교통에너지융합학과,

\*\*한국교통대학교 교통에너지융합학과

e-mail: cv2@kakao.com<sup>0</sup>, jgwak@ut.ac.kr

## An Ensemble Deep Learning Model for Measuring Displacement in Cultural Asset images

Jaeyong Kang\*, Inki Kim<sup>0</sup>, Hyunseok Lim\*, Jeonghwan Gwak(Corresponding Author)<sup>\*\*\*</sup>

\*Dept. of Software, Korea National University of Transportation,

<sup>0</sup>Dept. of IT·Energy Convergence, Korea National University of Transportation,

\*\*Dept. of IT·Energy Convergence, Korea National University of Transportation

### ● 요약 ●

본 논문에서는 목조 문화재의 변위량을 감지할 수 있는 앙상블 딥러닝 모델 모델을 제안한다. 우선 총 2개의 서로 다른 사전 학습된 합성곱 신경망을 사용하여 입력 영상에 대한 심층 특징들을 추출한다. 그 이후 2개의 서로 다른 심층 특징들을 결합하여 하나의 특징 벡터를 생성한다. 그 이후 합쳐진 특징 벡터는 완전 연결 계층의 입력 값으로 들어와서 최종적으로 변위의 심각 단계에 대한 예측을 수행하게 된다. 데이터 셋으로는 충주시 근처의 문화재에 방문해서 수집한 목조 문화재 이미지를 가지고 정상 및 비정상으로 구분한 데이터 셋을 사용하였다. 실험 결과 앙상블 딥러닝 기법을 사용한 모델이 앙상블 기법을 사용하지 않는 모델보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다. 이러한 결과로부터 우리가 제안한 방법이 목조 문화재의 변위량 예측에 있어서 매우 적합함을 보여준다.

**키워드:** 기계학습(machine learning), 딥러닝(deep learning), 문화재(cultural asset), 변위 측정(displacement detection)

### I. Introduction

목조 문화재를 효율적으로 관리하기 위해서는 목조 문화재의 변위량이 얼마나 존재하는지 측정하고 이에 맞추어서 관리를 해 나가는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 목조 문화재의 변위 중 빈번하게 발생하는 배부름 현상에 대한 변위량을 감지하기 위한 앙상블 딥러닝 모델을 제안한다. 우리가 제안한 앙상블 딥러닝 모델에서는 우선 총 2개의 서로 다른 사전 학습된 합성곱 신경망을 사용하여 입력 영상에 대한 심층 특징들을 추출한다. 그 이후 2개의 서로 다른 심층 특징들을 결합하여 하나의 특징 벡터를 생성한다. 그 이후 합쳐진 특징 벡터는 완전 연결 계층의 입력 값으로 들어와서 최종적으로 변위의 심각 단계에 대한 예측을 수행하게 된다. 모델을 학습하기 위한 데이터 셋 구축을 위해서 충주시 근처의 여러 문화재에 방문하여 DSLR 카메라로 다양한 목조 문화재의 이미지를 수집하였고 이를 바탕으로 배부름의 각 단계에 대해 수집한 데이터를 편집하는 방식으로 데이터를 구성하였다. 실험 결과 우리가 제안한 앙상블 딥러닝

기법을 사용한 모델이 앙상블을 사용하지 않는 개별 모델보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 우리가 제안한 목조 문화재 변위량을 측정하는 앙상블 딥러닝 모델에 대해 자세히 기술한다. 3장에서는 직접 수집한 목조 문화재 데이터 셋을 가지고 우리가 제안한 앙상블을 사용한 모델 및 앙상블을 사용하지 않은 모델의 성능을 측정된 결과를 보여준다. 마지막으로 4장에서 결론을 통하여 활용방안을 제시하고 마무리한다.

### II. Proposed Method

Fig. 1은 우리가 제안한 목조 문화재 영상 이미지에서의 변위량을 감지할 수 있는 딥러닝 모델의 아키텍처를 보여준다. 먼저, 입력 영상 이미지는 총 2개의 서로 다른 사전 학습된 합성곱 신경망인

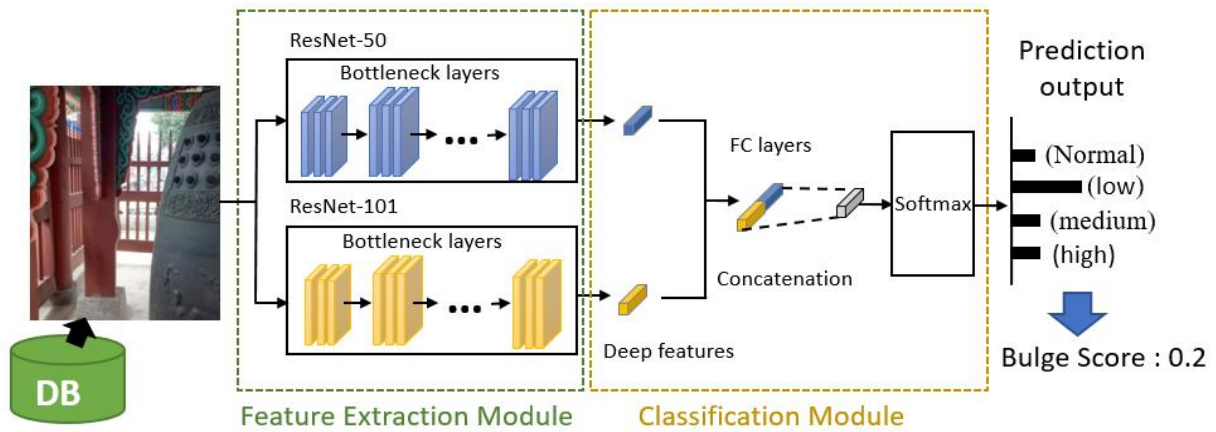


Fig. 1. System architecture

ResNet-50, ResNet-101[1]를 사용하여 입력 이미지에 대한 심층 특징들을 추출한다. 그 이후 특징 양상블 과정으로서 총 2개의 서로 다른 심층 특징들을 결합하여 하나의 특징 벡터를 생성한다. ResNet-50와 ResNet-101를 사용한 이유는 이전 연구[2]에서 이 두 개의 조합이 의료영상 분할에서 좋은 성능을 보여주었기 때문이다. 그 이후 합쳐진 특징 벡터는 변위가 존재하는지 아닌지에 대한 최종 분류 예측을 수행하기 위해 완전 연결 계층(fully connected layer, FC layer)으로 연결되며 소프트맥스(Softmax) 함수를 통해 입력 이미지에 대한 최종적인 클래스 확률값을 도출한다. 총 4개의 클래스의 확률값을 바탕으로 변위량이 얼마인지 예측할 수 있다.

### III. Experiment

#### 3.1 Dataset

본 논문에서 제안한 목조 문화재 변위 측정 모델을 평가하기 위해 충주시 근처의 여러 문화재에 방문하여 DSLR 카메라로 다양한 목조 문화재의 이미지를 수집하여 구축한 데이터 셋을 사용하였다. 배부름이 존재하는 목조 문화재가 거의 없기 때문에 우선 배부름이 존재하지 않는 정상 이미지를 먼저 수집한 이후 포토샵으로 정상 이미지에 배부름의 변위 형태를 추가하는 형식으로 변위가 존재하는 비정상 클래스에 속하는 데이터를 총 3단계(low, medium, high)로 나누어 생성하였다. 또한, 전체 데이터 셋 중 80%은 모델을 학습하기 위한 학습 데이터 셋으로 사용되었고 20%는 학습된 모델의 성능을 평가하기 위한 테스트 데이터 셋으로 사용되었다. Fig. 2는 목조 문화재 데이터 셋의 네 가지 클래스별 영상 이미지를 보여준다.

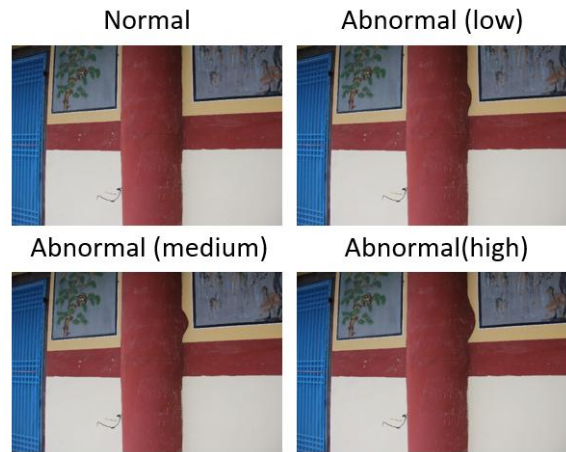


Fig. 2. Example images in our dataset

#### 3.2 Experimental Setting

본 실험에서는 양상블 모델을 구축하기 위해 총 2개의 서로 다른 합성곱 신경망인 ResNet-50, ResNet-101을 사용하였다. 또한, 앞서 언급한 총 2개의 합성곱 신경망은 수많은 이미지로 구성되는 이미지넷 (ImageNet)[3] 데이터 셋을 통해 사전 학습되었다. 실험에 사용된 사전 학습된 합성곱 신경망 모델은 크기가 224x224인 입력 영상을 입력 값으로 받기 때문에 입력 이미지 영상을 224x224 크기로 변환하였다. 모든 실험은 NVIDIA GeForce RTX 3090 GPU가 장착된 PC에서 수행하였다. Table 1은 모델을 학습하는 데 사용된 시스템 환경을 나타낸다.

Table 1. System Environment

Item	Value
CPU	Intel i9-10900K
Memory Size	64GB
GPU	Nvidia Geforce RTX 3090
CUDA ver	11.1
Python ver	3.8
Pytorch ver	1.8.1

### 3.3 Results

Table 2은 본 논문에서 제안한 심층 특징 앙상블을 사용한 모델과 앙상블을 사용하지 않은 각각의 사전 학습된 합성곱 신경망을 사용한 모델의 분류 정확도를 보여준다. Table 2의 결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 심층 특징 앙상블을 사용한 모델이 앙상블을 사용하지 않은 모델보다 더 좋은 성능을 보여줌을 확인하였다.

Table 2. Performance comparison

Model	Accuracy
ResNet-50	0.862
ResNet-101	0.884
<b>Ensemble (proposed)</b>	<b>0.901</b>

## IV. Conclusions

본 연구에서는 앙상블 딥러닝 모델을 사용하여 목조 문화재에서 배부름 현상에 대한 변위량을 측정하는 모델을 제안하였다. 실험 결과 우리가 제안한 앙상블 기법을 사용한 모델이 앙상블 기법을 사용하지 않는 모델보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다. 이러한 결과로부터 우리가 제안한 방법이 목재 문화재의 배부름 현상에 대한 변위량 검출에 있어서 매우 적합함을 보여준다. 우리가 제안한 모델은 배부름 정도 이외에도 뒤틀림 정도에 대한 변위량을 예측하는 데도 활용이 될 수 있다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grant No. NRF-2020R111A3074141), the Brain Research Program through the NRF funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (Grant No. NRF-2019M3C7A1020406), and “Regional Innovation Strategy (RIS)” through the NRF funded by the Ministry of Education.

## REFERENCES

- [1] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition,” In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778), 2016
- [2] J. Kang, and J. Gwak, “Ensemble of instance segmentation models for polyp segmentation in colonoscopy images,” IEEE Access, 7, pp.26440-26447, 2019
- [3] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, “Imagenet: A large-scale hierarchical image database,” In 2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 248-255). IEEE, 2009.