SEP. 2022 | VOL. 5

딥러닝 건축연구소 뉴스레터

The newsletter of Deep Learning Architecture Research Center

Table of Contents

- 인사말 - 2
- 연구소 소개 -3
- 특집기사 - 4
  - 기계학습을 위한 기초지식(2): 클러스터링을 위한 유사성 측정 기법 소개 / 이승혜, 이재홍 - 4
  - 건설현장 안전을 위한 실시간 모니터링 관련 연구 동향 / 오경석, 정광복 - 6
- 연구소개 - 8
  - Deep neural networks for form-finding of tensegrity structures / 이승혜 , Qui X. Lieu, Thuc P. Vo., 이재홍 -8
  - Development of a greenhouse gas emissions benchmark considering building characteristic and national greenhouse emissions reduction target / 정광복, 지창윤, 염승근, 홍태훈- 9
- 연구소 소식 - 10
- 연구원 동정 - 12

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 넓혀 가고 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 건축공학 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.

기계학습을 위한 기초지식(2): 클러스터링을 위한 유사성 측정 기법 소개

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

1. 서론

지난 기사에서는 비지도학습의 대표적인 방법인 클러스터링(clustering)(혹은 군집화)에 대해서 알아보았다(참조: “기계학습을 위한 기초지식(1): 클러스터링 기법 소개”, 딥러닝 건축연구소 뉴스레터 Vol.4). 클러스터링은 데이터세트(dataset)를 유사성(similarity)이 높은 군집(cluster)으로 군집화하며 크게 분할 군집화(partitioning clustering)[1], 계층 군집화(hierarchical clustering)[2], 밀도기반 군집화(density-based clustering)[3], 격자기반 군집화(grid-based clustering)[4], 모델기반 군집화(model-based clustering)[5] 등의 기법을 사용하여 나눈다[6]. 이렇게 군집화한 데이터세트에 대해 데이터 포인트(data point)의 유사성 혹은 비유사성(dissimilarity)을 측정하는 것은 클러스터링에서 중요한 과정이라 할 수 있다[7].

좋은 클러스터링 기법이란 대상들 간의 유사성이 가장 높도록 군집화하는 것이다. 유사성 측정의 대부분은 대상들 간의 거리를 측정하는 방법을 기반으로 한다. 특정한 거리측정(distance measure) 기법이 최고일 수는 없으며 각 데이터세트의 특성에 잘 맞는 기법을 선택해야 한다. 본 기사에서는 클러스터링을 위한 다양한 거리측정 기법을 소개하며 지면 특성상 간략한 설명으로 정리하였다.

2. 거리측정 기법

본 기사에서는 대표적인 거리측정 기법인 유클리드 거리(Euclidean distance), 코사인 거리(Cosine distance), 자카드 거리(Jaccard distance), 맨하탄 거리(Manhattan distance), 민코프스키 거리(Minkowski), 해밍 거리(Hamming distance,)를 소개한다. 각각 n개의 데이터포인트가 있는 2개의 클러스터, 즉 $A=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$, $B=\{y_1,y_2,\cdots,y_n\}$를 설정하였으며 두 변수 x와 y의 유사성 척도 거리는 $d(x,y)$로 표기한다.

2.1 유클리드 거리

유클리드 거리는 기하학적인 문제를 위한 가장 기본적인 측정 방법으로 두 점의 직선상의 거리를 의미한다. 유클리드 거리를 사용하여 유클리드 공간을 정의할 수 있으며, 이 거리에 대응하는 노름(norm)을 유클리드 노름(Euclidean norm)이라고 부른다.

$$d(x,y)=\left(\sum_i^n |x_i-y_i|^2\right)^{1/2}$$

2.2 코사인 거리

코사인 거리는 1의 값에서 코사인 유사도(cosine similarity)를 뺀 값으로 두 벡터 사이의 각도를 θ라고 하였을 때 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$d(x,y)=1-\frac{\sum_i^n x_i y_i}{\|x\|_2\|y\|_2}$$

여기서 $\|\cdot\|_2$은 L2 노름, 즉 유클리드 노름을 뜻한다. 코사인 유사도는 내적 공간의 두 벡터 간의 코사인값을 이용하는 것으로 벡터의

크기가 아닌 방향의 유사도를 판단하는 목적으로 사용된다. 이 방법은 두 문서의 유사성을 측정하는 매우 유용한 방법으로 알려져 있다.

2.3 자카드 거리

자카드 거리는 비교 대상을 집합으로 간주하여 교집합의 원소 개수를 합집합의 원소 개수로 나눈 값으로 0과 1사이의 값을 가진다. 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$d(A,B) = 1 - \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

자카드 거리는 두 집합에 공통으로 공유되는 항목은 중요한 반면에 모두 존재하지 않는 항목에 대해서는 무시해도 되는 문제에 적합한 척도이다.

2.4 맨하탄 거리

맨하탄 거리는 뉴욕 맨하탄에서 택시가 최단 경로를 찾는 것에서 착안한 것으로 민코프스키 거리의 r값이 1인 경우를 뜻한다. 식은 다음과 같다.

$$d(x,y) = \sum_{i}^{n} |x_i - y_i|$$

2.5 민코프스키 거리

민코프스키 거리는 유클리드 거리와 맨하탄 거리를 포함하는 것으로 양의 실수인 r값을 사용하여 거리의 값을 일반화 한 것이다. r의 값이 2일 때는 유클리드 거리를 뜻한다.

$$d(x,y) = \left(\sum_{i}^{n} |x_i - y_i|^r \right)^{1/r}$$

2.6 해밍 거리

해밍 거리는 두 군집을 비교할 때 같은 위치에 있는 값들을 비교하는 매우 직관적인 방법이다. 두 문자열을 비교하는 예제에 많이 쓰이고 있으며 컴퓨터 통신 등에서 문자열의 전송 오류 등을 측정하는 것에 사용된다.

$$d(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } x = y \\ 0 & \text{if } x \neq y \end{cases}$$

3. 결론

본 기사에서는 클러스터링을 위한 다양한 거리측정 기법을 소개하였다. 클러스터링을 적용할 때 데이터세트의 특성에 잘 맞는 기법을 선정하는 것이 중요하다. 본 기사에서 미처 소개하지 못한 다양한 유사성 측정기법이 최근 많이 소개되고 있으므로 해당 데이터에 대한 결과를 비교 분석해보는 것도 하나의 연구주제가 될 수 있다.

참고문헌

[1] Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern recognition letters, 31(8), 651-666.

[2] Murtagh, F., & Contreras, P. (2012). Algorithms for hierarchical clustering: an overview. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 2(1), 86-97.

[3] Kriegel, H. P., Kröger, P., Sander, J., & Zimek, A. (2011). Density-based clustering. Wiley interdisciplinary reviews: data mining and knowledge discovery, 1(3), 231-240.

[4] Liao, W. K., Liu, Y., & Choudhary, A. (2004, April). A grid-based clustering algorithm using adaptive mesh refinement. In 7th workshop on mining scientific and engineering datasets of SIAM international conference on data mining (Vol. 22, pp. 61-69).

[5] Foggia, P., Percannella, G., Sansone, C., & Vento, M. (2009). Benchmarking graph-based clustering algorithms. Image and Vision Computing, 27(7), 979-988.

[6] Ghosal, A., Nandy, A., Das, A. K., Goswami, S., & Panday, M. (2020). A short review on different clustering techniques and their applications. Emerging technology in modelling and graphics, 69-83.

[7] Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., ... & Lin, C. T. (2017). A review of clustering techniques and developments. Neurocomputing, 267, 664-681.

건설현장 안전을 위한 실시간 모니터링 관련 연구 동향

오경석 / 세종대학교 건축공학과 / 학사과정 / ogs8608@sju.ac.kr
정광복 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 조교수 / kbjeong7@sejong.ac.kr

1. 서론

2022.3월 고용노동부 조사대상통계 기준에 따르면, 전체 산재 사망사고 중에서 건설업이 차지하는 비중이 50% 이상을 차지한다. 이는 건설 산업의 특성상 건설현장의 안전 시설물 미흡과 일부 작업자의 안전에 대한 인식 부족 등으로 전도, 낙하 등 위험에 노출되기 때문이다. 이를 방지하기 위해, 건설현장 안전점검의 강화 및 안전관리자 투입 등 다양한 방안을 마련하고 있음에도 불구하고, 건설 현장의 수 많은 과정을 실시간 모니터링 할 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 한계점을 해결하기 위해, 최근 컴퓨터 비전, 딥러닝 등을 통한 건설현장의 실시간 모니터링에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 이네 본 기사에서는 최근 들어 진행되고 있는 컴퓨터 비전과 딥러닝 기술을 활용한 건설현장의 안전점검에 관한 몇 가지 연구사례를 살펴보고자 한다.

2. 건설현장의 안전 모니터링 연구

2.1 건설현장 작업자의 불안전한 행동 모니터링 연구

건설현장의 안전점검은 지속적인 모니터링을 위해 컴퓨터 비전과 딥러닝 기술을 이용한 연구들이 수행되고 있다. 그중에서 Han S. et al. (2012)이 수행한 인간의 골격 모델을 추출하여 위험을 감지하는 기술을 간략히 소개하고자 한다.

방법론을 살펴보면, 첫째, 인간의 불안전한 동작의 골격 모델은 딥러닝을 통해 수집 및 학습된다. 둘째, 건설현장에 설치된 여러 대의 카메라는 작업자를 지속적으로 추적·감지한다. 셋째, 사전에 학습되어 있는 불안전한 행동 모델 데이터와 건설현장 작업자의 행동의 일치 여부에 따라 위험 행동 여부를 분류한다. 이 방식을 통해 작업자는 건설현장에서 더 안전한 행동을 하도록 유도할 수 있다.

2.2 건설현장 작업자의 재식별과 Personal Protective Equipment (PPE)를 모두 고려한 안전 모니터링 연구

최근 들어 단순히 불안전한 행동 및 작업장을 감지하는 것을 넘어, 더욱 정밀하고 정확하게 건설현장을 모니터링하기 위한 연구들이 수행되고 있다. 그 중, Cheng, J.P. et al. (2022)는 작업자를 재식별과 PPE 구분을 결합한 안전 감지 연구를 소개하고자 하며, 그 방법은 다음과 같다.

첫째, 전체적인 건설현장에서 여러 대의 카메라를 통해 더욱 포괄적으로 작업자를 감지한다. 새로운 유사성 손실 함수의 설계로 각각의 작업자를 개별적으로 탐지하여 더욱 강력한 추적을 수행한다. 이를 통해, 건설현장에서 작업자 탐지 정확도를 향상시켰다. 둘째, PPE 감지와 관련된 기존 연구에서는 WV, WH, WHV등의 클래스를 구분하는 과정에서 데이터 세트의 불완전으로 인한 클래스간 불균형 문제를 해결하지 못했다. 기존 연구의 실험 데이터 세트는 약 90% 이상이 WH와 WHV로만 구성되어 있었기 때문에 편향된 분류가 이루어져 분류 정확도가 낮았다. 이 문제를 개선하기 위해 상대적으로 소수의 클래스에는 가중치를 부여하여 각 클래

스가 모델에 미치는 영향을 동일하게 했다. 이를 통해, 이는 본 연구는 PPE를 기존 방식보다 더욱 정확하게 분류할 수 있었다.

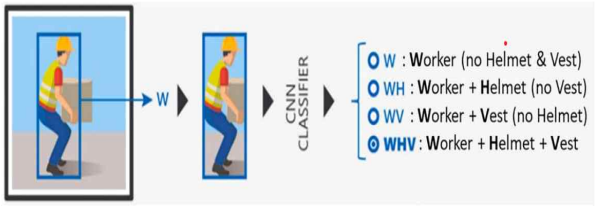


그림 1. 작업자의 PPE 클래스 구분 방법(Cheng, J.P et al. (2022) 참고)

2.3 건설현장의 안전시설물 모니터링 연구

건설현장에서는 현장 작업자의 안전을 위해, 다양한 안전 시설물들이 설치 및 운영되고 있다. 하지만 각 작업장에 적합한 안전 시설물이 안전규정에 맞게 설치가 되지 않는 경우가 발생한다. 따라서 건설현장의 안전 시설물의 설치 여부를 모니터링하는 연구들이 수행되어 왔다. 그 중, 본 절에서는 Kolar Z. et al. (2018)이 수행한 Convolutional Nerual Network(CNN)을 이용한 안전난간 탐지 모델에 관한 연구에 대해 살펴보고자 한다. CNN은 합성곱 신경망이라고 불리는 딥러닝 알고리즘으로서, 이미지 분류 측면에서 높은 정확도를 나타낸다. CNN을 통해 개발된 안전난간 탐지 모델은 실제 건설 현장에서 작업장의 안전난간 감지를 위해 사용되었다. 이와 관련된 연구에서 사용된 CNN 알고리즘 모델은 약 4,000장에 달하는 실제 건설현장 이미지와 구글 이미지에 대해 95.4%의 높은 분류 정확도를 보였다.

3. 결론

본 고는 건설 산업에서 컴퓨터 비전과 딥러닝 기술을 이용한 건설현장 안전의 실시간 모니터링에 대한 연구들을 살펴보았다. 딥러닝 알고리즘 모델을 활용한 컴퓨터 비전 기반 건설현장의 안전점검은 훈련 데이터의 부족과 더불어 탐지 정확도에 대한 문제가 아직 완전하게 해결되지 않은 한계점을 가지고 있다. 다만, Faster R-CNN과 YOLO-v3, YOLOX-m 등을 이용하여 객체 탐지 정확도를 향상시키는 연구 결과들이 제시되고 있다. 또한, 고정된 카메라를 이용한 모니터링 방식이 아닌 드론 기술을 통해 건설현장을 보다 유연하게 모니터링하는 연구도 수행되고 있다. 이처럼 지속적인 연구를 통해 개발되는 기술들을 보완하고 발전시킨다면 건설현장을 더욱 안전하게 관리할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Kolar, Z., Chen, H., & Luo, X. (2018). Transfer learning and deep convolutional neural networks for safety guardrail detection in 2D images. Automation in Construction, 89, 58-70.

[2] Han, S., Lee, S., & Peña-Mora, F. (2012, May). Vision-based motion detection for safety behavior analysis in construction. In 2012 Construction Research Congress (CRC) (pp. 21-23).

[3] Cheng, J. P., Wong, P. K. Y., Luo, H., Wang, M., & Leung, P. H. (2022). Vision-based monitoring of site safety compliance based on worker re-identification and personal protective equipment classification. Automation in Construction, 139, 104312.

[4] 고용노동부 산업안전보건본부 산업안전보건정책과 (2022), 21년 산업재해 사고사망 현황 발표, 경제정보센터

Deep neural networks for form-finding of tensegrity structures

이승혜 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 조교수 / seunghye@sejong.ac.kr
Qui X. Lieu / Ho Chi Minh City University of Technology / Lecturer / lieuxuanqui@hcmut.edu.vn
Thuc P. Vo. / La Trobe University / Associate Professor / T.Vo@latrobe.edu.au
이재홍 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 교수 / jhlee@sejong.ac.kr

■ 연구요약

기존에 발표되었던 텐세그리티의 형상탐색(form-finding) 기법들은 한계점을 보여왔다. 본 연구에서는 최신 딥러닝 기법을 사용한 새로운 텐세그리티 형상탐색 기법을 소개한다. 형상탐색을 위해 사용되던 내력밀도기법(force-density method)은 데이터세트(dataset)로 훈련된 심층신경망(deep neural network)로 대체할 수 있으며 이를 통해 텐세그리티의 형상정보를 획득할 수 있다. 내력밀도 행렬(force density matrix)을 위한 고유값 분해(eigenvalue decomposition)과정과 각 절점의 좌표를 획득하기 위해 필요한 평형행렬(equilibrium matrix)은 제안된 기법으로 완전히 대채될 수 있다. 본 기법은 차분진화알고리즘(Differential Evolution, DE)을 기반으로 하였으며 최적화 과정 중 진행되는 형상탐색 과정의 결과는 제안된 기법의 결과와 비교하였다. 3개의 텐세그리티 예제(2D two-strut, a 3D-truncated tetrahedron and an icosahedron tensegrity)를 통해 제안된 기법을 효율성을 입증하였으며 심층신경망에서 사용한 다양한 활성화 함수(activation function)의 비교를 통해 최적의 활성화 함수도 제안하였다. 이를 통해 얻은 결과는 해석 결과값과 잘 일치하였으며 더 균일한 텐세그리티 형상을 얻을 수 있었다.

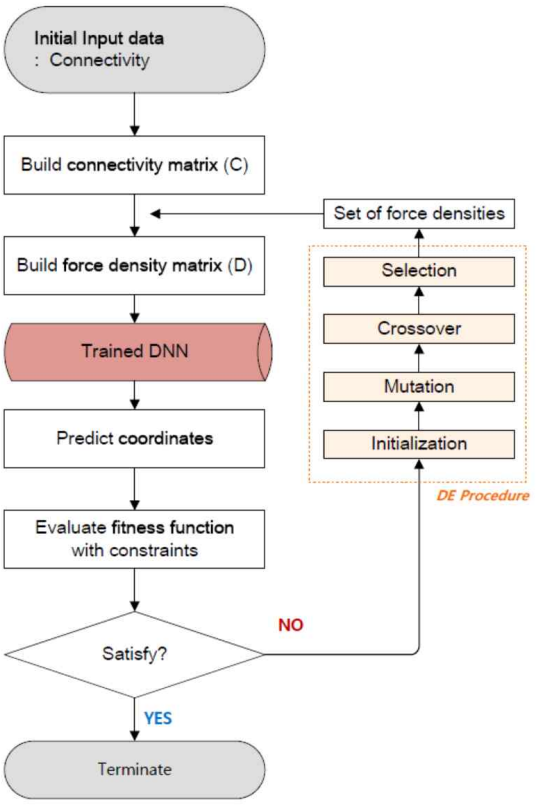


그림1. Flowchart of the DNN-based form-finding process of tensegrity structures to eliminate the calculation of EVD and SVD.

Development of a greenhouse gas emissions benchmark considering building characteristics and national greenhouse emissions reduction target

정광복 / 세종대학교 딥러닝 건축연구소 / 조교수 / kbjeong7@sejong.ac.kr
지창윤 / 한국부동산원 / k25960@reb.or.kr
염승근 / 연세대학교 건축공학과 / 연구원 / kevinysk@yonsei.ac.kr
홍태훈 / 연세대학교 건축공학과 / 교수 / hong7@yonsei.ac.kr

■ 연구요약

2030년 국가 온실가스 감축목표와 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해, 건물 부문의 특성을 고려한 온실가스 배출량 벤치마크 개발이 중요하다. 이에 따라, 본 연구는 건물의 특성과 국가 온실가스 감축목표를 고려한 벤치마크를 개발하였다. 이를 위해, 통계적 방법을 이용하여 중부와 남부지역을 각각 3개의 그룹으로 분류하고 검증을 수행하였다.

본 연구에서 제안한 온실가스 배출량 벤치마크를 건물부문에 적용한 결과, 2030년 국가 온실가스 감축목표(i.e., 32.80%)와 2050년 탄소중립 목표(i.e., 88.10%)의 달성이 가능한 것으로 나타났다. 결과적으로, 기존 배출권 거래제(Korean-ETS and EU-ETS)와 비교하여, 본 연구에서 제안하는 온실가스 배출량 벤치마크는 국가 온실가스 감축목표의 달성과 경제적 부담을 완화하는 합리적인 대안이 될 수 있다.

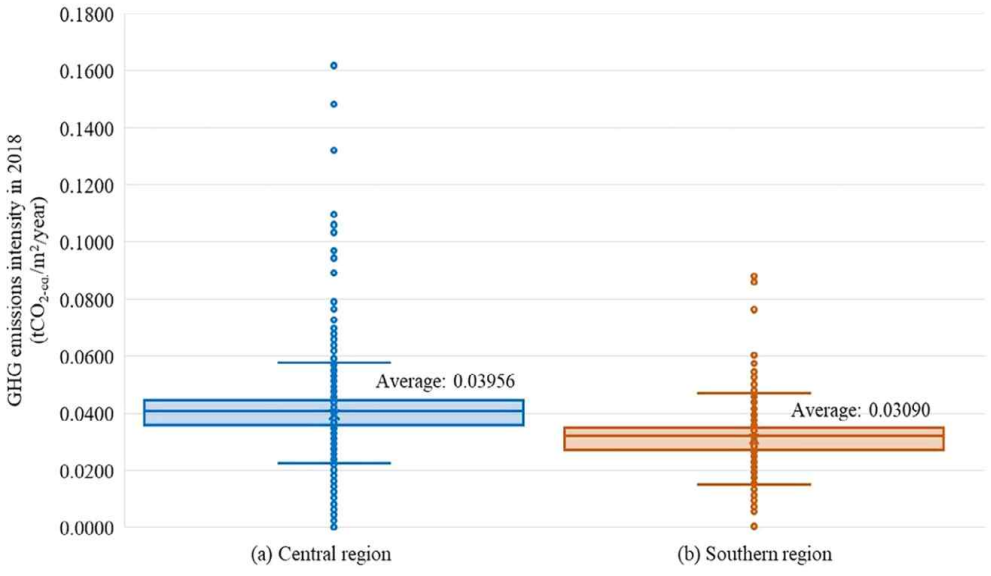
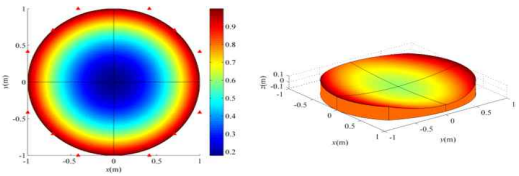


그림1. Box plots of GHG emission intensity in MFHCs.

■ 과제수행 현황

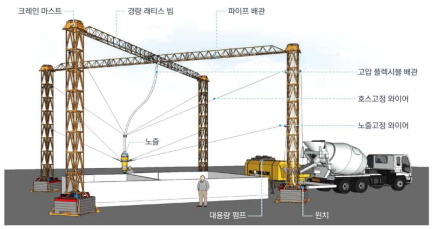
▶ 과제명: 확장유전알고리즘기반 위상최적화를 이용한 구조물 형상설계

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



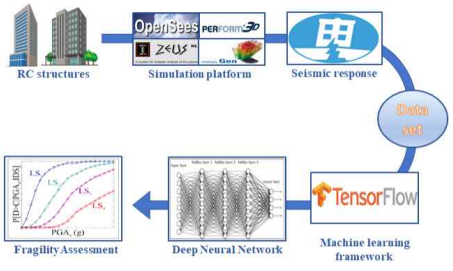
▶ 과제명: 병렬 케이블 로봇기반 건축물용 3D프린팅 기술

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



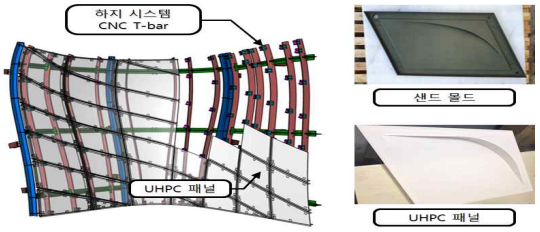
▶ 과제명: DNN기반 위험도 알고리즘생성을 통한 중저층 취약건축물의 보강전과 후의 내진성능 실증 연구

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



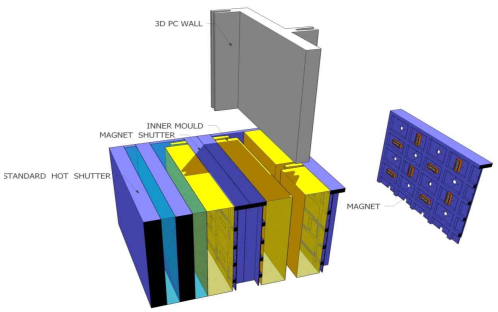
▶ 과제명: 유한요소해석 모델링을 통한 몰드와 UHPC 비정형패널의 설계 기준 개발

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



▶ 과제명: 인양 및 시공을 고려한 3차원 PC벽체의 유한요소해석 설계기술 및 인공지능기반 최적 알고리즘 개발

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



▶ 과제명: 지진방재 분야 전문인력 양성사업

- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 행정안전부 지진방재분야전문인력양성사업
- 연구기간: 2022.09.01. - 2024.08.31

▶ **과제명: 지역특성을 고려한 지진재해 지역위험도 평가기술 개발**

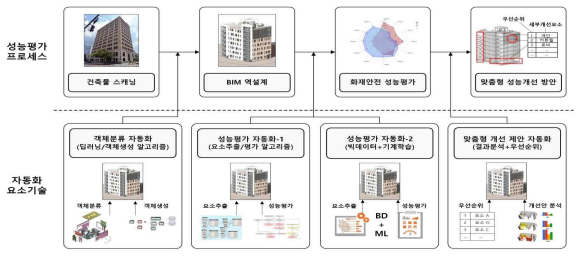
- 연구책임자: 이기학 교수
- 지원기관 및 지원사업: 행정안전부 국립재난안전연구원 재난안전 공동연구 기술개발사업
- 연구기간: 2022.05.21. - 2025.12.31

▶ **과제명: 국내 석축형 문화재의 비파괴검사를 통한 내부채움재 검토와 정밀 유한요소해석을 통한 동적거동 특성 연구**

- 연구책임자: 이가윤 박사후연구원(이기학 교수)
- 지원기관 및 지원사업: 한국연구재단 창의·도전연구기반지원사업
- 연구기간: 2022.06.01. - 2024.02.28

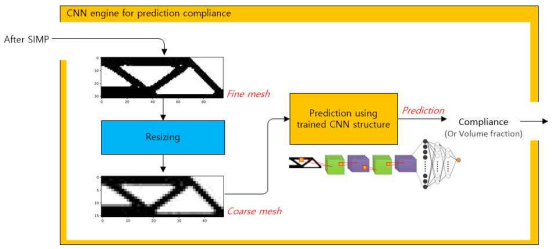
▶ **과제명: 기계학습 기반 BIM 역설계를 활용한 건축물 화재안전 성능평가 자동화 기술 개발**

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



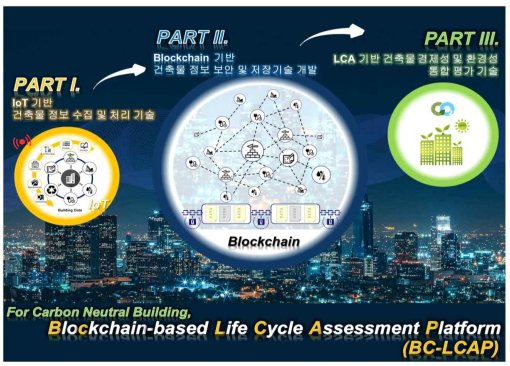
▶ **과제명: 딥러닝 기술을 사용한 구조 해석 및 설계 기법 개발**

- 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

- Tang, H., & Lee, J. (2022). Adaptive initialization LSHADE algorithm enhanced with gradient-based repair for real-world constrained optimization. Knowledge-Based Systems, 246, 108696.
- Nguyen, N. V., Nguyen-Xuan, H., & Lee, J. (2022). Polygonal composite elements for stress-constrained topology optimization of nearly incompressible materials. European Journal of Mechanics-A/Solids, 94, 104548.
- Mai, H. T., Lieu, Q. X., Kang, J., & Lee, J. (2022). A robust unsupervised neural network framework for geometrically nonlinear analysis of inelastic truss structures. Applied Mathematical Modelling, 107, 332-352.
- Thang, P. T., Do, D. T., Nguyen, T. T., Lee, J., & Nguyen-Thoi, T. (2022). Free vibration characteristic analysis of functionally graded shells with porosity and neutral surface effects. Ocean Engineering, 255, 111377.
- Lee, S., Nguyen, N. H., Karamanli, A., Lee, J., & Vo, T. P. (2022). Super learner machine-learning algorithms for compressive strength prediction of high performance concrete. Structural Concrete.
- Le-Duc, T., Nguyen, Q. H., Lee, J., & Nguyen-Xuan, H. (2022). Strengthening Gradient Descent by Sequential Motion Optimization for Deep Neural Networks. IEEE Transactions on Evolutionary Computation.
- Nguyen, N. V., Phan, D. H., & Lee, J. (2022). Nonlinear static and dynamic isogeometric analysis of functionally graded microplates with graphene-based nanofillers reinforcement. Aerospace Science and Technology, 127, 107709.
- Mai, H. T., Lee, J., Kang, J., Nguyen-Xuan, H., & Lee, J. (2022). An Improved Blind Kriging Surrogate Model for Design Optimization Problems. Mathematics, 10(16), 2906.
- Nguyen, N. H., Abellán-García, J., Lee, S., Garcia-Castano, E., & Vo, T. P. (2022). Efficient estimating compressive strength of ultra-high performance concrete using XGBoost model. Journal of Building Engineering, 52, 104302.
- Han, S. W., Hyun, J., Cho, E., & Lee, K. (2022). Efficient determination of combined hardening parameters for structural steel materials. Steel and Composite Structures, 42(5), 657-669.
- Cuong, N. H., Shin, J., Kim, J. H., Luat, N. V., & Lee, K. (2022). Compressive and shear behavior of brick masonry assemblages strengthened with polyurea coating: Experiment and DEM investigations. Construction and Building Materials, 348, 128534.
- Tran, H. V., Kim, S. C., Shin, J., & Lee, K. (2022). Shaking table testing of an innovative wireway vibration attenuation system. Journal of Constructional Steel Research, 197, 107477.
- Jeong, K., Ji, C., Yeom, S., and Hong, T. (2022) "Development of a greenhouse gas emissions benchmark considering building characteristics and national greenhouse emissions reduction target" Energy and Buildings, 269, 112248.

- Jeong, K., An, J., Hong, T., Lee, J., and Jeong, Y. (2022) "Life-cycle economic assessment for establishing the optimal government solar subsidy program in South Korea" Energy and Buildings, 272, 112342.

■ 학술회의 참석

▷ 2022년 한국강구조학회 학술대회

- 참석자: 이재홍 교수, 이승혜 교수, 이유진, 이용찬, 조수연, 예성준.
- 일시: 2022.6.08.(수). - 2022.6.10.(금)
- 장소: 메종 글래드 제주 (제주시)

2022년 한국강구조학회 학술대회 참석

▷ 2022년 한국BIM학회 정기학술대회

- 참석자: 이재욱 교수, 정광복 교수, 박준우, 김소현, 이지민, 최창순, 김형균, 정준호.
- 일시: 2022.6.17.(금).
- 장소: 한국과학기술회관
- 주제: BIM Culture - BIM Practices Towards a New Normal

2022년 한국BIM학회 정기학술대회 참석