

비지도 학습 기반 시설물 상태평가 자동화 프로세스 제안

A Proposal of Automatic Condition Evaluation Process based on Unsupervised Learning

정서영* 유정호**
Jung, Seo-Young, Yu, Jung-Ho

키워드 : 시설물 상태평가, 영상처리, 딥러닝, 생성적 적대 신경망, 온톨로지

Keywords : Facility Condition Evaluation, Image Processing, Deep Learning, Generative Adversarial Network, Ontology

1. 서론

건축물을 포함한 시설물은 축조 이후 시간이 경과함에 따라 크고 작은 하자가 발생되어 안전성, 사용성 및 내구성이 감소하게 된다. 이에 국토교통부는 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’에 시설물 상태평가 기준을 제시하였다. 이에 의하면, 일반적인 수준의 시설물 상태평가는 균열, 박리 및 박락, 누수 등을 간단한 장비를 사용하여 폭과 길이 등을 조사하는 것으로 규정되어 있다. 하지만, 대부분의 상태평가 업무가 점검자의 육안 조사에 의존하는 방식을 취하고 있어 점검자별로 작성한 점검 결과에 차이가 발생할 여지가 있으며, 많은 조사 인력 및 자금을 필요로 한다는 한계가 존재한다.

최근에는 이러한 기존 상태평가 업무의 한계를 극복하고 점검 업무의 객관성과 효율성을 높이기 위하여 딥러닝(Deep Learning) 기술을 활용한 상태평가 자동화와 관련된 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들은 하자의 검출에 높은 수준의 정확도를 확보하였다는 점에서 의의가 있다. 하지만, 기존 연구들은 방대한 양의 학습 데이터가 필요하고, 전처리 작업에 사람의 개입이 필요하여 모델 구축의 편리성 측면에서 제한적이며, 하자 진단(diagnosis) 과정이 생략되어 있다는 한계가 존재한다.

이에 본 연구에서는 기존 시설물 하자 점검 업무의 객관성과 효율성을 확보하고, 기존 유사 연구의 한계를 개선하기 위하여 비지도 학습 기반의 시설물 상태평가 자동화 프로세스를 제안하고자 한다.

2. 예비적 고찰

2.1 기존 시설물 하자 점검의 현황 및 한계점

건축물을 포함한 시설물의 상태평가는 국토교통부의 ‘시설물 안전 및 유지관리 실시 세부지침’에 따라 이루어지고 있다. 이에 따른 일반적인 수준의 상태평가는 시설물의 균열, 박리 및 박락, 누수 및 백태, 철근 노출 및 부식 등의 하자를 육안관찰을 통한 외관조사를 기본으로 이루어진다. 이와 같이 육안조사에 의존하는 점검방식은 다음과 같은 문제를 야기할 수 있다. ① 점검자의 지식 및 경험에 대한 의존도가 높기 때문에 점검자의 주관에 개입될 여지가 있다. ② 사람이 접근하기 힘든 위치(예: E/V shaft 등)에 있는 하자는 조사하기 어렵다. ③ 대부분의 균열의 폭이 0.1~2.0mm 사이이므로 균열자(crack scale)를 이용한 육안 측정에서 오차가 많이 발생할 수밖에 없다. ④ 점검자가 수기로 외관조사방도를 작성하는 과정에서 주관적인 판단이 개입되어 기록의 정확성 및 객관성이 낮아질 수 있다.

2.2 기존 딥러닝 기반 하자점검 자동화 연구 고찰

기존 시설물 하자 점검의 한계를 극복하고 점검의 객관성과 효율성 증진을 위하여 최근에는 시설물 하자 검출에 다양한 딥러닝(Deep Learning) 기술 중 영상 인식 및 분류에 특화된 딥러닝 알고리즘인 합성곱신경망(Convolutional Neural Network, 이하 CNN)을 적용한 연구들(표 1)이 진행되고 있다. 이러한 연구들은 다량의 정답이 있는 데이터(labeled data)를 컴퓨터에 학습

시켜, 새로운 영상정보가 입력되었을 때 학습된 결과를 토대로 하자를 검출할 수 있게 설계하여 영상처리 기술만을 적용한 초기 연구에 비해 상황변화에 대해 대응력을 상승시켰으며, 균열을 비롯한 박리와 같은 하자의 검출에 높은 수준의 정확도를 확보하였다는 점에서 의의가 있다. 하지만, 이와 같은 CNN 기반의 하자 검출과 관련된 기존 연구들은 다음과 같은 한계를 가진다.

표 1. 기존 연구 고찰

저자	주요 내용
김종우 외 2인 (2017)	구조물의 외관 손상 탐지 자동화를 위하여 드론의 비행 제어 기술에 대한 연구를 진행하였으며, 모폴로지 및 딥러닝 지도학습을 활용하여 하자를 검출하는 방법을 개발함.
손병직 외 1인 (2017)	CNN 기법을 이용하여 저해상도 하수관의 균열 인식이 훈련 옵션에 따라 어떠한 영향을 받는지 분석하여, 적절한 훈련 옵션을 탐색함.
Cha et al. (2017)	영상처리 기법 및 CNN 구조 (LeNet)를 활용하여 256 × 256 픽셀 해상도의 40 K 이미지 환경에서 높은 수준의 정확도로 콘크리트 및 강재 표면의 균열을 검출
조수진 외 2인 (2018)	Web scraping 기술을 활용하여 하자 이미지를 수집한 후, 수집된 이미지를 CNN (AlexNet) 모델에 학습시켜 콘크리트 균열과 박락을 검출함.
김이람 외 3인 (2018)	콘크리트 이미지에서 균열을 검출하고 특성을 분석하기 위한 판단 신경망과 구획화 신경망을 분리한 딥러닝 학습을 진행하고, 영상처리 기법을 활용함.
Hassan 외 5인 (2018)	CNN (AlexNet)에 CCTV영상으로부터 수집한 하수관 손상 이미지를 학습시켜 하수관 손상을 탐지할 수 있는 시스템을 개발함.
이예인 외 2인 (2018)	실제 콘크리트 구조물 박락부 이미지와 Scrape Box라는 상용화된 웹 스크래핑 프로그램으로 수집한 이미지를 활용하여 인공신경망모델을 학습함. 이미지 증강기술을 적용하여 학습 이미지 데이터를 증가하여 인공신경망의 정확도를 향상시킴.
정현준 외 5인 (2018)	교량 상태평가에 활용가능한 딥러닝의 학습을 위해 웹스크래핑 기술을 활용해 학습하는 방법을 제안함. 또한, 제안한 딥러닝 기술로의 교량 상태평가 가능성을 제시함.

1) 기존의 방식은 방대한 양의 데이터를 필요로 하며, 전처리 작업에 사람의 개입이 불가피하다. 기존 연구에서 사용한 CNN과 같은 지도학습 기반의 딥러닝 알고리즘은 정답이 존재하는 방대한 양의 데이터(labeled data)를 학습용 데이터로 활용하기 때문에 사람이 직접 개입하여 수천~수백만 장의 데이터 전처리를 실시해야 한다. 이와 같은 방대한 양의 전처리 작업을 필요로 하는 방식은 모델 구축의 편리성 측면에서 한계가 존재한다.

2) 기존의 방식은 Re-training 및 Self-Learning이 불가하다. 기존 연구에서 활용한 CNN 기술은 구축된 하자 검출기에 학습시킬 새로운 추가 데이터를 확보하거나, 노이즈를 하자로 오인하는 등 검출 결과에 오차가 발생했을 때 이를 재학습할 수 있는 기능이 존재하지 않는다. 따라서, 한번 구축된 검출기의 정확도와 같은 성능을 향상시키기 위해서는 새로운 학습 환경에서 다양한 훈련 옵션을 설계자가 직접 설계하여 다량의 데이터를 학습시키는 실험을 반복적으로 진행하여야 한다는 단점이 있다.

3) 기존의 방식은 하자 진단(diagnosis) 과정이 부재되어 있다. 실제 시설물 하자 점검 실무에서는 하자를 인지하고, 하자의 크기(길이, 면적, 폭 등)와 같은 정량적인 정보와 하자 주변부 상황(관통 유무, 다른 하자의 동반 여부 등)을 종합 판단하여 하

* 일반회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 박사과정, talkin88@kw.ac.kr

** 종신회원, 광운대학교 대학원 건축공학과 교수, 공학박사(교신처자), myazure@kw.ac.kr

자의 발생원인을 추정하고, 그에 적합한 보수·보강 여부를 판정하는 하자 진단(diagnosis)과정을 거친다. 하지만, 영상 기반 하자 점검 관련 기존 연구들은 주로 균열과 같은 하자의 존재 유무를 확인하는 검출(detection)에만 집중하였다.

3. 비지도 학습 기반 시설물 상태평가 자동화 프로세스

3.1 시설물 상태평가 자동화 기술의 개선 방향

기존 시설물 하자 점검 업무의 객관성과 효율성을 확보하고, 앞에서 고찰한 기존 유사 연구의 한계를 개선하기 위해서 도출한 딥러닝 기반 시설물 하자 점검 자동화 기술의 개선 방향은 다음과 같다.

1) GAN 기술의 적용 : 기존 연구에서 활용한 지도학습 기반의 CNN은 정답이 존재하는 데이터(labeled data)를 활용하기 때문에 사람이 직접 대량의 전처리를 실시해야한다는 한계점 존재하였다. 이러한 한계는 정답(label) 없이도 학습이 가능한 비지도학습 기반의 딥러닝 모델을 활용하면 개선할 수 있다. 다양한 비지도 학습 모델 중 GAN은 실제와 유사한 데이터를 직접 생성할 수 있기 때문에 정답이 존재하는 데이터의 양이 부족한 환경에서도 학습이 가능하다는 장점이 있다. 특히, 실제 하자과 유사한 비하자 영상을 함께 학습하여 실제 하자를 보다 정교하게 구별할 수 있는 성능을 확보할 수 있다. 또한, 검출 결과에 오류가 발생했을 때 이를 재학습할 수 있는 기능이 있어 하자 검출기의 성능을 지속적으로 개선시킬 수 있다.

2) 학습용 영상 수집 자동화 기술의 적용 : 딥러닝 학습에 필요한 대량의 영상정보를 기존에는 작업자가 직접 수작업으로 수집하여 데이터셋(Dataset)을 작성했다. 그러나 수작업으로 정보를 획득하는 방식은 정보의 양이 한정적이며, 정보의 양이 많아질수록 많은 정보수집 시간이 소요된다는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 학습용 정보수집 및 데이터셋 작성의 자동화를 위해 웹스크래핑 기술을 활용하며, 주기적으로 웹스크래핑을 수행하여 하자검출기 성능의 지속적인 개선이 가능하도록 한다.

3) 하자 진단(diagnosis) 프로세스의 추가 : 실제 시설물 하자 점검은 ‘시설물 관측-하자의 인지(하자 여부 판단)-하자 측정(하자의 크기 및 형상 확인 및 측정)-하자 진단(하자의 원인 추정 및 보수·보강 여부 판정)’으로 이루어진다. 따라서 보다 이상적인 상태평가 자동화를 위해서는 하자검출, 하자 특성정보 추출, 하자 진단과정을 거친 자동화가 필요할 것이다.

3.2 비지도학습 기반 시설물 상태평가 자동화 프로세스 제안

위에서 도출한 개선 방향을 반영한 시설물 하자 진단 자동화 프로세스는 다음과 같다.

1) 웹스크래핑 기반 시설물 하자 학습영상 수집 단계: 웹 스크래핑(Web-scraping)기술을 활용하여 딥러닝 학습을 위한 양질의 영상정보를 웹에서 자동으로 수집하여, 학습용 데이터셋을 작성하는 단계이다.

2) GAN 기반 시설물 하자 검출 (Detection) 단계: 비지도 학습 모델인 GAN 기술을 이용하여 하자를 검출하는 단계이다. 이 단계는 실제와 유사한 비하자 이미지를 생성하여 판별자를 속이기 위한 목적을 가진 생성자(Generator)와 생성자가 내놓은 비하자 이미지와 실제 하자 이미지를 정교하게 구분하기 위한

판별자(Discriminator)로 구성된다. 또한, 생성자는 판별자를 속이지 못한 데이터를 학습하고, 판별자는 생성자에게 속았던 데이터를 반복적으로 학습하여 시설물의 하자를 보다 높은 정확도로 검출이 가능하다.

3) 규칙 기반 시설물 하자 진단 (Diagnosis) 단계: 영상처리 기술을 활용하여 하자의 특성 정보 (예: 폭, 면적, 길이, 형상 등)을 추출하고, 추출된 하자의 특성정보와 하자검출 결과를 종합하여 하자의 유형 및 보수·보강 여부를 진단하는 단계이다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 시설물 상태평가 업무의 현황과 기존 딥러닝 기반 상태평가 자동화 연구를 고찰하여 한계를 제시하고, 시설물 상태평가 업무의 객관성과 효율성을 높이기 위한 노력의 일환으로 비지도 학습 기반의 시설물 상태평가 자동화 프로세스를 제안하였다. 본 연구의 결과는 추후 비지도 학습 기반의 시설물 상태평가 자동화 시스템 개발의 기초자료로 사용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1A2B4012228)

참고문헌

국토교통부 (2019). 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침.
 김아람, 김동현, 변요셉, 이성원 (2018). “딥러닝과 영상처리기법을 이용한 콘크리트 지반 구조물 균열 탐지” 한국지반공학 회논문집, 34(12), pp. 145-154.
 김중우, 정영우, 임홍철 (2014). “드론과 이미지 분석기법을 활용한 구조물 외관점검 기술 연구” 한국건축시공학회지, 17(6), pp. 545-557.
 손병직, 이규환 (2017). “CNN 기법을 이용한 저해상도 하수관거의 균열 인식, 복합신소계구조학회 논문집” 8(4), pp. 58-65.
 이예인, 김병현, 조수진 (2018). “딥러닝을 이용한 영상 기반의 콘크리트 구조물 박락 탐지” 한국콘크리트학회지, 30(1), pp. 91-99.
 정현준, 남우석, 김규선, 김동기, 강인구, 김홍준 (2018). “교량 상태평가를 위한 딥러닝 기반 손상 탐지 방법” 한국구조물 진단유지관리공학학회지, 22(3), pp. 16-22.
 조수진, 김병현, 이예인 (2018). “딥러닝을 이용한 이미지 기반의 콘크리트 균열 및 박락 탐지” 대한토목학회지, 66(8), pp. 92-97.
 Cha, Y., Choi, W., and Oral, B. (2017). “Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks.” Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 32(5), pp. 361-378.
 Ian Goodfellow (2016). “Deep Learning, Yoshua Bengio and Aaron Courville.”
 Syed Ibrahim Hassan, Dang Lien Minh, 임수현, 민경복, 남준영, 문현준 (2018). “CNN을 이용한 딥러닝 기반 하수관 손상 탐지 분류 시스템” 한국정보통신학회논문지, 22(3), pp. 451-457.

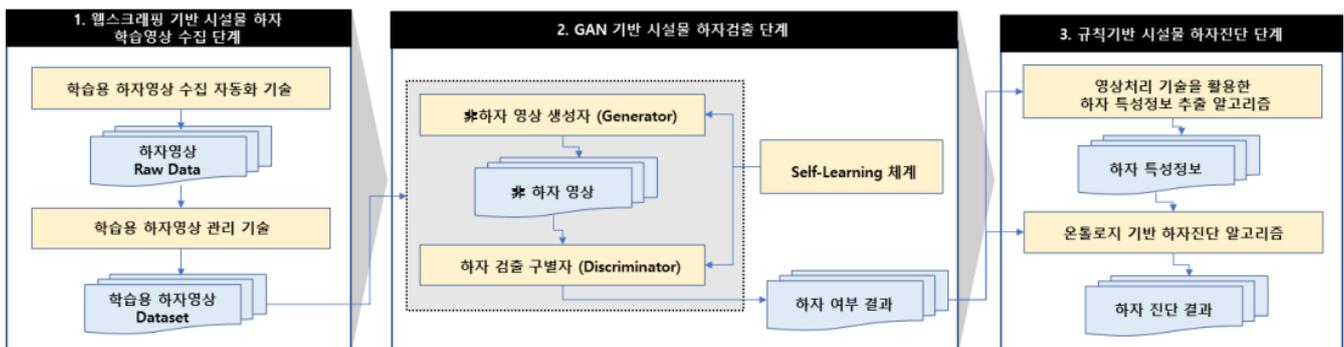


그림 1. 비지도학습 기반 시설물 하자진단 자동화 프로세스