

컨볼루션 신경망 기반 건설현장 배치 최적화

- 타워크레인 배치를 중심으로 -

Convolutional Neural Network Based Construction Site Layout Optimization

- Focusing on the Tower Crane Layout -

○윤 성 부*

박 문 서**

정 민 혁***

안 수 호****□

Yoon, Sungboo

Park, Moonseo

Jung, Minhyuk

Ahn, Suho

Abstract

Crane layout optimization has been a fundamental challenge in construction site layout planning. However, crane layout optimization problems are usually computationally expensive due to a large number of constraint functions and variables, especially for large-scale construction projects. To overcome the drawbacks of the traditional crane layout optimization models, we suggest a novel approach using convolutional neural network techniques to locate feasible area for cranes before the optimization process. Our proposed approach is applied to a existing optimization model, and the results verify the effectiveness of our approach on the reduction of the computation cost.

키워드 : 컨볼루션 신경망, 타워크레인, 건설현장 배치 최적화

Keywords : Convolutional neural network, Tower crane, Construction site layout optimization

1. 서론

1.1 연구의 목적

타워크레인은 건설현장에서 가장 높은 투자비용이 소요되는 단일 장비이다. 조건에 부합하지 않는 타워크레인 배치계획은 추가 장비 투입 및 재설계 등의 작업으로 이어질 수 있으므로, 정확한 예측에 의한 배치계획 수립이 필요하다.

선행연구에서는 타워크레인 배치계획을 수립하기 위해 다양한 최적화 모델을 제시하였다(Huang et al., 2019; Ji and Leite, 2020). 타워크레인 레이아웃 최적화는 타워크레인의 기종 및 규격, 양중대상, 인양 및 설치 위치, 양중시간 등 여러 제약조건과 변수를 고려해야 하는 복잡한 문제이다. 특히, 대규모 건설현장의 경우 이러한 문제는 많은 연산량을 요구한다.

* 서울대학교 건축학과 대학원 석사과정

** 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, mspark@snu.ac.kr)

*** 서울대학교 건축학과 BK21플러스 스마트건축 글로벌리더 양성 교육연구단 연구교수, 공학박사

**** 서울대학교 건축학과 대학원 박사과정

이 연구는 2021년도 국토교통부 주거환경연구사업 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술 개발의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: 21RERP-B082884-08

본 연구는 기존 타워크레인 배치 최적화 모델의 연산비용(computational cost) 감소를 위해, 배치 범위 지정을 통해 건설현장 배치 최적화를 수행하는 방법을 제안한다. 특히 본 연구는 타워크레인을 사례로, 현장 도면을 분석하고 배치 범위를 지정하였다. 그리고 도출된 결과를 최적화 모델에 적용하여 연산비용의 감소효과를 확인하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1 타워크레인 레이아웃 최적화

최근 선행연구에서는 입자 군집 최적화 알고리즘(Particle Swarm Optimization), 유전 알고리즘(Genetic Algorithms) 등의 전역 최적화 기법을 활용하여 타워크레인 레이아웃 최적화 문제를 해결하였다(Lien et al., 2014; Marzouk et al., 2016; Wu et al., 2020). 전역 최적화 기법은 전체 탐색영역에서 최적해를 도출하는 데 효과적이거나, 상당한 연산비용을 수반한다(Weise, 2009). 이에 연산량 감소를 위해 배치 범위(location scope)를 활용하여 최적해 후보를 좁히는 방식이 제시되었다. Irizarry(2012)는 “Supply point와 Demand point에서부터 양중범위를 나타낸 두 원의 교차 영역”을 배치 범위로 정의하고, 최적화 이전에 작업 가능 영역을 지정하였다. 그러나 양중 범위의 정의 또는 양중 가능 여부의 검증 중 하나로 그 적용을 제한하였으며, 연산량이 오히려 증가하는 방식으로 범위 탐색을 수행하였다.

2.2 컨볼루션 신경망 (Convolution neural network)

컨볼루션 신경망은 사람의 시신경에 기반을 둔 신경망으로 주로 시각적 이미지를 분석하는데 많이 활용되고 있다. 입력 데이터로부터 필터와 컨볼루션, 풀링 연산을 통해 출력 데이터를 생성한다.

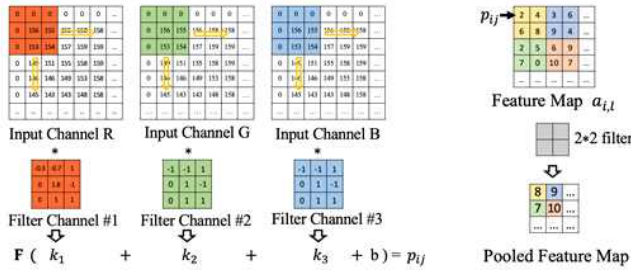


그림 5. Convolution(좌)과 Max-pooling(우) 연산 개념도

3. 컨볼루션 신경망 기반 타워크레인 배치 최적화

3.1 모델 구축

본 모델의 입력은 현장 도면, 출력은 배치 범위이며 각 단일 채널로 구성된다. 본 연구의 프레임워크는 3단계로 나뉜다(그림 2). 먼저, 양중 타당성을 결정하는 세 요소인 양중 범위, 높이, 용량을 각각 Distance(D), Height(H), Load(L) 채널로 정의하고, 현장 도면 이미지를 3개의 채널로 구성된 DHL이미지로 변환하였다. 이후 각 채널에 대해 필터링 연산을 거쳐 흑백 이미지를 생성하였다. 마지막으로 세 채널을 결합하여 마스크를 생성하고 배치 범위를 도출하였다. 도출된 배치 범위는 결과 검증을 위해 기존의 최적화 모델에 적용하였다.

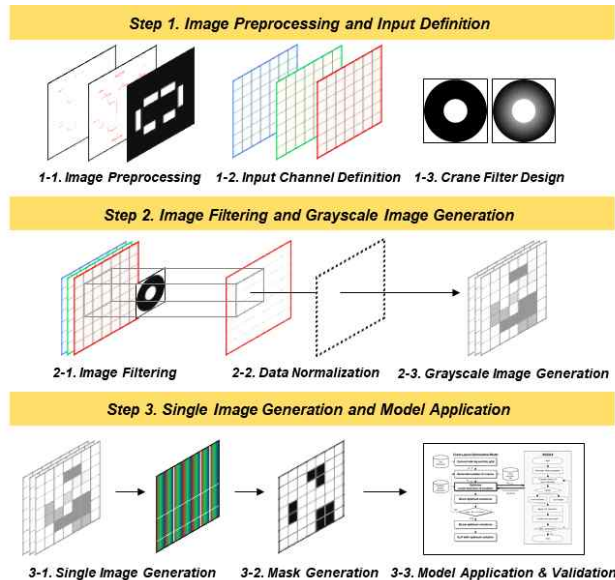


그림 6. 컨볼루션 신경망 기반 타워크레인 배치 최적화

3.2 결과 분석

그림 3은 Liebherr 630 EC-H 50 Litronic 타워크레인을 두 종류의 필터로 치환하여 모델 프레임워크에 따라 배치 범위를 지정한 결과이다. 본 연구에서 제시한 모델을 통해

타워크레인 레이아웃 최적화 모델의 연산비용이 20.1% 감소하였음을 확인하였다(총 100회 수행 평균).



그림 7 최적화 모델 적용 결과 비교: As-is(상), To-be(하)

4. 결론

건설현장 배치계획 수립에 있어 타워크레인 배치는 공사비의 높은 비중을 차지하는 중요한 요소이다. 그러나 실제 타워크레인 배치 최적화는 여러 제약조건과 변수를 고려해야 하는 복잡한 문제이며, 특히 현장규모가 커질수록 연산비용도 상당히 증가한다. 이에 본 연구는 배치 범위 지정을 통해 타워크레인 배치 최적화를 수행하는 방법을 제안하고, 기존 최적화 모델에 적용하여 결과를 검증하였다.

본 연구는 컨볼루션 신경망의 연산 기법을 활용하여 건설현장 레이아웃에 대한 새로운 접근방식을 제안하였다. 본 연구의 프레임워크를 이용하면 향후 다양한 종류의 크레인, 더 나아가 건설현장 레이아웃을 구성하는 다양한 현장 시설물 배치에 적용하여 최적의 배치계획을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Huang, C., Li, R., Fu, Y., & Ireland, V. (2019). Optimal Selection and Location of Tower Crane for the Construction of Prefabricated Buildings with Different Prefabrication Ratios. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 12(6).
- Lien, L. C., & Cheng, M. Y. (2014). Particle bee algorithm for tower crane layout with material quantity supply and demand optimization. *Automation in Construction*, 45, 25-32.
- Marzouk, M., & Abubakr, A. (2016). Decision support for tower crane selection with building information models and genetic algorithms. *Automation in Construction*, 61, 1-15.
- Wu, K., de Soto, B. G., & Zhang, F. (2020). Spatio-temporal planning for tower cranes in construction projects with simulated annealing. *Automation in Construction*, 111, 103060.