

도시림의 경관 회복 기능 평가를 위한 딥러닝 적용 가능성 모색: 문헌 및 방법론 리뷰를 중심으로*

김유진** · 강영은***

Exploring Applicability of Deep Learning for Restorative Urban Forest Landscape Evaluation: Focused on Related Literature and Methodology Review*

Eujin Julia Kim** · Youngeun Kang***

요약: 본 연구는 딥러닝에 기반한 도시림 경관 평가 방법 모형 개발의 타당성을 ‘내용적’, ‘방법론적’ 측면에서 검토한 기초 연구의 성격을 지닌다. 연구의 주요 방법론은 문헌 분석으로서 도시림 경관 평가를 위한 딥러닝 적용 가능성 모색을 목적으로 ‘도시림 경관 연구 동향’, ‘경관 평가 척도 범용성’, ‘경관 분야에서의 딥러닝 활용 타당성’ 연구를 집중적으로 검토하고 향후 평가 가능성 및 한계를 도출하였다. 본 연구에서 도출한 결과는 크게 2가지로 구분되었다. 첫째, ‘경관 구성 고려 이미지 선정 및 평가 지표와 척도 표준화 필요성’이다. 도시림의 회복효과 측정을 위한 평가 대상 데이터(기존 관련 연구의 경관 이미지 및 평가 결과)는 모델로 적용하기에는 부족한 수준으로 파악되었다. 다만 평가 대상의 경관 요소, 경관 구성 등이 단순하게 설정되어 있어 모형의 복잡성을 줄이는데 기여할 것이며, 추후 모형 개발 시 기존 연구에서 여러 차례 입증된 영향 변인을 주요 입력(input) 데이터로 활용할 수 있다. 또한 향후 평가 모형에 입력(input) 데이터로 적용되게 될 기존 연구들의 평가 결과는 척도가 다양하게 구성되어 있어 표준화 작업을 통해 상호 비교가능한 수준으로 조정할 필요가 있으며, 다양한 분야에서의 경관 평가 알고리즘 개발과 활용을 위해 고해상도의 경관 사진 인벤토리 작업도 시급하다고 판단된다. 둘째, ‘전이학습 및 세분화를 통한 알고리즘 효율성과 설명력 확보’이다. 딥러닝 기반의 경관 평가 모형 타당성은 높은 것으로 판단되며, 평가 알고리즘 자체를 새로이 개발하는 방법보다는 기 구축된 경관 평가 알고리즘을 활용 일부 보정하고, 모형의 신뢰도를 높이기 위해 평가의 대상이 되는 기초 데이터 구축 작업에 더 주안점을 두는 것이 바람직하다. 본 연구는 향후 도시림 경관 평가 모델 개발을 위한 방향성과 한계를 제시해주는 측면에서 의의가 있다.
주요어 : 합성곱 계층, 이미지 분류 및 분할, 지도학습

Abstract : This study examines the feasibility of developing a model for evaluating urban landscapes based on deep learning as a preliminary study. The principal methodology of the study is literature analysis; to explore the possibility of applying the deep learning algorithm to landscape evaluation, we intensively reviewed researches regarding ‘urban forest landscape research’, ‘landscape evaluation scale’, and ‘feasibility of deep learning in landscape studies’. The results derived from this study are composed mainly of two contents. First, it is ‘Necessity to select images considering landscape composition and standardize evaluation indicators and scales’. The data

*이 논문은 2018년도 강릉원주대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었음(This study was supported by 2018 Academic Research Support Program in Gangneung-Wonju National University).

**강릉원주대학교 환경조경학과 조교수(Assistant Professor, Department of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National University, ejkim@gwnu.ac.kr)

***경상국립대학교 조경학과 조교수(Assistant Professor, Department of Landscape Architecture, Gyeongsang National University, yekang@gnu.ac.kr)

to be evaluated for measuring the recovery effect of urban forests were found to be insufficient to be applied as a model. However, since the landscape elements and composition to be evaluated in existing studies were simply set, it will contribute to reducing the complexity of the model. When developing the model in the future, influence variables that have been proven several times in previous studies can be used as main input data. The evaluation results of existing studies that will be applied as input data to future evaluation models are composed of various scales and need to be adjusted to a level that can be compared to each other through standardization, moreover high resolution for the development and use of landscape evaluation algorithms in various fields. Second, 'Proving of the possibility and feasibility of evaluating existing algorithms'. It is judged that the validity of the landscape evaluation model based on deep learning is high, and rather than a method of newly developing the evaluation algorithm itself, the basic data is constructed to improve the model's reliability by utilizing and partially correcting the already established landscape evaluating algorithm. This study is meaningful because it suggests directions and limitations for the future urban forest landscape evaluation model development.

Key Words : Convolutional Neural Network (CNN), Image classification and segmentation, Supervised learning

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

기후변화, 미세먼지, 코로나 19 등의 영향으로 인간에 의한 생태계 훼손 심각성이 이슈화됨에 따라 도시림 확보에 대한 정책적 수요가 더 높아지고 있는 실정이다. 도시림은 도시 내 산림, 공원, 녹지, 가로수 등을 포함하는 개념으로 인간에게 공익적 가치를 제공한다는 많은 연구들이 축적되어 왔으며, 최근 도시림의 양적·질적 가치 증진을 위해 도시림에 대한 사회·경제적 지속가능성도 함께 주목받고 있다. 도시림에서 사회·경제적 지속가능성이란 대기 정화, 홍수 예방, 도시민의 심리적 안정감 등을 의미한다. 도시림의 사회·경제적 지속가능성 추구의 핵심은 인간에게 필요한 도시림의 효용 가치를 지속적으로 발굴하고 발전시킬 수 있는지의 여부이다. 지금까지 생태계 시스템으로서 도시림의 효용 가치는 꾸준히 진행되어 왔으나, 도시민들의 스트레스 회복 효과, 힐링 등 심리적 건강 증진을 위한 도시림의 질적 기능 향상 연구는 부족해 왔던 것이 사실이다.

도시림에 의한 심리적 건강 기능 향상 연구의 주류는 '도시림 경관 시뮬레이션을 기반으로 한 회복지각 척도의 적용과 검증'으로 요약할 수 있다. 즉, 다양한 도시림 경관 사진과 시뮬레이션이 인간의 회복 지각을 측정하기 위한 도구로 활용되어 왔고, 크게는 도시림 자체에

대한 인간의 회복 효과 검증, 작계는 특정 도시림 경관 요소와 구성이 회복 효과 증진에 더 탁월하다는 결과를 축적시켜왔다(이승훈, 2012; 유윤희 등, 2013; 박선아·이명우, 2016; Stigsdotter *et al.*, 2017; Tomao *et al.*, 2018; Simkin *et al.*, 2020). 최근에는 도시림의 회복력 증진 기능에서 나아가 창의력 향상 효과(Yu and Hsieh, 2020), VR을 통한 도시림의 회복력 측정(Mattila *et al.*, 2020; Yu *et al.*, 2020) 등으로 확장되고 있다. 이러한 연구는 도시림 확보의 당위성뿐만 아니라, 인간의 회복 효과를 개선시키기 위한 다양한 설계 방향의 단서를 제시 하는데 충분한 기여를 한 것에 의의가 있다. 하지만, 연구에서 실험된 도시림 경관 구성 외 보다 다양한 도시림 경관이 가질 수 있는 회복 효과를 입증할 수 없는데에서 한계가 발생한다. 또한, 기존의 선행 연구들은 다양한 도시림 구성에 대한 선호도 및 회복 효과를 측정해 왔음에도 불구하고 많은 부분 중복된 결과가 축적되어 회복 효과 증진 측면의 도시림 유형을 통일할 필요성이 있다.

이에 본 연구에서는 인공지능 딥러닝 기술을 접목하여 기존 축적된 관련 연구 결과 기반 도시림 경관 평가 알고리즘 개발을 위한 초석을 마련하고자 한다. 이는 앞서 제기한 도시림 경관 평가의 한계를 극복하는데 일조할 수 있을 것이며, 다양한 도시림 구성의 회복력 정도, 예측력, 정확성을 수치화하여 실무 활용도 제고에 기여할 수 있다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구 범위

본 연구는 딥러닝 기술을 통한 도시림 회복 관련 경관 유형화 및 평가 알고리즘 개발의 타당성을 검토하고자 하는 연구이다. 즉 지금까지 축적된 관련 연구 기반 딥러닝 알고리즘이 향후 회복 효과가 높은 도시림 경관을 자동적으로 평가할 수 있을지에 대한 현황 진단과 한계점을 분석하고자 하는 것이다.

상기의 과정을 수행하기 위한 본 연구의 내용은 크게 3가지 부분으로 나뉘어진다. 먼저, 도시림 경관 평가 관련 문헌을 분석하고, 향후 알고리즘 개발에 적용할 수 있는 이미지 데이터 소스의 적합성 정도를 탐색하였다. 도시림의 범위는 국가별로 다르게 정의되나 현재 우리나라 산림청에 따르면, 협의의 개념으로는 생활권 지역 산림, 가로숲, 특수공간 숲을 포함하며, 광의의 개념으로는 광역권 자연공원, 근린공원, 시설녹지 등을 포괄한다. 여기에서 도시림은 넓은 의미에서 도시 지역 혹은 근교의 모든 자연적 요소와 식재된 나무로 정의(Peckham *et al.*, 2013; Gerrish and Watkins, 2018)하며, 본 연구에서는 도시림을 구성하는 주요 요소에 초점을 두어 자연경관(Natural Landscape)의 개념까지 평가의 대상으로 확장하였다. 도시림을 평가하기 위한 구도는 위성 사진을 등을 활용해 도시림 면적 등을 분석의 대상으로 하는 '양적'의 개념이 아닌 시각적 경험을 나타내는 '질적'의 개념인 시각적 가치이므로(Ye *et al.*, 2019) 거리 영상의 구도에 서 인간이 체감하는 경관을 기준으로 하였다.

두 번째로 경관 주의력 회복(Restorative effects) 관련 문헌 리뷰 및 회복 효과에 영향을 미치는 도시림의 주요 영향 변수(경관 구성, 녹시율, 비율, 시설물 등)들을 탐색하였다. 본 연구에서 도시림 회복 효과의 조작적 정의는 '도시림을 통하여 인간이 느끼는 스트레스가 해소되고, 심신의 안정을 가져다주는 기능'으로 설정하였다. 마지막으로, 경관분야 딥러닝 연구논문 리뷰를 통해 이미지 분할 등 가능한 방식을 탐색하여 경관 유형화 및 평가 알고리즘 개발의 적용 가능성을 분석하였다. 광범위한 연구의 범위를 구체화하면, 경관평가의 내용적 측면에서는 광의의 도시림 경관을 대상으로 하여 기존 이미지

데이터 및 평가값의 활용 가능성(이미지 특성, 척도 조정 및 평가변수)에 주로 초점을 맞추었다. 여기서 평가의 지표는 도시림 회복기능에 기반이 되는 경관의 선호도, 만족도에 초점을 맞추었다. 방법론적 측면에서는 실질적 경관 계획 및 설계에 유의미한 데이터 확보를 위한 적절한 딥러닝 방식 탐색에 초점을 맞춰 문헌을 살펴보았다.

2. 연구 방법

본 연구의 주요 연구 방법은 '문헌 분석'이다. 따라서 도시림 경관과 회복 기능 향상과 관련된 '내용적 부분'과 경관 분야에서 딥러닝 적용 가능성과 관련된 '방법적 부분'의 분석을 통해 연구의 결론을 도출하였다.

딥러닝 기반 평가 알고리즘 개발을 위한 기초 데이터 구축을 위해서는 평가의 대상이 되는 이미지 데이터와 평가 결과 모두가 우선적으로 확보될 필요가 있다. 본 연구에서 데이터 확보와 평가의 대상은 '도시림 경관'이므로 해외 문헌의 대표적 엔진인 'Scencedirect'(<https://www.sciencedirect.com/>)를 활용하여 'Urban Forest Landscape Evaluation', 'Natural Landscape Evaluation', 'Forest Landscape Evaluation' 각각에 하나라도 검색되는 문헌을 대상으로 하였다.

평가 대상 문헌의 발간 시기는 1990년에서 2020년으로 설정하여 최소 30년 이상의 문헌을 검토함으로써 신뢰성을 확보하고자 하였다. 본 연구에서 분석의 대상이 되는 문헌의 전제 조건은 도시림이 포함된 경관 사진, 경관 평가 점수 모두를 확보해야 하므로, 조건을 충족하지 않은 문헌은 분석에서 제외하였다.

연구의 방법론을 검토하기 위한 문헌 분석 역시 'Scencedirect' 해외 문헌 검색 엔진을 활용하여 연관되는 문헌을 수집하였으며, 크게 두 단계로 나누어서 분석하였다. 첫째는 전반적인 'CNN', 'Deep learning'과 관련된 기술적 논문들을 통해 해당 기술들의 발전 동향을 검토하는 부분이고, 둘째는 'Landscape Preference' 혹은 'Landscape Evaluation' 분야 논문에서 CNN 혹은 Deep learning과 관련된 기술을 검토한 논문을 분석함으로써 도시림 평가 부분에 적용 가능성을 타진하는 방향으로 수행하였다.

III. 연구 결과

1. 도시림 경관 연구 동향 및 데이터 신뢰성 검토

지금까지 도시림(도시숲) 혜택 및 기능은 생태계 관련 연구의 관심 주제로 활용되어 왔으며, 건강한 도시생태계를 복원하기 위해 중요한 장소로서 역할이 높아지고 있는 실정이다(Donovan and Butry, 2010; Wilde and Maxwell, 2018). 나아가 도시림은 생태계의 혜택뿐만 아니라, 도시 거주자의 심리적, 경제적 혜택에 기여하는 등 도시의 삶의 질 향상에도 기여하고 있으며(Barona, 2015; Endreny *et al.*, 2017; Wilde and Maxwell, 2018), 환경적, 경제적, 사회적, 심리적 관점의 다양한 각도에서 폭넓게 연구되어 왔다(Deng *et al.*, 2017).

도시림 관련 연구를 검토해보면, 수십 년 동안 도시림의 환경적이고 경제적인 측면(ex. 대기오염 개선, 에너지 절약, 폭풍우 유출 저감, 홍수 저장, 침식 방지, 소음 감소, 재산 가치 상승, 지불의사)이 주요 연구의 초점이 되어 왔다. 비교적 최근에서야 도시림의 사회적, 심리적 측면(회복 및 건강상의 이익, 여가 및 레크리에이션 기회, 미적 경관)이 연구자들에 의해 주목받기 시작했으며(Chen and Jim, 2010), 이는 2005년 UN 새천년 생태계 평가(MA: Millennium Ecosystem Assessment)에서도 주목하고 있는 생태계의 문화적 서비스(MA, 2005)와 개념적으로 일치한다. Endreny *et al.*(2017)은 도시림을 보호하는 것이 인간의 웰빙과 복지로 이어질 수 있다는 논리가 간과되는 것을 비판하며, 도시림의 사회적, 심리적, 미적 측면의 혜택에 대하여 강조하였으며, 정성철 등(2010)은 도시 서민층을 배려한 복지 형평성 측면에서도 도시림의 보호 및 증진 관리는 중요하다고 지적한 바 있다.

이러한 맥락에서 Zhou *et al.*(2018)은 도시림이 주는 혜택을 생태계 서비스(ecosystem service)와 경관 서비스(landscape service)로 구분하였으며, 도시림의 경관 서비스는 패턴-프로세스 관계에 중점을 둔 생태계 서비스와 달리, 통합 경관계획, 정책 결정 및 금융 수단 개발과 밀접하게 연관되어 있다고 하였다. 따라서 도시림의 경관 서비스 기능은 앞서 설명한 도시림의 사회적, 심리적, 미적 측면의 혜택과 직접적으로 연관되며, 관련된 연구 결과는 향후 도시민들의 여가 활동, 복지 혜택을 위한 도시림의 경관 디자인 및 유지·관리 계획에 반영될 수

있음을 의미한다.

사회적, 심리적 측면에서 도시림의 중요성을 다룬 경관 서비스 기반의 연구들은 도시림을 이용하는 지역주민이나 방문자적 입장에서 도시림이라는 여가공간의 이용행태나 만족도를 측정하는 방식이 주를 이루었다(Chen and Nakama, 2015; Deng *et al.*, 2017; Tomao *et al.*, 2018; Yuan *et al.*, 2018). 김충열 등(2016)의 연구에서는 울산광역시 대왕암 도시숲을 대상으로 이용객 모니터링을 통하여 효율적인 도시숲 관리 방안을 도출하였으며, 도시숲을 평가하기 위한 주요 변수로 도시림의 '주요 기능', '숲 상태', '경관/조화', '시설물 상태' 등을 활용하였다. Deng *et al.*(2017)은 미국의 워싱턴 D.C.를 대상으로 선정하여, 지역주민과 방문객의 인구 특성과 도시림 지각(공원과 정원에 대한 신뢰, 가로수에 대한 신뢰, 도시림의 여가 가치, 대상지 만족도)에 대하여 연구하였으며, 도시림 지각에 대한 상호 영향을 구체화하기 위하여 ANCOVA와 구조방정식 모형을 활용하였다. 주요 연구결과로서, 연령대가 높은 사람일수록 도시림에 대한 이용 만족도가 높게 도출되었으며, 뾰뾰한 도시림의 이용 가치와 만족도가 더 높은 것, 도시림의 경험이 대상지 만족도에 긍정적 영향을 미치는 것 등이 부각되었다. Eggers *et al.*(2018)의 연구에서는 도시림에서 경제적 가치와 레크리에이션 가치를 상호 균형있게 조정하는 접근법을 개발하고 검증하였다. 보다 구체적으로, 해당 연구에서는 레크리에이션을 위한 우선순위 지역을 발굴하고, 지역의 산림 소유자와 공생할 수 있는 방향과 나머지 구역의 보전을 제안하였다.

이와 같이 도시림의 경관적 서비스 관련 기존 연구들은 도시림을 통하여 인간이 향유할 수 있는 여가 효과, 심리적 효과, 방문자 만족도 효과에 대하여 다양한 방식으로 연구를 수행하였으나, 구체적으로 어떠한 경관 디자인이 도시림의 경관 서비스를 보다 증진시킬 수 있는지에 대한 실증적 연구는 부족하였다. 물론 기존 연구들에서 도시림의 유형을 구분하여 효과를 비교(권현교 등, 2004), 잠재적 지역에 더 많은 나무를 식재하는 것(Endreny *et al.*, 2017), 뾰뾰한 도시림의 긍정적 효과(Deng *et al.*, 2017), 영급이 높은 나무가 그렇지 않은 나무보다 회복 효과 높음(Simkin *et al.*, 2020) 등을 증명함으로써 거시적인 계획적 가이드라인을 제시했으나, 향후 도시림 계획·설계에 직접적으로 반영하기에는 다소 모호하다는 한계점이 있다.

표 1. 기존 연구들의 자연 경관에 대한 심리적 효과(선호도)

연구 주제(평가 대상)	조사변수	조사대상 (이미지 수)	척도
도심 하천 식생경관 (Hu <i>et al.</i> , 2019)	선호도	18	5점 리커트 척도
미국 전원경관 (Merry <i>et al.</i> , 2020)	선호도	59	5점 리커트 척도
지중해 자연경관 (López-Martínez, 2017)	선호도	6	10점 리커트 척도
도심녹지 내 식생경관 (Wang and Zhao, 2017)	선호도	30	5점 리커트 척도
스칸디나비아안 해안경관 (Fyhri <i>et al.</i> , 2009)	선호도	12	5점 리커트 척도
스웨덴의 목초지와 초원 경관 (Hagerhall, 2001)	선호도	60	5점 리커트 척도
노르웨이 서부 농촌경관 (Strumse, 1996)	선호도	70	5점 리커트 척도
공원과 골목 경관 (Herzog and Stark, 2004)	선호도	112	5점 리커트 척도
도시, 농장, 녹지경관, 숲경관 (Wang <i>et al.</i> , 2016)	선호도	10	7점 리커트 척도
네덜란드의 자연경관 (Van den Berg and Koole, 2006)	선호도	12	6점 리커트 척도
농촌경관 (Sowińska-Świerkosz and Soszynski, 2019)	선호도	32	5점 리커트 척도
전원경관 (Sevenant and Antrop, 2010)	선호도	17	10점 리커트 척도
노르웨이 농촌 경관 (Sang and Tveit, 2013)	선호도	12	5점 리커트 척도
스칸디나비아안 남부 산림경관 (Nielsen <i>et al.</i> , 2018)	선호도	30	7점 리커트 척도
포르투갈 북부의 도시/농촌경관 (Carvalho-Ribeiro and Lovett, 2011)	선호도	5	5점 리커트 척도



(a)



(b)

그림 1. 기존 연구에서 평가된 이미지 예시

출처 : (a) Merry *et al.*(2020:5); (b) Merry *et al.*(2020:6).

따라서 다양한 도시림의 경관적 특성을 요소별로 세분화하고 도시림 이용의 만족도와 경관 기능을 높일 수 있는 계획적 가이드라인을 보다 구체화시키기 위해서는 근거로 삼을 만한 데이터의 확보와 체계화가 중요하다.

본 연구에서는 도시림의 개념적 범위에서 확장해 '자연경관'의 심리적 영향 정도를 정량화시킨 논문들을 검토하였다(표 1, 그림 1 참조).

결과적으로 '자연경관'을 대상으로 선호도를 조사한 논문들의 평가 대상인 경관사진과 경관 사진별 평가 점

수 평균값은 경관 평가 알고리즘을 개발하기 위한 입력(input) 자료로 충분히 활용 가능하다. 즉 경관 사진별 경관 요소의 비중, 구성, 색채 등을 '독립 변수'로 설정하고, 결과 값을 '종속 변수'로 투입을 시키면 최적화된 선호 모델 도출에 기반 자료로 기능한다는 것이다. 여기서 모델에 투입하는 자료(평가 대상 및 점수)가 많으면 많을수록 자연경관 선호도의 평가 알고리즘의 신뢰성은 더 높아질 수 있다. 검토 결과, 새로이 도시림 경관 선호 실험을 수행하지 않더라도 기존 축적되어 있는 경관사

진별 평가 점수를 활용하여 평가 알고리즘을 구성할 수 있을 것으로 판단되었다. 다만 도시림의 선호도 연구 결과에 비해 도시림의 회복효과와 관련된 연구 논문과 결과값은 많이 축적되어 있지 않아 모델의 신뢰성 제고를 위해 추가적인 연구 결과가 더 축적되어야 한다. 한편 평가의 대상이 되는 자연경관 위주의 경관 구성은 그 구성이 '나무', '숲', '인공 시설물', '수경 요소', '하늘' 정도로 단순하게 구성되어 있었기 때문에, 평가 모델 개발에 있어 복잡한 모형이 요구되지 않는 장점이 있다. 따라서 평가 모델을 위한 기본 경관 구성은 단순하게 설정하되 기존 연구(Deng *et al.*, 2017; Endreny *et al.*, 2017; Simkin *et al.*, 2020)에서 중요하다고 판단되는 식재 구성의 밀집도, 활엽수·침엽수 구분, 영급 구분, 시설물 위치 등이 구분 가능하게 설정된다면 실제 평가 모델 개발로 인한 실무 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다. 또한, 선행 연구에서는 경관 평가에서 '전문가가 평가의 주체가 되는가', '일반인'이 평가 주체가 되는지에 따라 연구 결과 차이가 발생할 수 있고 활용 목적이 다를 수 있기 때문에(Dupont *et al.*, 2015), 평가 주체에 따른 모델을 따로 개발하는 정교함이 필요할 것이다.

2. 경관 평가 척도의 범용성 검토

경관과 인간의 감정 사이의 연관 관계를 밝히는 실증적 연구들은 지난 수십 년 동안 꾸준히 축적되어 왔다(Townsend and Barton, 2018). 이러한 경관 분석방법은 크게 전문가적 판단에 의지하는 방법과 인간의 경험이나 인지적 판단에 기반한 대중들의 판단에 의한 방법으로 분류된다(Zube *et al.*, 1982). 그간 경관 평가 연구의 흐름을 살펴보면 전문가에 의한 판단보다는 대중들에 의한 평가 연구가 상대적으로 우세했다는 것을 알 수 있는데, 이는 보다 많은 사람들에 의한 계량적 결과와 예측이 연구의 신뢰성 확보와 설득 측면에서 유리했기 때문이다. 이와 같은 대중선호 평가 방법 중 계량적 모델에 의한 분석방법은 '정신물리학적 접근 방법'과 '심리학적 접근 방법'이 대표적이다(Daniel and Vining, 1983; 임승빈, 2009). 정신물리학적 접근은 우리가 지각하는 경관의 요소, 색채, 질감, 구성 등에 의한 '선호도', '만족도' 조사로 귀결되며, 심리학적 접근은 마찬가지로 경관의 구성 등을 통해 느낄 수 있는 긍정적 혹은 부정적 느낌을 파악하는 것으로 이해할 수 있다. 즉 '신비함', '새로움', '친근감',

'복잡함', '안락함', '쾌적함', '주관적 웰빙' 등이 경관 연구에서 파악하고자 했던 주요 변수이고, 경관 연구에서 대표적인 경관 형용사 접근방법(Feimer, 1979)도 대표적인 심리학적 접근 방법의 부류하고 할 수 있다.

주지한 바와 같이 본 연구에서는 도시림의 질적 기능에 주목하여 도시림의 경관 구성 요인들에 의한 선호도와 회복 효과를 자동적으로 검증하고 예측할 수 있는 알고리즘 적용 가능성알고리즘 개발이 목적이다. 따라서 평가의 대상이 되는 양적 변수는 정신물리학적 접근으로서 '선호도'와 심리학적 접근으로서 '회복효과'로서, 양변수를 측정할 수 있는 통일된 척도 구성이 우선적으로 필요하다. 또한 기존 연구 검토를 통해 해당 척도가 범용성이 높은지도 검토할 필요가 있다.

우선 기존 연구에서 '경관 선호도'는 사람들로 하여금 경관이 얼마나 아름다운가를 의미하는 변수로서 1점(매우 아름답지 않음)에서 5점(매우 아름답음)으로 구성된 5점 리커트 척도 혹은 그 간격을 더 세밀화한 7점 리커트 척도로 구성되는 것이 일반적이다(Wang *et al.*, 2016; Hu *et al.*, 2019; Merry *et al.*, 2020). 해당 분야 전문가를 대상으로 구조화된 설문조사를 하는 경우에는 간혹 10점 척도로 경관의 선호도를 평가해 오기도 했다(Sevenant and Antrop, 2010; López-Martínez, 2017). 하지만 일반인을 통한 경관 선호도 연구는 5점 리커트 척도가 가장 일반적인 것으로 파악되었기 때문에 5점 리커트 척도로 통일하고 추후 모델 개발에 활용하는 것이 무방한 것으로 파악되었다.

한편 회복효과 변수는 해당 용어가 나온 배경과 이론을 우선적으로 파악할 필요가 있다. 도시림의 회복효과와 관련된 이론은 Ulrich(1983)의 주장이 대표적이며, 그가 제시한 자연환경의 스트레스 해소 및 치유 효과 주장에 따라, 회복환경과 주의회복 관련 연구들이 활발하게 수행되어 오고 있다. '회복환경'(restorative environment)과 '주의회복'(attentional recovery)이라는 심리적 지표에 대해 이해하려면 주의회복이론(attention restoration theory: ART)(Kaplan and Kaplan, 1989; Kaplan, 1995)의 주요 내용에 대한 이해가 선행되어야 한다(이승훈, 2011). Kaplan and Kaplan(1989)에 의한 주의회복이론은 인간이 자연적인 환경에 노출된 후, 더 잘 집중할 수 있다는 것이 주요 골자이다. 즉 우리는 일상생활을 하면서, 무엇인가에 집중해야 하는 지향적 주의(directed attention)를 과도하게 소진시킴으로써 피로와 스트레스가 누적될 수

있는데, 숲, 나무, 꽃과 같은 자연환경의 노출이 이러한 지향적 주의를 줄이게 함으로써 주의회복에 일조할 수 있다는 의미이다. 이러한 자연환경의 혜택은 자연과 상호작용을 하거나(걷기, 자전거 타기 등) 단순히 자연환경을 보는 것(병원 창문으로 보는 것 등)만으로 얻어질 수 있다(Ulrich, 1984). 또한 자연환경에 대한 노출은 회복적이며, 인지 능력을 향상시키는 인지 과정으로 나타났다(Kaplan, 2004). 따라서 여러 다양한 자연 공간 형태나 변화로 인한 개개인의 회복 효과의 정도를 평가하는 연구(Hauru *et al.*, 2012; Pazhouhanfar and Kamal, 2014; Hoyle *et al.*, 2017; Bell *et al.*, 2018)들은 지금까지 많은 관심을 받아왔다(Hauru *et al.*, 2012). 자연환경으로 인한 지향적 주의 감소, 스트레스 감소와 관련한 많은 연구들에도 불구하고, 추후 연구가 여전히 요구되는 실정이다(Tomao *et al.*, 2018).

회복효과를 측정하는 척도 역시 선호도와 마찬가지로 5점 혹은 7점 리커트 척도로 구성되어 있는 것이 일반적인 것으로 파악되었다(Korpela and Hartig, 1996; 이승훈, 2011; 박선아·이명우, 2016). 다만 선호도 변수와 다르게 '회복효과'라는 모호한 개념을 이해시키기 위해 대리변수를 활용하고 있다는 게 차이점이다. 즉 회복효과라는 총체적 개념은 회복효과를 표현하기 위해 설정해 놓은 대리변수들의 합으로 정의될 수 있다. 검토 결과, 관련 선행 연구별로 활용한 대리변수가 다소 차이가 있다는 점이 발견되었다. 가장 일반적으로 사용되고 있는 회복효과를 측정 척도는 Korpela and Hartig(1996)에서 개발한 5가지 하위 변수로서, '벗어남(Being Away)', '매혹감(Fascination)', '짜임새(Coherence)', '규모(Scope)', '적합성(Compatibility)'으로 세분화된다. 추후 Hartig *et al.* (1997)은 앞선 5가지 대리변수 중 모호한 개념인 짜임새(Coherence)를 '이해용이성(Legibility)'로 치환하여 개발하였으며, 이승훈·현명호(2003)은 상기의 5가지 변수 중 규모를 제외하고, 벗어남, 매혹감, 짜임새, 적합성의 4가지 변수만을 차용하였다. 박선아·이명우(2016)의 연구에서도 선행 연구의 흐름을 이어 '벗어남', '매혹감', '짜임새', '적합성', '이해용이성'을 적용하였으며, 관련된 연구(Peschardt and Stigsdotter, 2013; Collado *et al.*, 2016)에서도 4개 혹은 5개의 유사한 대리 변수가 활용되었음을 파악할 수 있었다. 이와 같이 회복효과를 직접적으로 측정하는 단일 변수가 없음에도 불구하고, 관련 연구들의 지표 적용 통일성과 더불어 신뢰성과 타당성을

검증하기 위한 다양한 연구가 축적되어 왔다(Hartig *et al.*, 1997; 이승훈, 2011; Pasini *et al.*, 2014).

3. 경관 분야에서 딥러닝 활용 타당성 검토

1) 합성곱 신경망 방법론 (DCNN)

딥러닝은 동물과 인간의 뉴런 구조를 모사한 심층 인공 신경망 모형을 응용하여 만든 모형 및 이를 학습하기 위한 알고리즘을 총칭하며, 딥러닝을 적용한 음성인식의 오류율이 20% 이상 개선되기 시작한 것을 계기로 다양한 분야로 확산되기 시작했다(김지원 등, 2015; 김동하 등, 2017). 이러한 딥러닝은 특히 예전까지 좋은 성능을 내지 못했던 분야들(사진 인식, 음성 인식, 비디오 인식 및 자연어 처리)에서 압도적인 성능을 보이고 있다(김동하 등, 2017).

특히 CNN(Convolutional Neural Network)은 이미지 데이터의 처리에 적합한 구조로 만들어진 신경망으로, 1990년대 후반부터 필기 숫자 인식, 얼굴 인식 등의 제한적인 어플리케이션에 활용되어 왔다(김지원 등, 2015). 이러한 이미지 활용 머신러닝은 사람이 사진의 다양한 배경정보 속에서 물체를 인식한다는 아이디어에서 출발해 의미론적 정보(semantic information)를 추출하는 것을 중요하게 여긴다. 이는 여러 가정적 조건을 충족 시에 사물을 인식하는 방식을 말하는데, 기존의 방식(rule)을 기본으로 한 접근방식으로는 다양한 사례를 구현하기 어렵다. 따라서 기계가 다양한 입력값(input)을 가지고 정답을 맞추는 프로그램을 스스로 작성하도록 돕는 머신러닝 접근방식이 활용되기 시작하였다.

최근 영상이나 음성신호 인식에서 인간의 능력을 상회하는 성능을 보이는 학습 알고리즘은 대부분 딥러닝을 기반으로 하며(박제강 등, 2015), 관련하여 많은 연구들이 수행되고 있다. 일례로, 홍은빈 등(2016)에서는 딥러닝 기법 중 하나인 Deep Convolutional Neural Network(DCNN)을 이용하여 영상의 구도를 개선하는 방법을 제시하였다. 즉 높은 성능을 보이는 분류기를 이용해 영상의 크롭 방향을 결정하고, 이를 반복적으로 수행해 영상의 구도를 개선하는 결과를 얻는 방식으로 연구가 수행되었다. 길대영 등(2017)의 연구에서는 건설현장에서 찍히는 수백 장의 현장 사진의 효율적 사용을 위해, 굴착, 골조, 마감작업의 세 가지 유형으로 작업 사진을 분류하고, 범주별 사진들을 구분을 학습시켜 분류기의 성능을 검증하였다. 황주연 등(2009)은 사진의 기본 요소 중 하나인 선을

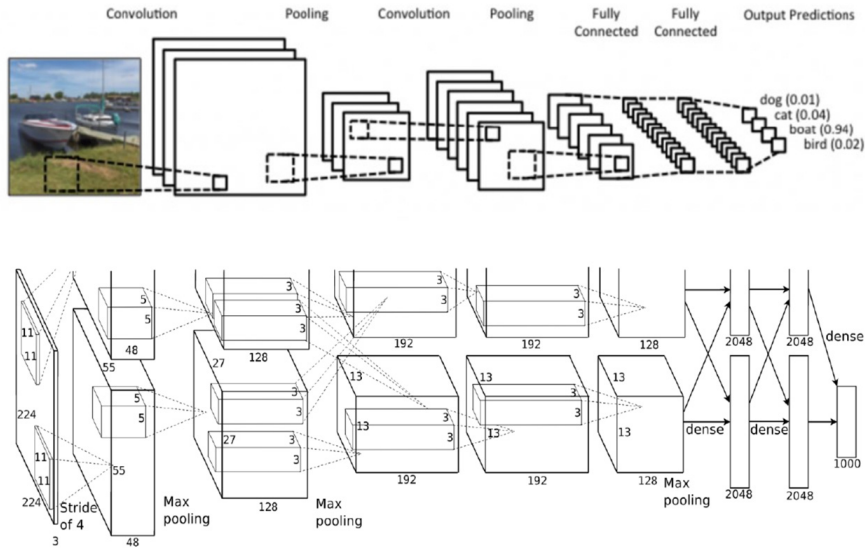


그림 2. CNN의 기본 구조(위)와 AlexNet의 층계와 풀링 프로세스(아래)

출처 : Krizhevsky *et al.*, 2017.

이용하여 구도가 유사한 영상을 검색하는 방법을 실험하였다. 즉, 구도가 유사한 영상 그룹에서 나타나는 특성을 분석하여 영상 차이를 계산하는 방법을 개발하였으며, 성능 평가 결과 정확성은 상위 10개 내의 결과에서 최고 85%, 최저 60% 정도의 정확성을 기록했다. Wang *et al.*(2016)은 딥러닝을 이용하여 다양한 분류의 이미지의 미적 효과를 평가하는 연구를 수행하였는데, 주요 연구 결과로서, 유형별 경관의 미적 가치를 평가하는 모델로서 타당성을 증명한 내용과 이미지별 노이즈를 줄이는데 기여할 수 있다는 점 등이 도출되었다. 이와 같이, 딥러닝 기반의 연구들은 해당 방법론을 적용하여 다양한 영상, 사진, 음성 등을 분류하고, 최적화 모델을 제시하는 등 다양한 분야의 학문적 기여 및 인간의 반복적인 작업을 줄여 효율성을 높이는데 크게 기여하였다.

멀티 레이어 기반의 CNN의 기본구조는 크게 이미지 여러 부분의 형태(feature)들의 추출을 담당하는 여러 개의 숨겨진 레이어(convolution and pooling layer)와 최종 분류를 담당하는 출력 레이어(fully connected)로 이루어진다(그림 2). CNN의 시초라 할 수 있는 AlexNet(2012)으로부터, ZFNet(2013), VGGNet(2014), GoogLeNet(2014), Inception, ResNet(2015), SENet(2017)로 이어져 오면서, 오류율 15.4%에서 2.251%까지 낮추며 정확도를 높여왔다. 이후, 처리속도 등 효율성을 높이기 위한 방향으로 DenseNet,

MobileNets, ShuffleNet, ResNeXt, NASNET 구조들이 개발되면서 모형들이 다변화되고 있다.

2) 경관 분야에서의 CNN 활용

CNN은 경관의 자동화 된 분류, 평가 및 시계열적 변화 분석, 특히 대용량의 데이터들을 빠르게 분류, 해석할 수 있다는 특징이 있지만, 타 분야에 비해 연구 초기에 있는 실정이다. 하지만 최근 AI 분야에서 컴퓨터 성능 및 영상 처리 기술이 빠르게 발전함에 따라 사진 속의 시각적 콘텐츠를 분석하는 기술이 점점 진화하고 있고(Kang *et al.*, 2021), 경관 선호도 평가 시 '경관 사진을 많이 활용한다는 점을 접목해 봤을 때 CNN을 통한 경관 분석 및 평가 분야의 발전 가능성이 높다고 할 수 있다.

최근까지 진행된 연구들을 살펴보면, 연구대상의 스케일에 따라 크게 두 가지 범주로 나뉘볼 수 있었다. 첫 번째는 항공사진(aerial view)을 대상으로 지형 및 토지이용의 변화, 건물군을 감지하는 거시적 스케일의 연구이다. Buscombe and Ritchie(2018)는 반지도 기계학습(semi-supervised machine learning)을 통해 항공사진의 경관 요소들을 분류(image segmentation: pixel level classification)하는 연구를 수행하였다. 특히, 부족한 훈련 데이터 단점을 극복하기 위해 CRF(Conditional Random Field)라는 방법을 활용한 것이 특징이다. Buscombe and Ritchie(2018)

는 수동으로 작성되어 만들어진 소수의 훈련 데이터로 CRF 알고리즘을 지도하고, 이를 활용해 다시 훈련 데이터를 만들어내는 반지도 방식으로 훈련 데이터를 효율적으로 생성하였다. 또한, Guo와 동료들은 지도 기계학습(supervised machine learning)을 통해 구글 어스 항공 사진의 농촌지역 주거지 건물군을 탐지(village building mapping: identification)하는 연구를 수행한 바 있다(Guo *et al.*, 2016).

두 번째는 거리 영상(street view)을 중심으로 환경요소별 비율 추출, 보행쾌적성과 환경요소 간 상관성 등을 살펴보는 마이크로 휴먼 스케일의 연구이다. 2013년에 MIT media lab은 place pulse라는 프로그램을 통해 도시 환경 인식 평가와 관련한 데이터 수집 플랫폼을 개발하였다. 이를 통해, 2016년까지 총 8만 여명의 온라인 참여자들로부터 120만 개의 도시 경관 이미지(6대 주 56 도시) 쌍대 비교 평가 점수 데이터를 모았다. 사람들은 안전성, 활력, 심미성, 풍부함, 우울감, 침체, 단조로움의 6가지 장소 인식 지표를 평가하였다. 이 데이터를 훈련 데이터로 설정해, 지도 기계학습을 통한 예측모델을 개발했다. 이 과정에서 이미지 형태(feature)를 추출하기 위해 DCNN을 활용하였다. 또한 도출된 결과를 다른 도시의 거리 영상에 적용하여 시각맵(perception map)을 얻어냈다. 환경 인식에 영향을 미치는 구체적 인자를 파악하기 위해서는 DCNN 기반 scene parsing model(image segmentation) 중 하나인 PSPNet을 활용해 각 이미지의 경관요소들의 비율(건물, 하늘, 수목, 벽, 도로, 보행로, 녹지, 차, 계단 등)과 평가점수 간의 상관관계를 다변량 선형회귀분석을 통해 분석하였다(Zhang *et al.*, 2018).

Zhou와 동료들은 이미지 크롤링을 통해 중국 Baidu map street view를 활용해 몇 천개의 거리 영상 샘플을 추출하였다(Zhou *et al.*, 2019). 샘플링된 거리 영상 약 550여 장을 interactLabeler 소프트웨어를 통해 라벨링 해 훈련 및 테스트 데이터를 생산하였다. 이는 기존에 개발된 이미지 세분화(image segmentation) DCNN인 Segnet을 훈련 데이터로 훈련시킨 뒤, 테스트 데이터를 넣어 정확도를 측정하는 방식으로 수행되었다. Segnet을 통해 1차로 분류된 요소들은 총 12개 항목이었는데, 이를 보행쾌적성 평가지표에 유의미한 항목들로 선별해 총 7개의 클래스로 재분류하였다. 다음으로 보행 쾌적성 정량화를 위해 4가지 평가지표(녹지의 심리효과, 시각적 복잡성, 둘러싸임, 포장의 시각적 비율)를 선정하고, 거리 영상

의 요소별 픽셀 수를 활용해 지표별 계산식을 도출하여 각 거리 당 보행쾌적성 통합 점수(Integrated visual walkability)를 추출하였다. 최종적으로 계산된 통합점수의 검증에 위해 추가로 이루어진 온라인 설문결과와 선행된 실험 결과를 비교하는 과정을 통해 연구의 신뢰성을 확보하였다(Zhou *et al.*, 2019).

한편 Middel과 동료들은 구글 거리 영상(Google Street View)으로부터 3가지 방향의 보행자 시각뷰(lateral, up, down) 데이터를 추출하였다(Middel *et al.*, 2019). 기존의 Image segmentation DCNN인 FCN-8s를 활용하여 7개의 클래스(하늘, 투수성 표면, 수목, 비고정적 오브젝트, 건물, 불투수성 표면, 보이드)로 1차 이미지 분할을 한 뒤, 매트랩 화면(Matlab interface)을 활용해 수동으로 오류를 수정하여(paint by number fashion) 훈련 이미지를 생산하였다. 이를 위해 측면뷰, 위쪽을 향한 뷰, 아래를 향한 뷰, 총 3가지 유형의 뷰 데이터 약 730여 개를 확보하였다. 730여 개 데이터를 4:1의 비율로 랜덤으로 훈련 및 테스트 데이터로 나누어 모델을 테스트하였다. 지역 위치별로 3가지 유형의 이미지 분할 결과를 역으로 구 형태의 표면에 입혀 최대한 실제와 유사한 환경을 구현하였으며, 각 지점의 클래스 별 픽셀 수 분석을 통해 시각 환경을 정량화할 수 있었다. 이러한 접근방식은 필라델피아의 교외와 도심지역에 적용되어 사람 중심의 시각 환경을 빅데이터 기반으로 분석할 수 있게 하였다(Middel *et al.*, 2019).

IV. 고찰

1. 경관구성 고려 이미지 선정 및 평가지표와 척도 표준화 필요성

도시림 경관 서비스 기반 연구들은 심리적 효과에 대한 다양한 연구가 축적되었지만, 구체적인 경관 요소에 대한 실증이 부족, 계획·설계에 반영하기에는 한계점이 있다. 도시림 회복효과를 입증하는 대부분의 선행 연구들은 도시경관, 자연경관의 이분법화된 틀에서 평가의 대상을 구분함으로써 자연경관의 효용 가치를 입증해왔다. 따라서 도시경관 보다 월등하게 높은 치유효과가 있는 자연경관을 비교하는 연구는 도시림 구성의 구체적인 가이드라인을 제시하는데 한계가 있을 수밖에

없었다. 이에 유사한 유형의 도시림 경관 사진을 같은 방식으로 실험하여 상호 통계 유의성을 검증하는 연구 보다는 기존 연구의 축적된 결과를 활용하여 대중이 선호하고 회복효과가 높은 경관의 실제 사례를 충분히 제시하는 것이 활용 가치가 높을 것으로 판단된다.

이에 다양한 경관 구성의 변수 및 경관 비율을 고려해 평가대상을 선정하고, 자연경관의 경우, 평가모델 개발에 있어 복잡한 모형이 요구되지 않는다는 장점이 있으므로, 모델의 기본 경관 구성은 단순하게 설정하되 식재 밀집도, 수종 구성, 영급도 구분, 시설물 위치 등이 구분 가능하게 설정된다면 실무 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다. 연구 결과가 어느 정도 확보되면, 회복력에 영향을 미치는 몇 가지 인자의 다양한 조합을 기반으로 한 경관 유형 구분 또한 가능할 수 있고, 본 경관 유형 구분을 통해 추가적인 도시림 회복효과 평가 모델을 정교하게 보완해 나갈 수 있을 것이다.

도시숲과 주의회복력의 키워드에서 확장해 하천, 농촌, 해안경관을 포함한 일반 자연경관에 대한 심리적 영향과 관련 선행연구들로 넓혀 리뷰한 결과, 이미지의 특성 및 질적 수준, 조사변수, 설문지 대상, 평가의 척도가 상이함을 분석할 수 있었다.

본 연구에서 설정한 방향처럼 기존 데이터를 훈련 데이터 일부로 설정하여 알고리즘을 개발하는 경우에는 다양한 딥러닝 모형 구축 방식 중 평가척도를 표준화해 재분류하는 등의 조정 방향이 편의성이 높을 것으로 판단된다. 또한 이를 위해서 이미지 해상도 및 흑백 이미지 칼라 변환 등 통합하는 작업이 선행되어야 한다. 즉 5점 척도, 7점 척도, 10점 척도 등 다양한 기준에 의해 평가된 경관 점수를 일률적으로 비교할 수 있게 수치를 통일하는 것이다. 선행 연구 검토 결과, 일반적으로 5점 척도 적용이 일반적이었기 때문에, 5점 구분을 기준으로 7점, 10점 등의 척도를 변환하는 방법이 효율적일 것으로 판단된다. 일부 논문의 경우 평가의 부호가 반대 방향으로 된 경우도 있었기 때문에(ex. 1점이 매우 만족 등), 방향 표준화도 적용해야 한다.

본 연구에서는 ‘자연경관’을 큰 범주로 설정하여 ‘선호도’ 연구의 축적을 살펴보았지만, ‘회복효과’ 측정을 위한 변수는 선호도와 같이 일률적 기준이 아닌 다양한 대리 변수(ex. Being away, fascination, coherence, scope, compatibility 등)를 활용하고 있는 특징을 보이기 때문에(ex. PRS(Perceived Restorativeness Scale), Korpela and

Hartig, 1996; 이승훈, 2011) 평균값이나 대표값을 활용하는 등의 조정이 필요하다. 추후 데이터베이스 구축을 위해서는 통일된 지표를 활용하는 방식을 적용해 자료 구축의 신뢰성 확보가 선행되어야 할 것이다.

또한, 기존 연구의 결과의 경관 평가 대상의 해상도가 낮고 전체 경관 사진 중 일부 경관 사진만 논문에 제시하는 경우도 많았기 때문에, 저자에게 직접 자료를 요청하여 취득하는 방안도 검토할 필요성이 제기된다.

2. 전이학습 및 세분화를 통한 알고리즘 효율성과 설명력 확보

도시림 주의회복력 효과 관련 연구논문의 리뷰 결과, 평가 알고리즘 개발이 가능한 정도의 훈련 데이터를 얻기에는 현재 구축된 데이터베이스가 절대적으로 부족함을 알 수 있었다. 하지만, 경관 분야 딥러닝 리뷰 결과, 몇몇 연구들의 경우, 훈련 데이터가 부족한 상황에서 다양한 대안적 방법들을 고안해 내었음을 파악할 수 있었다. 예를 들어 Buscombe and Ritchie(2018)는 기존에 개발된 작고 효율적인 알고리즘(MobileNetV2)을 활용한 전이학습을 통해 소수의 훈련 데이터로 최종 레이어만 재훈련 시키는 방식으로 활용하였다. 강영은 등(2021)의 연구에서도 전이학습 중 ‘회전’, ‘확대’, ‘가로뒤집기’, ‘밝기 조절’, ‘충밀리기’를 활용하고 데이터 셋을 분류하여 부족한 사진 데이터의 한계를 극복하였다. 이러한 방식에 더해 주변 맥락을 참고해 이웃하는 픽셀끼리는 유사한 라벨로 묶어 오류를 줄여 분류하는 CRF 방식을 통해 소수의 이미지 주석만으로 각 픽셀의 클래스를 유추할 수 있었다.

경관분야 CNN 연구 리뷰 결과, 대부분의 연구가 이미지 분류가 아닌 픽셀 단위로 잘게 쪼개는 이미지 분할의 방식을 활용하고 있었다. 즉, 이미지 인식 코드와 픽셀 레벨 분류 코드를 결합시켜 보다 정확한 의미론적 세분화(semantic segmentation)를 발전시키고 있는 것이 특징적인 부분이라고 할 수 있다. 이러한 이미지 분할 방식은 단순히 경관 평가값을 자동적으로 도출하는 것을 넘어 경관요소들의 비율에 따른 평가값의 변화를 설명할 수 있다는 장점을 가진다.

본 연구에서 검토한 알고리즘 활용을 통해 얻을 수 있는 또 하나의 효용 가치는 실제로 우리 주변에 존재하는 경관 이미지가 아닌 새로운 경관 구성을 생성할 수도 있

다는 것이다. 조경 ‘디자인’의 영역에서는 통계적, 과학적 접근에 의한 합리성 추구뿐만 아니라, 새로운 것을 만들어내는 ‘창의성’ 영역도 중요하기 때문에, 딥러닝 방법론을 접목하여 합리성(대중들이 선호하는 경관 구성)에 기반을 둔 다양한 경관 구성을 창작해낼 수 있는 잠재력이 크다고 할 수 있다.

결과적으로 선행 연구들에서 개발된 경관 평가 알고리즘의 차용은 실현 가능성이 높고 기존 도시림 회복 기능 관련 데이터 부족의 한계를 보완할 수 있을 것으로 판단되며, 모델에 설명력을 부여할 수 있는 동시에 디자인 생성의 툴로서의 잠재력이 높다 판단되는 바이다.

V. 결론

본 연구는 지속적으로 중요성이 높아지는 ‘도시림’의 회복 효과 관련 기존 연구들의 한계에서 출발하여, 도시림의 경관 평가 모델 개발의 당위성과 개발 타당성을 검토하기 위한 기초연구로서 진행되었다.

연구의 내용적 측면과 방법론적 타당성을 함께 검토하기 위해 ‘도시림’, ‘회복환경 및 주의력 회복 연구’, ‘딥러닝 방법론’, ‘경관 분야에서의 CNN 활용’ 연구를 중심으로 분석하였다. 내용적 측면과 관련된 연구 검토에서는 향후 경관 평가 모델 적용에 고려해야 할 주요 변수를 확인할 수 있었으며, 평가 모델에 적용가능한 데이터 확보 측면을 검토할 수 있었다. 방법론적 측면에서는 범용적으로 활용되는 딥러닝 방법론의 트렌드와 발전 과정을 검토하였으며, 나아가 경관 연구로 도입 가능성을 진단함으로써 도시림 회복 효과 검증에 대한 경관 평가 알고리즘 적용 타당성을 집중적으로 살펴보았다. 상기와 같은 과정을 거친 본 연구의 주요 결론은 아래와 같다.

첫째, 도시림 경관 연구동향 및 데이터 신뢰성 검토 결과, 도시림 경관 서비스 기반 연구들은 심리적 효과에 대한 다양한 연구가 선행하지만, 구체적인 경관 요소에 대한 실증이 부족, 계획·설계에 반영하기에는 한계점이 있다. 자연경관의 경우, 평가모델 개발에 있어 복잡한 모형이 요구되지 않는다는 장점이 있으므로, 모델의 기본 경관 구성은 단순하게 설정하되 식재 밀집도, 수종 구성, 영급도 구분, 시설물 위치 등이 구분 가능하게 설정된다면 실무 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

둘째, 기존 경관 평가 척도 범용성 검토 결과, 데이터 활용을 위해서 선호도의 척도 및 방향 표준화가 필요하며, 회복효과의 경우, 다양한 대리변수를 활용하고 있기 때문에 통일된 지표를 활용한 자료 신뢰성 확보가 선행되어야 한다. 추후 데이터 추가 확보 및 전이학습을 토대로 회복효과를 종속변수로, 회복효과에 영향을 미치는 경관 구성 요소의 조합 및 종합된 평가 결과를 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 이외에 고려할 수 있는 방안은 도시림 분류학습을 통한 도시림 경관의 이미지별 회복 효과 점수를 매핑하여, 일반적으로 회복효과가 높은 이미지 유형을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 경관 분야 딥러닝 활용 타당성 검토 결과, 이미지 딥러닝 기반 예측모델의 정확성이 100%에 가까운 수준에 이르고 있으며, 오픈 소스 기반의 항공사진과 거리 영상을 활용해 경관 분야에서 다양한 모델이 개발되고 있는 추세이다. 또한, 이미지 분류를 넘어 픽셀 단위 이미지 분할을 통해 보다 정교한 설명력을 얻고 있다. 따라서, 경관분야에서 딥러닝 활용의 타당성은 높을 것으로 판단되며, 알고리즘을 새로이 개발하는 방법보다는 기존 알고리즘을 활용·일부 보정하고, 모형의 신뢰도를 높이기 위한 정교화된 평가 대상(input) 구축에 주안점을 두는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구는 향후 도시림 경관 평가 모델 개발을 위한 구체적인 방향성과 한계를 제시해 주는 측면에서 의의가 있으며, 비단 ‘도시림’ 대상뿐만 아니라 시각적 대상에 대한 인간의 지각된 반응을 예측하는 연구에도 적용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 도출한 주요 가치 중의 하나는 지금까지 매번 반복되는 설문조사에 의한 경관 평가 연구의 패러다임 변환의 단초를 제안한 것이다. 이와 같은 시도들은 결과적으로 연구와 실무 간극을 좁히는데도 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

상기와 같이 본 연구는 다양한 효용 가치가 있음에도 불구하고, 모형 개발의 타당성을 ‘내용적’, ‘방법론적’ 측면에서 기본 문헌을 검토한 기초 연구로, 구체적 알고리즘을 테스트하거나 비교해 검증하는 실증적 측면에서는 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 현재 축적된 도시림 평가 대상 데이터를 활용하여 기존 알고리즘을 비교 검증하고, 나아가 도시림 경관의 회복효과 진단을 위한 예측 알고리즘을 작성하며, 신뢰도 제고를 위한 다양한 과정들을 축적하고자 한다.

참고문헌

- 강영옥·조나혜·박소연·김지연, 2021, “합성곱신경망을 활용한 SNS 사진 분류 및 관광객과 거주자의 관광활동 특성 분석” 대한지리학회지, 56(3), 247-264.
- 권현교·신원섭·김재준, 2004, “도시림의 유형에 따른 이용편의 비교” 한국산림휴양학회지, 8(2), 37-46.
- 길대영·전가현·이강, 2017, “딥러닝 알고리즘을 활용한 건설 현장사진의 공중별 분류에 대한 기초 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 32(2), 785-786.
- 김동하·백규승·김용대, 2017, “딥러닝 모형의 복잡도에 관한 연구” 한국데이터정보과학회지, 28(6), 1217-1227.
- 김지원·표현아·하정우·이찬규·김정희, 2015, “다양한 딥러닝 알고리즘과 활용” 정보과학회지, 33(8), 25-31.
- 김충열·문현식·김태운·조민기·강미영·안기완·임효인, 2016, “이용객 모니터링을 통한 울산 대왕암 도시숲의 관리방안” 한국도서연구, 28(4), 139-154.
- 박선아·이명우, 2016, “숲 공간유형별 특성에 따른 치유효과 분석: 심리적 회복감과 만족도를 중심으로” 한국조경학회지, 44(4), 75-85.
- 박재강·박용규·온한익·강동중, 2015, “딥러닝을 이용한 영상내 물체 인식 기법” 제어·로봇·시스템학회 논문지, 21(4), 21-26.
- 유은희·연평식·신원섭, 2013, “도시림의 유형에 따른 회복환경지각척도의 비교” 한국산림휴양학회지, 17(1), 33-45.
- 이승훈, 2011, “심리적 지표 평가에 의한 도시와 옥상정원 숲의 경관 비교” 서울도시연구, 12(3), 53-65.
- 이승훈, 2012, “녹시율과 회복환경 간의 정적 관계에 대한 배경스트레스원의 가법적 영향 검증” 서울도시연구, 13(2), 187-205.
- 이승훈·현명호, 2003, “한국판 회복환경지각척도의 요인구조” 한국심리학회지, 8(2), 229-241.
- 임승빈, 2009, 「경관분석론, 서울: 서울대학교 출판부.
- 정성철·이민하·구교상·조은경·한상열·허태철·주성현, 2010, “도시림 조성·관리 방안에 관한 시민·공무원 인식조사” 한국산림휴양학회지, 14(3), 39-45.
- 홍은빈·전준호·이승용, 2016, “사진 구도 개선을 위한 딥러닝 기반 반복적 크롭핑” 정보과학회논문지, 43(12), 1356-1364.
- 황주연·임동섭·백두원, 2009, “직선 성분을 이용하는 구도가 유사한 사진 검색 방법” 한국멀티미디어학회논문지, 12(11), 1539-1546.
- Barona, C.O., 2015, Adopting public values and climate change adaptation strategies in urban forest management: A review and analysis of the relevant literature, *Journal of Environmental Management*, 164, 215-221.
- Bell, S.L., Foley, R., Houghton, F., Maddrell, A., and Williams, A.M., 2018, From therapeutic landscapes to healthy spaces, places and practices: A scoping review, *Social Science & Medicine*, 196, 123-130.
- Buscombe, D. and Ritchie, A.C., 2018, Landscape classification with deep neural networks, *Geosciences*, 8(7), 244.
- Carvalho-Ribeiro, S.M. and Lovett, A., 2011, Is an attractive forest also considered well managed? Public preferences for forest cover and stand structure across a rural/urban gradient in northern Portugal, *Forest Policy and Economics*, 13(1), 46-54.
- Chen, W.Y. and Jim, C.Y., 2010, Resident motivations and willingness-to-pay for urban biodiversity conservation in Guangzhou (China), *Environmental Management*, 45, 1052-1165.
- Chen, B. and Nakama, Y., 2015, Residents' preference and willingness to conserve homestead woodlands Coastal villages in Okinawa Prefecture, *Urban Forestry & Urban Greening*, 14, 919-931.
- Collado, S., Staats, H., and Sorrel, M.A., 2016, A relational model of perceived restorativeness: Intertwined effects of obligations, familiarity, security and parental supervision, *Journal of Environmental Psychology*, 48, 24-32.
- Daniel, T.C. and Vining, J., 1983, Methodological issues in the assessment of landscape quality, *Human Behavior and Environment*, 6, 39-84.
- Deng, J., Andrada, R., and Pierskalla, C., 2017, Visitors' and residents' perceptions of urban forests for leisure in Washington D.C., *Urban Forestry & Urban Greening*, 28, 1-11.
- Donovan, G.H. and Butry, D.T., 2010, Trees in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon, *Landscape and Urban Planning*, 94(2), 77-83.

- Dupont, L., Antrop, M., and Van Eetvelde, V., 2015, Does landscape related expertise influence the visual perception of landscape photographs? Implications for participatory landscape planning and management, *Landscape and Urban Planning*, 141, 68-77.
- Eggers, J., Lindhagen, A., Lind, T., Lamas, T., and Ohman, K., 2018, Balancing landscape-level forest management between recreation and wood production, *Urban Forestry & Urban Greening*, 33, 1-11.
- Endreny, T., Santagata, R., Perna, A., Stefano, C.D., Rallo, R.F., and Ulgiati, S., 2017, Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban wellbeing, *Ecological Modelling*, 360, 328-335.
- Feimer, N.R., 1979, Personality and environment perception: Alternative predictive systems and implications for evaluative judgements, Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley.
- Fyhri, A., Jacobsen, J.K.S., and Tømmervik, H., 2009, Tourists' landscape perceptions and preferences in a Scandinavian coastal region, *Landscape and Urban Planning*, 91(4), 202-211.
- Gerrish, E. and Watkins, S.L., 2018, The relationship between urban forests and income: A meta-analysis, *Landscape and Urban Planning*, 170, 293-308.
- Guo, Z., Shao, X., Xu, Y., Miyazaki, H., Ohira, W., and Shibasaki, R., 2016, Identification of village building via Google Earth images and supervised machine learning methods, *Remote Sensing*, 8(4), 271.
- Hagerhall, C.M., 2001, Consensus in landscape preference judgements, *Journal of Environmental Psychology*, 21(1), 83-92.
- Hartig, T., Kaiser, F.G., and Bowler, P.A., 1997, *Further development of a measure of perceived environmental restorativeness (Working paper no 5)*, Gävle, Sweden: Uppsala University, Institute for Housing Research.
- Hauru, K., Lehvavirta, S., Korpela, K., and Kotze, D.J., 2012, Closure of view to the urban matrix has positive effects on perceived restorativeness in urban forests in Helsinki, Finland, *Landscape and Urban Planning*, 107, 361-369.
- Herzog, T.R. and Stark, J.L., 2004, Typicality and preference for positively and negatively valued environmental settings, *Journal of Environmental Psychology*, 24(1), 85-92.
- Hoyle, H., Hitchmough, J., and Jorgensen, A., 2017, All about the 'wow factor'? The relationship between aesthetics, restorative effect and perceived biodiversity in designed urban planting, *Landscape and Urban Planning*, 164, 109-123.
- Hu, S., Yue, H., and Zhou, Z., 2019, Preferences for urban stream landscapes: Opportunities to promote unmanaged riparian vegetation, *Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 114-123.
- Kang, Y., Cho, N., Yoon, J., Park, S., and Kim, J., 2021, Transfer learning of a deep learning for exploring tourists' urban image using geotagged photos, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3), 137.
- Kaplan, R., 2004, The social values of forests and trees in urbanized societies, *IUFRO World Series*, 14, 167-178.
- Kaplan, R. and Kaplan, S., 1989, *The experience of nature: A psychological perspective*, New York: Cambridge University Press.
- Kaplan, S., 1995, The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework, *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169-182.
- Korpela, K. and Hartig, T., 1996, Restorative qualities of favorite places, *Journal of Environmental Psychology*, 16, 221-233.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G.E., 2017, ImageNet classification with deep convolutional neural networks, *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90.
- López-Martínez, E., 2017, Visual landscape preferences in Mediterranean areas and their socio-demographic influences, *Ecological Engineering*, 104, 205-215.
- MA: Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*, Washington D.C.: Island Press.
- Mattila, O., Korhonen, A., Poyry, E., Hauru, K., Holopainen, J., and Parvinen, P., 2020, Restoration in a virtual

- reality forest environment, *Computers in Human Behavior*, 107, 106295.
- Merry, K., Bettinger, P., Siry, J., and Bowker, J.M., 2020, Preferences of motorcyclists to views of managed, rural southern United States landscapes, *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 29, 100259.
- Middel, A., Lukaszczk, J., Zakrzewski, S., Arnold, M., and Maciejewski, R., 2019, Urban form and composition of street canyons: A human-centric big data and deep learning approach, *Landscape and Urban Planning*, 183, 122-132.
- Nielsen, A.B., Gundersen, V.S., and Jensen, E.S., 2018, The impact of field layer characteristics on forest preference in Southern Scandinavia, *Landscape and Urban Planning*, 170, 221-230.
- Pasini, M., Berto, R., Brondino, M., Hall, R., and Ortner, C., 2014, How to measure the restorative quality of environments: The PRS-11, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 159, 293-297.
- Pazhouhanfar, M. and Kamal, M., 2014, Effect of predictors of visual preference as characteristics of urban natural landscapes in increasing perceived restorative potential, *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 145-151.
- Peckham, S.C., Duinker, P.N., and Ordonez, C., 2013, Urban forest values in Canada: Views of citizens in Calgary and Halifax, *Urban Forestry & Urban Greening*, 12, 154-162.
- Peschardt, K.K. and Stigsdotter, U.K., 2013, Associations between park characteristics and perceived restorativeness of small public urban green spaces, *Landscape and Urban Planning*, 112, 26-39.
- Sang, Å.O. and Tveit, M.S., 2013, Perceptions of stewardship in Norwegian agricultural landscapes, *Land Use Policy*, 31, 557-564.
- Sevenant, M. and Antrop, M., 2010, The use of latent classes to identify individual differences in the importance of landscape dimensions for aesthetic preference, *Land Use Policy*, 27(3), 827-842.
- Simkin, J., Ojala, A., and Tyrvainer, L., 2020, Restorative effects of mature and young commercial forest, pristine old-growth forest and urban recreation forest: A field experiment, *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126567.
- Sowińska-Świerkosz, B. and Soszyński, D., 2019, The index of the Prognosis Rural Landscape Preferences (IPRLP) as a tool of generalizing peoples' preferences on rural landscape, *Journal of Environmental Management*, 248, 109272.
- Stigsdotter, U.K., Corazon, S.S., Sidenius, U., Refshauge, A.D., and Grahn, P., 2017, Forest design for mental health promotion: Using perceived sensory dimensions to elicit restorative responses, *Landscape and Urban Planning*, 160, 1-15.
- Strumse, E., 1996, Demographic differences in the visual preferences for agrarian landscapes in western Norway, *Journal of Environmental Psychology*, 16(1), 17-31.
- Tomao, A., Secondi, L., Carrus, G., Corona, P., Portoghesi, L., and Agrimi, M., 2018, Restorative urban forests: Exploring the relationship between forest stand structure, perceived restorativeness and benefits gained by visitors to coastal Pinus pinea forests, *Ecological Indicators*, 90, 594-605.
- Townsend, J.B. and Barton, S., 2018, The impact of ancient tree form on modern landscape preferences, *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, 205-216.
- Ulrich, R.S., 1983, Aesthetic and affective response to natural environment, *Behavior and the Natural Environment*, 85-125.
- Ulrich, R.S., 1984, View through a window may influence recovery from surgery, *Science*, 224(4647), 420-421.
- Van den Berg, A.E. and Koole, S.L., 2006, New wilderness in the Netherlands: An investigation of visual preferences for nature development landscapes, *Landscape and Urban Planning*, 78(4), 362-372.
- Wang, R. and Zhao, J., 2017, Demographic groups' differences in visual preference for vegetated landscapes in urban green space, *Sustainable Cities and Society*, 28, 350-357.
- Wang, R., Zhao, J., and Liu, Z., 2016, Consensus in visual preferences: The effects of aesthetic quality and landscape types, *Urban Forestry & Urban Greening*,

- 20, 210-217.
- Wang, W., Zhao, M., Wang, L., Huang, J., Cai, C., and Xu, X., 2016, A multi-scene deep learning model for image aesthetic evaluation, *Signal Processing: Image Communication*, 47, 511-518.
- Wilde, E.N. and Maxwell, J.T., 2018, Comparing climate-growth responses of urban and non-urban forests using *L. tulipifera* tree-rings in southern Indiana, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 103-108.
- Ye, Y., Zeng, W., Shen, Q., Zhang, X., and Lu, Y., 2019, The visual quality of streets: A human-centered continuous measurement based on machine learning algorithms and street view images, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(8), 1439-1457.
- Yu, C.P., Lee, H.Y., Lu, W.H., Huang, Y.C., and Browning, M.H.E.M., 2020, Restorative effects of virtual natural settings on middle-aged and elderly adults, *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126863.
- Yu, C.P. and Hsieh, H., 2020, Beyond restorative benefits: Evaluating the effect of forest therapy on creativity, *Urban Forestry & Urban Greening*, 51, 126670.
- Yuan, J., Deng, J., Pierskalla, C., and King, B., 2018, Urban tourism attributes and overall satisfaction: An asymmetric impact-performance analysis, *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 169-181.
- Zhang, F., Zhou, B., Liu, L., Liu, Y., Fung, H.H., Lin, H., and Ratti, C., 2018, Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning, *Landscape and Urban Planning*, 180, 148-160.
- Zhou, H., He, S., Cai, Y., Wang, M., and Su, S., 2019, Social inequalities in neighborhood visual walkability: Using Street View imagery and deep learning technologies to facilitate healthy city planning, *Sustainable Cities and Society*, 50, 101605.
- Zhou, T., Koomen, E., and van Leeuwen, E.S., 2018, Residents' preferences for cultural services of the landscape along the urban-rural gradient, *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 131-141.
- Zube, E.H., Sell, J.L., and Taylor, J.G., 1982, Landscape perception: Research, application and theory, *Landscape Planning*, 9, 1-33.
- 교신 : 강영은, 52725, 경상남도 진주시 동진로 33, 경상국립대학교 27동 조경학과(이메일 yekang@gnu.ac.kr)
- Correspondence : Youngeun Kang, 52725, 33 Dongjin-ro, Jinju-si, Gyeongsangnam-do, Korea, Department of Landscape Architecture, Gyeongsang National University (Email: yekang@gnu.ac.kr)
- 투고접수일: 2021년 7월 1일
심사완료일: 2021년 8월 4일
게재확정일: 2021년 8월 10일

