

19CTAP-
C152030-
02

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()발간등록번호()

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

R&D / 19CTAP-C152030-02

스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 딥러닝 모델구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발 최종보고서

2021. 03. 05.

주관연구기관 / 한양대학교 산학협력단

평가 딥러닝 모델구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발
스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관

최종보고서

2021

국
토
교
통
부

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

'스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 딥러닝 모델구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발'(연구개발 기간 : 2019. 04. ~ 2020. 12.) 과제의 최종보고서 1부를 제출합니다.

2021 . 03 . 05 .

주관연구기관명: 한양대학교 산학협력단 (대표자) 하 성



주관연구기관책임자: 박 진 아

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19CTAP-C152030-02	해당 단계 연구 기간	2020.01.01.~ 2020.12.31.	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명	-			
연구과제명	대과제명	스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 답러닝 모델구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발			
	세부과제명	스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 답러닝 모델구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발			
연구책임자	박진아	해당단계 참여연구원 수	총: 11명 내부: 11명	해당단계 연구비	정부: 97,000천원 계: 97,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 14명 내부: 14명	총 연구비	정부: 195,000천원 계: 195,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한양대학교 산학협력단			참여기업명	-
국제공동연구	-				-
위탁연구	-				-

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반과제
----------------------	------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
해당 없음								

요약 최근 4차산업혁명의 가속화에 따라 도시민들의 정보의 수요와 공공행정에 대한 참여 의식 증가하고 있음. 사람들은 사물을 지각·인지하는데 대부분 시각을 사용하는데 근린환경에서 시각적인 요소는 바로 근린의 경관임. 따라서 근린경관에 대한 정서적 정보를 객관화·일반화된 자료로 구축할 수 있다면 근린환경의 지속적인 질적 관리가 가능할 것임. 따라서 본 연구에서는 시민들이 시지각·인지를 바탕으로 인공 지능을 활용한 답러닝 경관 평가 모델을 개발하여 기존 경관 연구를 확장하고자 함. 또 국내 경관관리는 시민참여 수단이 부족하여 시민들의 이해도와 만족도가 낮음. 따라서 경관관리의 시민참여 확대수단으로서 인공지능과 빅데이터를 활용한 플랫폼인 스마트시티에 주목하고 시민들이 직접 참여하여 경관을 평가할 수 있는 클라우드소싱 플랫폼을 개발함	보고서 면수 105 페이지
---	------------------------------

요약문

연구의 목적 및 내용	최근 4차산업혁명의 가속화에 따라 도시민들의 정보의 수요와 공공행정에 대한 참여 의식 증가하고 있음. 근린에 관한 자료들 중 시설적인 근린환경 자료는 비교적 구득이 용이하나 정서적인 환경에 대한 경험적 정보 습득이 어려우며, 온라인상의 자료들은 지나치게 주관적이거나 신뢰도가 부족함. 사람들은 사물을 지각·인지하는데 대부분 시각을 사용하는데 근린 환경에서는 시각적인 요소는 바로 근린의 경관임. 따라서 근린경관에 대한 정서적 정보를 객관화·일반화된 자료로 구축할 수 있다면 근린환경의 지속적인 질적 관리가 가능할 것임. 따라서 본 연구에서는 시민들이 시지각·인지를 바탕으로 인공지능을 활용한 딥러닝 경관 평가 모델을 개발하여 기존 경관 연구를 확장하고자 함. 또 국내 경관관리는 시민참여 수단이 부족하여 시민들의 이해도와 만족도가 낮음. 따라서 경관관리의 시민참여 확대수단으로서 인공지능과 빅데이터를 활용한 플랫폼인 스마트시티에 주목하고 시민들이 직접 참여하여 경관을 평가할 수 있는 클라우드 소싱 플랫폼을 개발함 본 연구에서는 근린경관의 객관적인 데이터 구축에 앞서 아이트래킹 기법과 경관 형용사 조사를 사용하여 근린경관 평가의 시지각·인지 특성을 파악함. 가로뷰 이미지 DB를 구축하고 이를 바탕으로 객관화된 경관 평가를 위한 딥러닝 모델을 개발함. 딥러닝 모델은 앞서 도출한 시지각·인지특성을 바탕으로 가중치 부여가 가능한 CNN기반 경관평가 추론 모델임. 개발한 딥러닝 모델을 바탕으로 경관평가 추론 실험을 진행하며, 이를 바탕으로 정보공유와 평가가 모두 가능한 클라우드 소싱 플랫폼을 개발함				
연구개발성과	본 연구에서 도출되는 최종성과물은 크게 두 가지임. 시지각·인지특성을 고려한 딥러닝 기반 경관 평가 모델과 시민들이 경관평가에 참여하고 정보를 얻을 수 있는 클라우드 소싱 경관 평가 플랫폼임. 이들은 소프트웨어 형태임. 연구를 수행하며, 근린의 시지각특성을 도출하고 딥러닝을 바탕으로 근린별 경관 평가를 통한 경관 연구가 가능하므로 이에 관한 논문을 게재하였음				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	본 연구의 성과물인 시지각·인지 기반 딥러닝 모델을 바탕으로 체계적이고 고효율의 경관 DB를 구축할 수 있으며, 기존 딥러닝 모델의 정확도를 향상시킬 수 있는 가능성을 제시할 수 있을 것임. 또, 클라우드 소싱 플랫폼을 통해 시민들에게 쉽게 경관정보 공유가 가능하며, 플랫폼을 통해 시민들의 참여로 축적되는 객관적 경관DB는 최종적으로는 근린경관향상에 따른 주민들의 삶의 질 향상을 도모할 것임				
국문핵심어 (5개 이내)	스마트시티	딥러닝	경관 평가	시민참여	클라우드소싱
영문핵심어 (5개 이내)	Smart City	Deep Learning	Landscape Evaluation	Citizen Participation	Crowd Sourcing

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	5
가. 연구개발 목적 및 필요성	5
나. 연구개발 대상 및 범위	7
다. 연구개발관련 국내외 현황	8
2. 연구수행내용 및 성과	12
가. 연구개발 목표	12
나. 연차별 연구개발 목표 및 내용	13
다. 연구개발 추진체계 및 일정	16
라. 연구 개발 결과	18
마. 연구 개발 성과	86
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	87
가. 연구개발 목표 달성도	87
나. 관련 분야에 대한 기여도	90
4. 연구개발성과의 활용 계획	91
가. 연구개발성과의 활용 계획	91
나. 추가연구에 관한 계획	92
붙임. 참고 문헌	93

〈별첨〉 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 목적 및 필요성

○ 4차산업혁명의 가속화에 따른 정보의 수요와 국민의 참여 의식 증가

- 무선 통신과 모바일 네트워크의 확산으로 인하여 물리적 공간을 넘어 소셜네트워크서비스(SNS)를 통한 시공간에 구애받지 않는 정보 공유가 가능해지면서 시민의 생활패턴은 변화되기 시작함. 이러한 온라인상의 커뮤니티를 통한 정보 공유의 활성화는 다양한 분야에 걸쳐 새로운 정보에 대한 수요를 증가시켰고 공공의 행정에 직접 참여하고자 하는 시민의식의 증가를 가지고 왔음
- 이러한 수요에 맞춰 국토·교통 분야에서는 공간정보와 사회경제적 정보를 융합한 서비스가 등장하였음. 민간에서는 원하는 여가생활을 즐길 수 있는 장소기반 여가 큐레이팅 서비스나 원하는 집을 찾아주는 부동산 중개 서비스 등을 제공하고 있음. 정부와 지자체는 통계 및 지리정보를 기반으로 「살기 좋은 우리 동네」, 「우리동네 생활업종」, 「골목 상권 정보 서비스」 등 장소 기반 근린 정보 서비스를 제공하여 시민들이 원하는 장소를 탐색할 수 있는 기회를 제공하고 있음. 또한, 시민들은 자신의 마을 혹은 지역의 불편사항을 Community Mapping을 통한 지리정보시스템을 활용하여 교통, 생활정보, 각종 시설물들에 대한 정보를 입력하고 있음

○ 근린경관의 가치와 경관정보 구축의 필요성

- 근린이란 사람들의 일상생활 중 가장 많이 시간을 보내는 장소 중 한곳임. 사람들은 주거지를 선택할 때 거주하는 주택뿐 아니라 주변의 근린환경까지를 고려함. 우선적으로 위치, 교통시설, 접근성, 가격, 교육 등의 시설적인 근린환경이 고려대상이 됨. 이는 직접적인 물리적 환경에 대한 정보로서 각종 온라인 서비스를 통하여 단기간에 객관화된 자료로 비교적 손쉽게 구득이 용이함. 반면, 해당 근린의 심미성, 안전성, 쾌적성 등의 정서적인 환경에 대한 경험적 정보의 습득은 구득의 과정 및 대상, 방법이 개인별로 매우 상이할 수 있고 소셜네트워크서비스(SNS)를 통해 얻는 정보는 매우 주관적이며 선별적이어서 비교적 장기간 개인이 직접 경험을 쌓아보지 않는 이상 정보의 신뢰도는 떨어 질 수 있음
- 사람들은 사물을 지각·인지 하는데 있어서 오감 중 시각적인 측면에 대부분을 의지함. 이러한 측면에서 우리가 근린환경에 대한 정보를 습득하는 경로는 시각을 통하여 직접적으로 볼 수 있는 근린의 경관임. 지금까지는 시설적인 측면에서의 정보공유가 이뤄지고 있지만 한 단계 더 나아간다면 경관적인 측면의 정서적 정보에 대한 수요가 생길 것이라 판단됨. 이러한 측면에서 근린을 평가하는 기준이 도시기반시설의 유무나 접근성뿐만 아니라 해당 공간에서의 정서적 경험이 중요한 가치가 될 수 있음
- 기본적인 근린환경에 대한 정보와 함께 사람들이 지각·인지하고 느끼는 근린경관과 같은 물리적 환경에 대한 정서적인 정보가 객관화·일반화되어 제공되고 습득이 가능하다면, 도시민들

에게 있어서는 향후 근린 선택에 있어 매우 주요한 길잡이가 될 수 있을 것임. 또한, 근린환경에 대한 정서적 정보가 쌓여 빅데이터 분석을 통한 정보의 객관화가 가능해진다면, 이것이 야말로 양적인 시설공급에 치우쳐진 도시계획체계를 보완해 근린환경의 지속적인 질적 관리를 가능하게 해줄 것임

○ 국내 근린경관관리의 실태 및 문제점

- 현재 도시경관은 국내 경관법에 따른 경관계획을 통해 관리되고 있는데 이는 지자체별 개별적인 경관자원조사를 통해 수립되고 있음. 경관자원조사는 주로 외부인에 의해 수행되기 때문에 구체적이고 실제적인 조사에 한계가 있으며, 도시경관을 평가하고 분석하는 객관적인 지표가 없어 조사자 주관에 의존하는 경우가 많고 조사결과가 체계적으로 관리되지 못해 경관을 다차원적으로 분석한 데이터베이스도 부재한 실정임
- 경관계획의 내용에 있어서도 모든 공간 유형을 고려하기 어려워 주로 역사적인 지역 또는 주요 상업가도가 중심이 되므로 일상생활의 중심인 근린은 간과되고 있음. 뿐만 아니라 경관 관리에 도시민들의 참여 기회로는 행정절차 상 규정되어 있는 주민 설명회나 민원접수 등 그 창구가 매우 경직되어 있어 경관에 대한 인식과 이해는 부족할 수밖에 없고 시민체감은 낮은 실정임
- 민간 및 공공에서 장소를 기반으로 제공하는 각종 근린정보서비스 시장의 확대를 고려할 때, 공공에서의 경관관리시장 역시 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며 공공에서도 많은 비용을 소요하고 있으나 이 분야에 대한 시민들의 이해도 및 만족도가 낮은 것은 시민 참여 수단의 부족과 체계적인 경관정보 및 관리체계의 부재에 있음

○ 경관관리의 시민참여 확대수단으로서 스마트시티의 가능성

- 국내의 스마트시티는 2003년부터 신도시 및 혁신 도시를 중심으로 ICT기술을 활용한 스마트인프라 기반 U-City가 건설되었으며, 2016년부터는 신도시를 지양하는 도시정책의 변화에 맞추어 범위를 기성시가지로 확대하고 도시 내 한정된 가용자원으로 발생하는 문제를 해결하기 위해 정보를 적재적소에 제공하여 효율성을 극대화하는 방향으로 개편하였음
- 현재 스마트시티는 IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일, 인공지능 등 스마트 기술을 활용하여 정보를 형평성 있게 공유하고 공간을 지능화하여 도시민들의 안전과 편리, 쾌적한 일상을 혁신해나가는 도시를 의미함. 스마트시티는 정보의 공유와 협력, 다양한 의견이 피드백되어 반복적으로 순환되는 지속가능한 소통 프로세스를 가능하게 하므로 경관관리에서도 시민참여를 확대하는 수단으로 사용할 수 있음
- 특히 최근 인공지능을 활용하여 대용량 시각적 데이터를 일괄적으로 분석할 수 있는 딥러닝 기술이 발달하고 동시다발적인 다양한 형태로 의견과 정보를 공유할 수 있는 플랫폼 기술이 발달함에 따라 스마트시티에서 기존 노동집약적인 경관조사와 공급중심 경관관리체계의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 제시할 수 있음

○ 지속가능한 경관관리를 위한 클라우드 소싱 데이터 구축 및 플랫폼 개발

- 시민들은 장소에 대한 정보를 온라인을 통해서 얻고 있으나, 많은 정보가 무분별하게 공유되고 있어 사람들은 체계적이고 신뢰할 수 있는 정보를 얻기를 원함. 정확한 자료를 수집하기에는 시간과 노력이 필요할 뿐만 아니라 특정한 시점과 대상으로 수집된 정보만으로 특정 장소에 대한 정보와 이미지를 파악하기에는 어려움이 있음. 이러한 문제점을 해결하고 정보수집을 간소화시키기 위해서는 다수의 시민이 참여하여 정보를 수집하고 축적함으로써 정보의 객관성과 신뢰도를 높이는 클라우드 소싱(Crowd sourcing) 플랫폼이 필요함
- 현재 우리나라의 스마트시티에서 공공이 데이터를 클라우드 소싱으로 구축한 사례는 전무함. 이는 기존에 구축된 데이터의 구조가 복잡하여 시민들이 자발적으로 참여하기 어렵기 때문임. 따라서 기존 데이터보다 직관적인 구조를 가져 참여하기 쉬운 시지각 데이터를 활용한 클라우드 소싱 플랫폼을 개발하여 지속가능한 관리 및 정보 전달 창구를 조성하는 기술을 개발하고자 함

나. 연구개발 대상 및 범위

○ 연구개발 대상 : 근린경관

- 근린(Neighborhood)은 도시민이 생활하는 최소 공적 공간 단위로, 도시민의 일상생활에 직·간접적으로 영향을 미치고 있으며 근린 환경의 중요성을 언급해온 연구는 다수 있었음. 근린을 구성하는 요소 중 가로는 가장 많은 부분을 차지하는 공공공간으로, 단순히 근린 내 이동통로 역할을 넘어서 주민의 커뮤니티 장소, 장소성 고취, 지역의 안전, 심지어 일자리까지 제공하여 삶의 질에 높게 관여하고 있음
- 근린의 주민과 방문자는 가로를 보행하면서 나타나는 연속적인 가로 경관을 바탕으로 근린의 특성을 인지하게 됨. 본 연구에서는 근린 내 존재하는 주거지가로인 주택가로와 상업가로인 근린생활가로의 가로경관을 분석하여 근린 전체를 인식하는 시지각적 특성을 도출하고자 하며, 이를 근린경관으로 정의하고 본 연구의 대상으로 함

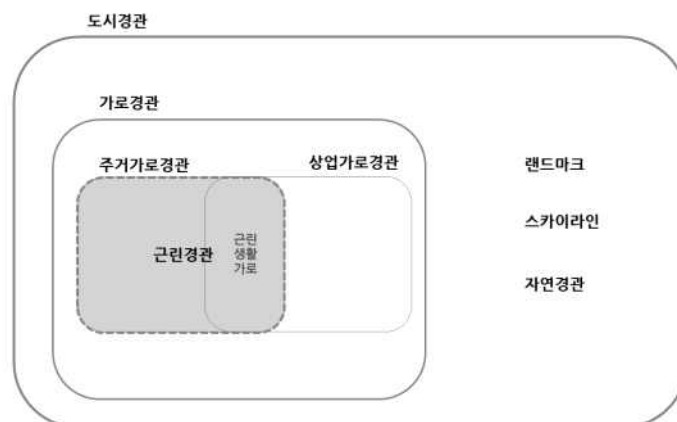


그림 1-1. 근린경관의 정의

다. 연구개발 관련 국내외 현황

(1) 관련 국내외 학술연구 동향

- 과거 가로 경관과 관련된 국내외 연구들은 가로경관 이미지 평가, 가로경관과 보행자간의 심리적 관계 등과 같은 다양한 연구가 이루어지고 있음. 하지만 대부분 인터뷰 및 설문지를 기반으로 진행되었으며 경관 이미지를 평가하기 위해 이미지 형용사를 추출한 후 어의구별 방법을 사용하여 설문조사를 진행함
- 이러한 기존 가로경관 연구는 설문조사, 현장조사 또는 기존 연구결과에 의존해 DB구축과 정량적 분석에 있어 어려움이 존재함. 설문조사 방법들은 특정 장소의 정성적 특성을 용이하게 파악할 수 있으나, 표본의 특성에 따라 경관의 선호도를 판단하는데 어려움이 있음. 또한 조사방법 및 결과의 객관성을 담보하기 어려우며, 설문이 유도하는 결과에 의한 편향성이 존재할 수 있다는 단점이 존재함
- 최근 전 세계적으로 인터넷과 관련 어플리케이션의 활용도 증가에 따라 이를 각종 공간계획에 활용하고자 하는 연구들이 시작되고 있음. 국내 연구 또한 포털사이트에서 제공하는 가로뷰(또는 Google의 Street view)를 활용한 연구와 인터넷에 직접 업로드 한 사진을 활용한 연구가 진행되고 있으며, 해외의 경우 지리정보가 포함된 이미지나 멀티미디어를 데이터로 활용하는 기술과 이를 대용량으로 분석하기 위한 딥러닝을 도입하고 있음. 국내 또한 2018년을 기점으로 가로 공간 보행 만족도 예측을 위한 딥러닝 모형의 적용과 검증에 하는 연구가 진행되었음

(2) 관련 국내 제도 현황

- 국내 경관관리 제도의 경우 2007년 「경관법」 제정을 시작으로 국토의 경관 보존·관리 및 형성에 필요한 요소를 정하고 이를 통하여 쾌적한 경관 조성에 이바지하고자 하였음. 경관계획은 이러한 경관법에 따라 인구 10만 명을 초과하는 시·군을 대상으로 지역 경관 관리를 하는 법정계획임
- 경관계획은 크게 도 경관계획, 시·군 경관계획, 특정 경관계획으로 분류됨. 경관가이드라인 요소의 경우 시·군 경관계획과 특정 경관계획이 다르게 나타나는데, 시·군 경관계획은 공간구조, 가로경관, 건축물(옥외광고물 포함), 오픈스페이스를 대상으로 지침을 제시함. 한편, 특정 경관계획은 공공시설물, 색채, 야간 경관 등 좀 더 구체적인 지침을 제시함
- 현재 경관계획의 경우 계획범위가 시·군 단위로 이루어지는 계획으로 경관계획의 기본 구상, 기본계획, 가이드라인, 실행계획까지 모두 포함하고 있어 수립해야 하는 계획의 범위가 넓음. 또한, 경관계획에는 경관관리구역 지정, 건축물, 오픈스페이스, 공공시설물 등의 경관요소에 대한 세부 가이드라인 등 다양한 규모와 경관 유형을 반영해야 하여 단기간에 도시 내 모든 공간에 대한 모든 유형을 도출하여 경관관리를 하는데 어려움을 지님
- 더하여 경관관리 대상에 대한 가이드라인 목록을 제공하여 지침에 대한 준수 여부를 확인하고 있으나 가이드라인 내용이 권장의 성격을 지니는 지침들이 많음. 또한 경관계획 또는 조례에서 권장 사항에 대하여 반영하지 않았을 경우에 대한 조치가 이루어지고 있지 않음

- 이러한 측면에서 좀 더 분명하고, 구체적인 경관관리 제도가 필요함. 즉, 시·군 보다 더 좁은 범위인 시민들이 직·간접적으로 느끼는 근린 단위에 대한 경관관리가 필요하며, 경관관리 대상에 대하여 특정 경관계획의 가이드라인 요소처럼 더 구체적인 지침의 제시가 필요함

표 1-1. 가로경관 학술연구

연구 관점	연구 논문
가로 이미지 평가	2004, 가로경관의 이미지 평가에 관한 연구 2005, 거리경관에 대한 시각적 이미지의 평가구조 2008, 이용자디자인평가를 활용한 가로경관 및 경관평가에 대한 연구 2009, 가로경관의 이미지 평가구조 분석에 관한 연구 2009, 가로환경 평가체계에 관한 기초 연구(기존 평가사례의 내용, 형식, 과정 분석을 중심으로) 2013, 상업가로의 경관 이미지 평가에 관한 연구-신사동 가로수길을 사례로
가로 경관과 보행자간의 심리적 관계 연구	2002, 지방도시 중심가로의 환경인지 특성에 따른 경관 평가에 관한 연구 2007, 보행자의 가로 이미지에 의한 보행가로 경관특성 분석 2008, 대구와 원해 시가지 경관의 시지각적 특성 분석을 통한 시가지경관 개선방안에 관한 연구 2010, 인사동길에 대한 가로경관 중요도 및 만족도 평가 2016, Measuring Urban Streetscapes for Livability : A Review of Approaches
지리정보 포함 자료 활용 연구	2010, 웹 2.0 기반의 지리정보를 활용한 경관자원 평가-구글어스를 사례로 2010, 삼청로의 장소성 형성에 나타난 인지특성에 관한 연구 2011, 포털사이트 로드뷰 이미지를 활용한 도시재생 측면 가로경관 특성 분석 2012, 도심 역사문화경관의 경관이미지 및 시각적 선호도 분석-경복궁 외부조망점을 중심으로 2013, The Collaborative Image of The City: Mapping the Inequality of Urban Perception 2014, Streetscore - Predicting the Perceived Safety of One Million Streetscapes 2014, 인터넷사진을 활용한 서울 도심부 경관자원 및 조망점 분석 2017, Built environment and violent crime: An environmental audit approach using Google Street View 2018, Representing place locales using scene elements 2018, Street-level: Google Street View's abstraction by datafication
딥러닝 활용 연구	2014, City Forensics: Using Visual Elements to Predict Non-Visual City Attributes 2016, Deep Learning the City:Quantifying Urban Perception At A Global Scale 2017, Building block level urban land-use information retrieval based on Google Street View images 2017, A machine learning-based method for the large-scale evaluation of the qualities of the urban environment 2018, Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning 2018, 가로공간 보행만족도 예측을 위한 딥러닝 모형의 적용과 검증 2018, Measuring visual quality of street space and its temporal variation: Methodology and its application in the Hutong area in Beijing 2019, Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment: A massive data approach

(3) 관련 국내·외 기술 동향

(가) 스마트시티

- 스마트시티는 과거 시스템 기반의 U-City에서 플랫폼 기반의 스마트시티로 구축과 연계 단계를 거쳐 고도화단계로 변화해나가는 단계임. 그러나 국내 스마트시티는 현재까지 공급자 중심의 추진으로 시민체감이 부족한 상태이며 운영관리방안의 부재로 지속성 부분에서 한계점이 나타나고 있음. 이에 따라 현재 중점적으로 개발되는 해외수출용 모델뿐만 아니라 우리나라에서 발생하는 도시문제 해결과 발전을 위한 새로운 모델이 필요한 상황임
- 앞으로 발전될 새로운 스마트시티는 시민 중심 서비스 창출을 위해 다양한 기술 접목이 필요함. 또한 지속가능하고 효율적인 스마트시티 추진을 위해 데이터 기반으로 도시 문제 진단 및 분석이 가능한 통합적 시스템 구축이 필요함. 따라서 데이터의 연계 및 시민 참여 중심의 모델개발과 핵심 사업들이 유기적으로 연계될 수 있도록 기획해야함
- 해외의 스마트시티에서는 현재 스마트시티 운영통합 플랫폼을 구현하고 있음. 특히, 실증 프로젝트 참여를 중심으로 데이터를 확보한 뒤 향후 시장을 확대하거나 서비스를 발굴하는데 활용하고 있음

(나) 클라우드 소싱 플랫폼

- 크라우드 소싱 플랫폼은 스마트시티를 플랫폼으로 활용하여 시민이 직접 도시 문제 해결과정에 참여할 수 있도록 하는 기술임. 민간에서는 국내·외 모두 디자인 회사 및 스타트업 등이 소비자의 요구사항에 민첩하게 대응하기 위하여 크라우드 소싱 디자인 또는 크라우드 펀딩을 이용한 판매 플랫폼 기술이 현재 활발하게 이용되고 있으며 시장이 확대되고 있음
- 도시분야에서는 Open Street Map이 전 세계의 지도를 크라우드 소싱으로 제작하고 무료로 공급하고 있으며, Waze는 교통 정보와 도로 정보를 공유하여 실시간으로 운전자에게 필요한 정보를 공급하는 네비게이션을 제공하고 있음. 해외에서는 공공이 크라우드 소싱기술을 활발하게 사용하고 있음. 암스테르담은 도시운영에 있어 민간 주도형 리빙랩이 운영되거나 일본, 덴마크 등의 국가에서는 소음과 날씨 등 생활에 필요한 데이터의 정확도를 높이기 위해 크라우드 소싱을 추진하고 있음
- 국내 공공영역의 크라우드 소싱은 정부가 소셜네트워크 또는 공공데이터 포털을 활용해 정보를 제공하거나 국민 신문고 등 정책소통 포털을 통해 시민들의 참여를 유도하고 있으나 시민들의 체감하는 보상이 적고 정확한 환류(Feedback)이 이루어지지 않아 참여 동기가 부족함. 공공영역에서 크라우드 소싱 플랫폼을 효율적으로 운영하기 위해서는 시민이 자발적으로 참여할 수 있도록 시각화된 자료의 사용으로 참여과정과 환류결과를 시민이 쉽게 이해할 수 있는 단순한 시스템 설계가 필요함

(4) 소결

(가) 선행 학술 연구 및 기술 종합 및 한계점

- 과거 가로경관의 연구는 가로경관의 이미지평가와 보행자의 심리적 관계 등 다양한 연구가 이루어져 왔지만 방법론에 있어서는 설문조사 방식에 의존해왔음. 따라서 경관에 대한 데이터 구축과 분석에 있어 시·공간적 한계가 존재해왔음. 해외에서는 이와 관련하여 지도 어플리케이션의 가로뷰 파노라마 데이터와 인터넷에 업로드 된 사진을 딥러닝을 통해 분석하여 이전의 한계를 극복하려는 시도가 이루어지고 성과가 도출되고 있으나 국내에서는 아직 도입단계에 그치고 있음
- 경관 관리에 대한 현 제도는 경관법에 의한 경관계획을 통해 주로 관리되고 있었으며, 시·군단위의 계획과 특정경관계획으로 나뉘어 수립되고 있음. 그러나 계획의 범위가 넓고 세부 가이드라인에서 다양

한 규모와 경관 유형을 답아야하므로 단기간에 모든 경관관리에 대한 계획을 수립하기 어렵다는 한계가 있음

- 스마트시티는 현재 스마트 인프라 구축을 넘어 플랫폼으로 진화하는 연계 단계에 있음. 스마트시티의 기반 ICT 기술인 인공지능과 소셜 클라우드 소셜 기술은 최근 스마트 인프라 구축을 통해 구현할 수 있는 환경이 갖추어졌으나 시민들이 체감하고 참여할 수 있는 서비스 개발수준은 아직 미흡한 수준임
- 본 연구에서 주목한 바와 같이 스마트시티의 시스템 차원에서 실시간 데이터를 이용하여 근린환경에 초점을 맞춰 공간정보의 구축과 정보 공유의 중요성을 제시한 경우는 부재함. 또한, 민간 주체의 클라우드 소셜 플랫폼이 다수 등장하고 시장이 커지고 있음에도 공공 주체의 공공정책에 대한 시민 참여 플랫폼은 여전히 부족하며, 시민들의 참여 동기를 이끌어 내지 못하고 있음

(나) 연구의 필요성

- 이론적으로 근린환경 관리의 중요성이 밝혀졌고, 국내의 공공영역에서 ICT 기술을 다양한 방법으로 도시 계획에 도입하여 스마트시티에서의 시민 참여와 체감을 높일 필요가 있으며, 이러한 과정은 근린환경 관리에 있어 여러 한계가 있었던 도시계획체계를 개선하는데 여러 단서를 제공할 것임
- 국외 대비 국내 스마트시티에 있어 민·관 협력이 약점으로 제시되고 있으며, 우선으로 극복해야할 과제임. 따라서 기초연구 측면에서 근린경관에 대한 입체적인 정보를 구축하고 이를 공유할 수 있는 플랫폼 기술 개발은 국내 스마트시티의 시민참여형 근린 관리 서비스를 발전시키는데 매우 중요한 부분일 것으로 판단됨. 이러한 시민 참여형 서비스는 시민들이 직접 체감하고 있는 문제점을 발굴할 수 있을 뿐만 아니라 해결과정에 시민들이 참여할 수 있어 도시민들의 삶의 질 향상에 체감을 높일 수 있을 것임

2. 연구 수행 내용 및 성과

가. 연구개발 목표

구분	내용		
최종 목표	스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지 기반 근린경관 평가 딥러닝 모델 구축 및 클라우드 소싱 플랫폼 개발		
세부 목표	① 딥러닝 기법을 활용한 가로뷰 이미지 기반 경관 평가 모델 구축		
	② 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 플랫폼 개발		
연구개발 범위	본 연구개발 과제는 딥러닝과 연계한 근린경관 관리의 기초원천 기술 개발 연구로서 CNN기반의 근린경관 평가 기술과 평가 및 정보를 공유가 가능한 클라우드소싱 플랫폼을 개발하여 향후 시민들이 체감할 수 있는 근린경관을 조성할 수 있도록 효율적인 경관관리 시스템에 적용할 수 있는 융·복합 기초원천연구임		
주요 연구 내용	1차년도	딥러닝 기법을 활용한 가로뷰 이미지 기반 경관 평가 모델 구축	가로뷰 이미지 DB구축 및 전처리 알고리즘 개발
			① 가로뷰 이미지 추출 알고리즘 개발 ② 전처리 알고리즘 개발
		시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 플랫폼 개발	시지각·인지기반 근린경관 평가 기법 개발
			① 근린경관 및 시지각·인지 과정 및 평가 정의 ② 근린경관 시지각 인지 평가
	2차년도	딥러닝 기법을 활용한 가로뷰 이미지 기반 경관 평가 모델 구축	시지각·인지기반 딥러닝 경관평가 모델 개발 및 검증
			① CNN기반 경관평가 알고리즘 개발 ② 경관평가 모델 실증
시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 플랫폼 개발		클라우드 소싱 플랫폼 개발	
		① 클라우드 소싱 관련 선행기술 검토 ② 플랫폼 개발	
최 종 성과물	① 딥러닝 기반 경관 평가 모델		
	② 근린경관 평가 클라우드 소싱 플랫폼		

나. 연차별 연구개발 목표 및 내용

구분	1차년도	2차년도
연구목표	가로 이미지 DB구축 및 시지각·인지 기반 근린경관 평가 기법 개발	딥러닝 경관 평가 모델 개발 및 클라우드 소싱 플랫폼 개발
	TRL 2단계 → TRL 3단계	TRL 3단계 → TRL 4단계
[세부목표1] 딥러닝 기법을 활용한 가로뷰 이미지 기반 경관 평가 모델 구축	가로뷰 이미지 DB구축 및 전처리 알고리즘 개발	시지각·인지기반 딥러닝 경관평가 모델 개발 및 검증
	① 가로뷰 이미지 추출 알고리즘 개발 ② 전처리 알고리즘 개발	① CNN기반 경관평가 알고리즘 개발 ② 경관평가 모델 실증
[세부목표2] 시민참여형 시지각·인지기반 근린경관 평가 플랫폼 개발	시지각·인지기반 근린경관 평가 기법 개발	클라우드 소싱 플랫폼 개발
	① 근린경관 및 시지각·인지 과정 및 평가 정의 ② 근린경관 시지각 인지 평가	① 클라우드 소싱 관련 선행기술 검토 ② 플랫폼 개발

(1) 1차년도

○ 본 연구과제의 1차년도 개발 목표는 본 연구과제의 최종 목표인 “스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지 기반 근린경관 평가 딥러닝 모델 구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발”을 위한 “가로 이미지 DB구축 및 시지각·인지 기반 근린경관 평가 기법 개발” 연구이며, 기술개발 성숙도를 TRL 2단계에서 3단계 수준 향상을 목표로 진행되었음

(가) 개발 목표

1차년도 연구목표	시지각·인지 기반 근린경관 평가 기법 개발 및 가로 이미지 DB구축
당해 세부 목표1	시지각·인지기반 근린경관 평가 기법 개발
당해 세부 목표2	가로뷰 이미지 DB구축 및 전처리 알고리즘 개발

(나) 개발 내용 및 범위

① 시지각·인지기반 근린경관 평가 기법 개발

㉓	근린경관 및 시지각·인지 과정 및 평가 정의
	- 근린경관 정의 - 근린경관에 대한 시지각·인지 과정 및 평가
㉔	근린경관 시지각 인지 평가
	- 시선추적 기술 - 다양한 근린경관을 대상으로 한 예비 실험 - CPTED 사업지를 대상으로 한 본 실험

② 가로뷰 이미지 DB구축 및 전처리 알고리즘 개발

㉓	가로뷰 이미지 추출 알고리즘 개발
	- 학습용 Google Street View 이미지 수집 - 예측용 Naver 거리뷰 이미지 수집
㉔	전처리 알고리즘 개발
	- 입력 데이터 정의 - 출력 데이터 정의

(2) 2차년도

○ 본 연구과제의 1차년도 개발 목표는 본 연구과제의 최종 목표인 “스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지 기반 근린경관 평가 딥러닝 모델 구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발”을 위한 “딥러닝 경관 평가 모델 개발 및 클라우드 소싱 플랫폼 개발” 연구이며, 기술개발 성숙도를 TRL 3단계에서 4단계 수준 향상을 목표로 진행되었음

(가) 개발 목표

1차년도 연구목표	딥러닝 경관 평가 모델 개발 및 클라우드 소싱 플랫폼 개발
당해 세부 목표1	시지각·인지기반 딥러닝 경관평가 모델 개발 및 검증
당해 세부 목표2	클라우드 소싱 플랫폼 개발

(나) 개발 내용 및 범위

① 시지각·인지기반 딥러닝 경관평가 모델 개발 및 검증

㉠	CNN기반 경관평가 알고리즘 개발
	- 모델 아키텍처 - 모델 학습 및 검증
㉡	경관평가 모델 실증
	- 서울특별시 가로뷰 이미지 DB 딥러닝 모델 실증 - 실제 도시재생 사업(관리형 주거환경 개선사업) 대상 딥러닝 모델 실증

② 클라우드 소싱 플랫폼 개발

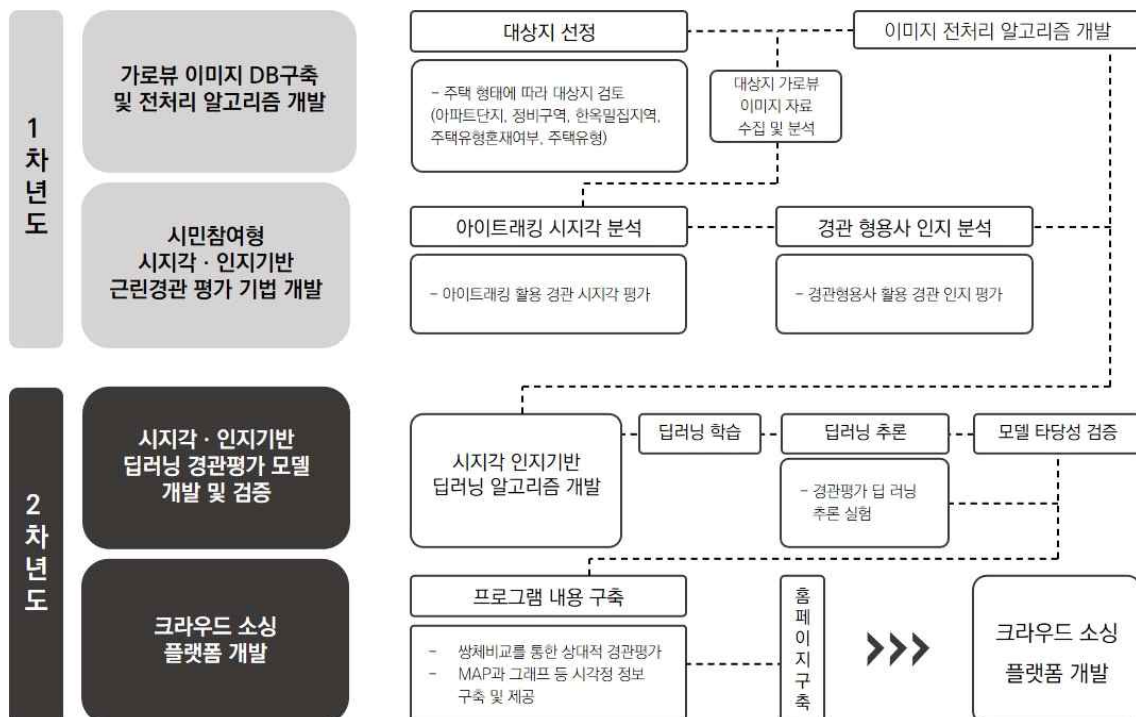
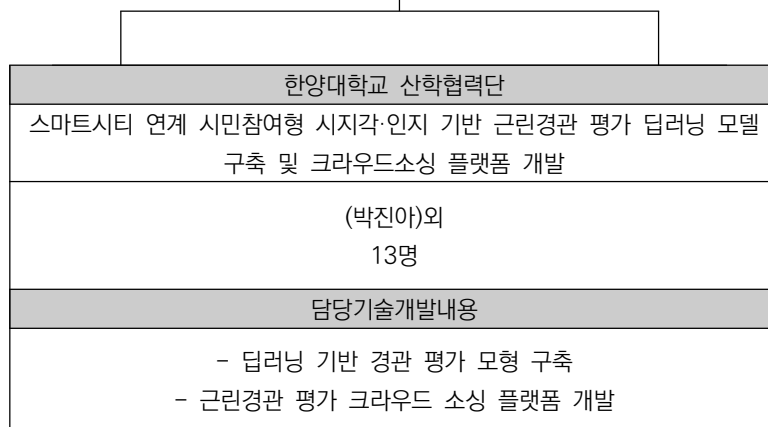
㉢	클라우드 소싱 관련 선행기술 검토
	- 클라우드 소싱 관련 이론 및 연구 - 클라우드소싱 기반 ‘경관평가’의 개념과 특성 - 우수 사례 벤치마크
㉣	플랫폼 개발
	- 플랫폼 개발 목적 - 플랫폼 개발 프로세스 - 평가 알고리즘 개발 - 홈페이지 구성 - 웹 게시

다. 연구개발 추진체계 및 일정

(1) 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	스마트시티 연계 시민참여형 시지각·인지 기반 근린경관 평가 딥러닝 모델 구축 및 클라우드소싱 플랫폼 개발	주관연구책임자 (박진아)외 총 13명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대학	1	14



(2) 추진일정

1차년도													
일련 번호	연구내용	추진 일정											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	대상지선정												
2	대상지 가로뷰 이미지 자료 수집 및 분석												
3	경관 형용사 인지 분석												
4	아이트래킹 시지각 분석												
5	이미지 전처리 알고리즘 개발												
2차년도													
1	시지각·인지기반딤러닝 알고리즘 개발												
2	딤러닝 학습												
3	딤러닝 추론												
4	모델 타당성 검증												
5	클라우드 소싱 플랫폼 구축												
6	클라우드 소싱 플랫폼 테스트												

라. 연구개발 결과

(1) 시지각·인지기반 근린경관 평가 기법 개발

(가) 근린경관 및 시지각·인지 과정 및 평가 정의

① 근린경관 정의

㉠ 근린의 정의

- ‘근린’은 도시민이 생활하는 최소 공적 공간 단위로, 리의 근린주구론을 중심으로 개념을 설정한 이래로 도시계획에서 중요한 공간적 단위로 고려되어 왔음. 인간의 주거생활을 영위하기 위하여 이웃과의 교류를 바탕으로 비교적 공통된 지역의식을 가지고, 일상적 대면 접촉 및 사회적 상호작용이 가능한 영역을 의미함
- 현대의 ‘근린’은 사회의 교류망 역할과 지역시설의 집약적 이용, 거주자들 간의 감성적 상징적인 의미를 가지고 있을 뿐만 아니라, 물리적·제도적·심리적·사회적 특성을 포함하고 있음(이창엽 외, 2017)

㉡ 근린환경의 정의 및 구성요소

- 근린환경은 근린을 구성하는 물리적·비물리적 특성을 포함하는 개념임. 근린환경은 토지이용이나 시설, 어메니티, 자연환경 등 물리적 환경부터 사회·경제적 수준까지 다양한 형태로 존재 하고, 일상생활에서 근린의 거주자에게 건강, 행복, 경제 활동, 사회적 관계 등의 다양한 범주에서 영향력을 나타내고 있음(유치선 외, 2015; 이경임, 2009)
- 본 연구에서는 도시공간의 기본 단위인 가로를 기준으로 근린환경의 구성요소를 구체화하고자 함. 도시가로는 도시의 골격과 틀을 형성하며, 근린환경 내에서의 가로는 통로로서의 기능을 넘어서 그 안에서 생활하는 거주민들의 일상의 무대가 됨. 보행과 다양한 활동이 일어나는 장소로서 근린의 분위기를 형성하며, 공적 영역과 사적 영역의 접합점으로서 다양한 역할과 기능을 하고 있음
- 근린환경의 구성요소를 가로 단위를 기준으로 구분하자면 <표 2>와 같음. 물리적·비물리적 요소로 크게 구분되며, 특히 물리적 요소는 세부 항목들의 형태, 구성, 배치 등에 따라 종합된 정서적 결과로서 ‘안전성’, ‘심미성’, ‘쾌적성’ 등으로 나타날 수 있음. 이 때, 해당 가로의 성격이 주거건축물 중심인지 혹은 주거지 내 근린생활시설 중심인지에 따라 상업적 성격의 세부 항목이 제거되거나 추가될 수 있음
- 한편 근린가로는 생활에 밀접한 공간이기 때문에 「생활가로」로도 정의하는 경우가 있음. 일반적인 가로와 비교하면 근린가로는 두 가지 경우의 특징을 찾을 수 있음. 첫째, 「교통(交通)」의 목적이 있음과 동시에 「비교통(非交通)」목적의 비중이 높음. 둘째, 자동차보다 보행자·자전거가 중심이 됨

표 2-1. 근린가로환경 구성요소

구분		세부항목	집합적 요소
물리적 요소	도로	차도 차선 개수, 보도 넓이, 총 차로 수, 중앙선, 도로 넓이, 도로 기능(교통, 생활환경), 보행자전용/보차혼용/보차공존도로, 직선/곡선/경사, 도로 포장, 보도패턴/색	안전성
	건축물	건축물의 색/질감, 간판	심미성
	조명시설	가로 조명시설	안전성
	주차 및 차량	가로 주차 및 차량	
	가로시설물	가로수 수량/녹음정도, 가로등 수량, 벤치, 점자블록, 펜스, 쓰레기통, 안내표지판, 화단, 키오스크, 노점 시설	심미성, 쾌적성
	교통시설	버스정류장, 지하철역	접근성
	방향성/중심성 공간	랜드마크적 시설물, 광장 공간, 분수대, 벤치, 포켓파크, 전면공간/측면공간	심미성, 쾌적성
비물리적 요소	자연적 요소	빛, 소리, 냄새, 동식물, 계절, 비, 눈, 바람, 향, 주/야간	
	인위적 요소	법규, 행정, 경제, 역사, 문화	
	개성	지역 이미지	장소성

㉔ 근린경관의 정의

- 경관(景觀, Landscape)이란 자연, 인공 요소 및 주민의 생활상 등으로 이루어진 일단의 지역 환경적 특징과 같은 의미로 사용되는 경우가 많지만 연구분야에 따라 포괄적이고 다양한 의미로도 해석되고 있어 간단히 정의 내리기는 쉽지 않음. 2007년 경관법 제정에 따라 경관을 ‘자연, 인공요소 및 주민의 생활상 등으로 이루어진 일단의 지역 환경적 특징을 나타내는 것’으로 정의하고 있음
- 경관은 인공성에 따라 ‘자연경관’과 ‘문화(인공)경관’으로 구분될 수 있음. 일반적으로 도시의 경관은 인공경관이 주를 이루며, 도시경관 계획이란 ‘시각적·감성적·문화적으로 체감되는 도시 환경의 총체적인 질을 종합적으로 관리하는 계획’을 의미함
- 도시민 관점에서 바라보는 도시경관은 주로 보행공간에서 바라봐지기 때문에, 가로단위로 경관을 논할 수 있음. 도시가로는 주변 토지 및 건축물의 용도에 따라 상업가로, 주거지 내 가로 등으로 분류되며, 본 연구는 근린을 대상으로 함에 따라 근린가로의 경관을 ‘근린경관’으로 정의함. 따라서 근린경관은 지역의 주민과 외부환경 사이의 상호작용이 일어나는 근린가로환경에 대한 시각적 측면에서 인지되어지는 장면(이미지)이라고 개념화할 수 있음

② 근린경관에 대한 시지각·인지 과정 및 평가

㉔ 시지각 인지과정

- 인간은 오감을 통해 환경에 대한 외부 자극(Stimulation)을 지각함(문보경 · 김주연, 2019). 인간의 환경지각 중 약 87%가 시각에 의존한다는 점에서 시각적 전달이 환경의 인지를 좌우하는 주요한 감각으로 알려져 있음(서주환 외, 2015; 문보경 · 김주연, 2019)
- 지각(Perception)은 시지각의 상위개념으로 단편적인 정보를 집산화하고 그 의미를 결정하거나 형태를 해석하며, 의식적으로 어떠한 대상을 인식하도록 하는 심리과정임(김병석, 2020). 이는 감각 또는 인식이라는 말과 구별되는 개념으로 눈과 같은 감각기관이 자극을 받아들여 필요한 정보를 추출하는 과정을 말함
- 기존 시지각 관련 이론을 살펴보면, 시선이 약 0.1초 고정되면 '주의가 집중'된 것으로 볼 수 있으며, 0.2초 시선이 고정되면 해당 공간이나 요소를 '의식적으로 주시'된 것이고, 0.3초 이상 시선 고정이 이루어지면 '시각적으로 이해'한 것이라고 알려져 있음(김종하, 2014). 즉, 몇 초간 시선 고정이 이루어지는가에 따라 해당 공간이나 요소에 대한 정보획득 특성이 달라질 수 있다는 것을 의미함
- 인식(Cognition)은 눈으로 들어온 시각정보가 뇌에서 다양한 경로를 통해 인지되는 과정임. 초기에는 배경과 사물이 동시에 보이나, 점차 특정 관찰 대상으로 시각이 집중되고 그 대상의 요소에 대한 세부적인 분류와 고정이 이루어짐
- 종합적으로 시지각 인지과정이란 어떠한 사물을 볼 때, 시각을 중심으로 바라보고 지각하는 과정을 거침. 그 과정에서 특정 대상에 대한 주의(선택적 주의)로 인식을 경험하며, 시각적 자극과 그에 대한 뇌의 사고과정이 종합되어 정보가 처리되는 전 과정을 의미함. 이는 개인의 경험, 사회, 문화, 교육, 학습 등의 환경 차이로 인해 사람마다 다르게 나타남. 즉, 동일한 시각 정보에 의한 자극이 개인의 조건에 따라 다르게 나타날 수 있음

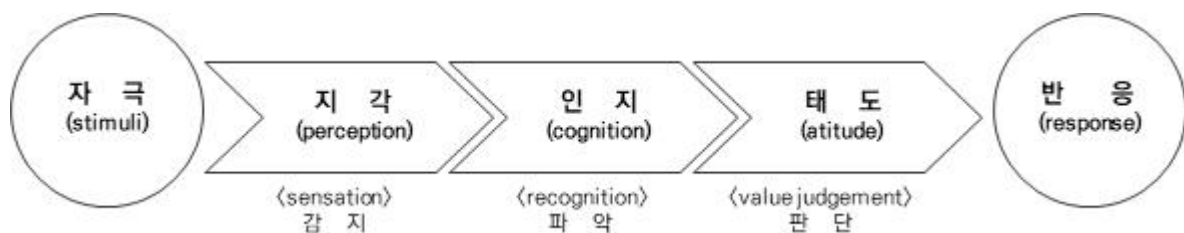


그림 3-1 임승빈, 자극에 대한 시지각·인지의 과정

④ 경관평가의 경험적 접근 방법

- 도시공간 안에서 인간은 공간을 구성하는 물리적 환경에 대한 지각-인식 과정을 통해 도시와 상호관계를 맺음. 특히 도시의 경관은 도시민 주변 어느 곳이나 존재한다는 점에서 관리의 대상이 되며, 경관의 질은 삶의 질에 직접적인 영향을 미칠 수 있음(Gavrilidis et al., 2016)
- 경관의 질을 향상하기 위해 경관 평가 및 개선에 관한 연구가 꾸준히 이루어져 왔음. 특히 경관은 물리적 공간의 형태이기 때문에, 시각을 중심으로 경관에 대한 인간의 시지각 인지과정을 밝히고 그에 대한 심리학적 태도를 측정하고 분석하는 방식으로 이루어짐(Kalivoda et al., 2014; Wang et al., 2016)
- 먼저 경관을 받아들이고(지각) 그로 인해 얻은 정보에 대해 생각-조직-저장하는 과정(인식)을 거쳐, 그에 대한 개인의 선호 또는 옹고-그림의 가치에 대한 판단을 수행할 수 있음(김대익, 1993). 일반적으로는 경관을 지각하는 데서 주요 변수가 될 수 있는 이미지, 느낌, 감정에 분석의 초점을 맞추며, 가로경관에 대한 예를 들자면 심미성, 활동성, 안전성, 쾌적성 등의 정서적인 인식특성을 들 수 있음(임승빈, 1991)

○ 평가 관점의 분류

- 한편 시지각 인지과정에 따른 태도는 개인의 경험적 특성에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에, 특정 경관을 평가하기에 앞서 평가 대상을 사전 지정하는 것이 매우 중요함. 크게는 전문가 관점과 일반인 관점으로 분류됨
- 전문가 관점에서의 경관 평가는 객관성 측면에서 평가가 용이하지만 개별 전문가마다 객관적 평가지표의 정밀도가 부족하기에 신뢰성 및 타당성이 부족하다는 점에서 지속적으로 비판받음(Feimer et al., 1981; Daniel & Vining, 1983)
- 일반인 관점에서의 경관 평가는 관찰자 측면을 강조한 시지각을 기반으로 하며, 개별 대중들의 주관적 평가가 지속적으로 중첩됨(Shafer et al., 1969; Brown & Daniel, 1986; Brunson & Shelby, 1992). 즉, 다수의 대중에 의한 종합된 평가결과로 나타나야 유의미한 결과를 도출할 수 있기에 시간과 비용이 크게 드는 문제가 있음

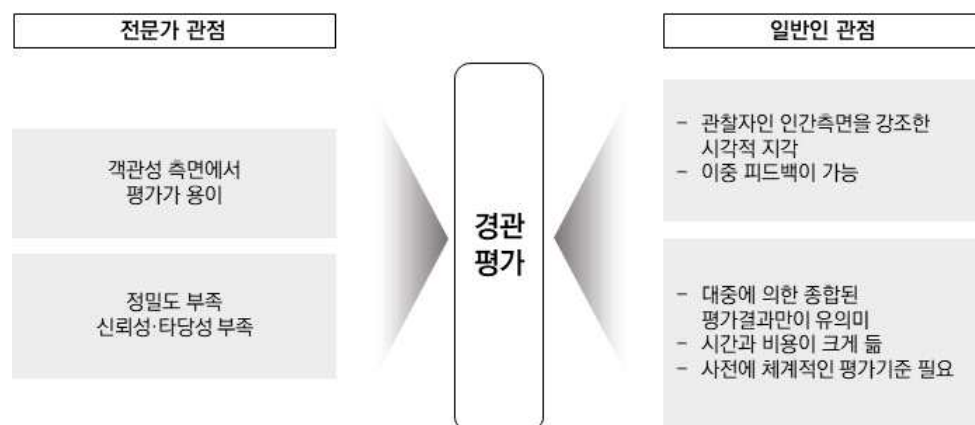


그림 2-2. 경관평가 관점의 분류

○ 측정 방법의 분류

- 시지각 인지의 관점에서 구체적인 평가 및 측정방법은 크게 행태측정(Behavioral measures), 정신생리측정(Psychophysiological measures), 구두측정(Verbal measures) 세 가지로 구분할 수 있음(Berlyne, 1974). 행태측정은 외부로 나타난 인간행위를 측정하는 관찰 중심의 방법임. 정신생리측정은 심리적 상태에 나타나는 생리적 현상을 측정하는 방법으로 뇌파 측정, 아이트래킹 등이 이에 해당함. 구두측정은 관찰자가 경관을 보고 나타낸 ‘아름다운가, 즐거운가, 좋아하는가’ 등의 직접적 표현을 측정하는 것임
- 이 중 구두측정 방법에 기반하여 경관을 이미지 형용사로 평가하는 기법이 개발됨. 이미지 형용사는 시각적인 관점에서 비롯된 것으로(Cuthbert, 2008), 이는 장면이나 배경을 판단하는데 있어 감각 지각, 인식 및 의미의 복합적 수준을 포함하는 개념화된 표현방식으로 여겨짐. 따라서 평가란 정량화를 기본으로 구성되기 때문에 이미지 형용사는 경관평가 및 측정을 위해 가장 많이 활용되는 방법임

㉔ 근린경관 측정 및 평가의 필요성

- 현재까지 경관평가의 대상은 주로 역사문화적 가치에 따른 특정 관리지역 또는 심미학적 활성화 관점에서의 상업지역이 주를 이루고 있으며, 근린의 경관은 상대적으로 주목받지 못함. 이는 국내 경관법 상 경관계획이 다루는 공간적 범위가 모든 도시공간의 유형을 포함하기에는 한계가 있기 때문임
- 평가는 주로 개별 지자체 단위로 진행되며, 경관자원조사를 통해 수행됨. 해당 조사는 주로 외부업체가 담당하며, 경관을 평가하고 분석하는 객관적인 지표가 없어 조사자 주관에 의존하는 경우가 많음. 또한 조사결과가 체계적으로 관리되지 못해 경관을 다차원적으로 분석한 데이터 베이스가 부재한 실정임. 가장 문제가 되는 것은 도시경관 향유의 주체인 도시민들의 참여 기회가 매우 부족하다는 점임. 행정절차 상 규정되어 있는 주민 설명회나 민원 등 그 창구가 매우 경직되어 있어 경관에 대한 인식과 이해는 부족할 수밖에 없고 시민체감은 낮은 실정임
- 근린경관의 측정 및 평가는 다음의 몇 가지 관점에서 필요성이 증대되고 있음

○ 근린경관의 가치 증대

- 삶의 질 향상을 추구하는 사회변화에 따라 주거지 선택의 기준이 거주하는 주택뿐만 아니라 거주지 주변의 근린환경 또한 고려하는 추세로 변화하고 있음. 일반적으로 주거지 선택은 가격, 위치, 교통시설, 교육, 주요 시설까지의 접근성 등 위치기반의 물리적 특성들이 고려되며, 이는 관련 온·오프라인 서비스를 통해 쉽게 구득할 수 있음
- 최근 들어서는 자신이 거주하는 주변 환경이 미관적으로 아름다운지, 범죄나 차량으로부터 안전한지, 거리는 쾌적하고 깨끗한지 등 단순 물리적 시설로만 판단 할 수 없는 정서적인 경험적 정보가 요구되고 있음. 이러한 현상은 근린을 평가하는 기준이 도시기반시설의 유무나 접근성뿐만 아니라 해당 공간에서의 정서적 경험이 중요한 가치가 될 수 있을 보여줌
- 그러나 경험적 정보의 습득은 구득의 과정 및 대상, 방법이 개인별로 상이할 수 있고, 타인에

게 얻는 단편적 정보라는 점에서 매우 주관적이고 선별적임. 따라서 다수를 대상으로 장기간 축적된 근린경관에 대한 정서적 평가가 필요함

○ 근린 정보서비스 제공에 대한 수요 증대 (시장의 확대)

- 민간 및 공공에서 특정 장소를 기반으로 제공하는 각종 정보서비스 시장이 확대되고 있음. 근린공간 또한 거주지 인근의 다양한 정보를 제공하는 것을 목적으로 정보공유 서비스의 공간적 대상으로 여겨짐. 현재까지는 시설적인 측면에서의 정보가 중심이 되어 제공되고 있음
- 그러나 사회의 흐름이 시설중심의 일차적 위치정보를 넘어서, 시설을 이용하는 과정에서 느낀 서비스, 또는 시설을 포함한 근린의 전반적 경관이 이루는 심미적 가치 등 비물리적 요소에 대한 정보를 소비하기 시작함. 이를 고려했을 때 공공에 요구하는 근린경관 관리 및 관련 정보 공유에 대한 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨
- 따라서 공공은 경관관리에 있어 상권중심지역 뿐만 아니라 도시민의 일상에 가장 밀접해있는 거주지역 즉, 근린에 대해서도 고려할 필요가 있음. 현재 공공이 주거지정비 측면에서 많은 비용을 소요하고 있는 것은 사실이나, 그 정비와 관리의 방향이 타당성과 실효성을 얻기 위해서는 시민참여를 기반으로 도시민이 인지하고, 요구하는 바를 명확히 알아낼 필요가 있음

③ 소결

- 종합하자면 기본적인 근린환경에 대한 정보와 함께 사람들이 지각·인지하고 느끼는 근린경관과 같은 물리적 환경에 대한 정서적인 정보가 객관화·일반화되어 제공되고 습득이 가능한다면, 도시민들에게 있어서는 향후 근린 선택에 있어 매우 주요한 길잡이가 될 수 있을 것임
- 이를 위해 근린환경에서 도시민의 시지각을 객관적으로 도출할 수 있는 시선추적 기법을 활용한 경관평가의 도입이 필요한 시점임. 더하여 다수의 대중에 대한 근린경관의 정서적 평가도 지속적으로 확충된다면 빅데이터 분석을 통한 근린환경 정보의 객관화가 가능해질 것임. 이것이야말로 양적인 시설공급에 치우쳐진 도시계획체계를 보완해 근린환경의 지속적인 질적 관리를 가능하게 해줄 것임

(나) 근린경관 시지각 인지 평가

○ 개요

- 시지각 인지 기반 근린경관 평가 기법을 개발하기 위해 본 연구는 시선추적 기술에 대해 고찰함. 그 후 다양한 근린경관에 대한 7가지 경관형용사를 인지하는데 영향을 미친 시지각 요소를 파악하기 위한 예비 실험과 7가지 경관형용사 중 범죄발생이 사회의 가장 큰 불안 요인이라고 밝혀진 2018년 통계청 사회조사 결과에 따라 '안전한'을 중점으로 본 실험을 진행함

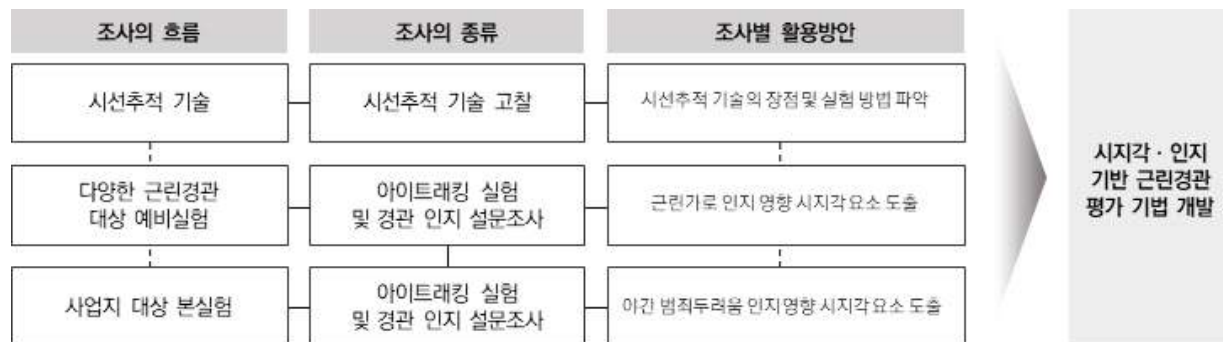


그림 2-3. 근린경관 시지각 인지 평가 Framework

① 시선추적 기술

- 인간은 오감을 통해 환경을 지각함(문보경·김주연, 2019). 오감 중에서도 시각은 인간의 환경지각 중 약 87%가 시각에 의존한다는 점에서 시각적 전달이 환경의 인지를 좌우하는 주요한 감각으로 알려져 있음(서주환 외, 2015; 문보경·김주연, 2019). 우리는 주변을 바라볼 때, 다양한 정보 중 일부만 선택하고 집중적으로 바라봄(양여름, 2020). 그 이유는 눈을 통해 뇌로 전달된 많은 양의 시선정보를 받아들여 처리하는 것보다 필요한 시선정보를 선택하고 처리해야 뇌의 부하를 억제시킬 수 있기 때문임(서지은, 2016). 이러한 눈의 움직임을 객관적으로 측정하는 방법이 시선추적(Eye-tracking) 기법임
- 시선추적 기법은 동공 중심부분과 각막반사를 인식하는 각막반사법을 사용하여 눈의 움직임을 시선추적 기기가 추적하는 기술임(문보경 외, 2020). 시선추적 기법을 통해 우리는 실험 참가자가 특정한 위치를 일정 시간 이상 응시할 때 발생하는 시선의 고정(Fixation)과 시선이 고정된 특정한 위치에서 다음 시선이 고정된 위치까지의 시선의 이동(Saccade), 그리고 동공의 크기(Pupil Size)를 구득할 수 있으며, 이를 활용하여 특정 관심영역(Area of Interest)를 지정하고 "어떤 것을 먼저 보는지(시선고정 순서)", "몇 초간 보았는지(시선고정 시간)", "몇 번을 다시 보았는지(시선 재방문 수)"에 대한 정보를 알 수 있음
- 이러한 사람의 시각적 주의를 통해 어떤 요소를 지각하였는지 객관적으로 관찰하고 정량적으로 정보를 획득할 수 있으므로 설문조사의 문제점을 보완할 수 있는 중요한 측정 도구임(김종하, 2014; 여미·이창노, 2014)

표 2-2. 시선추적 실험을 통해 구득할 수 있는 정보

구분	내용
시선의 고정 (Fixation)	특정한 위치를 일정 시간 이상 응시할 때 고정번호와 고정시간이 측정됨.
시선의 이동 (Saccade)	시선고정이 발생한 지점과 다음 시선고정이 발생한 지점 간의 이동거리가 측정됨.
동공의 크기 (Pupil Size)	시선 고정이 일어난 시점의 동공 크기가 측정됨.
예시 이미지	



출처 : 박수훈(2021, p.14)

㉓ 시선추적 기기

- 본 연구에서는 Gazepoint 사의 고정형 시선추적 기기인 GP3 HD Eye Tracker를 사용하여 실험을 진행함. 해당 기기는 초당 150hz로 안구의 움직임을 측정할 수 있는 기기이며, 현재 판매되고 있는 시선추적 기기 중에 상위의 성능임. 더하여 안경을 착용한 사람도 시선추적이 가능한 용이성이 있음(김병석, 2020)



그림 2-4. 본 연구에서 사용한 시선추적 기기(GP3 HD Eye Tracker)

㉔ 시선추적 실험 방법

- 시선추적 기기가 설치된 모니터 앞에 착석 후 시선추적 기기와의 거리와 눈의 높이를 조정함. 그 후 움직이는 원을 눈으로 따라가며 주시점을 조정함. 조정된 안구의 주시점이 일치하는지 확인한 후 실험을 시작함
- 고정형 시선추적 기기를 사용할 경우 모니터를 통한 이미지를 보는 방식으로 실험을 진행하기에 실제 현장과의 차이가 존재할 수 있다는 우려가 있지만, 고글형 시선추적 기기로 실제 현장에서 실험을 진행할 경우 본 연구에서 보고자 한 물리적 환경이외의 사람, 기후, 소음, 차량과 같은 요소를 통제하지 못하기에 피실험자마다 각기 다른 환경을 대상으로 실험이 진행될 우려가 있음
- 따라서 본 연구에서는 고정형 시선추적 기기를 활용하여 진행하는 것이 연구참여자마다 물리적 환경의 시각적 자극요소를 제외한 다른 요소를 통제하고, 동일한 환경에서 실험을 진행할 수 있기에 적합하다고 판단되어 고정형 시선추적 기기로 시선추적 실험을 진행함

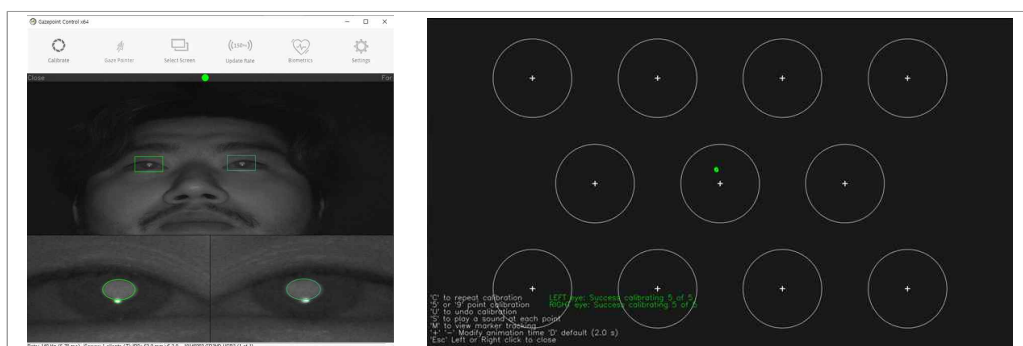


그림 2-5. 주시점 조정(Calibrate)

② 다양한 근린경관을 대상으로 한 예비 실험

㉠ 대상지 선정

- 다양한 근린경관에 대해 어떤 요소를 시지각하고 경관을 인지하는지 파악하기 위해 서울시 유동인구 조사지점 중 특성관리지역 및 정비사업지역을 제외한 일반주거지역을 대상으로 7개 근린(구로 4동, 합정동, 반포 1동, 방배 2동, 신정 4동, 면목본동, 중화 2동)을 선정함
- 서울시 유동인구 조사는 2009년부터 2015년까지 시행해온 대규모 조사이며 연도별 1,000개 지점에서 총 20,000명의 보행자를 대상으로 한 자료임. 따라서 사람들이 많은 시간 정주하는 다양한 근린경관을 포함하기에 본 연구에서 보고자 한 다양한 근린경관에 대한 시지각 요소를 도출하는데 적합하다고 판단됨
- 선정한 근린 중 주택이 연접되어 있는 대표 근린가로 2지점을 선정하여 총 14개의 근린가로 이미지를 추출하고 아이트래킹 및 설문조사에 활용함

표 2-3. 선정한 근린의 특징

근린	자치구	보행만족도	용도구분	조성시기
구로4동	구로구	4.5	2종주거	구로(70년대)
합정동	마포구	5.8	3종주거	서교(60년대)
반포1동	서초구	5.8	2종주거	영동1(70년대)
방배2동	서초구	5.4	1종주거	영동1추가(70년대)
신정4동	양천구	6.6	2종주거	경인(60년대)
면목본동	중랑구	6.9	2종주거	망우(60년대)
중화2동	중랑구	6.2	2종주거	망우(60년대)



그림 2-6. 선정한 근린 위치도



구로4동 4.3



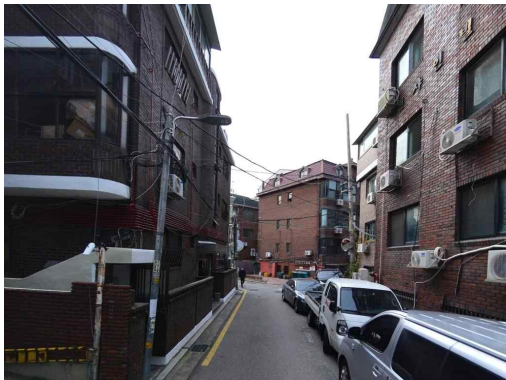
구로4동 4.5



합정동 5.8



합정동 5.5



반포1동 5.8



반포1동 5.5



방배2동 5.4



방배2동 4.3



신정4동 6.6



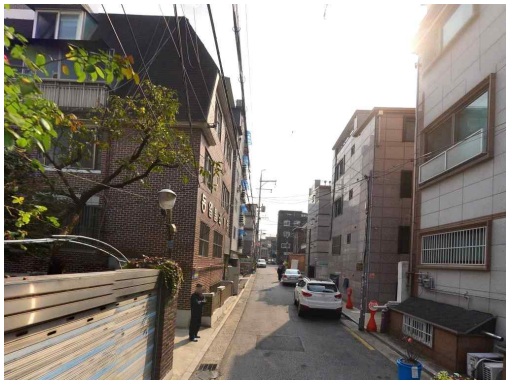
신정4동 6.3



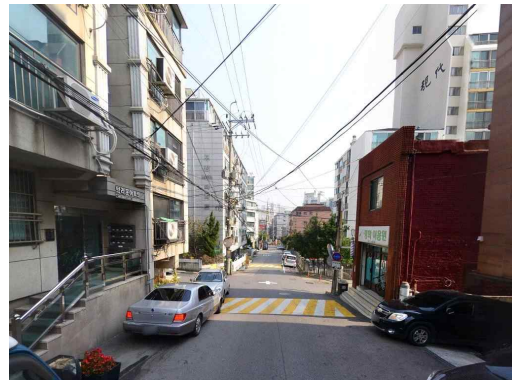
면목본동 6.9



면목본동 6.8



중화2동 4.4



중화2동 5.4

그림 2-7. 대상지 사진 및 보행환경만족도

④ 아이트래킹 실험 및 경관 인지 설문조사

- 아이트래킹 실험과 설문조사는 총 12명의 피실험자를 대상으로 진행하며, 14개의 근린경관에 대한 피실험자의 안구특성을 구득함. 안구특성은 선정한 근린가로의 건물, 도로, 가로수, 상점, 차량 등 물리적 환경을 영역으로 지정하고 해당 영역에 대한 피실험자들의 누적 응시시간임. 모니터를 보고 진행하는 아이트래킹 실험 특성상 모니터에 나온 이미지에 집중할 수 있게 양 옆에 가림막을 두어 실험을 진행함
- 설문조사는 '안전한', '아름다운', '활기찬', '부유한', '걷기 좋은', '지루한', '우울한' 등의 7개 경관 형용사 인지정도를 선정한 14개 근린가로를 대상으로 조사함. 피조사자들은 차례대로 사진을 본 후 주관적으로 인지한 경관에 대한 형용사 평가를 7점 척도로 답변하였음



그림 2-8. 아이트래킹 실험 진행 사진

㉔ 근린가로 인지 영향 시지각 요소 도출

- 피조사자의 경관형용사 설문조사를 통해 구득한 가로 별 경관형용사 인지 정도를 바탕으로 긍정적으로 평가된 상위 3개의 가로와 부정적으로 평가된 하위 3개의 가로를 추출함
- 추출한 6개의 가로를 대상으로 아이트래킹 실험을 통해 구득한 근린가로에 대한 안구특성을 비교함으로써 근린가로의 경관형용사 인지에 영향을 미친 시지각 요소를 도출함

표 2-4. 가로 별 형용사 인지 정도 (평균값)

no	안전한	아름다운	활기찬	부유한	건기 좋은	지루한	우울한
1	1.83	2.83	2.17	1.75	1.75	5.67	5.17
2	2.67	5.67	5.08	2.75	3.08	3.67	2.50
3	3.00	4.92	4.33	3.17	3.33	3.67	2.25
4	2.00	3.33	2.42	2.00	1.83	5.67	4.17
5	1.42	1.83	1.92	1.67	1.33	6.42	6.17
6	2.83	4.50	3.17	2.17	2.67	5.42	3.92
7	4.83	5.25	4.00	3.75	4.50	3.58	2.33
8	2.67	4.42	5.00	1.92	3.67	3.25	2.42
9	5.67	5.50	3.17	4.75	5.17	3.17	1.75
10	4.00	6.00	6.00	3.92	4.67	2.17	1.83
11	2.42	4.08	3.00	2.75	2.75	5.33	3.83
12	4.08	5.00	3.75	4.42	4.25	4.00	2.75
13	2.92	5.92	5.50	3.08	4.08	2.92	2.25
14	4.58	3.92	2.42	4.50	3.50	4.58	2.33
합계	3.21	4.51	3.71	3.04	3.33	4.25	3.12

빨간 음영 = 하위 3개의 가로(부정적 가로)

파란 음영 = 상위 3개의 가로(긍정적 가로)

- 경관 형용사 별 인지 정도에 따른 누적 응시시간을 살펴보면, 다수의 경관 형용사에서 부정적으로 인지된 가로에서는 건물, 노상주차, 도로를 비교적 오래 응시한 것으로 나타났으며, 건물 출입구, 녹지 등을 적게 응시 한 것으로 나타남
- 상점의 경우 오래 응시할수록 '아름다운', '활기찬', '건기 좋은', '지루한', '우울한' 등의 형용사에서 긍정적으로 평가됨. 이는 근린상점이 근린경관 평가에 긍정적 효과가 있다는 것을 알 수 있음
- 반면 범죄 발생 및 범죄두려움 저감을 위해 조성된 CCTV, 안심길 바닥 페인팅, 112 신고 표지판 등의 안전시설물은 부정적으로 인지한 가로에서만 응시하는 것으로 나타남
- 이는 안전시설물이 조성된 가로가 주민의견과 대상지 현황분석에 의해 상대적으로 노후된 곳에 조성되었기에 나타난 결과로 판단됨

표 2-5. 경관 형용사 별 인지 정도에 따른 누적 응시시간(sec) 비교

	안전한		아름다운		활기찬		부유한		건기 좋은		지루한		우울한	
	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로	긍정적 가로	부정적 가로
건물	88.78	116.99	87.12	116.99	87.12	95.34	102.66	80.37	90.83	116.99	89.66	116.99	89.66	116.99
건물 출입구	7.13	3.61	-	3.61	-	3.61	3.36	5.35	7.13	3.61	3.36	3.61	3.36	3.61
노상주차	6.63	15.42	10.58	15.42	10.58	12.98	8.73	12.98	8.22	15.42	9.28	15.42	9.28	15.42
노상주차 (오토바이)	-	-	2.08	-	2.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
녹지	66.21	8.55	4.65	8.55	4.65	22.97	44.99	-	47.89	8.55	19.38	8.55	19.38	8.55
주차장	3.43	1.83	-	1.83	-	1.29	-	1.29	3.43	1.83	-	1.83	-	1.83
필로티 주차장	23.36	-	-	-	-	9.5	27.47	-	13.86	-	13.86	-	13.86	-
전신주	-	3.1	-	3.1	-	3.1	-	3.1	-	3.1	-	3.1	-	3.1
도로	2.56	4.16	2.26	4.16	2.26	4.24	4.4	4.11	2.14	4.16	1.9	4.16	1.9	4.16
간판	-	-	37.54	-	37.54	-	-	21.97	9.72	-	25.73	-	25.73	-
상점	-	-	54.77	-	54.77	-	-	18.16	39.75	-	46.04	-	46.04	-
쓰레기	-	-	3.62	-	3.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
가로등	0.11	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-
CCTV	-	2.62	-	2.62	-	2.62	-	2.62	-	2.62	-	2.62	-	2.62
안심길 바닥 페인팅	-	2.67	0.86	2.67	0.86	2.67	-	2.67	-	2.67	-	2.67	-	2.67
112신고 표지판	-	8.71	-	8.71	-	8.71	-	8.71	-	8.71	-	8.71	-	8.71
노후화된 건물	-	-	-	-	-	-	-	2.88	-	-	-	-	-	-

볼드체는 긍정적으로 평가된 상위 3개 가로와 부정적으로 평가된 하위 3개 가로를 비교해서 높은 값임.

- 분석결과와 시각적 이해를 돕기 위해 본 연구에서 진행한 전체 피실험자의 시선고정(0.1초 이상)과 고정시간, 시선의 이동경로가 나타나는 Fixation Map을 살펴봄. Fixation map으로 살펴볼 가로는 14개 가로 중 모든 경관형용사 평가에서 부정적으로 평가된 1번 가로와 대부분 긍정적으로 평가된 10번 가로를 선정함
- 긍정적 가로의 Fixation map을 살펴보면 좌우측에 위치한 상점과 간판에 많은 시선고정이 나타난 것을 알 수 있고, 부정적 가로의 경우 긍정적 가로로 평가된 10번 가로와 가로골격은 유사한 것으로 보이지만 두 가로의 차이는 사진중앙 전면응시부분에 건물유무로 인한 천공면 개방감차이와 도로에 연결한 저층부 입면의 개방감 차이 즉, 근린생활시설과 창호없는 벽면 구성에 따른 차이로, 이러한 경관요소차이가 근린경관평가의 긍부정에 영향을 미친것으로 파악됨
- 종합적으로, 이러한 결과는 사람들이 근린경관에 대해 긍정 혹은 부정적 이미지로 인지하게 될 때 근린경관의 어떤 요소를 시지각 하는가에 따라 근린경관 인지에 차이가 존재한다는 것을 의미함

표 2-6. 근린경관 평가에 따른 Fixation map

구분	전체 피실험자의 Fixation map	근린경관 평가 점수
긍정적 가로 (10번)		안전한 - 4.00 아름다운 - 6.00 활기찬 - 6.00 부유한 - 3.92 걷기 좋은 - 4.67 지루한 - 2.17 우울한 - 2.25
부정적 가로 (1번)		안전한 - 1.83 아름다운 - 2.83 활기찬 - 2.17 부유한 - 1.75 걷기 좋은 - 1.75 지루한 - 5.67 우울한 - 5.17

③ CPTED 사업지를 대상으로 한 본 실험

㉓ 대상지 선정

- 범죄발생이 사회의 가장 큰 불안 요인이라고 밝혀진 통계청의 사회조사 결과에 따라 '안전한'에 초점을 두어 범죄두려움에 영향을 미친 근린경관의 시지각 요소를 도출하기 위한 본 실험을 진행함
- 근린환경에서의 범죄두려움은 야간의 범죄두려움이 주간보다 높게 나타난다는 Crosby and Hermens(2019)의 연구와 더불어 방범시설물 및 범죄예방계획 요소가 야간에 더 시각적으로 잘 보이기 때문에 야간의 근린경관으로 시간적 범위를 지정함
- 본 연구에서는 근린경관 범죄두려움을 미치는 시지각 요소를 도출하기 위해 '2019년 제4회 대한민국 범죄예방대상'에 수상한 '서울시 성동구'에서 2015년 안심골목길 1호로 선정되어 범

죄예방설계 사업을 진행한 '사근동 안전마을'을 연구의 분석 대상지로 선정함

- 사근동 안전마을은 여성, 대학생, 고령자 등의 1인가구가 많고 노후된 저층주택이 밀집해 있어, 범죄취약계층을 위한 범죄예방디자인 시설물을 설치하는 데 중점을 둔 사업구역임
- 아이트래킹 실험과 범죄두려움 설문조사에 사용된 가로는 범죄두려움에 영향을 미치는 노후 저층주거지의 물리적 환경 요소와 더불어 범죄발생과 범죄두려움 저감을 목표로 진행한 CPTED 사업의 안전시설물이 범죄두려움 저감에 실효성이 있는지 살펴보기 위해 CPTED 사업으로 조성한 안전시설물이 있는 가로와 안전시설물이 조성되지 않은 가로를 모두 포함하였고, 급격한 경사로 인한 계단과 막다른 골목은 제외함. 이로 인해 총 12개의 실험 대상가로를 선정함



그림 2-9. 대상지 위치도

출처 : 박수훈(2021, p.18)

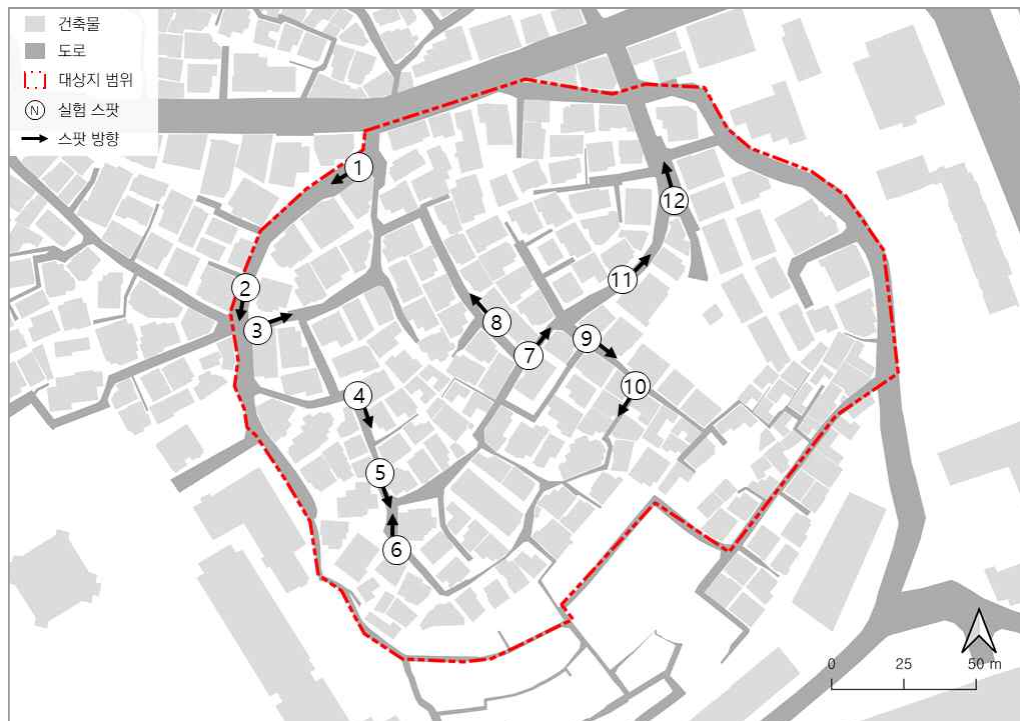


그림 2-10. 선정한 가로 위치 및 촬영 방향

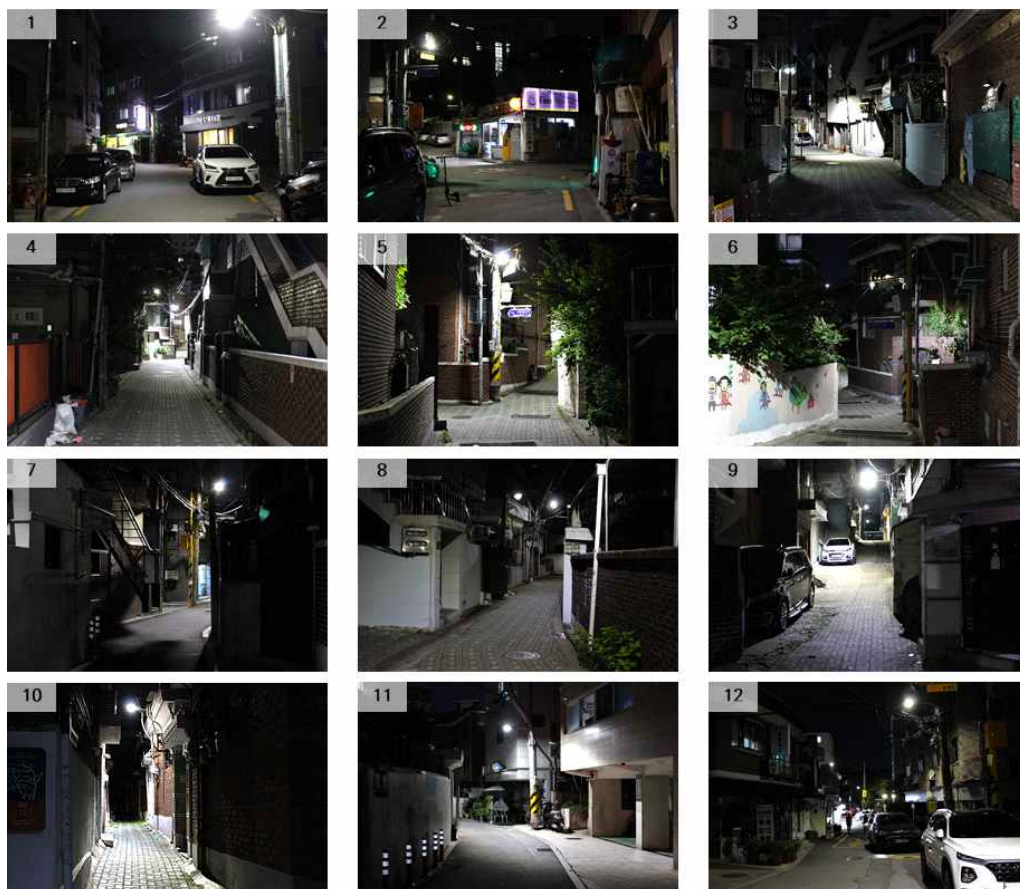


그림 2-11. 선정한 실험가로 이미지

㉔ 아이트래킹 실험 및 경관 인지 설문조사

- 범죄두려움 인지에 영향을 미치는 시지각적 요소를 보다 구체적으로 도출하기 위해 40명의 연구참여자를 모집하였고, 아이트래킹 실험과 설문조사는 총 40명의 피실험자를 대상으로 진행함
- 범죄두려움이란 감정이 매우 주관적이기에 개인이 살아온 환경과 일상에서 경험해 온 범죄두려움이 영향을 미칠 것이라 판단되어 사근동 안전마을의 12개 가로에 대한 범죄두려움 인지 정도 이외에도 피조사자의 개인특성과 일상의 범죄두려움 경험 여부도 설문조사함
- 아이트래킹 실험을 통해 12개의 야간 근린경관에 대한 피실험자의 안구특성을 구득함
- 안구특성은 선행연구에서 범죄두려움에 영향을 미친다고 밝혀진 건물 사이, 노상주차, 필로티 주차장으로 인한 보이지 않는 공간과 근린생활시설 그리고 교차로, 쓰레기와 도로포장 상태, 방범시설물 및 범죄예방계획을 영역으로 지정하고 해당 영역에 대한 피실험자들의 누적 응시시간임
- 앞서 진행한 근린 간 비교와 동일하게 모니터를 보고 진행하는 아이트래킹 실험 특성상 모니터에 나온 이미지에 집중할 수 있게 양 옆에 가림막을 두어 실험을 진행함

㉕ 야간 범죄두려움 인지 영향 시지각 요소 도출

- 본 연구는 개인특성을 반영한 다수준 이항 로지스틱 회귀분석을 실시함
- 다수준 이항 로지스틱 회귀분석을 실시한 이유는 분석하고자 한 데이터가 40명의 개인이 12개 실험 대상 가로를 바탕으로 아이트래킹 실험과 설문조사를 중복하여 측정된 자료이기에 개인특성을 반영한 모델로 분석하는 것이 적합하다고 판단했기 때문임
- 종속변수는 범죄두려움 인지 여부로 설정하였고, 독립변수는 설문조사를 통해 구득한 개인특성 및 일상의 범죄두려움 경험 여부와 아이트래킹 실험을 통해 구득한 관심영역 별 누적 응시시간이고 가로별 건축물 노후도와 도로 폭과 CPTED 사업 적용 유무 그리고 가로의 조도를 통제변수로 사용함
- 분석결과, 범죄에 대한 두려움을 인지할 확률이 높은 사람은 여성과 1인 가구 그리고 주관적으로 건강하지 않다고 생각하는 사람, 일상에서 야간에 범죄에 대한 두려움을 경험한 사람으로 도출됨
- 더하여 범죄예방계획 요소인 전신주 페인팅과 비상벨 및 마을지도, 보이지 않는 공간인 건물 사이와 노상주차 차량을 오래 응시할수록 범죄두려움을 인지할 가능성이 높게 나타남

표 2-7. 다수준 이항 로지스틱 회귀분석(N=480)

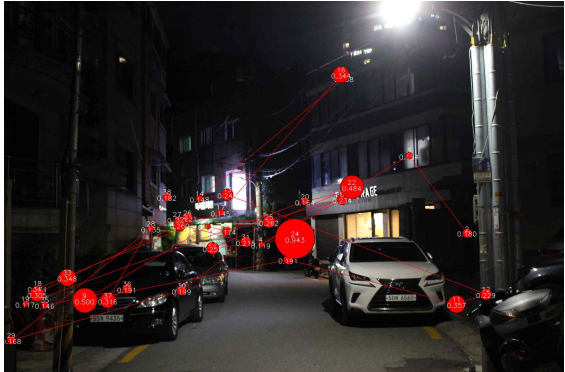
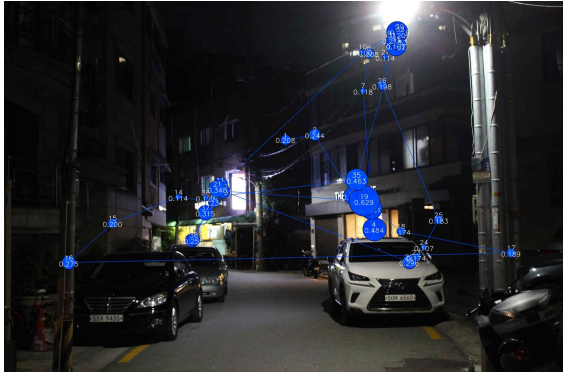
	구분	Coef.	Odds Ratio	P value
가로별 통제변수	건축물 노후도	0.097	1.102	0.000**
	도로 폭	0.279	1.321	0.307
	조도	-0.059	0.943	0.613
	CPTED 적용 유무	0.762	2.143	0.049**
개인특성	성별	1.063	2.895	0.028**
	학력	-0.361	0.697	0.391
	직업	-0.395	0.674	0.411
	1인 가구 여부	1.453	4.274	0.008**
	주거형태	-0.784	0.456	0.096*
	주관적 건강상태	-0.438	0.645	0.060**
일상의 범죄두려움 경험	낮의 범죄두려움 경험	-0.200	0.818	0.695
	밤의 범죄두려움 경험	1.190	3.287	0.049**
	두려워서 특정 길을 피해 다닌 경험	0.459	1.582	0.406
	두려워서 누군가와 같이 다닌 경험	0.095	1.100	0.874
관심영역 별 주시특성 (누적 응시시간)	가로등	-0.047	0.954	0.842
	가로등 및 CCTV	0.007	1.007	0.989
	고보조명	0.048	1.050	0.973
	벽화	-0.358	0.699	0.116
	전신주 페인팅	1.846	6.332	0.009**
	비상벨 및 마을지도	1.395	4.034	0.010**
	건물 사이 공간	0.293	1.340	0.029**
	노상주차	0.570	1.767	0.001**
	필로티 주차장	0.363	1.438	0.143
	근린생활시설	-0.149	0.861	0.190
	교차로	0.180	1.197	0.106
	도로포장	0.080	1.084	0.822
	쓰레기	0.159	1.172	0.375
	보행하는 길의 끝	0.110	1.117	0.222
상수		-5.732	0.003	0.004**
ICC		0.207		
AIC		518.466		
BIC		643.680		

*p < 0.1, **p < 0.05

출처 : 박수훈(2021)의 연구를 토대로 재구성

- 분석결과와 시각적 이해를 돕기 위해 본 연구에서 진행한 피실험자의 범죄두려움 설문조사와 시선추적 실험을 통해 구축한 연구참여자의 시선고정(0.1초 이상)과 고정시간, 시선의 이동경로가 나타나는 Fixation Map을 살펴봄
- 피실험자의 범죄두려움 설문조사에 따르면 보이지 않는 공간과 도로 형태(교차로) 등에 의해 자신이 시각적으로 보지 못한 공간에 범죄자가 숨어 있을 수도 있다는 생각에 두렵다고 답변하였음
- 1번 가로에서 범죄두려움을 인지한 피실험자(29번)와 인지하지 않은 피실험자(22번)의 Fixation Map을 살펴보면 범죄두려움을 인지한 피실험자는 왼쪽의 노상주차 차량과 정면의 건물사이 공간으로 인한 보이지 않는 공간에 비교적 많은 수의 시선고정과 긴 시간동안 응시한 것을 알 수 있고, 방법시설물 및 범죄예방계획 요소인 가로등은 주시하지 않은 것을 알 수 있음.
- 범죄두려움을 인지하지 않은 연구참여자는 정면의 근린생활시설인 상점과 방법시설물 및 범죄예방계획인 가로등에 비교적 많은 수의 시선고정과 긴 시간동안 응시한 것을 알 수 있음.
- 결과적으로 야간 근린경관에 있어 근린경관의 시지각 요소가 범죄두려움을 인지하는데 영향을 미친다는 것이며, 이는 근린경관을 개선하는 사업에 있어 범죄두려움 인지에 영향을 미치는 시지각 요소인 가시성이 떨어지는 보이지 않는 공간을 우선적으로 개선해야한다는 것을 시사함

표 2-8. 범죄두려움 인지 여부에 따른 Fixation Map

구분	범죄두려움 인지 여부	
	인지함(29번 피실험자)	인지하지 않음(22번 피실험자)
1번 가로		

④ 소결

- 본 연구는 근린경관의 특정 요소를 시지각하여 근린경관을 인지하고 평가하는데 차이가 존재한다는 결과를 밝혀냄으로서 시지각 인지 기반 근린경관 평가 기법을 개발하여 경관평가 영역을 확장하였음에 의의가 있음
- 해당 평가 기법을 활용하면 도시민이 정주하는 근린환경을 긍정적으로 개선하는 사업을 진행할 시 우선적으로 개선해야하는 요소를 도출할 수 있다는 것에 실효성 있는 사업이 진행될 수 있음을 기대함
- 아이트래킹 실험은 안구의 움직임을 통해 객관적인 생체신호를 측정하고 실험 시행의 어려움이라는 측면에서 국내외를 막론하고 30-40명 이내의 피실험자를 모집하는 것이 일반적임. 이러한 표본 수는 통계적 기법을 활용한 분석에 어려움이 있음. 이에 해당 방법은 일반화하기 어렵다는 한계점이 존재함

(2) 가로뷰 이미지 DB구축 및 전처리 알고리즘 개발

(가) 가로뷰 이미지 추출 알고리즘 개발

- 본 연구의 최종 목표는 가로의 사진 이미지로 주관적 인식을 예측하는 것임. 딥러닝 모델을 통해 주관적 인식을 예측하기 위해서는 이미지와 그에 따른 주관적 인식을 학습해야함. 따라서 본 연구에서 사용하는 가로뷰 이미지는 총 2종임. 첫 번째 데이터는 평가 모델을 학습시키기 위한 이미지이고, 두 번째 데이터는 경관평가를 예측할 이미지임

① 학습용 Google Street View 이미지 수집

㉠ Place Pulse 2.0 Dataset

- 2013년 MIT Media Lab에서 웹사이트를 통해 수집한 도시 경관 이미지 설문조사 데이터셋
- 28개국 56개 주요 도시의 110,988개 지점의 Google 스트리트뷰 이미지로 쌍체비교된 데이터셋임
- 페이스북 광고를 통해 유입된 162개국 81,630여명의 사람들이 참여하여 평가하였으므로 전세계에서 bias에 가장 독립적인 자료로 보고 있음
- 최근 해외에서 진행되고 있는 GoodCITYlife의 FaceLift 등 도시 이미지 기반 AI 기술들도 학습과정에 MIT Placepulse 프로젝트의 Dataset을 사용하였음
- 질문은 총 6가지로 다음과 같음
“어느 장소가 더 안전하게, 활기차게, 아름답게, 부유하게, 우울하게, 지루하게 보이십니까?”

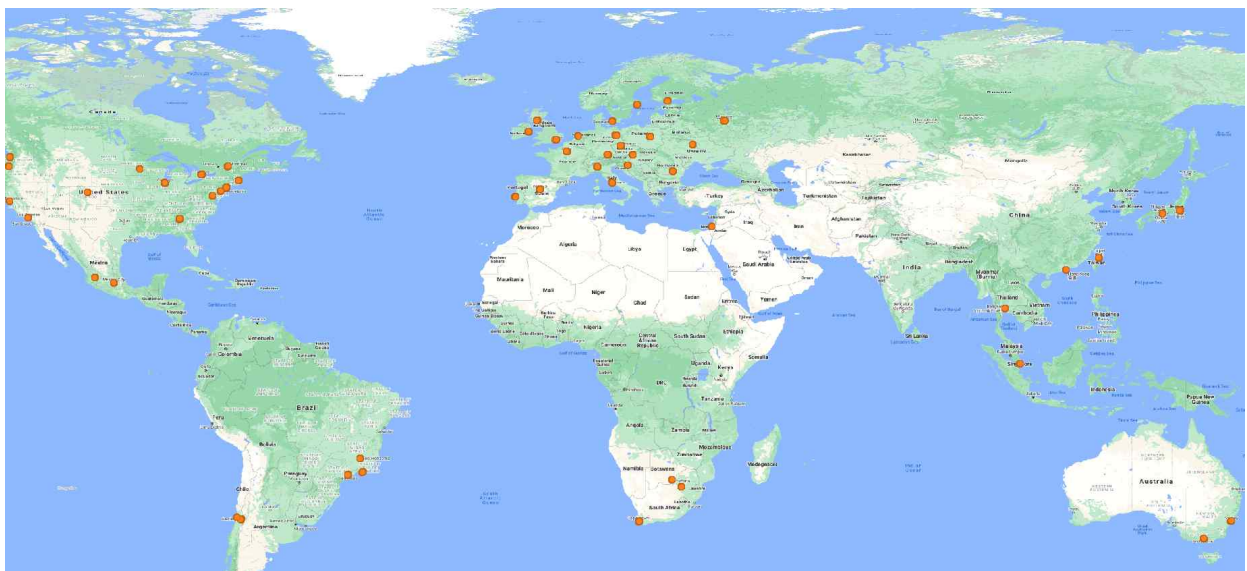


그림 2-12. Placepulse 데이터 셋 분포

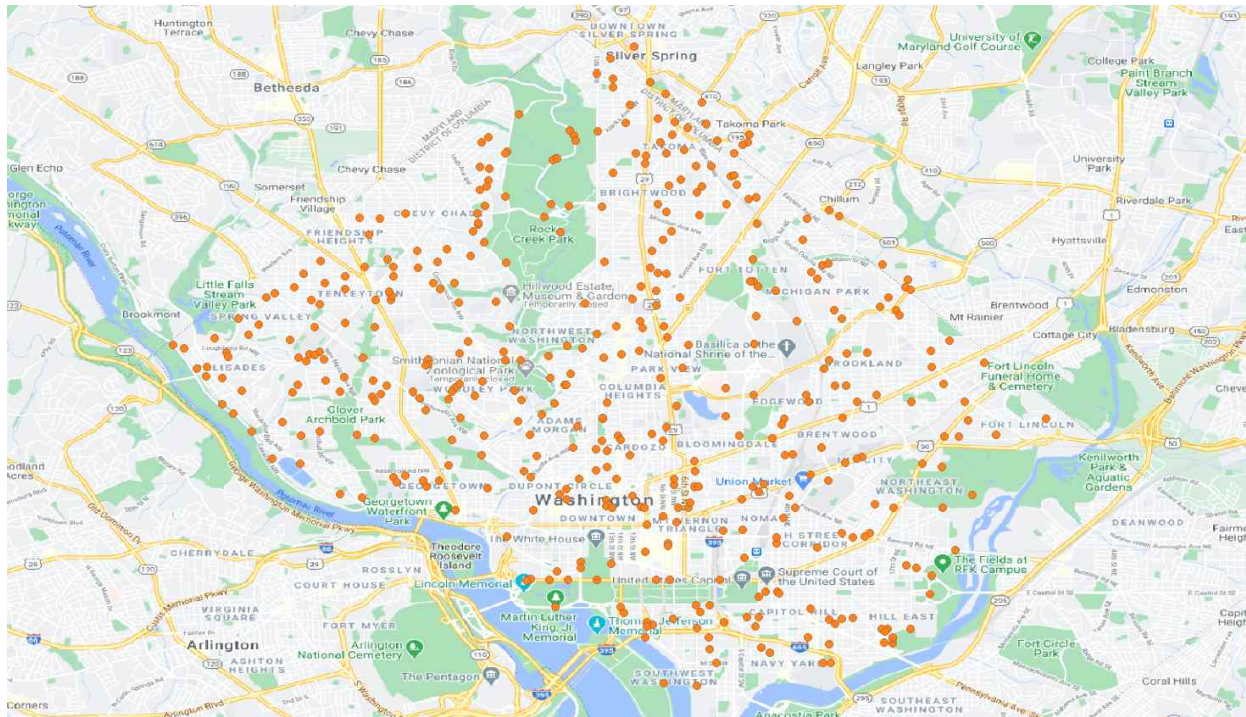


그림 2-13. Placepulse 데이터셋 도시 내 분포 (미국 워싱턴)



그림 2-14. Placepulse 2.0 데이터 내 가로뷰 이미지 예시 (Dubey et al., 2016, p.13, Figure 3)

㉞ Google Street View

- 구글에서 전세계를 대상으로 제공하는 실사 지도 서비스로 원하는 지점의 도시 환경을 원격으로 실제 위치에 서있는 것처럼 볼 수 있음
- API를 사용하면 특정 위치 및 시점의 이미지를 다운받아 구축할 수 있음
- Placepulse는 이 이미지를 활용하여 평가를 진행하였음
- 따라서 Placepulse 2.0 데이터셋에서 평가된 지점의 이미지를 추출하였음

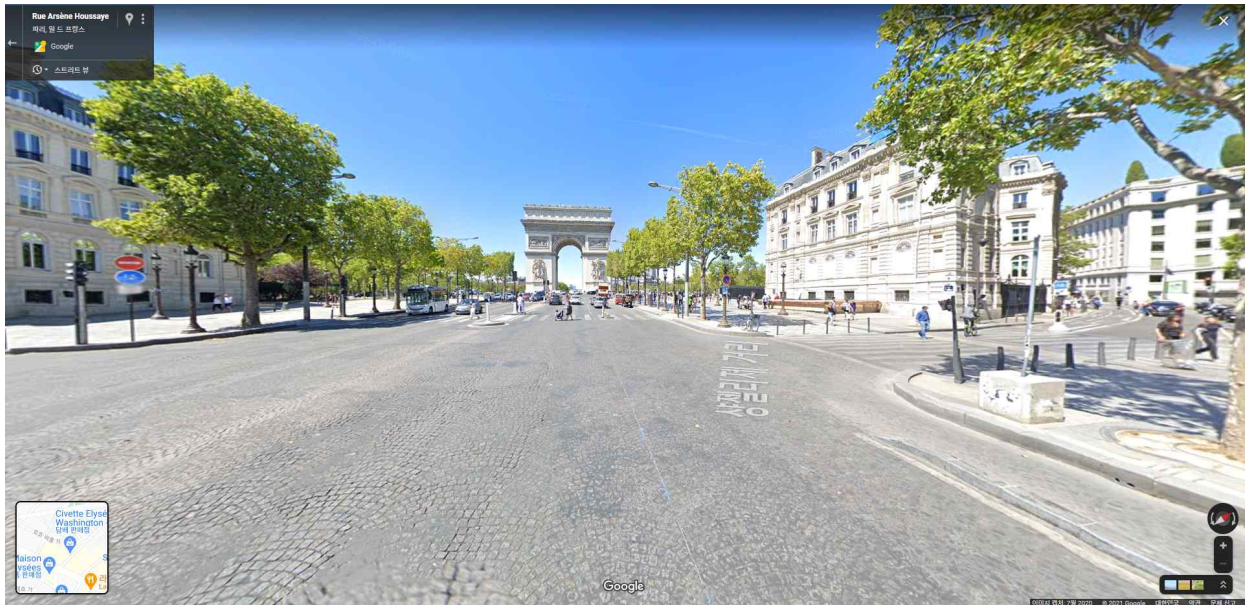


그림 2-15. Google Street View

㉞ 학습용 데이터 DB 구축

- Place Pulse 2.0 데이터셋의 경위도 좌표를 리스트업 한 뒤 API를 사용하여 각 지점의 가로뷰 이미지 고유 ID(panoid) 리스트를 추출함
- 가로뷰 이미지 고유 ID를 API에 요청하여 이미지를 tile 형태로 다운 받고 tile을 결합하여 파노라마 이미지를 형성함

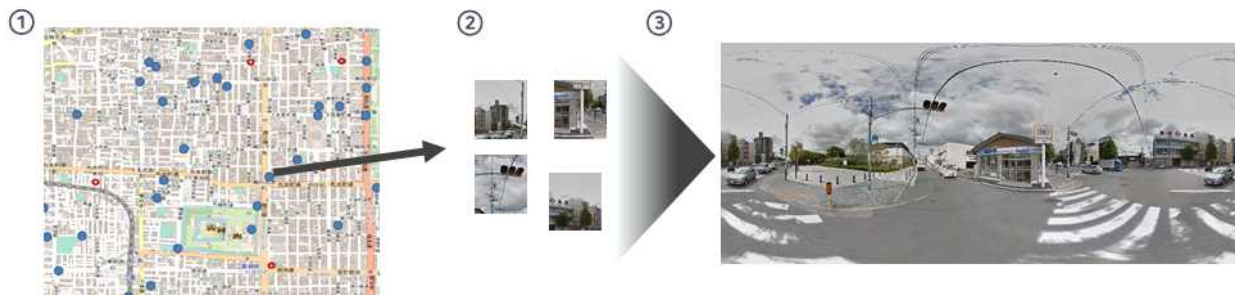


그림 2-16. 학습용 데이터 DB구축 과정



파리



워싱턴DC



벨루 오리존치



방콕

그림 2-17. 학습용 데이터 도시별 구축 예시

- 일부 실내 로드뷰 지원 도시의 경우 좌표에 따라 상점 내부 또는 지하철 역사, 지하주차장, 터널 등이 잡히는 경우가 있어 이에 대한 필터링을 진행하였음



상점내부



지하철 역사

그림 2-18. 잘못 추출된 이미지 예시

- 파노라마에서 실제 사람이 가로를 걸을 때 볼 수 있는 정면 뷰를 학습하기 위하여 정면뷰를 Adobe Photoshop의 배치(batch) 기능을 활용하여 crop하였음

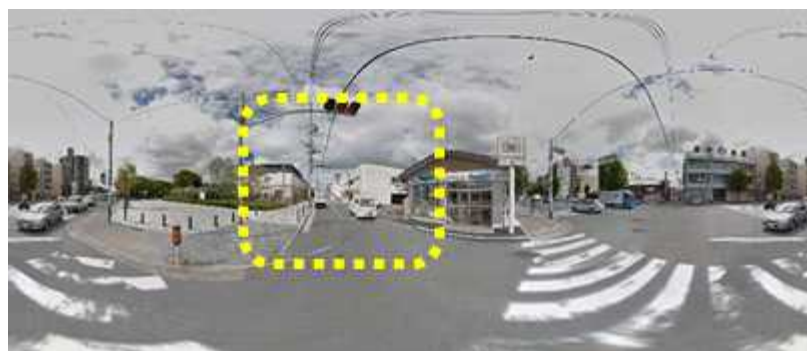


그림 2-19. 파노라마 이미지 crop 예시



2.20(매우안전하지 않음)



4.76(안전하지 않음)



5.21(안전함)



6.89(매우 안전함)

그림 2-20. 학습용 DB 예시 (안전한)

② 예측용 Naver 거리뷰 이미지 수집

㉓ Naver 거리뷰

- 예측용 가로뷰 이미지 DB구축에는 업데이트 주기와 사진의 품질을 고려하여 포털사이트 네이버의 지도서비스에서 제공하는 파노라마 이미지를 사용하였음

㉔ 이미지 DB 구축

- GIS를 사용하여 주거지역의 가로를 교차로 단위로 Segment로 분할하고 Segment의 중심점의 경위도 좌표를 추출한 뒤 해당 이미지를 구득하는 방법으로 주거지역들의 가로뷰 이미지 DB를 구축하였음



그림 2-21. 가로 Segment 중심점 추출

- 파노라마 이미지 구득에는 Python을 사용하여 크롤링(Crawling)하였음. 네이버 지도 서비스의 파노라마 이미지는 지점별로 PanoID라는 고유 ID가 할당되어 있는데, 경위도 좌표계로 위치를 통해 PanoID를 출력 받을 수 있음

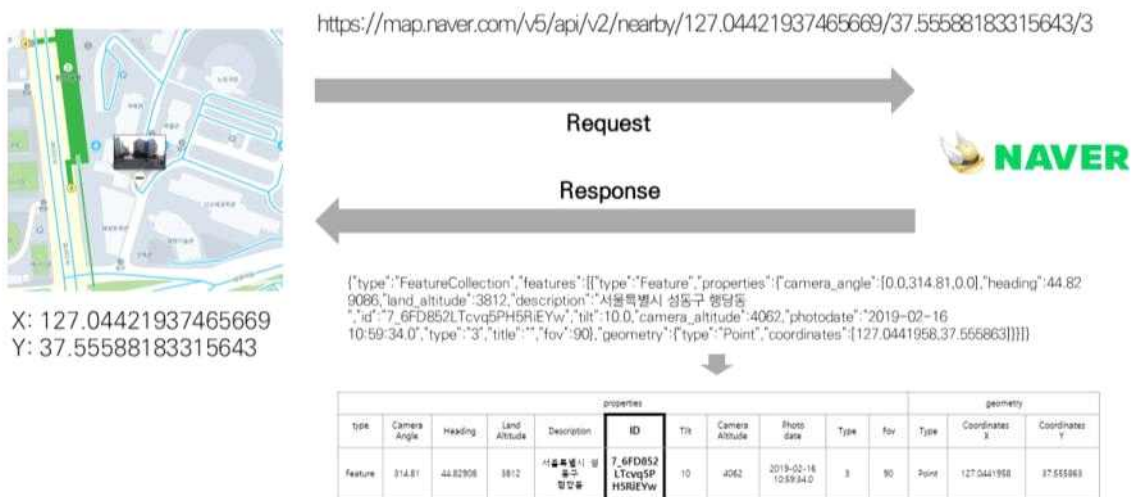


그림 2-22. 파노라마 고유 ID 출력 과정

- PanoID를 구축하고 파라미터로 입력하면 이에 해당하는 상하좌우전후 총 6면의 이미지를 구득할 수 있음. 이를 사용하여 서울시 전역에 총 149,386지점의 거리뷰 이미지가 수집되었음



그림 2-23. 네이버 거리뷰 추출 과정

- 실제 보행 시 보는 뷰를 예측에 활용하기 위하여 정면 뷰만을 추출하여 DB를 구축하였음

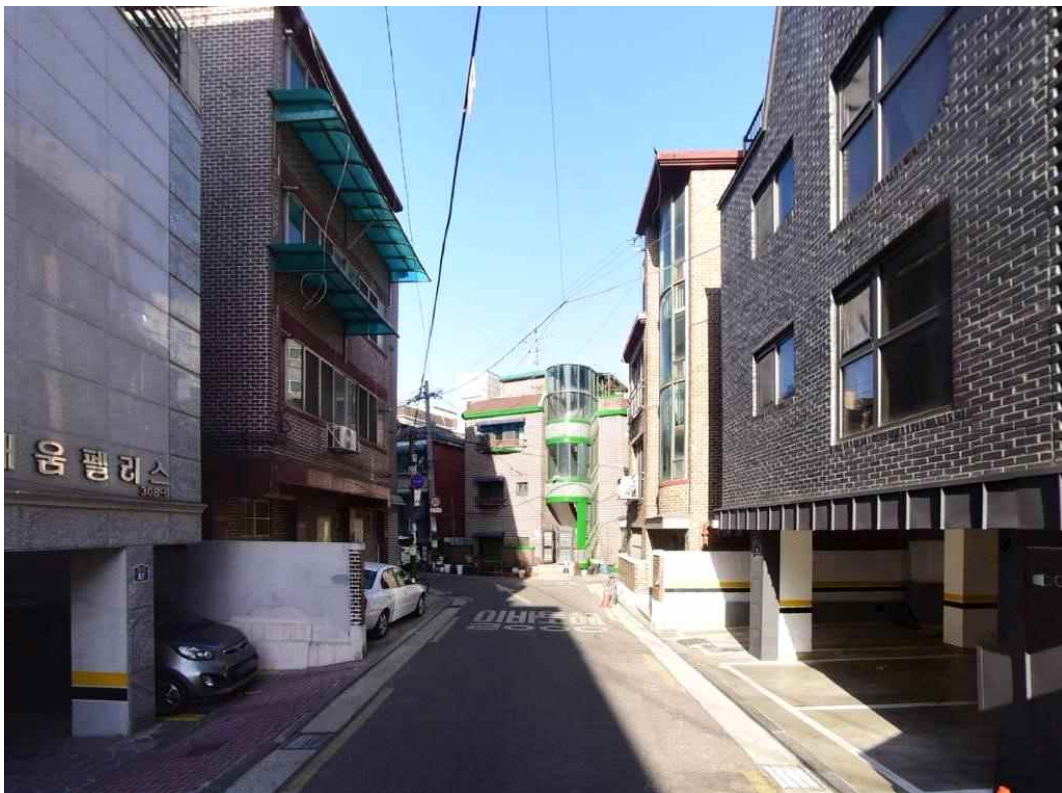


그림 2-24. 예측용 DB 예시

(나) 전처리 알고리즘 개발

- 딥러닝 모델을 학습시키기 위해서는 우선 모델의 입출력을 정의하고, 그에 적합한 층(layer)의 종류와 수를 가진 모델 구조를 결정해야 함. 모델의 성능은 같은 데이터를 사용하더라도 입출력의 정의에 따라 달라질 수 있음. 본 연구에서는 가로 경관 이미지를 입력하므로 이미지의 크기, 전처리 증폭 과정 등에 따라 다르게 입력을 정의할 수 있고, 주관적 설문조사 결과 값을 어떻게 레이블로 사용하느냐에 따라 출력을 다르게 정의할 수 있음. 따라서 대규모 주관적 설문조사 데이터베이스와 가로뷰 이미지 데이터베이스를 가지고 주관적 인식을 예측하는 딥러닝 모델을 개발하기 위해서는 우선 모델의 입출력이 정의 되어야 함

① 입력 데이터 정의

- 딥러닝 모델 성능을 높이기 위해서는 최적의 입력 이미지 크기를 결정하는 것이 중요함. 이미지의 크기가 크면 정보의 양이 많아지나 연산 자원이 많이 필요하며, 반대로 이미지의 크기가 작아지면 정보 양이 줄어들어 모델의 성능이 감소함. 본 연구에서는 1024*768, 800*600, 640*480 등 다양한 사이즈에 대해 학습에 활용된 연산자원 NVIDIA RTX 2080 Ti 11GB 기준으로 예비 학습을 시도하여, 800*600이 결정하였음. 데이터의 증폭을 위해 Keras의 ImageDataGenerator를 사용하여 임의의 밝기, 시점이동, 확대, 회전, 수평 반전 등을 하였음

표 2-9 입력데이터 증폭 설정

데이터 증폭 전처리기법	설정값
Horizontal flip	True
height shift range	0.1
width shift range	0.1
brightness range	0.7 ~ 1.5
rotation range	3
shear range	0.01
zoom range	0.125
fill mode	nearest



그림 2-25. 증폭 전처리 예시

② 출력 데이터 정의

- 본 과제에서는 주관적 인식에 대한 예측을 진행하였음. Placepulse 데이터셋은 비교가 된 두 개의 지점과 어느 지점이 승리하였는지 승패형태로 라벨링이 되어있음. 따라서 이를 예측하기 위해서는 지점들 간의 상대적인 순위를 결정할 필요가 있음. 본 연구에서는 대전하는 게임에서 상대적인 순위를 결정하기 위해 설계된 알고리즘인 Trueskill 알고리즘을 사용하여 이미지에 연속된 점수형태의 레이블을 부여함
- 연속된 점수를 0 에서 1 사이의 값으로 표준화하여 예비 학습을 시도하였으나, 예측이 정확하지 않게 나타났음. 이는 중앙값 인근 샘플들은 비교횟수가 적어 특성 차이가 적으므로 제대로 학습이 되지 않았기 때문에 모델 성능을 저하시키는 원인이 된 것으로 판단됨

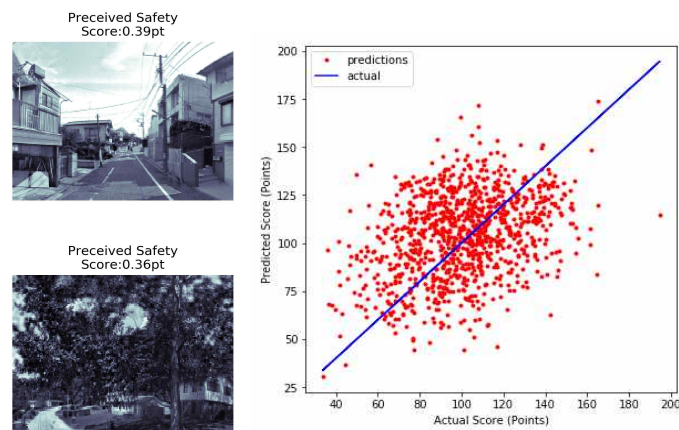


그림 2-26. 연속점수 예측 결과

- 해외 관련 연구들에 따르면, 주관적인 평가를 예측하는 것은 회귀 모형보다 이진 분류 모형으로 학습하는 것이 더 실용적임(Datta et al., 2006, Datta et al., 2008, Dhar et al., 2011, Ordonez & Berg, 2014). 이진 분류를 하였을 때 특징이 더 뚜렷한 샘플을 선택할수록 학습 샘플 내 정확도는 높일 수 있으나 전체 샘플 수가 작아져 과적합이 되어 테스트 샘플 내에서는 정확도가 저하될 수 있음. 모든 지표에서 샘플 수 10,000개 이상을 확보하는 상·하위 10%로 결정하였음. 따라서 상위 10% 그룹과 하위 10% 그룹으로 분류하여 이진 분류 형태로 딥러닝 학습 label 데이터를 구축하였음



그림 2-27. 이진 분류 모형

(3) 시지각·인지기반 딥러닝 경관평가 모델 개발 및 검증

(가) CNN기반 경관평가 알고리즘 개발

① 모델 아키텍처

㉠ CNN 모델

- 본 연구에서는 주거지 가로 경관에 대한 질적인 측면을 평가함에 있어 설문조사의 한계를 보완하는 방법으로 컴퓨터비전 및 딥러닝 기법을 이용함. 딥러닝 기법을 이용한 주관적 인식 예측은 컴퓨터 비전 기술을 통해 가로 사진 이미지에서 특성을 추출(feature extraction)하고, 누적된 설문조사 자료 결과로부터 오차(loss)를 줄이는 방식으로 진행됨. 딥러닝이 기존 예측 모델들 보다 가지는 장점은 특성추출에 있음. 시각적 요소로 한정하더라도 가로 환경에서 개인의 주관적 인식에 영향을 줄 수 있는 요소는 매우 다양함. 따라서 연구자가 주관적 인식에 영향을 주는 모든 특성을 추출하여 조사하는데 한계가 있음
- 이미지 데이터는 이미지의 가로, 세로 길이뿐만 아니라 기본적으로 빨강, 파랑, 초록, 3가지 색상이라는 채널로도 구성되어 있음. 4x4 픽셀 크기의 이미지가 있다고 가정한다면, 이미지는 총 16개의 픽셀로 구성되어 있지만, 3가지 색상별로 총 48개의 텐서라는 데이터의 기본 구조로 구성되어있음. 따라서 이미지의 크기가 크고 다양한 색상이 사용된 이미지 일수록 이미지 데이터의 크기는 매우 커질뿐더러 복잡한 구조를 가지게 되므로 특성을 추출하기 매우 어려워짐

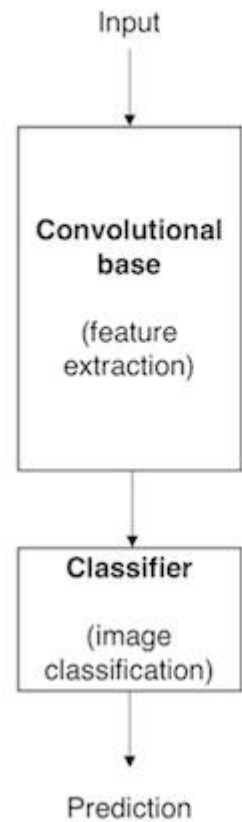


그림 2-28.
딥러닝 모델 구조

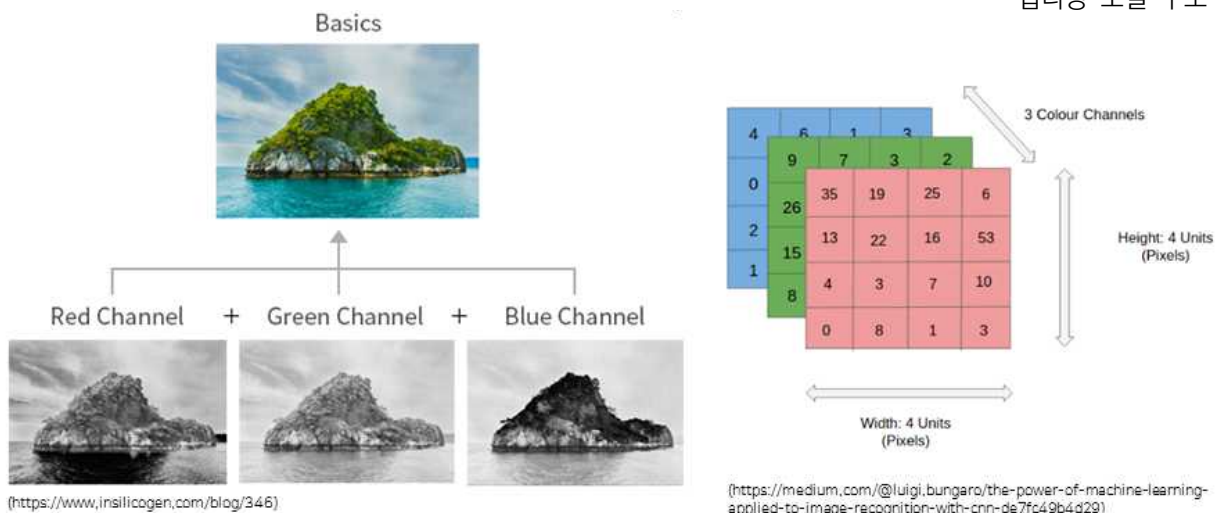


그림 2-29. 이미지 데이터 구조

- 일반적인 신경망(ANN, Artificial Neural Network)은 모든 텐서를 은닉층을 거쳐 출력을 올바르게 예측할 수 있도록 층의 구조에 대한 학습을 반복하며 일종의 망(Network)를 구성함. 그러나 이러한 방식은 모든 텐서를 연산에 활용해야 하므로 연산 자원이 많이 필요하여 복잡한 이미지를 분석하는데 적합하지 않음. 그러나 합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Networks)은 합성곱과 풀이라는 일련의 필터를 거쳐 분석하기 쉬운 형태로 만들어 나가는 과정을 거치게 되므로 복잡한 데이터들을 분석하는데 매우 유리함

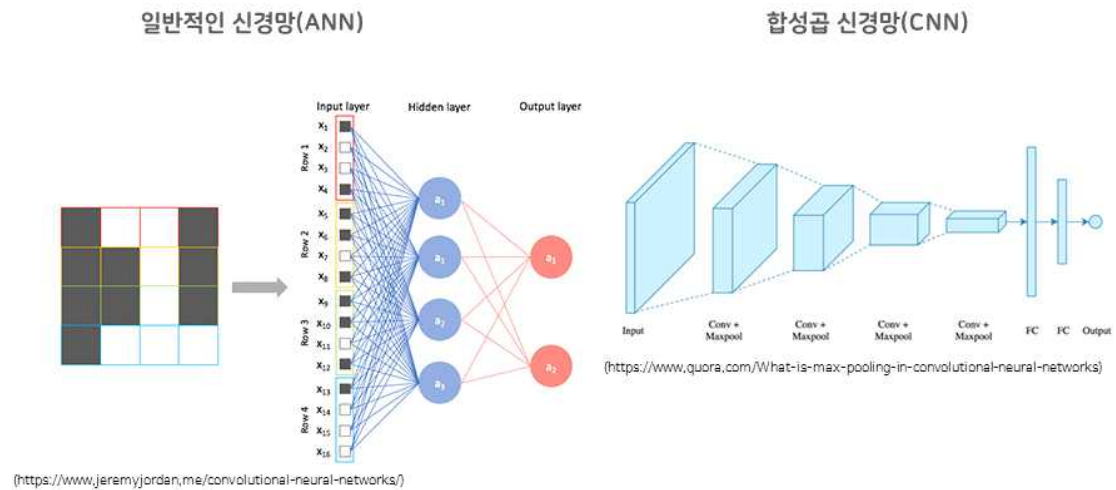


그림 2-30. 일반적인 신경망과 합성곱 신경망 구조 차이

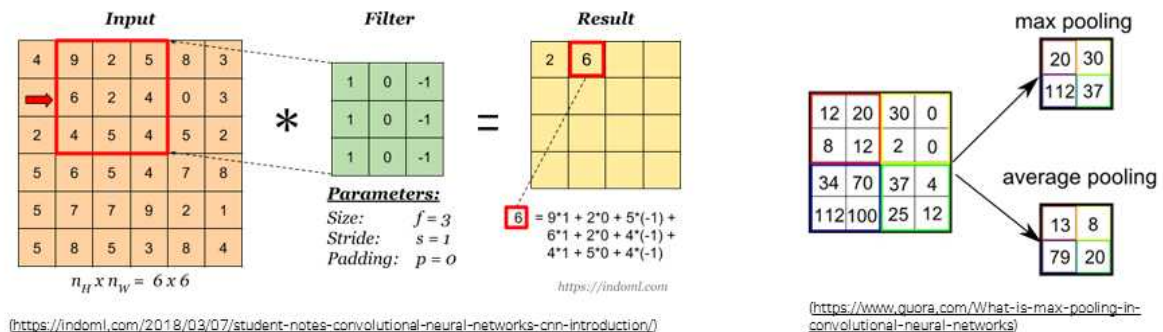


그림 2-31. 합성곱 신경망의 원리

- 따라서 본 연구에서도 CNN이 이미지에서 특성을 추출하는데 뛰어난 성능을 보여주고 있다고 판단하여 이를 활용하고자 함. 본 연구에서는 1차년도에 대규모 주관적 인식 설문조사 데이터인 Placepulse 대상 지점의 Google Street view 이미지를 수집하고, 설문조사 결과를 레이블링하여 CNN에 적합하게 전처리를 진행하였음

㉔ VGG16

- 딥러닝 분야에서 데이터 규모가 충분히 갖춰진다면 일반적으로 신경망 구조가 깊을수록 높은 정확도를 갖는 것으로 알려져 있음. 그러나 학습 데이터의 규모가 크지 않을 경우 층 개수가 많아질수록 모델의 학습이 불안정해질 수 있음. 일반적으로 CNN 모형은 ILSVRC(Imagenet Large Scale Visual Recognition Competition) 대회에서 성능이 검증된 모델을 활용하여 사용하는데 실무에서 많이 사용하는 VGG, GoogLeNet, ResNet에서 성능이 검증된 모델들임
- 본 개발에서는 CNN 모델 중 VGG16을 사용하였는데, VGG16은 영국 Oxford Visual Geometry Group에서 개발한 모델로 ILSVRC 2014에서 준우승한 모델임. 준우승했음에도 간단한 구조와 양호한 성능으로 여러 분야에서 응용하여 사용하고 있음. 본 연구의 목적과 유사하게 사진을 이용해 주관적 인식을 예측하는 Talebi and Milanfar(2018), 박근덕·이수기(2018) 경우에도 여러 모형을 비교하여 학습하였을 때 VGG16이 우수한 성능을 보이는 것으로 나타남
- 본 연구에서는 학습시간과 자원의 효율을 높이기 위해 ImageNet 데이터셋으로 사전학습(pre-trained)된 딥러닝 모델을 전이학습(Transfer learning)하여 사용하였음. 사전학습된 딥러닝 모델에서 연구에서 분석하고자 하는 이미지에 맞도록 모델을 미세 조정(fine-tuning)하면 모델을 처음부터 학습시키는 것에 비해 소요시간을 크게 줄일 수 있음. 고해상도의 이미지를 처음부터 학습하는 경우 임의의 값으로 설정되어 있는 모델의 층별 가중치 등 파라미터 값을 구축하기 위해서 다수의 시간과 연산자원이 필요하므로 전이학습하는 것이 일반적임

㉕ Attention Mechanism

- 현재까지 제안된 많은 딥러닝 모델들의 가장 큰 한계는 출력한 결과에서 근거를 찾기 힘든 blackbox에 가깝다는 한계를 가짐. 즉, 딥러닝 모델이 이미지에서 어떤 특성을 바탕으로 결과를 출력하였는지 상세히 알기 어렵다는 것임. 앞서 1년차에서 분석한 바와 같이 경관에 대한 주관적 인식은 특정 요소를 시지각하여 이루어짐. 따라서 딥러닝을 활용한 경관 평가에 있어 딥러닝 모델의 예측 판단 근거를 확인하는 것은 매우 중요한 작업임
- Attention Mechanism은 사람들이 시지각·인지를 할 때 일부분에 집중한다는 원리에서 고안하여 이미지로부터 추출한 특성들에서 목적에 맞게 연관성이 높은 특성에 가중치를 부여하여 모델 스스로 집중(attention)할 부분을 선별하는 기법임. 따라서 딥러닝 모델이 집중해서 학습해야 할 영역을 파악하여 학습하게 되므로 부족한 데이터에서도 성능 향상을 노릴 수 있음
- Attention Mechanism은 크게 Post-hoc Attention Mechanism과 Trainable Attention Mechanism으로 구분됨. Post-hoc Attention Mechanism은 학습이 모두 끝난 모델에 적용하여 출력값의 근거로 삼은 영역을 파악하는 기술임. CAM, Grad-CAM, Saliency Map 등이 여기에 포함됨. Trainable Attention Mechanism은 딥러닝 모델 내에 Attention Mechanism이 포함되어 딥러닝 모델과 함께 학습되면서 중요도가 높은 영역의 특성에 가중치를 더 높게 부여하여 특정 영역을 중심으로 학습할 수 있도록 함. Hard Attention,

Soft Attention, Channel-wise attention 등이 있음

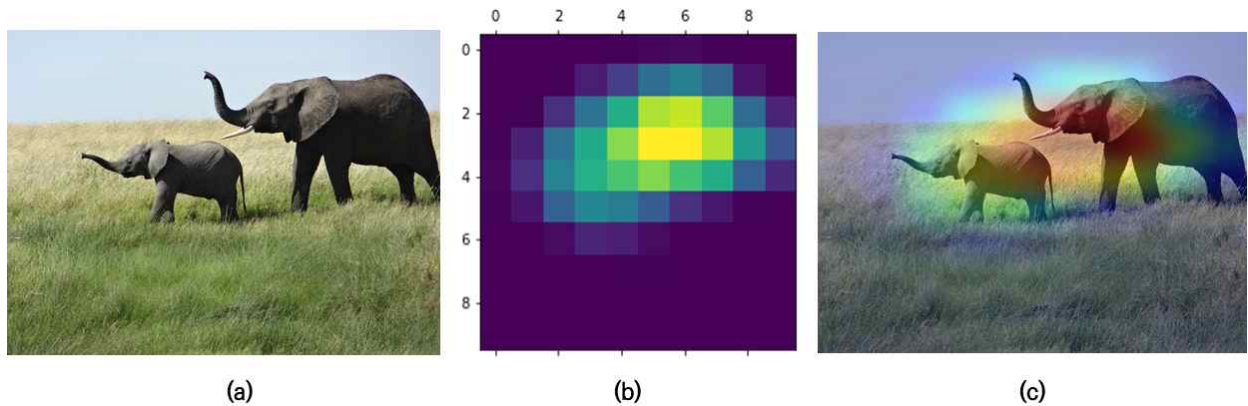


그림 2-32. Attention Mechanism의 시각화 예시 (Grad-CAM)

- 본 연구 개발에서는 Kevin Mader¹⁾가 제안한 Attention Mechanism 방법론을 활용하였음. Mader가 제안한 방법론은 학습 가능한 Attention Mechanism 중 하나로 GAP대신 GWAP를 사용하여 기존 모델들보다 목적과 연관성이 높은 영역에 더 집중하여 학습될 수 있도록 함으로서 모델의 성능과 일반화 능력을 향상시켰음. 뿐만 아니라 Post-hoc Attention Mechanism과 같이 최종적으로 형성된 Attention Map을 출력하여 모델이 집중한 영역을 확인할 수 있음

㉔ 소결

- 본 연구에서는 가로뷰 이미지를 바탕으로 주관적 인식을 평가하는 모델을 개발하는 것으로 본 연구에서 활용된 딥러닝 모델의 처리과정을 정리하면 다음과 같음
- 첫째, 전처리된 가로뷰 이미지와 주관적 인식으로 구성된 학습 데이터셋을 대규모 빅데이터로 사전학습된 VGG16 CNN모델에 입력시켜 이미지의 특성을 추출함
- 둘째, 분류기는 CNN모델로 추출된 이미지의 특성을 바탕으로 주관적 인식 값을 예측하며, 실제값과 비교하여 오차를 계산함
- 셋째, 모델은 Attention Mechanism을 활용하여 이미지의 주관적 인식과 연관성이 높은 영역을 파악하고 Attention Map을 작성함
- 넷째, 모델은 계산된 오차를 최소화되는 방향으로 반복 학습을 진행하며, Attention Mechanism으로 파악된 연관성이 높은 영역을 중심으로 학습이 진행됨
- 마지막으로 오차가 최소인 가중치를 저장함. 이렇게 저장된 가중치를 사용하여 원하는 가로 이미지를 입력하여 주관적 인식 값을 도출할 수 있음

1) <https://www.kaggle.com/kmader/cardiomegaly-pretrained-vgg16/notebook>

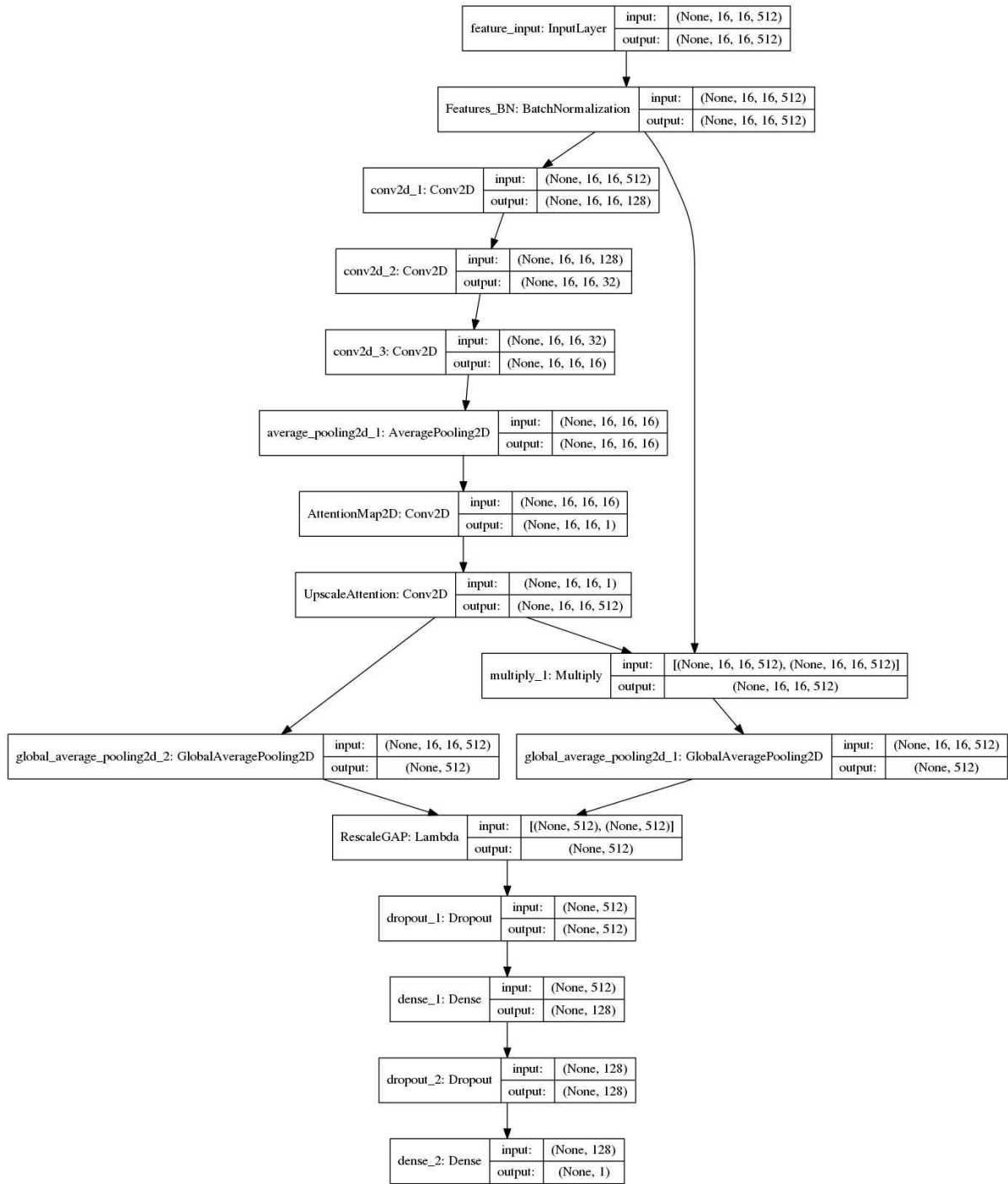


그림 2-33. 연구에 활용된 최종 모델 구조

② 모델 학습 및 검증

㉓ 최적화 및 학습

- 딥러닝 모델을 학습시키는데 있어 어떤 최적화 기법을 사용하는 것이 중요함. 최적화 기법은 학습속도와 정확도에 직접적인 영향을 주는 변수이기 때문임. 본 연구에서는 최적화를 진행하는 optimizer로 일반적으로 이미지 딥러닝 학습에서 사용하는 'Adam'을 사용하였으며, 초기 학습률은 0.0001, dropout 비율은 0.5로 설정하였음
- 학습 데이터에 과하게 학습이 진행되어 일반화가 되는 것을 막기 위해 32개를 미니배치 (mini batch)로 사용하여 학습을 진행하였음
- 학습은 딥러닝 프레임워크 Tensorflow 2.1과 Keras를 사용하였고 Nvidia RTX 2080Ti GPU, 11GB VRAM의 환경에서 형용사별로 약 67분이 소요되었음

㉔ 모델 검증

○ 모델 검증 기법

- 딥러닝 모델 학습에 각 지표별로 75%는 학습용 데이터로 25%는 검증용 데이터로 사용하였음. 검증용 데이터는 학습 중에 과적합을 방지하기 위해 사용되기도 하며, 모델이 학습이 마무리 된 뒤 검증용으로도 활용할 수 있음. 본 연구개발에서는 이진 분류 형태로 레이블 데이터가 구성되어 있으므로 실제 참값을 맞춘 비율을 의미하는 정확도, 모델의 성능 지표인 AUC와 ROC 커브를 사용하여 모델의 성능을 검증하였음

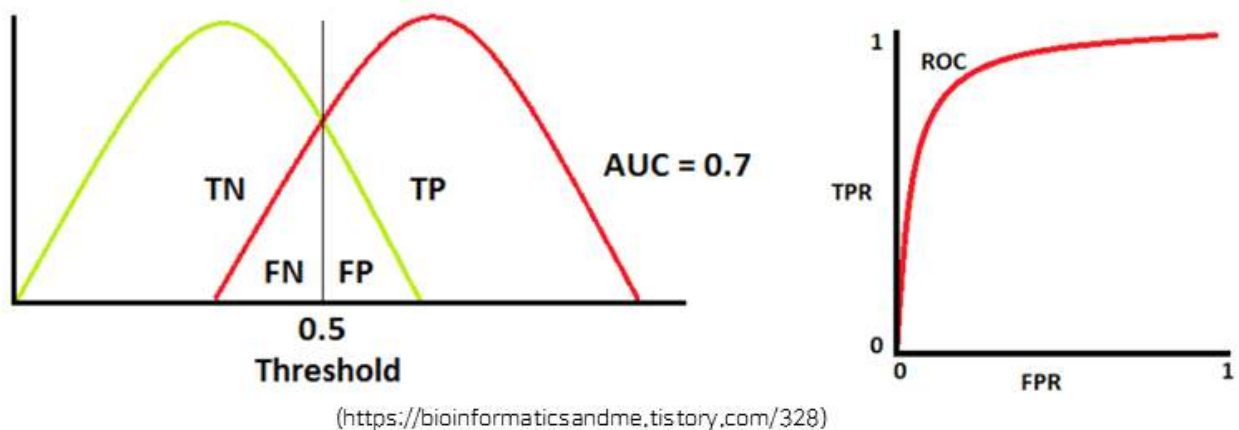
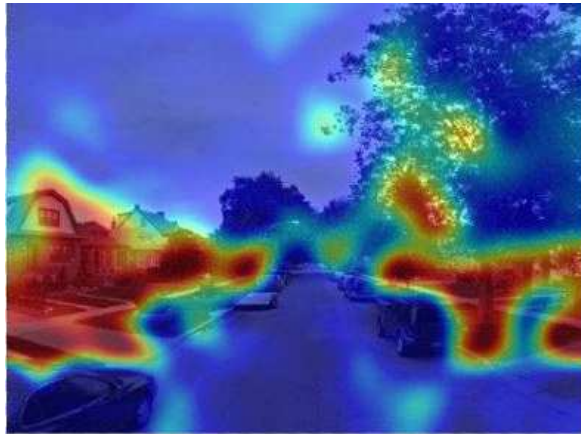


그림 2-34. AUC, ROC 커브의 개념

- 또한, 본 연구에서는 Attention Mechanism을 딥러닝 모델에 적용하였으므로, 모델 학습 뒤 최종적으로 형성된 이미지별 Attention Map을 확인하여 적절한 부분을 학습에 활용하였는지를 확인함

○ 모델 검증 결과

- 모델 학습 뒤 추출된 Attention Map을 살펴보면 주로 도로 양변의 건물과, 가로수, 가로시 설물 등 도로 내 구성요소를 중심으로 집중하여 학습에 반영하였음을 알 수 있음



실제값 : 안전한
예측값 : 안전한 (96.9%)



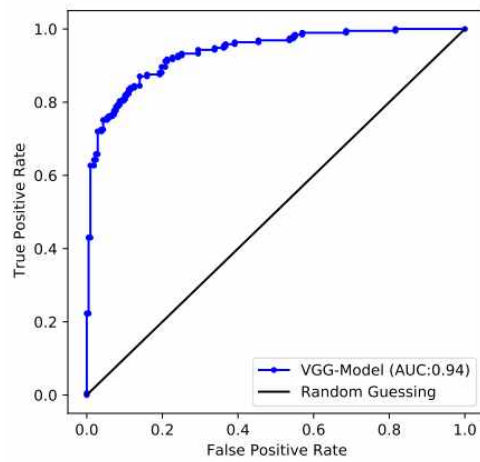
실제값 : 두려운
예측값 : 두려운 (98.9%)

그림 2-35. Attention Mechanism 검증

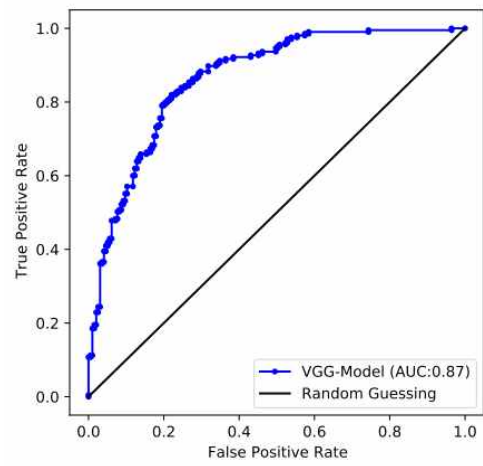
- 모델 성능 지표를 검증해본 결과, 정확도는 '안전한'이 86%로 가장 높았고, '활기찬'은 80%, '아름다운'은 81%, '부유한'은 81%, '우울한'은 77%, '지루한'은 71%로 가장 낮았음
- ROC 커브는 가장 정확도가 높은 '안전한'은 좌측 상단에 수렴하는 형태의 곡선이 나타나고 상대적으로 정확도가 낮은 모델일수록 완만한 곡선을 보임
- 모형의 전반적인 성능을 나타내는 AUC는 ROC 커브 아래 부분의 영역 면적으로 '안전한'이 0.94로 가장 높았고, 가장 낮은 '지루한'도 0.81로 모든 모형이 우수한 수준인 0.8이상이었음

표 2-10. 모델 지표 검증

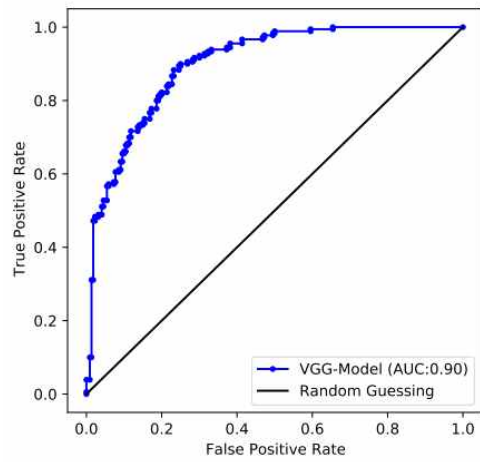
모델	표본 수	정확도	recall	f1-score	AUC
안전한	17,918	0.86	0.85	0.85	0.94
활기찬	16,396	0.80	0.80	0.79	0.87
아름다운	14,873	0.81	0.81	0.81	0.90
부유한	13,438	0.81	0.81	0.80	0.90
우울한	12,163	0.77	0.77	0.77	0.86
지루한	11,935	0.71	0.71	0.71	0.81



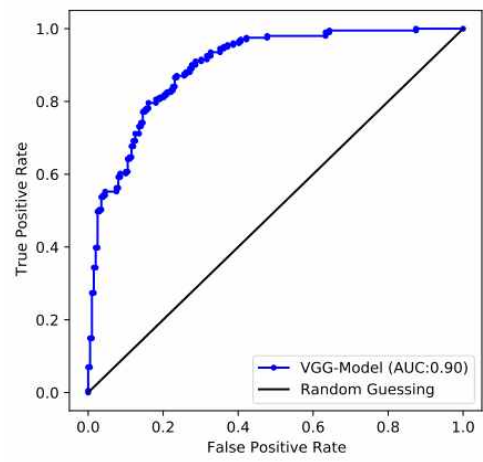
안전한



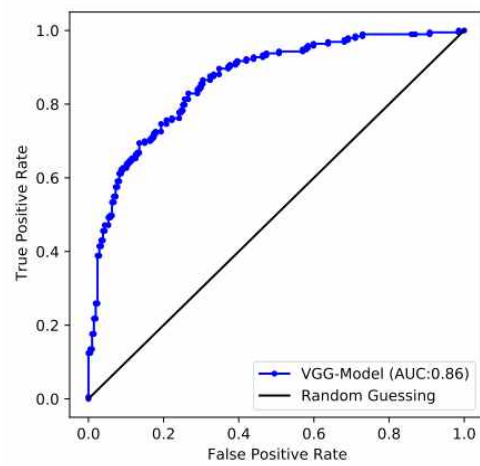
활기찬



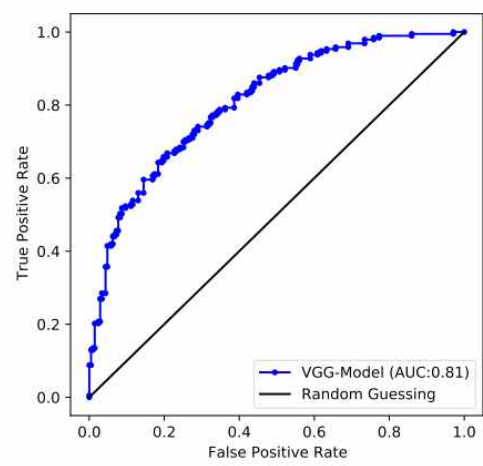
아름다운



부유한



우울한



지루한

그림 2-36. ROC 커브

(나) 경관평가 모델 실증

○ 개요

- 딥러닝 모델을 활용한 경관평가를 실증하기 위해 두 가지 다른 범위를 대상으로 실증함
- 서울시 전역 가로뷰 이미지 DB를 대상으로 예측을 진행하여 경관 형용사 지표의 분포를 알아보고 다양한 경관에서 6가지 경관형용사를 인지하는데 영향을 미친 시지각 요소를 파악함
- 주요 도시재생사업 중 하나인 관리형 주거환경 개선사업의 사업지를 대상으로 딥러닝 모델을 통해 사업 전후를 비교하여 모델의 활용가능성을 실증함



그림 2-37. 시지각·인지기반 딥러닝 근린경관 평가기법 실증 Framework

① 서울특별시 가로뷰 이미지 DB 딥러닝 모델 실증

㉞ 연구 대상 및 실증 방법

- 1차년도에 서울특별시 전역에 수집한 149,386개 지점에 대한 6개 지표의 예측을 진행함
- 예측한 결과는 학습한 바와 같이 이진 변수로 나타나는데 분포를 연속적으로 나타내기 위하여 분류 확률을 활용하였음
- 예측된 지표를 바탕으로 지표간의 상관분석을 진행하여, 지표간의 상관관계를 확인하고자 하였음. 뿐만 아니라 인근 주택 실거래가와 건축물 연한과의 상관관계를 살펴보고 주관적 인식과 근린의 특성과 연관이 있는지도 분석하였음
- GIS를 활용하여 서울특별시 내 주관적 인식의 분포를 확인하였으며, 토지이용과 결합하여 토지이용별 주관적 인식 차이를 살펴보았음
- 딥러닝을 활용한 컴퓨터 비전 방법론인 의미론적 분할기법을 활용하여 각 이미지별 구성요소를 도출하고 회귀분석을 진행하여 주관적 인식에 영향을 주는 시각적 요소를 파악함

○ 의미론적 분할기법(Semantic Segmentation)

- 의미론적 분할기법은 컴퓨터 비전 분야에서 딥러닝을 이용해 이미지에 나타난 물체들을 의미 있는 단위 클래스(class)로 분할하는 기법으로, 환경자극·인지 이론과 같이 사람이 시각적으로 이미지를 인식할 때 여러 단계를 동시에 거쳐 인식하는 과정을 모방한 모델임. 즉, 이미지를 픽셀 단위로 구분한 뒤, 각 픽셀이 어느 클래스에 속하는 지를 예측함. 이를 가로경관 이미지에 적용하면 픽셀 수준에서 가로를 구성하는 요소들과 구성 면적비율을 추출할 수 있음
- 본 연구는 2019년 일리노이 대학교와 Google이 공동 개발한 모델인 High-Resolution Networks(HRNet) 모델을 사용함. HRNet 모델은 ImageNet 데이터셋을 이용해 사전학습된

모델로, 입력 이미지를 저해상도로 인코딩했다가 고해상도로 복구하는 기존의 방식과 다르게 전체 프로세스에서 고해상도 표현을 유지함(Wang et al., 2020)

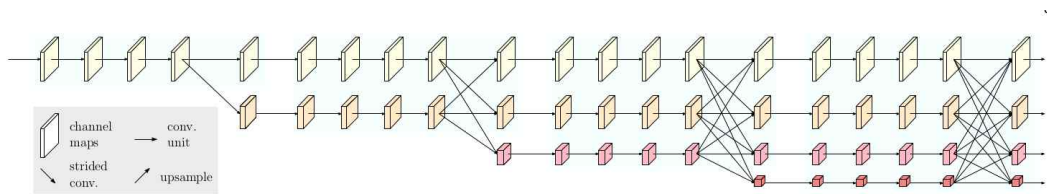


그림 2-38. HRNetV2의 구조 (출처 : Sun et al., 2019, p.2.)

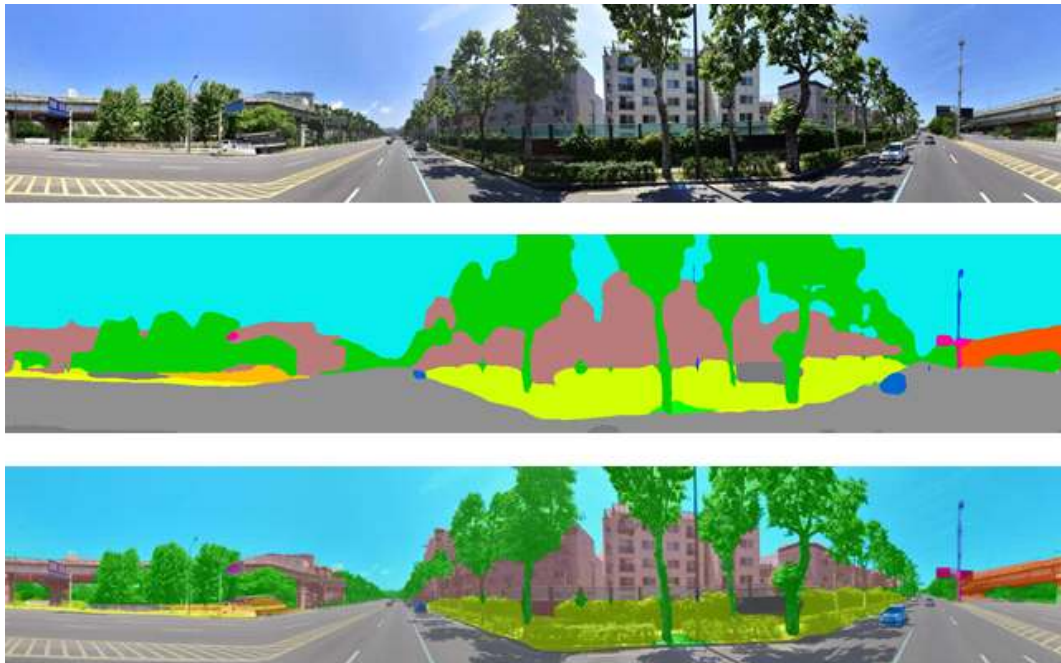


그림 2-39. 원본 이미지와 의미론적 분할기법으로 추출한 면적요소 (출처 : 이지윤, 2021)

④ 실증분석 결과

○ 개요

- 예측한 결과를 분류하였을 때, 안전한 가로는 대체로 아파트 단지 내외의 가로 또는 정돈된 상업지역이 나타났으며, 교외 또는 공사 중인 가로는 안전하지 않은 가로로 나타남



그림 2-40. 예측 이미지 예시

○ 지표간 상관관계 분석

- 부유한은 아름다운, 안전한과 강한 양의 상관관계가 있었는데, 가로환경의 미관과 안전은 부유하게 인지하는데 관련이 높은 요소라고 볼 수 있음
- 우울한은 안전한, 아름다운, 부유한과 강한 음의 상관관계가 있었는데, 미관, 안전이 좋지 않고 낙후되어 보이는 지역은 우울한 감정인지와 관련이 높음. 즉, 정신 건강과 연관성이 있는 것으로 보임
- 주택가격과 상관성을 보았을 때 주택가격과 안전한, 아름다운, 부유한과 양의 상관관계를 보였으며, 우울한과 음의 상관관계를 보였음
- 건물 연한과는 노후화된 건물이 많은 지역은 안전한, 아름다운, 부유한과 음의 상관관계, 우울한과 양의 상관관계가 나타났음

표 2-11. 지표간 상관관계

구분	안전한	활기찬	아름다운	부유한	우울한	지루한
활기찬	0.564***					
아름다운	0.579***	-0.049				
부유한	0.734***	0.203***	0.871***			
우울한	-0.817***	-0.370***	-0.768***	-0.800***		
지루한	-0.158***	-0.745***	0.219***	0.008	0.137***	
주택가격	0.346***	-0.037	0.456***	0.491***	-0.346***	0.181***
건축물 연한	-0.383***	-0.120***	-0.355***	-0.403***	0.381***	0.034

*** : p-value<0.001

○ 서울특별시 주관적 인식 공간 분포

- Place Pulse 2.0 데이터로 학습된 딥러닝 모델로 서울의 경관 이미지 분포를 하여 이를 지도로 시각화하였음
- 공간적인 분포를 살펴보면 ‘안전한’, ‘활기찬’, ‘아름다운’, ‘부유한’과 같은 긍정적인 경관 이미지는 동남권이 높게 분포하였으며, 반면 도심권과 동북권이 낮게 분포하는 것으로 나타났음
- ‘우울한’은 상대적으로 서남권과 동북권이 높게 나타났으며, 동남권이 낮게 나타났음
- ‘지루한’은 시가지보다 구릉지 또는 외곽에서 주로 높게 나타났음

○ 토지이용별 시지각 인지

- 토지이용별 시지각 인지 분포를 살펴보았을 때 상업지역과 녹지지역이 뚜렷한 특징을 보였음
- 상업지역이 안전한, 활기찬, 부유한에서는 가장 높고 아름다운, 지루한은 가장 낮았음
- 녹지지역은 반대로 아름다운, 지루한에서는 가장 높고, 활기찬, 우울한에서 가장 낮았음
- 녹지지역은 시가지보다 긍정적으로 인식되어 우울함을 덜 느끼지만, 정적인 측면이 강해 지루함을 느끼는 것으로 판단됨

표 2-12. 토지이용별 시지각 인지

구분	안전한	활기찬	아름다운	부유한	우울한	지루한
주거지역	4.01	7.78	1.28	3.26	7.27	2.67
상업지역	4.70	8.49	0.96	4.15	7.06	2.14
공업지역	3.81	7.85	0.93	3.52	7.50	2.70
녹지지역	4.31	5.73	2.48	3.75	6.63	4.54
평균	4.05	7.76	1.29	3.34	7.25	2.71

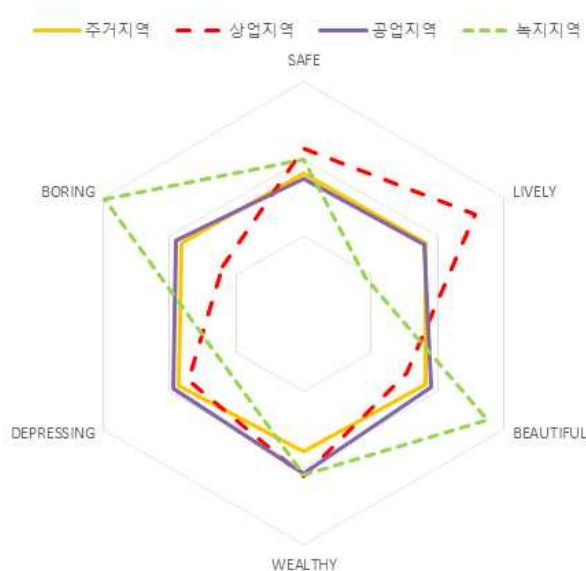


그림 2-41. 토지이용별 시지각 인지 분포

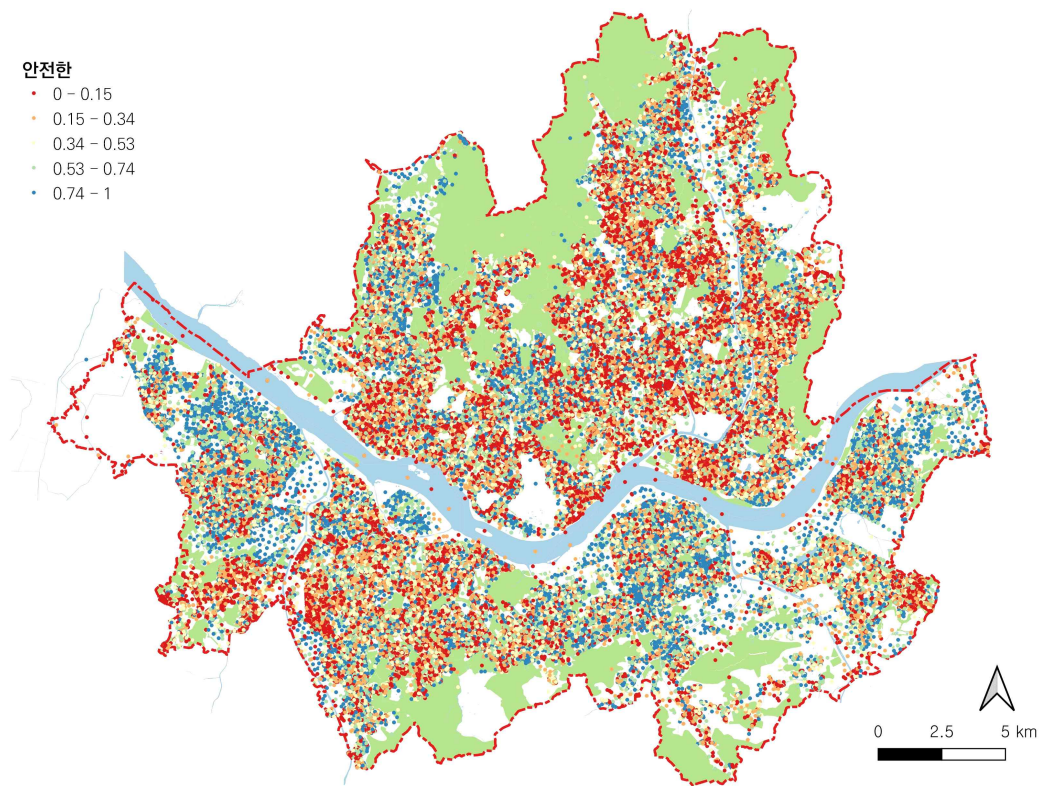


그림 2-42. 안전한 인지 분포도

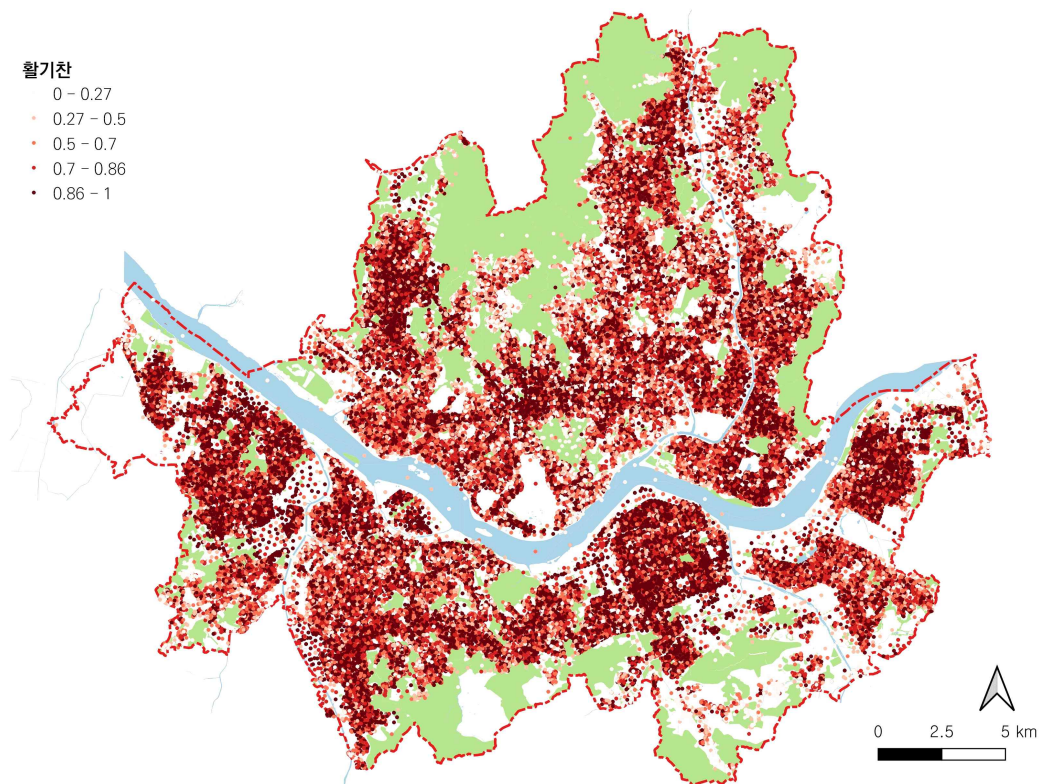


그림 2-43. 활기찬 인지 분포도

아름다운

- 0 - 0.084
- 0.084 - 0.239
- 0.239 - 0.454
- 0.454 - 0.722
- 0.722 - 1

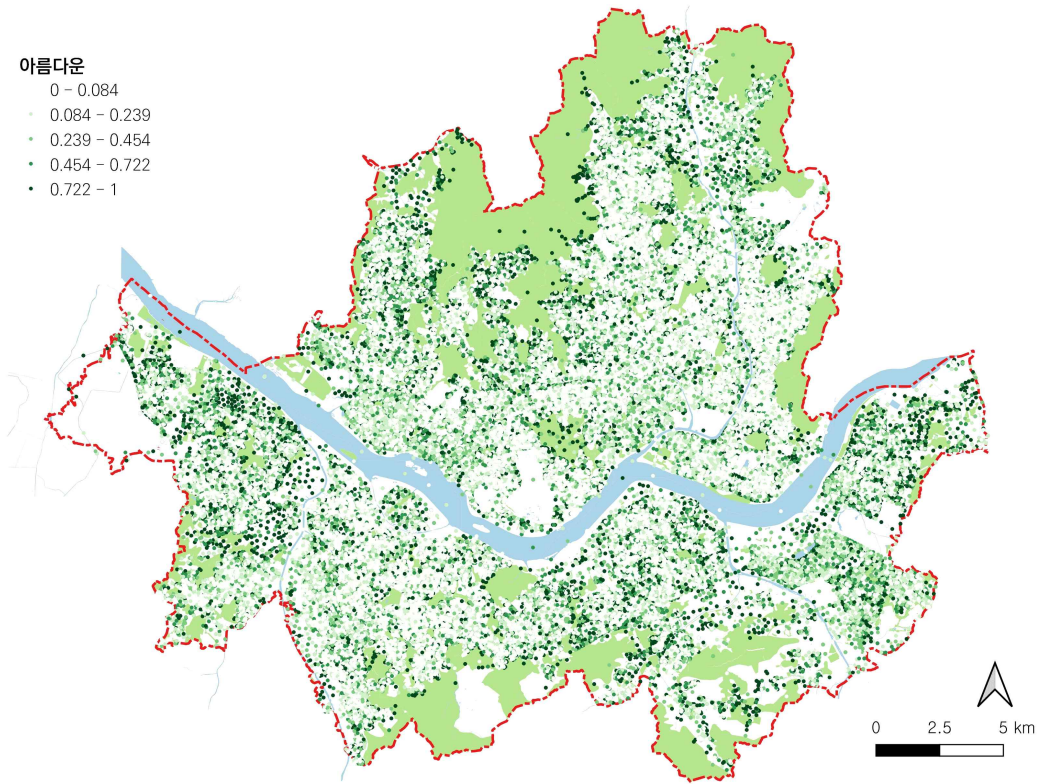


그림 2-44. 아름다운 인지 분포도

부유한

- 0 - 0.15
- 0.15 - 0.34
- 0.34 - 0.53
- 0.53 - 0.74
- 0.74 - 1

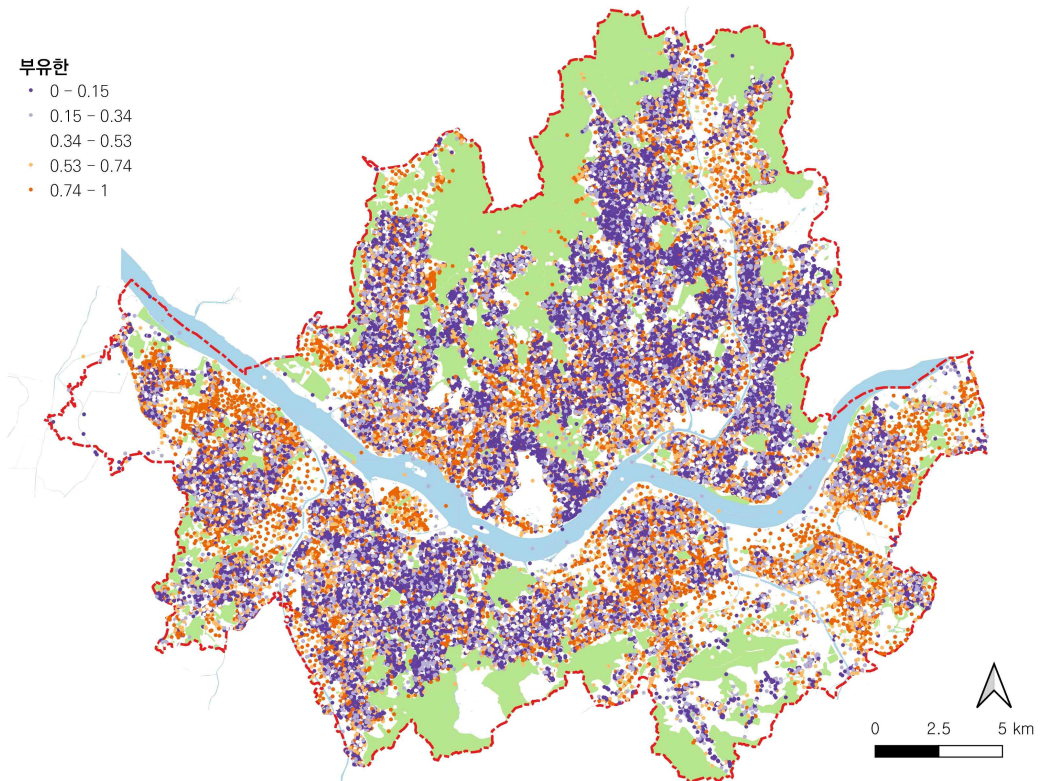


그림 2-45. 부유한 인지 분포도

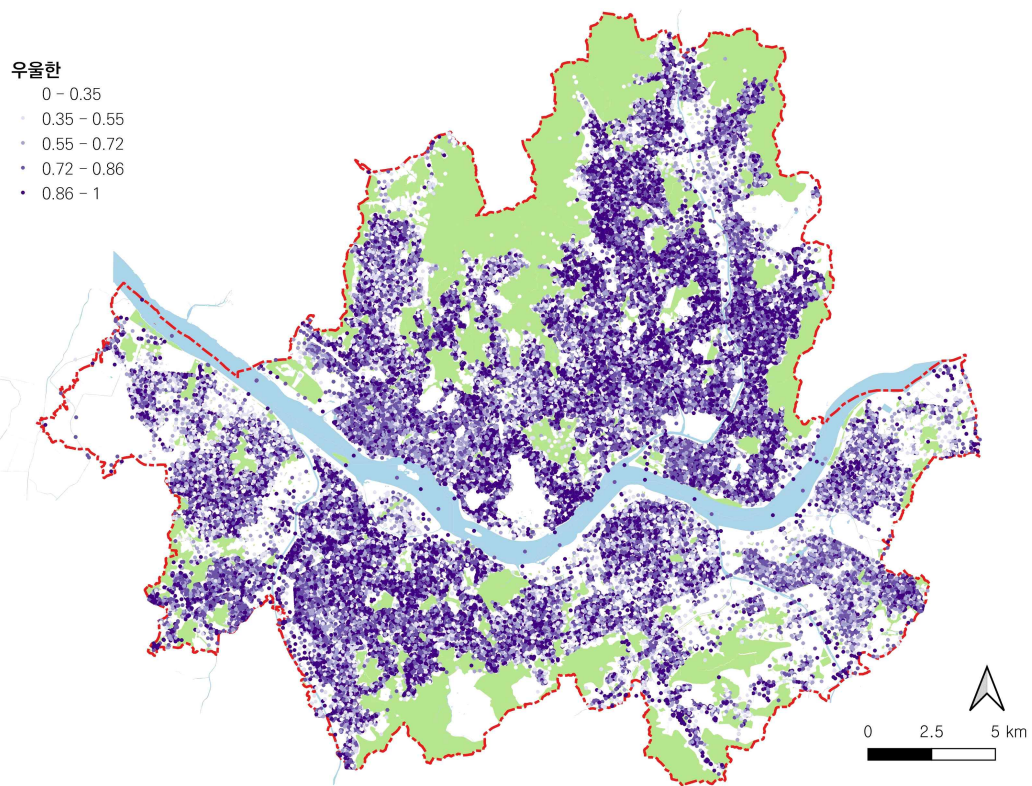


그림 2-46. 우울한 인지 분포도

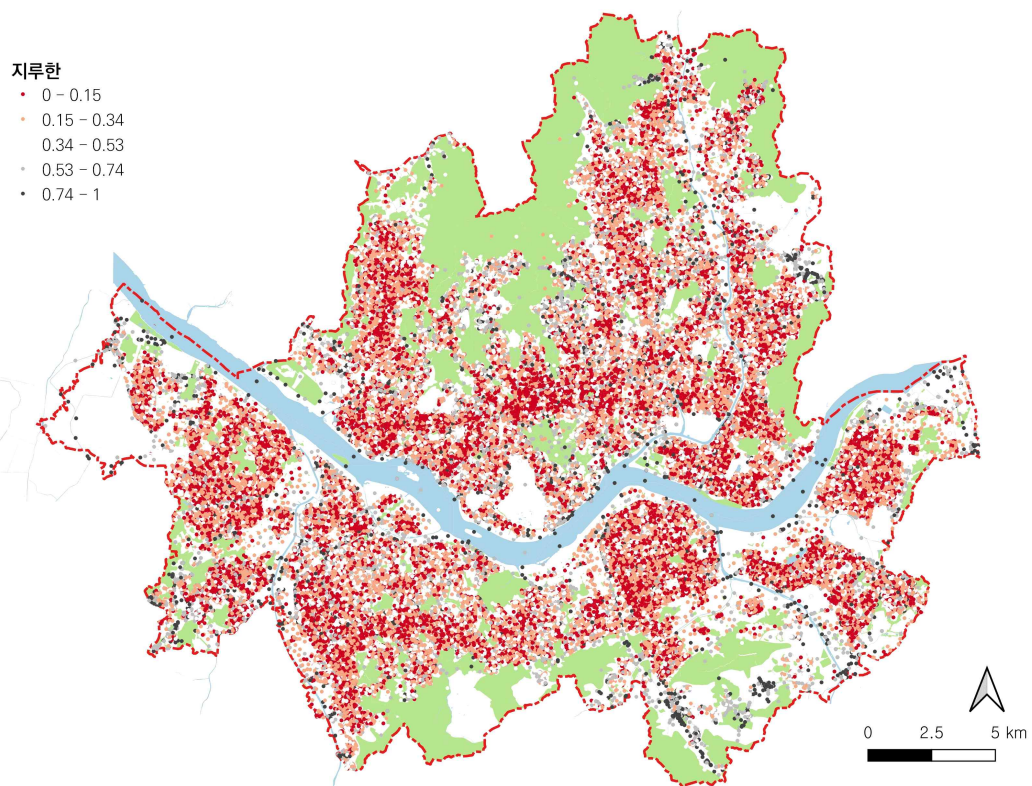


그림 2-47. 지루한 인지 분포도

○ 주관적 인지 영향요인 분석

- 6가지 지표별 의미론적 분할기법으로 도출된 150개의 요소 중 표준화계수 값 상위 10개를 표시하였으며, 긍정적인 영향관계에 있는 요소는 청색으로, 부정적인 영향관계에 있는 요소는 적색으로 표시하였음
- 경관 이미지에 따라 영향 요소가 다르게 나타났음. ‘하늘’과 ‘건물’ 면적비율은 경관 이미지에 부정적인 영향관계로 나타났음. ‘하늘’은 개방감(Openness), ‘건물’은 위요감(Enclosure)에 영향을 주는 요소로 시각적인 개방감과 위요감이 클수록 경관 이미지는 부정적으로 나타날 수 있다는 것임. 이러한 환경은 도로 폭이 넓은 대로나, 건물 높이가 낮지만 건폐율이 높아 건물벽이 형성된 가로에서 주로 형성됨. 이러한 환경은 유동인구와 보행만족도에도 영향을 줄 수 있음(Yin & Wang., 2016). 이와 같은 맥락으로 ‘벽’의 면적 비율 또한 부정적인 영향관계로 나타났는데, 폐쇄적이고 단조로운 건물 벽은 거리의 활력을 감소시키고(Gehl et al., 2006), 일조 및 바람의 차단하여 오염이 축적되는 “벽 효과(Wall Effect)”를 만들어 냄(Wong et al., 2011; Zhang et al., 2018)
- ‘나무’와 ‘식물’은 가로를 더 안전하고, 아름다우며, 부유하게 인식하게 함. 이처럼 조경이 잘 되어있는 곳은 잘 관리 되는 지역으로 인식될 수 있으며, 반대로 조경이 조성되어 있지 않은 곳은 관리가 열악한 환경으로 비춰질 수 있어 “깨진 유리창” 이론과도 연관지어 볼 수 있음(Wilson & Kelling, 1982; Troy et al., 2012). 또한 덜 우울하게 느끼게 하는데 녹지의 심리적 효과에 대한 이론을 뒷받침함(Kaplan & Kaplan, 1989)
- 도로와 보도에서 이동하는 사람과 차량은 동적 요소로 거리를 활력 있고 덜 지루하게 함(Zhang et al. 2018)

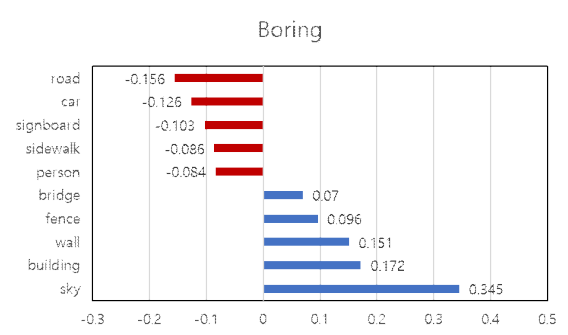
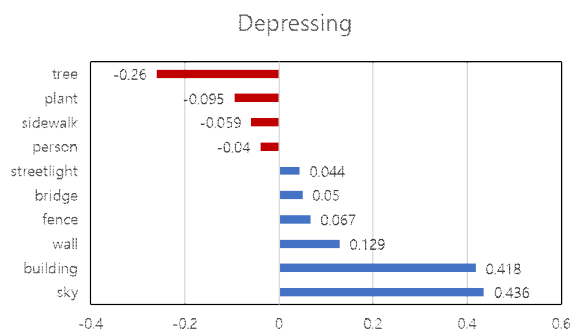
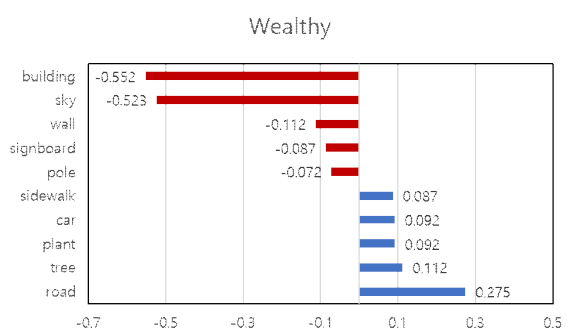
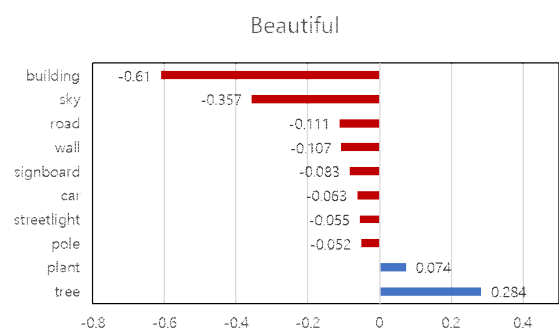
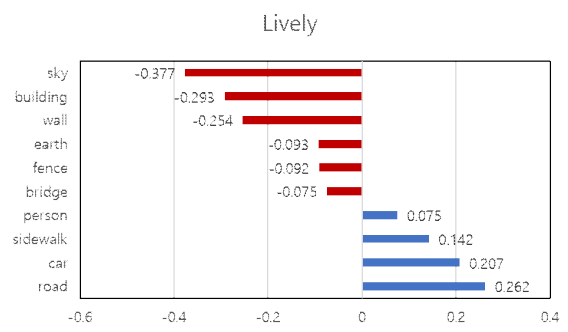
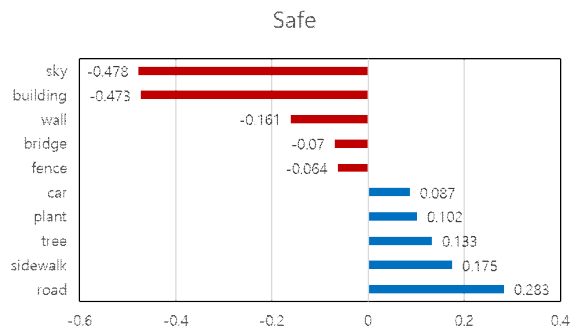


그림 2-48. 주관적 인지 영향요인

② 실제 도시재생 사업(관리형 주거환경 개선사업) 대상 딥러닝 모델 실증

㉠ 개요

○ 관리형 주거환경 개선사업

- 관리형 주거환경 개선사업은 2009년부터 진행되고 있는 소규모 도시재생 사업으로서, 단독 주택 · 다세대주택 밀집한 저층주거지이면서 동시에 재개발 · 재건축 등 기존 정비계획에서 해제된 사업대상지에 시행되는 사업임
- 경제성이 부족하여 재개발 · 재건축이 시행되지 않은 열악한 저층 주거지를 대상으로 시행하므로, 보편적 주거복지 실현에도 기여하고 있음
- 범죄예방계획(CPTED)와 더불어 도로 재포장 · Open Space 확보 · Green Parking 등 물리적 환경을 개선시키는 것을 핵심으로 마을 기업 운영 등의 비 물리적 방법으로도 지원함
- 재개발 · 재건축과 같은 정비사업과 다르게 기존 거주민의 정주권이 그대로 보장된다는 측면에서 상당한 의의를 가짐
- 서울특별시 전체 도시재생 사업의 44%를 차지하는 비중이 큰 사업이며, 다른 도시재생 사업과 다르게 일반법(도시 및 주거환경 정비법)을 기반으로 시행되므로 타 지역에도 적용하기에 용이함

표 2-12 도시재생 사업 구분

유형	일자리 거점 육성	생활 중심지 특화	주거지재생						거점확산	
사업	경제 기반형	중심 시가지 형	일반 근린형	주거지 지원형	주거환경 개선사업	도시활력 증진사업	새마을 사업	우리동네 살리기	서울형 도시재생	골목길 재생
관계 법규	도시재생 활성화 및 자원에 관한 특별법				도시 및 주거환경 정비법	국가균형발전 특별법			개별법	서울시 골목길 지원조례
대상지	5	15	21	6	84	11	2	5	15	25
비율	2.5%	8%	10%	3%	44%	6%	1%	2.5%	8%	13%

- 관리형 주거환경 개선사업을 통해 개선되는 물리적 요소는 재개발 · 재건축과 같이 괄목한 변화를 야기하지 않으며, 보다 부분적인 요소에 대한 개선을 하고 있음
- 저층주거지의 특성상 도로 재포장 · 벽면 개보수 등의 경관 개선은 다른 전면 개발사업에 비해 적은 예산으로 가로 경관을 획기적으로 개선하고 있음
- 첫 번째 사업 대상지였던 마포구 연남동이 2014년 처음 사업을 완료한 이래 6년이 지난 현재까지 아직 사후평가 사례는 단 1건도 존재하지 않으며, 이에 서울시는 2019년 평가체계 및 개선을 위한 토론회를 개최하는 등 노력을 기울이고 있음. 그러나 사업 전체는 물론 일부 분(주민생활, 물리적 가로환경 변화)에 대한 평가체계도 부재한 상황임



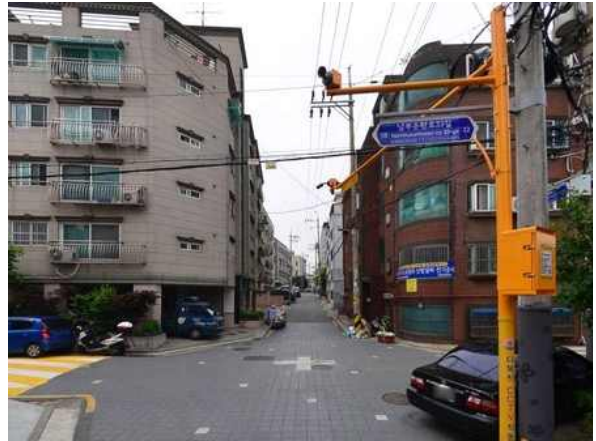
도로 재포장



Open Space 확보



전선 지중화



범죄예방계획 - CCTV 설치



벽화 그리기



담장 녹화

그림 2-49. 관리형 주거환경 개선사업 경관개선 예시

○ 도시재생 및 경관개선사업 평가

- 관리형 주거환경 개선사업은 다른 재개발 · 재건축과 같은 정비사업에 비해 물리적 변화가 적어 실효성에 의문을 갖게 할 수 있으며, 객관적 평가가 배제되어 사업이 지속되는 것은 부적절함. 따라서 객관적 평가를 시행하는 것이 사업 신뢰성과 지속성 제고를 위해 필요함.
- 본 사업을 비롯하여 다양한 도시재생 사업 및 경관개선 사업을 통해 개선된 가로경관을 평가하고자 하는 연구는 다수 존재함. 설문조사를 비롯하여 평가 항목을 구조화하거나 물리적 환경 변화만을 가지고 평가하는 등 다양한 시도가 있었음.
- 특히, 가장 대중적인 방법인 설문조사는 거주민이나 가로 이용자들을 대상으로 설문을 진행하는 것임. 가로 이용자의 실제 체감을 반영하여 보다 실질적이고 직관적인 평가가 가능하다는 장점이 존재함. 다소 정성적 방법에 의존하고 있으나, 가로를 구성하고 있는 요소 뿐 아니라 요소의 조화 · 위요 등 경관의 전체적인 이미지가 평가에 반영된다는 장점이 있음.

○ 과거 평가방식의 한계와 딥러닝 모델의 적용

- 경관 평가에 있어 대표적으로 사용되는 설문조사 방법은 지정된 위치에서 대면하여 설문을 진행해야 하므로, 조사에 많은 시간과 인력이 필요하다는 한계가 있음
- 단순히 물리적으로 개선되거나 추가된 요소를 사업 전 상태와 비교하여 점수를 부여하는 방식의 평가방법도 존재하나, 이러한 경우엔 가로 이용자들의 경험과 조화의 요소가 완벽하게 배제되어 정확한 평가가 제한될 수 있음
- 본 연구개발에서 개발된 딥러닝 모델을 사업 평가 도구로서 활용한다면 정량적인 검증을 통해 경관 개선 실효성을 증명할 수 있음. 뿐만 아니라 경관 평가를 간편하게 예측해 볼 수 있어 실제 전문가 및 공무원 등 사업 관계자들이 사업을 평가하는 데 있어 참고자료로 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대함.

④ 연구 대상지 선정 및 실증 방법

○ 연구대상지의 선정

- 2010년부터 2020년까지의 네이버 거리뷰 데이터와 서울특별시 도시재생포털에서 제공하는 관리형 주거환경 개선사업의 계획보고서를 이용함
- 거리뷰 데이터는 사업시행 전 · 후 시기별 구득이 가능하며, 계획보고서와 대조하여 실제로 사업이 시행되었는지 파악할 수 있음
- 2019년 6월 현재까지 관리형 주거환경개선사업이 완료된 28개 대상지 중, 맵지가 과다하거나 거리뷰 데이터 구득이 제한되는 9개 대상지를 제외한 총 19개 대상지에서 데이터를 구득하였고, 대상지 대부분은 1종 혹은 2종일반 주거지역으로 총 828개의 데이터를 추출하였음.
- 사업 외 변수(시간 등)에 의한 자연스러운 가로경관의 변화가 발생할 우려가 있음. 따라서 사업 자체가 영향을 미쳤는지 확인하기 위해 사업 실시 대상지와 유사하면서, 동일한 조건을 가지고 있는 사업 미실시 대상지와도 비교하였음(성동 금호23구역, 강동 성내16구역).

표 2-13. 연구대상지

** 주 용도지역(일부 혼재)

순서	자치구	대상지	용도지역	시행	완료	Data
1	마포	연남	2종일반주거지역	2010	2013	60
2	서대문	우리	2종일반주거지역**	2010	2013	60
3	성북	소리	3종일반주거지역	2010	2013	44
4		정든	2종일반주거지역	2012	2017	44
5		삼덕	1종일반주거지역	2013	2017	46
6	구로	온수골	2종일반주거지역	2011	2014	44
7		버들	2종일반주거지역**	2014	2019	54
8		한뚝모아	2종일반주거지역	2014	2019	34
9	금천	박미사랑(1단계)	2종일반주거지역	2011	2014	28
10		박미사랑(2단계)	2종일반주거지역	2012	2014	46
11	도봉	방아골	2종일반주거지역**	2011	2014	34
12		새동네	1종일반주거지역	2012	2014	36
13	동작	흑석숲	1종일반주거지역	2011	2013	26
14	영등포	장미	2종일반주거지역	2012	2018	46
15	은평	산새	2종일반주거지역**	2012	2015	52
16	강북	양지	2종일반주거지역	2013	2017	32
17	양천	해오름	2종일반주거지역	2013	2019	44
18		곰달래꿈	2종일반주거지역**	2013	2019	50
19	관악	돌샘행복	2종일반주거지역**	2014	2017	48
20	성동	금호23구역	3종일반주거지역	사업미시행		42
21	강동	성내16구역	2종일반주거지역	사업미시행		44



사업 전



사업 후 - 도로포장개선



사업 전



사업 후 - 리모델링 다수 정비



사업 전



사업 후 - 전선 지중화 및 담장 정비

그림 2-50. 관리형 주거환경 개선사업 사업전후 비교

○ 연구대상지 실증분석

- 828개의 거리뷰 데이터와 미실시 대상지로 분류한 데이터를 모두 딥러닝 모델을 통해 분석하였음. 분석 결과는 대응표본 Wilcoxon 부호순위 검정을 통해 사업 전 · 후 별로 P-value와 Z값을 확인하여 변화 폭, 변화 정도와 함께 신뢰도를 산출하였음
- 딥러닝 모델을 사용하여 안전한, 활기찬, 아름다운, 부유한, 우울한, 지루한 등의 6개 지표를 도출하여 평가할 수 있음. 그러나 우울한과 지루한 지표는 타 지표와 비교하였을 때 사업 목적에 부합하지 않아 제외하였음
- Spaerman's Rank Correlation Coefficient를 이용하여 딥러닝 분석으로 도출된 안전한, 활기찬, 아름다운, 부유한 4개 지표의 상관관계를 분석하였으며, 사업을 통해 개선된 요소의 상호작용을 확인하였음
- 딥러닝 분석을 통해서 변화한 지표별 결과값은 단순 시간 경과에 따른 자연스러운 현상일 가능성이 있음. 따라서 유사한 사례의 대상지를 대조군으로 선정해, 사전검증과정을 거쳤음. 사업시행 대상지와 같은 시기별로 구득하여 같은 방식으로 분석하였음
- 본 연구의 딥러닝 모델 내의 Attention Mechanism은 예측 결과의 근거를 확인할 수 있는 보조 수단으로 활용할 수 있음. 즉, 가로 경관의 어떠한 지점이 딥러닝 분석에 유의하게 작용하였는지 확인할 수 있음

표 2-14. 방법론 검증을 위한 대조군 대상지 개요

시행여부	대상지	용도지역	분석 시점	주택 구성유형	과거 추진사업	대상지 주변 토지이용
미시행 (대조군)	성동구 금호동4가 1221	3종일반	2012 2017	단독 및 다가구	주택재개발 예정구역 (해제)	3종일반 (아파트)
사업시행	성북구 소리마을					
미시행 (대조군)	강동구 성내동 502	2종일반	2010 2014	다가구 및 다세대	주택재건축 예정구역 (해제)	2종일반, 일반상업
사업시행	마포구 연남동					

㉔ 실증분석 결과

○ 지표간 상관관계 분석

- 딥러닝 분석을 통해 도출된 안전한, 활기찬, 아름다운, 부유한 지표는 정규분포를 이루지 않아, 비모수 상관관계 검증방법인 Spaerman's Rank Correlation Coefficient 을 통하여 분석하였음

표 2-15. 지표간 상관관계

구분	안전한	활기찬	아름다운	부유한
안전한		.614	.550	.797
활기찬	.614		.270	.495
아름다운	.550	.270		.617
부유한	.797	.495	.617	

- 모든 지표는 서로 양의 상관관계를 가지고 있으며 통계적으로 모두 유의함
- 특정 지표와 연관된 단위 사업(주거지안전사업, 가로활성화사업, 미관개선사업 등)을 통해 개선된 각각의 가로환경 요소가 다른 지표에 긍정적 영향을 줄 수 있는 가능성 또한 시사함

○ 대조군 비교 검증

- 사업 미실시 대상지는 지표 값 변화 차이 자체도 적으며, 유의미한 결과가 나타나지 않았음
- 사업 대상지는 4가지 측정 지표가 통계적으로 유의미하게 모두 상승하였음

표 2-16. 대조군 활용 사전검증

사업 시행 여부	지표	동일시점 전	동일시점 후	Wilcoxon 부호순위 검정	
				Z	P-value
사업 미실시	안전한	0.374	0.391	0.314	0.753
	활기찬	0.695	0.745	0.770	0.441
	아름다운	0.140	0.171	0.000	1.000
	부유한	0.273	0.304	0.081	0.423
사업 시행	안전한	0.350	0.562	3.397	0.001
	활기찬	0.680	0.805	2.723	0.006
	아름다운	0.100	0.290	3.333	0.001
	부유한	0.204	0.454	4.217	0.000

○ 가로경관 개선 평가

- 828개 Data를 기반으로 분석하여 Wilcoxon 부호순위검정을 진행한 결과 안전한, 활기찬, 아름다움, 부유한 4개의 모든 지표가 유의미하게 상승함을 확인할 수 있었음
- 19개 대상지를 개별적으로 분석하였을 경우에도, 모든 대상지에서 지표값은 공통적으로 상승하는 것을 확인함
- 안전한 지표와 부유함 지표가 크게 향상되어 사업을 통해서 개선된 물리적 환경의 폭을 정량적으로 확인할 수 있었음. 아름다운 지표의 변화는 적은 편이나, 저층 노후주거지가 대다수인 대상지들의 특성에 따라 갖게 되는 한계로 보임

표 2-17. 사업 전후 지표 비교

지표	사업전	사업후	Wilcoxon 부호순위검정	
			Z	P-value
안전한	0.308	0.382	5.030	0.000
활기찬	0.673	0.777	4.773	0.000
아름다운	0.061	0.090	2.982	0.003
부유한	0.124	0.226	5.191	0.000



양천 해오름, Spot-7 (위) 사업 전 (아래) 사업 후

구분	안전한	활기찬	아름다운	부유한
전	33	82	0	7
후	72	82	38	65
변화	▲ 39	-	▲ 38	▲ 58



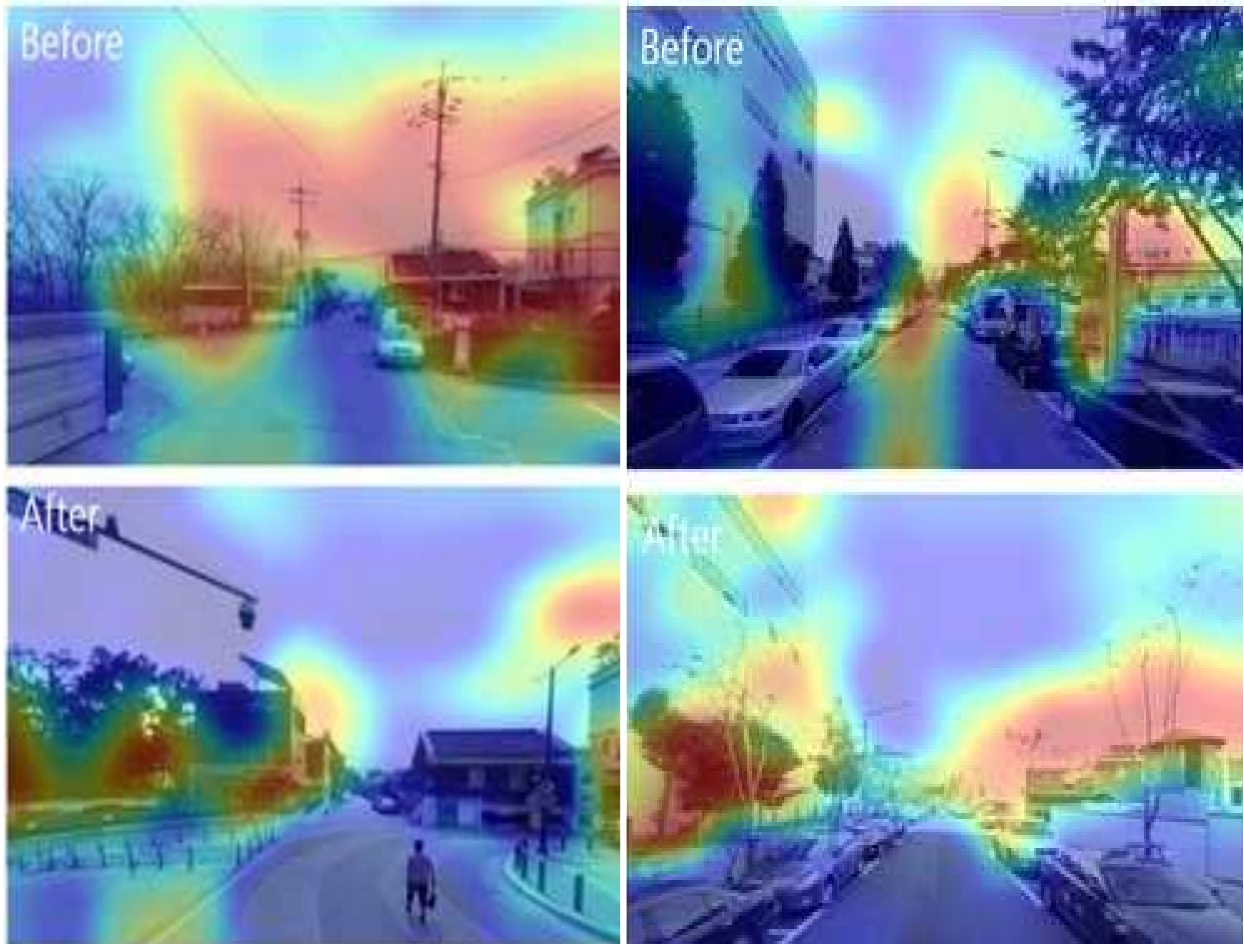
도봉 새동네, Spot-2 (위) 사업 전 (아래) 사업 후

구분	안전한	활기찬	아름다운	부유한
전	15	65	2	9
후	92	97	53	92
변화	▲ 77	▲ 32	▲ 51	▲ 83

그림 2-51. 대상지 개선 평가 결과

○ Attention Mechanism

- 사업 전 이미지에서는 보편적인 경관 저해요소(공중선, 외벽 균열)가 낮은 평가의 근거가 된 반면, 사업 후 이미지에서는 사업을 통해 개선된 경관 요소(리모델링 된 건물, 재포장된 도로)를 높은 평가의 근거로 나타냈음
- 서대문 우리마을의 이미지는 도봉 새동네의 이미지에 비해 가시적인 물리적 환경 변화가 적음에도, Attention Mechanism은 집중적으로 평가에 반영하는 것으로 보임



도봉 새동네 Spot-3 사업 전후 비교
(위) 부유하지 않음 (아래) 부유함

서대문 우리마을 Spot-5 사업 전후 비교
(위) 부유하지 않음 (아래) 부유함

그림 2-52. Attention Mechanism 분석

㉔ 소결

○ 가로이미지 개선 측면에서 객관적 사업 실효성 평가의 가능성

- 가로경관을 개선하는 사업 전·후의 물리적 환경 변화와 사업 실효성을 객관적이고, 구체적인 Street-score로서 제공하므로 가로 경관개선 부분의 실효성을 정량 평가할 수 있음
- 기존 연구들은 도시재생을 비롯한 각종 사업 평가에 있어 설문조사를 활용하는 경우가 많았으나, 자료 구득의 한계와 분석의 주관성이 강해 사업 실효성 증명이 어려웠음. 특히 관리형 주거환경개선사업과 같이 물리적 환경 변화가 적을 경우 더욱 제한적이었으나, 본 연구결과를 통해 정량화된 가로평가 가능성을 시사할 수 있음

○ 가로 경관 개선사업 사후평가 용이성의 확보

- 관리형 주거환경개선사업은 물론, 다른 도시재생 사업 등의 사후평가를 수월하게 하는 데 기여할 수 있음
- 물리적 환경변화를 정량화하여 평가하므로, 사업 계획 수립을 용이하게 하고 이미지 데이터만 존재하면 모든 지역에 활용할 수 있으므로, 가로 경관 변화의 편리한 평가가 가능함
- 사업 요소에 따라 변화 정도를 나타낼 수 있으므로, 사업비 배분 등 다방면에 응용 가능함

○ 분석 방법의 높은 범용성

- 설문조사 등 노동집약적 방법에서 벗어나, 구체적 수치로서 가로 경관 개선 여부와 정도를 제시하므로, 사업의 실효성 평가가 가능함
- 가로경관 이미지를 통해 분석하여, 대상지 혹은 개선된 지표별로 공통적으로 나타나는 특징을 분석하여 향후 관리형 주거환경 개선사업을 비롯한 다양한 물리적 환경 개선사업에 응용할 수 있음

(4) 클라우드 소싱 플랫폼 개발

(가) 클라우드 소싱 관련 선행기술 검토

① 클라우드 소싱 관련 이론 및 연구

㉠ 클라우드 소싱의 개념

- 클라우드 소싱은 대중(crowd)과 아웃소싱(outsourcing)의 합성어로 대중에게 업무의 일부를 위탁해 처리하는 시스템을 의미함. 클라우드 소싱은 전문가들과 관계자만 접근 가능했던 정보를 대중과 공유하여 혁신을 이루고자 하는 방법임. 특히 일반인들이 참여하는 만큼 수요자들의 수요를 적극적으로 반영할 수 있을 뿐만 아니라 홍보 및 인식개선 등 최소 비용으로 최대 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대하고 있음

㉡ 클라우드 소싱의 속성

- ‘대중의 다양성’ : 대중의 범위는 전문가에서부터 비전문가 모두 포함
- ‘문제의 제시’ : 제공자와 대중이 공동으로 관심이 있고 목표로 한 문제가 필요함
- ‘관념화’ : 대중의 생각을 공유하는 것이 가능해야함
- ‘인터넷’ : 클라우드소싱 플랫폼을 이용하여 접근할 수 있어야 함
- ‘선택’ : 대중은 프로젝트나 의견이 어떻게 선택되는지 알아야 함

② 클라우드 소싱 기반 ‘경관평가’의 개념과 특성

㉠ 클라우드 소싱 기반 ‘경관평가’ 추진 배경

- 클라우드 소싱은 주로 기업과 산업의 영역에서 논의되어 왔으나 이와 더불어 공공분야에서도 클라우드 소싱에 대한 관심이 증가하고 있음. 이는 시민의 아이디어와 지식을 활용할 때 효과적인 사업 진행이 가능하기 때문임. 현재는 공공에서의 클라우드소싱의 활용은 기존 시민 참여 플랫폼인 블로그, 뉴스 등의 정보를 분석해 의견, 쟁점, 제안을 추측하고 최종적으로 요약하고 시각화하는 방식으로 발전해왔음. 그러나 경관에 있어서는 여전히 국민들의 인식이 부족하며, 클라우드소싱 활용사례가 전무함. 기존의 시민참여는 서면, 인터뷰, 주민협의회 등의 방법이었으나, 온라인 환경을 활용하면 시민들이 보다 개방적이고 일상적인 참여가 가능함

㉡ 클라우드 소싱 기반 ‘경관평가’ 개념

- 경관계획은 수많은 의사결정의 연속으로 의사결정자가 지역의 경관문제 해결에 가장 적합한 선택을 할 수 있도록 정보를 제공해야함. 이를 위해 클라우드 소싱을 기반으로 한 경관평가가 필요함. 클라우드 소싱 기반 경관평가이란 “온라인 플랫폼을 기반으로 한 대중의 아이디어, 기술, 노동력 등을 활용하여 경관에 대한 선호를 파악하고 이를 향후 도시의 경관사업에 반영하여 효율적인 의사결정과정에 활용하는 것”으로 정의 할 수 있음

㉔ 클라우드 소싱 기반 '경관평가' 필요성

- 클라우드 소싱 기반 경관평가의 필요성은 크게 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있음
- 첫째, 집단지성을 활용한 전문성 확보 측면임. 기존 대부분의 사업 의사결정 시 소수의 전문가에게 의존함. 도시 관련 사업은 보편적 지식과 전문성을 갖춘 전문가뿐만 아니라 지역사회 기반의 로컬데이터를 생산할 수 있는 대중의 참여가 필수적이며, 시민 참여 도모를 통해 사업 효과와 효율을 극대화할 수 있음
- 둘째, 시민참여를 통한 절차적 정당성과 투명성 확보 측면임. 온라인 클라우드 소싱 플랫폼을 통해 경관과 관련한 다양한 정보를 공개하면 대중은 지식과 노동력을 동원해 해당 사업의 기획·집행·평가 의사결정과정을 지원할 수 있음. 이를 통해 건전한 거버넌스를 구축하고 잠재적 부패가능성을 낮추며 계획주체와 시민 간의 관계를 개선할 수 있음
- 셋째, 온라인 플랫폼을 활용한 사업 모니터링의 효율성 확보 측면임. 사업의 합리적 의사결정에 필요한 수요를 의사결정자에게 전달할 수 있고 결과적으로 수요에 맞는 사업이 진행될 수 있음. 따라서 기존 Top-down식 정책추진방식에 비해 효율적 사업 진행을 가능하게 함

③ 우수 사례 벤치마크

○ Place Pulse

- MIT Media Lab에서는 Place Pulse 프로젝트의 일환으로 웹사이트를 운영하였음
- 주요 기능으로는 메인페이지에 6개의 주관적 인식을 두 이미지를 쌍체비교하여 수집하였으며, 정보는 56개 도시간의 형용사별 랭킹을 매겨 비교하여 제공하였음

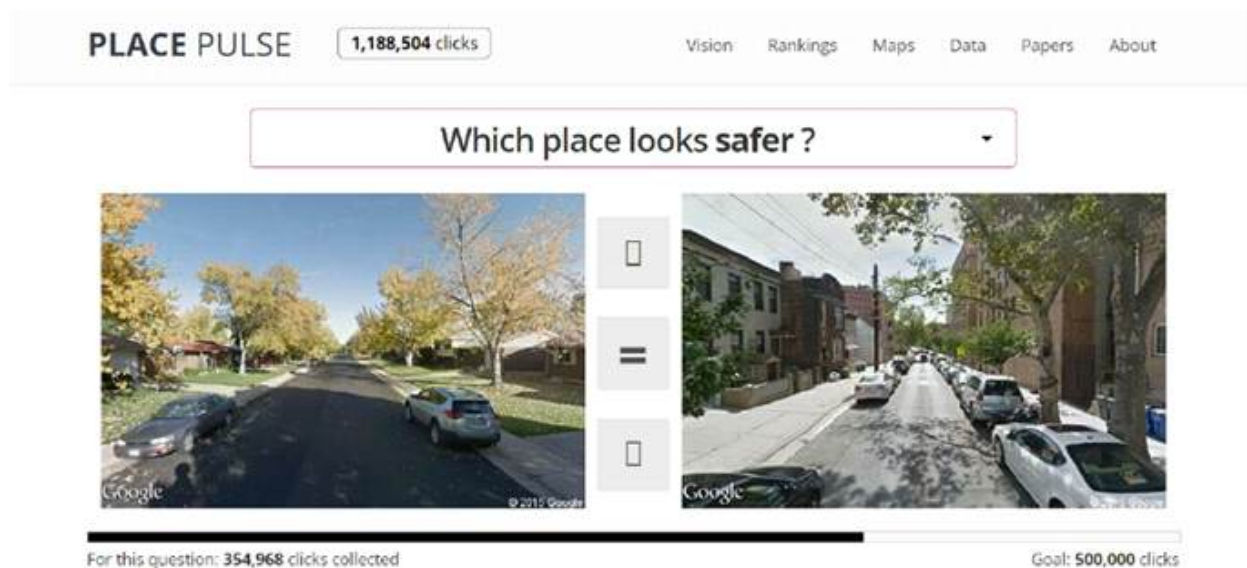


그림 2-53. Place pulse 웹페이지

① 플랫폼 개발 목적

- ## ② 플랫폼 개발 프로세스

- ```

graph LR
 A[평가 알고리즘 개발] --> B[백엔드 개발]
 B --> C[홈페이지 구성]
 C --> D[홈페이지 프로토타입]
 D --> E[배포]
 E --> F[웹 게시]
 F --> G[웹서버]

```

- 79 -

### ③ 평가 알고리즘 개발

### ㉓ 쌍체비교 평가 이론

#### ○ 서스톤(1929)의 비교판단 법칙(law of comparative judgements)

- 심리학자들은 주관적 인식을 측정하기 위해 다양한 척도를 개발함
- 쌍으로 비교된 2개의 항목 중에서 항목을 등급화할 수 있고 비교가 무수히 많으면 정규분포의 구간척도를 구할 수 있음
- 참여방법이 간단명료하여 척도를 이해하지 못하는 어린이도 수행할 수 있어 신뢰성 있는 통계적 특성을 가진 선호도 측정을 이끌 수 있음(Cohen & Orme, 2004)

### ④ 평가 알고리즘 구조

#### ○ 평가 알고리즘 프론트엔드

- 프론트엔드는 사용자가 실제 플랫폼을 이용할 때 볼 수 있는 웹페이지 부분을 의미함
- 메인 페이지에서 질문에 대한 답을 라디오버튼을 클릭하여 둘 중 하나를 선택
- 선택이 될 경우 라디오버튼이 다른 색으로 표시되어 선택여부 확인 가능함
- 선택완료 버튼을 누르면 선택이 저장되고 새로운 사진들로 교체되도록 함

#### ○ 평가 알고리즘 백엔드

- 백엔드는 크게 서버의 데이터를 불러오고 저장하는 기능을 하는 PHP, 프론트엔드와 PHP 사이를 연결하는 Javascript로 구성되어 있음
- 홈페이지가 로딩되면 Javascript로 작성된 init.js가 자동으로 작동을 시작하며, 프론트엔드에서 사용자가 조작할 때 init.js는 PHP가 알맞은 기능을 하도록 유도함
- 이들의 작동과정은 다음과 같음
- 홈페이지가 로딩되면 init.js의 addImage 기능이 get\_images.php를 작동시켜 Images 폴더 내에 있는 임의의 이미지 두개와 두 이미지 파일명에서 가로뷰 이미지의 고유 ID를 불러오도록 하고 프론트엔드에 이미지 두 장을 출력함
- 사용자가 선택완료를 누르면 init.js의 validateForm 기능이 프론트엔드에서 라디오버튼의 선택 결과를 불러온 뒤, 두 이미지 고유 ID와 선택결과를 write\_db.php에 전달해 write\_db.php이 평가결과를 result.csv 파일로 저장하도록 함

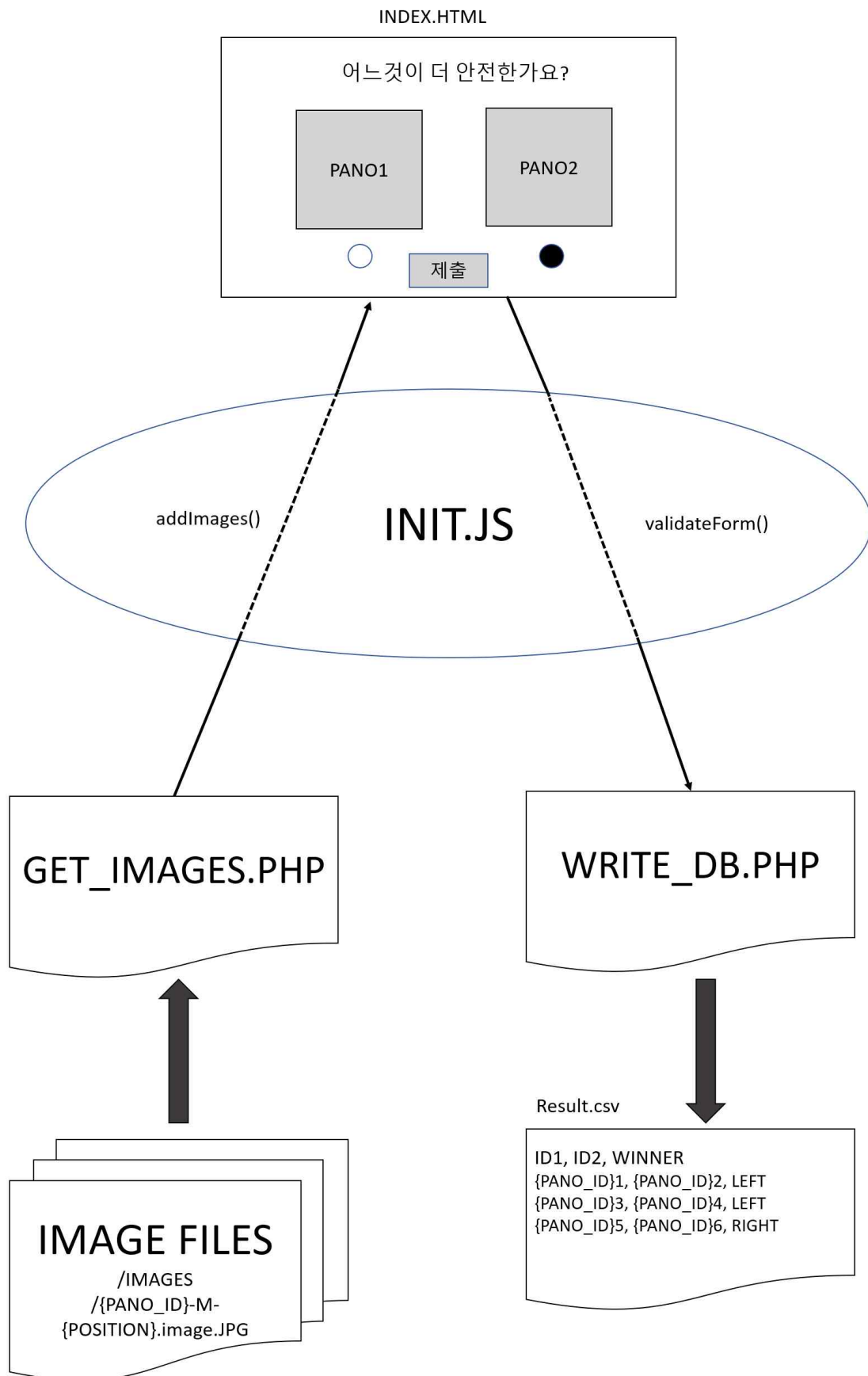


그림 2-55. 평가 알고리즘 구조

#### ④ 홈페이지 구성

##### ㉠ 홈 (근린평가 페이지)

- 클라우드 소싱 기반 근린평가 플랫폼은 반응형 웹으로 개발하였음. 반응형 웹은 하나의 웹사이트에서 다양한 기기의 디스플레이에 맞게 화면 크기가 유동적으로 출력되는 접근성 향상 기법임
- 쌍체비교 경관 평가 알고리즘이 작동되는 페이지로 플랫폼의 핵심 기능으로 두개의 서버내에 입력한 이미지 DB에서 이미지를 출력해 제시함. 이용자는 두 이미지 중 질문에 적합한 이미지를 선택 후 제출하게 됨
- 평가 결과는 파일명 'result.csv'의 파일로 누적하여 서버에 저장됨

## 근린경관 클라우드소싱 플랫폼

홈

서비스소개

지도로 탐색

지역별 현황

관련사이트

### 어느 골목 사진이 더 안전해 보이나요?



첫번째    비슷함    두번째

선택완료

이전 선택 다시하기

©Copyright Hanyang University Urban Design Lab

그림 2-56. 홈 페이지

#### ④ 서비스 소개

- 해당 메뉴를 클릭하면 플랫폼 구축 이유와 목적을 설명함

### 근린경관 클라우드소싱 플랫폼이란?



동네는 여러분이 일상생활 중 가장 많은 시간을 보내는 장소입니다. 어디 살지를 고민하면서 우리는 주택뿐만 아니라 주변의 거주환경도 고려하게 됩니다. 입지, 교통, 교육 등의 정보는 최근 각종 온라인 서비스를 통해 쉽게 얻을 수 있습니다. 그러나 그 지역의 길거리가 안전한지, 미관이 좋은지 등 경험적인 정보는 개인에 따라 다르기 때문에 신뢰도 있는 정보를 얻기 매우 어렵습니다.

이 플랫폼은 많은 사람들을 대상으로 쉬운 질문을 통해 경관에 대한 인상을 수집하고 동시에 답러닝을 사용해 객관화된 지표로 구축하여 정보를 제공합니다. 이러한 정보는 시민들이 거주지를 탐색할 때 활용할 수 있고 정책에 참고 자료로도 활용될 수 있습니다.

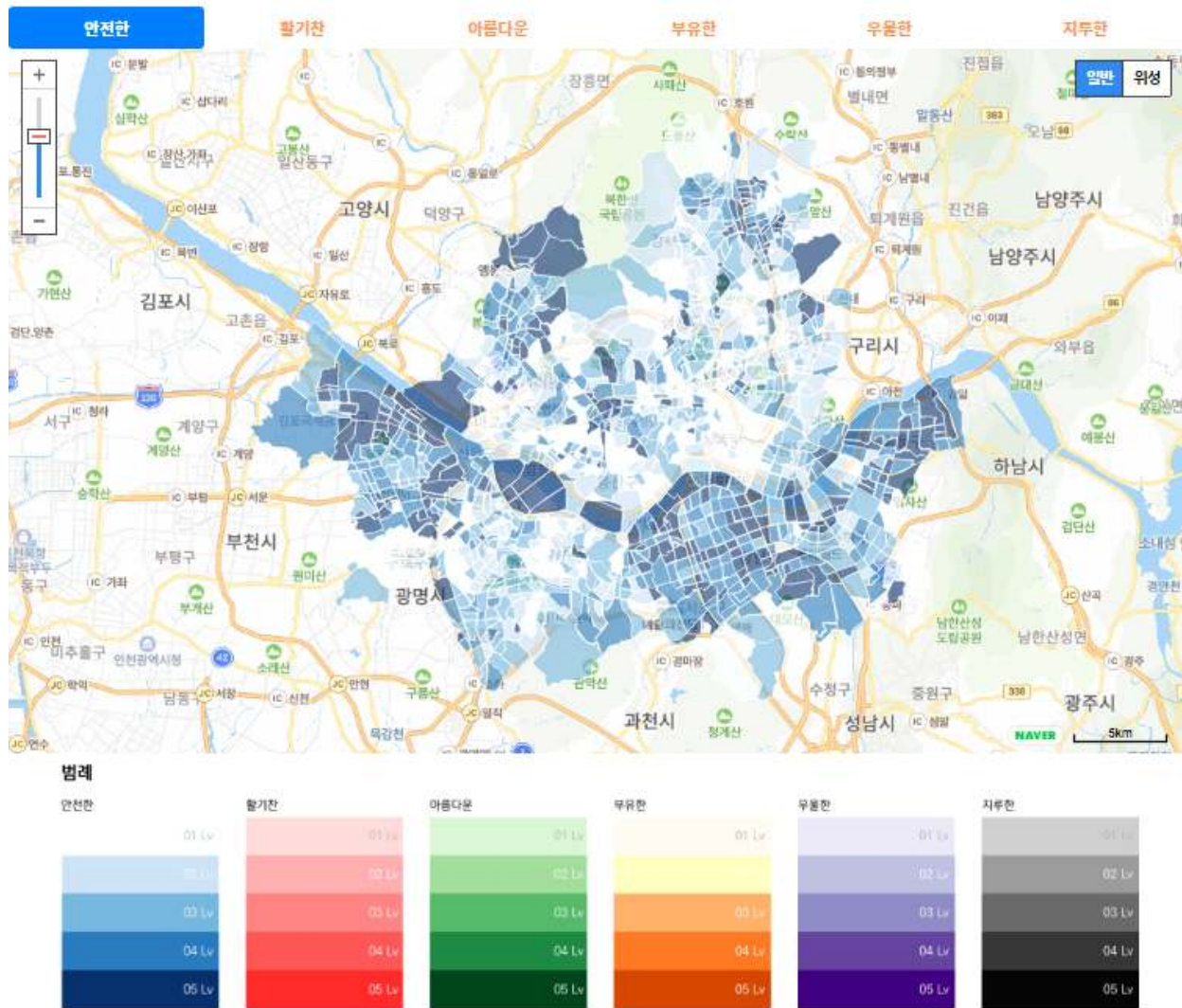
©Copyright Hanyang University Urban Design Lab

그림 2-57. 서비스 소개 페이지

#### ㉔ 경관 지도

- 경관 지도 메뉴에서 원하는 형용사를 선택시 해당하는 형용사의 주관적 인식이 어떻게 분포하는지를 지도를 통해 시각화하여 제시함
- 대민정보 제공 시 주택가격 등 민감한 영향이 있을 것으로 예상되어, 행정동 이상의 축척으로 확대를 제한하고 5분위로 나누어 대구역 단위로 정보를 제공함

### 경관 이미지 분포 시각화



©Copyright Hanyang University Urban Design Lab

그림 2-58. 경관 지도 페이지

㉔ 지역별 현황

- 지역별 현황 페이지에서는 형용사별 주관적 인식을 100점 만점의 점수형태로 행정구역 단위로 제공함
- 대민정보 제공 시 주택가격 등 민감한 영향이 있을 것으로 예상되어, 수치제공은 행정동 및 자치구 단위로 제공하였음

## 지역별 현황

| 행정구역        | 안전한   | 활기찬   | 아름다운  | 부유한   | 우울한   | 지루한   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 종로구         | 38.36 | 63.79 | 19.86 | 29.71 | 68.62 | 31.48 |
| 사직동         | 44.07 | 67.72 | 18.28 | 36.6  | 68.97 | 30.91 |
| 삼청동         | 39.32 | 55.48 | 25.29 | 29.38 | 64.27 | 33.31 |
| 부암동         | 34.26 | 45.97 | 30.78 | 25.39 | 65.69 | 43.18 |
| 평창동         | 37.75 | 50.1  | 34.2  | 30.1  | 61.51 | 41.3  |
| 무악동         | 49.36 | 74.22 | 25.32 | 37.38 | 65.56 | 27.1  |
| 교남동         | 52.46 | 69.07 | 30.34 | 48.57 | 63.29 | 34.21 |
| 가회동         | 38.66 | 56.4  | 20.81 | 26.88 | 67.81 | 32.17 |
| 종로1·2·3·4가동 | 38.52 | 67.24 | 13.96 | 30.12 | 69.46 | 26.63 |
| 종로5·6가동     | 36.24 | 68.23 | 15.06 | 29.15 | 72.98 | 28.92 |
| 이화동         | 45.58 | 74.1  | 19.24 | 35.16 | 61.83 | 25.62 |
| 창신1동        | 28.1  | 72.94 | 10.46 | 22.34 | 78.16 | 23.36 |
| 창신2동        | 23.34 | 65.16 | 12.34 | 16.12 | 78.39 | 28.85 |
| 창신3동        | 24.01 | 57.55 | 14.25 | 19.47 | 82.4  | 38.77 |
| 송인1동        | 29.96 | 68.16 | 11.76 | 21.74 | 77.45 | 29.18 |
| 송인2동        | 32.87 | 70.25 | 11.33 | 27.37 | 75.08 | 25.09 |
| 청운효자동       | 44.99 | 64.93 | 24.04 | 33.65 | 63.46 | 33.68 |
| 혜화동         | 39.41 | 66.47 | 16.54 | 27.27 | 69.71 | 31.3  |
| 중구          | 38.82 | 74.64 | 13.23 | 30.75 | 71.63 | 23.93 |
| 소공동         | 61.43 | 85.82 | 19.08 | 59.41 | 59.49 | 18.1  |
| 회현동         | 40.2  | 74.57 | 14.8  | 34.97 | 69.54 | 24.17 |
| 명동          | 49.58 | 79.78 | 15.8  | 41.52 | 64.66 | 19.57 |
| 필동          | 39.24 | 65.93 | 15.49 | 29.61 | 71.51 | 29.12 |
| 장충동         | 37.24 | 63.08 | 16.75 | 29.21 | 71.08 | 34.14 |
| 광희동         | 41.15 | 77.83 | 10.57 | 33.15 | 72.13 | 22.55 |
| 을지로동        | 31.39 | 77.07 | 7.4   | 23.38 | 75.31 | 17.53 |
| 신당5동        | 42.57 | 82.07 | 15.5  | 34.72 | 67.73 | 19.03 |

그림 2-59. 지역별 현황 페이지

⑤ 웹 게시

- 웹 호스팅 업체 ‘닷홈(<https://www.dothome.co.kr>)’의 호스팅을 받아 실제 웹에 게시하였음
- 주소는 “<https://udlplatform.dothome.co.kr>”이며, 반응형 웹으로 PC뿐만 아니라 스마트폰 태블릿 PC 등 모바일 기기에서도 사업 종료일(2020년 12월 31일) 기준으로 접속이 가능함

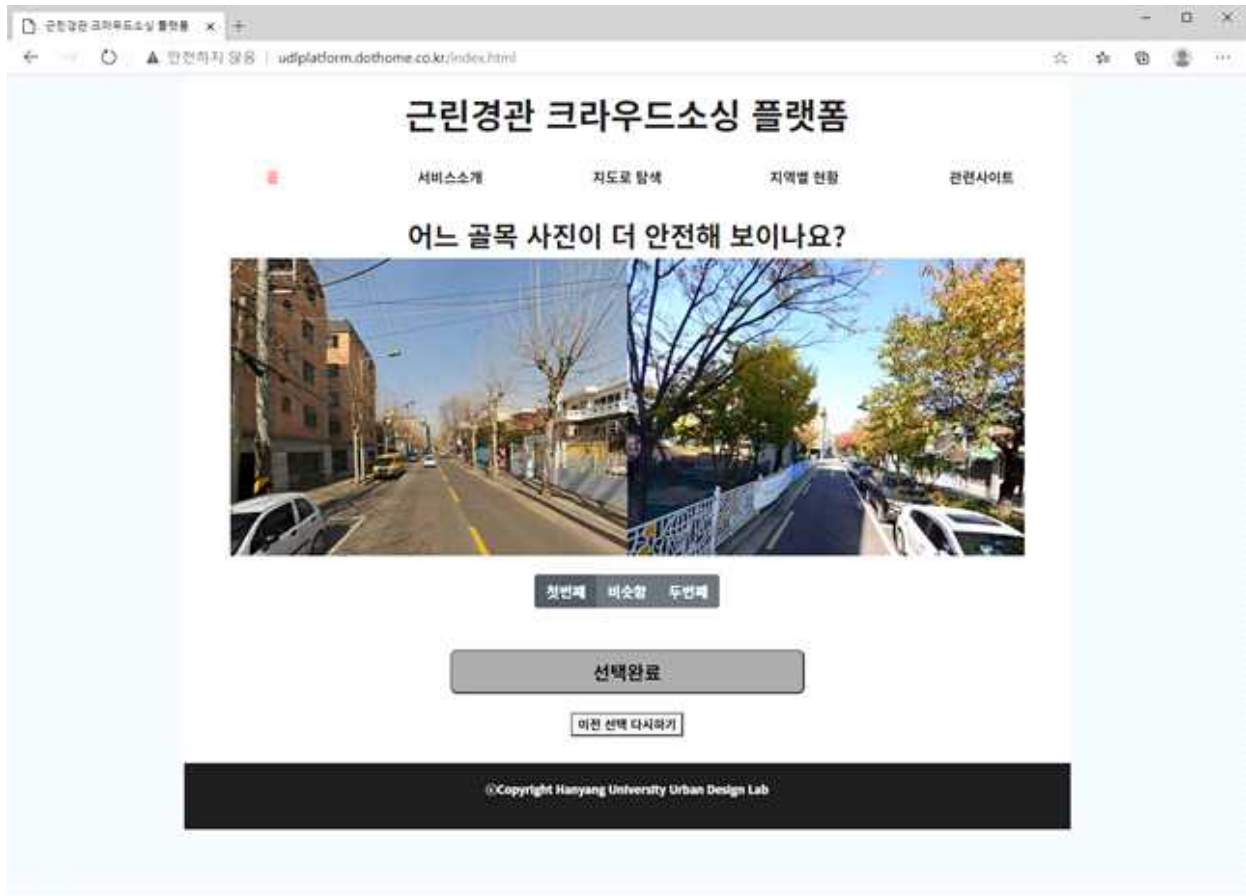


그림 2-60. 웹 게시

## 마. 연구 개발 성과

### (1) 논문 게재 성과

| 국내/외 | SCI/<br>일반 | 논문명                                                                                   | 학술지명                                                   | ISBN<br>ISSN | 저자명               | Vol.<br>(No) | 게재<br>연도 |
|------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|-------------------|--------------|----------|
| 국외   | SCI        | Awareness of Crime Prevention Effects Associated with a Wall Removal Project in Seoul | Journal of Asian Architecture and Building Engineering | 1347-2852    | 김병석<br>박진아        | online       | 2020     |
| 국내   | 일반         | 상업가로경관의 시각적 정보량이 선호도에 미치는 영향 분석 - 컴퓨터 비전 기법을 활용하여                                     | 도시설계                                                   | 1598-0650    | 이지운<br>박진아        | 21(4)        | 2020     |
| 국내   | 일반         | 보행환경이 근린환경 만족도에 미치는 조절효과 분석 : 서울시 주거실태조사 2017 자료를 중심으로                                | 국토계획                                                   | 1226-7147    | 전준형<br>박진아        | 55(3)        | 2020     |
| 국내   | 일반         | 도시조직이 생활도로 보행자 교통사고에 미치는 영향 : 서울시 생활도로 내 보행자 교통사고 다발구간을 중심으로                          | 국토계획                                                   | 1226-7147    | 박수훈<br>김동현<br>박진아 | 55(2)        | 2020     |
| 국내   | 일반         | 상업지만족도가 방문객 체류시간과 소비활동에 미치는 영향분석:활성화된 상업지역과 정제된 상업지역 비교를 통하여                          | 주택도시연구                                                 | 2234-0505    | 이하진<br>김병석<br>박진아 | 9(3)         | 2020     |

### (2) 소프트웨어 개발 등록

| SW명칭                      | 창작일         | 등록일         | 등록번호          | 저작권자명       |
|---------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| 근린경관 클라우드소싱 평가 및 정보제공 플랫폼 | 2020.10.23. | 2020.11.24. | C-2020-044353 | 한양대학교 산학협력단 |
| 딥러닝 기반 근린경관 인식 예측 모델      | 2020.12.03. | 2020.12.10. | C-2020-049218 | 한양대학교 산학협력단 |

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 가. 연구개발 목표 달성도

##### (1) 평가의 착안점 및 기준

| 구분   | 세부연구목표                          | 세부연구개발내용              | 평가목표 및 착안점                     | 가중치 |
|------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----|
| 1차년도 | 시민참여형 시지각·인지기반<br>근린경관 평가기법 개발  | 아이트래킹 활용<br>경관 시지각 평가 | 아이트래킹 실험                       | 15  |
|      |                                 | 형용사 활용<br>경관 인지 평가    | 형용사 설문조사                       | 10  |
|      | 가로뷰 이미지 DB구축 및<br>전처리 알고리즘 개발   | 가로뷰 이미지 DB<br>구축      | 저층주거지 근린<br>이미지 DB 구축          | 15  |
|      |                                 | 전처리 알고리즘<br>개발        | 딥러닝 학습용 이미지 전처리<br>알고리즘 개발     | 10  |
| 2차년도 | 시지각·인지기반 딥러닝<br>경관평가 모델 개발 및 검증 | 시지각·인지기반<br>딥러닝 모델 개발 | 시지각·인지 가중 딥러닝<br>개념 모델         | 15  |
|      |                                 | 경관평가 딥러닝<br>추론 실험     | 지구의 딥러닝을 통한<br>경관 평가 추론        | 10  |
|      | 클라우드 소싱 플랫폼 개발                  | 클라우드 소싱<br>플랫폼 개발     | 시민 참여를 통한 경관 평가<br>플랫폼 홈페이지 1종 | 25  |

##### (2) 성과 목표 달성치

| 성과지표    |       | 성과 목표 | 달성치 | 비고                                                                                            |
|---------|-------|-------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 논문 게재   | SCI급  | -     | 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>달성 100% (SCI 초과 달성)</li> <li>추가로 2건 논문 심사 중</li> </ul> |
|         | 비SCI급 | 5     | 4   |                                                                                               |
|         | 계     | 5     | 5   |                                                                                               |
| 인력양성    | 석사    | 3     | 3   | <ul style="list-style-type: none"> <li>달성 100%</li> </ul>                                     |
|         | 박사    | -     | -   |                                                                                               |
|         | 계     | 3     | 3   |                                                                                               |
| 소프트웨어   | 계     | 2     | 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>달성 100%</li> </ul>                                     |
| 학술대회 발표 | 국내    | -     | 10  | <ul style="list-style-type: none"> <li>질적 성과 제고를 위해 학술발표</li> </ul>                           |
|         | 국제    | -     | 1   |                                                                                               |
|         | 계     | -     | 11  |                                                                                               |

### (3) 세부연구목표별 달성 내용

| 세부연구목표                          | 달성 내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 시지각·인지기반 근린경관<br>평가기법 개발        | <ul style="list-style-type: none"> <li>경관 시지각적 특성을 위한 아이트래킹 실험 및 설문조사 진행</li> <li>연구과정에서 도출된 방법론들을 활용하여 학술대회 3건 발표</li> <li>연구과정에서 도출된 지식들을 활용하여 SCI급 1건, KCI급 논문 2건 게재</li> </ul>                                                                                                                        |
| 가로뷰 이미지 DB구축 및<br>전처리 알고리즘 개발   | <ul style="list-style-type: none"> <li>포털사이트(구글, 네이버)의 거리뷰 이미지 수집 알고리즘, 딥러닝 활용 물리적 환경 분석기법인 Semantic Segmentation, Canny Detection 등 알고리즘, 딥러닝 학습 전 필요한 전처리 알고리즘 개발</li> <li>연구과정에서 도출된 방법론들을 활용하여 학술대회 6건 발표</li> <li>학술대회 발표 논문 중 1건 KCI급 학술지 심사 중</li> <li>학술대회 발표 논문 중 1건 SCI급 학술지 투고 준비 중</li> </ul> |
| 시지각·인지기반 딥러닝 경관평가<br>모델 개발 및 검증 | <ul style="list-style-type: none"> <li>학습 소프트웨어 제작 완료 및 저작권 등록 완료</li> <li>연구과정에서 사용한 방법론을 활용하여 학술대회 2건 발표</li> <li>학술대회 발표 논문 2건 우수논문상 수상</li> <li>학술대회 발표 논문 중 1건 KCI급 학술지 심사 중</li> <li>연구과정에서 도출된 방법론들을 활용하여 KCI급 논문 2건 게재</li> </ul>                                                                 |
| 클라우드 소싱 플랫폼 개발                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>웹사이트 제작 완료 및 저작권 등록 완료</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                  |

### (4) 성과달성에 대한 자체 평가

- 본 연구개발의 목표는 주거지 경관에 대한 시지각적 특징을 바탕으로 경관 평가를 예측하는 딥러닝 모델과 대중의 평가를 수집할 수 있는 플랫폼을 개발하는 것임
- 정량적 성과로는 KCI급 논문 게재 4건, SCI급 논문 1건, 소프트웨어 등록 2건, 인력양성 3건(석사 3), 학술대회 발표 11건, 우수논문상 수상 3건을 수행하여 성과 목표를 충실히 달성하였음
- 특히, 학술대회 발표 11건 중 3건이 우수논문상을 수상하여 연구개발 내용의 학술적 의의를 확인할 수 있음
- 본 연구개발과제의 성과물은 주민의 생활공간인 근린의 경관을 평가하는 새로운 방법론을 제시한다는 점에서 학술적 의의가 있다고 판단함
- 다만 본 연구개발에서는 딥러닝 기술을 활용하여 근린의 주관적 인식을 객관화된 데이터로 구축하는 것을 실증하고, 주관적 인식을 수집할 수 있는 플랫폼의 시제품을 개발하는 단계였으므로, 이를 실제 경관정책에 반영하기 위해서는 지속적인 연구개발이 필요할 것임
- 더 많은 경관 대상을 포함하여 종합적인 경관 평가가 가능해지고, 시제품을 보완하여 정책과 연계가 가능한 형태로 개발된다면 경관의 통합적 관리가 가능한 플랫폼을 구축하는 매우 혁신적인 연구 성과로 발전할 수 있을 것으로 봄

(5) 성과점검기준표

| 구분 | 핵심 성과물<br>(CTE) |                                                               | 단위 성과물 |                                           | 성과점검기준  |                                            |            |           |                         |       | 양적성과 현황 |                   |                   |
|----|-----------------|---------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|------------|-----------|-------------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|
|    |                 |                                                               |        |                                           | 질적 성과지표 | 목표치                                        | 달성치        | 측정방법      | 검증방법                    | 가중치   | 목표치     | 달성치               |                   |
| 주관 | A               | 시민참여형<br>시지각·인지기<br>반<br>근린경<br>관 평가<br>플랫폼<br>개발             | A-1    | 시지각·인지<br>기반<br>근린경관<br>평가 기법<br>개발       | ①       | 아이트래킹<br>활용<br>경관<br>시지각<br>평가             | 4개소        | 8개소       | 아이트래킹<br>기계로 측정<br>및 분석 | 보고서   | 15      | 논문: 2건            | 논문: 3건            |
|    |                 |                                                               |        |                                           | ②       | 경관형용사<br>활용<br>경관 인지<br>평가                 | 4개소        | 8개소       | 설문조사                    | 보고서   | 10      |                   |                   |
|    |                 |                                                               | A-2    | 클라우드<br>소싱 플랫폼<br>개발                      | ①       | 클라우드<br>소싱<br>플랫폼<br>개발                    | 1종         | 1종        | 건 수                     | 소프트웨어 | 25      | S/W: 1건           | S/W: 1건           |
|    | B               | 딥러닝<br>기법을<br>활용한<br>가로뷰<br>이미지<br>기반<br>경관<br>평가<br>모델<br>구축 | B-1    | 가로뷰<br>이미지<br>DB구축 및<br>전처리<br>알고리즘<br>개발 | ①       | 가로뷰<br>이미지<br>DB구축                         | 16개소       | 서울시<br>전역 | API 활용 수집               | 보고서   | 15      | 논문: 1건            |                   |
|    |                 |                                                               |        |                                           | ②       | 전처리<br>알고리즘<br>개발                          | 1종         | 1종        | 건 수                     | 보고서   | 10      |                   |                   |
|    |                 |                                                               | B-2    | 시지각·인지<br>기반 딥러닝<br>경관평가<br>모델 개발<br>및 검증 | ①       | 정확도<br>75%<br>시지각·인<br>지기반<br>딥러닝<br>모델 개발 | 정확도<br>75% | 평균<br>79% | 상관분석<br>R2              | 소프트웨어 | 15      | 논문: 2건<br>S/W: 1건 | 논문: 2건<br>S/W: 1건 |
|    |                 |                                                               |        |                                           | ②       | 경관평가<br>딥러닝<br>추론 실험                       | 4개소        | 21개소      | 딥러닝 추론                  | 보고서   | 10      |                   |                   |
| 계  |                 |                                                               |        |                                           |         |                                            |            |           |                         |       | 100     | 논문: 5건<br>S/W: 2건 | 논문: 5건<br>S/W: 2건 |

## 나. 관련 분야에 대한 기여도

### (1) 사회적 측면

- 주거지 선택에 있어서 습득가능 정보 폭 확대 및 근린경관 향상에 따른 주민의 삶의 질 향상
  - 지금까지 새로운 주택을 선택할 때 접근가능 한 정보는 가격, 위치, 학교 등 맵 기반, 부동산 시장기반의 정보로 한정적이었음. 이에 반해 주거지 선택에 있어서 각자가 살아가는 근린에 대한 쾌적성, 안전성 등 지역 이미지와 분위기가 어떤지에 대한 정보는 언제나 중요한 요소임. 본 플랫폼을 통하여 사람들은 모든 근린에 대한 이미지 구득이 가능하고 이는 주거지 정보의 폭을 넓히며, 보다 정교하게 각자가 원하는 근린에 대한 선택을 하는데 매우 큰 활용성을 가지게 될 것임
  - 근린경관에 대한 지속적인 피드백과 관리가 진행된다면, 최종적으로는 근린경관의 향상과 함께 해당 지역에 거주하고 있는 주민들의 삶의 질에 긍정적인 영향을 미칠 것임

### (2) 기술적 측면

- 새로운 근린정보 제공 수집 및 공유 관리 기술 개발을 통해 국가 도시재생정책에 기여하고 건축·도시사업 관리 분야의 새로운 영역 개척 및 활용성 증대
  - 근린환경에 대한 새로운 공간정보기술 s/w 개발을 통해 ICT 융합 도시관리체계 마련, 향후 국토교통기술의 기술경쟁력 강화 및 산업의 고부가가치화를 달성할 것으로 기대함. 손쉽게 참여 가능한 근린경관 평가에 대한 플랫폼의 알고리즘 개발은 탄력적이게 확장이 가능하며, 공간정보를 일반인에게 쉽게 제공 및 수집할 수 있는 기초 프로토 타입으로 기능하기 때문에 전국을 대상으로 한 도시재생 사업영역의 점진적 확대를 가능하게 할 것임

### (3) 경제·산업적 측면

- 딥러닝을 통한 지역관리 모니터링 체계 구축
  - 지금까지 공공에서의 경관 관리는 공무원, 전문가 등 특정 인력에 의해 자료가 수집되고 진행되었음. 그러나 딥러닝 모델을 통해 정기적으로 갱신되는 가로뷰 이미지 데이터를 이용하여 근린경관에 대한 모니터링이 진행된다면, 여기에 소비되는 인력 절감의 효과를 가져 올 수 있음. 도시 내 낙후된 지역 도출과 이에 대한 개선방향이 플랫폼을 통해 반자동적으로 구동될 수 있음

## 4. 연구개발성과의 활용 계획

### 가. 연구개발성과의 활용 계획

#### (1) 정책적 활용계획

##### ○ 지역별 체계적인 근린경관 관리지표

- 본 연구는 근린경관으로부터 사람들이 주요하게 영향 받는 환경요소 및 근린경관 중 특히 긍정적 이미지를 가진 유형 도출을 가능하게 함. 이를 통해 앞으로 근린경관 설계 및 관리방안에서 중점적으로 관리되어야 할 요소들 및 관리가 필요한 근린경관 지역에 대한 기초자료 축적이 가능해짐. 이러한 연구결과는 제2차 경관정책기본계획과 연계되어 기존의 체계적이지 않게 관리되었던 근린경관 관리에 대한 인식을 바꾸고 정성적·정량적 분석이 고려된 종합적 시각에서의 근린경관 평가 및 향상을 위한 시스템을 제시할 것임. 또한 공공 주도의 전문성 있는 관리와 더불어 도시민의 의견을 반영한 탄력적인 경관관리를 가능하게 해줄 것임

##### ○ 시민에 의한 스마트한 도시 정보 공유 시스템

- 본 연구를 통해 개발되는 클라우드소싱 플랫폼은 기존에 존재하였던 일방향의 한 시점 데이터의 정보제공과 달리 도시민 모두가 정보를 제공할 수 있는 도시민에 의한 스마트한 도시정보 공유 시스템임. 이는 단일시점에 측정된 정보가 아니라 지속적으로 사람들에 의해서 정보가 업데이트되는 선순환 지속형 정보제공 시스템임. 제2차 경관정책기본계획의 목표인 국민체감 국토경관 형성과 지역주도 관리기반 확립, 국토경관 미래가치 창출에 적합한 경관정보 공유체계로 단계적이고 지속적으로 고도화를 추진할 필요가 있음

#### (2) 학문적 활용계획

##### ○ 근린경관 변화에 대한 통합적 기록

- 클라우드소싱 플랫폼 개발은 근린경관에 대한 지속적인 평가를 가능하게 해줄 것임. 이를 통하여 시간의 흐름에 따른 근린경관 변화에 대한 사람들의 인식을 통합적으로 기록하는 것이 가능해 질 것임. 궁극적으로는 도시기록으로서의 의의와 함께 향후 관련 자료를 활용하는 다양한 연구를 가능하게 할 것임

## 나. 추가연구에 관한 계획

### ○ 다양한 경관자원으로의 확대

- 본 연구는 근린경관의 중요성을 바탕으로 근린경관에 중점을 두고 분석을 진행하였음. 그러나 도시 내에는 다양한 경관이 존재하며, 특히 변화가 빠르게 발생하고 있는 핫플레이스라 불리는 여러 활동거점은 그 변화가 빠르므로 빠르게 업데이트가 되는 가로뷰 이미지와 딥러닝 기법으로 여러 시지각 인지를 정량적으로 확인할 수 있다면, 경관으로 인한 여러 문제에 빠르게 선제적으로 대응 및 관리할 수 있을 것임

### ○ 새로운 보행자 및 자전거 길찾기 매커니즘 개발

- 기존 보행자 길찾기 매커니즘은 주로 최단 경로를 고려한 효율성과 보행시설 등을 고려한 편리성이 주요 관점이었음. 그러나, 다양한 시지각 인지를 학습한 모델을 활용한다면, 경로별 안전, 미관 등 다양한 가치에 기반을 둔 경로를 안내하게 할 수 있음. 즉, 보행자가 돌아가고 불편한 길이더라도 경치가 아름답거나 걷기에 안전한 길을 선택할 수 있는 것임. 또, 이를 응용하면 여러 관광코스를 설계하는데 있어 보행자에게 다양한 보행 경험을 제공하는 경로를 설계할 수 있는 방법으로도 발전시킬 수 있음

### ○ GAN기술을 활용한 설계 보조 기술로의 발전

- 본 연구의 기술을 더욱 발전시켜 다양한 경관자원을 평가 분석하고 우수 경관 이미지를 확보하게 된다면, 딥러닝 학습을 통해 이미지를 형성할 수 있는 GAN(Generative Adversarial Network)기술을 활용하여 다양한 대상지에 맞는 우수 경관 이미지를 예측해볼 수 있음. 이는 다양한 경관 심의 및 설계 과정에서 보조 도구로서 활용될 수 있을 것으로 기대함

## 붙임. 참고문헌

- 강석진, & 주희선. (2018). 거주 유형별 범죄문제 및 CPTED 인식에 대한 연구-서울시 A 구 사례를 중심으로. 한국셉테드학회지, 9, 69-94.
- 강영은, 김송이, & 백재봉. (2018). 아이트래킹 평가 방법과 경관 형용사 평가 비교 연구-대학 캠퍼스 야간경관을 대상으로. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 46(1), 38-48.
- 구은연, 박태욱, & 장광집. (2011). 환경지각적 특성을 고려한 가로환경 평가에 관한 연구-'국제금융거리'가로환경을 중심으로. 기초조형학연구, 12(1), 11-22.
- 구자훈. (2011). 서울시 상업가로의 보행환경 만족도 및 재방문의사 영향요인 분석.
- 구지연, & 김기호. (2011). 도시의 물리적 환경특성이 범죄두려움에 미치는 영향. 한국도시설계학회지, 12(5), p59-77.
- 구지연, & 김신원. (2013). 상업가로의 경관 이미지 평가에 관한 연구: 신사동 가로수길을 사례로. 디지털디자인학연구, 13(4), 257-267.
- 권지훈. (2017). 스쿨존에서 물리적 도시 가로 환경과 청소년의 범죄 불안감의 관계 연구. Archives of Design Research, 30(4), 159-173.
- 금기정, 장효영, 손승녀, & 황용진. (2010). 구조방정식을 이용한 상업지구 보행가로의 경관 이미지 분석. 국토계획, 45(4), 97-109.
- 기동환. (2020). Google Street View 와 딥러닝을 활용한 근린가로의 시각적 녹지율이 목적별 보행시간에 미치는 영향분석 (Master's thesis, 한양대학교).
- 김고원, & 강석진. (2018). 주택 유형별 범죄 및 불안감과 CPTED 에 대한 인식 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(1), 147-150.
- 김규리, & 이제선. (2016). 보행공간 요소에 대한 보행자의 인지 및 보행만족도에 관한 연구. 한국도시설계학회지 도시설계, 17(3), 89-103.
- 김대익. (1993). 건축환경의 인지에 관한 실험적 연구 (An Experimental Research on Building Recognition). 대한건축학회 논문집, 9(10), 67-78.
- 김민영, 한민경, & 박희정. (2019). 전국범죄피해조사 2018. 형사정책연구원 연구총서, 1-563.
- 김병석, & 박진아. (2013). 단독주택지 담장허물기 사업 후 물리적 변화요소가 자연적 감시와 범죄불안감에 미치는 영향 분석. 한국도시설계학회지 도시설계, 14(3), 119-130.
- 김병석. (2020). 상업가로경관의 시지각적 평가연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 김세희. (2007). 보행자의 가로 이미지에 의한 보행가로 경관 특성 분석 (Master's thesis, 한양대학교).
- 김수연. (2010). 인사동길에 대한 가로경관의 중요도 및 만족도 평가 (Master's thesis, 한양대학교).

- 김종구. (2005). 도시경관의 인지도 및 선호도에 분석에 관한 연구: 가로경관을 대상으로 한 정량적 실험연구. 대한토목학회논문집 D, 25(2D), 305-309.
- 김종하. (2014). 시선추적과 인지. 건축, 58(9), 21-26.
- 김종하. (2020). 고령자의 시선추적 실험에 나타난 시지각 주의집중 특성. 한국실내디자인학회 논문집, 29(4), 35-44.
- 김주연, & 박준수. (2017). 시선추적 실험에 따른 가로공간요소의 관심영역 분석. 한국실내디자인학회 논문집, 26(5), 65-74.
- 김주연, 최진경, 한원희, & 김종하. (2020). 안경형 시선추적장비를 활용한 보행환경의 주시 특성 분석. 한국생활환경학회지, 27(3), 335-346.
- 김준영. (2016). 상업지역 가로환경이 전면 이면가로 보행만족도에 미치는 영향 (Master's thesis, 서울대학교 대학원).
- 김지혜, 이명훈, & 전병혜. (2009). 가로경관의 이미지 평가구조 분석에 관한 연구: 서울시 삼청동길을 대상으로. 국토계획, 44(1), 273-286.
- 김지호. (2017). 광고의 시지각적 연구를 위한 아이트래킹 방법론의 이해, 현황 및 제언. 한국광고홍보학보, 19(2), 41-84.
- 김창국, 임하나, & 최창규. (2016). 보행 목적별 보행자 만족도에 영향을 미치는 근린 건조환경 구성요소 특성 분석. 국토계획, 51(4), 145-159.
- 김형보, & 윤진호. (2012). 포털사이트 로드뷰 이미지를 활용한 도시재생 측면 가로경관 특성 분석. GRI 연구논총, 14(1), 279-304.
- 김흥순. (2007). 비성별적 (非性別的) 도시의 모색: 도시환경요소가 주는 잠재적 범죄위험에 대한 여성인식의 고찰. 국토계획, 42(1), 35-50.
- 남궁지희, & 박소현. (2009). 가로환경 개선사업의 평가구조에 대한 연구: 디자인서울거리 사업을 중심으로. 대한건축학회 학술발표대회 논문집-계획계, 29(1), 563-566.
- 남궁지희, & 박소현. (2009). 가로환경 평가체계에 관한 기초 연구: 기존 평가사례의 내용, 형식, 과정 분석을 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 25(11), 237-247.
- 문보경, & 김주연. (2019). 아이트래킹을 통한 공간 시지각 실험연구 경향 및 공간연구의 지향성에 관한 연구. 한국공간디자인학회 논문집, 61, 429-438.
- 박근덕, & 이수기. (2018). 가로공간 보행만족도 예측을 위한 딥러닝 모형의 적용과 검증. 도시설계, 19(6).
- 박명희, & 양승우. (2014). 인터넷사진을 활용한 서울 도심부 경관자원 및 조망점 분석. 서울도시연구, 15(1), 51-68.
- 박미선. (2017). 1인 청년가구 주거여건 개선을 위한 정책 지원 방안. 국토정책 Brief, (627), 1-8.
- 박수정, & 신동빈. (2019). 멘탈 맵을 이용한 범죄발생 우려 지역 도출에 관한 연구. 한국측량학회지, 37(3), 177-188.

- 박수훈 (2021). 시선추적 기술을 활용한 노후 저층주거지의 야간 범죄두려움 인지에 영향을 미치는 시각적 요인 분석 (Master's thesis, 한양대학교).
- 박수훈, 김동현, & 박진아. (2020). 도시조직이 생활도로 보행자 교통사고에 미치는 영향: 서울시 생활도로 내 보행자 교통사고 다발구간을 중심으로. 국토계획, 55(2), 5-14.
- 박준휘, 김한균, 유진, 한민경, 이성규, 최지선, ... & 권지혜. (2017). 국민안전 보장을 위한 형사정책의 실효성 제고 방안 연구 (II): 1 인가구 밀집지역의 안전실태와 개선방안 연구. 형사정책연구원 연구총서, 1-938.
- 박현수. (2018). 범죄 두려움에 영향을 미치는 요인의 공간 분석. 형사정책연구, 29(2), 91-117.
- 배선학. (2010). 웹 2.0 기반의 지리정보를 활용한 경관자원 평가-구글어스를 사례로. 한국사진지리학회지, 20(3), 1-12.
- 변기동, & 하미경. (2020). 지리적 특성을 고려한 범죄두려움 영향 요인 분석-범죄취약계층인 20 대 여성을 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 36(5), 23-32.
- 사경은, 기동환, & 이수기. (2019). 서울시 다문화 수용 인식의 공간적 분포와 영향 요인 분석. 한국도시설계학회지 도시설계, 20(3), 95-114.
- 서주환, & 최유나. (2012). 도시 광장의 시각적 인지 특성에 관한 연구-선호성 및 복잡성을 중심으로. 한국디자인포럼, (34), 197-206.
- 서주환, 박지영, & 김진오. (2015). 아이트래킹을 활용한 시각적 인지특성과 경관선호도의 비교 분석에 대한 연구: 50 개 농촌지역개발사업 대상지를 중심으로. 디지털디자인학연구, 15(3), 335-343.
- 서지은. (2016). 선택적 주의 관점에서 본 조명에 의한 주의 자원과 공간 기억의 변화. 한국실내디자인학회 논문집, 25(2), 41-49.
- 송상욱. (2018). 진단 도구의 정확성 평가. 가정의학, 8(1), 1-2.
- 신은경, 조영태, & 김세용. (2008). 이용자디자인평가 (PDE) 를 활용한 가로공간 및 경관 평가에 대한 연구: 서울시 성북구 '참살이길'을 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 24(11), 37-46.
- 신은진, & 남진. (2012). 서울시 아파트 단지의 주거환경 유형별 주거만족도 결정요인에 관한 연구. 국토계획, 47(5), 139-154.
- 안은희. (2020). 대학가 주변 범죄불안감 인식에 영향을 미치는 주거환경 분석. 한국주거학회 논문집, 31(1), 95-104.
- 양여름, & 임효정. (2020). 키오스크 이용 시 시니어의 시선 이동 분석 연구: 아이트래커를 활용하여. 한국 HCI 학회 학술대회, 309-313.
- 여미, & 이창노. (2014). 주시현상을 적용한 시선의 관심도 연구: 파사드를 매개로 한 아이트래킹 실험 중심으로. 한국실내디자인학회 논문집, 23(1), 122-131.
- 여화선, 서주환, & 김수연. (2012). 도심 역사문화경관의 경관이미지 및 시각적 선호도 분석:

- 경복궁 외부조망점을 중심으로. 디지털디자인학연구, 12(3), 11-20.
- 오성훈, & 남궁지희. (2011). 보행도시: 좋은 보행환경의 12 가지 조건.
  - 유광흠, 조영진, 지혜란, & 손동필. (2017). 범죄예방 환경설계 (CPTED) 사업의 시행효과 분석 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 33(5), 13-20.
  - 유옥중. (2010). 삼청로의 장소성 형성에 나타난 인지특성에 관한 연구 (Master's thesis, 서울시립대학교 도시과학대학원).
  - 유진은, & 노민정. (2018). Elastic net 을 통한 학생의 창의성 예측 모형 연구. The SNU Journal of Education Research, 27.
  - 유진은. (2017). 기계학습을 통한 TIMSS 2011 중학생의 수학 성취도 관련 변수 탐색. 교원교육, 33(1), 43-56.
  - 유치선, 이수기 (2015). 근린환경, 사회적 자본, 그리고 커뮤니티의 사회적 지속가능성. 국토계획, 50(7), 5-23
  - 윤나영, & 최창규. (2013). 서울시 상업가로 보행량과 보행 환경 요인의 관련성 실증 분석. 국토계획, 48(4), 135-150.
  - 윤종국, & 박춘근. (2002). 지방도시 중심가로의 환경인지 특성에 따른 경관평가에 관한 연구-창원·양산시 중앙로 가로설계요소의 물리적 차원과 심리양과의 상관성 분석-(The Study on the evaluation of Urbanape According to the Characteristic of the Surrounding Recognition in the Main-street of the Local City-The Correlative Analysis between the Mental Capacity and the Physical Dimension of the Street Design Facotr in Jungang-street of Chang-won and Yang-san City-). 대한건축학회 논문집-계획계, 18(11), 217-228.
  - 윤준호. (2020). 서울시 주·야간 시간대 보행자 교통사고 심각도 요인 분석: 전통적인 통계 모형과 기계학습모형의 비교를 중심으로 (Master's thesis, 한양대학교).
  - 이경임. (2009). 근린가로의 주민만족도 평가모형구축에 관한 연구 (Master's thesis, 동아대학교).
  - 이경훈. (1998). 환경특성과 범죄의 두려움간의 관계에 대한 이론적 모델 (The Development of Conceptual Model for the Relationships between Environmental Characteristics and Fear of Crime). 대한건축학회 논문집-계획계, 14(12), 23-30.
  - 이선화, & 이창노. (2016). 도시가로환경 구성요소의 우선순위에 관한 연구: 아이트래킹 실험을 통한 관심영역설정 분석을 중심으로. 한국실내디자인학회 논문집, 25(1), 73-80.
  - 이수기, 고준호, & 이기훈. (2016). 근린환경특성이 보행만족도에 미치는 영향 분석: 서울서베이 2013 년 자료를 중심으로. 국토계획, 51(1), 169-187.
  - 이수기, 이윤성, & 이창관. (2014). 보행자 연령대별 보행만족도에 영향을 미치는 가로환경의 특성분석. 국토계획, 49(8), 91-105.
  - 이요섭, & 문필주. (2017). 딥 러닝 프레임워크의 비교 및 분석. 한국전자통신학회 논문

지, 12(1), 115-122.

- 이인성. (2000). 도시주거지 보행경로 선택모형의 개발: 중요도, 만족도 및 환경절충모형의 비교. 한국도시설계학회지 도시설계, 1(1), 63-78.
- 이재원. (2004). 가로경관의 이미지 평가에 관한 연구: 변화한 가로를 만드는 심리적, 물리적 인자의 분석을 중심으로. Archives of Design Research, 135-146.
- 이정호, 김종하, & 김상희. (2016). 가로 공간 이미지의 시각적 인지과정에 나타난 주시특성 분석. 대한건축학회 논문집-계획계, 32(5), 3-12.
- 이제승, & 이현희. (2019). 기계학습 알고리즘을 이용한 보행만족도 예측모형 개발. 국토계획, 54(3), 106-118.
- 이주아. (2014). 가로 및 블록의 물리적 특성과 가로활성화의 영향관계 연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 이지아, & 박진아. (2019). 역사문화경관의 색채특성 및 지역 이미지 분석: 삼청동길 사례 분석을 중심으로. 한국도시설계학회지 도시설계, 20(2), 33-45.
- 이지윤, & 박진아. (2020). 상업가로경관의 시각적 정보량이 선호도에 미치는 영향 분석-컴퓨터 비전 기법을 활용하여. 한국도시설계학회지 도시설계, 21(4), 75-86.
- 이창엽, 이민수, 김경배 (2017). 사회적 공간으로서 근린생활가로의 계획요소에 관한 연구. 한국도시설계학회지 도시설계, 18(2), 37-50
- 이호준, & 이수기. (2018). Google Street View API 와 딥러닝 모형을 활용한 생활도로 노상주차 식별 방법 연구. 대한공간정보학회 학술대회, 79-88.
- 임승빈. (1986). 환경심리 행태론. 서울: 보성문화사.
- 임승빈. (1991). 경관분석론. 서울: 서울대학교 출판부, 18.
- 임승빈. (2007). 환경심리와 인간행태, 보문당.
- 정윤남, 이진원, & 김세용. (2014). 무장애 (Barrier-Free) 보행환경 조성을 위한 가로개선사업의 평가 및 개선방향 도출: 서울특별시 걷고싶은거리 사업대상지를 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 30(3), 11-22.
- 조연경, 우신구, & 양재혁. (2009). 가로환경개선사업의 사후설계평가에 관한 연구: 부산시 광복로를 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 25(7), 249-258.
- 지우석, 구연숙, & 좌승희. (2008). 보행환경 만족도 연구. 경기연구원 기본연구, 3-4.
- 최무혁, & 최재원. (2008). 대구와 뮌헨 시가지 경관의 시지각적 특성 분석을 통한 시가지 경관 개선방안에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 24(1), 37-44.
- 최병숙, 전영미, 박윤희, & 홍찬선. (1999). 문화마을조성사업에 대한 사후평가 방법의 정립 (A Post-Evaluation Methodology of Munhwa-Mauel Project). 대한건축학회 논문집-계획계, 15(4), 53-62.
- 최은신. (2001). 환경지각과 인지적 특성에 의한 환경디자인 접근방법 연구.
- 최임주, & 조현득. (2010). 가로공간 이미지에 영향을 미치는 가로변건축물 형태구성요소에

- 관한 연구. 한국지리정보학회지, 13(1), 16-27.
- 한명호. (2005). 거리경관에 대한 시각적 이미지의 평가구조-대학생들의 거리경관 체험을 통한 의미론적 고찰. 대한건축학회 논문집-계획계, 21(12), 287-296.
  - 한은경, & 이유미. (2014). 여성에게 범죄불안감을 일으키는 주거지내 야간 골목길에서의 물리적 환경 요소 연구. 한국셉테드학회지, 5, 118-134.
  - 허순평, & 홍관선. (2019). AHP 기법을 활용한 중국 고건축물 야간경관 조명디자인의 평가에 관한 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 19(7), 291-303.
  - 황성은, 강부성, & 윤성빈. (2017). 다세대 다가구주택 밀집지역의 외부공간과 쓰레기 불법적 치로 인한 범죄불안감 조사 연구. 한국셉테드학회지, 8, 246-272.
  - Arietta, S. M., Efros, A. A., Ramamoorthi, R., & Agrawala, M. (2014). City forensics: Using visual elements to predict non-visual city attributes. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 20(12), 2624-2633.
  - Berlyne, D. E. (1974). Studies in the new experimental aesthetics: Steps toward an objective psychology of aesthetic appreciation. Hemisphere.
  - Boeing, G. (2018). Measuring the complexity of urban form and design. Urban Design International, 23(4), 281-292.
  - Brown, T. C., & Daniel, T. C. (1986). Predicting scenic beauty of timber stands. Forest Science, 32(2), 471-487.
  - Brunson, M., & Shelby, B. (1992). Assessing recreational and scenic quality. Journal of forestry, 90(7), 37-41.
  - Bzdok, D., Altman, N., & Krzywinski, M. (2018). Points of significance: statistics versus machine learning.
  - Cao, K., Guo, H., & Zhang, Y. (2019). Comparison of approaches for urban functional zones classification based on multi-source geospatial data: A case study in Yuzhong district, Chongqing, China. Sustainability, 11(3), 660.
  - Chen, L., Yao, X., Liu, Y., Zhu, Y., Chen, W., Zhao, X., & Chi, T. (2020). Measuring Impacts of Urban Environmental Elements on Housing Prices Based on Multisource Data—A Case Study of Shanghai, China. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(2), 106.
  - Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System in Proceedings of the 22Nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (ACM, San Francisco, California, USA, 2016), 785-794. isbn: 978-1-4503-4232-2. doi: 10.1145/2939672.2939785.
  - Colwell, R. (1975). Studies in the New Experimental Aesthetics: Steps Toward An Objective Psychology of Aesthetic Appreciation. Journal of Research in Music Education, 23(3), 216-218.

- Cowton, J., Kyriazakis, I., & Bacardit, J. (2019). Automated Individual Pig Localisation, Tracking and Behaviour Metric Extraction Using Deep Learning. *IEEE Access*, 7, 108049-108060.
- Crosby, F., & Hermens, F. (2019). Does it look safe? An eye tracking study into the visual aspects of fear of crime. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(3), 599-615.
- Cuthbert, A. R. (2008). *The form of cities: Political economy and urban design*. John Wiley & Sons.
- Daniel, T. C., & Vining, J. (1983). Methodological issues in the assessment of landscape quality. In *Behavior and the natural environment* (pp. 39-84). Springer, Boston, MA.
- Dong, W., Liao, H., Liu, B., Zhan, Z., Liu, H., Meng, L., & Liu, Y. (2020). Comparing pedestrians' gaze behavior in desktop and in real environments. *Cartography and Geographic Information Science*, 1-20.
- Duany, A., & Plater-Zyberk, E. (1992). The second coming of the American small town. *Wilson Quarterly*, 16(1), 3-51.
- Dubey, A., Naik, N., Parikh, D., Raskar, R., & Hidalgo, C. A. (2016, October). Deep learning the city: Quantifying urban perception at a global scale. In *European conference on computer vision* (pp. 196-212). Springer, Cham.
- El-Sayed, M. A., & Hafeez, T. A. E. (2012). New edge detection technique based on the shannon entropy in gray level images. *arXiv preprint arXiv:1211.2502*.
- Ernawati, J., Adhitama, M. S., & Sudarmo, B. S. (2016). Urban design qualities related walkability in a commercial neighbourhood. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 1(4), 242-250.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American planning association*, 76(3), 265-294.
- Ewing, R., & Clemente, O. (2013). *Measuring urban design: Metrics for livable places*. Island Press.
- Ewing, R., & Handy, S. (2009). Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability. *Journal of Urban design*, 14(1), 65-84.
- Feimer, N. R., Smardon, R. C., & Craik, K. H. (1981). Evaluating the effectiveness of observer based visual resource and impact assessment methods. *Landscape Research*, 6(1), 12-16.
- Ferraro, K. F. (1995). *Fear of crime: Interpreting victimization risk*. SUNY press.
- Gavrilidis, A. A., Ciocănea, C. M., Niță, M. R., Onose, D. A., & Năstase, I. I. (2016). Urban landscape quality index-planning tool for evaluating urban

- landscapes and improving the quality of life. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 155-167.
- Gehl, J., Kaefer, L. J., & Reigstad, S. (2006). Close encounters with buildings. *Urban design international*, 11(1), 29-47.
  - Griew, P., Hillsdon, M., Foster, C., Coombes, E., Jones, A., & Wilkinson, P. (2013). Developing and testing a street audit tool using Google Street View to measure environmental supportiveness for physical activity. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 103.
  - Gullón, P., Badland, H. M., Alfayate, S., Bilal, U., Escobar, F., Cebrecos, A., ... & Franco, M. (2015). Assessing walking and cycling environments in the streets of madrid: comparing on-field and virtual audits. *Journal of urban health*, 92(5), 923-939.
  - Gunawardena, G. M. W. L. (2018). EVALUATION OF STREETSCAPE COMPLEXITY CREATED BY STREETSCAPE SIGNAGE USING DIFFERENT OBJECTIVE ANALYSIS TECHNIQUES. In *Proceeding of the 5th International Conference on Arts and Humanities* (Vol. 5, pp. 50-61).
  - Gunning, D., Stefik, M., Choi, J., Miller, T., Stumpf, S., & Yang, G. Z. (2019). XAI—Explainable artificial intelligence. *Science Robotics*, 4(37).
  - Hahm, Y., Yoon, H., & Choi, Y. (2019). The effect of built environments on the walking and shopping behaviors of pedestrians; A study with GPS experiment in Sinchon retail district in Seoul, South Korea. *Cities*, 89, 1-13.
  - Harvey, C., & Aultman-Hall, L. (2016). Measuring urban streetscapes for livability: A review of approaches. *The Professional Geographer*, 68(1), 149-158.
  - Harvey, C., Aultman-Hall, L., Hurley, S. E., & Troy, A. (2015). Effects of skeletal streetscape design on perceived safety. *Landscape and Urban Planning*, 142, 18-28.
  - Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Springer Science & Business Media.
  - He, L., Páez, A., & Liu, D. (2017). Built environment and violent crime: An environmental audit approach using Google Street View. *Computers, Environment and Urban Systems*, 66, 83-95.
  - Herbrich, R., Minka, T., & Graepel, T. (2007). TrueSkill™: a Bayesian skill rating system. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 569-576).
  - Hollander, J. B., Sussman, A., Purdy Levering, A., & Foster-Karim, C. (2020). Using eye-tracking to understand human responses to traditional neighborhood

- designs. *Planning Practice & Research*, 35(5), 485-509.
- Hu, L., He, S., Han, Z., Xiao, H., Su, S., Weng, M., & Cai, Z. (2019). Monitoring housing rental prices based on social media: An integrated approach of machine-learning algorithms and hedonic modeling to inform equitable housing policies. *Land Use Policy*, 82, 657-673.
  - Ibrahim, M. R., Haworth, J., & Cheng, T. (2020). Understanding cities with machine eyes: A review of deep computer vision in urban analytics. *Cities*, 96, 102481.
  - Jacobs, A. (1993). *Great streets* mit press. Cambridge, MA, 593.
  - Jacobs, A., & Appleyard, D. (1987). Toward an urban design manifesto. *Journal of the American Planning Association*, 53(1), 112-120.
  - Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities* (Vintage, New York). Originally published in.
  - Janizek, J. D., Celik, S., & Lee, S. I. (2018). Explainable machine learning prediction of synergistic drug combinations for precision cancer medicine. *bioRxiv*, 331769.
  - Kalivoda, O., Vojar, J., Skřivanová, Z., & Zahradník, D. (2014). Consensus in landscape preference judgments: The effects of landscape visual aesthetic quality and respondents' characteristics. *Journal of Environmental Management*, 137, 36-44.
  - Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. CUP Archive.
  - Kim, M., Kang, Y., Hong, S., & Abel, T. (2014). Difference of perceived fear between actual environment and image-based environment using eye tracking method. *Proceedings of digital landscape architecture*, 331-340.
  - LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
  - Li, X., Zhang, C., & Li, W. (2017). Building block level urban land-use information retrieval based on Google Street View images. *GIScience & Remote Sensing*, 54(6), 819-835.
  - Liu, L., Silva, E. A., Wu, C., & Wang, H. (2017). A machine learning-based method for the large-scale evaluation of the qualities of the urban environment. *Computers, Environment and Urban Systems*, 65, 113-125.
  - Lu, Y., Sarkar, C., & Xiao, Y. (2018). The effect of street-level greenery on walking behavior: Evidence from Hong Kong. *Social Science & Medicine*, 208, 41-49.

- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 4765-4774).
- Lundberg, S. M., Erion, G. G., & Lee, S. I. (2018). Consistent individualized feature attribution for tree ensembles. *arXiv preprint arXiv:1802.03888*.
- Lundberg, S. M., Erion, G., Chen, H., DeGrave, A., Prutkin, J. M., Nair, B., ... & Lee, S. I. (2020). From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature machine intelligence*, 2(1), 2522-5839.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city* (Vol. 11). MIT press.
- Machado, P., Romero, J., Nadal, M., Santos, A., Correia, J., & Carballal, A. (2015). Computerized measures of visual complexity. *Acta psychologica*, 160, 43-57.
- Marcos, D., Volpi, M., Kellenberger, B., & Tuia, D. (2018). Land cover mapping at very high resolution with rotation equivariant CNNs: Towards small yet accurate models. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 145, 96-107.
- Molnar, C. (2019). *Interpretable machine learning*. Lulu. com.
- Murgio, M. P. (1969). *Communications graphics*. Van Nostrand Reinhold.
- Naik, N., Philipoom, J., Raskar, R., & Hidalgo, C. (2014). Streetscore-predicting the perceived safety of one million streetscapes. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 779-785).
- Naik, N., Raskar, R., & Hidalgo, C. A. (2016). Cities are physical too: Using computer vision to measure the quality and impact of urban appearance. *American Economic Review*, 106(5), 128-32.
- Nasar, J. L. (1987). Environmental correlates of evaluative appraisals of central business district scenes. *Landscape and Urban Planning*, 14, 117-130.
- Nasar, J. L., & Stamps III, A. E. (2009). Infill McMansions: Style and the psychophysics of size. *Journal of Environmental Psychology*, 29(1), 110-123.
- Parsa, A. B., Movahedi, A., Taghipour, H., Derrible, S., & Mohammadian, A. K. (2020). Toward safer highways, application of XGBoost and SHAP for real-time accident detection and feature analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 136, 105405.
- Proshansky, H. M. (1978). The city and self-identity. *Environment and behavior*, 10(2), 147-169.
- Rapoport, A. (2013). *History and precedent in environmental design*. Springer Science & Business Media.

- Rossetti, T., Lobel, H., Rocco, V., & Hurtubia, R. (2019). Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment: A massive data approach. *Landscape and Urban Planning*, 181, 169-178.
- Saleesses, P., Schechtner, K., & Hidalgo, C. A. (2013). The collaborative image of the city: mapping the inequality of urban perception. *PloS one*, 8(7), e68400.
- Selfndge, O. G. (1959). *Pandemonium: A paradigm for learning. The mechanisation of thought processes*. London: HM Stationary Office.
- Shafer, E. L. (1969). Perception of natural environments. *Environment and Behavior*, 1(1), 71.
- Shapiro, A. (2018). Street-level: Google Street View's abstraction by datafication. *new media & society*, 20(3), 1201-1219.
- Shapley, L. S. (1952). A value for n-person games (No. RAND-P-295). Rand Corp Santa Monica CA.
- Shin, H. C., Roth, H. R., Gao, M., Lu, L., Xu, Z., Nogues, I., ... & Summers, R. M. (2016). Deep convolutional neural networks for computer-aided detection: CNN architectures, dataset characteristics and transfer learning. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1285-1298.
- Stafford, M., Chandola, T., & Marmot, M. (2007). Association between fear of crime and mental health and physical functioning. *American journal of public health*, 97(11), 2076-2081.
- Stojić, A., Stanić, N., Vuković, G., Stanišić, S., Perišić, M., Šoštarić, A., & Lazić, L. (2019). Explainable extreme gradient boosting tree-based prediction of toluene, ethylbenzene and xylene wet deposition. *Science of The Total Environment*, 653, 140-147.
- Štrumbelj, E., & Kononenko, I. (2014). Explaining prediction models and individual predictions with feature contributions. *Knowledge and information systems*, 41(3), 647-665.
- Suman, R. R., Mall, R., Sukumaran, S., & Satpathy, M. (2010). Extracting State Models for Black-Box Software Components. *J. Object Technol.*, 9(3), 79-103.
- Sun, K., Zhao, Y., Jiang, B., Cheng, T., Xiao, B., Liu, D., ... & Wang, J. (2019). High-resolution representations for labeling pixels and regions. *arXiv preprint arXiv:1904.04514*.
- Tang, J., & Long, Y. (2019). Measuring visual quality of street space and its temporal variation: Methodology and its application in the Hutong area in Beijing. *Landscape and Urban Planning*, 191, 103436.
- Troy, A., Grove, J. M., & O'Neil-Dunne, J. (2012). The relationship between tree

- canopy and crime rates across an urban-rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and urban planning*, 106(3), 262-270.
- Tuan, Y. F. (1977). *Space and place: The perspective of experience*. U of Minnesota Press.
  - Tucker, C., Ostwald, M. J., & Chalup, S. K. (2004). A method for the visual analysis of streetscape character using digital image processing. In *Contexts of Architecture: Proceedings of the 38th Annual Conference of the Architectural Science Association ANZAScA and the International Building Performance Simulation Association*, Launceston, Tasmania: Australia and New Zealand Architectural Science Association (pp. 134-140).
  - Tulio Ribeiro, M., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). " Why Should I Trust You?": Explaining the Predictions of Any Classifier. *arXiv*, arXiv-1602.
  - Viola, P., & Jones, M. (2001, December). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001* (Vol. 1, pp. I-I). IEEE.
  - Wang, H., Duan, J., Han, X. H., & Xiao, B. (2017, November). Research on image complexity evaluation method based on color information. In *LIDAR Imaging Detection and Target Recognition 2017* (Vol. 10605, p. 106051Q). International Society for Optics and Photonics.
  - Wang, J., Sun, K., Cheng, T., Jiang, B., Deng, C., Zhao, Y., ... & Xiao, B. (2020). Deep high-resolution representation learning for visual recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*.
  - Wieland, R., Lakes, T., & Nendel, C. (2020). Using shap to interpret xgboost predictions of grassland degradation in xilingol, china. *Geoscientific Model Development Discussions*, 1-28.
  - Williams, R. J. (1992). Simple statistical gradient-following algorithms for connectionist reinforcement learning. *Machine learning*, 8(3-4), 229-256.
  - Wilson, J. Q., & Kelling, G. L. (1982). Broken windows. *Atlantic monthly*, 249(3), 29-38.
  - Wolf, K. L. (2005). Business district streetscapes, trees, and consumer response. *Journal of Forestry*, 103(8), 396-400.
  - Wong, M. S., Nichol, J., & Ng, E. (2011). A study of the "wall effect" caused by proliferation of high-rise buildings using GIS techniques. *Landscape and urban planning*, 102(4), 245-253.
  - Wurm, M., Stark, T., Zhu, X. X., Weigand, M., & Taubenböck, H. (2019). Semantic

segmentation of slums in satellite images using transfer learning on fully convolutional neural networks. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 150, 59-69.

- Yin, L., & Wang, Z. (2016). Measuring visual enclosure for street walkability: Using machine learning algorithms and Google Street View imagery. *Applied geography*, 76, 147-153.
- Zeng, L., Lu, J., Li, W., & Li, Y. (2018). A fast approach for large-scale Sky View Factor estimation using street view images. *Building and Environment*, 135, 74-84.
- Zhang, F., Zhang, D., Liu, Y., & Lin, H. (2018). Representing place locales using scene elements. *Computers, Environment and Urban Systems*, 71, 153-164.
- Zhang, F., Zhou, B., Liu, L., Liu, Y., Fung, H. H., Lin, H., & Ratti, C. (2018). Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning. *Landscape and Urban Planning*, 180, 148-160.
- Zhou, B., Lapedriza, A., Khosla, A., Oliva, A., & Torralba, A. (2017). Places: A 10 million image database for scene recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 40(6), 1452-1464.

### 주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.