

한국 전통 목조 건축 유사 도면 검색에 관한 연구

이수웅, 이용식, 류성룡*, 이승재

한국전자통신연구원 통신미디어연구소, *고려대학교 건축학과

{suwoong, ys.lee, seungjlee}@etri.re.kr, *ryoosl@korea.ac.kr

A study on the retrieval for similar drawings in Korean traditional wooden architectural drawings

Suwoong Lee, Yongsik Lee, Seong-Lyong Ryoo*, Seungjae Lee

Telecommunications & Media Research Lab., ETRI, *Department of Architectural Engineering, Korea Univ.

요 약

본 논문은 전통 건축 문화 유산 분야에서 딥러닝 기술의 활용 가능성에 대해 고찰한다. 특히, 한국 전통 목조 건축 도면 공포부의 측면도에 대해 유사 도면 검색 과업을 수행하는 모듈 개발 목표로 하였다. 이를 위해 연구 대상 선정 및 도면 학습 데이터 수집, 건축 도면 분류 딥러닝 모델 학습, 유사 건축 도면 검색 모듈 개발을 수행하였다. 정량적, 정성적 실험 결과 전통 목조 건축 도면의 분류 및 유사 건축 도면 검색 분야에서 딥러닝 기술의 활용 가능성을 확인하였다.

I. 서론

최근 딥러닝 기술에 기반한 인공지능 분야의 발전으로 영상 인식, 자동 번역, 자율 주행 등 다양한 분야에서 전통적인 방법론을 딥러닝 모델이 대체하고 있다. 건축 문화 유산 분야의 경우 3D스캔 데이터나 BIM등의 기술과 접목한 다양한 연구가 있었으며, 최근에는 딥러닝 기술에 기반한 전통 건축물의 보존, 관리, 활용에 관한 연구가 진행되고 있다. [1, 2] 건축 문화 유산들은 개별적 건축물별로 관리되고 있지만, 일정한 기준에 의해 유사한 특징을 갖는 건축물들을 그룹화하는 것은 학술적으로, 건축 문화 유산 관리적인 측면에서도 상당히 의미가 있다고 할 수 있다.

이 연구에서는 최근에 발달한 딥러닝 기술이 건축 문화 유산 분야의 활용에서도 적용 가능한지 확인하고자 한다. 구체적으로, 도면을 활용하여 건축 문화 유산의 구조적 특징을 딥러닝 모델에 학습시키고, 학습된 모델을 활용하여 특정 도면과 유사한 건축 도면 검색 과업(task)에서 유의미한 성능을 달성할 수 있는지 확인하고자 한다.

II. 유사 도면 검색 모듈 구현

제안하는 유사 도면 검색 모듈은 1)이미지 특징 추출기(Feature extractor)의 학습, 2)이미지 특징 인덱스(Feature index) 추출, 3)유사 도면 가져오기의 3단계로 동작한다. 유사 도면을 검색하기 위해 고차원의 도면 이미지 데이터를 중요한 정보만으로 압축된 낮은 차원의 데이터로 변환할 필요가 있는데 1단계의 이미지 특징 추출기가 고차원의 이미지를 입력 받아 512차원의 특징 벡터의 추출을 수행한다. 이 과정에서 잘 학습된 딥러닝 기반의 특징 추출기가 필요하고 특징 추출기를 학습시키기 위한 데이터셋의 구축이 필요하다. 2단계에서는 1단계에서 학습된 특징 추출기를 활용하여 모든 학습 데이터를 512차원의 특징 벡터로 변환하여 linear 검색을 위한 DB에 저장한다. 그리고 3단계에서 새로운 도면 이미지가 입력되었을 때 1단계의 특징 추출기로 특징 벡터를 추출한 후 2단계

에서 저장된 특징 인덱스와 비교하여 가장 유사도가 높은 이미지를 사용자에게 제공하게 된다. 유사 도면 검색 모듈의 전체적인 동작은 아래 그림 1에 표현되어 있으며, 아래에서 각 단계에 대한 상세한 사항을 기술한다.

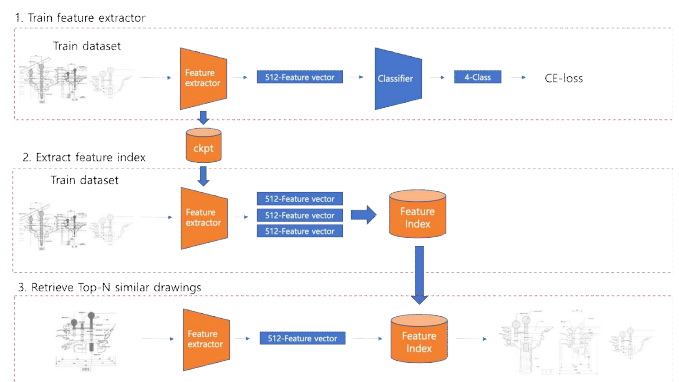


그림 1 유사 도면 검색 모듈 동작 개념도

1. 도면 특징 학습을 위한 데이터셋 구축

건축 문화 유산 중 국보와 보물에 해당하는 목조 건축물을 그 대상으로 한정하며, 건축물의 전체적인 형상보다는 공포부의 측면부에 해당하는 도면들을 수집하고 이들의 형상을 딥러닝 모델의 학습 대상으로 삼았다. 최종적으로 국보와 보물 중 44개 건축물을 선정하고 이들을 살미와 보의 이격 여부에 따라 4개의 카테고리로 분류하였다. 각 클래스 별로 Train / Val split을 수행하였으며, 이 때 Train과 Val은 건축물 단위로 분류하여 validation시 학습 시에 전혀 보지 못한 건축물의 클래스를 맞추도록 강제하고 Train과 Val은 4:1 정도의 비율이 되도록 선택하였다. 각 카테고리의 특징은 아래와 같으며, 예시 이미지와 카테고리별 데이터 규모가 표1에 정리되어 있다.

- Class1: 살미와 보가 외부와 내부 모두에서 이격
- Class2: 살미와 보가 외부에서는 이격, 내부에서는 붙어있음

- Class3: 2번 유형에서 최상단 살미와 보가 붙어있음
- Class4: 살미와 보가 모두 붙어있는 유형

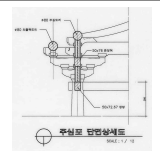
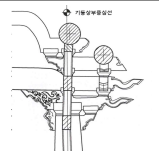
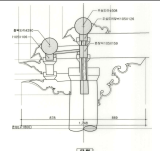
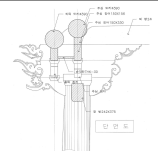
Class1	Class2	Class3	Class4
Train: 39 Validation: 9	Train: 147 Validation: 40	Train: 48 Validation: 16	Train: 174 Validation: 71
			

표 1 전통 목조 건축물 공포부 측면부 도면 분류

2. 딥러닝 모델 구현 및 학습

유사 도면 검색 모듈의 구현을 위해 다양한 도면을 학습하여 그 특징을 구분할 수 있도록 학습된 딥러닝 모델이 필요하다. 이 연구에서는 이미지 분류 분야에서 가장 대중적으로 활용되는 Residual Network [3] 를 활용하였다. Residual Network 외에도 VGG나 MobileNet등의 다양한 네트워크들이 있으나 범용성이나 성능면에서 Residual Network가 가장 우수하기 때문에 이를 기본으로 활용한다. 유사 도면 검색 과업에 적합하게 타겟 데이터 클래스 수와 동일하게 classification head의 FC layer의 출력을 4 개로 맞추어준다.

3. 도면 특징 벡터간 유사도 비교

이미지 특징 추출기의 최종 결과는 각 클래스에 속할 확률을 나타낼뿐, 개별적인 도면의 특징을 나타내지 않기 때문에 최종 결과 대신 512차원의 특징 벡터를 활용하여 개별 도면 단위의 유사 도면 검색에 활용한다. 이때 데이터베이스에 저장된 도면의 특징 벡터와 입력 도면의 특징 벡터를 비교하는 다양한 기준(distance metric)을 검토할 수 있다. 이 연구에서는 유사도 비교를 위해 cosine distance를 distance metric으로 사용하였다.

III. 실험 결과

1. 실험 디테일

데이터셋으로는 section II에서 기술한 전통 도면 측면도 44동으로 구축한 데이터셋을 활용하였으며, classification network는 ResNet-18과 ResNet-50를 활용하여 실험을 수행하였다. mini batch size는 32, learning rate는 0.1에서 시작하여, 총 1440epoch학습을 수행하며, 1/3지점에서 1/10씩 줄여준다. 또한 crop, horizontal flip의 데이터 증강도 수행하였다. 모든 실험은 random seed로 4번 반복하여 측정하였다.

2. 이미지 특징 추출기 학습 실험 결과

도면 이미지 특징 추출기 학습 결과는 표3과 같다. 더 간단한 모델인 ResNet-18의 성능이 ResNet-50의 성능보다 더 좋게 나왔으며 이는 적은 데이터셋 규모로 인한 overfitting으로 보인다. 또한, 모든 경우에 random guess보다 유의미하게 높은 classification accuracy를 보여 이미지 특징 추출기가 각 도면의 종류를 구분하는 특징을 학습하였음을 알 수 있다.

	Top-1(%)	Top-2(%)
ResNet-18	76.84	86.58
ResNet-50	72.79	80.51

표 2 이미지 특징 추출기 학습 결과

3. 유사 도면 검색 실험 결과

유사 도면 검색 실험 결과가 표 3에 정리되어 있다. 이미지 특징 추출기

와 동일한 모델을 활용하였으며 validation image에 대한 Top-1또는 Top-2 retrieval이 validation image와 동일 클래스인 경우 검색 성공으로 간주하여 accuracy를 계산하였다. 이미지 특징 추출기 학습 결과와 동일하게 ResNet-18모델이 모든 클래스에서 고른 성능을 보이며 전체적으로 가장 우수한 성능을 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다.

	Overall(%)	Class1(%)	Class2(%)	Class3(%)	Class4(%)
ResNet-18	55.49/75.42	38.89/77.78	60.63/83.13	31.25/42.19	91.20/98.59
ResNet-50	38.88/62.26	5.56/44.44	65.63/81.25	12.50/29.69	71.83/93.66

표 3 클래스별 유사 도면 검색 결과, Top-1/Top-2 accuracy

표 4에 유사 도면 검색 실험에 대한 정성적인 결과를 정리하였다. 각 클래스별로 좌측에 query이미지가 존재하고 우측에 Top-2 retrieval result가 존재한다. 각 클래스별 특징에 맞는 시각적으로도 유사한 특징을 갖는 도면들이 검색된 것을 확인할 수 있다.

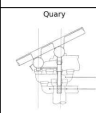
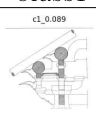
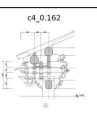
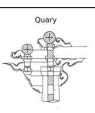
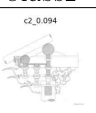
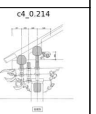
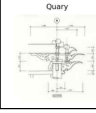
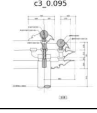

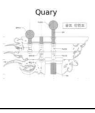

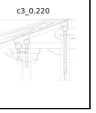
Class1	Class2
  	  
Class3	Class4
  	  

표 4 클래스별 유사 도면 검색 결과

IV. 결론

본 논문에서는 최근에 발달한 딥러닝 기술이 건축 문화 유산의 식별 및 검색 분야에의 적용 가능성에 대해 고찰해보았다. 유사 도면 검색 과업을 수행하기 위해 전통 건축 도면 중 국보와 보물에 한정하여 공포부 측면도 도면을 연구 대상으로 선정하여 데이터를 수집 및 정제하고 ResNet기반의 도면 특징 추출 모델을 학습시켰으며, 딥러닝 기반의 추출된 도면 특징 간 비교를 통해 도면간 유사도를 비교하였다. 실험 결과 딥러닝 기반의 유사 도면 검색 모듈은 정량적/정성적인 모든 부분에서 의미있는 검색 결과를 도출함을 알 수 있었다. 이에 최근에 발달한 딥러닝 기술이 건축 문화 유산의 식별 분야에 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 인식률을 향상시키기 위한 더 많은 데이터 수집, 유사 도면 검색 과업을 위한 특화된 인공 신경망 설계 등이 향후 과업이 될 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 문화재청 및 국립문화재연구소의 2023년도 ‘문화유산 스마트 보존, 활용 기술 개발 사업’으로 수행되었음. (과제명: AI 기반 전통 건축 손도면 CAD 도면화 기술 개발, 과제번호: 2023A02P03-001)

참 고 문 헌

- [1] 윤현철, 이준규, 류성룡, “AI 객체검출 기계학습과 전통건축 연구의 본질적 의문”, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 2021
- [2] 이수웅 외, “전통 목조 건축 도면 내 부재 인식에 관한 연구”, 한국통신학회 동계종합학술발표회, 2022
- [3] He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.