SEPT. 2021 | VOL. 1

딥러닝 건축연구소 뉴스레터

The newsletter of Deep Learning Architecture Research Center

목 차

- 인사말 - 2
- 연구소 소개 -3
- 특집기사 - 4
  - 이미지를 이용한 조적 구조물의 학습 데이터 구축 및 응용 / 문아해, 신지욱, 이기학 - 4
  - 구조공학을 위한 인공지능 기법의 최신 경향 / 이승혜, 이재홍 - 8
- 연구소개 - 10
  - CNN-based image reconition for topology optimization / 이승혜, 김현주, Qui X. Lieu, 이재홍 - 10
  - 딥러닝 기반 3차원 재료분류 자동화를 위한 데이터 유형별 정확도 비교 / 김소현, 이지민, 박준우, 이재욱 - 11
- 연구소 소식 - 12
- 연구원 동정 - 14

인사말

<DLARC 연구소장 이재홍 교수>

안녕하십니까?

'딥러닝 건축연구소(Deep Learning Architecture Research Center (DLARC))'는 2010년 한국연구재단(NRF)의 프로젝트로 최초 설립된 이후, 건축 공학 분야에서 새로운 도전에 대응하기 위한 지식의 경계를 넓혀가고 있습니다.

특히, 2016년 세계 경제 포럼에서 4차 산업혁명이 주창되면서, 전 세계는 인공지능, 빅데이터 등 첨단기술의 발전을 예고하였으며, 건설산업 역시 이러한 급격한 변화의 흐름 속에서 신속한 대응의 필요성이 증가하고 있습니다.

이러한 세계적인 패러다임의 변화 속에서, '딥러닝 건축연구소'는 딥러닝 기반 아키텍처 엔지니어링 기술을 장려하고 개발하는 데 전념하는 독보적인 다학제 연구소로 성장하고 있습니다.

이를 위해, 본 연구소는 딥러닝 건축 공학 관련 연구의 최고 수준의 연구진 주도로 새로운 원천기술의 개발하고 있습니다. 이와 더불어, 국내·외 최고 수준의 대학 및 각계 산업체와의 협력을 통해 응용 기술 개발을 수행하고 있습니다.

딥러닝 건축 분야의 최신 연구 동향뿐만 아니라, 산업계 소식을 알리고, 본 연구소의 다양한 연구활동을 알리기 위하여 'DLARC 뉴스레터'를 발간하게 되었습니다. 특히, 'DLARC 뉴스레터'를 통해서 독자 여러분들이 연구소의 다양한 연구성과 및 연구 활동을 이해하시는 데 도움이 되시기를 바라며, 앞으로도 본 연구소에 많은 관심과 조언을 부탁드립니다. 감사합니다.

세종대학교 딥러닝 건축 연구소장

이재홍 교수

연구소 소개

■ 연구소 연혁

▷ 2010년 08월 : 한국연구재단 기초연구실육성사업 지원 “IT 기반 FREE FORM 건축 기초연구실” 과제 수주
▷ 2010년 08월 : 기초연구실육성사업 기반 [FREE FORM 건축연구소] 설립
▷ 2010년 09월 : 기초연구실육성사업 과제 시작
▷ 2015년 08월 : 기초연구실육성사업 과제 종료
▷ 2017년 07월 : [딥러닝 건축연구센터] 명칭변경
▷ 2017년 09월 : 이재홍 연구센터장 “2017년도 국가연구개발 우수성과” 선정
▷ 2019년 12월 : [딥러닝 건축연구소] 명칭변경
▷ 2021년 09월 : [딥러닝 건축연구소] 공식 영문 홈페이지 개설
▷ 2021년 09월 : [딥러닝 건축연구소] 공식 뉴스레터 창간호 발행

■ 연구소 조직도 및 참여 인력

딥러닝 건축연구소는 딥러닝 건축 공학기술 개발 목표를 달성하기 위해, 연구소장을 중심으로 총 4개의 연구분야에 관한 연구를 수행하고 있습니다.

이미지를 이용한 조적 구조물의 학습 데이터 구축 및 응용

문아해 / 세종대학교 건축공학전공 / 석사과정 / ahae9096@gmail.com
신지욱 조교수, 경상국립대학교 건축공학과 / 조교수 / jiukshin@gnu.ac.kr
이기학 교수, 세종대학교 건축공학전공 / 교수 / kihaklee@sejong.ac.kr

1. 이미지를 이용한 딥러닝 개요

인공지능 중심의 4차 산업혁명이라는 이름에 걸맞게 최근 여러 분야에서 딥러닝을 이용한 연구가 진행되고 있다. 특히 비디오 및 카메라로 찍힌 이미지를 분석하는 컴퓨터 비전 분야는 이미 건축 및 건설 현장에도 자리를 잡고 있다. 최근에는 저비용 고화질의 영상기기 개발과 더불어 컴퓨터비전 기술의 괄목할만한 진전으로 이를 기반으로 한 구조 건전성 모니터링 기술이 많은 주목을 받아 왔다.[1] 컴퓨터비전 기반의 구조 건전성 모니터링 예시로는 균열, 파열, 박리, 녹 및 느슨한 볼트 감지와 같은 응용 프로그램이 포함되며, 응용분야로, 변위측정, 구조 거동 분석, 진동서비스 가능성, 모달 식별, 손상감지, 케이블 장력 모니터링, 입출력 정보를 활용한 구조 식별 등이 있다.

2. 조적조 건축물의 구조 건전성 모니터링

시설물을 재해와 재난으로부터 예방하는 방안으로 안전점검 및 정밀 안전진단을 시행하는 과정에서 건축구조물에 발생하는 균열을 파악하는 과정은 필수적인 검사항목이다. 균열조사는 검사자가 현장에서 균열을 관찰하여 수행하는 방식으로 이루어지는데, 검사자의 역량, 주변 환경에 따라 매번 다른 결과가 도출되기 때문에, 객관적 지표로는 타당하지 않다. 검사자가 수행하는 방식을 대체하기 위해, 건축구조물의 균열을 탐지하는 영상처리기법이 많은 연구에서 제시되어 왔다.[2][3]

그림 1. Failure of the masonry walls

2016년과 2017년에 있었던 경주, 포항 지진 당시 구조물의 붕괴사계는 많지 않았지만, 치장조적조의 피해 사례는 매우 많았다. 치장조적벽의 위험성 증가와 관계없이 기존건물의 치장조적벽의 안전을 확보하기 위한 기술은 발전하지 못한 상황이다. 치장조적벽의 구조 건전성을 확인하기 위해 현장 조사에 활용할 수 있는 기준 또는 지침이 없어 현장조사가 단편적으로 이루어지고 있다.

치장 조적벽의 하자사례를 살펴보자면, 벽 연결 철물과 함께 치장조적의 자중을 지지할 수 있는 구조물이 확실치 않아 침하를 일으키는 경우, 온습도변화에 따른 치장조적조의 면내방향 거동에 의한 균열이 보고되고 있다. 그러나 면내 방향의 거동을 방지하는 조치요령은 아직 국내 기준에 명확히 없어 동일한 실패를 반복하고 있다. 조적벽의 결함에 대해 현재까지 국내에서는 전문가의 안전진단에 그 판단을 맡겼으나, 이에 대해 4차 기술 혁명에 따른 신기술 도입이 시급하다고 판단된다.

국내 손상 탐지 기법 중 3D스캔과 영상처리 기술 및 적외선 열화상 기법을 활용한 구조 결함 평가법에 대한 연구가 진행되었으며, 3D스캔을 통한 도면 및 데이터 처리는 많은 연구가 진행되었지만 이를 활용한 조적벽 균열 탐사 및 보강에 대한 연구는 미미하다. 따라서 영상처리 기술을 도입하여 3D 형상정보와 표면 영상데이터 획득하여 분석하고 구조해석을 실시할 필요가 있다.

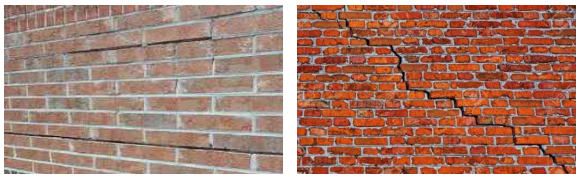
3. 컴퓨터비전 기반의 조적조 건축물 균열탐지 적용방안

그림 2. Image Stitching Using Brown-Lowe Algorithms

건축물의 표면을 탐사하는 과정에서 일반적으로 드론을 활용하는 경우가 많다. 드론으로 정해진 규격의 벽체를 촬영한 후, 하나의 벽체 이미지로 만들기 위해 이어붙이는 과정을 이미지스티칭(Image Stitching)이라 하는데 Fig2의 경우 브라운앤 로에 알고리즘을 이용하여 수행된 결과이며, 이는 컴퓨터 비전의 건축물에 대한 활용가능성을 보여준다.

치장조적조에서 노후화된 건물이 많고 특히 내구연한을 넘어선 치장조적조는 현재 다양한 문제를 일으키고 있다. 그러나, 4차 산업혁명의 도래 후, 이에 준하는 IT기술을 접목하여 치장조적조의 균열을 단기간에 많은 정보를 신속하게 처리하려는 시도는 아직까지 없었던 것으로 판단된다. 따라서 컴퓨터비전 기술을 접목하여 치장 조적조의 균열을 판단하는 기술 연구에 대해 소개해보고자 한다.

3.1 치장조적조 균열 양상



〈Sliding Failure〉 〈Diagonal Failure〉

그림 3. Two Types of Failure of the masonry walls

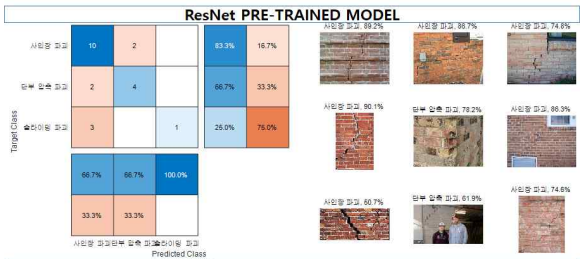
치장조적조의 균열은 구조적결함, 설계적결함, 시공적 결함의 이유로 나타난다. 각각의 결함은 외관상 균열의 형태로 이어진다. 적절한 연결철물 보강안을 도출해내는 딥러닝 프레임워크를 갖는 치장조적조 균열탐지 기술을 나타내기 위해 균열 양상을 크게 3가지로 나누는 것이 딥러닝 분류학습에 효율적이라 보았다. 따라서 치장조적조의 균열양상을 크게 수직균열, 수평균열, 대각균열로 분류하였다.

딥러닝 알고리즘으로 GoogLeNet과 ResNet 모델을 사용하여 분류된 사진을 통해 학습을 진행하였다. 실제 값이 알려져 있는 데이터 세트에 대한 분류기의 성능을 시각화하기 위해 정오 분류표를 사용해 결과를 나타내었다. 아래의 그림에서 목표 클래스는 이미지의 실측 레이블이고, 출력 클래스는 네트워크가 이미지에 할당한 레이블이다. 좌표축 레이블은 클래스 레이블, 즉 사인장 파괴, 단부압축 파괴, 슬라이딩 파괴를 나타낸다.

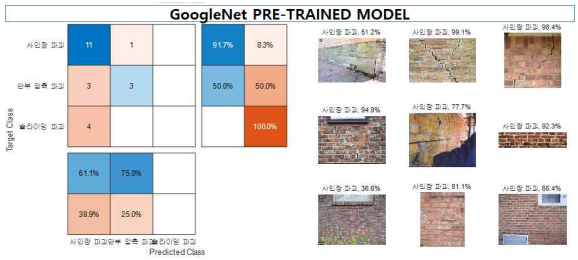
ResNet을 활용한 Pre-Trained model의 결과로 나온 정오분류표를 보면, 사인장 파괴로 분류된 이미지의 68.7%가 실제로 사인장 파괴였으며, 단부 압축파괴로 분류된 이미지의 66.7%가 실제 단부압축파괴 이미지로 판명났다. 또한 슬라이딩 파괴로 분류된 이미지는 100% 슬라이딩 파괴임을 보여주었다. GoogLeNet을 활용한 pre-trained model의 결과로 나온 정오분류표를 보면, 사인장 파괴로 분류된 이미지의 61.1%가 실제로 사인장 파괴였으며, 단부 압축파괴로 분류된 이미지의 75%

가 실제 단부압축파괴 이미지임을 보여주었다.

CNN기반의 Pre-Test결과에서 3개의 손상 유형에 대한 약 85%의 검증 정확도를 보였다. 위의 결과를 통해 인경신경망을 이용한 치장 조적 균열양상 판단은 알고리즘의 지속적 업데이트를 통해 실무 적용 가능성이 입증되었다.



〈ResNet Pre-trained model〉



〈GoogleNet Pre-trained model〉

그림 4. Results of Pre-Test using Matlab

3.2 AI 기반의 대상 조적벽체에 대한 학습 데이터 구축 및 응용

현장 치장조적 균열 탐사 과정은 드론을 수평방향으로 이동하며 정해진 규격으로 이미지 촬영을 한다. 따라서 주어진 규격 이미지 내에서의 균열의 여부를 판단하는 것이 중요하다. 최종 결과로 균열이 함께 표기된 이미지를 도출하는 것이 본 과정의 목표였으며, 이에 알맞은 이미지 데이터를 확보하는 것이 중요하였다.

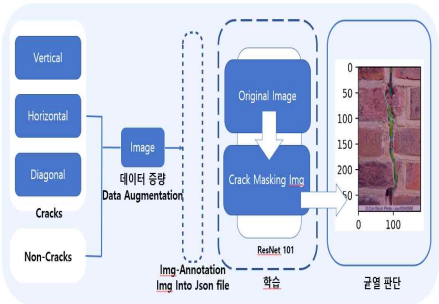


그림 5. Diagram of the flow of a deep learning framework for determining decorative masonry wall cracks

이미지 데이터 학습은 조적 이미지 상에서 균열의 위치를 따로 표기하여 정답을 알려주는 지도학습(Supervised learning)을 이용하였다.

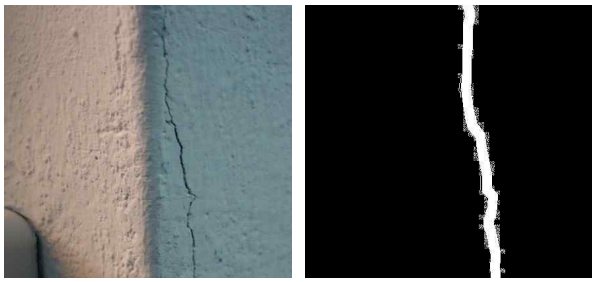


Fig 6. Masking of cracks using crack images

이미지 상 균열의 위치를 직접 표기하여 균열의 클래스(균열의 양상)를 정의하는 라벨링 작업인 이미지 어노테이션(Image Annotation) 작업을 실행하였다. 이는 추후 균열 유형 분류 모델 학습 시 이용할 계획이다.

Pre-Test를 통해 성능이 좋은 것으로 판명되었던 ResNet모델을 활용하여 학습을 진행하였다. ResNet모델은 152개의 레이어로 구성된 매우 깊은 네트워크 모델로 잔차(Residual)를 최소화한다는 특징을 갖고 있는 모델이다. 학습을 마친 후, 손실율(loss rate)은 약 0.0684의 값으로 나왔다.

이번 학습은 조적균열 이미지만을 사용하여 진행된 학습은 아니므로, 추후에 현장 균열 이미지 데이터를 추가하여 학습을 진행할 필요가 있다고 판단되었다. 학습이 끝난 후 현장 이미지로 평가를 진행하였을 때, 균열이 뚜렷한 이미지의 경우 균열 양상이 마스킹 이미지로 도출되었으나, 현장 사진 중 균열이 미세한 이미지의 경우 균열 양상이 제대로 파악되지 않았다. 추후 꾸준한 현장 데이터 구축 및 학습으로 개선될 여지가 충분할 것으로 판단되었다.

4. 결언

현재 사회는 빠르게 변화하고 있는 기술의 세계에 살아가고 있다. 그리고 컴퓨터비전 기술을 일상생활에 습득하는 것은 더 이상 선택이

아닌 필수가 되었다. 글로벌 리서치 기업인 Tractica의 리포트에 따르면 컴퓨터비전 시장은 2025년까지 26.2억 달러에 달할 것이라 예측했다. 이러한 컴퓨터비전 프로세스가 다른 산업의 운영방식 자체를 바꾸고 있다는 것은 의심할 여지가 없다. 컴퓨터비전 기술을 도입함으로서 인력과 다른 리소스를 더 스마트하게 배치가 가능하게 될 뿐만 아니라 산업의 현장 상황인식을 향상시키고 있다. 이러한 컴퓨터비전 기술의 장점은 건설분야 사업에 도입함으로 더 큰 시장 영역의 확보와 산업의 고도화를 가져오게 될 것이다.

현재 건축물의 유지보수관리 및 안전관리에 컴퓨터비전을 적용하는 시도가 점점 늘어나고 있다. 특히 구조물 유지관리에서 구조물에 발생한 손상을 탐지하는 연구가 기존의 3D업종에서 보다 첨단 기술 집약적인 분야로 바꿀 수 있다. 이를 통해 구조물의 실시간 거동 분석이 가능해지고 있으며, 이에 필요했던 인력과 시간을 감축시킬 수 있게 되었다.

5층이하 중저층 건축물에 치장조적이 적용된 많은 노후건축물의 안전성 판단을 위한 지표로 컴퓨터비전 기술을 활용하는 것은 치장벽돌의 안전여부를 신속하게 확인하고 보강의 우선순위를 결정하는데 중요한 역할을 할 것이라 예상된다.

참고문헌

[1] Eunjong Ahn, Hyunjun Kim, Seongwoo Gwon, Sung-Han Sim, Kwang Myong Lee, Myoungsu Shin, Evaluation of Crack-Repairing Performance in Concrete Using Surface Waves. Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute 5(4), 2017.12, 496-502 (7 pages)

[2] Cheol Hee| Hyeonjoon Moon, LeeArtificial Intelligence-based Inspection Case for Public Facilities

[3] Jun-Young Nam, L.Minh Dang, Seol-Tae Ko,Keon-Chul Park, Ki-Hak Lee, Hyeon-Jun Moon, Deep Learning based Sewer Defect Automatic Recognition System

[4] Lee, B., Development of Detecting System for Concrete Surface Cracks Using Image Processing and Artificial Neural Network, Master's Theses, Korea Advanced Institute of Science and Technology

[5] Kim Tai-Young, Jeon Byung-Ok, Lee Min-Kyoung, A Study on the Defect Characteristics of Masonry Building in Modern Age of Korea 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원,2019

[6] 고려대학교, 15층 이상 고층건 15층 이상 고층건물의깊이 50mm급 구조체 손상평가를 위한 UAV 및 열화상 모듈 기반 SMART SKY EYE 기술개발 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원,2019

[7] Henriques, M. J. & Roque, D., Unmanned Aerial Vehicles (UAV) as a Support

[8] Duque, L., UAV-Based Bridge Inspection and Computational Simulations, Master's Theses. South Dakoata State University

[9] Sham, F. C., Chen, N., & Long, L. , Surface crack detection by flash thermography on concrete surface

[10] Syed Ibrahim Hassan, Underground sewer pipe condition assessment based on convolutional neural networks, Sejong University, 2019

[11] Tafuri, Anthony N., and Ariamalar Selvakumar. Wastewater collection system infrastructure research needs in the USA, UrbanWater, 2002

[12] Phat Huynh, Robert Ross, Andrew Martchenko, John Devlin, 3D anomaly inspection system for sewer pipes using stereo vision and novel image processing, ICIEA, 2016

[13] Kanghun Jeong, Hyeonjoon Moon,Object detection using FAST corner detector based on smartphone platforms, First ACIS/JNU International Conference, 2011

[14] L. Cavaleri, F. Di Trapani, Cyclic response of masonry infilled RC frames: Experimental results and simplified modeling, Soil Dyn Earthq Eng, 2014

[15] F. Luca, G.M. Verderame, The structural role played by masonry infills on RC building performances after the 2011 Lorca, Spain, earthquake, Bull Earthq Eng, 2014

[16] L. Hermanns, Performance of buildings with masonry infill walls during 2011 Lorca earthquake, Bull Earthq Eng, 2014

[17] T. Kalman Šipoš, V. Sigmund, M. Hadzima-Nyarko, Earthquake performance of infilled frames using neural networks and experimental database, Eng Struct, 2013

구조공학을 위한 인공지능 기법의 최신 경향

이승혜 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 조교수/ seunghye@sejong.ac.kr
이재홍 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 교수 / jhlee@sejong.ac.kr

1. 2016년 인공지능 충격의 진원과 딥러닝

2016년, 인공지능 바둑프로그램 알파고(AlphaGo)1)와 이세돌 9단과의 세기의 대결은 전 세계가 주목하였겠지만 특히 한국인에게는 말 그대로 충격으로 다가왔다. 서울에서 한국인이 인간 세계 챔피언으로서 마지막 자존심을 지키는 모습을 보며 한국인 특유의 자부심이 솟아났지만 이내 그 자부심은 딥러닝(Deep Learning)은 무엇인가의 물음으로 바뀌었다. 알파고를 개발한 딥마인드(DeepMind)는 이미 2011년에 설립되었고 인공지능(Artificial Intelligence)의 서막을 올린 영국의 수학자 앨런 튜링(Alan M. Turing)은 무려 1936년에 프로그램을 기반으로 하는 최초의 컴퓨터 모델을 제안하였다2). 비 컴퓨터 공학자 입장에서는 약 80년이 넘는 시간동안 무슨 일이 벌어지고 있는지를 모른 체 인공지능 시대를 갑자기 마주하게 된 것이다.

2. 80년 동안 무슨 일이 있었던 것일까?

최초의 인공신경망(Artificial Neural Network) 개념인 퍼셉트론(Perceptron)은 1943년 연구3)에서 발표되었고 수많은 연구자들에 의해 개념이 정립되고 있었다. 인공지능의 발전은 컴퓨터의 발전과 연구지원금에 의존할 수밖에 없는 구조로 컴퓨터 제작기술이 발전함에 따라 속도를 내었다가 신경망 개념의 한계에 봉착하게 될 때는 연구지원금 감축이라는 시기를 맞이하게 된다. 수많은 실패와 좌절의 시기를 겪은 노력들의 대표주자는 제프리 힌턴(Geoffrey Hinton), 요슈아 벤지오(Yoshua Bensigo), 얀 르쿤(Yann LeCun)으로 이들이 발표한 돌파구 같은 개념들이 딥러닝의 발전에 급격한 가속도를 부여하였으며 2016년에 맞이한 충격의 근원이 되었던 것이다4).

3. 구조공학 분야의 인공지능

2016년 이후로는 그동안 전혀 무관한 연구를

그림1. 왼쪽부터 Geoffrey Hinton, Yoshua Bensigo, Yann LeCun

해오던 분야조차도 딥러닝 개념을 각자의 연구에 접목하려는 움직임을 보였다. 하지만 비 컴퓨터 공학자 입장에서는 초기 진입장벽이 너무 높았으며 짧은 시간에 많은 개념을 습득해야만 했다. 이에 반해 구조공학 분야는 이미 오래전부터 신경망, 최적화(Optimization), 휴리스틱(Heuristics) 기법 등을 도입 적용하는 연구가 진행되었으며 새로운 딥러닝 개념을 도입하기에 충분한 기본 틀이 마련되어 있었다. 최근 새로운 혁신적인 딥러닝 기법이 발표 되는 동시에 이를 적용한 구조공학분야의 연구결과가 곧바로 발표되고 있으며 누가 가장 빠르게 최신 경향을 도입하느냐에 대한 속도전으로 변모되고 있다.

학습(Learning), 인식(Recognition), 퍼셉트론 분야에서는 확률론(Probability theory), 판별해석(Discriminant analysis), 딥러닝, 신경망, 패턴인식(Pattern recognition), 기계학습(Machine learning)의 주제가 다수의 구조공학 연구에서 찾아볼 수 있으며 확률적최적화(Stochastic optimization) 분야에서는 진화연산(Evolutionary computation), 퍼지 논리(Fuzzy logic), 전문가 시스템(Expert systems), 군집 최적화(Swarm optimization), 메타휴리스틱 최적화(Meta-heuristic optimization), 결정트리(Decision tree) 주제가 지속적으로 적용되고 있다5). 특히 패턴인식과 기계학습 주제에서는 구조 건전성 모니터링(Structural health monitoring), 구조 판별(Structural identification), 지진공학(Earthquake engineering) 주제가 지속적으로 주목을 받고 있다.

4. 새로운 가능성

기계학습 분야에서는 무엇보다 양질의 충분한 데이터를 확보하는 것이 중요하다. 본인만의 고유한 데이터를 생성해 내는 것은 상당히 어려운 일이며 확보된 데이터는 큰 자산이 될 수 있다. 재료분야에서는 이미 기존의 타 연구에서 실험 데이터를 수집하는 것에 익숙하며 연구자 교류를 통해 데이터를 확보하기도 한다. 이렇게 확보한 데이터는 feature engineering 과정을 거쳐 유효한 데이터도 거듭나야 한다. 데이터를 정제하고 처리하여 내 모델에 적합하게 만드는 과정은 상당히 의미가 있으며 큰 강점으로 작용할 수 있다.

또한 그동안 인공지능 기법을 도입하려는 속도전에만 편승했었다면 이제는 다시 원점으로 돌아가 새로운 인공지능 기법을 제시할 수 있는 컴퓨터 공학 주류의 자리에 다가갈 수도 있다. 그러한 일은 어느 누구에게나 열려 있으며 오히려 타 분야 공학자의 색다른 아이디어가 획기적인 기법을 만들 수 있는 모티브가 될 수 있다.

참고문헌

[1] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., ... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. nature, 529(7587), 484-489.

[2] Turing, A. M. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London mathematical society, 2(1), 230-265.

[3] McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The bulletin of mathematical biophysics, 5(4), 115-133.

[4] Bengio, Y., Lecun, Y., & Hinton, G. (2021). Deep learning for AI. Communications of the ACM, 64(7), 58-65.

[5] Salehi, H., & Burgueño, R. (2018). Emerging artificial intelligence methods in structural engineering. Engineering structures, 171, 170-189.

CNN-based image recognition for topology optimization

이승혜 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 /조교수/ seunghye@sejong.ac.kr
김현주 / Yunwoo Structural Engineers Co., Ltd.
Qui X. Lieu / Ho Chi Minh City University of Technology–Vietnam National University (VNU)
이재홍 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 /교수/ jhlee@sejong.ac.kr

1. 연구요약

본 연구는 컴퓨터 공학 분야의 이미지 처리 딥러닝 기술인 합성곱신경망(CNN : Convolutional Neural Networks)을 사용하여 위상최적화(Topology optimization) 이미지의 상태를 판단하는 기법을 제안하였다. 위상최적화 문제는 주어진 범주 내에서 특정 하중을 받을 때 목표 용적에 대한 최적의 형상을 찾는 것으로 유한요소(Finite element)를 더 잘게 나누면 나눌수록 더 좋은 결과를 획득할 수 있다. 하지만 유한요소의 변수를 늘리는 것은 결과적으로 알고리즘의 계산비용 증가를 초래하게 되므로 효율적인 기법을 제시하기 위해 여러 연구들이 진행되어 왔다. 위상 최적화의 결과물은 결국 형상, 곧 이미지이므로 이미지 처리를 위한 합성곱신경망을 사용하여 기존의 위상최적화 기법을 대체하거나 보완할 수 있는 대안을 마련하는 것이 본 연구의 최종 목표이다. 본 논문은 그 목표의 초기단계로 CNN을 사용한 이미지 상태 판단 알고리즘을 제안하였다. MBB (Messerschmitt-Bolkow-Blohm) 보와 캔틸레버 보 예제에 대한 데이터를 생성하였으며 이를 사용하여 CNN 구조를 훈련하였다. CNN 구조는 Flatten 사이즈와 Activation function에 변주를 주어 구성하였으며 각각의 효율성을 비교하였다. 또한, 서로 다른 단면분할, 즉 높은 해상도와 낮은 해상도 간의 정보 호환을 위해 resize 기법을 도입하였다. 이는 위상최적화 단계에는 계산비용 증가를 초래하지 않는 낮은 해상도 이미지를 사용하고 CNN 과정에서는 세밀한 단면분할을 사용하는 두 상이한 해상도 간의 손실 적은 전환을 이끌어 낼 수 있다.

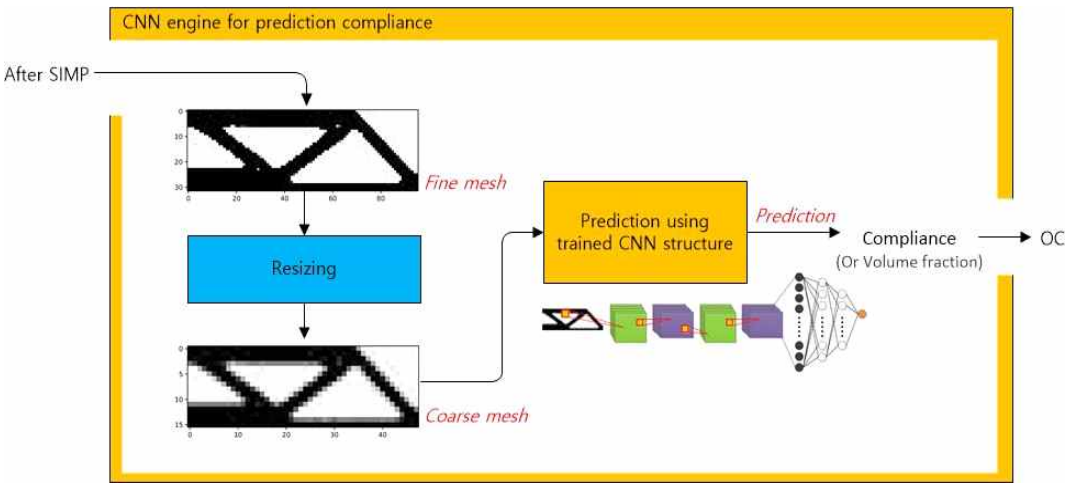


그림1. Flowchart for calculating the objective functions by using the proposed surrogate model

딥러닝 기반 3차원 재료분류 자동화를 위한 데이터 유형별 정확도 비교

김소현 / 세종대학교 건축공학전공 / 석사과정 / thgus0221@gmail.com
이지민 / 세종대학교 건축공학전공 / 석사과정 / leejimin3514@gmail.com
박준우 / 세종대학교 건축공학전공 / 박사과정 / tareura@gmail.com
이재욱 / 세종대학교 공과대학 건축공학전공 / 교수 / jaewook@sejong.ac.kr

Scan-to-BIM 과정은 BIM 모델에 재료정보를 입력하기 위해서, 많은 시간을 들여 반복적인 작업을 수행한다. 본 연구는 포인트 클라우드로부터 재료 속성정보를 가지는 BIM 모델을 자동으로 생성하기 위한 기초 연구로, 파노라마 이미지를 사용하여 재료분류를 진행하고, 분류된 재료정보를 포인트 클라우드에 추가함으로써 3차원 재료정보 자동생성 가능성을 확인하였다. 특히, 학습 데이터의 유형을 일반 이미지, 파노라마 이미지로 분류하고, 재료분류 정확도를 비교하여 가장 적합한 데이터 구성을 찾고자 하였다. 학습 데이터량을 동일하게 유지하고, 데이터셋 구성은 일반 이미지, 파노라마 이미지, 일반 이미지 + 파노라마 이미지 세 가지로 구성하여 재료분류 정확도를 확인하였다. 그 결과, 파노라마 이미지의 재료분류를 수행했을 때 각각의 정확도는 50%, 67.6%, 72.2%로, 파노라마 이미지만 학습했을 때보다 일반 이미지와 파노라마 이미지를 함께 학습시켰을 때 가장 높은 정확도를 보였다. 학습결과를 기반으로 예측된 파노라마 이미지와 포인트 클라우드 데이터를 매칭하여, 포인트 클라우드에 재료정보를 추가할 수 있다. 이를 통하여, BIM 모델을 자동으로 생성하는 과정에서 객체별 재료정보까지 생성할 수 있을 것으로 판단된다.

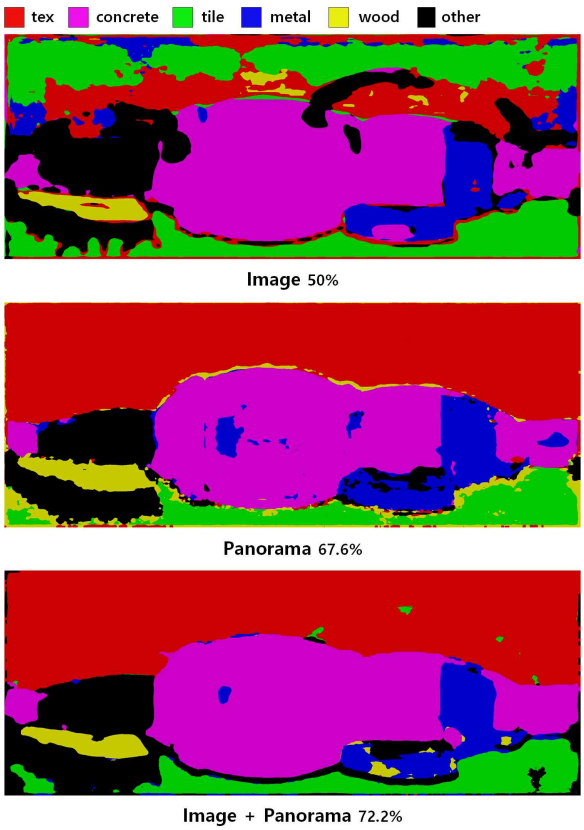


그림1. IoU result by data type

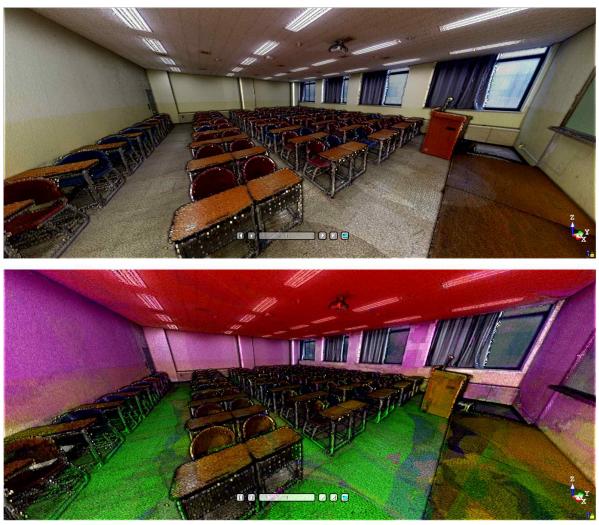
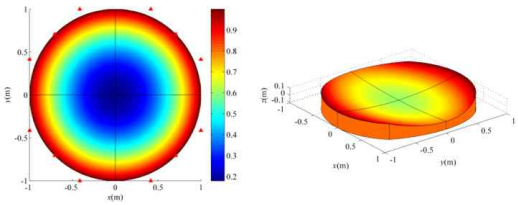


그림2. Point cloud with material data

■ 과제수행 현황

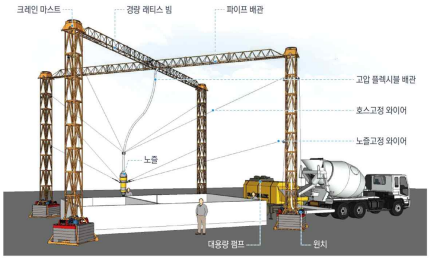
▶ **과제명: 확장유전알고리즘기반 위상최적화를 이용한 구조물 형상설계**

- 연구책임자: 이재홍 교수
- 지원기관 및 지원사업: 한국연구재단 개인연구지원사업(중견연구)
- 연구기간: 2015.05.01. - 2024.02.29



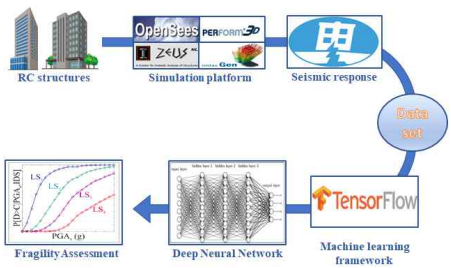
▶ **과제명: 병렬 케이블 로봇기반 건축물용 3D프린팅 기술**

- 연구책임자: 이재홍 교수
- 지원기관 및 지원사업: 한국연구재단 기초연구실지원사업
- 연구기간: 2017.06.01. - 2023.02.28



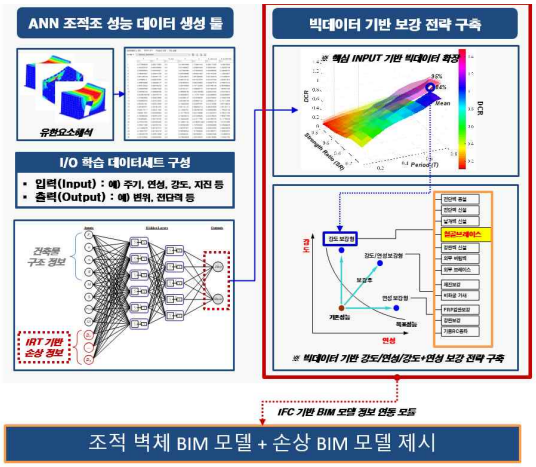
▶ **과제명: DNN기반 위험도 알고리즘생성을 통한 중저층 취약건축물의 보강전과 후의 내진성능 실증 연구**

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 한국연구재단 개인연구지원사업(중견연구)
- 연구기간: 2020.03.01 - 2025.02.28



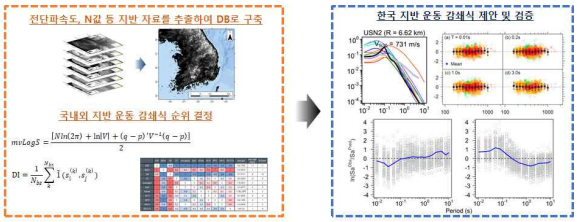
▶ **과제명: 손상유형 및 수준을 반영한 인공신경망 기반의 조적벽체의 내진성능평가 데이터 생성 및 의사결정 툴 개발**

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 국토교통과학기술진흥원 국토교통기술촉진연구사업
- 연구기간: 2020.04.13 - 2021.12.31



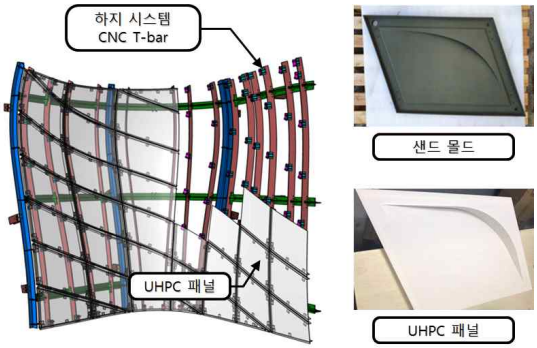
▶ **과제명: 대규모 지진으로 인한 사회·경제적 영향분석 추정기술 개발**

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 국립재난안전연구원 지진대비 안전인프라 기술개발
- 연구기간: 2020.04.29 - 2021.12.31



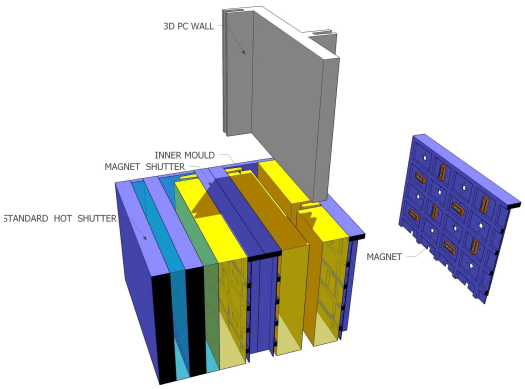
▶ **과제명: 유한요소해석 모델링을 통한 몰드와 UHPC 비정형패널의 설계 기준 개발**

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 국토교통과학기술진흥원 국토교통기술사업화지원
- 연구기간: 2021.04.01 - 2023.12.31



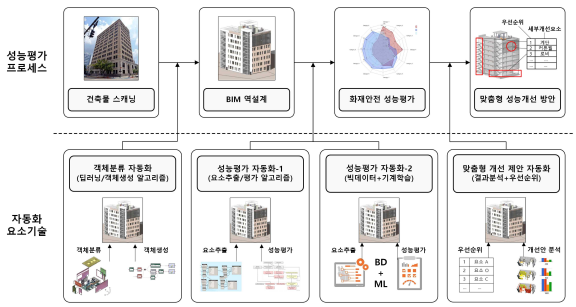
▶ **과제명: 인양 및 시공을 고려한 3차원 PC 벽체의 유한요소해석 설계기술 및 인공지능기반 최적 알고리즘 개발**

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 국토교통과학기술진흥원 국토교통기술사업화지원
- 연구기간: 2021.04.01 - 2023.12.31



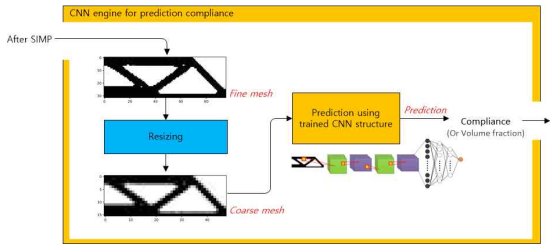
▶ **과제명: 기계학습 기반 BIM 역설계를 활용한 건축물 화재안전 성능평가 자동화 기술 개발**

- 연구책임자: 이재욱 교수
- 지원기관 및 지원사업: 연구재단 중견연구사업
- 연구기간: 2020.03.01 - 2025.02.28



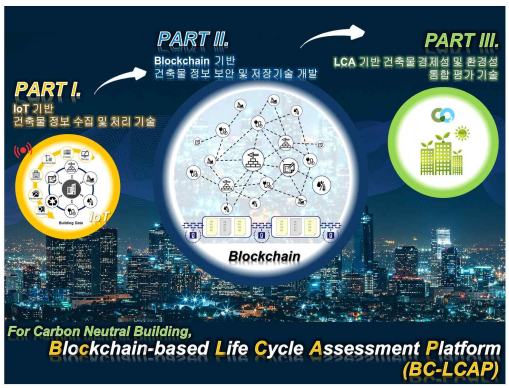
▶ **과제명: 딥러닝 기술을 사용한 구조 해석 및 설계 기법 개발**

- 연구책임자: 이승혜 교수
- 지원기관 및 지원사업: 연구재단 신진연구지원사업
- 연구기간: 2018.03.01. - 2023.02.28



▶ **과제명: 블록체인 기반 건축물 전과정평가 플랫폼 개발**

- 연구책임자: 정광복 교수
- 지원기관 및 지원사업: 연구재단 이공분야 기초연구사업 기본연구
- 연구기간: 2021.06.01 - 2024.02.29



■ 논문 게재 성과

- Sim, E. A., Lee, S., Oh, J., & Lee, J. (2021). GANs and DCGANs for generation of topology optimization validation curve through clustering analysis. Advances in Engineering Software, 152, 102957.
- Thang, P. T., Nguyen-Thoi, T., & Lee, J. (2021). Modeling and analysis of bi-directional functionally graded nanobeams based on nonlocal strain gradient theory. Applied Mathematics and Computation, 407, 126303.
- Lee, S., Vo, T. P., Thai, H. T., Lee, J., & Patel, V. (2021). Strength prediction of concrete-filled steel tubular columns using Categorical Gradient Boosting algorithm. Engineering Structures, 238, 112109.
- Mai, H. T., Kang, J., & Lee, J. (2021). A machine learning-based surrogate model for optimization of truss structures with geometrically nonlinear behavior. Finite Elements in Analysis and Design, 196, 103572.
- Huynh, T. N., Do, D. T., & Lee, J. (2021). Q-Learning-based parameter control in differential evolution for structural optimization. Applied Soft Computing, 107, 107464.
- Truong, T. T., Lee, J., & Nguyen-Thoi, T. (2021). Multi-objective optimization of multi-directional functionally graded beams using an effective deep feedforward neural network-SMPSO algorithm. Structural and Multidisciplinary Optimization, 63(6), 2889-2918.
- Lee, G., Park, J. H., Pham, K. V., Lee, C. H., & Lee, K (2021). Experimental Investigation of Traditional Clay Brick and Lime Mortar Intended for Restoration of Cultural Heritage Sites. Applied Sciences 11(13), 6228.

■ 학술회의 참석

▷ 2021년도 한국콘크리트학회 봄 학술대회

- 참석자: 이가윤, 임창규, 문아해, 진수민, Hoang, Khoa Pham, Luat Nguyen, Quong, To Bao Quoc, Tran Han
- 일시: 2021.05.12.(수) ~ 2021.05.14.(금)
- 장소: 여수 엑스포컨벤션센터
- 주제: 그린뉴딜, 그린콘크리트

2021년도 한국콘크리트학회 참석

▷ 2021 한국공간구조학회 정기총회 및 춘계기술세미나

- 참석자: 이재홍 교수, 이기학 교수, 이승혜 교수
- 일시: 2021.05.28.(금)
- 장소: LW컨벤션 그랜드 볼룸
- 주제: 미래 대공간 구조 건설 기술과 트렌드 전망

2021년도 한국공간구조학회 춘계기술세미나 참석

▷ 2021년도 한국BIM학회 정기학술대회

- 참석자: 이재욱 교수, 정광복 교수
- 일시: 2021.06.17.(목)
- 장소: 서울대학교 호암교수회관 삼성컨벤션센터
- 주제: 가상성과 인공지능(Virtuality and AI)

2021년도 한국BIM학회 참석