

범죄예방 환경설계(CPTED) 고도화 및 인증제도 개선 방향

Enhancing CPTED and Crime Prevention Building Certification System

조영진 Cho, Yeongjin
안의순 Ahn, Euisoon
박성남 Park, Sungnam
고영호 Ko, Youngho
권오규 Kwon, O Kyu
임보영 Im, Boyeong
임리사 Lim, Lisa
김유진 Kim, Yujin
이정현 Lee, Joungyun

(a u r

일반연구보고서 2024-2

범죄예방 환경설계(CPTED) 고도화 및 인증제도 개선 방향

Enhancing CPTED and Crime Prevention Building Certification System

지은이 조영진, 안의순, 박성남, 고영호, 권오규, 임보영,
임리사, 김유진, 이정현
펴낸곳 건축공간연구원
출판등록 제2015-41호 (등록일 '08. 02. 18.)
인쇄 2024년 12월 27일, 발행: 2024년 12월 31일
주소 세종특별자치시 가림로 143, 8층
전화 044-417-9600
팩스 044-417-9608

<http://www.auri.re.kr>

가격: 10,000원, ISBN: 979-11-5659-484-0

이 연구보고서의 내용은 건축공간연구원의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

| 연구책임

조영진 선임연구위원

| 연구진

안의순 부연구위원

박성남 연구위원

고영호 연구위원

권오규 부연구위원

임보영 부연구위원

| 외부연구진

임리사 교수(한국과학기술원)

김유진

이정현

| 자문위원

강석진 경상대학교 건축학과 교수

권지훈 계명대학교 건축학과 교수

김경원 조선대학교 건축학과 교수

김민석 부경대학교 건축학과 교수

김종천 한국법제연구원 연구위원

노희용 정보통신정책연구원 연구위원

모상진 경찰청 범죄예방정책과 경위

문근종 계명대학교 건축학과 교수

문봉주 해안종합건축사사무소 소장

박영섭 희림종합건축사사무소 수석

박재성 송실사이버대학교 소방방재학과 교수

박종기 순천향대 건축학과 교수

박준승 대한건축사협회 법제위원장

박준휘 한국형사법무정책연구원 연구실장

박찬영 한국교육시설안전원 과장

박현호 용인대학교 경찰행정학과 교수

박형민 한국형사법무정책연구원 연구실장

변나향 충북대학교 건축학부 교수

성기호 일진종합건축사사무소 대표

손동욱 연세대학교 건축공학과 교수

손동화 충북대학교 건축학과 교수

유정원 선문대학교 건축학부 교수

윤혁경 A&U디자인건축사사무소 대표

이경환 공주대학교 건설환경공학부 교수

이상희 광운대학교 건축학과 교수

이성재 홍익대학교 건축공학부 교수

이승재 목원대학교 건축학부 교수

이정원 충남대학교 건축학과 교수

이주혁 한국자산관리공사 차장

이태규 금오공과대학교 건축학부 교수

장요한 국토연구원 부연구위원

전영철 대한건축사협회 이사

조형규 창원대학교 건축학과 교수

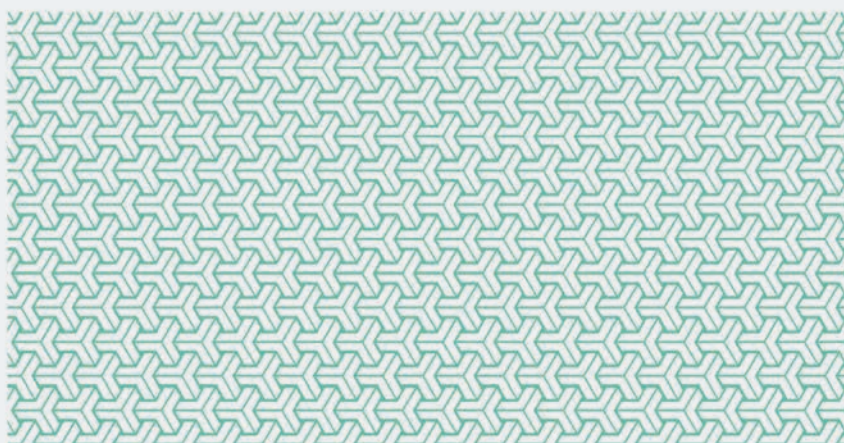
천세근 서울예술대학교 디자인학부 교수

최영준 전주대학교 건축학과 교수

최현철 가천대학교 건축학부 교수

연구요약

Summary



제1장 서론

우리나라에서는 범죄예방 환경설계(CPTED)가 정책사업 등에 적극적으로 도입되며 성숙기에 접어들고 있다. 이에 따라 CPTED의 개입 지속성과 범죄예방 효과에 대한 검증에 관심이 높아지고 있다. 그러나 초기 CPTED 사업이 제대로 관리되지 않거나 의도한 효과를 달성하지 못하는 사례도 존재한다. 이는 건축물과 도시 및 지역사회의 물리환경이 유기적으로 연계되어 있음에도 불구하고, 각 사업과 정책이 개별 범위 내에서만 목표를 달성하는 데 그쳐 전체적으로는 범죄예방 관점에서 큰 효과를 얻지 못하기 때문이다.

이러한 문제를 개선하려면 건축과 도시공간의 통합적 물리환경 개선이 중요하다. CPTED의 효과성을 통합적으로 검증하고, 이를 바탕으로 정책을 추진함으로써 도시공간, 공공시설, 민간 건축물을 아우르는 범죄예방 효과를 기대할 수 있다. 현재 CPTED와 관련하여 도시공간 환경개선 사업, 건축물 범죄예방환경 기준 고시, 민간 건축물 범죄예방 우수시설 인증제도 등 다양한 제도가 있다. 본 연구는 그중 민간의 참여를 촉진하기 위한 건축물 범죄예방 우수시설 인증제도에 초점을 맞추어 개선방향을 논의하였다. 또한, 정책 근거로 물리적 환경이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하기 위해, 중앙정부가 지원한 CPTED 사업이 시행되지 않은 지역을 대상으로 분석을 수행하였다. 이를 통해 물리환경 특성과 범죄 발생 간의 관계를 규명하고, CPTED 사업의 범죄예방 효과를 높이기 위한 개선방향을 제시하고자 하였다.

연구의 목적은 공간적 환경요소와 범죄예방 요소 간 연계성을 파악하고 CPTED의 방향성을 논의하며, 민간 건축물의 범죄예방 강화를 위한 참여를 촉진하는 방안을 모색하는 데 있다. 이를 위해 범죄예방 전략에 포함되어야 할 물리환경 요소를 도출하고, 민간 건축물 대상 범죄예방 강화 참여의 효과성과 참여 촉진을 위한 전략을 제안하였다. 연구에서는 건축물과 도시공간의 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하여 관련 변수를 도출하였고, 전문가 의견을 수렴하여 경찰청의 민간 건축물 CPTED 인증제의 유효성과 확산 필요성 및 이를 위한 방안을 도출하였다.

제2장 범죄예방 환경설계 관련 물리환경 요소 분석

범죄예방 환경설계 선행 사례를 검토하여 범죄예방과 연관된 물리환경 요소를 도출하였다. 물리환경 요소는 건축적 요소와 공간환경 요소로 구분하여 분석하

였고, 범죄예방 환경설계(CPTED) 관련 선행연구와 경찰청 및 법무부의 주요 사업 내용에서 적용된 물리환경 요소를 도출하였다. CPTED 5대 원칙 중 물리환경과 연관이 강한 접근통제, 감시, 영역성 확보에 중점을 두고 물리환경 특성을 분석하였다. 분석 대상 사례로는 구체적으로 주요 선행연구, 경찰청의 범죄예방 건축물 인증제 체크리스트, 법무부의 지역별 범죄예방 환경개선 컨설팅 자료 등을 분석하였다. 이 과정에서 도출된 물리환경 요소는 다음 장에서 실제 범죄 발생 영향 분석에 독립변수로 활용하고자 하였다.

범죄예방 환경설계(CPTED) 관련 선행연구 분석에서는 물리환경 특성 요소를 도출하기 위해 물리환경 자체에 초점을 맞춘 6개의 연구를 선정하였다. 이를 통해 건축적 요소와 공간환경 요소를 도출하고, CPTED의 주요 원칙인 접근통제, 감시, 영역성 강화에 따라 분류하였다. 건축적 요소로는 명확한 출입구, 잠금장치, 인터폰, CCTV, 센서, 안전한 조명 설계 등이 포함되며, 투명한 재료를 사용한 개방적인 건물 배치와 CCTV 설치로 시야를 확보하여 감시 효과를 높이는 방안이 제시되었다. 또한, 개인 공간과 공용 공간을 명확히 구분하고, 주민 참여형 디자인과 지역 특성을 반영한 설계를 통해 영역성을 강화하는 방법이 언급되었다. 공간환경 요소로는 좁고 긴 골목길 대신 넓고 개방적인 공간을 조성하고, 자연 감시를 강화하며 안전지대를 마련하는 방안이 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 가로등과 보안등을 통해 충분한 조도를 확보하고, 쉼터, 놀이터, 커뮤니티 시설과 같은 공동체 공간을 조성하여 범죄를 예방할 수 있는 환경을 만드는 방안이 제시되었다.

경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도 분석에서는 인증 체크리스트를 분석하여 건축적 요소를 도출하였다. 경찰청 인증제도는 민간 시설의 범죄예방 환경개선을 유도하기 위해 2016년에 주차장을 대상으로 시작되었으며, 2018년에는 원룸형 건물로 확대되었다. 체크리스트는 관리운영 체계, 디자인, 방법 및 안전시설 등으로 구성되며, CPTED 원칙인 접근통제, 감시, 영역성 확보를 기반으로 평가 항목이 설정된다. 접근통제는 출입구와 창문에 출입통제 시스템, 강화된 방범장치 등을 설치하여 보안을 강화하며, 옥외 공간에는 침입 경로를 차단하는 설비를 적용한다. 감시는 자연감시와 영상감시를 중시하며, 시각적 차폐를 최소화하고 사각지대와 은닉 공간을 제거하며, 고해상도 CCTV를 설치해 24시간 모니터링 및 영상 보관을 요구한다. 영역성 확보는 보행로와 주차장에 경계 표시와 디자인을 적용해 공간을 명확히 구분하고, 교통약자를 배려한 배치를 포함한다. 또한, 활용성 증대와 유지관리 원칙도 반영되어 상업시설과 공동시설을 배치해 활동을 활성화하고, 시설의 유지관리를 요구한다.

법무부 범죄예방 환경설계 사업 분석에서는 지역별 범죄예방 환경개선 컨설팅 자료를 분석하여 공간환경 요소를 도출하였다. 법무부의 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업은 초기에는 민간과 지자체 협력을 통해 추진되었으나, 2016년부터 국토교통부와 행정안전부 등과 협업하여 도시재생 및 안전사업과 연계되며 규모와 전문성이 확대되었다. 2019년부터는 도시재생뉴딜사업, 산업단지 재생사업, 어촌뉴딜사업과 연계하고, 2024년부터는 농촌 중심지 활성화 사업에도 적용되고 있다. 분석 대상인 최근 3년간 사업은 건축적 요소와 공간환경 요소를 접근통제, 감시, 영역성 확보의 원칙에 따라 분석하여 추진되었다. 접근통제를 위해 건축적 요소에서는 출입구와 창문의 위치, 건물 노후도, 빈집 수 등이 고려되며, 공간환경 요소로는 유희부지 차폐와 공원 녹지 비율 등이 포함된다. 감시 강화를 위해 건축적 요소에서는 출입구와 계단실 배치, CCTV와 조명 설치, 공간환경 요소에서는 골목길 및 사각지대의 감시 장비와 조명이 중점이다. 영역성 확보를 위해 건축적 요소는 담장 배치와 복합 용도 지역 비율을, 공간환경 요소는 쓰레기 무단투기 방지와 보호구역 지정 등을 중심으로 한다.

제3장 범죄 발생 지점의 건축·도시 물리환경 특성 분석

건축 및 도시 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하여 범죄예방 환경설계에 대한 통합적 전략의 근거를 제시하고자 하였다. 분석 대상은 서울특별시 6개 구(서초구, 강남구, 송파구, 강동구, 금천구, 은평구)로, 인증시설, 범죄 발생 건수, 1인당 범죄율이 높은 지역을 기준으로 선정하였다. 일부 분석은 공간적으로 연속적인 분석이 가능한 4개 구역(서초구, 강남구, 송파구, 강동구)을 중심으로 수행되었다. 분석 대상 지역은 250m 격자 단위로 범죄 발생과 물리환경 특성을 집계하여 분석하였다.

분석 방법은 크게 세 단계로 구성된다. 첫째, 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하여 인증시설의 범죄예방 효과를 평가했다. 둘째, 회귀분석(OLS), 기계학습(Random Forest), 공간회귀분석(MGWR)을 통해 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석했다. 주요 물리환경 변수와 범죄 발생 간의 공간적 상관관계를 평가하여 변수들이 지역에 따라 범죄에 미치는 영향을 파악했다. 모형은 범죄 유형(폭력, 절도 등)과 발생 시간대(낮, 밤 등)를 세분화하여 분석했다. 데이터 준비는 인구, 범죄 건수, 도시 환경 변수를 수집하고, OLS 회귀분석으로 주요 변수와 범죄의 관계를 도출했다. 기계학습(Random Forest)에서는 변수의 중요도를 평가하고, 공간회귀분석(MGWR)을 통해 지역별로 물리환경 요소가 범죄 발생에 미치는 차별적 영향을 분석하였다.

첫째로 서울시 6개 구의 경찰청 인증시설 및 범죄 데이터를 활용하여 인증시설 특성과 범죄 발생 현황을 분석하였다. 분석 대상은 2021~2023년 사이 최초 인증을 받은 130개 인증시설 중 데이터가 활용 가능한 24개 시설이었다. 인증시설은 주차장과 원룸 건축물을 대상으로 하며, 인증 실적과 범죄 예방 효과를 파악하기 위해 인증 획득 전후의 범죄 데이터를 비교하였다. 범죄 데이터는 총 84,994건에서 중복 제거, 5대 범죄 선별, 번지 정보와 좌표 변환 과정을 통해 최종 24,879건이 분석에 사용되었다. 기술통계 분석 결과, 폭력(16,394건)과 절도(9,058건)가 가장 빈번히 발생하였으며, 연도별로는 범죄 발생 건수가 감소 추세를 보였다(2021년 9,961건, 2023년 8,146건). 인증시설 효과성 분석에서는 100m 반경과 건물 단위의 범죄 데이터를 추출하여 인증 전후의 일별 범죄율 변화를 분석하였다. 인증시설 내에서는 범죄율이 약 25%, 100m 반경 내에서는 약 16% 감소하였으나, 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 제한된 표본 수로 인한 것이며, 그 외에도 연도별 범죄 감소 추세 등을 고려한 해석이 필요하다고 판단되었다.

다음으로 회귀분석, 기계학습, 공간회귀분석을 수행하였다. 선행연구, 경찰청 CPTED 인증 체크리스트, 법무부 사업 등 통하여 선정된 물리환경 변수를 공공 데이터를 통해 구득 가능한 것을 선별하고, 이를 인구와 물리환경 특성에 따라 재분류하였다. 인구는 독립변수로 별도 취급하며, 나머지 물리환경 변수는 토지이용, 도로 네트워크, 건축물 형태, 거리 시설, 건축물 이용 등으로 구분하였다. 물리환경 데이터는 VWorld, 지방행정 인허가 데이터, 공공데이터포털, 카카오 API 등 다양한 공공데이터 소스를 통해 구득되었으며, 분석은 250m 단위 격자 공간을 분석 단위로 설정하였다. 데이터 처리 과정에서는 분석 모델의 특성에 맞춰 종속변수인 범죄 발생을 이진 분류 또는 연속형 변수로 처리하였으며, 건물 단위에서 발생한 범죄만을 분석에 포함했다. 또한 변수의 스케일을 조정하고, 이상치와 결측치를 처리한 후 다중공선성과 상관관계가 낮은 변수를 선택하여 분석을 진행하였다.

분석 결과, OLS 회귀, 랜덤포레스트, MGWR 공간회귀 등 대부분의 분석에서 인구는 범죄 발생과 양의 상관관계를 보였다. 토지이용 관련 요소 중 상업용도 및 혼합용도 면적은 범죄 발생과 양의 상관관계를 보였고, 녹지 면적은 음의 상관관계를 보였다. 도로 네트워크에서는 도로 폭이 범죄와 양의 상관관계를, 보행로 면적은 음의 상관관계를 나타냈다. 건축물 관련 요소는 건물 개수와 용적률, 건폐율 등에서 범죄 발생과 양의 상관관계를 보였고, 일부 건물 높이는 비선형 관계를 보였다. CCTV 수와 범죄 발생 간의 관계는 양의 상관관계나 비선형 관계가 혼

재되었고, 건축물 이용 관련 요소에서는 음식점, 편의점 등이 범죄와 양의 상관 관계를 보였으며, 카페와 업무시설은 음의 상관관계를 보였다. 종합적으로 인구 밀집 지역과 상업지역 밀도, 녹지 면적 등의 요소가 범죄 발생에 큰 영향을 미쳤으나, 인과관계가 반대일 수 있는 CCTV 설치와 범죄 발생 간의 관계는 신중히 해석할 필요가 있다.

제4장 범죄예방을 위한 환경설계 및 인증제도 개선 방향 도출

물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하고, 이를 기반으로 범죄예방 환경설계를 고도화하며 경찰청의 민간 건축물 범죄예방 우수시설 인증제도의 성과를 평가하여 개선 방향을 도출하기 위하여 전문가 설문조사를 2차에 걸쳐 실시하여, 인증제도의 유효성과 확산 필요성에 대한 의견을 수렴하고, 물리환경 요소의 범죄 예방 정책적 시사점을 논의하였다.

1차 설문에서는 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도에 대한 전문가들의 의견을 수렴하였다. 인증제도의 인지 정도에 대해 53%가 긍정적으로 응답했으나, 일부는 인지 부족과 홍보 부족을 지적했다. 인증제도 운영에 대해서는 41%가 긍정적으로 평가했으며, 체계적이고 실질적인 운영이 이루어지고 있다는 의견이 많았다. 그러나 인식 부족과 실효성 문제, 인센티브 부족이 개선 필요 사항으로 언급되었다. 인증제도의 운용 방식은 68%가 긍정적으로 평가했으며, 현장 진단 및 재인증 시스템이 적절하다고 보았다. 그러나 정보 제공 부족과 실질적인 혜택 부족, 인증 대상의 한정성 등이 개선점으로 지적되었다. 체크리스트 항목과 배점에 대해서는 82%가 적절하다고 평가했으나, 배점 기준의 근거 부족, 항목의 지나친 세분화, 주관성 등의 문제점이 제기되었다. 범죄예방 효과에 대해서는 79%가 긍정적으로 평가했으나, 구체적인 검증 데이터 부족이 문제로 지적되었다. 인증제도의 확산 필요성에 대해서는 97%가 긍정적으로 평가하였으며, 제도의 확산을 통해 범죄 예방과 민간 건축물의 물리적 환경 개선이 가능하다고 보았다. 확산을 위한 방안으로는 인센티브 제공, 홍보 강화, 법적 지원, 공공시설 연계, 연구 기반 강화, 전문인력 지원 등의 아이디어가 제시되었다.

2차 설문에서는 물리환경 요소가 범죄 발생에 미치는 영향을 분석 결과를 토대로 해석하고, 정책적 시사점에 대한 의견을 수렴하였다. 인구 밀도와 범죄 발생 간의 양의 상관관계를 분석한 결과, 인구 특성(연령, 성별 등)을 고려한 정밀한 분석이 필요하다는 것이 주된 의견이었다. 특히 인구의 사회적 계층, 생활패턴 등

을 포함한 후속 연구가 요구되었다. 토지 이용 유형별 범죄 발생은 상업지역과 혼합용도 지역에서 범죄가 많이 발생하는 경향에 주목하였다. 녹지 지역의 경우 범죄 발생이 감소하는 것으로 나타났지만, 녹지의 시야 차단 등의 문제로 숨은 범죄 발생 가능성도 고려해야 한다고 지적하였다. 도로 네트워크와 범죄 발생 간의 관계를 분석한 결과, 도로 폭이 좁고 어두운 구간에서는 범죄 발생 가능성이 높을 수 있으며, 보행로 면적 확대가 범죄 예방에 도움이 될 수 있다고 평가되었다. 건축물 형태와 범죄 발생의 관계에서도, 건폐율이 높고 용적률이 큰 지역에서 범죄 발생 빈도가 증가할 수 있다는 결과가 도출됐다. 건물의 형태나 밀집도, 노후도 등 다양한 요소가 범죄 발생에 영향을 미친다고 평가되었다. CCTV의 설치와 범죄 발생 간의 관계에 대한 분석에서는, CCTV가 우범 지역에 설치되어 범죄 발생과 양의 상관관계를 보인다는 결과에 주목하였다. 그러나 인과 관계의 방향이 명확하지 않고, CCTV 수의 증가만으로 범죄 예방 효과를 기대하기 어려운 만큼, CCTV 설치 위치와 관리 상태, 지역 특성 등을 고려한 전략적인 접근이 필요하다는 의견이었다. 건축물 용도에 따른 범죄 발생 빈도를 분석한 결과, 대중이 많이 이용하는 시설이나 유흥시설 주변에서 범죄가 자주 발생하는 경향이 중요하다고 판단되었다. 전문가들은 물리환경 요소 분석 결과를 바탕으로 인구 세분화, 지역 특성 반영, 건물 노후도와 규모 고려, CCTV 설치 위치 최적화 등 구체적인 정책적 개선 방안을 제시하였다. 또한, 인증제도의 확산과 효율적 운영을 위한 인센티브 체계 구축, 실증적 데이터 기반 연구 강화, 정보 제공 체계 마련 등이 필요하다는 의견이 도출되었다.

제5장 결론

본 연구는 범죄예방을 위한 건축·도시 물리환경 개선 및 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도의 효과적인 확산을 배경으로, 물리환경 특성에 따른 범죄 발생 영향을 근거로 CPTED 정책의 고도화와 인증제도 개선을 목적으로 수행되었다. 범죄 발생과 물리환경 요소 관련 데이터에 대한 통계 및 기계학습 분석을 통하여 객관적인 근거를 마련하고, 분석 결과에 대한 전문가 의견수렴을 통하여 정책적 방안을 도출하였다.

범죄예방 환경설계를 고도화하기 위한 방안은 다음과 같다. 첫째, 사회적 감시가 범죄를 억제할 수 있으며, 이를 위해 공공장소나 휴게공간을 확대하고, 공원 및 녹지 공간의 안전성을 높이는 디자인 개선이 필요하다. 둘째, 인구 특성을 고려한 CPTED 기준 마련이 필요하다. 셋째, 건폐율과 용적률이 높은 지역에서 범죄 발생 가능성이 높으므로, 용도지역별 CPTED 기준 적용 및 인센티브 제공 방안을

고려할 필요가 있다. 넷째, 도로 폭이 좁은 곳에서 범죄 발생이 높을 수 있으므로, 이러한 공간에 대한 개입 고려가 필요하다. 다섯째, 건축물의 노후도 등에 따른 영향은 해당 지역 내 좁은 골목길과의 연관성을 고려한 추가 분석이 필요하다. 여섯째, CCTV 설치의 수량 증가보다는 설치 위치 최적화와 효율적인 관리 시스템 구축이 중요하다. 일곱째, 대중이 많이 이용하는 시설에 대한 추가적인 범죄 발생 패턴 분석이 요구된다. 여덟째, 장애물 없는 생활환경을 적용하고, 지역 소득 수준과 생활인구 수 등을 고려한 추가 분석이 필요하며, 빈 집이나 빈 건축물은 범죄 발생과 관련성이 높으므로 이를 분석에 포함시켜야 한다. 아홉째, 범죄불안감도 중요한 사회문제이므로, 물리적 환경 요소가 범죄불안감에 미치는 영향을 분석하고, 이를 바탕으로 범죄예방 환경설계 정책을 설정해야 한다.

범죄예방 우수시설 인증제도의 개선방안은 다음과 같은 내용이 제시되었다. 첫째, 인증제도에 대한 인식을 높이고 참여를 확대하기 위해 방송, 체계적인 홍보 캠페인을 진행하고, 인증 사례와 통계 자료를 공유하여 제도의 신뢰도를 향상시킬 필요가 있다. 둘째, 건축주와 시설 소유주를 대상으로 CPTED의 효과를 전달하는 교육 프로그램을 운영하여 자발적인 참여를 유도하고 제도의 실효성을 확보할 수 있다. 셋째, 인증 시설에 대한 세금 감면, 보험료 할인 등 구체적인 인센티브를 제공하여 참여를 유도하고, 경찰서에서 우선 관리되는 시설로 지정하는 등의 추가 지원 방안을 검토해야 한다. 넷째, 인증 평가 기준과 체크리스트를 개선하여 객관적인 데이터 기반의 정량적 평가 체계를 구축하고, 새로운 범죄 예방 기술을 반영하는 방향으로 발전시켜야 한다. 다섯째, 인증제도를 법제화하고 주요 시설에 인증 의무화나 인센티브 제공 등을 통해 법적 구속력을 강화해야 한다. 여섯째, 공공시설 인증을 확대하여 범죄에 취약한 학교, 병원, 대중교통 시설 등에도 인증제도를 적용하고, 성공적인 사례를 민간 부문에 전파하여 확산시킬 필요가 있다. 일곱째, 인증 받은 시설과 미인증 시설을 비교 연구하여 인증제도의 효과를 객관적으로 분석하고, 이를 적극적으로 홍보해야 한다. 여덟째, 인증 후에도 지속적인 관리와 피드백 시스템을 구축하여 인증 시설의 안전성을 유지하고 보완하는 체계를 마련해야 한다. 아홉째, 지역별 범죄 발생 패턴에 따라 맞춤형 인증제도를 운영하여, 인구 밀집 지역이나 상업시설이 많은 지역에선 강화된 방법 체계를 적용해야 한다.

본 연구에서 사용된 통계 및 기계학습 분석 기법은 물리환경 요소와 범죄 발생 간의 관계를 더 깊이 이해하는 데 유용한 도구로 활용될 수 있다. 이번 연구는 범죄 데이터 분석에 적합한 방법론을 탐색하는 단계로서 다양한 방법론을 적용하고 비교하는 단계였으며, 향후 연구에서는 이러한 분석 기법을 고도화하여 더욱 정교한 범죄 예방 정책을 수립할 수 있을 것으로 기대한다.

주제어

범죄예방환경설계, 물리환경 요소, 민간 건축물 인증, 기계학습

차례 CONTENTS

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	2
1) 연구의 배경	2
2) 공간환경 개선을 통한 범죄예방 정책의 의의와 추진 사항	4
3) 연구의 목적	5
2. 연구의 범위 및 방법	7
1) 연구의 범위	7
2) 연구의 방법	9
3) 연구의 흐름	10
3. 연구의 차별성	11
제2장 범죄예방 환경설계 관련 물리환경 요소 분석	15
1. 분석의 개요	16
1) 물리환경 요소 분석 대상	16
2) 물리환경 특성에 대응되는 CPTED 원칙 설정	16
2. 범죄예방 환경설계 선행연구 분석	18
1) 범죄예방 환경설계 관련 주요 선행연구 분석	18
2) 선행연구에서 제시된 범죄예방 건축·도시 물리환경 특성	20
3. 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 분석	21
1) 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 개요	21
2) 인증 체크리스트에서의 범죄예방 물리환경 특성 분석	22
3) 범죄예방 우수시설 인증제도의 건축·도시 물리환경 특성	33
4. 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 분석	35
1) 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 개요	35
2) 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅에서의 범죄예방 물리환경 특성 분석	38
5. 소결	44

제3장 범죄 발생 지점의 건축·도시 물리환경 특성 분석	47
1. 분석 개요	48
1) 분석 목적	48
2) 분석 대상	48
3) 분석 방법	48
4) 통계 및 기계학습 분석 방법론	52
2. 인증시설 특성 분석	64
1) 분석 개요	64
2) 경찰청 범죄예방 우수시설 인증 현황 분석	64
3) 범죄 발생 현황 분석	69
4) 인증 획득 전후 범죄 발생 분석	77
3. 물리환경 변수 선정 및 전처리	81
1) 국내 CPTED 체크리스트와 선행연구를 기반한 물리환경 변수 선정	81
2) 물리환경 관련 데이터 수집	85
3) 물리환경 변수 처리	90
4. 분석 결과	106
1) OLS 회귀모형 결과	106
2) Random Forest/SHAP/PDP 결과	116
3) 공간회귀 모형 결과	123
4) 분석 결과 종합 및 해석	134
5. 소결	137

차례 CONTENTS

제4장 범죄예방을 위한 환경설계 및 인증제도 개선방향 도출	139
1. 개선방향 도출 개요	140
2. 범죄예방 우수시설 인증제도의 평가	143
1) 범죄예방 우수시설 인증제도의 인지 정도	143
2) 범죄예방 우수시설 인증제도 운영	144
3) 범죄예방 우수시설 인증제도 운용 방식의 적절성	145
4) 범죄예방 우수시설 인증제도 체크리스트 항목 및 배점의 적절성	146
5) 범죄예방 우수시설 인증제도의 범죄예방에 대한 효과성	147
6) 범죄예방 우수시설 인증제도 확산의 필요성	148
7) 범죄예방 우수시설 인증제도의 확산을 위한 방안	149
3. 물리환경 특성의 범죄 발생 영향 해석	150
1) 인구와 범죄 발생 관계 해석	150
2) 토지이용 유형별 범죄 발생 영향 해석	151
3) 도로 네트워크 특징별 범죄 발생 영향 해석	153
4) 건축물 형태 특징별 범죄 발생 영향 해석	154
5) CCTV 수와 범죄 발생 간의 상관관계 해석	155
6) 건축물 이용 유형별 범죄 발생 영향 해석	156
7) 범죄예방 환경설계를 위한 추가 물리환경 요소 및 정책 방안 제언	157
4. 종합 및 시사점	160
제5장 결론	163
1. 연구의 의의	164
2. 범죄예방 환경설계 고도화 방향	165
3. 범죄예방 우수시설 인증제도 개선방안	168

차례 CONTENTS

참고문헌	171
SUMMARY	179
부록	189
1. 5대 범죄 발생의 변수별 MGWR 계수 추정값	190
2. 물리환경 특성 공간정보 시각화	191

표차례 LIST OF TABLES

[표 1-1] 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성	13
[표 2-1] 물리환경 요소 분류	20
[표 2-2] 주차장 체크리스트(범용) 항목 및 배점	23
[표 2-3] 주차장 체크리스트 접근통제 항목	25
[표 2-4] 주차장 체크리스트 감시(영상감시 제외) 항목	26
[표 2-5] 주차장 체크리스트 영상감시 항목	27
[표 2-6] 주차장 체크리스트 영역성 항목	28
[표 2-7] 원룸 체크리스트(범용) 항목 및 배점	29
[표 2-8] 원룸 체크리스트 접근통제 항목	31
[표 2-9] 원룸 체크리스트 감시(영상감시 제외) 항목	32
[표 2-10] 원룸 체크리스트 영역성 항목	32
[표 2-11] 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도의 범죄예방 관련 건축적 요소	34
[표 2-12] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 대상지	36
[표 2-13] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업의 건축적 요소	38
[표 2-14] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업의 공간환경 요소	40
[표 2-15] 연구와 정책사업 검토를 통한 범죄예방 관련 건축적 특성 종합	44
[표 2-16] 연구와 정책사업 검토를 통한 범죄예방 관련 공간환경 특성 종합	45
[표 3-1] 서울시 구별 5대 범죄 발생 현황 (단위: 건)	73
[표 3-2] 서울시 구별 시간대별 범죄 발생 현황 (단위: 건)	75
[표 3-3] 서울시 시간대별 5대 범죄 발생 현황 (단위: 건)	76
[표 3-4] 기계학습 기반 범죄예방 건축환경 분석을 위한 종속변수와 독립변수	82
[표 3-5] 물리환경 변수 설명 및 공공데이터 출처	87
[표 3-6] 변수별 데이터 처리 과정	98
[표 3-7] 종속변수 그리드 개수 - 시간대별/범죄별	104
[표 3-8] 모델 별 OLS 회귀모형 성능평가 결과	107
[표 3-9] 5대 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준	108
[표 3-10] 5대 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준	109
[표 3-11] 5대 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준	110
[표 3-12] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준	110
[표 3-13] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준	111
[표 3-14] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준	111

[표 3-15] 절도 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준	112
[표 3-16] 절도 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준	113
[표 3-17] 절도 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준	113
[표 3-18] 랜덤포레스트 모델 성능 - Test accuracy 기준	117
[표 3-19] MGWR 모델을 위한 변수 추출	123
[표 3-20] 범죄별/시간별 MGWR 성능 평가	125
[표 4-1] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 평가 설문조사 항목	140
[표 4-2] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 평가 설문조사 항목	140
[표 4-3] 전문가 의견수렴 설문 응답자	141
[표 4-4] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 인지에 대한 의견	143
[표 4-5] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 운영에 대한 의견	144
[표 4-6] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 운용 방식에 대한 의견	145
[표 4-7] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 체크리스트 적절성	146
[표 4-8] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 효과성	147
[표 4-9] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 확산의 필요성	148
[표 4-10] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 확산 방안 아이디어	149

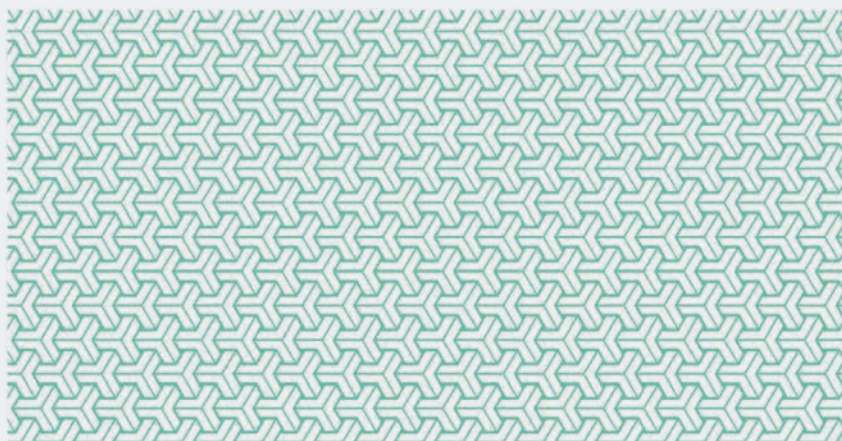
그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 1-1] 염리동 소금나루(송문길 136) 재개발 전후	2
[그림 1-2] 염리동 소금길 안내판의 재개발 지역이 가려진 모습	3
[그림 1-3] 범죄예방 우수시설 인증 시설 사례	4
[그림 1-4] 공간환경적 개선을 통한 범죄예방 정책 프로그램	5
[그림 1-5] 공간 환경의 유기적 관계성과 범죄 발생 연계성	6
[그림 1-6] 연구 대상 지역(서울시 6개 구) 지도 시각화	8
[그림 1-7] 연구의 흐름	10
[그림 3-1] 범죄 발생 영향 물리환경 특성 분석 방법 및 흐름	50
[그림 3-2] 모델 프레임워크	51
[그림 3-3] 의사결정나무 예시	56
[그림 3-4] 그래디언트 부스팅 기법 중 AdaBoost 와 XGBoost 개념	57
[그림 3-5] 의사결정 트리와 랜덤포레스트 개념 비교	58
[그림 3-6] SHAP 개념 설명 및 예시	59
[그림 3-7] PDP 플롯 예시	59
[그림 3-8] 혼동행렬 예시	60
[그림 3-9] 서울시 인증시설 신규여부 현황	65
[그림 3-10] 서울시 인증시설 최초 인증 시기	65
[그림 3-11] 서울시 인증시설 직전 진단 시기	66
[그림 3-12] 서울시 6개 구 인증시설 신규여부 현황	66
[그림 3-13] 서울시 6개 구 인증시설 최초 인증 시기	67
[그림 3-14] 서울시 6개 구 인증시설 직전 진단 시기	67
[그림 3-15] 서울시 인증시설 지도 시각화 (붉은 배경: 분석 대상 6개 구)	68
[그림 3-16] 서울시 범죄 데이터 프로세싱 과정	69
[그림 3-17] 서울시 6개 구 범죄 발생 지도 시각화	70
[그림 3-18] 범죄(죄명)별 발생 건수	71
[그림 3-19] 연도별 총 범죄 발생 건수	71
[그림 3-20] 월별 총 범죄 발생 건수	72
[그림 3-21] 연도별 5대 범죄 발생 건수	72
[그림 3-22] 월별 5대 범죄 발생 건수	73
[그림 3-23] 서울시 구별 5대 범죄 발생 현황	74
[그림 3-24] 서울시 구별 시간대별 범죄 발생 현황	76

그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 3-25] 서울시 시간대별 5대 범죄 발생 현황	77
[그림 3-26] 인증시설로부터 반경 100m 내 범죄 데이터 추출 시각화	78
[그림 3-27] 인증 시설 건물별 범죄 데이터 추출 시각화	78
[그림 3-28] 신규 인증 및 재인증 시설의 일별 범죄율 계산 방법	79
[그림 3-29] 재인증 취소 시설의 일별 범죄율 계산 방법	79
[그림 3-30] 인증시설 건물 내 인증 전후 일별 범죄율 비교	80
[그림 3-31] 인증시설로부터 반경 100m 내 인증 전후 일별 범죄율 비교	80
[그림 3-32] 250m 단위 격자 내 건축·도시 물리환경 및 범죄 분포	90
[그림 3-33] 건축·도시 물리환경 데이터 구조	91
[그림 3-34] 서울시 주유소 위치 지도 시각화 예시	95
[그림 3-35] 서울시 보행로 지도 시각화	96
[그림 3-36] 전체시간 기준 범죄별 유의미한 변수 시각화	114
[그림 3-37] 낮 시간 기준 범죄별 유의미한 변수 시각화	115
[그림 3-38] 밤 시간 기준 범죄별 유의미한 변수 시각화	116
[그림 3-39] 5대범죄/전체시간 기준 SHAP 및 PDP 결과	118
[그림 3-40] 5대범죄/낮 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과	118
[그림 3-41] 5대범죄/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과	119
[그림 3-42] 강간폭력 범죄/전체/낮/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과	120
[그림 3-43] 절도 범죄/전체/낮/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과	122
[그림 3-44] 변수별 공간적 자기상관성 결과 시각화	124
[그림 3-45] 범죄별/시간별 MGWR Bandwidth	127
[그림 3-46] 인구수 변수 - MGWR 결과 시각화	128
[그림 3-47] 음식점 수 변수 - MGWR 결과 시각화	129
[그림 3-48] 편의점 수 변수 - MGWR 결과 시각화	130
[그림 3-49] 건물 수 변수 - MGWR 결과 시각화	131
[그림 3-50] 용적률 수 변수 - MGWR 결과 시각화	132
[그림 3-51] CCTV 수 변수 - MGWR 결과 시각화	132
[그림 3-52] 혼합용도 면적 변수 - MGWR 결과 시각화	133
[그림 3-53] 녹지면적 변수 - MGWR 결과 시각화	134
[그림 3-54] 분석 결과 종합	136

제1장 서론



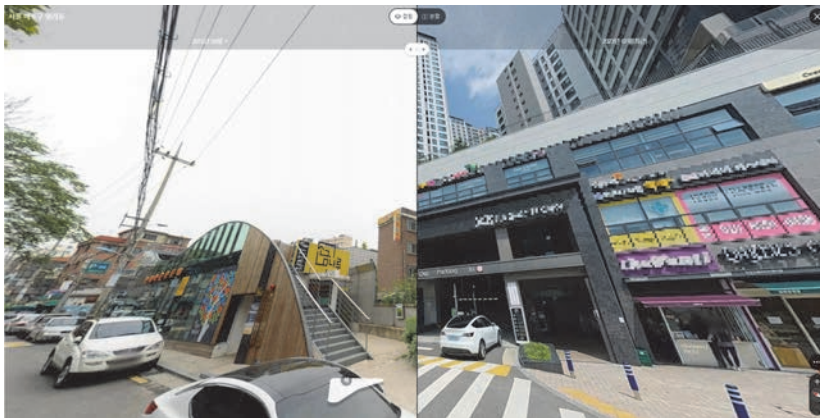
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
3. 연구의 차별성

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

범죄예방 환경설계(CPTED)는 물리적 환경의 개선을 통해 범죄 발생과 범죄두려움을 줄이는 개념이다. 2000년대 이후 정부, 지방자치단체, 민간 등 다양한 주체가 정책사업 등에 적극적으로 도입하고 있다. 범죄예방 환경설계가 성숙기에 다다르면서 범죄예방 환경설계에 따른 개입의 지속성과 범죄예방 효과의 검증에 대한 관심이 높아지고 있다.

염리동 소금길은 초기 범죄예방 환경설계 사업 중 하나로, 범죄예방 환경설계 사업의 지속성에 대한 관심을 환기하는 사례이다. 염리동은 CPTED 사업 당시 10년 가까이 재개발이 지연되어 낙후한 환경으로 범죄율이 높아지고 있던 곳이었다(이정훈, 2016, 1월 15일 기사). 서울시가 2012년 ‘범죄예방디자인’ 사업 첫 대상지로 염리동을 선정하여 CPTED 기법을 적용한 결과, 경찰 지구대 신고 전화가 30% 줄어드는 등 범죄두려움이 크게 감소하는 효과를 얻었다(곽래진, 2020, 7월 29일 기사). 그러나 아현뉴타운 사업이 진행되면서 염리동 소금길은 제대로 관리되지 않게 되었다. CCTV 관제와 커뮤니티 기능을 담당했던 소금나루도 아파트 단지로 바뀌었다(김준희, 2018, 10월 16일 기사; 임영근, 2014, 3월 19일 기사). 소금길의 사례는 CPTED 관점에서 물리적인 환경이 변화함에 따른 지속적인 개입의 중요성을 환기하고 있다.



[그림 1-1] 염리동 소금나루(송문길 136) 재개발 전후

출처: 카카오맵. (2024). <https://map.kakao.com/> (검색일: 2024.6.20.)



[그림 1-2] 염리동 소금길 안내판의 재개발 지역이 가려진 모습

출처: 김준희. (2018). [르포]색 바랜 '염리동 소금길'... 재개발 시작되니 “나 몰라라”. 뉴스핌. 10월 16일 기사. <https://newspim.com/news/view/20181016000301> (검색일: 2024.6.20.)

건축물에 대한 범죄예방 환경설계의 경우, 2014년 「건축법」 제53조의2(건축물의 범죄예방)가 신설되어 일부 용도 건축물에 대하여 범죄예방 환경설계를 의무화하고 있다. 다른 한편으로는, 민간 건축물 소유주의 참여를 유도하기 위한 인증제도도 운영되고 있다. 경찰청은 민간 시설 대상으로 경찰서 범죄예방진단팀(CPO)이 평가·인증하는 범죄예방 우수시설 인증제도를 도입 및 운영하고 있다. 이 제도는 2016년 주차장을 대상으로 처음 도입되었으며, 2018년에는 원룸형 건물로 인증 대상을 확대하였다. 경찰청의 인증제도는 민간 시설의 범죄예방 환경설계를 개선하여 안전한 환경을 조성하는 데 기여하고 있으나, 제도 시행 이후 많은 시간이 흘렀음에도 인증 실적이 저조한 현실이다. 현재까지 2022년 기준 전국적으로 총 1,527개소의 시설이 범죄예방 우수시설 인증을 받았다.

이처럼 범죄예방 환경설계에 대한 많은 노력에도 불구하고 건축물과 도시 및 지역사회 공간환경에 대한 범죄예방 환경설계가 의도한 효과를 달성하지 못하고 있는 이유는 건축·도시의 물리환경은 유기적으로 연계되어 서로 영향을 미치는 관계이기 때문이다. 각 범죄예방 환경설계 사업·정책은 각각이 개입하고 있는 범위 안에서는 목표를 달성하였으나, 재개발 추진, 유지관리 미비, 민간 참여 저조 등의 다양한 이유로 범죄예방 관점에서 큰 효과를 얻지 못하였다.



[그림 1-3] 범죄예방 우수시설 인증 시설 사례

출처: 고재영. (2022). 부천시도시공사, 공영주차장 2곳 범죄예방 우수시설 인증. 글로벌뉴스통신. 12월 7일 기사. <http://www.globalnewsagency.kr/news/articleView.html?idxno=278002> (검색일: 2024.1.13.)

금천구시설관리공단. (2019). 금천구시설관리공단, 범죄예방 우수시설 인증 'A등급 달성'. 뉴스와이어. 9월 27일 보도자료.

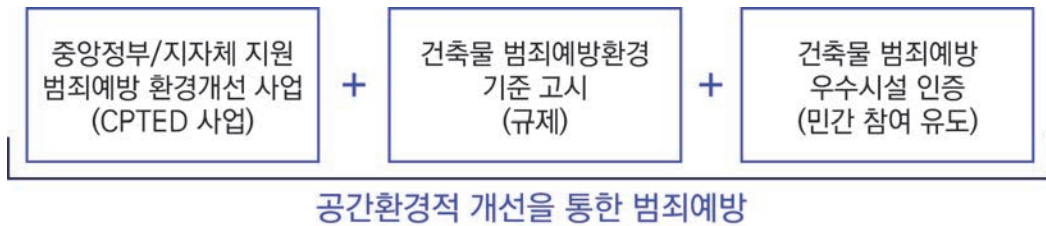
<https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=894713> (검색일: 2024.1.13.)

이러한 문제를 개선하기 위해서는 건축·도시 공간에 대한 통합적 물리환경 개선이 중요하다. 이를 위해서는 건축과 도시공간에 대한 범죄예방 환경설계의 효과성을 통합적으로 검증하고, 이를 바탕으로 한 근거 기반 추진전략을 마련할 필요가 있다. 통합적인 검증을 통해 도출된 근거를 바탕으로 정책을 추진함으로써 도시공간, 공공시설, 민간 건축물을 아우르는 범죄예방 효과를 기대할 수 있다.

2) 공간환경 개선을 통한 범죄예방 정책의 의의와 추진 사항

공간과 범죄의 관계를 고려할 때, 공간 계획 및 관리에 대한 공공의 제어가 범죄 예방과 피해 감소에 효과적일 수 있는지에 대한 질문이 제기된다. 범죄는 직접적인 피해 외에도 불안감을 야기하여 사회 안정을 저해하므로, 공간환경 개선을 통하여 범죄를 예방할 수 있도록 유도하는 공공 정책을 추진하는 것이 중요하다.

특히 우리나라에서 시행중인 공간과 관련된 범죄 예방 정책은 규제 또는 지침적 차원의 제도 운영, 직접적 정책 추진 프로그램, 민간 시장에 대한 참여 유도 프로그램으로 추진되고 있다. 이러한 체계에 따른 공간적 개선과 관련된 정책 추진 프로그램 및 제도로는 ① 중앙정부 및 지자체 지원의 범죄예방 환경개선 사업(CPTED), ② 규제적 차원의 건축물 범죄예방환경 기준 고시, ③ 민간의 참여 추진을 위한 건축물 범죄예방 우수시설 인증제도를 들 수 있다.



[그림 1-4] 공간환경적 개선을 통한 범죄예방 정책 프로그램

출처 : 연구진 작성

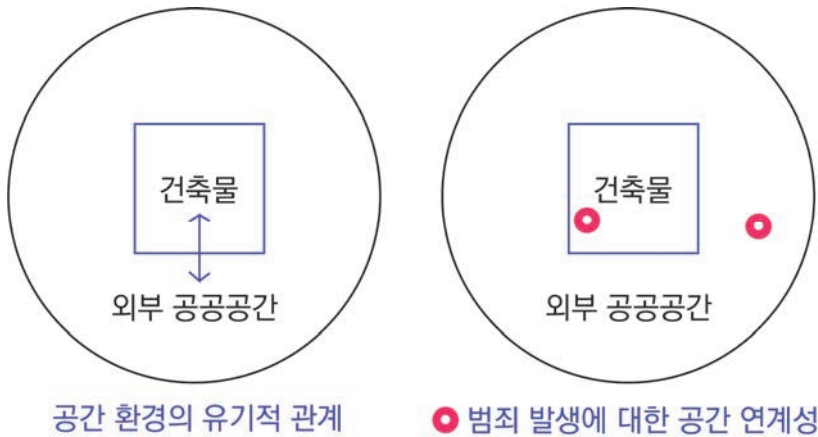
이 중 ① 범죄예방 환경 개선 사업(CPTED) 사업은 중앙정부 지원의 컨설팅 지원 사업이 추진되고 있으며, 이에 대한 방향성 설정은 별도로 다루는 ‘범죄예방 환경 개선 사업(CPTED) 매뉴얼’에서 다루기로 한다. ② 건축물 범죄예방환경 기준 고시에 있어서는 별도로 검토하는 보고서에서 그 개선방안을 논의하기로 한다. 본 연구에서는 이 중 ③ 건축물 환경에 있어 경찰청에서 운영하고 있는 제도인 ‘범죄예방 우수시설 인증’ 건축물에 대해 한정하여 다루기로 한다.

범죄예방 환경설계에 따른 공간환경에 대한 개입은 환경설계 기법과 그로 인한 범죄예방 효과로 나누어볼 수 있는데, 별도의 매뉴얼에서 계획 및 시설에 대한 부분을 다루고 있으므로 본 연구에서는 공공공간의 물리적 환경과 범죄 발생간의 관계성을 한정하여 다루기로 한다. 본 연구에서는 물리적 환경이 범죄 발생에 미치는 영향을 CPTED 사업의 효과와 분리하여 분석하기 위해, 중앙정부가 지원하는 CPTED 사업이 시행되지 않은 지역을 사례로 선정하고자 하였다. 이러한 분석을 통하여 밝혀낸 물리환경 특성과 범죄 발생 사이의 관계에서, CPTED 사업의 범죄예방 효과를 제고하기 위한 개선방향을 논의하고자 한다.

3) 연구의 목적

본 연구의 목적은 공간적 환경요소와 범죄예방 요소와의 연계성을 파악하여 CPTED의 방향성을 논의하고, 민간 건축물의 범죄예방 강화를 위한 참여를 촉진하기 위한 방안을 논의하는데 있다.

본 연구는 건축물 환경과 외부 도시공간 환경의 유기적 연계를 강조하며, 범죄예방을 위해 CPTED 전략을 통한 공간 개선과 민간 참여의 중요성을 부각한다. 건축물과 주변 도시공간이 유기적으로 연결된다는 전제를 바탕으로, 범죄 발생도 건축물 내·외부 공간에서의 연계성을 가진다는 전제로 분석을 진행하고자 한다.



[그림 1-5] 공간 환경의 유기적 관계성과 범죄 발생 연계성

출처 : 연구진 작성

이를 바탕으로 본 연구에서 주장하고자 하는 정책 논제는 다음의 두 가지이다.

- ① 본 연구에서 분석하는 공간적 환경 요소에 어떠한 범죄예방 요소가 포함되는 것이 요구되는가를 파악하여, 이를 강조한 CPTED 전략들로 공간을 개선하고 발전시켜야 한다.
- ② 건축물의 범죄예방 우수시설 인증으로 대표되는 민간의 건축물 대상 범죄예방 강화 유도 참여가 공공성을 증진하는데 유효하며, 이에 대해 공공이 민간 참여를 더욱 촉진하도록 유도할 필요가 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

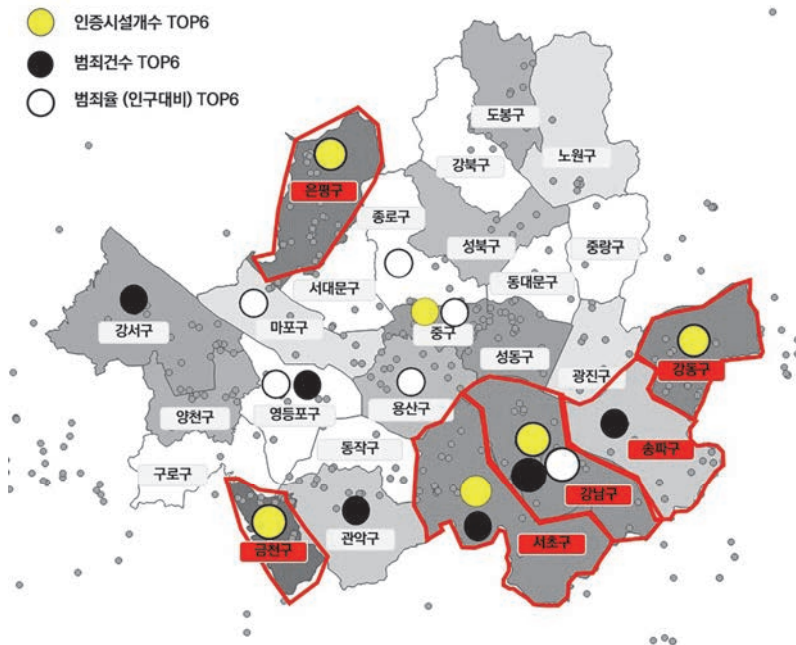
□ 내용적 범위

본 연구는 두 가지 정책 논제에 대하여 다루고 있는 바, 첫 번째는 건축물과 도시 공간의 물리환경 특성의 차이가 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 이를 위하여, 건축물과 도시공간에 대하여 범죄 발생, 범죄예방 환경설계와 관련이 있는 물리환경 변수를 도출하였다. 이를 통해 건축·도시의 물리환경 요소가 범죄 발생에 미치는 영향을 파악하고, 범죄예방 효과성 제고를 위한 범죄예방 환경설계 정책 추진방향을 제안하고자 하였다. 아울러 분석 결과에 대하여 전문가 의견 수렴을 통해 정책적 시사점을 토의하고자 하였다.

두 번째 정책 논제인 민간의 건축물 대상 범죄예방 강화 유도 참여에 대해서는, 먼저 논의의 범위를 경찰청에서 운용하고 있는 민간 건축물 ‘범죄예방 우수시설 인증’ 제도로 한정하였다. 방법론적으로는 전문가 의견 수렴을 통한 경찰청의 민간 건축물 CPTED 인증제의 유효성과 확산 필요성 및 확산을 위한 방안 아이디어를 취합·분석하여 시사점을 제공하고자 하였다.

□ 공간적 범위

건축·도시 물리환경 특성에 대한 분석에서는 공간적 범위를 서울특별시 중 일부 구를 대상으로 설정하였다. 서울특별시는 거대도시로서 그 내부에 하위 지역에 따라 다양한 인구사회학적 특성을 지니고 있으며, 높은 인구밀도와 경제 수준으로 인하여 범죄 발생 및 범죄예방 환경설계 실적이 다양하게 나타나는 지역이다. 서울시 내 대상 지역 선정에는 인증시설 수, 범죄 발생 건수, 1인당 범죄 발생률 등이 높은 지역을 우선적으로 반영하였으며, 지리적 연계성, 물리환경 특성의 다양성도 함께 고려하였다. 최종적으로 설정된 연구의 공간적 범위는 연접한 강남 4개구(서초구, 강남구, 송파구, 강동구)와, 물리환경 특성이 대조적으로 나타나면서 경찰청 범죄예방 우수시설 인증 실적이 높은 금천구, 은평구를 포함하여 총 6개 구를 연구 대상으로 설정하였다.



[그림 1-6] 연구 대상 지역(서울시 6개 구) 지도 시각화

출처: 검찰청, 「범죄분석통계」

□ 시간적 범위

연구의 시간적 범위는 최근 5년(2019년~2023년)으로 설정하였다. 이는 2016년 (원룸형 건물은 2018년)부터 시행된 범죄예방 우수시설 인증제도가 활성화된 시점을 고려하여 그 효과를 분석하기 위함이다. 이 기간 동안의 데이터를 통해 기축 시설 인증 전후, 신축 시설 건축 전후, 지역사회 시계열 변화 등을 분석하였다.

2) 연구의 방법

□ 문헌연구

건축물과 도시공간에 적용되는 범죄예방 환경설계 기법을 검토하고 범죄 발생과 연관된 물리환경 특성을 도출하기 위하여 법·제도, 국내·외 사례, 연구문헌, 언론 보도 등을 검토하였다.

□ GIS 공간분석 및 통계분석

건축물과 도시공간의 물리환경 특성, 범죄 발생, 범죄두려움 등에 대하여 공간정보화(지오코딩), 기초통계 분석 및 GIS를 활용한 공간분석을 수행하였다, 그리고 기계학습을 활용한 범죄예측 모델의 입력 변수 처리에도 GIS를 활용하였다.

□ 기계학습

의사결정나무 기반의 기계학습 방법론(Random Forest)을 적용하여 건축·도시 물리환경의 특성에 따른 범죄 발생 예측을 수행하는 기계학습 모델을 개발하고, 이 모델에 대한 해석 방법론(SHAP 등) 적용을 통하여 건축·도시 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하였다.

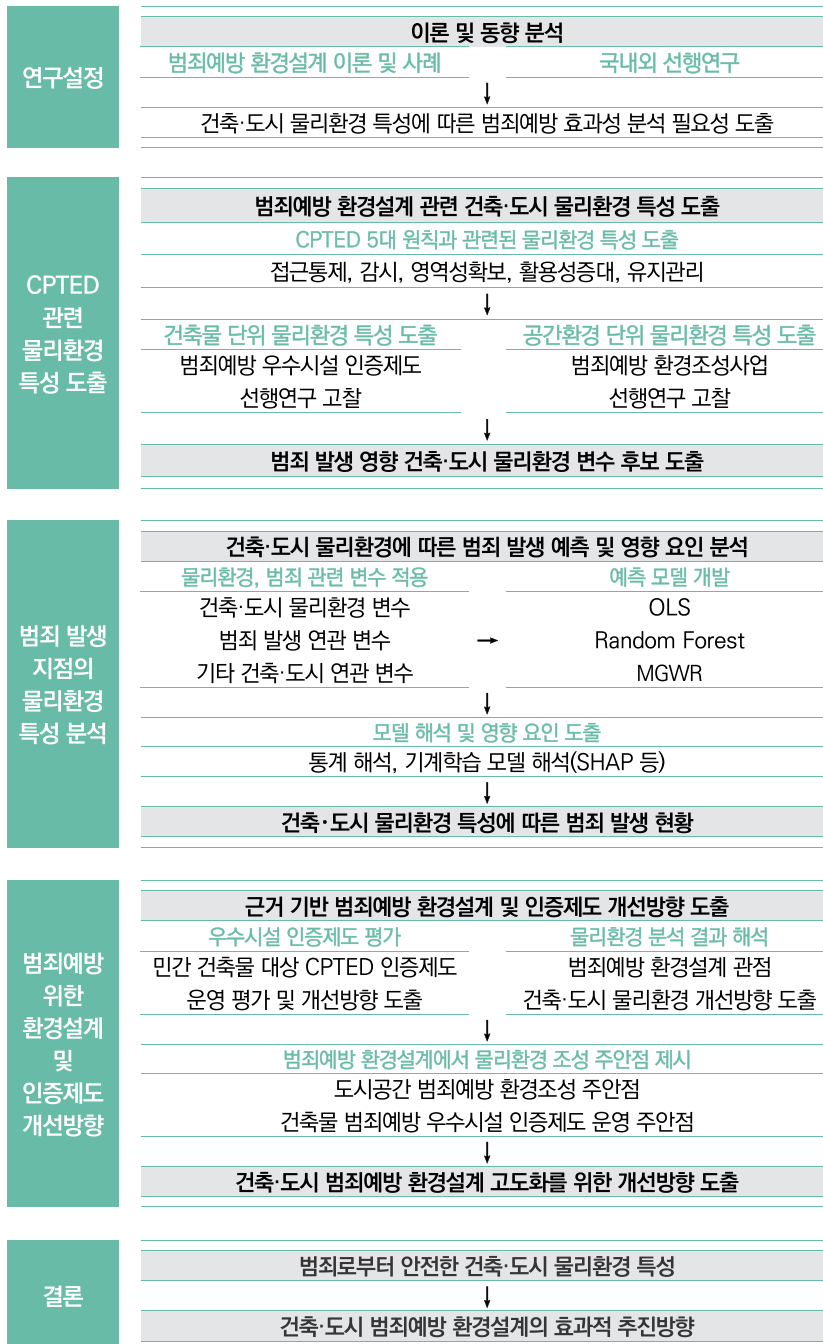
□ 전문가 자문 및 협업

물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향 분석 결과에 대한 관련 분야 전문가의 의견수렴을 통하여 범죄예방 효과성 제고할 수 있는 물리환경 조성 및 정책 추진 방향을 도출하였다. 또한 건축·도시 공간데이터에 대한 기계학습 분석 과정은 건축과 기계학습 분야 외부 전문가와 협업을 통하여 진행하였다.

경찰청 ‘범죄예방 우수시설 인증’제도의 확산을 위한 방안 도출을 위하여 전문가 설문조사를 통하여 의견을 수렴하였다. 현행 제도에 대한 인식과 유효성, 확산 필요성 등에 대한 정량적인 평가와 확산을 위한 아이디어 취합·분석을 병행하여 제도개선 방향과 구체적인 실행 방안을 도출하였다.

또한 물리환경 특성이 범죄발생에 미치는 영향 분석 결과를 전문가에게 보여주고 의견을 수렴함으로써 정책적 시사점을 토의하였다.

3) 연구의 흐름



[그림 1-7] 연구의 흐름

출처: 연구진 작성

3. 연구의 차별성

본 연구는 범죄예방 환경설계의 추진 방안과 관련하여 두 가지 정책 연구 논제를 다루는데, 첫 번째 주제는 도시공간에서 발생하는 범죄 발생 지점의 물리환경 특성을 분석하여 건축·도시 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 실증하는 연구이다. 관련 선행연구는 물리환경 특성과 범죄예방 환경설계의 적용이 범죄 발생에 미치는 영향에 대한 연구를 검토하였다. 건축물과 도시공간 각각에 대하여 범죄예방 환경설계 적용(사업 수행 등)의 효과성을 측정한 연구는 다양한 관점에서 수행되었다. 그러나 전문가와 주민을 대상으로 한 설문조사와 범죄 발생 데이터 분석을 통해 측정한 범죄 예방, 범죄두려움 감소 등의 효과는 일관되지 않게 나타났다. 도시공간에 대한 범죄예방 환경설계 사업의 효과에 대한 전문가 설문조사와 주민 설문조사에서는 CPTED 요소가 범죄예방에 효과적이며, 범죄두려움 감소에 기여하는 것으로 나타났다. 그러나 실제 범죄 발생 데이터를 활용한 실증 연구에서는 지역, 사업, 시기별로 효과 여부가 다르게 나타나, 확실한 효과를 확인하기 어려운 상황이었다. 대상물 강화 차원의 방법인증시설 설치 등 건축물에 대한 CPTED 사업에 대한 효과에서도 사업 효과 인식, 지역 경찰 신뢰도 등 간접적인 측정이 이루어져 범죄 예방 효과성이 명백하게 실증되었다고 판단하기 어려웠다.

두 번째 주제인 경찰청이 운영하고 있는 ‘범죄예방 우수시설 인증’ 제도의 확산에 대해서는 선행연구가 전무한 상황이다. 민간 건축물에 대하여 자발적 범죄예방에 대한 공간적 계획 및 관리를 다루는 데 있어 공공이 유도하는 정책적 전략을 발전시키기 위해서는 이에 대한 정책 평가 연구가 요구된다. 이러한 관점에서 본 연구는 선도적 연구로서 전문가들의 의견을 수렴하여 정책 발전 방향을 토의하는 시도를 하는데 차별성이 있다.

아울러, 본 연구의 차별성은 건축물과 도시공간의 물리환경 특성이 건축물에 대한 범죄예방에 어떠한 영향을 미치는지 분석하는 데 있다. 기존 선행연구들은 주로 범죄예방 환경개선사업이나 방법성능인증시설 등 공공의 직접 개입에 따른 사업의 효과를 분석하는 경우가 많아, 건축물에 대한 CPTED 적용에 대한 연구라는 점에서 차이가 있다. 한편으로는 건축물에 대한 CPTED 계획의 효과도 공간환경의 영향을 받는다는 점을 고려하여, 건축물과 도시공간의 물리환경 특성을 통합적으로 고려하여 분석하였다는 것도 본 연구의 차별점이다.

본 연구는 건축물에 대한 범죄예방 환경설계 적용의 효과성을 실제 건축·도시 물리환경 특성 데이터와 범죄 발생, 범죄·무질서 신고 데이터 등을 활용하여 실증

적으로 분석한다. 이를 통해 범죄 발생에 미치는 건축·도시 물리환경 특성의 영향을 평가하고, 이를 바탕으로 범죄예방 환경설계의 효과적 추진방향을 제시한다는 점에서 차별성을 가진다. 특히, 민간 시설의 자율적 참여와 공공의 지원이 결합된 인증제도가 실제 범죄 예방에 얼마나 기여하는지 구체적으로 검증하고, 민간 시설을 포함한 건축·도시 전반의 범죄예방 환경설계 확산을 위한 정책 개선 방향을 제시하고자 한다.

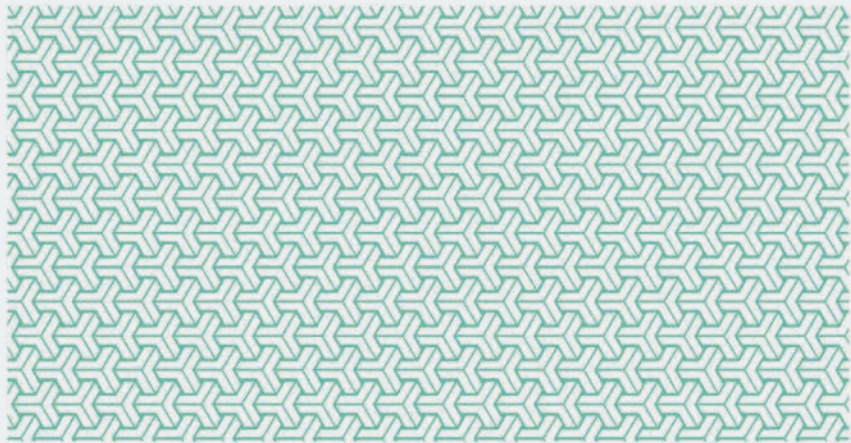
[표 1-1] 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성

구분	연구명 및 목적	연구방법	주요 연구내용 및 결과
건축물 범죄예방 환경설계 효과성	- 연구명: 주거시설 침입범죄 예방을 위한 방법인증시설 CPTED 사업의 효과 연구 - 연구자(연도): 정지연, 박현호 (2022) - 연구목적: 방범성능이 인증된 시설과 제품을 활용한 대상물 강화 전략의 효과 분석	- 주민 설문	- 방범성능인증시설(인증 방범제품 설치) 사업 사전·사후 주민 설문조사를 통하여 범죄두려움 분석 - 설치 이후 침입절도 피해 감소, 범죄두려움 감소 효과 - 사업 효과 인식, 지역 경찰 신뢰도 등 개선 효과
	- 연구명: 인천시 타겟하드닝 CPTED 사업 효과의 실증 분석 및 개선방안 연구 - 연구자(연도): 정지연 외 (2023) - 연구목적: 방범성능이 인증된 시설과 제품을 활용한 대상물 강화 전략의 효과 분석	- 주민 설문	- 방범성능인증시설(인증 방범제품 설치) 사업 사전·사후 주민 설문조사를 통하여 범죄두려움 분석 - 설치 이후 범죄두려움 감소 효과 - 사업 효과 인식, 지역 경찰 신뢰도 등 개선 효과
	- 연구명: 범죄예방 우수시설 인증제도 효과성 분석 연구 - 연구목적: 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 효과성 분석, 개선방향 제시	- 문헌연구 - 통계분석 - GIS - 공간분석 - 기계학습	- 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 핵심 평가항목 도출 - 인증제도 운영에 따른 범죄예방 효과성 분석, 범죄 발생 영향 요인 분석 - 인증제도 운영 개선방향 제시
도시공간 범죄예방 환경설계 효과성	- 연구명: CPTED 구성요소 중요도 분석 - 연구자(연도): 정철우(2016) - 연구목적: CPTED 구성요소가 범죄 예방 또는 범죄 두려움 감소에 미치는 중요성 분석	- 문헌연구 - 전문가 설문(AHP)	- CPTED 요소 36개 쌍대비교 가중치 산정 AHP 설문 - 주민들끼리의 유대 강화가 가장 중요한 요소로 나타남 - 기계, 장비에 의한 접근이 인적 자원 중심 전략보다 효과가 클 것으로 분석됨
	- 연구명: 범죄예방진단팀(CPO)을 활용한 지방자치단체 CPTED 전략 개선방안 - 연구자(연도): 신재현, 김상운(2017) - 연구목적: 지방자치단체의 CPTED 전략 효과성 제고를 위한 범죄예방진단팀(CPO)제도 구체화 방안 제시	- 문헌연구 - 통계분석 - 주민 설문	- 경기도 CPTED 사업 전후 폭력범죄 예방 효과 불확실 - 주민 설문 결과 경기도 CPTED 사업 이후 범죄두려움 감소 - 주민들은 설문을 통하여 CCTV 설치, 순찰 강화 등 요구 - CPO 제도는 예산, 장비, 사전준비 등 부족하고 진단기준이 불분명한 문제 파악됨 - CPO 인적자원 지원, 전문성 확보, 지원 확대, CPTED 효과성 연구 강화, 진단 기준 개선, 지자체와의 공조 강화 등 개선방안 제시
	- 연구명: 범죄발생 위치데이터를 활용한 열리동	- 문헌연구 - GIS	- 선행연구는 CPTED 효과의 실증보다 연구자나 주민 대상 설문조사를 통하여 효과를 측정함

구분	연구명 및 목적	연구방법	주요 연구내용 및 결과
	요소의 CPTED 범죄예방효과 분석 - 연구자(연도): 김다희 외(2018) - 연구목적: 염리동의 CPTED 범죄예방효과 분석	공간분석 - 현장조사	- 서울 우범지역의 범죄 발생 공간 데이터를 활용하여 CPTED 요소의 범죄 예방 효과 분석 - IP 카메라, 골목 놀이시설, 운동시설, 운동안내판, 지킴이집, 소금나루 등 CPTED 요소는 범죄밀도 유의미하게 감소 효과 - LED Light, CCTV, 마을 안내판, 전신주 도색, 바닥안내 사인, 벽화, 안전펜스 디자인은 효과 없음 - 효과가 있는 6개 요소 중 5개는 활동성 증대에 해당하여, 주민 참여가 중요한 것으로 나타남
	- 연구명: 범죄예방 환경개선사업 효과에 대한 시계열적 분석: 천안시 원성동 사례를 중심으로 - 연구자(연도): 서승연 외 (2018) - 연구목적: 원성동의 CPTED 범죄예방효과 분석	- 문헌연구 - 주민 설문 - 주민 인터뷰(구조화 면접) - 통계분석 - 범죄예방비용 편익산출 - GIS 분석	- CPTED 사업 이후 유동인구 증가 - 'CCTV와 보안등, 안심지킴이집' 요소가 가장 높은 인지도 - CPTED 요소에 대한 만족도는 시간이 지남에 따라 낮아짐 - CPTED 사업 이후 주민 범죄두려움 감소, 동네무질서 감소, 동네애착 증가 - CPTED 사업 이후 2년간 5대 범죄 발생 42% 감소 - 2년간 범죄예방비용 12억 8천만원 절감효과
	- 연구명: 서울지역의 CPTED 사업 실시 지역과 행정동 수준 범죄 유형별 발생등급 간 공간적 상관성에 대한 탐색적 연구 - 연구자(연도): 박준호 외 (2022) - 연구목적: CPTED 사업 적용지역과 범죄 발생등급의 상관관계 분석	- GIS - 공간분석	- 행정동 수준에서 CPTED 사업 실시 여부와 지역의 범죄 유형별 발생등급의 관계 대한 공간회귀분석 - CPTED 사업과 범죄 유형별 발생등급 간 상관성 발견되지 않았고, 지역별로 편차가 크게 나타남
	- 연구명: 범죄예방 관련 산업 및 기술 실태조사 정책연구 - 연구자(연도): 김연수 외 (2022) - 연구목적: 국내 범죄예방 관련 산업 및 기술, 시장 현황 파악	- 문헌연구 - 조사 - 준실험설계 평가 - 범죄전이지수 (WDQ)	- 범죄예방 관련 분류체계, 인증제도, 산업 실태조사 - 범죄예방 환경개선사업 효과 분석 - 범죄전이, 범죄통제 이익의 확산효과 등 고려하여 효과 측정 - 지역별로 범죄예방 효과 여부가 다르게 나타남
본 연구	- 연구명: 기계학습을 활용한 범죄 발생 지점의 물리환경 특성 연구 - 연구목적: 건축·도시 물리환경이 범죄 발생에 미치는 영향 실증분석	- 문헌연구 - 통계분석 및 GIS - 공간분석 - 기계학습	- 건축·도시 물리환경 특성의 범죄 발생 영향 실증 - 민간 건축물 대상 범죄예방 환경설계 적용 효과성 분석 - 건축·도시 범죄예방 환경설계 효과적 추진방향 제시

출처: 연구진 작성

제2장 범죄예방 환경설계 관련 물리환경 요소 분석



1. 분석의 개요
2. 범죄예방 환경설계 선행연구 분석
3. 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 분석
4. 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 분석
5. 소결

1. 분석의 개요

1) 물리환경 요소 분석 대상

범죄예방 관련 물리환경 특성 분석을 위한 건축적 요소와 공간환경 요소 도출을 위해 범죄예방 환경설계 관련 주요 선행연구와 범죄예방 환경조성 사업을 추진하는 대표적 정책기관인 경찰청과 법무부의 사업추진 내용을 분석하였다. 구체적으로, 국내 범죄예방 관련 연구내용 분석과 경찰청의 범죄예방 건축물 인증사업에 활용되는 체크리스트, 법무부의 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업의 최근 3년간(2021~2023) 지역별 맞춤형 컨설팅 내용을 분석하였다. 분석은 기존 연구, 경찰청 인증제, 법무부 컨설팅에서 등장하는 건축적 요소와 도시·지역의 공간환경 요소를 추출하고, CPTED의 원칙에 맞추어 분류하였다. 본 장에서 도출된 범죄예방 관련 건축물·공간환경 단위의 물리환경 요소는 실제 범죄발생 지점과 범죄유형에 관한 데이터와의 상관관계 분석에서 독립변수로 사용될 수 있는 목록 구축에 활용된다.

2) 물리환경 특성에 대응되는 CPTED 원칙 설정

범죄예방 관련 건축·도시 물리적 특성 도출을 위한 분석을 틀을 설정하기 위해 범죄예방 환경설계(CPTED)의 주요 원칙을 검토하였다. 접근통제, 감시, 영역성 확보, 활용성 증대(활동의 활성화), 유지관리로 정리되는 CPTED의 5대 원칙은 이미 많은 연구와 실천을 통해 각 원칙의 실천개념이 정립되어있다.

접근통제는 환경설계를 통해 범죄자의 주거침입, 영역진입을 물리적으로 방어하는 것으로 범죄예방을 도모하는 것이다. 공동주택 공용현관의 잠금장치, 주택저층부의 방범창 설치 등이 대표적 실천 사례이다. 감시는 자연감시와 기계감시로 구분된다. 범죄발생이 우려되는 공간을 향한 통행자와 주민의 시선이 개방되도록 시설을 배치하여 잠재적 범죄자와 피해자의 행위가 눈으로 쉽게 보일 수 있도록 하는 것이 자연감시 기법이다. 공간적 특성 등으로 이러한 자연감시가 어려운 공간에 폐쇄형 감시장치(CCTV)를 설치하여 자연적 감시를 대체하는 것이 기계감시이다. 영역성 확보는 특정 공간에 대한 권리가 환경설계를 통해 표출되도록 하여 잠재적 범죄자로 하여금 심리적·물리적 범위와 경계에 대한 인식과 범죄행위의 위축을 도모하는 환경설계 원칙이다. 잠재적 범죄자가 진입하는 공간이 분명한 감시와 접근통제가 이루어지는 구역임을 인지하도록 영역성을 부여하는 공간과 시설에 대한 설계이다. 활용성 증대는 상기의 자연감시가 활성화 되도록 지원하는 건축·공간환경 이용을 증대하는 것을 의미한다. 자연감시의 기회 증대

를 위한 프로그램적 특성을 갖는다. 유지관리는 접근통제, 기계감시를 위한 시설과 설비장치의 기능을 유지하고 노후한 건축물과 공간환경을 정비하여 범죄발생의 예방하는 것이다.

본 연구의 건축물 단위와 공간환경 단위의 물리적 특성 도출은 상기의 CPTED 5대 원칙 중 접근통제, 감시, 영역성 확보와 밀접한 관계를 갖는다. 건축물 단위와 도시·지역 공간환경 단위의 물리적 환경조성 특성이 범죄예방에 미치는 영향 분석은 건축·공간환경 이용과 관리에 관한 프로그램적 특성의 활용성 증대, 유지관리 원칙 대비 실질적 물리환경 조성에 관한 원칙인 접근통제, 감시, 영역성 확보의 실천상황 검토를 통해 분석요인을 도출할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구는 건축·도시 물리적 특성 도출을 CPTED 5대 원칙 중 접근통제, 감시, 영역성 확보에 해당하는 내용을 중심으로 검토한다.

2. 범죄예방 환경설계 선행연구 분석

1) 범죄예방 환경설계 관련 주요 선행연구 분석

범죄예방 환경설계 관련 선행연구에서 물리환경 특성 요소를 도출하기 위하여, 특히 물리환경 자체에 집중한 범죄예방 환경설계 관련 연구 6개를 선정하였다. 연구의 주제, 내용, 방법론 등을 검토하고, 물리환경 특성을 조사하였다.

□ CPTED 구성요소 중요도 분석

정철우(2016)는 범죄 예방 및 범죄 두려움 감소에 미치는 CPTED 구성 요소의 중요도를 전문가 의견을 통해 분석하고자 하였다. 범죄학, 경찰행정학 전문가 및 경찰 29명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, AHP(계층 분석 과정) 기법을 이용하여 36개 요소의 중요도를 비교 분석하였다. 분석 결과, CPTED 구성 요소 중 주민 간 유대 강화가 가장 중요한 요소로 나타났고, 다음으로 감시, 접근 통제 순으로 중요도가 높았다. 특히, 인적 자원보다는 기계 및 장비를 활용한 접근이 더 효과적이라는 결과가 도출되었다.

□ 염리동 소금길의 범죄발생 지점의 건축·도시·물리환경 특성 분석

김다희 외(2018)는 서울시 마포구 염리동 소금길에 설치된 CPTED 요소들의 범죄 예방 효과를 실증적으로 분석하고자 하였다. 범죄 발생 위치 데이터와 CPTED 요소 설치 위치 데이터를 GIS(지리 정보 시스템)를 활용하여 가로 세그먼트 단위로 분석하였다. 분석 결과, IP 카메라, 골목 놀이 시설, 운동 시설, 운동 안내판, 지킴이집, 소금나루 등 6개 요소가 범죄 예방에 유의미한 효과를 나타내는 것으로 확인되었으며, 이러한 요소들이 설치된 가로 세그먼트에서 범죄 발생률이 낮게 나타났다.

□ 주거시설 침입 범죄 예방을 위한 방법 인증 시설 CPTED 사업 효과 분석

정지연·박현호(2022)는 국내 최초로 지방자치단체 조례 개정을 통해 시행된 공주시 매산동길 일대의 방법 인증 시설 설치 사업의 효과를 분석하고자 하였다. 2018년 공주시에서 시행된 CPTED 사업의 일환으로, 방법창살, 방법용 망창, 창호용 잠금장치, 현관문 잠금장치 등의 방법 인증 시설을 설치하였다. 단일 집단 사전-사후 설문 조사를 실시하고 t-검정을 통해 방법 인증 시설 설치 전후의 변화를 비교 분석한 결과, 방법 인증 시설 설치 후 침입 절도 발생이 감소하고 범죄

두려움이 줄어들었으며, 사업 효과에 대한 긍정적인 인식이 증가하고 지역 경찰에 대한 신뢰도가 상승하는 등 긍정적인 효과를 확인하였다.

□ 천안시 원성동 범죄예방 환경개선 사업 효과 분석

서승연 외(2018)는 천안시 원성동에서 시행된 범죄 예방 환경 개선 사업의 효과성을 다각도로 분석하고자 하였다. 유동인구 조사, 설문 조사, 인터뷰, 범죄 발생 건수 및 범죄 지도 분석, 범죄 예방 비용 분석 등 다면적인 분석 방법을 활용하여 사업 전후의 변화를 비교 분석하였다. 분석 결과, 사업 시행 후 유동 인구가 증가하고, CPTED 시설 인지도 및 만족도가 변화하였으며, 동네 무질서 및 범죄 두려움이 감소하고 동네 애착이 증가하였다. 또한, 범죄 발생 건수가 감소하고 범죄 예방 비용 절감 효과가 약 12억 8천만 원으로 추정되는 등 긍정적인 효과를 확인하였다.

□ 인천시 타겟 하드닝 CPTED 사업 효과 실증 분석

정지연 외(2023)는 인천시에서 시행된 방법 시설 설치 지원 사업의 효과를 분석하고 개선 방안을 모색하고자 하였다. 설문 조사와 질적 면접 조사를 병행하여 사업 전후 범죄 두려움, 방법 성능 시설 인식, 지역 경찰 신뢰도, 주민 집합 효능감 변화를 분석하였다. 분석 결과, 범죄 두려움 감소, 방법 성능 시설 인식 및 지역 경찰 신뢰도 상승 등 긍정적인 효과가 확인되었으나, 주민 집합 효능감은 감소하는 경향을 보였다. 이에 따라 방법 시설 설치 외에 다른 CPTED 기법의 추가 적용, 방법 성능 인증 제품 사용의 중요성, 관련 기관 간 협업 및 소통 강화 등의 개선 방안을 제시하였다.

□ 범죄예방 진단팀(CPO) 활용 지자체 CPTED 전략 개선 방안

신재현·김상운(2017)은 지방 자치 단체의 CPTED 전략 효과성을 높이기 위해 범죄 예방 진단팀(CPO) 제도를 구체화하고자 하였다. 문헌 연구 및 관련 자료 분석을 통해 지방 자치 단체의 CPTED 지원 실태와 CPO 제도의 문제점을 분석한 결과, 예산 부족, 전문성 부족, 경찰 치안 서비스와의 충돌 등의 문제점을 확인하였다. 또한, CPO 제도 역시 인력 부족, 예산 및 장비 부족, 제도 시행 준비 부족, 진단 기준 불명확 등의 문제점이 있는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 CPO 인력 증원 및 전문성 강화, 예산 및 장비 지원 확대, CPTED 효과성 연구 강화, 진단 기준 개선, 지방자치단체 공조 강화 등의 방안을 제시하였다.

2) 선행연구에서 제시된 범죄예방 건축·도시 물리환경 특성

주요 선행연구에서 도출한 범죄예방 건축·도시 물리환경 요소를 접근통제, 감시, 영역성 강화의 원칙으로 분류하여 다음과 같이 정리하였다.

[표 2-1] 물리환경 요소 분류

구분	건축적 요소	공간환경 요소
접근 통제	명확한 출입구, 보안 시스템(출입 통제 시스템, 인터폰, CCTV), 안전한 조명 설계	좁고 긴 골목길 지양, 안전 지대 조성
감시	투명한 재료 사용, 개방적인 건물 배치, CCTV 설치	가로등, 보안등 설치, 거리 활성화, 주민 참여형 감시 활동
영역성 강화	개인 공간과 공용 공간 구분, 주민 참여형 디자인, 지역 특성 반영 디자인	공동체 공간 조성, 지역 주민 활동 지원, 범죄 취약 지역 환경 개선

□ 범죄예방을 위한 건축적 요소

주요 선행연구에서 제시된 건축적 요소로는 명확한 출입구, 잠금장치, 인터폰, CCTV, 센서, 조명 등과 같은 접근통제 원칙에 해당하는 장치와 투명한 재료(유리, 투시형 울타리 등)를 사용하여 개방적인 건물 배치를 통해 시야를 확보하고, CCTV를 설치하여 사각지대를 최소화하는 감시 원칙에 해당하는 내용을 확인하였다. 개인 공간과 공용 공간을 명확하게 구분하고, 주민들이 참여하는 디자인(벽화, 조형물 등)을 통해 지역 특성을 반영하는 방식의 영역성 강화 방안도 제시되었다.

□ 범죄예방을 위한 공간환경 요소

주요 선행연구는 도시·지역의 공간환경 요소로는 좁고 긴 골목길을 지양하고, 넓고 개방적인 공간을 조성하며, 자연 감시를 강화하고 안전 지대를 조성하고, 투시형 담장이나 낮은 울타리를 설치하여 시야를 확보는 방안의 효과성을 확인하였다. 가로등과 보안등을 설치하여 충분한 조도를 확보하고, 쉼터, 놀이터, 커뮤니티 시설과 같은 공동체 공간을 조성하는 방식의 범죄예방 공간환경 조성 방안도 제시되었다.

3. 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 분석

1) 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 개요

□ 인증제도 목적 및 연혁

경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도는 민간 시설의 범죄예방 환경개선을 유도하기 위해 경찰서 범죄예방진단팀이 민간 건축물의 범죄예방 환경설계를 평가하고 인증하는 제도이다. 이 제도는 2016년에 주차장을 대상으로 시작되었으며, 2018년에는 여성 1인가구가 많이 거주하는 원룸형 건물로 인증 대상을 확대하여 운영되고 있다. 범죄예방 우수시설 인증제도는 민간 건축물을 대상으로 하며, 도시공간이나 공공 건축물을 대상으로 하는 정부 사업과 달리 소유주의 자발적인 환경개선을 유도하는 정책이다. 2022년 12월 기준 총 1,527개소의 범죄예방 우수시설이 인증을 받았다.

□ 인증제도 운영

인증 절차는 시설 소유주나, 원룸형 건물의 경우는 거주민의 인증 진단 요청 접수로 시작된다. 요청이 접수되면 경찰서 범죄예방진단팀이 현장을 방문하여 범죄예방 우수시설 체크리스트에 따라 진단을 실시한다. 체크리스트 총점의 80% 이상을 충족할 경우 인증을 득하고, 경찰서장 명의의 인증패를 수여하게 된다. 예외적으로 진단팀의 현장판단을 반영하여 총점의 70% 이상인 경우에도 심의위원회의 의결을 거쳐 인증이 가능하다. 민간 건축물의 물리환경 개선 참여 확대라는 인증 취지를 감안하여, 소유주의 개선 노력이나 의지가 높을 경우 이러한 과정을 거쳐 인증할 수 있다.

인증이 불가능한 경우는 두 가지가 있다. 첫째, 체크리스트에 따른 진단 결과 중대한 미흡항목이나 취약요인이 있는 경우이다. 둘째, 주차장법 등 관련 법규를 위반한 경우이다. 이러한 경우에는 인증 기준을 충족하더라도 심의위원회의 심의를 거쳐 인증 불가 판정을 하게 된다.

인증을 획득한 우수시설의 소유주에게는 건물 홍보에 활용 가능함, 인증을 획득하였다는 것이 해당 시설에서 범죄 발생이 불가능함을 보장하지 않음, 귀책사유 발생 시 취소 가능 등을 고지한다. 범죄예방 환경설계를 통한 환경 개선과 관리체계의 강화가 범죄 발생 가능성을 낮출 수는 있지만, 절대적인 안전을 보장할 수는 없다는 현실적인 한계를 반영한 것이다. 이러한 고지는 인증패의 의미와 한계

를 명확히 하여, 시설 소유주와 이용자 모두가 범죄 예방에 대한 책임감을 가지고 적극적으로 참여하도록 유도하는 역할을 한다.

인증을 받은 우수시설에 대한 관리와 환류 절차도 이루어진다. 인증은 2년간 유효하며, 2년마다 재인증을 받아야 한다. 만약 인증 우수시설에서 범죄 발생에 따른 신고나 대처 과정에서 중대한 귀책사유가 발생하거나, 인증 획득에 대한 과장 홍보 등으로 사회적 비난이 우려될 경우, 심의위원회의 의결을 거쳐 인증을 취소할 수 있다.

2) 인증 체크리스트에서의 범죄예방 물리환경 특성 분석

□ 인증 체크리스트 개요

범죄예방 우수시설 인증제도의 체크리스트는 주차장과 원룸 등 민간 건축물의 범죄예방 환경설계 적용을 평가하기 위해 구성된 항목들로, 각 항목은 평가 대상의 안전과 보안 수준을 종합적으로 평가할 수 있도록 설계되었다. 체크리스트를 구성하는 평가항목은 관리운영 체계, 디자인, 방법 및 안전시설, 가점 항목인 특수 방법 시스템 및 디자인 등의 분야로 구성된다. 이 중 디자인 분야는 다시 감시, 접근통제, 영역성, 활동성 지원, 안내표지 등 CPTED 원칙별로 분류된다. 이 중에서 가장 많은 평가항목과 배점이 부여된 분야는 감시로, 감시 분야 평가항목은 평가 대상인 주차장과 원룸 각각에 맞는 세부 분야로 다시 세분된다.

체크리스트는 평가분야별로 평가항목, 배점, 평가기준과 각 기준별 점수로 구성된다. 기본항목의 경우 가장 우수한 상태일 때 배점에 따른 점수를 획득하며, 가장 불량할 때는 0점 또는 최저점을 획득한다. 가점항목의 경우 각 평가항목별로 부여 가능한 가점 범위가 설정되어 있어, 특수 방법 관리, 시설, 디자인 등을 적용하도록 유도하고 있다.

① 주차장 인증 체크리스트

주차장 시설을 대상으로 한 범죄예방 우수시설 인증 진단 체크리스트는 주차장의 다양한 요소를 종합적으로 평가하기 위해 구성된 항목들로 나뉘어 있다. 각 항목 분야는 주차장의 안전성과 보안 수준을 다양한 측면에서 평가하고 있다. 주차장 인증 체크리스트는 모든 주차장 시설에 적용할 수 있는 범용 체크리스트와, 지상주차장, 아파트 주차장 등 주차장 특성에 맞게 적용할 수 있는 체크리스트로 구성되어 있다.

[표 2-2] 주차장 체크리스트(범용) 항목 및 배점

평가분야	항목 수	배점
관리운영 체계	14	26
감시 디자인	구조·배치·디자인·시설	13
	조경	4
	조명	6
	영상감시	11
	접근통제	7
	영역성	6
	활동성 지원	2
	안내표지	6
	방법 및 안전시설	6
	특수 방법 시스템 및 디자인(가점 항목)	16
합계	91	116

출처: 경찰청 내부자료

관리운영 체계 분야는 주차장의 일상적인 관리 및 운영 체계를 평가하는 항목으로 구성되어 있다. 보안인력의 유무, 순찰 체계, 비상대응 및 위기관리 체계, 사건·사고 기록 유지, 장기방치 차량 관리, 청결 유지 상태 등을 포함한다. 이러한 항목들은 주차장이 얼마나 체계적으로 관리되고 있는지를 평가한다. 일부 건축물의 물리환경에 대한 평가항목을 포함하나, 대체로 소프트웨어적인 관리운영을 평가하는 항목으로 구성되어 있다.

감시 분야는 주차장 인증 체크리스트에서 가장 많은 항목(32개)과 배점(49점)을 차지하고 있다. 주차장 구조, 배치, 디자인, 시설 세부분야는 주차장의 핵심 구성요소가 물리환경 특성과 범죄예방 환경설계에 미치는 영향을 평가한다. 자연광시를 유도하고 사각지대를 최소화하는 설계가 중요한 평가 요소이다. 조경 세부분야는 식재된 교목과 관목의 유지관리 상태, 주변 나무로 인한 조명 방해 여부 등을 포함한다. 조경은 주차장의 환경적 요인을 범죄예방 측면에서만 평가하며, 일반적으로 생각할 수 있는 아름답고 자연환경에 친화적인 조경 조성을 평가하지는 않는다. 조명 세부분야는 주차장의 조명 상태를 평가하는 항목이다. 야간 조명과 사각지대 최소화, 파손된 조명의 유지 관리 등을 평가한다. 적절한 조명은 범죄예방에 중요한 역할을 하기 때문에, 감시 분야에서 별도 세부항목으로 평가하고 있다. 마지막으로 영상감시 세부분야는 주차장에 설치된 CCTV 등의 영상감시 시스템을 평가하는 항목이다. CCTV 설치 및 운영 상태, 사물 인지 능력, 사각지대 최소화 여부 등을 포함한다. 주차장에는 주차장법에 따라 영상감시가 의무화되어 있으므로, 별도 배점 없이 주차장법 준수 여부를 확인하는 평가항목이 다수 있으며, 주차장법을 준수하지 않는 경우 인증 불가 판정을 내리게 된다.

접근통제 분야는 주차장의 안전과 보안을 강화하기 위해 출입을 효율적으로 관리하고 불법 침입을 방지하는 데 중점을 둔다. 이 분야의 항목들은 주차장의 출입구, 통제 시스템, 불법 침입 경로 제거 등을 평가하여 전체적인 접근 통제 수준을 판단한다.

영역성 분야는 주차장 내의 공간 활용과 안전성을 평가하기 위한 항목들로 구성되어 있다. 이 분야는 주차 공간의 명확한 구획과 교통약자에 대한 배려를 중점적으로 평가하고 있다. 각 항목은 주차장 내의 공간을 명확히 구분하고, 소유권을 인식시켜 외부인의 무단 접근을 제한하며, 이용자의 책임감을 강화하기 위한 물리환경 설계를 반영하고 있다.

활동성 지원 분야는 주차장을 보다 안전하고 활기찬 공간으로 만들 수 있는 설계를 평가하고 있다. 판매대, 자판기 등 상업요소를 배치하고, 공동시설을 운용하거나 각종 행사를 개최하는지 평가한다.

안내표지 분야는 주차장 이용자들이 쉽게 방향을 찾고, 안전하게 주차 공간을 이용할 수 있도록 돕는 다양한 표지판과 안내 시스템을 평가하는 항목들로 구성되어 있다. 이러한 안내표지는 주차장의 시인성을 높이고, 이용자의 방법시설 이용과 주차장 전반의 안전한 이용을 돕는 역할을 한다.

방법 및 안전시설 분야는 방법 및 안전시설 분야는 주차장의 안전성과 보안을 강화하기 위한 다양한 방법 장치와 안전 설비를 평가하는 항목들로 구성되어 있다. 이 분야는 주차장 내에서 발생할 수 있는 다양한 위협과 긴급 상황에 대비할 수 있도록 설계된 시설들을 중심으로 평가한다. 이러한 시설들은 범죄를 예방하고, 범죄 발생 후 긴급 상황에서는 신속하게 대응할 수 있도록 한다.

특수 방법 관리, 시설, 디자인 분야는 가점항목으로, 별도 배점 없이 설치 및 운영 시 가점 1~2점을 부여할 수 있도록 한다. 이 분야는 주차장의 방법 성능을 극대화하기 위해 추가적으로 도입할 수 있는 다양한 고급 방법 기술과 시스템을 평가하는 항목들로 구성된다. 특수 방법 항목의 예시로는 주차장의 안전성을 높이기 위해 지능형 영상감시시스템, 이상음원 감지시스템, 서치라이트 일체형 회전카메라, 순찰감시로봇, 센서연동 조명자동조절시스템 등 첨단 기술 적용 여부가 포함된다.

□ 접근통제

차량 출입구에 적용되는 평가항목은 차량 및 보행자 출입구(계단실 포함)의 최소화, 차량 출입 차단기 배치, 차량 출구 차단기 운영 등이다. 이 항목들은 차량의 출입을 효과적으로 통제하는 데 중점을 둔다.

보행자 출입문과 관련된 평가항목에는 계단실 출입문 단방향 잠금장치 설치, 보행자 통제시설 설치, 출입통제 시 이용자(내·외부인) 구분 등이 포함된다. 이러한 평가항목들은 주차장을 이용하는 보행자의 출입을 보다 안전하게 통제하고, 허가받지 않은 출입을 관리하는 데 중요하다.

불법침입의 우려가 있는 경로 제거에 대한 평가항목은 설계된 출입문이 아닌 문, 창문 등에 대한 통제를 평가한다. 이는 잠재적인 침입 경로를 사전에 차단하여 건축물의 전체적인 보안 수준을 높이는 데 중점을 두고 있다.

[표 2-3] 주차장 체크리스트 접근통제 항목

물리환경	평가항목
차량 출입구	차량 및 보행자 출입구(계단실 포함)의 최소화
	차량 출입 차단기번호인식시스템의 적절한 배치
	차량 출구 차단기 실제 운영 여부(출차 시 스크리닝)
보행자 출입문	계단실 출입문 단방향 잠금장치 설치
	보행자 통제시설(관계자만 카드키/비밀번호 출입 등) 설치
	출입통제 시 가급적 방문목적 등을 고려해 이용자(내·외부인) 구분
문, 창문 등	불법침입의 우려가 있는 경로 제거

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

□ 감시

감시와 관련된 평가항목은 주차장 인증 체크리스트에서 가장 큰 비중을 갖고 있다. 주차장 인증 체크리스트에서 다루는 감시는 자연적 감시와 CCTV 등을 통한 인위적 영상감시를 포괄하고 있다. CPTED의 5대 원칙에서 감시는 본래 자연적 감시를 강조하나, 체크리스트의 평가항목은 영상감시에 대한 평가항목을 감시 분야 안에 함께 포함하여 자연적 감시와 영상감시가 동시에 이루어지는 환경설계를 요구하고 있다.

먼저 영상감시를 제외한 자연적 감시와 관련된 감시 분야 평가항목을 살펴보았다. 건축물 전반에 걸친 평가항목을 먼저 살펴보면, 구성요소의 배치와 관련된 항목은 시각적 차폐 최소화, 자연감시 유도, 사각지대 최소화 등이 있다. 주변 건물, 벽면, 기둥 등 지장물의 배치와, 주차장 내 기둥 등을 직선 배치하여 시야를

차단하지 않도록 하고, 계단실 최하단부 등 사각지대와 은닉공간을 최소화하도록 하였다. 계단, 승강기 홀, 무인 정산기, 관리실, 휴게시설 등은 주차장 이용자들의 활동이 이루어지는 공간으로 적절히 배치하여 자연감시를 유도하도록 하였다. 건축물의 의장과 관련된 항목은 시인성 확보를 위하여 바닥, 기둥, 벽면 등에 밝은 마감재를 사용하도록 한 평가항목이 있다. 조명 및 채광 항목에서는 썬큰(sunken), 천창 등을 활용한 자연채광을 유도하고, 공간별 조도 규정 준수, 조명 미설치, 조명 장애 등으로 인한 사각지대 최소화, 파손, 소등 등 유지관리, 조명 성능 확보(균제도, 눈부심 방지, 연색성 등)를 평가하고 있다.

출입구, 계단실, 승강기, 조경 등 평가항목은 특정 공간의 물리환경에 대한 평가 기준을 정의하였다. 출입구 항목에서는 차량·보행 진출입구의 가시성을 확보하고 차량·보행 진출입구와 이동 동선의 연계성을 고려하도록 하였다. 계단실 항목은 건축물식 주차장에서 계단실 벽에 유리창을 두도록 하여 채광과 자연적 감시를 고려하였다. 승강기 항목은 승강기 내부에 거울을 설치하도록 하여 감시가 이루어지도록 하였다. 조경 항목은 관목의 경우 일정 높이 이하로 유지·관리하도록 하고, 교목의 경우 지하고(나무의 가지가 뻗은 가장 낮은 부분의 높이)를 일정 높이 이상으로, 옆 나무와 함께 시야를 방해하지 않도록 밀식 최소화 등을 평가한다. 또한 가로등의 조명을 막아 감시를 방해하지 않는지도 평가하고 있다.

[표 2-4] 주차장 체크리스트 감시(영상감시 제외) 항목

물리환경	평가항목
배치 일반	주변 건물, 벽면, 기둥 등 지장물 등에 의한 시각적 차폐 최소화
	주차면과 구조물(기둥 등)의 효과적인 배치 - 직선 배치 등
의장 일반	계단, 승강기 홀, 무인 정산기, 관리실, 휴게시설 등의 적절한 배치로 자연감시 유도
	사각지대/은닉공간(계단실 최하단부 등) 최소화
조명, 채광 일반	바닥, 기둥, 벽면 등에 밝은 마감재 사용
	썬큰(sunken), 천창 등을 활용한 자연채광
	공간별(출입구, 주차구역, 보행 등) 조도 규정 준수
	조명에 의한 사각지대(조명 미설치, 조명 장애) 최소화
	파손이나 소등된 조명 없이 신속한 유지관리
	조명의 균제도(공간 별 명암 차)
	차량·보행자 주 동선에 눈부심 방지 조명 적용
출입구	적당한 연색성(백색등) 유지
	차량·보행 진출입구의 가시성
계단실	차량·보행 진출입구와 이동 동선의 연계성
승강기	계단실 벽에 넓은 유리창 설치(건축물식 주차장)
조경	승강기 내부에 거울 설치
	식재된 교목은 시야를 방해하지 않도록 일정간격 유지관리 - 밀식 최소화
	식재된 관목은 일정 높이 이하로 유지관리
	교목의 지하고는 일정 높이 이상으로 유지관리
	주변 나무로 인한 가로등 조명 방해

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

영상감시에 대한 평가항목은 주차장에 설치되는 CCTV에 대한 평가기준을 정의한다. CCTV 설치 및 배치 측면에서는 24시간 녹화 및 모니터링을 수행하는지, 카메라가 바닥 위 170cm 높이의 사물을 인지할 수 있도록 설치되고 입체적으로 상호 감시하여 사각지대를 최소화하는지 평가한다. 또한, CCTV와 조명의 설치 위치와 간격은 현장 여건을 고려하여 효율적으로 배치되었는지 평가한다.

CCTV의 기능 및 성능 측면에서는 CCTV와 저장된 영상의 성능을 평가한다. CCTV는 사물의 움직임을 포착할 수 있는 동작감지 기능을 갖추고, 출입구에서 이용자와 차량번호를 구분하여 인식하는 기능을 갖추었을 경우 높은 평가를 받는다. 카메라와 녹화장치는 일정 수준의 해상도를 갖추어야 하며, 녹화된 영상은 반복 재생이 가능하고, 영상 변조 방지 기능이 갖추어져 있어야 한다.

운영 및 관리 측면에서는 CCTV의 적절한 운영과 그와 관련된 물리환경 특성이 평가된다. CCTV가 운영되는 공간에는 CCTV 설치 안내문을 부착하여야 한다. CCTV 카메라 수와 모니터 화면의 수는 예외 요건이 아닌 한 1:1로 대응되어야 한다. 촬영한 영상은 1개월 이상 보관하여야 한다.

마지막으로, 체크리스트에서는 영상감시가 아닌 주차장 구조, 배치, 디자인, 시설 분류에 포함된 평가항목이나, 승강기에 CCTV를 설치하도록 하는 평가항목이 있다. 이 평가항목은 승강기 내부 거울 설치 항목과 함께 승강기에서 자연적 감시와 영상감시가 함께 이루어지도록 한다.

[표 2-5] 주차장 체크리스트 영상감시 항목

물리환경	평가항목
CCTV 일반	24시간 CCTV 녹화 및 모니터링
	CCTV 카메라 : 바닥 위 170cm 높이의 사물 인지
	CCTV 입체적 상호 감시 및 사각지대 최소화
	CCTV가 사물 움직임 포착(동작감지) 가능
	CCTV와 조명의 설치 위치·간격 : 현장여건 고려
	출입구에서 이용자(고객, 직원) 구분 차량번호 영상 인식 및 기록
	CCTV 카메라 해상도 130만 화소 이상으로 설치
	녹화장치의 저장해상도 1채널당 최소한 1024×768 이상(130만 ↑ 화소카메라 연계)
	CCTV 설치 안내문(의무), 촬영자료 1개월 이상 보관, 영상변조방지기능
	녹화된 화면 반복하여 재생하여도 처음의 화질상태 유지
승강기	CCTV 카메라수와 모니터 화면은 1:1 대응 원칙(일정요건 갖춘 경우 예외)
	승강기에 CCTV 설치

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

□ 영역성 확보

주차장 체크리스트 내 영역성 확보 분야 평가항목은 차량 및 보행자 동선 공간에 대한 평가항목과 주차면에 대한 내용으로 구성된다. 차량 및 보행자 동선 관련 항목은 주차 유도 시스템을 활용하여 운행 경로와 이동 공간을 효율적으로 확보하고, 주차장 내에 명확한 보행로를 확보하여 보행자의 안전을 보장하도록 한다.

주차면에 대한 내용은 주차구역을 명확히 구분하여 표시하고, 공간 영역(아파트 동별 주차구역 등)을 명확하게 구획하여 도색하도록 한다. 교통약자 주차면은 안전한 곳에 배치하고, 그 안내가 명확하고 시인성 높게 이루어지도록 설계한다.

CPTED 원칙에서 영역성 확보는 외부인이 접근할 수 없는 선을 명확히 표현하고, 자연적 감시가 이루어지고 있는 환경에서 허가받지 않은 출입이 명확하게 드러나도록 하는 것에 그 의미가 있다. 그러나 주차장 체크리스트에서 영역성 확보로 분류된 평가항목은 차량으로부터 보행자 보호, 교통약자 전용 주차구역의 보호 등 다른 목적이 더 중요하게 나타나고 있어 CPTED 원칙의 본래 내용과는 약간 차이를 보인다.

[표 2-6] 주차장 체크리스트 영역성 항목

물리환경	평가항목	비고
차량 및 보행자 동선	주차유도시스템 등 활용한 운행경로 및 이동 공간 확보	
	주차장내 보행로 확보	
주차면	주차면의 명확한 표시	
	공간 영역(아파트의 경우 동 별 주차구역)별 구획 도색	
	교통약자(장애인, 여성) 주차면: 보행자 출입구 옆 등 안전한 곳에 배치	
	교통약자 주차면에 대한 안내를 명확히 하고, 시인성 높여 설계	

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

② 원룸 인증 체크리스트에서의 범죄예방 물리환경 특성 분석

원룸 건축물을 대상으로 한 범죄예방 우수시설 인증 진단 체크리스트는 2016년 주차장 범죄예방 우수시설 인증제도 시행 이후 원룸 건축물로 인증 대상을 확대하기 위하여 2017년 원룸인증 관련 연구용역을 거쳐 원룸 건축물의 특성에 맞게 수립한 것이다. 각 항목 분야는 원룸 건축물의 특수성을 고려하여 안전성과 보안 수준을 평가하고 있다. 원룸 인증 체크리스트는 일반적인 원룸 건축물에 적용할 수 있는 범용 체크리스트와, 지하주차장과 경비실이 없는 원룸에 맞게 평가항목을 구성한 체크리스트로 구성되어 있다.

[표 2-7] 원룸 체크리스트(범용) 항목 및 배점

평가분야	항목 수	배점
관리운영 체계	11	21
디자인	주차장 구조 및 진입동선	3
	공용출입구	2
	공용계단	1
	감시 자전거보관소	1
	조경	3
	조명	6
	영상감시	4
	접근통제	7
	영역성	1
	활동성 지원	2
방법 및 안전시설	2	2
특수 방법 시스템 및 디자인(가점 항목)	13	-
합계	56	80

출처: 경찰청 내부자료

관리운영 체계는 원룸 건물의 일상적인 관리 및 운영을 평가하는 항목으로 구성되어 있다. 이는 차량 및 보행자 출입 관리, CCTV와 연동되는 비상벨의 관리 및 운영, 사건·사고의 기록 유지, 손상된 방범시설의 신속한 보수를 위한 유지관리 매뉴얼 준비, 주변 불법 주정차 차량 및 오토바이, 장기 방치 차량의 최소화 등을 포함한다. 주차장 체크리스트의 내용과 비교할 때, 파손, 청결, 고장, 노후, 공지 등 유지관리 측면의 대상과 평가항목이 확대되어 있다. 주출입구 부근의 경비원 근무 상황, 옥상 출입의 적절한 통제 및 관리 등 원룸 건축물의 구조를 고려한 항목도 포함되었다.

감시 분야는 주차장 및 진입동선, 공용 출입구, 공용 계단, 자전거 보관소, 조경, 조명, 영상감시 등을 포함하여 시설의 안전과 범죄 예방을 위한 세부 항목들로 평가된다. 주요 구성 요소로는 출입구의 시야 확보, 경비실 및 휴게시설의 적절한 배치, 공용 출입구의 시야 확보와 은신 가능 공간 제거, 계단실의 큰 창문 설치, 자전거 보관소의 가시적 디자인 적용, 조경의 사각지대 최소화 및 적절한 조명 설치가 포함된다.

또한, 영상감시 세부 분야에서는 CCTV의 24시간 녹화 및 사각지대 최소화, 적절한 해상도 유지, 영상 자료의 장기 보관 및 영상 변조 방지 등이 감시 체계의 핵심 요소로 작용한다. 이러한 조치들은 각 시설의 시각적 감시와 안전성을 강화하며, 사용자의 보안을 철저히 확보하는 데 중점을 둔다. 주차장과 달리 유관 법령

에서 CCTV를 통한 영상감시를 의무화하지 않고 있으므로, 해당 평가항목에 배점을 두어 인증 여부에 반영하고 있다.

접근통제 분야는 건물의 보안을 강화하기 위해 진입로와 출입구의 최소화, 출입 통제 시스템의 설치, 방법성능 인증시설의 적용, 방법장치의 강화, 차량 출입 통제, 외부 배관 보안, 및 공용 공간의 침입 방지 설계 등을 적용하였는지 평가한다. 이 분야는 특히 구체적인 범죄예방 환경설계 기법·장치를 평가기준에 언급하고 있는데, 건물의 주요 출입구에 카드키, 영상/음성 인터콤, 원격개폐 시스템을 설치하여 출입을 철저히 통제하고, 창문에는 법정인증을 받은 방법시설을 설치하여 외부 침입 방지가 이루어지는지, 현관문에는 피킹 방지용 힌지, 안전고리, 철제 보강재 등 추가적인 방법장치를 설치하는지 등을 구체적으로 평가하고 있다. 공용 공간에 대해서는 차량 출입 통제 시스템, 옥외 배관 보호 커버 등 설치, 공용 복도와 계단은 주호의 발코니로의 침입이 어려운 구조로 설계 등, 건물 전체의 접근 통제 및 보안 수준을 체계적으로 강화하고 관리하도록 한다.

영역성, 활동성 지원, 방법 및 안전시설 등 분야는 평가항목이 한두 개씩 배정되어, 큰 비중을 차지하지 않고 있다. 영역성 분야는 보행로 및 보행공간에 뚜렷한 영역 표시 디자인을 평가한다. 활동성 지원 분야는 판매대나 자판기의 배치, 옥외 휴게공간의 설치 등을 통하여 건물 내외부에서의 활동을 촉진시키는지 여부를 평가한다. 방법 및 안전시설 분야는 지하주차장과 같은 취약한 장소에 비상벨 설치 및 건물 측면이나 뒷면의 사각지대에 반사경(볼록거울 또는 방법용 거울)을 설치하는지 평가한다.

특수 방법 관리, 시설, 디자인 분야는 가점항목으로, 주차장 체크리스트와 동일하게 별도 배점 없이 설치 및 운영 시 가점 1~2점을 부여할 수 있도록 한다. 특수 방법 항목의 예시로는 지능형 영상감시시스템, 2차 출입통제시설, 이상음원 감지시스템, 센서연동 조명, 무인택배함, 옥상 출입문 자동개폐장치, 가스 배관 등 특수형광물질 도포, 감지·경보·출동 시스템 등이 포함된다.

□ 접근통제

접근통제 관련 평가항목은 주차장에 대한 평가항목과 비교할 때 원룸 건축물의 특성에 맞게 가장 많이 변경된 부분이다. 출입구에 대한 평가항목은 출입구 최소화, 출입통제 시스템 설치 등으로 구성된다. 원룸 건축물 체크리스트에는 세대 현관문의 보안도 별도 항목으로 방법장치 설치 여부를 평가하고 있다. 창문과 옥외에 대해서도 세대 내부로 침입하지 못하도록 하는 범죄예방 환경설계 기법 적용 여부를 평가하고 있다.

[표 2-8] 원룸 체크리스트 접근통제 항목

물리환경	평가항목	비고
출입구	진입로 및 출입구의 최소화	
	건물 공용출입구에 출입통제 시스템 설치	
	차량 출입 통제 시스템 운영 여부	
세대 현관문	현관문에 보조키, 픽킹방지용 힌지(경첩), 안전고리(도어리미터), 철제보강재(노빠루) 등 방범장치 설치	
창문	창문 등에 방범성능인증시설* 설치	
옥외	옥외 배관을 타고 오를 수 없도록 매립하거나 배관덮개(바늘형, 가시형 등) 설치	
	공용 복도 및 공용 계단은 각 주호의 발코니 등으로의 침입이 어려운 구조로 디자인	

※ 방범인증시설: 산업표준화법에 의한 법정인증 표준을 보유한 관련 전문협회에서 인증한 방범시설로서 방범문, 방범창살, 방범망창, 특수잠금장치 등

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

□ 감시

원룸 건축물에 대한 체크리스트에서 감시와 관련된 평가항목은 시각적 차폐 최소화, 자연감시 유도, 조명 및 채광의 최적화, 공용 공간의 물리환경 개선 등을 포함하고 있다. 건축물 전반의 배치에 대한 항목은 주변 건물, 벽면, 기둥 등으로 인한 시각적 차폐를 최소화하고, 관리실, 경비실, 휴게시설 등의 배치를 통한 자연감시 유도 등의 설계를 평가하고 있다. 건축물 전반에 대한 조명, 채광 평가항목은 야간 조명을 통한 사각지대 최소화, 필로티 하부 주야간 조명, 공용 복도 및 계단의 조명의 적절한 설계, 연색성 높은 백색등 사용 등을 규정하고 있다.

공용 공간에 대한 감시 관련 평가항목으로는 공용 출입구에 대한 시야 확보, 출입구 주변에서 은신할 수 있는 공간 제거 등을 요구하고 있으며, 계단실 감시를 위한 창문 설치, 공용 출입구와 계단실에 동작감지 조명을 설치 등도 평가항목에 포함하고 있다. 조경 항목은 관목의 경우 일정 높이 이하로 유지·관리하도록 하고, 교목의 경우 지하고(나무의 가지가 뾰는 가장 낮은 부분의 높이)를 일정 높이 이상으로, 옆 나무와 함께 시야를 방해하지 않도록 밀식 최소화 등을 평가하였다. 원룸 건축물에 대한 감시 관련 항목에는 건축물에 부설된 주차장에 대한 범죄예방 환경설계 항목을 포함한다. 주차장 및 필로티를 도로, 공용 출입구, 실내창문, 계단실에서 시야가 확보된 위치에 배치하고, 공간별 조도 규정을 준수하여 안전성을 확보하도록 하였으며, 자전거·오토바이 보관소 역시 시야가 확보된 위치에 배치하여 보안성을 높이도록 하였다.

[표 2-9] 원룸 체크리스트 감시(영상감시 제외) 항목

물리환경	평가항목	비고
배치 일반	주변 건물, 벽면, 기둥 등 지장물 등에 의한 시각적 차폐 최소화	
	관리실(경비실), 휴게시설(흡연구역, 벤치 등) 등의 적절한 배치로 자연감시 유도	
조명, 채광 일반	야간 조명에 의한 사각지대(조명 미설치, 조명 장애) 최소화	
	필로티 하부에 주야간 적절한 조명 확보: 사람의 얼굴이 쉽게 식별될 수 있는 수준의 조명	
	공용 복도 및 공용 계단 조명의 조명균제도(공간 별 명암 차)의 적절성: 조명 등 간 평균 간격으로 판단	
공용 공간	적정한 연색성(백색등: 예를 들면 LED등) 유지	
	공용 출입구는 도로 및 이에 준하는 통로에서 시야가 확보된 위치에 배치	
	공용 출입구 주변은 조경, 시설물 등을 통해 사람이 은신할 수 있는 공간 제거	
	계단실에는 주동 내·외부 관찰이 용이한 크기의 창문 설치	
조경	공용 출입구 및 계단실에 동작감지 조명 설치	
	식재된 교목은 시야를 방해하지 않도록 일정간격 유지관리 - 밀식 최소화	
	식재된 관목은 일정 높이 이하로 유지관리	
주차장	교목의 지하고는 일정 높이 이상으로 유지관리	
	주차장 및 필로티는 도로, 공용 출입구, 실내창문, 계단실에서 시야가 확보된 위치에 배치	
	주차장의 경우 공간 별(출입구, 주차구역, 보행 등) 조도 규정 준수	
	자전거·오토바이 보관소는 도로, 공용현관, 실내창문에서 시야가 확보된 위치에 배치(실내에 배치하는 경우에는 내부를 볼 수 있도록 가시적으로 디자인)	

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

□ 영역성 확보

원룸 건축물에 대한 인증 진단 체크리스트는 공용 출입문 등에 출입통제 등 방법 시설을 설치하도록 하고 있으므로, 간접적인 방식으로 영역성을 확보할 필요가 크지 않다. 원룸 체크리스트에서도 이러한 점을 반영하여 영역성 확보에 대한 항목은 보행로에 대한 영역 표시 디자인 1개만 평가하고 있다. 주차장 체크리스트에서도 영역성 확보에 대한 평가항목에서 차량으로부터 보행자 보호, 교통약자 전용 주차구역의 보호 등 다른 목적이 더 중요하게 나타났던 점을 고려하면, 영역성 확보의 중요성과 적용 기법의 고도화에 대한 검토가 필요하다.

[표 2-10] 원룸 체크리스트 영역성 항목

물리환경	평가항목	비고
보행로	보행로 및 보행공간의 뚜렷한 영역 표시 디자인(포장, 표면 처리 등)	

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

3) 범죄예방 우수시설 인증제도의 건축·도시 물리환경 특성

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도에서 고려하고 있는 범죄예방 환경설계 관련 물리환경 특성은 인증 대상이 도시·지역의 공간환경이기 보다는 건축물을 대상으로 하는 정책사업인 관계로 건축적 요소에 한정하여 나타난다. 접근통제 원칙과 관련된 건축적 물리환경 특성은 출입구, 창문, 옥외 등 공간에 적용된다. 출입구의 수를 최소화하고, 각 출입구에 출입통제 시스템과 강화된 현관문 방범장치를 설치하여 보안을 강화한다. 창문에는 방범 성능이 인증된 설비를 설치하여 외부 위협으로부터의 보호를 강화하며, 옥외 공간에는 배관이 매립되거나 보호 덮개로 침입 경로를 차단한다.

감시 원칙은 범죄예방 우수시설 인증제도에서 가장 중요하게 평가하는 분야이다. 건축물 전반의 배치를 통하여 시각적 차폐를 최소화하고 사각지대와 은닉 가능 공간을 제거하여 주변 환경에서 자연스러운 감시가 이루어질 수 있도록 한다. 조명 설치와 밝은 마감재 사용을 통하여 사각지대를 방지한다. 각 공간별로는, 출입구의 경우 도로에서의 가시성을 확보하고, 계단실에는 내·외부 관찰이 가능한 창문을 설치하며, 출입구와 계단실에는 동작 감지 조명을 설치하여 보다 효과적인 감시가 가능하도록 조치한다. 승강기에는 내부 거울을 설치하고, 조경이 시야를 가리지 않도록 관리하며, 주차장은 시야 확보를 고려해 구조물을 배치한다. 영상감시의 경우 CPTED의 자연적 감시 원칙에서는 벗어나나, 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도에서는 중요한 비중을 차지한다. 고해상도 CCTV를 입체적 상호 감시가 가능하게 설치하고, 24시간 녹화 및 모니터링한 후 촬영 영상을 1개월 이상 보관하도록 한다.

영역성 확보 원칙과 관련한 물리환경 특성은 보행로와 주차장에 한정되고 있다. 출입구에 출입통제 시스템 설치를 요구하는 등, 다른 공간에서는 이미 충분한 영역성이 확보되고 있기 때문에 판단된다. 보행로와 주차장에는 뚜렷한 영역 표시와 디자인을 적용하여 각 공간의 경계를 분명히 하고, 특히 교통약자를 위한 주차공간을 안전한 위치에 배치하여 접근성을 높이도록 하고 있다.

활용성 증대와 유지관리 원칙과 관련해서도 평가하고 있으나, 특정 공간에 한정되기보다는 상업요소, 공동시설 등 배치하여 활동 활성화를 유도하고, 방치, 파손, 고장, 노후 등에 대한 유지관리를 요구하고 있다.

경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도는 건축물에서 발생하는 범죄에 대응하여 건축물의 물리환경 개선을 통한 예방적 조치를 강조하고 있다. 건축물의 물리환경 특성을 직접 파악할 수 없는 경우, 경찰청 범죄예방 우수시설 인증 획득 여부를 통하여 이러한 물리환경 특성을 간접적으로 파악할 수 있다.

[표 2-11] 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도의 범죄예방 관련 건축적 요소

CPTED 원칙	건축적 요소	평가항목
접근통제	출입구	출입구 최소화, 출입통제 시스템 설치, 현관문 방범장치 설치
	창문	방범성능인증시설 설치
	옥외	옥외 배관 매립 또는 덮개 설치, 발코니 침입 방지
감시 (영상감시 제외)	배치 일반	시각적 차폐 최소화, 자연감시 유도, 사각지대(은닉공간) 최소화
	의장 일반	바닥, 벽 등 밝은 마감재 사용
	조명, 채광 일반	자연채광, 야간 조명, 사각지대 주야간 조명, 조명의 균제도, 연색성 유지
	출입구	도로에서 출입구 가시성 확보, 동작감지 조명 설치, 사각지대(은닉공간) 제거
	계단실	내·외부 관찰 가능한 창문 설치
	승강기	내부 거울 설치
	조경	관목 높이, 교목 지하고, 간격(밀식) 등 관리
	주차장	시야 확보 배치, 조도 규정 준수, 구조물(필로티, 기둥 등) 직선 배치
영상감시	CCTV 일반	고해상도 CCTV 설치, 입체적 상호 감시 설치, 24시간 녹화 및 모니터링, 1개월 이상 보관
	승강기	내부 CCTV 설치
영역성 확보	보행로	보행로 확보, 뚜렷한 영역 표시 디자인
	주차장	주차면 명확한 표시, 공간영역별 도색, 교통약자 주차면 안전한 곳에 배치

출처: 경찰청 내부자료 참고하여 연구진 작성

4. 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 분석

1) 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 개요

□ 사업추진의 개요

법무부의 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업은 2014년부터 추진된 ‘법질서 실천운동’의 3대 중점과제 중 하나로 시행되었다. 사업 시행 초기 민간과 지자체 협력에 기반하여 사업을 추진하였으나, 2016년 사업규모의 확장과 전문성 제고를 위해 국토교통부 도시재생사업, 행정안전부 안전한 지역 만들기 사업과 연계하여 사업을 수행하였다. 2019년부터는 범죄불안감소, 부처 간 협업 극대화, 범죄예방-지역재생 협업 강화를 통한 예산의 효율적 집행과 정책성과 제고를 위해 국토교통부의 도시재생뉴딜사업, 노후산업단지 재생사업, 해양수산부의 어촌뉴딜사업 300의 대상지를 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업대상 선정 시 포함하고 범죄예방 환경개선 사업과 주민역량강화 교육을 추진하였으며(법무부, 2022), 2024년부터는 부처간 협업 확대를 통한 농림축산식품부의 농촌중심지 활성화사업 대상지에 대한 범죄예방 환경개선 컨설팅을 추진하고 있다.

□ 최근 3년간 사업추진 대상지별 범죄 취약특성

최근 3년(2021~2023) 법무부의 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 대상지에 제시된 범죄예방 환경조성을 위한 건축·공간환경 단위의 요소를 추출하고, 접근통제, 감시, 영역성 확보의 원칙으로 분류하여 정리하였다. 최근 3년간 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업이 추진된 지자체는 강원 삼척시 근덕면 초곡항, 경기 용인시 중앙동 중앙시장 등 농어촌과 지역사회의 시장 부근, 노후주택 밀집지역 등 다양한 지역 특성을 나타냈다.

사업 대상지별로 나타난 범죄예방 환경조성의 필요로는 노후 저층주거지의 불량한 야간조도, 좁은 골목길과 자연감시 불량, 이로인한 쓰레기 무단투기, 흡연과 잠재적 범죄발생 두려움, 관광지 인접 주거지역내 외지인의 잦은 출입과 주거지 내 불법적 행위 발생에 대한 단속 역량 부족, 시장 인근 유흥업소 등 청소년 유흥시설 밀집으로 인한 주취폭력 발생과 주민의 범죄 두려움 등으로 나타났다. 각 대상지에 대한 범죄 취약점은 주민 면담과 안전지도 작성, 경찰청 범죄발생 데이터 공간분석 결과 등이 종합되어 도출되었으며, 이에 기반하여 범죄예방을 위한 대상지 특화 다양한 건축·공간환경 단위의 물리환경 조성 방안을 제시하고 있는 것으로 조사되었다.

[표 2-12] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업 대상지

연도	컨설팅 사업 대상지	범죄 취약점	
21년	강원 삼척시 근덕면 초곡항	• 주거지 내 야간 보행환경 • 주거지 영역성 • 관광객 무단 접근,	• 범법행위 • 커브길 불법주정차 • CCTV 부족
	전남 여수시 남면 장지항	• 외지 관광객 증가 • 마을 주출입구 안전 미흡	• 어두운 주거지 내 골목길 • 방치된 유류부지
	경기 용인시 중앙동	• 무단횡단 • 시장 내 흡연	• 쓰레기 무단투기 • 시장 골목길 청소년 비행
	경남 거창군 거창읍	• 쓰레기 무단투기, 흡연 • 어두운 보행로 • 상업지역 주취범죄 • 초등학교 앞 회전교차로	• 과속 • 청소년 흡연 • 어린이 보행안전
	충북 진천군 진천읍	• 시장-주거지 영역성 부족 • 노후 담장 • 교차로 방향인지성 불량 • 방치된 유류부지	• 쓰레기 무단투기 • 청소년 골목길 흡연 • 외국인 밀집 주민 불안감 • 주거지 골목길 불안전
	경기 안산시 이동	• 어두운 근린공원 • 노숙자 무질서 • 방법시설 미흡한 노후빌라, 원룸 • 건물간 이격공간	• 상가지역 주취범죄 • 위급상황 대비 부족 • 외국인 노동자 음주행위, 쓰레기 투기 • 가로등 노후화
	충남 보령시 대천5동	• 현재 위치 인지 어려움 • 어두운 계단, 광장 • 방치 유류부지	• 불편한 버스정류소 • 쓰레기 관리 미흡 • 관광객 흡연
	충남 공주시 중학동	• 원룸 빌라 방법 취약 • 어두운 골목길 • 노후한 안내사인 • 마을 중심길 안전시설물 미흡	• 어두운 담벼락 • 범죄 취약한 공원 • 쓰레기 무단 투기 • 방치 공폐가, 유류부지
	인천 남동구 구월1동	• 위험한 어린이 통학환경 • 자연감시기능 상실 • 노후빌라 방점시설 미비	• 골목길 어린이 교통사고 위험 • 쓰레기 무단투기
	충북 청주시 상당구 성안동	• 옹벽, 공폐가 관리미흡 • 공원 내 노후된 벤치 • 쓰레기 무단투기 • 어두운 골목길	• 거주민 보행안전 미흡 • 주거 밀집지역 내 주거침입 범죄 발생
22년	강원 평창군 평창읍	• 범죄 취약 주차장 • 어린이 통학로 불법주정차 • 파손방치 담장 • 시장 내부 노후 CCTV • 화재취약 공원	• 쓰레기 방치 • 공폐가, 유류공간 방치 • 주요 통행로, 주거지역 내 CCTV, 조명 부족
	경북 울진군 후포면	• 어두운 골목길 • 범죄 취약 관광지 • 대상지 내 거주 외국인	• 방향인지 어려운 주거지 내 좁은 골목길 • 구분 어려운 주거지 진입로

연도	컨설팅 사업 대상지	범죄 취약점	
23년		- 노후시설물 산재 - 공폐가 방치	쓰레기 무단투기
	경남 거제시 사등면 유교항	- 관광객 범법행위 - 버스정류장 위험	마을 골목길 야간 시야확보 불량
	경남 거제시 광리항	- 방향인지 어려운 좁은 골목길 - 주차장, 편의시설 영역성	- 부족 - 보차분리 미흡 좁은 도로
	제주 서귀포시 성산읍	- 방범시설 미흡 - 범죄 취약공간 밀집 - 주거지 침입 위험 - 야간 보행 불안 - 음주단속 우회차량 통행	- 어둡고 좁은 골목길 - 유해시설 밀집, 주취폭력 발생 - 청소년 비행장소
	경남 사천시 상구동	- 시장 인근 폭력범죄 - 골목길 정비 필요 - 주거지역 쓰레기 무단투기 - 야간 주취자	- 관광특화거리, 주거지 각 영역성 미흡 - 유흥업소 밀집
	경기 양평군 양평읍	- 주거지 불법주정차 - 주거지, 상업지 쓰레기 투기 - 상업시설 밀집	- 공폐가 방치 - 어두운 골목길 - 보행자 안전 취약 - 시장 내 범죄발생
	대전시 서구 갈매1동	- 원룸, 빌라 밀집 - 필로티 건축물 다수	- 시아 부족 곡각지 - 어두운 골목길
	울산시 남구 신정1동	- 재개발, 재건축 공사 진행 중 - 복잡한 일방통행길 시인성 부족 - 어두운 주거지 - 꺼진 가로등, 노후한	- 보안등 - 빈집, 철거예정 건물 다수, 공폐가 방치 - 쓰레기 무단투기 - 시장 인근 폭력, 절도범죄 - 주민 휴식공간 부재
	서울시 관악구 신사동	- 주거침입에 취약 - 주거지와 시장 혼재 - 일부 구간 사각지대 발생 - 필로티 건축물 다수	- 시장 내 범죄 발생 - 마을 경관 무질서함 - 유사 주택경관 반복
	부산시 동구 좌천동	- 높은 경사도, 좁은 골목길 - 저층 노후주거지 밀집 - 좁고 곡각지가 많은 대상지	- 비상벨 부재, 반사경 미비 - 담장 유지관리 필요 - 교통사고 위험지역
	전남 진도군 도명항	- 빈번한 교통사고 - 협소한 도로 - 보차분리 미흡의 비정형도로	- 꺼진 가로등, 노후한 보안등 - 야간 운전 시야확보미흡 - 관광객과의 갈등
	강원 삼척시 대진항	- 좁고 위험한 골목길 - 보차분리 미흡의 비정형도로 - 해산물 절도	- 화장실 전기 무단사용 - 가파른 계단, 경사로 - 방파제 안전사고 위험 - 캠핑관광객과의 충돌

출처: 2021~2023 법무부 CPTED 컨설팅 사업내용 분석하여 연구진 작성

2) 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅에서의 범죄예방 물리환경 특성 분석

□ 범죄예방을 위한 건축적 요소

최근 3년간 추진된 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업에서 도출된 범죄예방 관련 건축물 단위 물리환경 조성 특성을 접근통제, 감시, 영역성 확보 원칙으로 구분하여 분류·종합하였다.

접근통제, 감시, 영역성 확보를 위한 건축적 요소로는 다세대다가구 주택에 해당하는 원룸, 공중화장실, 대합실, 공폐가 및 노후 단독주택과 주거지 담장 등으로 나타났다. 각 건축물 단위의 범죄예방 환경조성은 접근통제와 감시 기능을 강화하는 방향의 특성이 높은 것으로 나타났으며, 건축물 단위의 영역성 확보는 공간 환경 단위의 영역성 확보를 위한 조치로서 제시되는 상황에서 건축물에 대한 환경설계가 함께 추진되는 특성을 보였다.

[표 2-13] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업의 건축적 요소

컨설팅 사업 대상지	건축적 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
강원 삼척시 근덕면 초곡항	-	• 공중화장실 비상벨	-
전남 여수시 남면 장지항	-	• 여객선 대합실 비상벨 • 대합실 옥상 난간 조명 • 주택입구 센서등	• 대합실 세이프존
경기 용인시 중앙동	-	• 통합방범모듈	-
경남 거창군 거창읍	-	• 주택 태양광 주수판	-
충북 진천군 진천읍	-	-	• 담장 안전길 조성
경기 안산시 이동	• 원룸 방범모듈 • 원룸 이격공간 정비	-	-
충남 보령시 대천5동	-	• 버스정류소 전자게시판	• 경찰서 위치 시인성 확보
충남 공주시 중학동	• 원룸 빌라 방범창 • 원룸 빌라 이격공간 출입문 • 공폐가 가림막, 페인팅	• 학교 담장 조도 개선	-
인천 남동구 구월1동	• 노후빌라 방범창, 가스배관 덮개	• 노후빌라 센서등, 미러시트	• 어린이보호구역 내 아파트 담장 벽화
충북 청주시 상당구 성안동	• 공폐가 가림막 • 주택 가스배관 형광물질 도포, 안내판	-	• 옹벽 도색

컨설팅 사업 대상지	건축적 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
강원 평창군 평창읍	• 통학로 주변 공폐가 가림막 설치	• 공중화장실 비상벨	• 단독주택 밀집지 담장 보수, 도색
경북 울진군 후포면	• 공폐가 가림막, 출입차단	• 노후 저층주택 태양광주소판 • 광장 위치 공중화장실 비상벨 • 가로등, 보안등, 반사경	-
경남 거제시 사등면 유교항	-	-	-
경남 거제시 광리항	-	-	-
제주 서귀포시 성산읍	-	• 주거지 내 쉼터(정자) 조명 • 오일시장 건물 조명, 투시형 셔터	• 상업지역, 주거지역 연결공간에 신고번호판, 고보조명
경남 사천시 상구동	• 주거지 내 공폐가 가림막	• 골목길 인접 주택에 솔라주소표지판 설치	• 골목길 인접 주택 담장 정비
경기 양평군 양평읍	• 공폐가 가림막	-	• 주거지 노후담장 도색
대전시 서구 갈마1동	-	• 필로티형 주택 방범 모듈	-
울산시 남구 신정1동	• 노후 저층주거지 주택담장, 창문에 안심 블라인드 • 건축 이격공간 차폐시설 • 공폐가 출입 차폐	-	• 노후 단독주택 주차셔터 개선 • 공폐가 담장 도색
서울시 관악구 신사동	• 주거지 낮은담장 위 안전펜스 • 다세대주택 이격공간 차폐	• 다세대주택 공동현관 미러시트 • 필로티형 주택 주차장 모서리거울, 센서등	• 시장 점포 셔터 디자인 개선 • 시장내 주거지 출입구 안내사인
부산시 동구 좌천동	-	• 노후주거 밀집지 담장 조명	• 노후주거 밀집지 담장 도색
전남 진도군 도명항	-	-	-
강원 삼척시 대진항	-	• 대진항 공중화장실 조명, 비상벨 • 주택 대문 태양광 주소판	-

출처: 2021~2023 법무부 CPTED 컨설팅 사업내용 분석하여 연구진 작성

□ 범죄예방을 위한 공간환경 요소

최근 3년간 추진된 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업에서 도출된 범죄예방 관련 공간환경 단위 물리환경 조성 특성을 접근통제, 감시, 영역성 확보 원칙으로 구분하여 분류·종합하였다.

접근통제, 감시, 영역성 확보를 위한 공간환경 요소로는 주거지와 상업지가 교차하는 진출입 지점, 노후 주거지 내 복잡하고 좁은 골목길의 교차지점 등의 점적 공간, 주거지 골목길, 대로와 이면도로의 보행로, 보차분리 되지 않은 도로, 학교 통학로 등의 선형적 공간, 지역 내 유흥부지, 공원, 주차장 등의 면적 공간으로 구분되었다. 각 공간환경 단위의 범죄예방 환경조성은 영역성 확보와 감시 기능을 강화하는 방향이 두드러지는 것으로 나타났으며, 공간환경 단위의 접근통제를 위한 조치는 공폐가 및 건축물 이격공간 출입 차폐 등의 건축물 단위의 범죄예방 환경설계가 함께 추진되는 특성을 보였다.

[표 2-14] 최근 3년 법무부 범죄예방 환경개선 컨설팅 사업의 공간환경 요소

컨설팅 사업 대상지	공간환경 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
강원 삼척시 근덕면 초곡항	- 방파제 출입금지 안전펜스 - 해안길 주차금지 볼라드, 데크	- 주거지 골목안길 바닥표지병 - 보안등	마을입구 고보조명
전남 여수시 남면 장지항	-	- 유흥부지 CCTV - 유흥부지 비상벨	마을입구 벤치, 안내판
경기 용인시 중앙동	무단횡단 방지 음성시스템	쓰레기 무단투기 감시 CCTV	- 흡연금지 안내판 - 쓰레기 무단투기 금지 안내판
경남 거창군 거창읍	통학로 볼라드	- 골목길 불밝히기 - 안심지킴이집	- 마을안심 교차로(화분+조명) - 주거지-시장 고보조명 - 골목길 솔라표지병 - 청소년 흡연금지 안내판 - 흡연금지 고보조명 - 통학로 바닥스텝핑 - 통학로 고보조명
충북 진천군 진천읍	유흥부지 펜스	- 쓰레기 무단투기 방지 CCTV - 교통안전 도로포장, 조명	- 시장 입구 사인물, 조명 - 청소년 흡연금지 표지판, 사운드 - 교차로 알림 사인
경기 안산시 이동	노숙 방지 벤치	수목 정비, 정원등	노상음주, 쓰레기 투기 금지 안내판

컨설팅 사업 대상지	공간환경 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
충남 보령시 대천5동	유희부지 펜스	- 안심신고판 - 계단 불밝히기 - 광장 불밝히기	-
충남 공주시 중학동	천변 산책로 안전펜스	- 골목길 불밝히기 - 천변 산책로 조도 개선 - 공원 조명, CCTV, 비상벨, 벤치 설치	- 여성안심귀갓길 지정, 바닥 페인팅 - 쓰레기 투기금지 안내판 - 화단 정비, 자전거 거치대 정비
인천 남동구 구월1동	초등학교 교차로 블라드	- 중학교 경계부 수목 정비 - 주요 교차로 CCTV	- 초등학교 교차로 바닥신호등, 옐로우 존 - 중학교 경계부 비행예방 고보조명 - 차량 통행 많은 골목길 안내판 - 쓰레기 투기금지 안내판
충북 청주시 상당구 성안동	막다른 길 진입 안내사인	- 공원 내 노후벤치 교체 - 보안등 - 공원 경계부 수목 정비 - 골목길 안심거울	- 쓰레기 투기금지 안내판 - 마을 종합안내판 설치 - 골목길 여성안심귀갓길 바닥 사인
강원 평창군 평창읍	어린이통학로 주정차 방지 블라드	- 어린이통학로 조명, CCTV - 주차장 내 방범초소 설치 - 시장 내부 노후 CCTV 교체 - 전통시장 인근 공원 조명 설치 - 주요 통행로, 주거지 내 CCTV, 보안등, 가로등	주차장 안내판 설치
경북 울진군 후포면	- 일방통행 골목길 안내 도로 솔라표지병 - 관광객의 주거지 진입 차단 바닥 페인팅, 고보조명 - 공폐가 밀집지역 안내표지판	- 주거지 내 좁은 골목길 길안내 표지 - 노후상가 밀집지, 공장밀집지 CCTV 설치	- 쓰레기 투기금지 다국어 안내판 - 보행로 인접 노후 담장 정비 - 쓰레기 투기 예방 화단 조성
경남 거제시 사등면 유교항	-	골목길 안전펜스, 조명 결합	주차장 도색 정비, 주민생활공간 분리

컨설팅 사업 대상지	공간환경 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
		마을 중심 교차로 스마트폴(CCTV, 비상벨)	- 주거지역 안내 사인물 - 경사진 골목길 미끄럼 방지 도로포장
경남 거제시 광리항	-	- 주차장 구역 축소 통해 인접한 정자의 시야 개방 - 해안로 경관조명 설치 - 여항 주변 스마트폴(CCTV, 조명)	주거지역 안내 바닥 페인팅
제주 서귀포시 성안읍	-	- 주거지역 내 골목길 CCTV, 비상벨 - 다세대주택 밀집지 보안등 - 마을 골목길 바닥표지병	- 마을 진입 골목길 안내판 - 제주 올레길, 주민 주거지 구역 구분 안내판 - 주거지역 출입 골목길에 통일색상의 지주
경남 사천시 상구동	-	- 상업 밀집지 내 안심부스(비상벨) - 관광특화거리, 상가, 숙박업소 중첩구간에 안심신고판 - 주거지 골목길 보안등	- 주민쉼터 경계부 담장 설치하여 주차장과 영역성 구분 - 주거지 영역으로부터 구분하는 문화탐방로 바닥페이빙 - 공영주차장 인근 교차로 사고방지 스마트비콘
경기 양평군 양평읍	주거지 주차금지 블라드	- 강변 자전거길에 데크, 벤치 휴식공간 조성 - 주거지 골목길 바닥표지병	- 산책로 안내판 - 주민생활편의시설 밀집구역의 방법 거점화 - 군청 앞, 시장 앞 대로 차량-보행자 교행구역 스마트비콘 - 고등학교 통학로 바닥 페이빙 - 상업구역-주거지, 자전거도로-주거지 진입 곡각지 고보조명
대전시 서구 갈마1동	-	골목길 곡각지 반사경	마을 안전지도 안내판

컨설팅 사업 대상지	공간환경 요소		
	접근통제	감시	영역성 확보
		• 기존 CCTV 지주 도색, 시인성 강화 • 주거지 골목길 바닥표지형	
울산시 남구 신정1동	-	• 노후 저층주거지 골목길 CCTV, 비상벨 • 공사장 주변 일방통행로 바닥표지형 • 주거지 보안등 교체	• 재건축 공사현장 가림막 • 공사현장 주변 쓰레기 무단투기 금지 안내판 • 노후 저층주거지 골목길 바닥 페이빙 • 다국어 공공 사인물
서울시 관악구 신사동	-	-	• 시장 영역별 입구 컬러존 처리 • 마을안전지도 설치
부산시 동구 좌천동	-	• 주택밀집지역 반사경 개선 • 주택밀집지 골목길 바닥표지형 • 주택밀집지 골목길 CCTV, 비상벨 • 주택밀집지 골목길 보안등 • 쌈지공원 정원등	• 노후주거 밀집지 출입구 안심마을지도 설치 • 노후주거 밀집지 바닥페이빙
전남 진도군 도명항	-	• 마을 출입로 안전거울 • 주거지 인접 주요 도로 볼라드 조명 • 마을작업장 인근 CCTV • 주거지 보안등	• 마을 초입 셉테드 마을 안내판
강원 삼척시 대진항	-	• 주거지 골목길 벽부등	• 대진항 진입로 사인물 • 대진항 해루질 방지 안내판 • 캠핑 쓰레기 투기금지 안내판 • 주거지역 바닥 페이빙

출처: 2021~2023 법무부 CPTED 컨설팅 사업내용 분석하여 연구진 작성

5. 소결

본 장은 주요 선행연구와 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도, 법무부의 범죄 예방 환경개선 컨설팅을 검토하여 건축물 단위와 공간환경 단위의 요소와 특성을 접근통제, 감시, 영역성 확보에 해당하는 특성으로 분류하였다.

□ 범죄예방을 위한 건축적 특성 종합

범죄예방을 위한 접근통제, 감시, 영역성 확보 방안의 건축적 요소와 범죄예방 관련 특성을 종합하면 다음과 같다.

[표 2-15] 연구와 정책사업 검토를 통한 범죄예방 관련 건축적 특성 종합

구분	건축적 요소	범죄예방 관련 특성
접근 통제	• 건물 출입구, 창문의 위치와 배치 • 출입구와 창문의 방법·잠금 • 건축물의 점유상태(공폐가 여부) • 건축물 간 이격공간 • 건축물 벽면의 가스배관	• 건축물의 노후도 • 지역 내 건축물의 밀도 • 건축물의 높이 • 도로에 면하는 창문의 개수 • 상업용, 주거용 건축물의 개수와 밀도 • 건축 후퇴선의 길이 • 지역 내 빈집 개수
감시	• 건물 내 출입구, 계단실, 승강기, 주차장의 위치와 배치 • 건물 개구부(대문, 창 등)에 사용된 시설·설비의 재질 • 타인과의 이용이 중첩되는 건물 내 지점(공용현관, 화장실, 주차장, 대기공간 등)에서의 CCTV, 비상벨, 조명, 안내판	• 지역 내 CCTV 개수 • 지역 내 비상벨 개수 • 지역 내 가로등, 보안등 개수, 밝기 • 기계감시 장비의 노후도 • 지역 내 필로티 주차장 구성 건축물 개수와 비율
영역성 확보	• 건물 담장의 위치와 높이, 배치, 색상 • 건물 담장과 건물 간 이격공간 • 골목길·보행로와 건물 주차장의 배치	• 도로와 건물 경계부에 위치한 벽 또는 담장의 길이 • 건축물 진출입구의 개수 • 지역 내 복합 토지 용도 비율

출처: 선행연구, 경찰청 인증제도, 법무부 컨설팅사업 내용 분석을 종합하여 연구진 작성

접근통제를 위한 건축적 요소로는 건물의 출입구와 창문의 위치 및 배치, 출입구와 창문의 방법, 건물의 공·폐가 여부, 건축물 이격공간 등으로 종합할 수 있다. 관련된 건축적 특성으로는 건축물의 노후도와 높이, 도로에 면하는 창문의 개수, 지역 내 빈집 개수 등이 범죄예방과 관련된 것으로 나타났다.

감시 강화를 위한 건축적 요소로는 건물 내 출입구·계단실·주차장의 위치와 배치, 건물 개구부에 사용된 시설·설비의 재질, 공용현관·화장실·주차장의 CCTV, 비상벨, 조명 등으로 종합되었다. 관련된 건축적 특성으로 지역 내 CCT

V·비상벨·가로등의 개수, 지역 내 필로티 주차장이 저층부에 위치한 건물 개수와 지역 내 건물 대비 비율 등을 도출하였다.

영역성 강화를 위한 건축적 요소로는 건물의 담장 위치와 높이, 배치와 색상, 건물 담장과 건물 벽면 간 이격공간, 도로와 건물 주차장의 배치 등으로 종합할 수 있다. 도로와 건물 경계부에 위치한 담장의 길이, 건축물 진출입구의 개수, 지역 내 복합 토지 용도 비율 등을 범죄예방 관련 건축적 특성으로 도출하였다.

□ 범죄예방을 위한 공간환경 특성 종합

범죄예방을 위한 접근통제, 감시, 영역성 확보 방안의 공간환경 요소와 범죄예방 관련 특성을 종합하면 다음과 같다.

[표 2-16] 연구와 정책사업 검토를 통한 범죄예방 관련 공간환경 특성 종합

구분	공간환경 요소	범죄예방 관련 특성
접근 통제	- 지역 주요 통행로와 인접한 유희부지, 방파제, 공사장 등 위험공간의 차폐 - 공원 벤치, 보행로 휴게공간 등의 노숙자 공간 무단점유 방지 - 진입금지 공간임을 알리는 사인물, 안내판	- 지역 내 공원 비율, 녹지 비율 - 유희부지의 개수와 위치 - 운동장, 공터 등 개방형 공간 비율 - 도로 보차분리 비율, 보차분리 구간 길이 - 표지판 개수
감시	- 노후 주택 밀집지역, 유동인구 부족 통행로·보행로·골목길의 CCTV, 가로등, 보안등, 비상벨, 고보조명 - 곡각지역, 좁은 골목길 교차로, 불법 주차 다발 구역의 반사거울, 안내판	- 보행로의 밀도, 길이 - CCTV, 가로등, 비상벨 개수 - 지역 내 곡각지 위치 - 안전보행 최소 도로폭 미만 구간의 위치, 길이, 밀도
영역성 확보	- 주거지역 입구, 시장 입구 등 공간환경의 주 용도 변경 구간의 도로 노면, 담장 등 도색, 스템핑, 안내판, 고보조명 - 주거지 쓰레기 무단투기, 청소년 흡연 다발 구역의 도로 노면, 담장 등 도색, 스템핑, 안내판, 고보조명	- 상이한 토지용도 면접구간의 길이 - 어린이 보호구역, 노인 보호구역 지정 위치, 개수

출처: 선행연구, 경찰청 인증제도, 법무부 컨설팅사업 내용 분석을 종합하여 연구진 작성

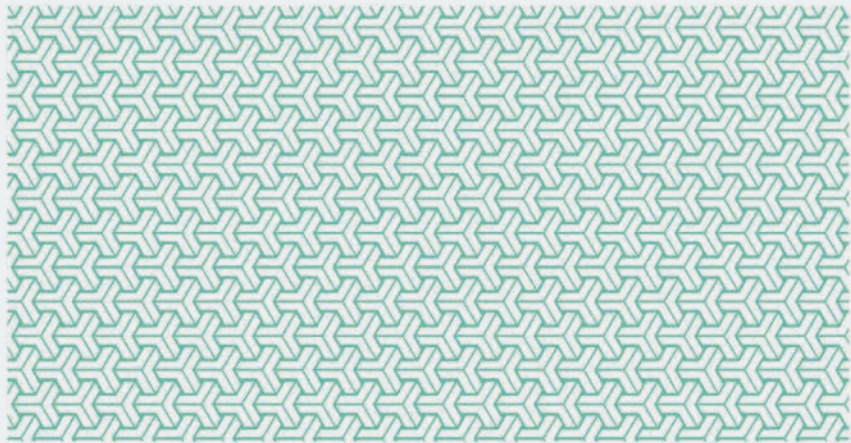
접근통제를 위한 공간환경 요소로는 주민의 주요 통행로와 인접한 유희부지, 노숙자 점유 공원 벤치, 휴게공간 등으로 종합할 수 있다. 관련된 공간환경 특성으로는 공원과 녹지의 비율, 유희부지의 개수와 위치, 도로 보차분리 비율과 구간의 길이 등이 범죄예방과 관련된 것으로 나타났다.

감시 강화를 위한 공간환경 요소로는 유동인구가 부족한 마을 골목길과 통행로, 지역 내 사각지대가 발생하는 곡각진 도로 구역과 골목길 교차로 등으로 종합되

었다. 관련된 공간환경 특성으로 지역 내 보행로의 밀도, 길이, CCTV·가로등·비상벨 개수, 지역 내 곡각지 위치, 최소 도로폭 미만 구간의 위치와 길이 등을 도출하였다.

영역성 강화를 위한 공간환경 요소로는 주거지역 입구, 시장 입구와 같이 공간의 주된 용도가 변경되는 구간의 도로와 담장, 쓰레기 무단투기 다발 구역의 도로와 담장 등 종합할 수 있다. 서로 다른 토지용도가 접해있는 구간의 길이, 어린이·노인 보호구역 지정 개수 등을 범죄예방 관련 공간환경 특성으로 도출하였다.

제3장 범죄 발생 지점의 건축 도시 물리환경 특성 분석



1. 분석 개요
2. 인증시설 특성 분석
3. 물리환경 변수 선정 및 전처리
4. 분석 결과
5. 소결

1. 분석 개요

1) 분석 목적

본 장은 실제 건축 및 도시 환경에서 물리환경의 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하는 것을 목표로 한다. 이를 통하여 실효적 범죄예방 환경설계를 위한 건축·도시 통합 환경설계 전략을 제시하는 데 기여하고자 한다. 통계와 기계학습 모델을 활용하여 물리환경 특성과 범죄 발생 간의 상관관계를 예측하고, 범죄 발생에 영향을 미치는 주요 물리환경 요인을 식별한다. 이 과정을 통해 도출된 분석 결과는 범죄예방을 위한 건축 및 도시의 물리환경 설계에 대한 지침을 도출하는데 활용될 수 있다. 이러한 분석 결과를 활용하여 범죄예방 측면에서의 건축과 도시계획의 통합적 접근을 가능하게 하는 것을 목표로 한다.

2) 분석 대상

분석 대상은 서울특별시 6개 구(서초구, 강남구, 송파구, 강동구, 금천구, 은평구)로, 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증을 획득한 건축물(우수 인증시설) 수, 범죄 발생 건수, 1인당 범죄 발생률 등이 높은 지역을 우선적으로 반영하였다.

인증시설 효과성(범죄 발생 증감) 분석, 물리환경 특성 영향 분석 중 회귀분석(OLS)과 기계학습 분석(Random Forest)에는 6개 구 전체를 대상 지역으로 설정하였다. 그러나 공간회귀분석(MGWR)의 경우 공간적으로 연속적인 대상 지역 설정이 필요함에 따라, 연접한 4개 구역(서초구, 강남구, 송파구, 강동구)을 분석 대상 지역으로 설정하였다. 분석 단위 설정은 분석 대상 지역의 규모, 주소 기반 공간정보화의 정확도, 구득 가능한 데이터 해상도 등을 고려하여 250m 단위의 격자로 설정하였다.

3) 분석 방법

□ 분석의 흐름

먼저 분석 대상 지역에 대하여 인증시설, 범죄 발생 등 지점을 공간정보화하고, 건축·도시 물리환경 특성에 대한 공간정보를 수집하여 구축하였다. 이렇게 구축된 공간정보는 격자 단위로 집계하여 통계, 기계학습 분석에 활용하고, 여기서 도출된 주요 물리환경 특성의 범죄 발생 영향이 공간적으로 어떻게 분포하는지 공간회귀분석을 실시하여 분석하였다.

통계와 기계학습을 활용하여 건축·도시의 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하는 과정은 크게 세 단계로 진행하였다. 첫 번째 단계에서는 우수시설의 CPTED 인증 획득에 따른 범죄 발생 증감을 분석하여 우수한 환경설계의 범죄예방 효과를 평가하였다. 인증 우수시설은 건축물의 범죄예방 환경설계가 우수하였음을 경찰청이 인증한 것으로, 인증 평가 대상인 물리환경에서 차이가 있다고 판단할 수 있는 근거가 된다. 범죄예방 우수시설 인증 데이터에는 인증 획득 시기가 포함되어 있으며, 이를 범죄 발생 데이터에 포함된 발생 시기와 매칭하여 해당 건축물이 범죄예방 우수시설 인증을 받은 시점 전후의 범죄 발생 패턴을 비교 분석하였다. 개별 건축물 단위의 분석뿐만 아니라, 우수 인증시설에 인접한 지역의 범죄 발생 증감을 비교하여 인증제도 운영에 따른 지역사회 범죄예방 효과도 함께 검토하였다.

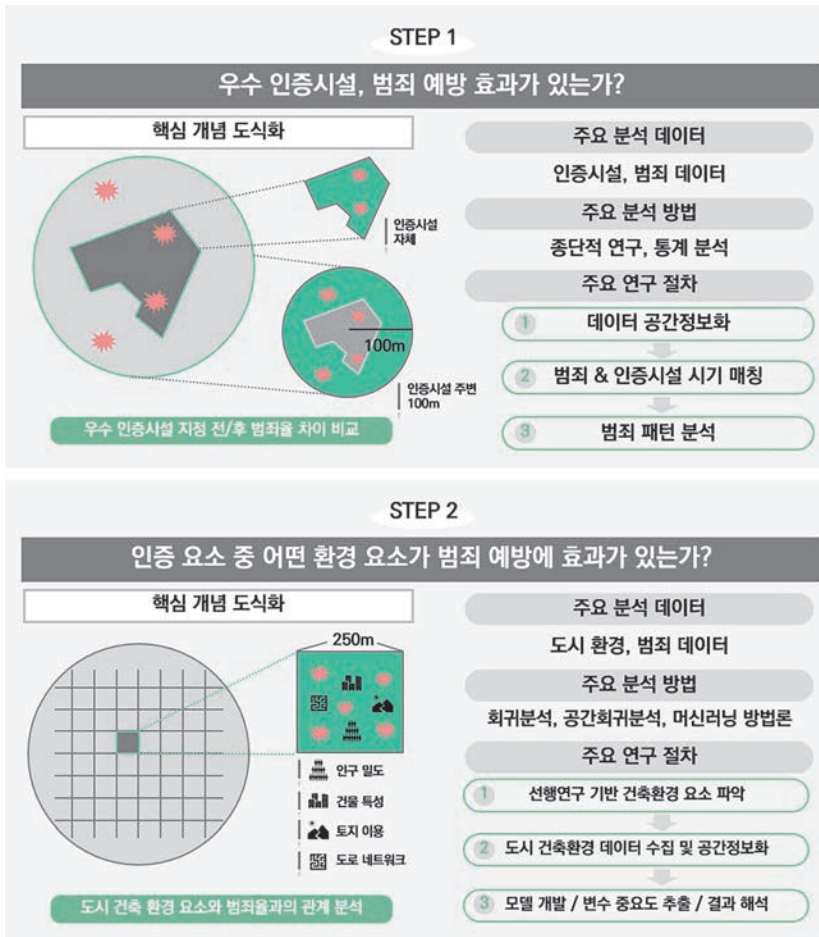
두 번째 단계에서는 건축·도시의 물리환경 특성 중 어떤 환경 요소가 범죄 발생에 영향을 미쳤는지 분석하였다. 주요 분석 데이터로는 범죄 발생 데이터와 건축·도시공간 물리환경 특성 데이터가 사용되었다. 분석 방법으로는 회귀분석(OLS), 기계학습 분석(Random Forest), 공간회귀분석(MGWR) 등을 통한 범죄예측 모델 개발과 모델 해석 방법(SHAP 등)을 사용하였다. 이를 통해 건축·도시의 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 파악하고, 이를 근거로 하여 효과적인 범죄예방 정책 추진방향을 제안하고자 하였다.

이와 같은 분석 방법 및 흐름은 건축물 대상 범죄예방 우수시설 인증제도 운영에 따른 범죄예방 효과를 평가하고, 건축·도시 물리환경 특성 중 실제로 범죄예방에 효과가 나타난 물리환경 요소를 분석함으로써, 건축·도시 범죄예방 환경설계 법·제도·정책 등을 평가하고 개선하기 위한 객관적 근거를 제공할 수 있다.

□ 분석 모델 프레임워크 설정

본 연구의 모델 프레임워크는 크게 세 가지 층위로 구성되어 있다. 각 층위는 분석 대상의 설정, 모형 개요의 설정, 모형 개발 프로세스이다. 각 층위의 내용은 분석 흐름 전반에 걸쳐 연계되어 분석 과정 전반을 포괄하게 된다.

분석 모형의 세부 개요로는 회귀분석(OLS)과 공간회귀분석(MGWR)의 경우 회귀 모델이라는 점을 고려하여, 격자 단위 범죄 발생 건수를 종속변수로 설정하여 회귀분석을 통해 물리환경 특성 변수들이 범죄 발생 건수에 미치는 영향을 분석했다. 한편, 기계학습 분석의 경우, 분류 모델의 학습이 용이하고 예측 성능도 높게 나타나는 점을 고려하여, 격자 내 범죄 발생 수준에 따라 각 지역을 고/저로 분



[그림 3-1] 범죄 발생 영향 물리환경 특성 분석 방법 및 흐름
출처: 연구진 작성

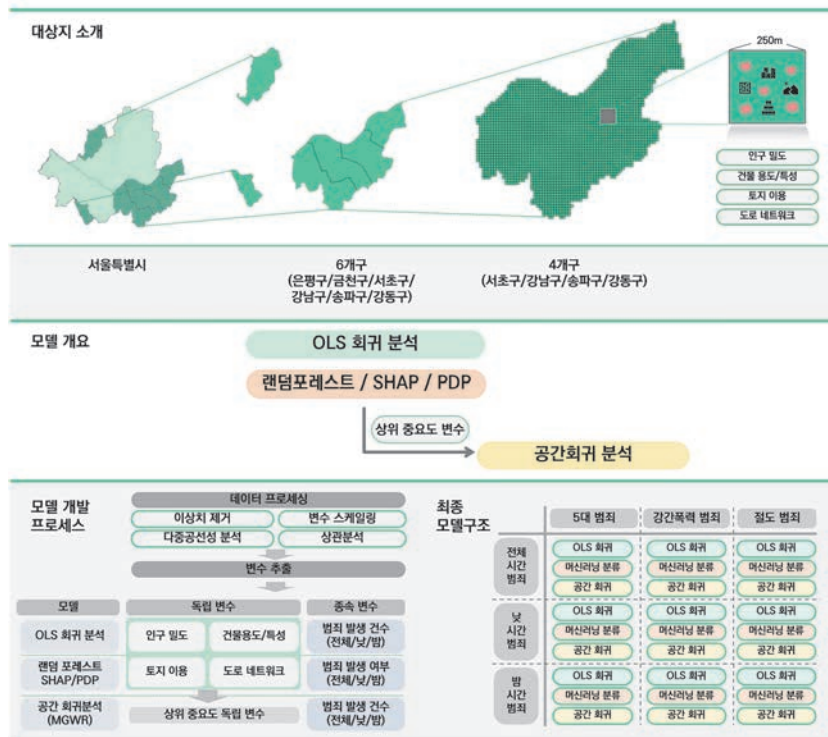
류하는 모델을 학습시켜 분석에 활용하였다. 범죄 발생 수준의 설정을 위한 예비 분석 결과 분석 대상 기간 동안 격자 내에서 범죄가 1건도 발생하지 않은 경우가 약 41%로 나타나, 범죄 발생 수준의 기준 값을 범죄 발생 유무로 설정하고, 이를 분류하는 모형을 분석에 활용하였다.

분석 방법론 외에도, 범죄 유형과 범죄 발생 시간대별로 모델을 세분화하여 분석을 고도화하였다. 구체적으로, 범죄 유형은 5대 범죄 전체, 폭력범죄¹⁾, 절도²⁾로 구분하였고, 범죄발생 시점은 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간으로 구분하였다. 이는

- 1) 5대 범죄 통계 분류에 따른 폭력, 강간 및 강간추행 등 포괄
- 2) 5대 범죄 통계 분류에 따른 절도

시간대별 범죄 발생 패턴을 명확히 파악하기 위해 각 시간대에 발생한 범죄 유형을 구분하여 분석함으로써 유형별 범죄 발생의 시간적 특성을 반영하고자 했다.

모형 개발 프로세스에서는 데이터 준비와 분석 과정으로 나누어졌다. 데이터 준비 단계에서는 인구, 범죄 건수, 도시 환경 변수 등 다양한 독립변수와 범죄 발생 통계 종속변수를 수집하여 분석용 데이터셋을 구축하였다. 분석 과정에서는 OLS 회귀분석을 통해 주요 변수와 범죄 발생 간의 관계를 도출한 후, 기계학습(랜덤포레스트) 분석 모델의 학습과 SHAP 및 PDP 분석을 통해 변수의 중요도를 평가하고 각 변수가 범죄 발생 여부 예측에 미치는 영향을 시각적으로 파악하였다. 마지막으로 공간회귀분석(MGWR)을 통해 공간적 상관관계를 반영한 심층적인 분석을 수행하여, 범죄와 도시 환경 변수 간의 공간적 이질성을 분석하고, 변수들이 지역에 따라 범죄 발생에 미치는 차별적인 영향을 평가하였다.



[그림 3-2] 모형 프레임워크

출처: 연구진 작성

4) 통계 및 기계학습 분석 방법론

본 연구의 통계 및 기계학습 분석에는 OLS 회귀모델(통계), 랜덤 포레스트 분류 모델(기계학습), 공간 회귀모델의 세 가지 모델을 사용하였다. 또한 각 모델에 대하여 5대 범죄 전체, 강간·강제추행·폭력 범죄, 절도 범죄의 세 가지 범죄 유형과, 전체 시간대, 낮, 밤 등 세 가지 시간대를 기준으로 물리환경이 범죄 발생에 미치는 영향을 예측하는 모델을 각각 학습하였다. 이를 통해 총 27개의 모델을 개발하여 범죄 유형과 시간대별로 물리환경의 영향력을 분석하고 범죄 발생에 미치는 영향을 종합적으로 평가하였다.

공간데이터를 다루고 통계 및 기계학습 분석에 사용하기 위하여 GIS와 공간분석 모형이 사용되었다. 특히, 공간의 중심성을 물리환경 특성으로 변수화하기 위하여 도로 네트워크에 공간구문론을 적용하여 건축·도시 물리환경 변수 도출에 활용하였다.

① GIS 공간분석 모형

GIS(Geographic Information System, 지리 정보 시스템)에서 말하는 공간분석은 GIS를 활용하여 공간적 데이터를 수집, 관리, 분석, 표시하는 방법이다. GIS 공간분석은 GIS 데이터에 대한 다양한 처리 방법을 포괄하는 개념으로, 본 연구에서는 그 중 일부 기능을 중점으로 사용하였다. 먼저 버퍼(buffer) 기능은 지정된 거리 내의 지역을 의미하는 버퍼를 사용하여 특정 지역을 정의하고 그 안의 다양한 변수들을 분석할 수 있다. 예를 들어, 특정 지역 내의 상업시설, 주거시설 등의 개수를 계산하고, 이러한 특성들을 분석하여 범죄와의 관계를 파악할 수 있다. 이는 도시 계획, 범죄 예방 전략 수립 등에 유용하게 쓰일 수 있다. 버퍼 분석은 또한 도시공간 안에서 특정 유형의 시설, 예를 들어 24시간 편의점이나 패스트푸드점 등의 위치와 범죄 발생률과의 관계를 이해하는 데에도 중요한 역할을 한다. 버퍼 안의 시설 개수는 밀집도의 형태로 분석되며, 이러한 시설 밀집도와 범죄 발생 패턴 간의 상관관계를 분석하여 시설 배치에 따른 범죄 발생 영향을 분석하였다.

거리는 공간 안의 요소 사이 관계를 분석하는 데 중요한 요소이다. 버퍼 등 단순한 공간분석 기능에서는 직선거리를 사용한다. 그러나 실제 이동 경로에 따른 거리는 직선거리와 다른 패턴을 보일 수 있으며, 이러한 이동경로, 거리, 소요 시간 등에 대한 분석은 범죄 발생 패턴의 분석에 중요하다. 이동 경로 기반 거리는 계산량이 많기 때문에 서비스 API를 통하여 이용할 수 있다. 예를 들어, 구글은 Distance Matrix API를 통하여 출발지와 도착지 사이의 추천 경로를 기반으로

한 경로 분석 결과를 제공하고 있다. 구글의 API는 여러 위치 간의 거리와 예상 이동 시간을 계산하여 가장 효율적인 경로를 제공한다. 구글이 제공하는 API를 사용하면 여러 출발지와 목적지 사이의 최적 이동 경로를 결정할 수 있고, 거리와 예상 이동 시간을 계산하여 특정 지역에서 가장 가까운 경찰서나 편의점 등의 위치를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 이동 경로 기반 거리를 활용하여 주변 지역의 물리환경 특성을 계산하고 이를 기반으로 범죄 발생과의 관계를 이동 네트워크적인 측면에서 분석하였다.

공간구문론(Space Syntax)은 도시 설계, 건축학 및 사회학에서 주로 사용되는 이론 및 분석 도구로, 공간의 구성이 사람들의 행동, 상호작용 및 사회적, 경제적 결과에 어떻게 영향을 미치는지를 탐구한다. 본 연구에서는 DepthMapX을 활용하여 도로 네트워크 정보를 함께 변수화하고자 한다. DepthMapX 프로그램은 특히 도로의 연결성과 통합도를 분석하는 데 유용하다. 예를 들어, 도시 가로 네트워크를 구성하는 한 축선이 다른 축선들과 얼마나 원활하게 연결되어 있는지를 분석함으로써, 해당 축선의 통합도를 측정할 수 있다. 통합도가 높은 축선은 다른 도로로의 접근성이 높은 것으로 해석된다. 공간구문론 분석을 통해 얻은 도로 세그먼트의 접근성, 연결성 등과 같은 공간구문론적 특성에 대한 분석을 수행하여 공간 네트워크의 구조가 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하였다.

② OLS(Ordinary Least Squares) 회귀모형

OLS(Ordinary Least Squares) 회귀모형은 한 개의 종속변수와 한개 이상의 독립변수들 간의 변수간의 선형적 관계를 확인하기 사용되는 통계적 모델로, 물리 환경과 범죄율간의 선형적 관계를 확인하기 위하여 사용되었다.

□ OLS 회귀모형의 이해³⁾

OLS 회귀모형은 독립변수의 값이 주어졌을 때 이를 가장 잘 설명할 수 있는 종속 변수 값을 추정하며, 예측값과 실제값 사이의 오차의 제곱합을 가장 최소화하는 회귀계수를 추정하는 방식이다. 이 방법은 데이터 내에서 관측된 값을 기반으로, 모델이 어떻게 데이터를 설명하는지 명확하게 보여주는 강력한 도구이다. 이를 통해 변수 간의 관계를 정량적으로 평가할 수 있으며, 종속변수에 대한 독립변수의 영향을 설명할 수 있다. 또한, OLS는 데이터 분석에서 선형성, 독립성, 등분산성, 정규성 등의 가정이 충족될 때 신뢰할 수 있는 결과를 제공한다.

3) 독립변수와 종속변수들 간의 선형적 관계를 확인하는 공식의 풀이이다 (Wooldridge, J. M., 2015, pp.22-35)

□ OLS 회귀모형 결과 해석

OLS 모델을 해석할 때는 회귀계수(coefficient)의 값과 p값을 중점적으로 각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 확인한다. 회귀 계수가 양수이면 독립변수가 증가할수록 종속변수도 증가하며, 음수일 경우 그 반대의 관계가 나타난다. 또한, p값을 통해 각 독립변수의 통계적 유의성을 검토한다. 본 연구에서 p값이 0.05 이하인⁴⁾ 독립변수만이 종속변수에 유의미한 영향을 미친다고 해석하였다.

□ OLS 회귀모형 성능 검증 방법

OLS 회귀모형의 예측 성능을 평가하기 위해서 평균 제곱근 오차(RMSE), 평균 절대 오차(MAE), 결정 계수(R^2) 등을 사용하며, 본 연구에서는 앞에 나열된 검증 방법에 추가로 AIC(Akaike Information Criterion)을 사용하여 예측 모델의 성능을 평가하였다.

• 결정 계수(R^2)⁵⁾

모델이 종속 변수의 변동성을 얼마나 잘 설명하는지 나타낸다. 값이 1에 가까울수록 모형이 데이터를 잘 설명한다는 의미이다. 하지만 R -squared(R^2)가 높은 경우에도 과적합(overfitting) 가능성이 있으므로 다른 검증 지표들과 함께 확인해야 한다. Adjusted R -squared(조정된 R^2) 값은 R^2 값을 독립변수의 수를 고려하여 조정한 것으로, 같은 설명력을 가진 모델이라도 독립변수의 수가 많을수록 조정된 R^2 값이 낮아지게 된다. R^2 값과 마찬가지로 1에 가까울수록 설명력이 높은 모델임을 의미한다.

• 평균 제곱근 오차(RMSE)⁶⁾

RMSE는 오차의 제곱을 평균한 후 제곱근을 취한 값으로, 오차가 클수록 더 큰 패널티를 부여한다. RMSE 값이 작을수록 모델이 실제값에 더 가까운 예측을 한다. 그러나 RMSE는 이상치에 민감하다.

4) (Wooldridge, J. M., 2015, pp.22-35)

5) R -squared을 계산하는 공식의 풀이와 해석이다(Wooldridge, J. M., 2015, pp.38)

6) Root Mean Squareed Error(RMSE)을 계산하는 공식의 풀이와 해석이다(Wooldridge, J. M., 2015, pp.22-35)

- 평균 절대 오차(MAE)⁷⁾

MAE는 예측값과 실제값 사이의 절대 오차의 평균을 계산한 값이다. 값이 작을수록 모델의 예측 오차가 작다는 의미이다. MAE는 각 오차의 절대값을 사용하므로, 오차의 방향(양수/음수)을 고려하지 않는다.

- AIC(Akaike Information Criterion)⁸⁾

AIC는 모델의 적합도와 복잡도를 동시에 고려하는 지표로, 값이 작을수록 좋은 모델로 간주된다. AIC는 모델의 과적합을 방지하기 위해 더 많은 변수(복잡한 모델)에 페널티를 부과하는 방식이다.

③ 기계학습/해석 가능한 AI 모델

기계학습(machine learning)은 데이터를 기반으로 한 예측 및 의사 결정을 자동화하는 기술로, 다양한 알고리즘을 통해 모델을 학습하고 이를 바탕으로 새로운 데이터에 대한 예측을 수행한다. 본 연구에서는 다양한 머신러닝의 모델 중 하나인 랜덤포레스트를 사용했으며, 기계학습의 한계인 블랙박스 딜레마를 해소하기 위해 설명가능한 인공지능인 SHAP와 PDP를 통해 결과를 해석하였다.

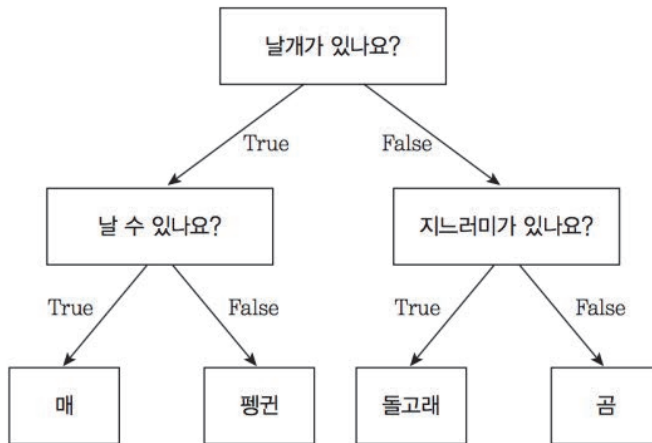
□ 랜덤포레스트(Random Forest)의 이해⁹⁾

랜덤포레스트는 의사결정나무에 기반한 기계학습 모델이다. 의사결정나무는 기계학습 알고리즘의 한 종류로 지도 학습을 통한 분류 및 회귀 작업에 주로 사용되며 이를 위해 크게 세 가지 절차를 거친다(Suthaharan, 2016, pp. 237-267). 첫째, 의사결정나무는 각 분할에서 데이터를 나누는 데 가장 유익한 특징을 선택한다. 이는 정보 이득, 지니 지수 등과 같은 기준에 따라 이루어진다. 둘째로, 선택된 특징을 기준으로 데이터를 반복적으로 두 개의 하위 집합으로 나눈다. 이 과정은 데이터가 충분히 작아지거나 분할이 더 이상 유용하지 않을 때까지 계속된다. 마지막으로 분할을 멈추는 기준을 설정한다. 예를 들어, 노드의 데이터 포인트 수가 일정 수 이하로 떨어지거나, 추가 분할로 인한 정보 이득이 미미할 경우 분할을 멈춘다. 이러한 절차를 통해 의사결정나무는 데이터를 분류하거나 예측하는 능력을 갖추게 된다.

7) Mean Absolute Error(MAE)을 계산하는 공식의 풀이와 해석이다(Wooldridge, J. M., 2015, pp.659)

8) OLS의 성능평가를 위해 사용한 AIC의 계산 공식의 풀이와 해석이다(Qin, Liwei, Wenke Zong, Kai Peng, and Rongpeng Zhang, 2024, pp. 10)

9) 랜덤포레스트 기법의 전반적인 설명을 담고있다(Breiman, L, 2001, pp.5)

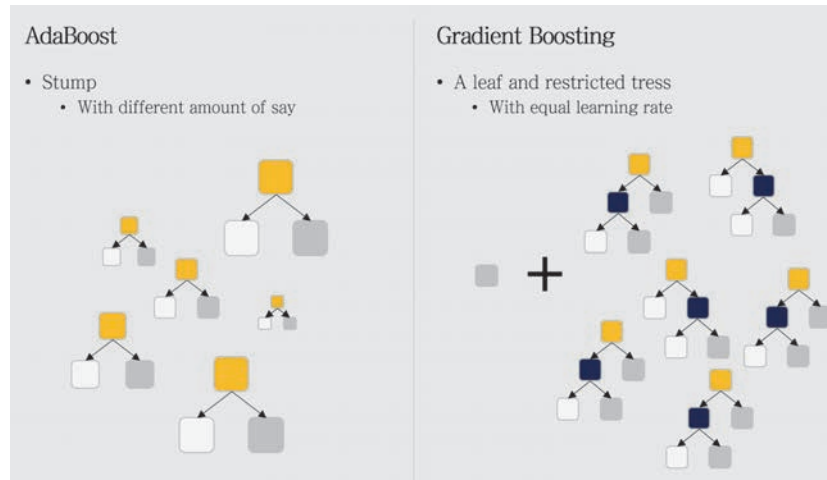


[그림 3-3] 의사결정나무 예시

출처: lcyking.tistory.com/entry/머신러닝-의사결정트리Decision-Tree-알고리즘
(검색일: 2024.06.10.)

랜덤포레스트는 지도학습을 기반으로 한 기계학습의 한 종류로 여러 개의 의사결정나무를 결합한 앙상블 학습 기법을 사용한다(Suthaharan, 2016, pp. 273-286). 랜덤 포레스트는 앙상블 기법을 통해 다음과 같이 모델의 예측 성능을 향상시키고 의사결정나무의 단점을 보완한다. 특히, 여러 개의 의사결정나무에서 도출된 분류 혹은 예측 결과를 조합하여 최종 예측함으로써 한 개의 의사결정 트리를 사용했을 때 나타나는 과적합 등의 문제를 감소시키고 그에 따른 분류 및 예측 성능을 향상시킨다.

랜덤포레스트와 다른 방식의 앙상블 학습 모델로는 그래디언트 부스팅이 있다. 그래디언트 부스팅은 약한 학습자(weak learners)를 결합하여 강력한 모델을 생성하는 앙상블 기법이다(Chen & Guestrin, 2016). 그래디언트 부스팅의 대표적인 방법론으로는 AdaBoost와 XGBoost가 있다. 그래디언트 부스팅은 의사결정나무와 비교할 때 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 여러 개의 의사결정나무를 순차적으로 만들어 이전 트리(의사결정나무의 각 모형 단위)가 갖고 있는 오차를 보완하여 최종적인 결과를 분류 및 예측할 수 있다. 둘째, 이전 의사결정 트리의 오차를 보완하는 과정에서 데이터의 복잡한 관계를 처리하여 예측 모델의 성능을 향상시킬 수 있다.



[그림 3-4] 그래디언트 부스팅 기법 중 AdaBoost 와 XGBoost 개념

출처: <https://velog.io/@hyesoup/Gradient-Boost-GBM%EC%9D%B4%EB%9E%80>

(검색일: 2024.06.10.)

세 가지 기계학습 모델인 의사결정나무, 랜덤 포레스트, 그래디언트 부스팅은 기계학습을 통한 예측에 각기 다른 접근 방식을 제공한다. 의사결정나무는 단순하고 해석이 용이하며, 데이터를 분류하고 예측하는 데 중요한 변수를 식별한다. 반면, 랜덤 포레스트는 여러 의사결정나무의 결과를 통합하여 오류를 줄이고 일반화 성능을 향상시키는 앙상블 기법을 사용한다. 그래디언트 부스팅은 오차를 점진적으로 수정하며 강력한 예측 모델을 구축하는 데 중점을 둔다. 이렇게 다양한 기계학습 방법론은 범죄 발생 예측과 영향 요인 분석과 같은 복잡한 문제들을 해석하는 데 종합적으로 활용할 필요가 있다.

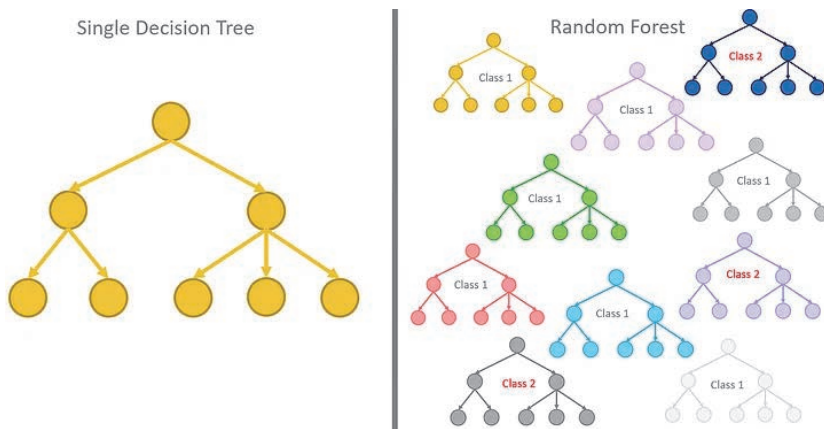
본 연구에서는 최종적으로 랜덤포레스트 모델을 사용하였는데, 다음과 같은 점을 고려하여 결정하였다.

- 과적합 감소 및 예측 성능 향상

여러 개의 의사결정 트리의 분류 혹은 예측 결과를 조합하여 최종 예측함으로써 한 개의 의사결정 트리를 사용했을 때 나타나는 과적합 등의 문제를 감소시키고 그에 따른 분류 및 예측 성능을 향상시킨다.

- 변수 중요도 계산

향상된 분류 및 예측 성능을 기반으로 범죄에 영향을 미치는 건축·도시 물리환경 요소의 중요도를 계산하여 어떠한 변수가 예측에 중요한 역할을 하는지 파악하는 데 유용하게 사용된다.



[그림 3-5] 의사결정 트리와 랜덤포레스트 개념 비교

출처: Maha K (2023), Understanding Random Forest: Differences from Decision Tree with Simple Explanations and Python Examples, <https://medium.com/@maheshhkanagavell/understanding-random-forest-differences-from-decision-tree-with-simple-explanations-and-python-722fa2a68222>

(검색일: 2024.06.10.)

□ 기계학습 해석 모형

범죄 예측 모델을 해석하는 방법론으로는 SHAP, PDP, LIME 등이 있다. 각 방법론은 모델의 예측 결과에 대한 이해를 돕고, 모델의 투명성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구의 예측 모델 해석을 위해서는 SHAP와 PDP가 사용되었다.

- SHAP (Shapley Additive exPlanations)¹⁰⁾

SHAP 분석은 게임 이론에 기반한 방법으로, 모델의 각 특성이 예측 결과에 미치는 영향을 정량적으로 평가한다. SHAP 분석은 다음과 같은 장점을 제공한다. 특성의 중요도와 방향성을 제공한다는 점으로, SHAP 값은 각 특성이 예측 결과에 미치는 영향을 양적(긍정적 또는 부정적)으로 나타낸다. 특히 복잡한 모델에서 각 특성이 어떻게 작용하는지 이해하는 데 유용하다.

10) SHAP을 계산하기 위한 공식의 풀이와 해석을 풀어썼다(Lundberg, S. M., & Lee, S. I., 2017, pp.3)

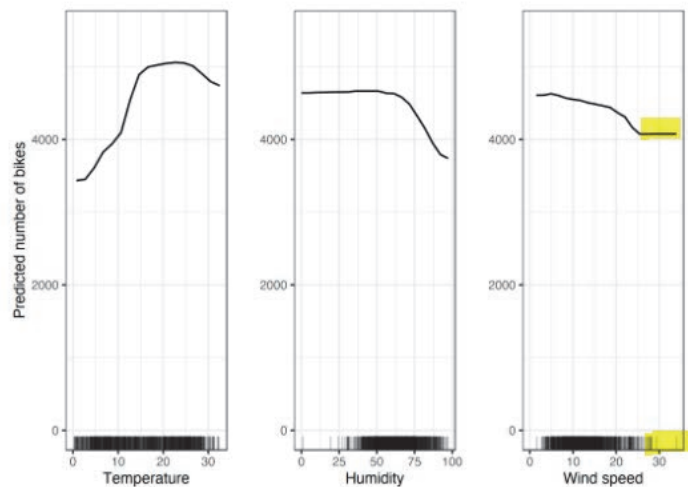


[그림 3-6] SHAP 개념 설명 및 예시

출처: 오영주 (2021), Shap으로 deeplearning model 을 진단해보자,
https://velog.io/@stella_y/Shap%EC%9C%BC%EB%A1%9C-deeplearning-model-%EC%9D%84-%EC%A7%84%EB%8B%A8%ED%95%B4%EB%B3%B4%EC%9E%90
 (검색일: 2024.06.10.)

- PDP(Partial Dependence Plot)¹¹⁾

PDP는 하나 또는 두 개의 변수가 예측 결과에 미치는 평균적인 영향을 시각화하는 방법이다. PDP 분석의 주요 특징은 다음과 같다. 특정 변수가 예측 모델의 결과에 어떻게 비선형적인 영향을 미치는지 파악할 수 있다. 또한, 두 변수 간의 상호작용이 예측 결과에 미치는 영향을 시각적으로 분석할 수 있다. 이를 통해 범죄 예측 모델의 결과에 대한 깊은 이해를 제공한다.



[그림 3-7] PDP 플롯 예시

출처: 빛날희 (2022), Partial Dependence Plot (PDP) 란?,
<https://westshine-data-analysis.tistory.com/134> (검색일: 2024.06.10.)

11) PDP를 계산하기 위한 공식의 풀이와 해석을 풀어썼다(Friedman, J. H., 2001, pp. 1219)

□ 기계학습 평가 모형¹²⁾

범죄에 영향을 미치는 물리환경 요소 분석 및 예측 모델의 성능 지표는 예측 모델의 종류에 따라 달라진다. 본 연구에서 사용하는 랜덤포레스트 모델은 분류 모델이므로, 분류 모델의 성능을 평가할 수 있는 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision), 재현율(Recall), F1-score, 혼동행렬(confusion matrix) 등을 사용하여 예측 모델의 성능을 측정하고 모델 학습에 활용한다.

- 혼동 행렬(Confusion Matrix)

Positive/Negative 이진 예측 문제에서 실제 데이터와 예측된 데이터의 값을 비교하여 예측 모델의 성능을 평가하는 도구로, 실제 데이터와 예측 데이터의 값에 따라 TP, TF, FN, TN로 나타낸다.

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

[그림 3-8] 혼동행렬 예시

출처: Zzaebok (2020), 추천시스템에 사용되는 metrics 정리,
https://zzaebok.github.io/recommender_system/metrics/rec_metrics/
(검색일: 2024.06.10.)

- 정확도(Accuracy)

모델이 판별한 전체 샘플들 중 TP와 TN의 비율을 나타낸 것으로 가장 단순한 평가 지표이다.

- 정밀도(Precision)

모델이 판별한 전체 샘플들 중 TP와 FP의 비율을 나타낸 것으로 Positive로 검출된 결과의 정확성을 측정한다.

12) 기계학습 성능 평가를 위해 사용하는 방법들에 대한 전반적인 설명이 서술되어 있다 (Powers, D. M., 2011, pp.1-3).

- 재현율(Recall)

모델이 판별한 전체 샘플들 중 TPs와 FNs의 비율을 나타낸 것으로 예측 모델의 TPs 민감도를 측정한다.

- F1 Score

정밀도(Precision)와 재현율(Recall)의 조화 평균(Harmonic Mean)으로, 두 지표 간의 균형을 평가하는 데 사용된다. 정밀도와 재현율은 상반된 특성을 가지고 있어, 어느 한 쪽이 매우 높으면 다른 쪽이 낮아지는 경향이 있는데, F1-score는 이 두 지표를 조화롭게 결합하여 모델의 성능을 보다 종합적으로 평가할 수 있는 지표이다. 따라서, F1-score는 특히 불균형한 데이터셋에서 유용하며, 단순히 Accuracy만으로는 평가하기 어려운 상황에서도 모델의 성능을 평가할 수 있다. F1 Score은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$F1 = 2 \times (\text{정밀도} \times \text{재현율}) / (\text{정밀도} + \text{재현율})$$

④ 다중 범위 지리 가중 회귀모형(MGWR)

MGWR(Multiscale Geographically Weighted Regression)은 공간회귀분석 모형으로, 다양한 공간적 스케일에서 데이터 간의 관계를 분석할 수 있는 기능을 제공한다. 이 방법은 각 독립 변수에 대해 서로 다른 공간적 영향을 적용하여, 특정 지역에서 데이터가 어떻게 다르게 나타나는지를 이해하는 데 도움을 준다. MGWR은 공간적 이질성을 고려하여 지역별 회귀계수를 추정하고, 각 변수의 영향을 공간적 맥락에서 평가할 수 있게 한다. 이는 OLS나 랜덤포레스트가 독립 변수가 종속 변수에 미치는 전반적인 영향에 집중하는 한계를 극복하여, 건축·도시 물리환경이 범죄율에 미치는 영향이 국지적으로 달라지는 패턴을 해석할 수 있다. 본 연구에서는 랜덤포레스트 분석 결과를 기반으로 9개의 변수를 선정하여, 공간회귀모형 분석을 통해 변수별 공간적 영향력, 회귀계수, 그리고 신뢰도의 차이 등의 지역별 분포를 도출하였다.

□ 공간적 자기상관성 확인¹³⁾

공간적 자기상관성이란 인접한 지역들이 유사한 값(양의 자기상관) 또는 다른 값(음의 자기상관)을 가질 때 발생하는 현상으로 변수의 공간적 의존성 확인을 위해 필수적이다. 이를 확인하기 위해 주로 사용되는 방법은 Moran's I, Geary's C,

13) 공간적 자기상관성을 확인하기 위해 사용되는 방법에 대한 설명이 담겨있다(Anselin, L., 1995, p.94)

Local Indicators of Spatial Association (LISA) 등이 있다. 본 연구에서는 이중 Moran's I를 사용하여 변수의 공간적 자기상관성을 확인하였다. Moran's I는 공간적 자기상관을 측정하여 MGWR에서 중요한 변수들이 어떻게 공간적으로 분포하고 상호작용하는지 파악하는 도구이다. Moran's I의 값은 양수 혹은 음수로 나오며, 양수는 양의 공간적 자기상관을 음수는 음의 공간적 자기상관을 의미한다. 값이 0에 가까울수록 자기상관이 낮음을 의미한다.

□ MGWR 모델 결과 해석¹⁴⁾

MGWR 모델 결과는 대역폭(Bandwidth), 회귀계수(Coefficient), 신뢰도(p-value)를 중점으로 해석한다. 각 독립 변수는 특정 지역에서 그 변수의 공간적 영향 범위가 다르게 나타날 수 있으므로, 각 변수의 회귀계수를 지역적으로 해석한다. 이를 통해 특정 지역에서 어떤 변수의 영향력이 강하게 작용하는지를 파악할 수 있으며, 그 변수의 공간적 관계와 영향을 시각화할 수 있다.

- 대역폭(Bandwidth)

대역폭은 모델이 공간적 관계를 얼마나 국지적으로(local) 설명하는지를 나타내는 파라미터이다. 대역폭이 작을수록 더 작은 지역 내에서 국지적 관계를 반영하며, 대역폭이 클수록 더 넓은 지역의 데이터를 사용하여 모델을 구축한다. 특정 변수의 대역폭이 작다면 그 변수는 작은 지역에서만 의미 있는 패턴을 보이지만, 대역폭이 크다면 더 넓은 지역에 걸쳐 패턴이 유사하게 나타난다. 대역폭은 기본적으로 공간적 상관성을 고려하여 설정되며, 이를 통해 공간적으로 다양한 규모의 현상을 분석할 수 있다.

- 회귀계수(Coefficient)

MGWR 모델에서 각 변수의 회귀계수는 공간적으로 변할 수 있으며, 이는 독립 변수와 종속변수 간의 관계가 지역마다 다를 수 있음을 의미한다. 이때 회귀계수는 각 지역에서 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 보여준다. 특정 지역에서는 회귀계수가 양수이지만 다른 지역에서는 음수라면, 해당 독립 변수의 영향력이 지역에 따라 반대 방향으로 나타난다는 것을 의미한다. 회귀계수의 크기와 방향성은 변수의 중요성과 관계를 나타내며, 국지적(local) 회귀계수를 분석함으로써 각 변수의 공간적 이질성(spatial heterogeneity)을 확인할 수 있다.

14) MGWR을 계산하기 위해 사용되는 공식의 풀이와 해석이 나와 있다(Fotheringham, A. S., Yang, W., & Kang, W., 2017, pp.1249-1251).

- 신뢰도(p-value)

p-value는 회귀계수가 통계적 유의미성을 평가하는 지표이다. MGWR에서 각 지역에 대한 회귀계수는 공간적으로 다를 수 있어서, 국지적 회귀계수의 유의성을 평가하는 것이 필요하다. 국지적 회귀계수의 p-value가 0.05 이하일 때 해당 변수의 회귀계수가 통계적으로 유의미하다고 해석할 수 있다.

□ 지리적 변화 시각화(Geographical Variation Visualization)

MGWR의 중요한 해석 방법 중 하나는 지리적 변화의 시각화이다. 각 변수의 회귀계수, 대역폭, p-value 등을 공간적으로 시각화하여, 변수의 국지적 효과를 명확히 파악할 수 있다. 이러한 시각화는 지도상에 지역별로 회귀계수나 p-value를 색상이나 크기로 나타내어, 공간적 패턴을 직관적으로 이해할 수 있도록 도와준다. 이를 통해 특정 변수의 공간적 이질성을 강조하고, 지역별로 다른 정책적 대응이 필요함을 시사할 수 있다. 이 방법은 공간 분석에서 특히 중요한 도구로, 다양한 공간적 맥락을 고려한 맞춤형 의사결정을 지원한다.

□ MGWR 모델 예측 성능 평가¹⁵⁾

MGWR 모형의 예측 성능 평가를 위해서 주로 사용되는 방법은 R^2 , 로그 우도(log likelihood), AIC가 있으며, 본 연구에서는 R^2 가 주로 사용되었다.

- 결정 계수(R^2)

모델이 종속 변수의 변동성을 얼마나 잘 설명하는지 나타낸다. 값이 1에 가까울수록 모형이 데이터를 잘 설명한다는 의미이다. 하지만 R-squared가 높은 경우에도 과적합(overfitting) 가능성이 있으므로 다른 검증 지표들과 함께 확인해야 한다.

- AIC (Akaike Information Criterion)

AIC는 모형의 적합도와 복잡도를 동시에 고려하는 지표로, 값이 작을수록 좋은 모형으로 간주된다. AIC는 모형의 과적합을 방지하기 위해 더 많은 변수(복잡한 모형)에 페널티를 부과하는 방식이다.

15) MGWR의 성능을 평가하기 위해 사용되는 방법에 대한 전반적인 설명이 담겨있다 (Fotheringham, A. S., Yang, W., & Kang, W., 2017, pp.1253-1254).

2. 인증시설 특성 분석

1) 분석 개요

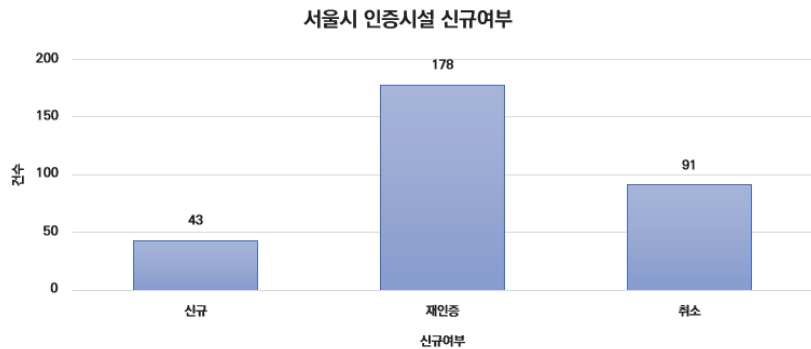
경찰청 인증시설 대상 기초통계 분석과 인증 획득 전후 범죄 증감 분석을 위해 서울시 대상 6개 구 인증시설과 범죄 데이터를 사용하였다. 제공된 범죄 데이터의 기간(2021~2023년)에 맞춰 전체 서울시 대상 6개 구 인증시설 중 2021년부터 2023년 사이에 최초 인증을 받은 인증시설 데이터를 추출하여 사용하였다. 서울시 대상 6개 구의 최초 인증을 받은 130개의 인증시설 중 24개의 인증시설만이 인증시설 범죄 증감 분석을 위해 사용되었다.

건축물의 물리환경 특성을 반영한 데이터인 경찰청 범죄예방 우수시설 인증 획득 건축물의 현황을 분석하였다. 분석 대상 지역인 서울시 6개 구의 범죄예방 우수시설 인증 실적을 분석하여, 우수 인증시설의 인증 시기에 따른 인증 실적 현황을 파악하고자 하였다. 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증제도는 주차장, 원룸 건축물에 대해 진행되었다. 우수 인증시설 현황은 주차장과 원룸을 모두 포함한 인증 건축물 전체에 대하여 집계하였다.

2) 경찰청 범죄예방 우수시설 인증 현황 분석

□ 서울시 전체 인증시설 현황

우선 수집된 서울시 전체의 범죄 예방 우수시설 인증 건수는 328개이다. 수집된 총 328개 중 중복 및 주소오류 등으로 제외된 16개를 제외한 312개의 인증시설 대상으로 추세를 파악했다. 서울시 인증시설의 신규 여부는 신규 43건, 재인증 178건, 취소 91건으로 확인되었다. 신규 인증 후 주기적으로 받게 되어있는 재인증을 이미 획득한 시설의 비중이 가장 크며, 인증 시설에 대한 재인증이 활발하게 이루어지고 있음을 의미한다. 인증 시설이 재인증 단계에서 인증 취소가 되는 경우도 많았는데, 개별 건축물 차원에서는 범죄예방 환경설계의 유지관리가 잘 이루어지고 있지 못하다는 의미일 수 있으나, 인증제도의 차원에서는 이러한 현황을 잘 평가하고 기존 인증시설의 관리가 잘 이루어지고 있다고 해석할 수 있다.



[그림 3-9] 서울시 인증시설 신규여부 현황

출처: 연구진 작성

서울시 인증시설의 최초 인증 연도는 2019년에 최초 인증된 시설이 91개로 가장 많았으며, 그 이후로는 인증 건수가 감소하는 경향을 보인다. 2020년부터 감소하는 패턴은 코로나19 대유행의 영향을 염두에 두고 분석을 진행할 필요성을 보여준다. 서울시의 경우 대부분 최초인증은 2018년과 2019년도 경에 이루어졌음을 알 수 있다.

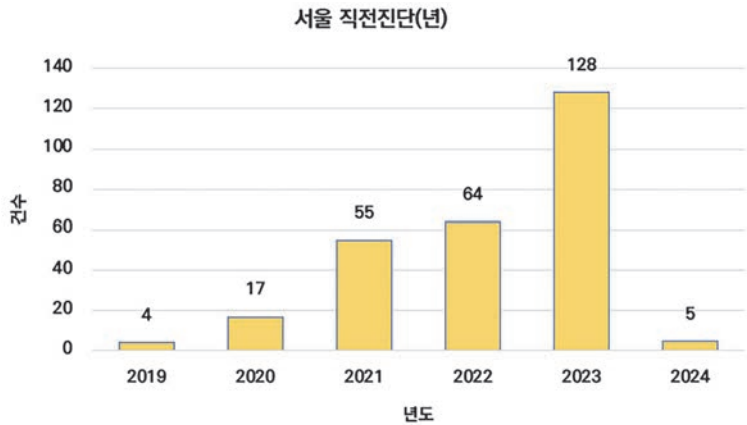


[그림 3-10] 서울시 인증시설 최초 인증 시기

출처: 연구진 작성

서울 인증시설의 직전 진단 시기의 경우, 신규 31건, 취소 7건, 오류 1건의 직전 진단 시기가 기입되어 있지 않은 날을 제외한 나머지 273건의 데이터의 경우를 대상으로 직전 진단 시기를 살펴보았다. 직전 진단 연도의 경우, 2023년에 월등히

많은 진단이 발생했다. 128개의 시설이 직전 진단을 받았으며, 이는 다른 연도에 비해 현저히 높은 수치이다. 정리하면, 서울시는 2023년에 재인증을 위한 진단이 집중적으로 이루어졌음을 보여준다.

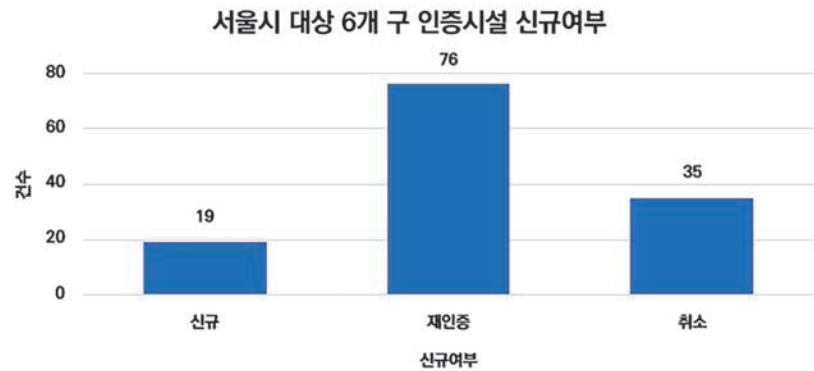


[그림 3-11] 서울시 인증시설 직전 진단 시기

출처: 연구진 작성

□ 서울시 6개 구 인증시설 현황

그 다음으로, 본 연구의 대상지인 6개 구(은평구, 금천구, 강동구, 강남구, 송파구, 서초구)를 대상으로 인증시설 신규여부를 살펴보았다. 6개 구에서도 재인증이 76건으로 가장 많았고, 35건의 취소, 19건의 신규가 발생했다.



[그림 3-12] 서울시 6개 구 인증시설 신규여부 현황

출처: 연구진 작성

서울시 6개 구의 인증시설의 최초 인증 연도도 서울시 전체와 비슷한 추세를 보이고 있다. 2019년에 최초 인증된 시설이 41개로 가장 많았으며, 그 이후로는 인증 건수가 감소하는 경향을 보인다.



[그림 3-13] 서울시 6개 구 인증시설 최초 인증 시기

출처: 연구진 작성

서울시 6개 구의 인증시설의 직전 진단 연도의 경우, 신규 13건, 취소1건의 직전 진단 시기가 기입되어 있지 않은 날을 제외한 나머지 116건의 데이터의 경우를 대상으로 직전 진단 시기를 살펴보았다. 직전 진단 연도의 경우, 2023년에 월등히 많은 진단이 발생했다. 54개의 시설이 2023년에 마지막으로 진단을 받았으며, 진단 대상 시설이 꾸준히 증가 추세를 보였다.

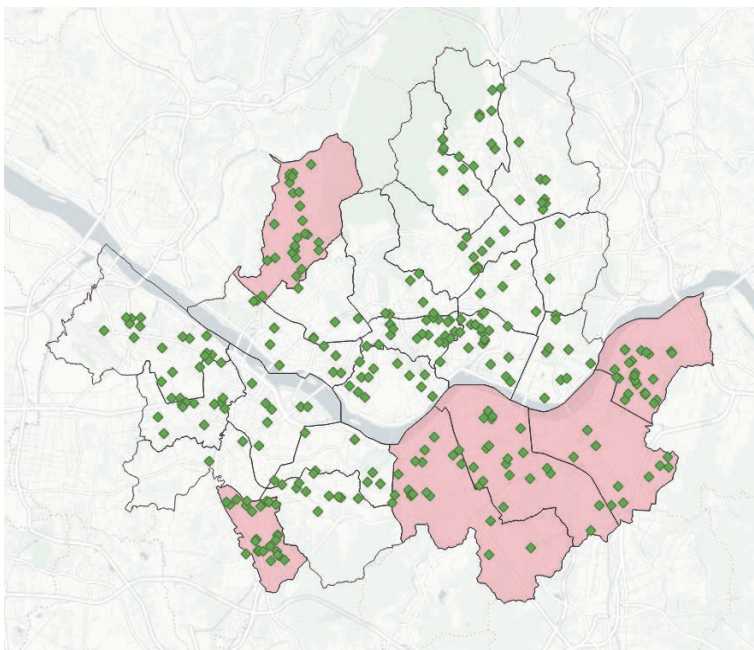


[그림 3-14] 서울시 6개 구 인증시설 직전 진단 시기

출처: 연구진 작성

그림 3-15는 서울시 인증시설의 주소를 기반으로 지도에 매핑해 시각화하였다. 지도에는 서울시 전역에 위치한 인증시설들이 녹색 점으로 표시되어 있다. 또한, 특정 연구 대상 지역으로 선정된 6개 구는 분홍색으로 표시되어 구분이 용이하도록 하였다. 시각화된 지도에서 인증시설은 서울 대부분의 지역에 고르게 분포되어 있으며, 특히 도심에 집중되는 모습을 보인다. 이러한 분포는 범죄예방 환경설계가 필요한 대상 유형 시설이 해당 지역에 밀집하였고, 경찰청의 인증제도 운영 노력도 집중되었음을 시사한다.

분석 대상 6개 구의 경우 인증시설의 수가 많으나, 도심 지역에 비해 인증시설의 공간적 밀도가 높은 것은 아니다. 이러한 차이는 특히 강남 4구 지역이 다른 지역에 비해 인증 대상 시설의 밀도가 낮음을 보여주는 것일 수 있다. 필지 크기, 건축물의 규모와 배치 간격 등에 따른 영향을 시사한다. 지도 시각화를 통하여 분석 진행방향과 해석을 위한 맥락 등을 파악하였다.



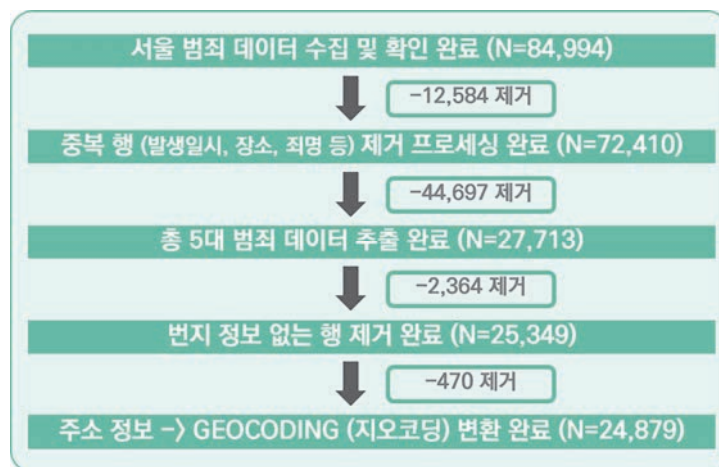
[그림 3-15] 서울시 인증시설 지도 시각화 (붉은 배경: 분석 대상 6개 구)

출처: 연구진 작성

3) 범죄 발생 현황 분석

□ 분석 개요

범죄 발생 현황 분석 과정은 서울시 범죄 데이터를 수집하고 정제하는 단계를 거쳐 진행되었다. 먼저, 초기 수집된 전체 데이터는 총 84,994건이었다. 중복된 데이터를 제거한 후 데이터는 72,410건으로 감소하였으며, 이 단계에서 총 12,584건의 중복 데이터가 제거되었다. 이어서 5대 범죄(살인, 강도, 강간, 절도, 폭력)에 해당하는 데이터를 추출한 후 데이터는 27,713건으로 줄어들었으며, 여기서 44,697건의 데이터가 제외되었다. 다음으로 번지 정보가 없는 데이터를 제거한 결과 데이터는 25,349건으로 감소하였고, 이 과정에서 총 2,364건의 데이터가 제거되었다. 마지막으로 주소 정보를 지오코딩하여 좌표로 변환한 후 최종 데이터는 24,879건으로 확인되었으며, 이 단계에서 총 470건의 데이터가 제거되었다. 프로세싱이 완료된 최종 서울시 범죄 발생 데이터를 지도로 나타낸 결과는 그림 3-16과 같다.



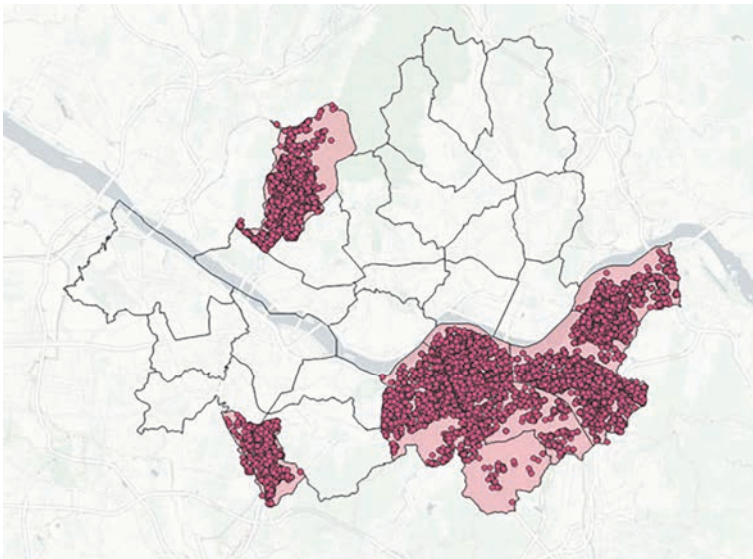
[그림 3-16] 서울시 범죄 데이터 프로세싱 과정

출처: 연구진 작성

□ 서울시 6개 구 범죄 발생 현황

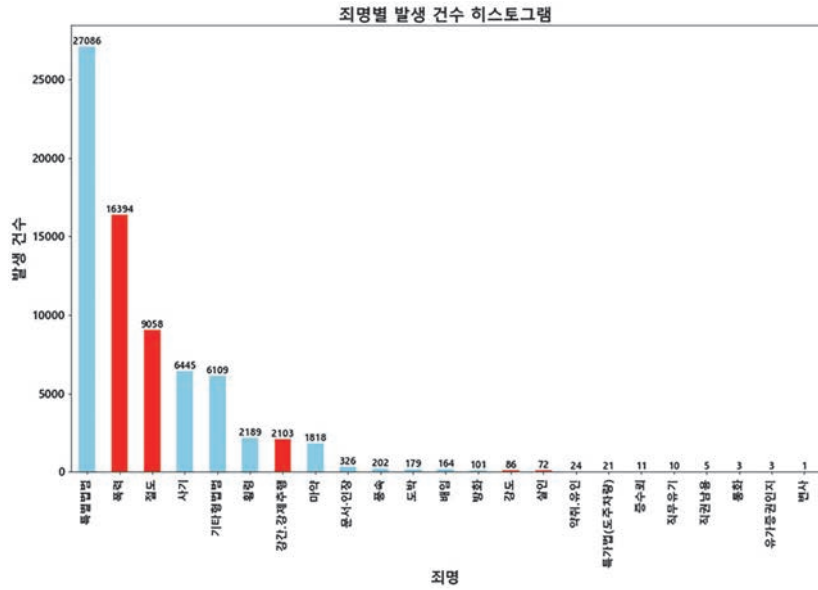
앞서 선정한 서울시 6개 구의 범죄 데이터 (2021~2023) 자료를 활용하여 발생한 범죄의 특성에 대한 기술통계 분석을 진행하였다. 먼저 각 범죄 유형별로 발생 건수를 비교하여 범죄 발생의 특성을 파악하였다. 특히, 본 연구에서 주목하여 분석할 5대 범죄를 빨간색으로 강조하였다. 5대 범죄는 폭력, 절도, 강간·강제추행, 강도, 살인으로, 범죄예방 환경설계(CPTED)에서 예방하고자 하는 범죄와의 연관성을 고려하여 선정하였다. 분석 결과 5대 범죄 중 폭력과 절도가 가장 높은 발생 건수를 기록하고 있다. 폭력은 총 16,394건으로 가장 많이 발생한 범죄 유형이며, 그 다음으로 절도가 9,058건으로 높은 빈도를 보였다. 이어서, 강간·강제추행, 강도, 살인이 각각 2,103건, 86건, 72건으로 나타났다.

다음으로 연도별 및 월별로 범죄 발생 건수를 분석하여 범죄 발생의 시간적 변동성을 살펴보았다. 먼저 2021년부터 2023년까지 연도별 범죄 발생을 분석한 결과, 2021년에는 총 9,961건, 2022년 9,606건, 2023년 8,146건으로 감소 추세를 보였다.



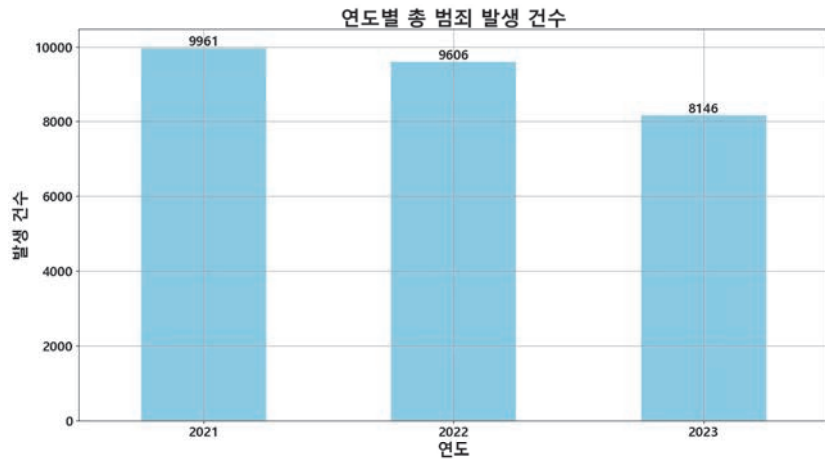
[그림 3-17] 서울시 6개 구 범죄 발생 지도 시각화

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-18] 범죄(죄명)별 발생 건수

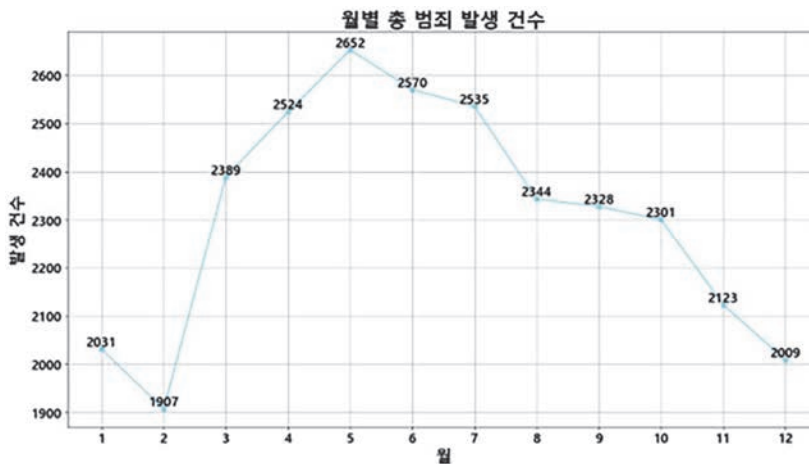
출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-19] 연도별 총 범죄 발생 건수

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

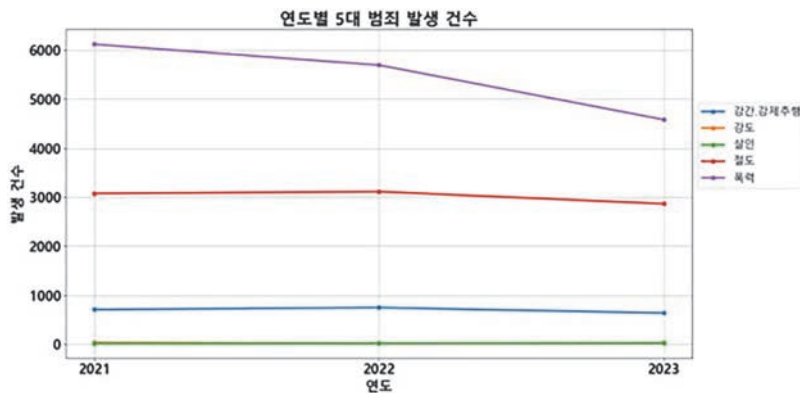
다음으로 월별 범죄 발생을 분석한 결과, 12월에는 2,009건, 1월 2,031건, 2월 1,907건으로 겨울철에 범죄가 가장 적게 발생하였으며, 2월의 경우 해당 월의 길이(일수)가 적은 영향도 있었다. 봄부터 여름까지는 범죄 발생 건수가 증가하여 5월에는 2,652건으로 최고치를 기록하였다. 이후 가을과 겨울로 갈수록 범죄 발생이 감소하는 계절적 변동을 보였다.



[그림 3-20] 월별 총 범죄 발생 건수

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

5대 범죄(폭력, 절도, 강간·강제추행, 강도, 살인)의 발생 건수 연도별로 분석한 결과, 폭력 범죄는 지속적으로 감소하여 2021년에는 약 6,000건에서 2023년에는 약 5,400건으로 감소하였다. 나머지 범죄의 경우, 절도는 2021년 약 3,000건에서 2023년 약 2,700건으로 소폭 감소하였고, 강간·강제추행, 강도, 살인 역시 약간의 감소 추세를 보였다.

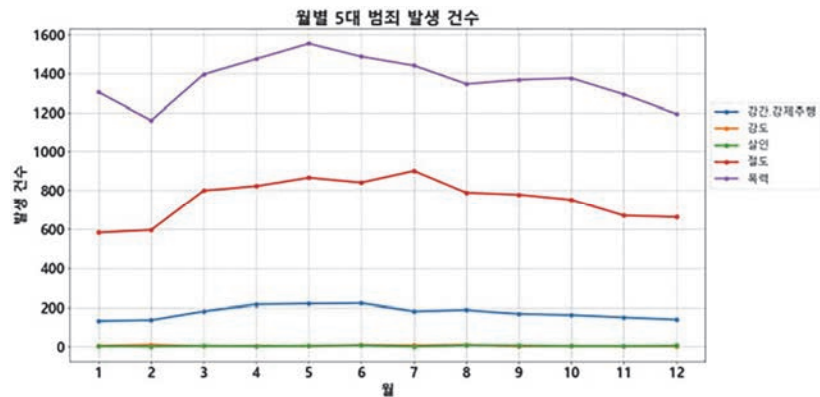


[그림 3-21] 연도별 5대 범죄 발생 건수

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

5대 범죄의 월별 발생 건수를 분석한 결과, 폭력 범죄는 매월 1,200건에서 1,600건 사이로 발생하며, 특히 5월에 높은 발생률을 보였다. 절도는 매월 800건에서 1,200건 사이로, 7월을 중심으로 여름철에 발생 건수가 증가하는 경향이 나타났다.

다. 강간·강제추행의 경우는 폭력과 마찬가지로 봄철에 많이 발생하였으며, 기타 범죄는 계절적 변동을 파악하기에 발생 건수가 낮았다.



[그림 3-22] 월별 5대 범죄 발생 건수
출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

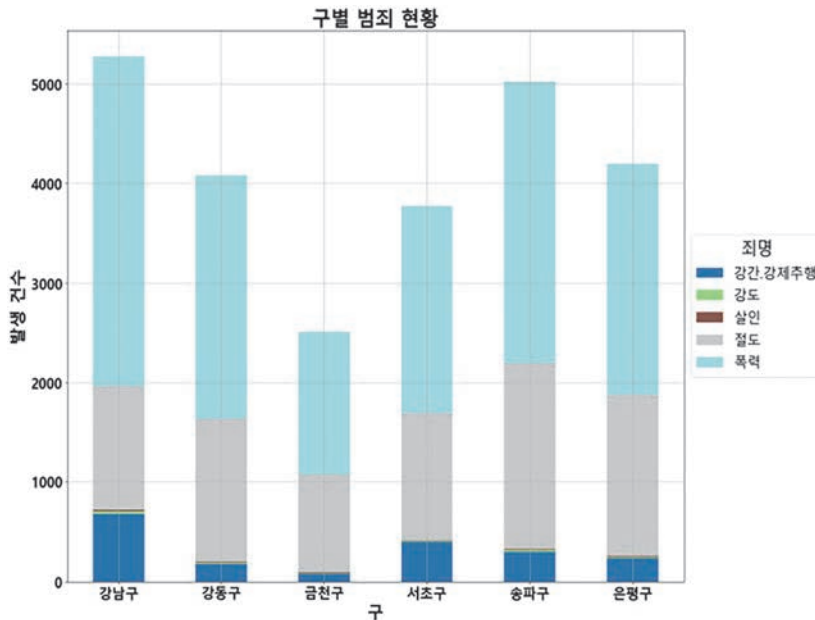
□ 서울시 구별 범죄 발생 통계

서울시 6개 구의 범죄 발생 현황을 구별로 분석하고, 시간대별, 동별로 범죄 발생 패턴을 살펴보았다. 먼저 서울시 6개 구(강남구, 강동구, 금천구, 은평구, 송파구, 서초구)에서 발생한 5대 범죄(폭력, 절도, 강간·강제추행, 강도, 살인)를 각 구별로 분석하였다. 모든 지역에 걸쳐 폭력과 절도 범죄가 주요 발생 유형이며, 5대 범죄 합계 기준으로는 강남구에서 가장 많은 범죄가 발생하고 있음을 알 수 있다. 가장 적은 범죄가 발생한 구는 금천구로 나타났다.

[표 3-1] 서울시 구별 5대 범죄 발생 현황 (단위: 건)

구	강간·강제추행	강도	살인	절도	폭력
강남구	674	25	17	1,247	3,317
강동구	179	10	8	1,438	2,448
금천구	76	6	9	975	1,449
서초구	396	8	6	1,286	2,078
송파구	296	14	9	1,878	2,829
은평구	237	9	9	1,625	2,321

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-23] 서울시 구별 5대 범죄 발생 현황

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

다음으로 서울시 구별 범죄 발생을 시간대별로 분석하였다. 시간대별 범죄 발생의 전반적인 분포는 앞 시간대와 뒷 시간대가 연속적으로 이어지는 모습을 보이나, 24시(자정)의 경우 이러한 패턴에서 벗어나 매우 많은 범죄 발생이 집중된 모습을 보인다. 이러한 패턴은 6개 구 모두에서 나타났으며, 자정 시간대에 범죄 발생이 집중된 것으로 나타나는 사유가 있음을 보여준다. 예를 들면, 범죄 발생 데이터에서 시간이 입력되지 않은 경우 자정에 발생한 것으로 집계되거나, 집계 시스템에서 시간이 입력되지 않았음을 나타내는 0값과 자정을 나타내는 0시 값을 구분할 수 없기 때문에 발생하는 현상일 수 있다.

새벽 시간대(1시~6시)에는 범죄 발생 건수가 급격히 감소하며, 상대적으로 낮은 수준을 유지한다. 새벽 시간대는 일반적으로 사람들의 활동이 적은 시간대이기 때문에 범죄 발생이 줄어드는 것으로 분석된다.

오전 시간대(7시~11시)에도 범죄 발생은 비교적 낮은 수준을 유지한다. 이 시간대는 사람들이 출근하거나 학교에 가는 시간대로 그 외 일상적인 활동이 많지 않으며, 따라서 범죄 발생이 적은 것으로 추정된다.

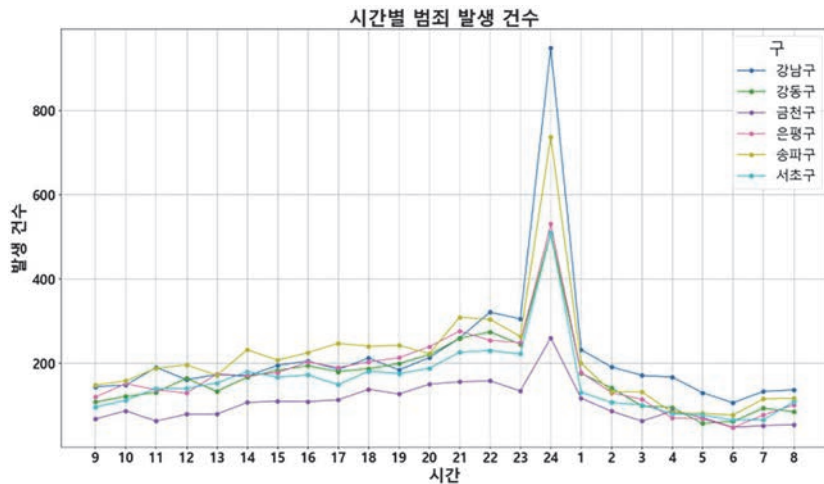
오후 시간대(12시~23시): 범죄 발생 건수가 서서히 증가하는 경향을 보인다. 특히 저녁 21시에서 24시 사이에 높은 발생률을 보인다. 이는 사람들이 퇴근 후 활동이 많아지는 시간대이기 때문으로 보인다.

각 구별로 시간대에 따른 범죄 발생 패턴을 보면, 전반적으로 유사한 경향을 보인다. 모든 구에서 야간에 범죄 발생 빈도가 가장 높으며, 이후 새벽 시간대에 급격히 감소하고, 하루에 걸쳐 다시 증가하는 패턴을 보인다. 특히 서초구와 송파구는 저녁 시간대의 범죄 발생 증가가 두드러진다.

[표 3-2] 서울시 구별 시간대별 범죄 발생 현황 (단위: 건)

시간	강남구	강동구	금천구	은평구	송파구	서초구
9	144	108	68	120	148	96
10	148	121	87	151	158	112
11	190	131	63	137	188	140
12	161	164	79	129	196	140
13	173	133	79	174	171	153
14	169	167	107	171	232	180
15	195	183	110	177	207	167
16	205	194	109	203	225	172
17	185	180	113	190	247	149
18	212	187	138	203	240	181
19	184	199	127	213	242	175
20	213	220	150	239	223	188
21	260	259	156	276	309	226
22	321	274	158	254	304	230
23	305	245	134	249	263	222
24	948	510	260	530	736	508
1	232	176	117	178	200	131
2	191	141	86	130	132	107
3	171	99	63	114	132	101
4	167	95	86	70	83	80
5	130	57	71	68	81	77
6	106	62	48	47	77	65
7	133	93	52	77	115	66
8	137	85	54	101	117	108
총	5,280	4,083	2,515	4,201	5,026	3,774

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-24] 서울시 구별 시간대별 범죄 발생 현황

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

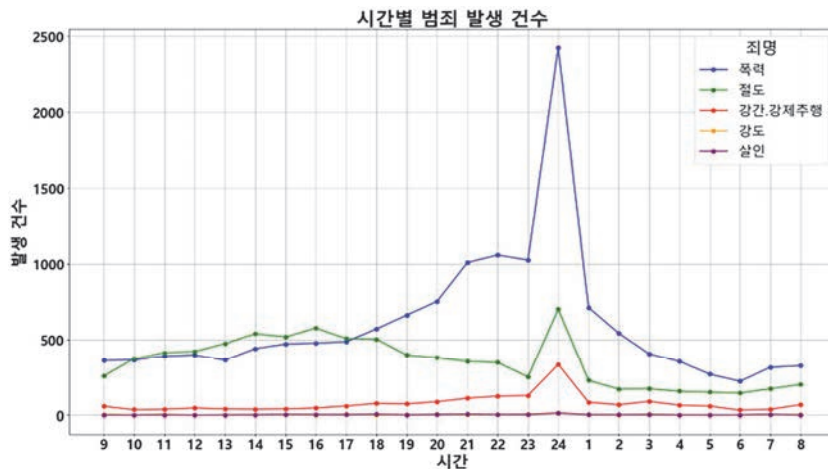
다음으로 5대 범죄(폭력, 절도, 강간·강제추행, 강도, 살인)의 시간대별 발생 건수를 분석하였다. 폭력과 절도 범죄는 전반적인 시간대에서 가장 높은 발생 건수를 기록하였으며, 특히 폭력은 저녁 21시에서 24시 사이에 많이 발생하고, 새벽 시간대에는 급격히 감소하는 경향을 보였다. 절도 역시 유사한 패턴을 보여 저녁 시간대에 발생률이 높았다. 강간·강제추행 범죄는 저녁 시간대와 새벽 시간대에 상대적으로 높은 발생률을 나타냈다. 반면, 강도 범죄는 특정 시간대에 집중되지 않고 전반적으로 낮은 발생 건수를 기록하였다. 마지막으로, 살인 범죄는 발생 건수가 매우 적어 특정 시간대에 집중되지 않는 것으로 나타났다.

[표 3-3] 서울시 시간대별 5대 범죄 발생 현황 (단위: 건)

시간	폭력	절도	강간·강제추행	강도	살인
9	363	259	58	4	0
10	366	374	36	1	0
11	391	414	39	4	1
12	399	423	47	0	0
13	365	475	41	1	1
14	442	541	39	3	1
15	472	520	41	2	4
16	479	578	47	1	3
17	488	509	60	5	2
18	573	505	77	1	5
19	664	399	74	2	1

시간	폭력	절도	강간·강제추행	강도	살인
20	755	381	89	5	3
21	1,010	356	112	2	6
22	1,061	349	125	3	3
23	1,027	253	129	6	3
24	2,426	703	336	15	12
1	714	230	85	3	2
2	544	172	68	1	2
3	407	174	91	6	2
4	356	158	65	1	1
5	271	152	59	1	1
6	224	147	33	0	1
7	317	174	39	2	4
8	328	203	68	3	0
총	14,442	8,449	1,858	72	58

출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성



[그림 3-25] 서울시 시간대별 5대 범죄 발생 현황

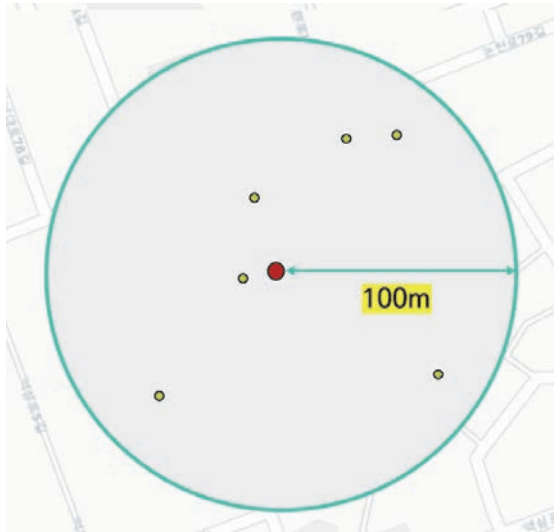
출처: 경찰청 내부자료 바탕으로 연구진 작성

4) 인증 획득 전후 범죄 발생 분석

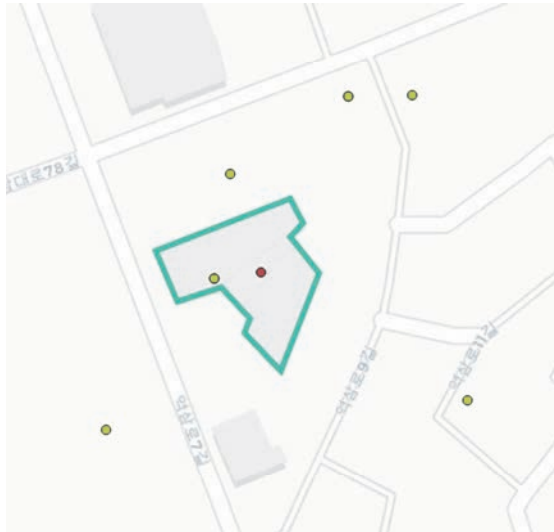
경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도의 효과성을 분석하기 위하여, 인증시설의 인증 획득 전후 범죄 발생 증감을 분석하여 인증 부여의 효과를 측정하였다.

먼저, 인증시설로부터 100m 반경 단위 범죄 데이터와 인증시설 건물 단위 범죄 데이터를 추출하여 분석하였다. 그림 23와 16는 각각 100m 반경 단위의 범죄 데

이터와 건물 단위의 데이터 추출 방법을 시각화한 것이다. 2021년에서 2023년에 최초 인증을 받은 24개의 인증시설 중 20개의 시설에서만 반경 100m 내 범죄가 발생하였으며, 총 144건의 범죄가 추출되었다. 인증 건물 단위 내에서는 총 7개의 인증시설에서만 범죄가 발생하였으며, 총 13건의 범죄가 추출되어 분석에 사용되었다.

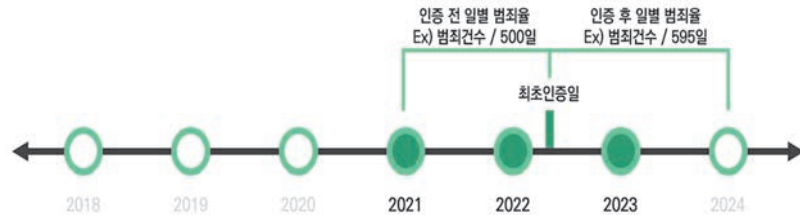


[그림 3-26] 인증시설로부터 반경 100m 내 범죄 데이터 추출 시각화
출처: 연구진 작성



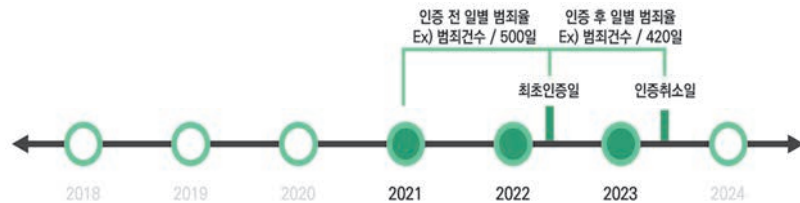
[그림 3-27] 인증 시설 건물별 범죄 데이터 추출 시각화
출처: 연구진 작성

인증시설 효과성 분석을 위해 인증시설별 2021~2023년 사이 인증 전후 일별 범죄율을 계산하였다. 그림 17는 신규 인증과 재인증 받은 시설의 일별 범죄율 계산 방법을 시각화한 것이다. 그림 26은 재인증 후 인증 취소된 인증시설의 일별 범죄율 계산 방법을 시각화한 것으로, 최초 인증일로부터 재인증 날짜까지의 일수를 사용하여 계산하였다. 24개의 인증시설 중 신규 인증 시설은 17개, 재인증 시설은 6개, 재인증 후 인증 취소된 시설은 1개이다.



[그림 3-28] 신규 인증 및 재인증 시설의 일별 범죄율 계산 방법

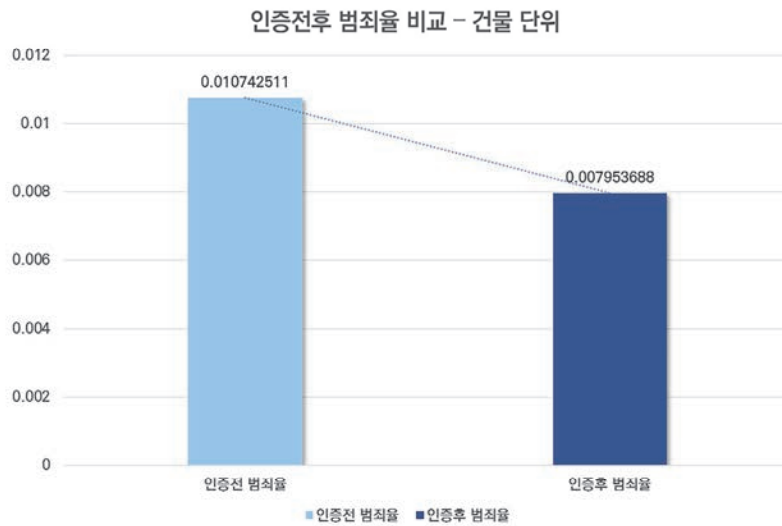
출처: 연구진 작성



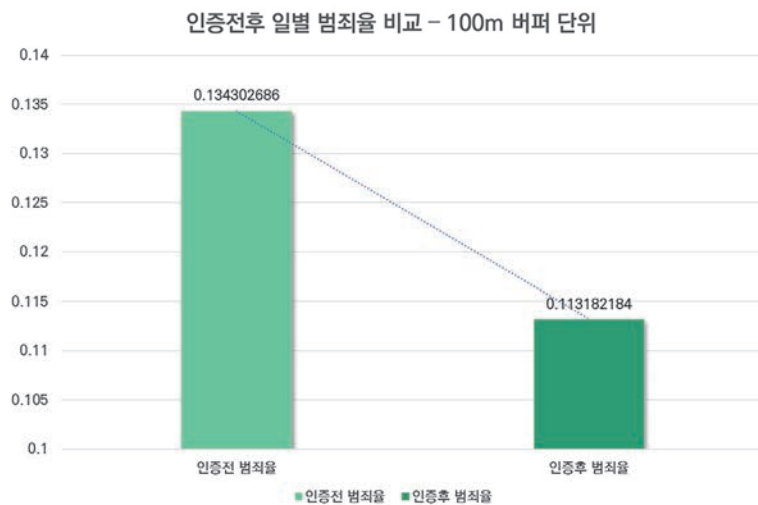
[그림 3-29] 재인증 취소 시설의 일별 범죄율 계산 방법

출처: 연구진 작성

일별 범죄율 계산 결과 인증 전후 범죄율이 감소하는 추세가 있었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 인증시설 건물 내 범죄율은 인증 전 일별 0.0107건 발생하였으나, 인증 후 일별 0.008건 발생하여, 약 25% 감소하였다. 지역사회 영향을 살펴보기 위하여 분석한 인증시설 반경 100m 내 범죄율은 인증 전 일별 0.134건 발생하였고 인증 후 일별 0.113건 발생하여, 약 16% 감소하였으며, 이는 인증시설 건물 내 범죄율에 비해서는 다소 작은 감소폭이었다. 이처럼 인증시설 건물 내 범죄율과 인증시설 반경 100m 내 범죄율 모두 인증 후 감소하는 추세를 보였으나, t-test결과 통계적으로 유의미한 차이로 나타나지는 않았다. 이는 2021년~2023년 최초 인증을 받은 범죄예방 우수시설이 24개에 불과한 등 적은 표본수로 인한 통계적 검정력 문제로 판단된다. 이러한 경향은 연도별 범죄 발생이 소폭이나마 감소하는 추세가 존재하는 것을 감안하여 해석에 유의할 필요가 있다.



[그림 3-30] 인증시설 건물 내 인증 전후 일별 범죄율 비교
출처: 연구진 작성



[그림 3-31] 인증시설로부터 반경 100m 내 인증 전후 일별 범죄율 비교
출처: 연구진 작성

3. 물리환경 변수 선정 및 전처리

1) 국내 CPTED 체크리스트와 선행연구를 기반한 물리환경 변수 선정

범죄 예방과 건축·도시 물리환경 특성 사이의 관계 분석을 위해 필요한 물리환경 변수를 선행연구와 경찰청 CPTED 인증 체크리스트를 통해 추출하였다. 도출된 변수에 대하여 공공데이터를 활용한 구득 가능 여부를 검토하고, 변수별 사용 계획을 검토하였다.

□ 선행연구와 국내 CPTED 체크리스트의 공통변수

선행연구와 국내 CPTED 체크리스트에서 공통적으로 사용된 변수는 건물 창문 수, CCTV 수, 가로등 수, 벽 혹은 울타리 길이, 진출입구, 도로연결성, 도로 수, 도로 폭, 보행로 면적, 도로포장, 표지판, 쓰레기, 불법 주정차, 빈집, 깨진 창문, 가판대 수, 나지 면적, 녹지 면적이 있다.

□ 선행연구에서 사용된 변수

선행연구에서만 사용된 변수는 건물 노후도, 건물 수, 건물 높이, 건폐율, 용적율, 업무시설 수, 병원시설 수, 소매시설 수, 교육시설 수, 여가시설 수, 숙박시설 수, 혼합용도면적, 공업면적, 농업면적, 상업면적, 주거면적, 인구 수, 세탁소 수, 편의점 수, 술집 수, 주유소 수, 은행 수, 경찰서 수, 카페 수, 음식점 수, 약국 수, 주차장 수, 지하철역 수, 기차역 수, 도로 통합도, 도로 ANG 연결성, 보도 연결성, 보도 통합도, 보도 ANG 연결성, 도로 레인 수, 교차로 수, 건축 후퇴선, 공원 면적, 수변 면적이 있다.

□ 국내 CPTED 체크리스트에서 사용된 변수

국내 CPTED 체크리스트에서만 추출된 변수는 벤치 수, 자전거 보관소 수, 옥외 운동시설이 있다.

□ 사용 불가능한 변수

선행연구와 체크리스트를 기반으로 선정된 환경 변수 중 공공데이터의 부재로 본 연구에 사용하지 못하는 변수는 창문 수, 벤치 수, 벽 혹은 울타리, 진출입구 수, 도로포장, 표지판 수, 쓰레기, 불법 주정차, 깨진 창문 수, 빈집 수이다.

선정된 환경 변수 중 공공데이터가 존재하지만, 수가 매우 적었던 기차역 수와 지역적으로 수가 차이가 큰 자전거 보관소 수와 실외 운동기구 수는 사용 계획에서 제외되었다.

□ 독립변수 재분류

선행연구와 체크리스트를 기반으로 선정된 독립변수를 인구 및 물리환경 특성에 따라 다시 분류하였다. 범죄 건수에 큰 영향을 미치는 인구는 별도 분류로 취급하고, 기타 물리환경 변수는 그 규모와 특성에 따라 토지이용, 도로 네트워크, 건축물 형태, 거리 시설, 건축물 이용 등으로 구분하였다.

[표 3-4] 기계학습 기반 범죄예방 건축환경 분석을 위한 종속변수와 독립변수

변수 구분	데이터 명	설명	CPTED 체크 리스트	선행 연구 변수	사용 계획
종속변수					
범죄	범죄 정보	5대 범죄 발생 건수	-	-	0
독립변수					
인구					
	인구 수	면적 내 인구 수		0	0
물리환경					
토지 이용	혼합용도면적	면적 내 혼합용도 토지 비율		0	0
	공업면적	면적 내 공업용도 토지 비율		0	0
	농업면적	면적 내 농업용도 토지 비율		0	0
	상업면적	면적 내 상업용도 토지 비율		0	0
	주거면적	면적 내 주거용도 토지 비율		0	0
	공원면적	면적 내 공원 비율		0	0
	나지면적	면적 내 운동장, 공터 등 개방형 공간 비율	0	0	0
	녹지면적	면적 내 나무, 풀, 숲 등의 녹지 비율	0	0	0
	수변면적	면적 내 습지, 강 등의 수변 비율		0	0
	도로연결성	Space syntax로 계산한 도로 연결성	0	0	0
도로 네트 워크	도로 통합도	Space syntax로 계산한 도로 통합도		0	0
	도로 ANG 연결성	Space syntax로 계산한 도로 ANG 연결성		0	0
	보도 연결성	Space syntax로 계산한 보도 연결성		0	0

변수 구분	데이터 명	설명	CPTED 체크 리스트	선행 연구 변수	사용 계획
	보도 통합도	Space syntax로 계산한 보도 통합도		0	0
	보도 ANG 연결 성	Space syntax로 계산한 보도 ANG 연결성		0	0
	도로 레인수	면적 내 도로 레인 수		0	0
	도로 수	면적 내 도로 수	0	0	
	도로 폭	면적 내 평균 도로 폭	0	0	0
	교차로	면적 내 교차로 밀도		0	
	보행로 면적	면적 내 보행로 밀도, 면적, 혹은 길이	0	0	0
	도로포장	면적 내 도로 포장 상태	0	0	
건축물 형태	건물 노후도	면적 내 건물 사용승인일로 부터 경과한 평균 년수		0	0
	건물 개수	면적 내 건물 개수		0	0
	건물 높이	면적 내 평균 건물 높이		0	0
	창문 수	도로에 면하는 창문 수	0	0	
	건폐율	면적 내 평균 건폐율		0	0
	용적율	면적 내 평균 용적율		0	0
	건축 후퇴선	면적 내 건축 후퇴선 길이		0	
건축물 이용	업무시설 수	면적 내 업무시설 수		0	0
	병·의원시설수	면적 내 병·의원시설 수		0	0
	소매시설 수	면적 내 소매시설 수		0	0
	교육시설 수	면적 내 교육시설 수		0	0
	여가시설 수	면적 내 여가시설 수		0	0
	숙박시설 수	면적 내 숙박시설		0	0
	세탁소 수	면적 내 세탁소 수		0	0
	편의점 수	면적 내 편의점 수		0	0
	술집 수	면적 내 술집 수		0	0
	주유소 수	면적 내 주유소 수		0	0
	은행 수	면적 내 은행 및 ATM기 수		0	0
	경찰서 수	면적 내 경찰서 수		0	0
	카페 수	면적 내 카페 수		0	0
	음식점 수	면적 내 음식점 수		0	0
	약국 수	면적 내 약국 수		0	0
거리 시설	가판대 수	면적 내 가판대 수	0	0	0
	CCTV 수	면적 내 CCTV 수	0	0	0
	가로등 수	면적 내 가로등 수 혹은 밝기	0	0	0
	벤치 수	면적 내 벤치 수	0		

변수 구분	데이터 명	설명	CPTED 체크 리스트	선행 연구 변수	사용 계획
	자전거 보관소 수	면적 내 자전거 보관소 수	○		
	주차장 수	면적 내 주차장 수		○	○
	버스정류장 수	면적 내 버스정류장 수	○	○	○
	지하철역 수	면적 내 지하철역 수		○	○
	기차역 수	면적 내 기차역 수		○	
	벽 혹은 울타리	면적 내 벽 혹은 울타리 길이	○	○	
	진출입구 수	진출입구 수	○	○	
	옥외 운동시설 수	면적 내 옥외 휴게공간 혹은 운동 시설 수	○		
	표지판 수	면적 내 표지판 수	○	○	
	쓰레기	면적 내 거리 쓰레기 비율 혹은 불만 접수 건수	○	○	
유지 관리	불법주정차	면적 내 거리 내 불법 주정차 비율	○	○	
	빈집 수	면적 내 빈집 수	○	○	
	깨진 창문	면적 내 도로를 면하는 깨진 창문 수	○	○	

출처: 연구진 작성

2) 물리환경 관련 데이터 수집

선행연구와 국내 CPTED 체크리스트를 바탕으로 선정된 독립변수는 VWorld, 지방행정 인허가 데이터, 공공데이터포털, 국가도서관 통계 시스템, 교육부, 부동산 빅데이터, 국토정보맵, 카카오 API, 서울 열린 데이터 광장, 환경 공간 정보 서비스에서 제공하는 공공데이터를 통해 구득하였다.

□ VWorld 제공 공공데이터

GIS 건물통합정보를 사용하여 건물 노후도, 건물 개수, 건물 높이, 건폐율, 용적율, 업무시설 변수를 추출하였으며, 토지특성도를 활용하여 혼합용도면적, 공업면적, 농업면적, 상업면적, 주거면적을 추출하였다. 또한, 도로 레인 수, 도로 폭, 도로 연결성, 도로 통합도, 도로 각도 연결성을 추출하기 위해 도로 중심선 데이터를 확보하였고, 보행로 면적 추출을 위한 인도(보도) 데이터도 사용하였다.

□ 지방행정 인허가 데이터 제공 공공데이터

병·의원시설 수를 추출하기 위해 의원 및 병원 데이터를 사용하였고, 소매시설 수를 위해 식품판매업, 제과점영업, 건강기능식품, 일반판매업, 대규모 점포 데이터를 확보하였다. 숙박시설 수는 숙박업, 관광펜션업, 관광숙박업, 종합휴양업, 전문휴양업 데이터를 통해 추출하였으며, 여가시설 수를 위해 관광케도업, 관광산업자, 관광유람선업, 박물관/미술관, 종합유원시설업, 일반유원시설업, 노래방연습장업, 영화상영관 데이터를 활용하였다. 이 외에도 세탁소 수를 추출하기 위해 세탁업 데이터를, 편의점 수를 위해 안전상비의약품 판매업소 데이터를, 약국 수 추출을 위해 약국 데이터를 확보하였다. 일반 음식점과 휴게음식점 데이터는 술집, 카페, 음식점 변수를 추출하는 데 공통적으로 사용되었으며, 술집 수는 단란주점영업, 유흥주점영업, 외국인전용 유흥주점영업, 관광유흥음식점 데이터를 추가로 사용하여 추출하였다. CCTV 수는 CCTV 정보 데이터를 통해 확보하였다.

□ 공공데이터포털 제공 공공데이터

공공시설 수를 추출하기 위해 기획재정부의 공공기관 일반현황, 행정안전부의 읍면동 하부 행정기관 현황, 전국 공공시설 개방 정보 데이터를 활용하였다. 교육시설 수를 추출하기 위해 초중등학교 위치 표준 데이터를 사용하였으며, 주유소 수와 경찰서 수는 각각 전국 주유소 등록 현황과 경찰관서 위치 주소 현황 데

이터를 통해 확보되었다. 소매시설 수는 추가로 전국나들가게 현황 데이터를 사용하여 데이터를 추출하였다. 가로등 수를 추출하기 위해 전국 스마트 가로등 표준 데이터와 전국 보안등 정보 표준 데이터를 사용하였고, 주차장 수, 버스정류장 수, 지하철 수를 각각 전국 주차장 정보 표준, 전국 버스정류장 위치 정보, 도시철도 역사 정보를 통해 추출하였다.

□ 국가도서관 통계시스템, 교육부, 부동산 빅데이터 제공 공공데이터

교육시설 수를 추출하기 위해 공공데이터포털의 초중등학교 위치 표준 데이터 외에도 국가도서관 통계시스템의 각종 도서관 주소록, 교육부의 대학교 개황 리스트, 부동산 빅데이터의 POI 기초 데이터도 사용되었다.

□ 국토정보맵 제공 공공데이터

국토정보맵에서 제공하는 국토통계지도를 통해 지역별 인구 수 데이터를 확보하였다.

□ 카카오 API 제공 공공데이터

은행 수는 카카오 API에서 제공하는 지역 내 은행 및 ATM 데이터를 추출하여 사용하였다.

□ 서울 열린 데이터 광장 제공 공공데이터

서울 열린 데이터 광장에서는 보도 연결성, 보도 통합도, 보도 ANG 연결성을 계산하기 위한 도로 네트워크 데이터를 확보하였고, 서울시 가판 시설 운영 정보 데이터를 통해 서울 시내 가판대 변수를 확보하였다.

□ 환경공간정보서비스 제공 공공데이터

환경공간정보서비스는 나지면적, 녹지면적, 수변면적, 공원면적을 추출하기 위한 토지피복지도 세분류 데이터를 제공하였다.

[표 3-5] 물리환경 변수 설명 및 공공데이터 출처

데이터 명	설명	공공 데이터 출처	데이터 명
건물 노후도	그리드별 사용승인일로부터 경과한 평균 년수	Vworld	GIS건물 통합정보
건물 개수	그리드별 건물 개수		
건물 높이	그리드별 평균 건물 높이		
건폐율	그리드별 평균 건폐율		
용적율	그리드별 평균 용적율		
업무시설 수	그리드별 업무시설 수		
병·의원시설 수	그리드별 병·의원시설 수	지방행정 인 허가 데이터	의원, 병원
소매시설 수	그리드별 소매시설 수		식품판매업
			제과점영업
			건강기능식품
			일반판매업
			대규모 점포
숙박시설 수	그리드별 숙박시설 수	공공데이터 포털	전국 나들가게 현황
		지방행정 인 허가 데이터	숙박업
			관광펜션업
			관광 숙박업
			종합 휴양업
			전문 휴양업
여가시설 수	그리드별 여가시설 수		지방행정 인 허가 데이터
		관광산업자	
		관광유람선업	
		박물관/미술관	
		종합유원시설업	
		유원시설업	
공공시설 수	그리드별 공공시설 수	공공 데이터 포털	일반유원시설업
			노래방연습장업
			영화상영관
			기획재정부 공공기관 일반현황
			행정안전부 읍면동하부행정기 관 현황
			전국 공공시설 개방 정보
교육시설 수	그리드별 교육시설 수	국가도서관 통계시스템	대학도서관주소록
			공공도서관 주소록
			광역대표도서관 주소록
			작은 도서관 주소록

데이터 명	설명	공공 데이터 출처	데이터 명
			학교도서관 주소록
			전문 도서관 주소록
		공공데이터 포털	초중등학교위치 표준데이터
		교육부	대학교개황리스트
		부동산 빅데이터	POI 기초데이터
혼합용도면적	그리드별 혼합용 토지 면적	Vworld	토지 특성도
공업면적	그리드별 공업용 토지 면적		
농업면적	그리드별 농업용 토지 면적		
상업면적	그리드별 상업용 토지 면적		
주거면적	그리드별 주거용 토지 면적		
인구 수	그리드별 인구 수	국토정보맵	국토통계지도
세탁소 수	그리드별 세탁소 수	지방행정 인허가 데이터	세탁업
편의점 수	그리드별 편의점 수		안전상비의약품 판매업소
			일반음식점
			휴게음식점
			단란주점영업
			유흥주점영업
술집 수	그리드별 술집 수		외국인전용유흥주점영업
			관광 유흥음식점
			일반음식점
			휴게음식점
		일반음식점	
카페 수	그리드별 카페 수	공공 데이터 포털	휴게음식점
음식점 수	그리드별 음식점 수		약국
			전국 주유소 등록 현황
			경찰관서 위치 주소 현황
			은행
은행 수	그리드별 은행 수	카카오 API	은행
CCTV 수	그리드별 CCTV 수	지방행정 인허가 데이터	CCTV 정보
가로등 수	그리드별 가로등 수	공공 데이터 포털	전국스마트가로등표준데이터
주차장 수	그리드별 주차장 수		전국보안등정보표준데이터
버스정류장 수	그리드별 버스정류장 수		전국주차장정보표준
지하철역 수	그리드별 지하철역 수		전국 버스정류장 위치정보
			도시철도역사정보

데이터 명	설명	공공 데이터 출처	데이터 명
도로 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 연결성	Vworld	도로 중심선
도로 통합도	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 통합도		
도로 각도 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 각도 연결성		
도로 레인 수	그리드별 평균 도로 레인 수		
도로 폭	그리드별 평균 도로 폭		
보도 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 연결성	서울열린데 이터광장	도보 네트워크
보도 통합도	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 통합도		
보도 각도 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 통합도		
보행로 면적	그리드별 보행로 면적	Vworld	인도(보도)
가판대 수	그리드별 가판대 수	서울 열린데 이터 광장	서울시 가판 시설 운영정보
공원 면적	그리드별 공원 수	공공데이터 포털	전국도시공원정보표준데이터
나지면적	그리드별 운동장, 공터 등 개방형 공간 비율	환경공간 정보서비스	토지피복지도 세분류
녹지면적	그리드별 나무, 풀 등의 녹지 비율		
수변면적	그리드별 습지, 강 등의 수변 비율		

출처: 연구진 작성

3) 물리환경 변수 처리

① 분석단위 설정

본 연구에서는 국토통계지도에서 제공하는 250m 단위 격자 통계(인구 등)를 분석단위로 설정하여, 범죄가 발생한 건물 및 그 주변의 다양한 특성과 환경 요소를 고려한 예측 모델을 개발하였다. 격자 공간을 분석 단위로 사용함으로써, 범죄 발생 장소뿐만 아니라 주변 도시 건축 환경을 분석하여, 범죄활동에 영향을 미치는 주요 요인을 파악하고 이를 평가하는 데 중요한 기반을 제공한다. 지리 정보 시스템(GIS)을 통해 250m 격자 내 건물 및 주변 거리 환경을 분석하였으며, 그림 3-32은 이러한 과정을 시각적으로 보여준다. 이 과정은 격자 내의 각종 물리환경을 파악하고 추출하는 데 중점을 둔다.



[그림 3-32] 250m 단위 격자 내 건축·도시 물리환경 및 범죄 분포

출처: 연구진 작성

② 데이터 특성에 따른 변수별 처리 과정

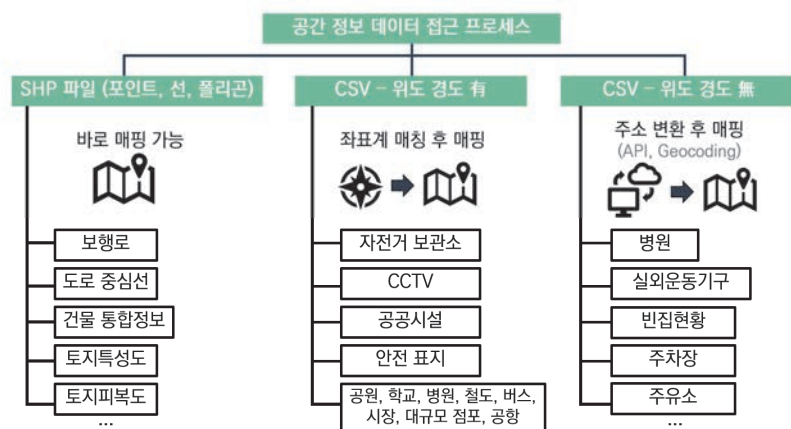
다음으로 물리환경 데이터의 특성에 따라 데이터를 처리하여 선정된 변수를 추출하였다. 변수 처리 과정 외에도, 종속변수와 독립변수간의 공간적 관계를 분석하기 위해 모든 변수를 QGIS 등 활용 가능한 SHP 파일 형식으로 변환하였다.

건축·도시 물리환경 데이터는 크게 세 가지 형태로 제공된다. 첫 번째 형태는 포인트, 선, 폴리곤 등의 벡터 데이터 형식으로, 주로 SHP 파일로 제공된다. 보행로, 도로 중심선, 건물 통합 정보, 토지 특성도, 토지 피복도 등과 같은 공간 정보를 포함한다. 이러한 데이터는 이미 공간 좌표 정보를 포함하고 있으므로, 별도의 변환 없이 바로 GIS 소프트웨어에서 매핑할 수 있다.

두 번째 형태는 위도와 경도 정보가 포함된 CSV 파일이며, 이러한 CSV 파일에는 각 데이터 항목의 위도와 경도 정보가 포함되어 있어 좌표계를 매칭한 후 매핑이 가능하다. 자전거 보관소, CCTV, 공공시설, 안전 표지, 공원, 학교, 병원, 철도, 버스 정류장, 시장, 대규모 점포, 공항 등의 데이터가 이에 해당한다. 예를 들어, 위도와 경도 정보가 포함된 자전거 보관소 데이터를 공간정보화하여 시각화할 수 있다.

세 번째 형태는 위도와 경도 정보가 없으나 주소 정보가 포함된 데이터로, CSV 파일로 제공된다. 이러한 데이터는 병원, 실외 운동기구, 빈집 현황, 주차장, 주유소 등의 주소만 포함된 데이터를 포함한다. 이 경우 먼저 주소 정보를 위도와 경도로 변환하는 지오코딩(Geocoding) 과정을 거쳐서 변환된 좌표를 이용해 GIS 소프트웨어에서 매핑 작업을 진행한다. 예를 들어, 주소 정보를 위도와 경도로 변환한 주유소 데이터를 CSV 파일로 매핑하여 시각화할 수 있다.

GIS(GIS Spatial Analysis)는 다양한 분야에서 공간적 문제를 해결하는 데 사용될 수 있다(Reddy, Singh, 2018). 본 연구에서는 GIS 프로그램의 그리드 기능을 활용하여 공간 변수 프로세싱을 수행할 수 있다. 예를 들어, 특정 지역 내의 상업 시설, 주거시설 등의 수를 계산하고, 이러한 특성들을 분석하여 범죄와의 관계를 파악할 수 있다. 이는 도시 계획, 범죄 예방 전략 수립 등에 유용하게 쓰일 수 있다. 그리드 분석은 또한 특정 유형의 시설, 예를 들어 24시간 편의점이나 패스트푸드점 등의 위치와 범죄 발생률과의 관계를 이해하는 데에도 중요한 역할을 한다. 이러한 시설들의 밀집도와 범죄 발생 패턴 간의 상관관계를 분석함으로써, 더 효과적인 범죄 예방 및 대응 전략을 수립할 수 있다.



[그림 3-33] 건축·도시 물리환경 데이터 구조

출처: 연구진 작성

□ 건물 노후도, 건물 개수, 높이, 건폐율, 용적률, 업무시설 수

건물 노후도, 건물 개수, 높이, 건폐율, 용적률, 업무시설은 GIS 건물통합정보 데이터를 통해 추출하였다. 건물 노후도는 데이터 수집 당시 날짜와 각 건물의 사용승인 날짜간의 차이를 계산하여 산출하였다. 건물 밀도는 그리드 내 건물 수를 기준으로 계산하였으며, 높이, 건폐율, 용적률은 건물별 제공된 데이터를 활용하여 추출하였다. 업무시설 데이터는 건물 용도가 업무시설로 지정된 건물을 선별하여 활용하였다.

□ 병·의원시설 수, 숙박시설 수, 여가시설 수

병·의원시설 수, 숙박시설 수, 여가시설 수는 지방행정 인허가 데이터로부터 획득한 데이터셋 기반으로 QGIS에서 좌표 데이터를 CSV에서 SHP로 변환한 후 사용하였으며, 현재 영업 중인 시설 수를 반영하기 위하여 ‘폐업’, ‘취소/말소/만료/정지/중지’ 등의 영업 상태 데이터는 제외하였다.

□ 소매시설

소매시설 수는 지방행정 인허가 데이터와 공공데이터포털의 전국 나들가게 현황 데이터를 이용하였다. 전국 나들가게 현황 데이터는 좌표 데이터가 포함되어 있지 않아, 공간정보화를 위하여 파이썬에서 주소를 지오코딩하여 좌표를 추출한 후, QGIS에서 CSV를 SHP로 변환하였다. 이후 식품판매업, 제과점영업, 건강기능식품, 일반판매업, 대규모 점포 데이터와 결합하여, 현재 영업 중인 시설 수를 반영하기 위하여 영업상태가 ‘폐업’, ‘취소/말소/만료/정지/중지’인 데이터를 제외하였다. 또한, 소매시설을 추출하기 위하여 업태구분명이 ‘도매업(유통)’, ‘방문판매’, ‘다단계판매’, ‘통신판매’, ‘전자상거래판매’, ‘전화권유판매’인 데이터를 제외한 후 사용하였다.

□ 공공시설 수, 경찰서 수, 주차장 수, 지하철역 수

공공시설 수, 경찰서 수, 주차장 수, 지하철역 수는 공공데이터포털에서 제공한 데이터의 주소를 파이썬으로 지오코딩하여 좌표를 추출한 후, QGIS에서 SHP 파일로 변환 후 사용하였다.

□ 교육시설 수

교육시설 수는 국가도서관통계시스템과 교육부로 제공받은 각종 데이터셋의 주소와 파이썬을 통해 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출하였고, QGIS에서 초중등학교위치데이터와 더불어 SHP파일로 변환하였다. 고등학교의 경우 부동산 빅데이터에서 제공하는 POI 기초데이터로부터 '고등학교'라는 단어가 들어간 데이터를 QGIS에서 추출해 다른 데이터셋들과 결합하였다.

□ 혼합용도면적, 공업면적, 농업면적, 상업면적, 주거면적, 공원면적

혼합용도면적, 공업면적, 농업면적, 상업면적, 주거면적, 공원면적은 토지특성도 SHP 파일을 통해 추출되었다. 주상용, 주상나지, 주상기타로 분류되어있는 지역을 QGIS에서 혼합용 토지로 추출하였고, 공업용, 공업나지, 공업기타로 분류되어있는 지역을 공업용 토지로 추출하였다. 전, 과수원, 답으로 분류되어있는 지역은 농업용으로, 상업용, 업무용, 상업나지, 상업기타로 분류되어있는 지역은 상업용 토지로, 단독, 연립, 다세대, 아파트, 주거나지, 주거기타로 분류되어있는 지역은 주거용 토지로 추출하여 사용하였다.

□ 인구 수

인구 수는 추가적인 데이터 프로세싱 없이 국토정보맵의 국토통계지도에서 제공하는 250m 그리드 단위의 인구 데이터 SHP파일을 사용하였다.

□ 세택소 수, 편의점 수, 약국 수

세택소 수, 편의점 수, 약국 수는 지방행정 인허가 데이터로부터 획득한 각각의 데이터셋 CSV 파일을 QGIS에서 SHP 파일로 변환후 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데이터 삭제하여 사용하였다.

□ 술집 수

술집 수는 지방행정 인허가 데이터로부터 제공받은 휴게음식점과 일반음식점 데이터를 포함한 각종 데이터를 파이썬을 통해 프로세싱 후 사용하였다. 먼저 영업상태가 '휴업', '취소/만료/만료/정지/정지'인 데이터를 삭제하였고, 휴게음식점과 일반음식점 데이터셋에서 '정중/대포집/소주방', '감성 음식점', '간이식당', '룸살롱', '단란주점', '호프/통닭', '통닭'의 업종 분류를 가진 데이터를 추출하였다. 프로세싱한 모든 데이터셋을 병합한 후, 데이터셋에 제공된 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환하여 사용하였다.

□ 카페 수

카페 수 또한 지방행정 인허가 데이터로부터 제공받은 휴게음식점과 일반음식점 데이터를 파이썬을 통해 프로세싱 후 사용하였다. 먼저 영업 상태가 '휴업', '취소/만료/만료/정지/정지'인 데이터를 삭제하였고, 휴게음식점과 일반음식점 데이터셋에서 업태구분명이 '카페', '전통찻집', '떡카페', '커피숍', '다방', '키즈카페'로 되어있는 데이터를 csv로 추출하였다. 프로세싱한 모든 데이터셋을 병합한 후, 데이터셋에 제공된 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환하여 사용하였다.

□ 음식점 수

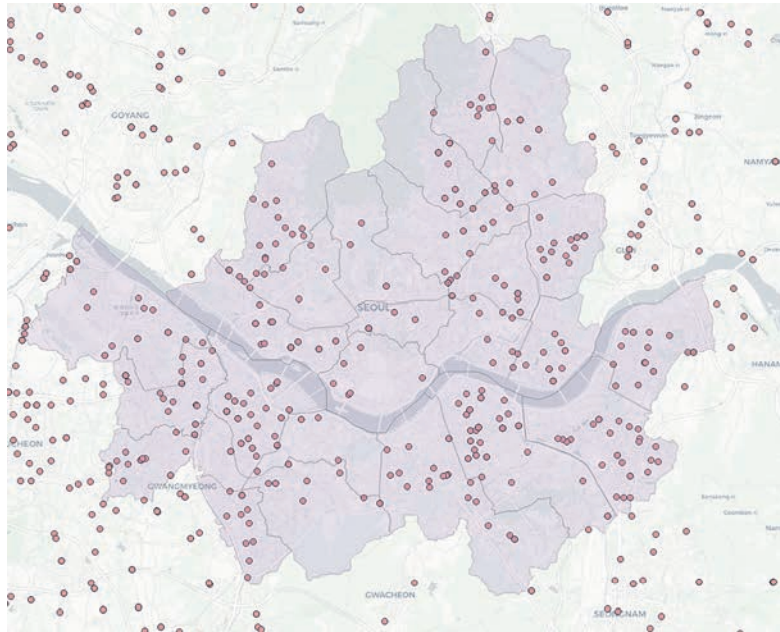
음식점 수는 지방행정 인허가 데이터로부터 제공받은 휴게음식점과 일반음식점 데이터를 파이썬을 통해 프로세싱 후 사용하였다. 먼저 영업 상태가 '휴업', '취소/만료/만료/정지/정지'인 데이터를 삭제하였고, 휴게음식점과 일반음식점 데이터셋에서 업태구분명이 '분식', '중국식', '경양식', '한식', '기타', '일식', '식육(숯불구이)', '외국음식전문점(인도, 태국 등)', '뷔페식', '김밥(도시락)', '횃집', '탕류(보신용)', '패밀리레스토랑', '냉면집', '라이브카페', '출장조리', '통닭(치킨)', '복어취급', '패스트푸드', '이동조리', '기타 휴게음식점'으로 되어있는 데이터를 CSV 파일로 추출하였다. 프로세싱한 모든 데이터셋을 병합한 후, 데이터셋에 제공된 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환하여 사용하였다.

□ 주유소 수

주유소 수는 공공데이터 포털에서 제공받은 전국 주유소 등록 현황 데이터를 사용하였다. 파이썬을 활용하여 영업상태명이 '폐업'인 데이터를 삭제 후 제공된 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출하였다. 데이터셋에 제공된 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환하여 사용하였다.

□ 은행 수

은행 수는 QGIS의 파이썬 콘솔과 카카오 API를 활용하여 추출되었다. 먼저 QGIS 대상지내에 1km 단위 그리드 포인트를 생성한 후 생성한 포인트의 좌표를 추출한다. 파이썬 콘솔에 카카오 API 코드를 활용하여 각 포인트당 반경 2km 내의 은행 및 ATM기 위치를 추출한다. 추출된 데이터중 중복된 데이터를 삭제 후 사용한다.



[그림 3-34] 서울시 주유소 위치 지도 시각화 예시

출처: 연구진 작성

□ CCTV 수, 버스정류장 수

CCTV 수, 버스정류장 수는 각각 지방행정 인허가 데이터와 공공데이터포털에서 제공받은 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP 파일로 변환 후 사용하였다.

□ 가로등 수

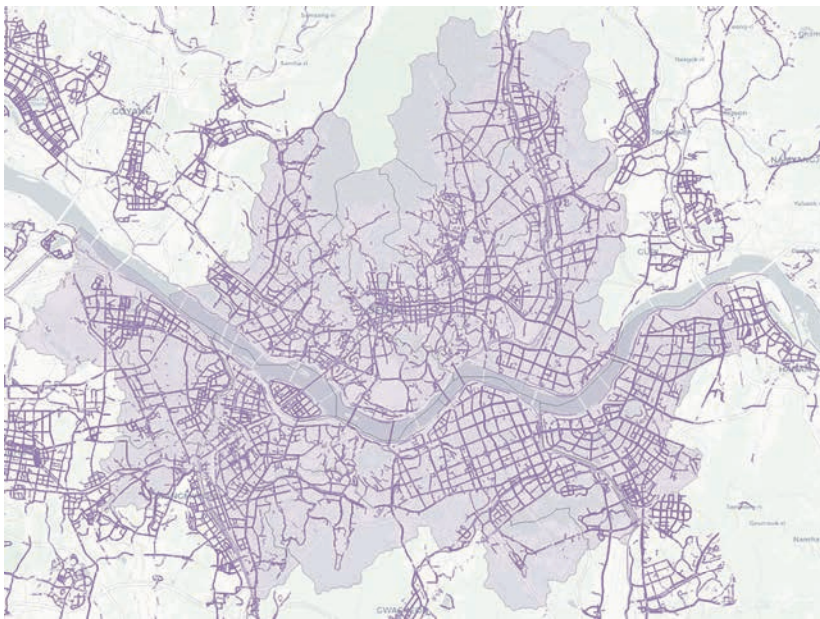
가로등 수는 공공데이터포털에서 제공받은 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP 파일로 변환 후 결합하여 사용하였다.

□ 도로연결성, 도로통합도, 도로ANG연결성

도로연결성, 도로통합도, 도로ANG연결성 변수는 서울시와 서울시 경계로부터 10km 떨어진 지점까지의 도로중심선 데이터를 추출한 뒤, DepthMapX 프로그램을 통해 도로의 연결성, 통합도, 각도 연결성 등을 계산하여 사용하였다.

□ 보도연결성, 보도통합도, 보도ANG연결성

DepthMapX 프로그램을 통해 서울시 도보네트워크데이터의 보도연결성, 보도통합도, 보도ANG연결성을 계산하여 추출하였다. Space Syntax 분석¹⁶⁾은 도시 설계, 건축학 및 사회학에서 주로 사용되는 이론 및 분석 도구로, 공간의 구성이 사람들의 행동, 상호작용 및 사회적, 경제적 결과에 어떻게 영향을 미치는지를 탐구한다. 본 연구에서는 DepthMapX을 활용하여 도로 네트워크 정보를 함께 변수화하고자 한다. DepthMapX프로그램은 특히 도로의 연결성과 통합도를 분석하는 데 유용하다. 예를 들어, 도시 가로(urban grid)의 한 축선이 다른 축선들과 얼마나 원활하게 연결되어 있는지를 분석함으로써, 해당 축선의 통합도를 측정할 수 있다. 통합도가 높은 축선은 다른 도로로의 접근성이 높은 것으로 해석된다. Space Syntax 분석을 통해 얻은 도로 세그먼트의 접근성, 연결성 등과 같은 공간적 특성은 범죄 연구에서 중요한 변수로 활용될 수 있다. 특히, 도시의 특정 지역에서 발생하는 범죄 패턴을 분석할 때, 그 지역의 도로 네트워크의 통합도와 같은 공간적 특성을 고려하면 보다 정확한 분석이 가능해질 것이다.



[그림 3-35] 서울시 보행로 지도 시각화

출처: 연구진 작성

16) UCL(2016), DepthmapX, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research-projects/2016/Dec/depthmapX>(검색일: 2024.10.09.)

□ 도로 차선 수, 도로 폭

도로 차선 수, 도로 폭 변수는 VWorld의 도로중심선 데이터에 포함되어있는 도로 차선 수와 도로 폭 데이터를 추출하여 사용하였다.

□ 보행로 면적

보행로 면적은 VWorld에서 제공받은 도보 라인 SHP파일 데이터를 QGIS에서 프로세싱하여 사용하였다. QGIS에서 자전거 도로로 분류된 데이터를 제거 후 선으로 이루어진 파일을 폴리곤으로 전환하였다. 잘못 전환된 폴리곤을 삭제 후 서울시 경계 내 보행로를 추출하여 사용하였다.

□ 가판대 수

가판대 수는 서울 열린데이터 광장에서 제공하는 서울시 가판 시설 운영정보 데이터를 이용하였다. 파이썬을 활용하여 점용구분이 '폐쇄'인 데이터를 삭제 후 제공된 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출하였다. 데이터셋에 제공된 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환하여 사용하였다.

□ 나지 면적, 녹지 면적, 수변 면적

나지 면적, 녹지 면적, 수변 면적은 토지피복도로부터 분류에 따라 추출되어 사용되었다. 나지 면적은 나지로 분류된 지역을, 녹지 면적은 산림지역, 초지로 분류된 지역을, 수변 면적은 습지, 수역으로 분류된 지역을 QGIS에서 추출하여 사용하였다.

[표 3-6] 변수별 데이터 처리 과정

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
건물 노후도	그리드별 사용승인일로부터 경과한 평균 년수	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 사용승인 날짜와 현재 날짜의 차이 계산
건물 개수	그리드별 건물 개수	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 그리드 내 건물 수 추출
건물 높이	그리드별 평균 건물 높이	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 건물 층수를 사용하여 높이 계산
건폐율	그리드별 평균 건폐율	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 제공된 건폐율 데이터 사용
용적율	그리드별 평균 용적율	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 제공된 용적율 데이터 사용
업무시설 수	그리드별 업무시설 수	1. V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 GIS건물통합 정보 SHP파일을 다운받아 사용 2. 업무시설로 지정되어있는 건물 추출
병·의원 시설 수	그리드별 병·의원시설 수	1. 지방행정인허가 데이터로부터 '의원', '병원' 데이터셋 다운 2. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. QGIS에서 관련 데이터셋을 결합 4. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데 이터 삭제
소매시설 수	그리드별 소매시설 수	1. 지방행정인허가 데이터부터 '식품판매업', '제과점영 업', '건강기능식품 일반판매업', '대규모 점포' 데이터 셋 다운 2. 공공데이터포털로부터 '전국 나들가게 현황' 다운 3. Python에서 '전국 나들가게 현황' 데이터의 주소를 지 오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 4. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 5. QGIS에서 관련 데이터셋을 결합 6. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데 이터 삭제 7. 업태구분명이 '도매업(유통)', '방문판매', '다단계판매', '통신판매', '전자상거래판매', '전화권유판매'인 데이터 를 삭제
숙박시설 수	그리드별 숙박시설 수	1. 지방행정인허가 데이터로부터 '숙박업', '관광 펜션업', '관광 숙박업', '종합 휴양업', '전문 휴양업' 데이터셋 다운 2. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
		CSV파일을 SHP파일로 변환 3. QGIS에서 관련 데이터셋을 결합 4. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데이터 삭제
여가시설 수	그리드별 여가시설 수	1. 지방행정인허가 데이터로부터 '관광케도업', '관광산업자', '관광 유람선업', '박물관/미술관', '종합유원시설업', '유원시설업(기타)', '일반유원시설업', '노래방연습장업', '영화상영관', 데이터셋 다운 2. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. QGIS에서 관련 데이터셋을 결합 4. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데이터 삭제
공공시설 수	그리드별 공공시설 수	1. 공공데이터 포털로부터 '기획재정부 공공기관 일반현황', '행정안전부 읍면동하부행정기관현황', '전국 공공시설 개방정보' 데이터셋 다운 2. Python에서 '공공기관일반현황'과 '읍면동하부행정기관현황' 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 3. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 4. QGIS에서 관련 데이터셋을 결합
교육시설 수	그리드별 교육시설 수	1. 국가도서관통계시스템의 도서관 주소록으로부터 '대학교 도서관 주소록', '공공도서관 주소록', '광역대표도서관 주소록', '작은도서관 주소록', '학교도서관 주소록', '전문도서관 주소록' 다운 2. 공공데이터 포털에서 '초중등학교위치표준데이터' CSV 파일을 다운 3. 교육부의 자료실에서 '대학교개황리스트' 다운 4. Python에서 각종 '도서관 주소록'과 '대학교개황리스트' 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 3. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 5. QGIS에서 부동산 빅데이터에서 제공하는 POI 기초데이터 SHP파일에서 '고등학교'라는 단어가 들어간 데이터 SHP 파일 추출 6. 지오코딩한 각종 '도서관 주소록' 및 '대학교개황리스트' 데이터셋과 '초중등학교위치표준' 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 7. QGIS에서 도서관, 대학교, 고등학교, 초중고 데이터셋을 결합
혼합용도 면적	그리드별 혼합용도지 면적	토지 특성도 SHP파일에서 주상용, 주상나지, 주상기타로 분류되어있는 지역을 QGIS에서 추출함
공업 면적	그리드별 공업용도지 면적	토지 특성도 SHP파일에서 공업용, 공업나지, 공업기타로 분류되어있는 지역을 QGIS에서 추출함

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
농업 면적	그리드별 농업용 토지 면적	토지 특성도 SHP파일에서 전, 과수원, 답으로 분류되어있 는 지역을 QGIS에서 추출함
상업 면적	그리드별 상업용 토지 면적	토지 특성도 SHP파일에서 상업용, 업무용, 상업나지, 상 업기타로 분류되어있는 지역을 QGIS에서 추출함
주거 면적	그리드별 주거용 토지 면적	토지 특성도 SHP파일에서 단독, 연립, 다세대, 아파트, 주 거나지, 주거 기타로 분류되어있는 지역을 QGIS에서 추 출함
인구 수	그리드별 주거인구 수	1. 국토정보맵의 국토통계지도에서 제공하는 250m 그리 드 단위의 인구 데이터 shp파일 다운 및 사용
세탁소 수	그리드별 세탁소 수	1. 행정안전부의 지방행정 인허가 데이터로부터 '세탁업' 데이터 CSV 파일 다운 2. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데 이터 삭제
편의점 수	그리드별 편의점 수	1. 행정안전부의 지방행정 인허가 데이터로부터 '안전상 비의약품 판매업소' 데이터 CSV 파일 다운 2. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데 이터 삭제
술집 수	그리드별 술집 수	1. 지방 행정 허가 데이터에서 '일반음식점', '분식점', '단 란주점', '유흥주점', '일반음식점', '후레스토랑', '외국 인 전용 유흥주점', '관광 유흥주점' 데이터셋 다운 2. Python을 활용하여 영업 상태가 '휴업', '취소/만료/만 료/정지/정지'인 데이터 삭제 3. '정종/대포집/소주방', '감성 음식점', '간이식당', '룸 살롱', '단란주점', '호프/통닭', '통닭'의 업종 분류를 가진 데이터 추출 4. 모든 데이터셋 병합 5. 데이터셋에서 제공 한 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV 파일을 SHP 파일로 변환
카페 수	그리드별 카페 수	1. 지방행정인허가 데이터로부터 '일반음식점', '휴게음식 점' 데이터셋 다운 2. Python을 활용하여 '휴게 음식점'과 '일반 음식적' 데 이터셋 결합 3. Python을 통해 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/ 정지/중지'인 데이터 삭제 4. Python에서 업태구분명이 '카페', '전통찻집', '떡카 페', '커피숍', '다방', '키즈카페'로 되어있는 데이터를 csv로 추출 5. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
음식점 수	그리드별	1. 지방행정인허가 데이터로부터 관련 데이터셋 다운

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
	음식점 수	2. Python을 활용하여 '휴게 음식점'과 '일반 음식점' 데이터셋 결합 3. Python을 통해 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데이터 삭제 4. Python에서 업태구분명이 '분식', '중국식', '경양식', '한식', '기타', '일식', '식육(숯불구이)', '외국음식전문점(인도,태국등)', '뷔페식', '김밥(도시락)', '횃집', '탕류(보신용)', '패밀리레스토랑', '냉면집', '라이브카페', '출장조리', '통닭(치킨)', '복어취급', '패스트푸드', '이동조리', '기타 휴게음식점'으로 되어있는 데이터를 csv로 추출 5. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
약국 수	그리드별 약국 수	1. 지방행정 인허가 데이터로부터 약국 데이터 CSV 파일 다운 2. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. 영업상태가 '폐업', '취소/말소/만료/정지/중지'인 데이터 삭제
주유소 수	그리드별 주유소 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '전국 주유소 등록 현황' 데이터 CSV 파일 다운 2. Python을 활용하여 영업상태명이 '폐업'인 데이터 삭제 3. Python에서 주유소 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 4. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
경찰서 수	그리드별 경찰서 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '경찰관서 위치 주소 현황' 데이터 CSV 파일 다운 2. Python에서 경찰관서 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 3. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
은행 수	그리드별 은행 수	1. QGIS에서 대상지에 1km 단위 그리드 포인트를 생성 2. 포인트의 좌표를 추출 3. QGIS의 파이썬 콘솔에 카카오 API 코드를 활용하여 각 포인트당 반경 2km내의 은행을 추출 4. 중복된 데이터를 삭제 후 사용
CCTV 수	그리드별 CCTV 수	1. 행정안전부의 지방행정 인허가 데이터로부터 'CCTV' 데이터 CSV 파일 다운 2. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
가로등 수	그리드별 가로등 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '전국스마트가로등 표준데이터'와 '전국보안등정보표준데이터' CSV 파일 다운

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
		2. 데이터셋에서 제공하는 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환 3. QGIS에서 관련 데이터셋을 병합
주차장 수	그리드별 주차장 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '전국주차장정보표준' 데이터 CSV 파일 다운 2. Python에서 '주차장' 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 3. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
버스정류장 수	그리드별 버스정류장 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '전국 버스정류장 위치정보' 데이터 CSV 파일 다운 2. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
지하철역 수	그리드별 지하철역 수	1. 행정안전부의 공공데이터포털에서 '도시철도역사정보' 데이터 CSV 파일 다운 2. Python에서 '도시철도역' 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 3. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
도로연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 연결성	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '도로중심선' SHP파일 다운 2. 서울 경계의 10km버퍼 레이어를 생성하여 서울지역 도로 중심선 데이터 추출 3. 추출한 데이터를 DepthmapX를 통해 도로 연결성 추출
도로 통합도	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 통합도	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '도로중심선' SHP파일 다운 2. 서울 경계의 10km버퍼 레이어를 생성하여 서울지역 도로 중심선 데이터 추출 3. 추출한 데이터를 DepthmapX를 통해 도로 통합도 추출
도로 ANG 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 도로 각도 연결성	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '도로중심선' SHP파일 다운 2. 서울 경계의 10km버퍼 레이어를 생성하여 서울지역 도로 중심선 데이터 추출 3. 추출한 데이터를 DepthmapX를 통해 도로 ANG 연결성 추출
보도 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 연결성	1. 서울열린데이터 광장에서 도보 네트워크 데이터 다운 2. DepthmapX를 통해 도보네트워크의 보도 연결성 추출
보도 통합도	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 통합도	1. 서울열린데이터 광장에서 도보 네트워크 데이터 다운 2. DepthmapX를 통해 도보네트워크의 보도 통합도 추출
보도 ANG 연결성	Space syntax로 계산한 그리드별 평균 보도 각도	1. 서울열린데이터 광장에서 도보 네트워크 데이터 다운 2. DepthmapX를 통해 도보네트워크의 보도 ANG 연결성 추출

데이터 명	설명	데이터 프로세싱 과정
	연결성	
도로 레인 수	그리드별 평균 도로 레인 수	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '도로중심선' SHP파일 다운 2. 제공된 도로 레인 수 활용
도로 폭	그리드별 평균 도로 폭	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '도로중심선' SHP파일 다운 2. 제공된 도로 폭 데이터 활용
보행로 면적	그리드별 보행로 면적	1. 국토교통부의 V-World 디지털트윈국도 웹사이트에서 '인도(도보)' SHP파일 다운 2. QGIS에서 자전거 도로 삭제 3. QGIS을 활용하여 선으로 이루어진 파일을 폴리곤으로 전환 4. 잘못 전환된 폴리곤 삭제 5. 대상지에 맞게 추출하여 사용
가판대 수	그리드별 가판대 수	1. 서울 열린데이터 광장으로부터 '서울시 가판 시설 운영 정보'를 다운 2. Python에서 점용구분이 '폐쇄'인 데이터는 삭제 3. Python을 통해 사용중인 가판시설 데이터의 주소를 지오코딩하여 좌표를 CSV로 추출 4. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
공원 면적	그리드별 공원 수	1. 공공데이터포털로부터 '전국도시공원정보표준데이터' 다운 2. 데이터셋의 좌표를 기반으로 QGIS에서 CSV파일을 SHP파일로 변환
나지 면적	그리드별 운동장, 공터 등 개방형 공간 비율	토지피복도 SHP파일에서 나지로 분류되어 있는 지역을 QGIS에서 추출함
녹지 면적	그리드별 나무, 풀 등의 녹지 비율	토지피복도 SHP파일에서 산림지역, 초지로 분류되어 있는 지역을 QGIS에서 추출함
수변 면적	그리드별 습지, 강 등의 수변 비율	토지피복도 SHP파일에서 습지, 수역으로 분류되어 있는 지역을 QGIS에서 추출함

출처: 연구진 작성

③ 통계 및 기계학습 분석을 위한 데이터셋 처리

통계 및 기계학습 분석을 위하여 추출한 데이터셋을 처리하는 과정은 물리환경의 범죄 발생 영향 예측 모델 개발의 핵심 단계 중 하나로, 모델 학습에 적합한 형태로 데이터를 정제하고 변환하는 과정이다. 이 과정은 모델의 예측 성능을 향상시키고 데이터에 대한 모델의 이해도를 높이는 데 도움을 준다. 변수 처리는 주요 단계로 변수 선택, 결측값 처리, 데이터 정규화 및 변환 등을 포함하며, 이러한 단계들은 모델이 더 정확하고 효율적으로 학습하도록 지원한다.

□ 종속변수 프로세싱

각 격자의 종속 변수는 분류모델에서는 범죄가 발생하지 않은 경우 0, 발생한 경우 1로 이진 분류되며, 회귀모델에서는 범죄율을 연속형 변수로 사용하여 분석이 진행되었다. 또한 거리의 특성이 아닌 건물의 특성이 미치는 영향을 분석하기 위하여 건물 단위에서 일어난 범죄 데이터만 추출하였고 노상에서 일어난 범죄는 포함하지 않았다.

[표 3-7] 종속변수 그리드 개수 - 시간대별/범죄별

	5대범죄(all_)	강간&강제추행&폭력(ra_)	절도(th_)
낮	10039	5297	4697
밤	15310	11319	3901
총	25349	16616	8598

출처: 연구진 작성

□ 변수 스케일 조정

범죄 발생 영향 예측 모델 구축을 위해 선정된 변수들은 다양한 종류의 단위와 크기를 사용하기에 일관된 스케일로 조정이 필요하다. 이 때 스케일은 변수를 나타내는 수치값의 분산을 의미한다. 변수별 스케일을 통일하지 않을 경우, 분산이 큰 변수가 더 큰 영향을 주는 것으로 예측된다(James et al., 2013, pp.236). 표준화(Standardization)와 정규화(Normalization) 방법이 스케일 조정 방법으로 주로 사용되며, 본 연구에는 표준화 방법을 사용하였다. 이러한 스케일 조정은 변수 간의 값을 비교 가능한 상태로 변환시켜주며, 모델 학습 과정에서 수렴 속도와 예측 성능을 개선한다.

□ 이상치 처리¹⁷⁾

이상치(Outlier)는 예측 모델 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 전반적인 데이터 패턴과 동떨어진 값을 가지는 데이터를 의미한다. 주로 사용되는 이상치 확인 방법은 z-score 혹은 IQR이다. 본 연구에서는 z-score를 사용하여 이상치를 탐지하였으며, z-score가 ± 3 시그마 범위¹⁸⁾를 벗어난 데이터를 제거하였다. 이는 데이터가 정규 분포를 따를 때, 평균에서 크게 벗어난 값들을 효과적으로 필

17) 이상치의 발생에는 여러 요소들이 있으며, 데이터 수집과정에서 생긴 오류는 그중 하나이다(James et al., 2013, pp.96-97)

18) 데이터셋의 z-score 절대값 3 시그마 범위를 벗어나는 데이터는 이상치로 간주하는 것이 보편적인 방법이다(Iglewicz, B., & Hoaglin, D. C., 1993, pp.10)

터링할 수 있는 방법이다. 이를 통해 극단적인 값들이 모델 학습에 미치는 부정적인 영향을 줄이고, 데이터의 신뢰성을 높일 수 있었다.

□ 결측치 제거¹⁹⁾

실제 데이터 수집 과정에서 결측치(Missing Value)가 발생할 수 있으며 이는 예측 모델의 학습에 방해가 되므로 적절한 대체 방법을 통해 처리하거나 제거해야 한다. 대표적인 결측치 대체 방법으로는 평균값, 중앙값, 최빈값 등을 활용한 대체가 있다. 본 연구에서는 총 3456개의 그리드 중 인구가 0인 그리드와, 중복된 그리드, 건물이 없는 그리드를 제거한 후 2713개의 그리드를 사용하였다. 모델 학습에 적절한 형태로 데이터를 가공함으로써, 최종적으로 높은 예측 성능을 가진 범죄 예방 건축환경 예측 모델을 개발할 수 있었다.

□ 다중공선성과 상관계수 낮은 변수 선택²⁰⁾

다중공선성(Multicollinearity)과 상관계수 (Correlation Coefficient)가 높은 변수들은 변수들 간의 강한 상관관계로 인해 회귀 계수의 추정치가 매우 불안정해지고, 모델의 해석 및 예측 성능이 저하되며 통계적 유의성도 감소할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 도시건축환경이 범죄율에 미치는 영향을 분석하기에 앞서, 분산 팽창 계수(Variance Inflation Factor, VIF)와 상관계수를 기준으로 변수 간 다중공선성이 높은 변수들을 제거하고 최종 변수를 선택하였다. 먼저, Hussain et al.(2019)²¹⁾에서 제안한 기준을 따라, VIF 값이 20 이상인 변수들은 다중공선성이 매우 높다고 판단하여 제외하였다. 이후 남은 변수들 중에서는 Gregorutti et al.(2017)²²⁾의 연구에 따라 상관계수가 0.7 이상인 변수들도 제거하였다. 이러한 변수를 제외함으로써 다중공선성 문제를 해결하고, 더 신뢰성 높은 범죄 발생 영향 예측 모델을 개발할 수 있었다.

19) 데이터를 수집하는 과정에서 결측치가 발생할 수 있으며, 이는 다양한 패턴을 보인다 (Little & Rubin, 2019, pp.3-6)

20) 다중공선성은 두개의 변수가 아닌 세개 이상의 변수간의 상관관계가 있는 것을 말한다(James et al., 2013, pp.101-102)

21) VIF 20이 넘는 변수를 사용할 경우 다중공선성 문제가 있음을 시사하였다(Hussain, H.I., Kamarudin, F., Thaker, H.M.T. et al., 2019, pp.1287)

22) 독립변수간의 상관 계수 $|r| > 0.7$ 은 상관성이 모델 추정과 후속 예측을 심각하게 왜곡하기 시작하는 시점을 나타내는 적절한 지표이다(Dormann, C. F., et al., 2013, pp.27)

4. 분석 결과

1) OLS 회귀모형 결과

본 연구에서는 250m 그리드 내 범죄 건수와 물리환경 독립변수들 간의 관계를 OLS(Ordinary Least Squares) 회귀분석을 통해 분석하였다. 범죄 유형은 크게 5대 범죄, 강간 폭력 범죄, 절도 범죄로 나누었으며, 시간대별로는 전체 시간, 낮 범죄, 밤 범죄로 세분화하여 분석을 수행하였다. OLS 회귀모형의 성능을 평가하기 위해 r-squared 값을 사용하였다. r-squared 값은 모형이 데이터 변동성을 얼마나 설명하는지를 나타내는 지표로, 값이 1에 가까울수록 모형의 설명력이 높다는 것을 의미한다.

① OLS 회귀모형 성능 평가

□ 전체 시간 모형 성능

전체 시간 기준에서, 5대 범죄의 r-squared 값은 0.626으로 나타났으며, 이는 해당 모형이 5대 범죄의 발생을 약 62.6% 정도 설명할 수 있음을 의미한다. 강간 및 폭력 범죄의 경우 0.641로, 64.1%의 설명력을 가지며, 절도 범죄의 경우 0.829로 가장 높은 설명력을 보였다. 이는 절도 범죄 모형이 다른 범죄 유형보다 건축환경 변수에 대해 높은 설명력을 가지고 있음을 의미한다.

□ 낮 시간 모형 성능

낮 시간 기준으로는, 5대 범죄의 r-squared 값이 0.856로 매우 높은 설명력을 보였으며, 강간 및 폭력 범죄는 0.853로 비슷한 수준의 설명력을 나타냈다. 절도 범죄는 0.823로, 절도 범죄가 낮 시간대에도 물리환경 변수들에 의해 상당히 잘 설명되고 있음을 시사한다.

□ 밤 시간 모형 성능

밤 시간 기준으로는, 5대 범죄의 r-squared 값이 0.851로 높은 설명력을 유지하였으며, 강간 및 폭력 범죄는 0.842로 나타났다. 절도 범죄 역시 0.842로 밤 시간대 범죄 발생도 건축환경 변수를 통해 높은 수준으로 설명할 수 있음을 확인할 수 있다.

종합적으로, 본 OLS 회귀모형은 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 모두에서 높은 설명

력을 보였으며, 특히 절도 범죄의 경우 전 시간대에 걸쳐 가장 높은 r-squared 값을 나타내어, 건축·도시 물리환경 변수들이 절도 범죄 발생에 강력한 영향을 미치고 있음을 시사한다.

[표 3-8] 모델 별 OLS 회귀모형 성능평가 결과

	5대 범죄	강간폭력 범죄	절도 범죄
전체 시간	0.626	0.641	0.829
낮 시간	0.856	0.853	0.823
밤 시간	0.851	0.842	0.842

출처: 연구진 작성

② OLS 회귀모형 결과 - 유의미한 변수

OLS 분석 결과, 붉은색으로 표시된 변수는 범죄 건수에 유의미한(+)영향을 미치는 변수들로, 값이 증가할수록 범죄 건수를 촉진하는 역할을 한다고 볼 수 있다. 파란색으로 표시된 변수는 (-)영향을 미치는 변수들로, 해당 변수들은 범죄 건수를 억제하는 역할을 한다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 유의미한 기준의 p-value 값을 0.05 미만으로 설정하였다.

□ 5대범죄 (전체 시간 기준)

본 분석에서 여가시설 수, 지하철역 수, 주차장 수와 같은 변수들은 5대 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미쳤으며, 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 범죄 발생이 많았음을 시사한다. 반면, 카페 수, 업무시설 수, 보행로 면적이 높은 지역은 범죄 발생이 적었던 것으로 도출되었다.

구체적으로, 여가시설 수의 Coefficient 값은 5.23으로 가장 높게 나타났으며, 이는 여가시설이 많은 곳일수록 5대 범죄 발생이 증가할 수 있음을 의미한다. 이는 여가시설 주변에 많은 사람들이 모여면서 자연스럽게 범죄 발생 위험이 증가할 수 있다는 점을 하나의 이유로 예상해 볼 수 있다.

한편, 카페 수 변수는 Coefficient 값이 -2.44로 가장 큰 음(-)의 절대값을 보였다. 카페는 여가시설과 마찬가지로 많은 사람을 모을 수 있는 시설임에도 불구하고, 회귀계수가 반대로 나타난 것이다. 이는 카페가 입지하는 곳이 개방적이고 밝은 분위기이거나, 카페가 들어서면서 그러한 분위기가 만들어진다고도 해석할 수 있다. CPTED에서 활동 활성화를 원칙으로 삼는 것도 이러한 시설이 범죄 예방에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 이유가 될 수 있을 것이다.

[표 3-9] 5대 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
인구 수	0.000619	0.000303	2.039664	0.041482
지하철역 수	3.802143	1.039397	3.658027	0.000259
버스정류장 수	1.182969	0.231319	5.114005	3.38E-07
주차장 수	2.400245	1.00786	2.381527	0.017311
업무시설 수	-0.40684	0.102063	-3.98621	6.89E-05
카페 수	-2.44243	0.537366	-4.54519	5.73E-06
은행 수	0.825671	0.237406	3.477889	0.000513
술집 수	1.616237	0.088236	18.31716	1.07E-70
여가시설 수	5.239548	0.818997	6.39752	1.86E-10
음식점 수	0.05176	0.019865	2.605562	0.009223
소매시설 수	0.660692	0.085658	7.713131	1.72E-14
의료시설 수	0.364777	0.03454	10.56085	1.43E-25
숙박시설 수	1.29235	0.265028	4.876281	1.14E-06
보행로 면적	-0.00041	0.000179	-2.30963	0.020985
건물 개수	0.037823	0.006661	5.67836	1.51E-08

출처: 연구진 작성

□ 5대범죄 (낮 시간 기준)

낮 시간대의 OLS 분석 결과, 지하철역 수, 여가시설 수, 주차장 수와 같은 변수들은 5대 범죄 발생에 가장 큰 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 낮 시간대에 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 범죄 발생이 높을 수 있음을 시사한다. 반면, 업무시설 수, 편의점 수, 카페 수, 보행로 면적과 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치는 변수로 범죄 발생이 낮을 수 있음을 보여준다. 특히 하루 종일을 기준으로 한 모델과는 달리 편의점 수가 범죄 발생에 음의 영향을 미치는 유의미한 변수로 도출되었다.

편의점 수 변수가 하루 종일을 기준으로는 범죄 발생과 통계적으로 유의한 관계가 나타나지 않지만, 낮 시간만 놓고 볼 때는 범죄 발생이 낮게 나타나는 요인으로 도출된 것은 편의점이 입지하는 위치가 낮 시간에 특히 범죄가 적게 발생하는 곳이라는 의미로 해석할 수 있다. 종합적인 분석을 위해서는 밤 시간 기준 분석 결과와 함께 해석할 필요가 있다.

[표 3-10] 5대 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
지하철역 수	3.604849	0.503274	7.162796	1.02E-12
버스정류장 수	0.283902	0.112004	2.534738	0.01131
주차장 수	1.436827	0.488004	2.944295	0.003265
업무시설 수	-0.15746	0.049419	-3.18634	0.001457
편의점 수	-0.35101	0.149472	-2.34831	0.018931
카페 수	-1.03471	0.260191	-3.97673	7.17E-05
은행 수	0.752717	0.114951	6.548132	6.96E-11
술집 수	0.43619	0.042724	10.20953	4.93E-24
여가시설 수	1.718366	0.396557	4.333219	1.52E-05
소매시설 수	0.572073	0.041475	13.79306	7.35E-42
의료시설 수	0.057497	0.016724	3.437898	0.000595
숙박시설 수	0.624773	0.128326	4.868644	1.19E-06
혼합용도 면적	8E-05	3.31E-05	2.417009	0.015715
상업용도 면적	2.85E-05	1.39E-05	2.057998	0.039687
보행로 면적	-0.00022	8.65E-05	-2.51338	0.012016
도로 폭	0.051372	0.019862	2.586476	0.009749
건물 개수	0.016194	0.003225	5.021006	5.48E-07

출처: 연구진 작성

□ 5대범죄 (밤 시간 기준)

밤 시간대 OLS 분석 결과, 여가시설 수, 술집 수, 버스정류장 수와 같은 변수들이 5대 범죄 발생에 가장 큰 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 밤 시간대에 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 범죄 발생이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수, 업무시설 수와 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치는 변수로, 범죄 발생이 낮아질 수 있는 관계가 있을 수 있음을 보여준다.

구체적으로, 여가시설 수의 Coefficient 값이 3.52로 가장 큰 양(+)의 값을 보였다. 이는 여가시설이 많은 지역에서 밤 시간대 5대 범죄 발생 가능성이 매우 높다는 것을 의미한다. 여가시설은 밤 시간에도 사람들이 자주 모이는 장소로, 이러한 환경에서는 범죄 발생 위험이 증가할 수 있다.

편의점 수는 낮 시간대 분석 결과와 반대로 범죄 발생과 양의 관계를 나타내었다. 종합적으로 본다면, 편의점은 낮에는 범죄가 적게 발생하지만 밤에는 범죄가 더 많이 발생하여 하루 종일을 기준으로 판단할 때는 범죄가 더 적거나 많이 발생하는 관계가 없는 입지에 위치하는 것으로 볼 수 있다. 보행로 면적은 유의한 관계가 나타나지 않았는데, 하루 종일 기준에서 나타난 범죄 발생과 음의 관계는 낮

시간대 범죄 발생이 감소하는 관계가 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

[표 3-11] 5대 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
인구 수	0.000406	0.000187	2.164381	0.030523
버스정류장 수	0.899067	0.142949	6.289406	3.71E-10
CCTV 수	0.073578	0.025693	2.863761	0.004219
업무시설 수	-0.24938	0.063072	-3.95387	7.89E-05
편의점 수	0.69519	0.190769	3.644147	0.000273
카페 수	-1.40772	0.332078	-4.23912	2.32E-05
술집 수	1.180047	0.054528	21.64124	7.72E-96
여가시설 수	3.521182	0.506119	6.957223	4.35E-12
음식점 수	0.049066	0.012276	3.99686	6.59E-05
의료시설 수	0.30728	0.021345	14.39578	2.6E-45
숙박시설 수	0.667577	0.16378	4.076051	4.71E-05
건물 개수	0.021629	0.004116	5.254587	1.6E-07

출처: 연구진 작성

□ 강간폭력 범죄 (전체 시간 기준)

전체 시간을 기준으로 한 OLS 분석 결과, 여가시설 수, 술집 수, 지하철역 수와 같은 변수들이 강간폭력 범죄 발생에 가장 큰 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 강간폭력 범죄 발생 가능성이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수는 강간폭력 범죄 발생을 억제하는 음(-)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다.

[표 3-12] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
지하철역 수	1.374385	0.653813	2.102107	0.035637
버스정류장 수	0.539203	0.145507	3.705679	0.000215
CCTV 수	0.064754	0.026152	2.476041	0.013346
편의점 수	0.840068	0.194182	4.326185	1.57E-05
카페 수	-1.46746	0.33802	-4.34135	1.47E-05
술집 수	1.120531	0.055503	20.18854	1.79E-84
여가시설 수	2.144249	0.515174	4.162181	3.25E-05
음식점 수	0.041827	0.012496	3.347258	0.000827
의료시설 수	0.327717	0.021727	15.08335	2.12E-49
숙박시설 수	0.947615	0.166711	5.684186	1.46E-08
건물 개수	0.023809	0.00419	5.682581	1.47E-08

출처: 연구진 작성

□ 강간폭력 범죄 (낮 시간 기준)

낮 시간을 기준으로 한 OLS 분석 결과, 지하철역 수, 술집 수, 의료시설 수와 같은 변수들이 강간폭력 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 낮 시간대에 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 강간폭력 범죄 발생 가능성이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수는 음(-)의 영향을 미치는 변수로, 범죄 발생을 억제하는 역할을 할 수 있음을 보여준다.

[표 3-13] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
지하철역 수	1.280289	0.252111	5.07827	4.07E-07
편의점 수	0.166432	0.074877	2.222747	0.026316
카페 수	-0.42997	0.130341	-3.29885	0.000984
술집 수	0.200456	0.021402	9.36617	1.55E-20
소매시설 수	0.048892	0.020777	2.353188	0.018685
의료시설 수	0.072129	0.008378	8.609389	1.23E-17
숙박시설 수	0.346415	0.064284	5.388837	7.71E-08
혼합용도 면적	4.83E-05	1.66E-05	2.913326	0.003606
상업용도 면적	1.94E-05	6.95E-06	2.790983	0.005292
건물 개수	0.007385	0.001616	4.571192	5.07E-06

출처: 연구진 작성

□ 강간폭력 범죄 (밤 시간 기준)

밤 시간대를 기준으로 한 OLS 분석 결과, 여가시설 수, 술집 수, 편의점 수와 같은 변수들이 강간폭력 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 밤 시간대에 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 강간폭력 범죄 발생 가능성이 높을 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수, 업무시설 수, 소매시설 수와 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치며, 범죄 발생을 억제하는 역할을 할 수 있음을 보여준다.

[표 3-14] 강간폭력 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
버스정류장 수	0.48502	0.105854	4.581978	4.82E-06
CCTV 수	0.061878	0.019025	3.25239	0.001159
업무시설 수	-0.11426	0.046705	-2.44645	0.014491
편의점 수	0.673636	0.141264	4.768625	1.95E-06
카페 수	-1.03749	0.245903	-4.21909	2.53E-05
술집 수	0.920075	0.040378	22.78671	3.5E-105
여가시설 수	2.078926	0.37478	5.547052	3.19E-08
음식점 수	0.037086	0.00909	4.079667	4.64E-05
소매시설 수	-0.08453	0.039198	-2.15659	0.031127
의료시설 수	0.255587	0.015806	16.17023	3.47E-56
숙박시설 수	0.601199	0.121279	4.957155	7.6E-07
건물 개수	0.016424	0.003048	5.38834	7.73E-08

출처: 연구진 작성

□ 절도 범죄 (전체 시간 기준)

전체 시간을 기준으로 한 OLS 분석 결과, 여가시설 수, 지하철역 수, 소매시설 수와 같은 변수들이 절도 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 절도 범죄 발생 가능성이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수, 편의점 수, 업무시설 수와 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치며, 범죄 발생을 억제하는 역할을 할 수 있음을 보여준다. 특히 용적률이 음(-)의 영향을 미치는 유의미한 변수로 도출된 점이 주목할 만하다. 용적률의 Coefficient 값은 -0.00416으로, 적은 값이나 용적률이 높은 지역일수록 절도 범죄 발생이 감소할 가능성이 있음을 시사한다.

[표 3-15] 절도 범죄 OLS 결과 - 전체 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
지하철역 수	2.401081	0.546234	4.395697	1.15E-05
버스정류장 수	0.647476	0.121565	5.326158	1.09E-07
주차장 수	1.440961	0.529661	2.720538	0.00656
업무시설 수	-0.33081	0.053637	-6.16748	7.99E-10
편의점 수	-0.48269	0.162231	-2.97529	0.002953
카페 수	-0.98426	0.282402	-3.48532	0.000499
은행 수	0.889461	0.124764	7.129157	1.29E-12
술집 수	0.495616	0.046371	10.68812	3.87E-26
여가시설 수	3.094835	0.430407	7.190479	8.34E-13
소매시설 수	0.695097	0.045016	15.44115	1.37E-51
숙박시설 수	0.326162	0.13928	2.341771	0.019266
혼합용도 면적	7.8E-05	3.59E-05	2.171241	0.030001
보행로 면적	-0.00032	9.39E-05	-3.40584	0.000669
도로 폭	0.052291	0.021557	2.425689	0.015345
건물 개수	0.013389	0.0035	3.824798	0.000134
용적률	-0.00416	0.001961	-2.12076	0.034034

출처: 연구진 작성

□ 절도 범죄 (낮 시간 기준)

낮 시간대를 기준으로 한 OLS 분석 결과, 지하철역 수, 여가시설 수, 주차장 수와 같은 변수들이 절도 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 낮 시간대에 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 절도 범죄 발생 가능성이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수, 편의점 수, 업무시설 수와 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치는 변수로 나타났다.

□ 절도 범죄 (밤 시간 기준)

밤 시간대를 기준으로 한 OLS 분석 결과, 여가시설 수, 버스정류장 수, 소매시설 수와 같은 변수들이 절도 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 이는 이러한 시설들이 밀집된 지역에서 밤 시간대 절도 범죄 발생 가능성이 높아질 수 있음을 시사한다. 반면, 카페 수, 업무시설 수, 세탁소 수와 같은 변수들은 음(-)의 영향을 미치는 변수로 나타났다.

[표 3-16] 절도 범죄 OLS 결과 - 낮 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
지하철역 수	2.297708	0.352251	6.522924	8.22E-11
버스정류장 수	0.22938	0.078394	2.925989	0.003463
주차장 수	1.067972	0.341563	3.126717	0.001787
가판대 수	0.000728	0.00031	2.346681	0.019014
업무시설 수	-0.1931	0.034589	-5.58279	2.61E-08
편의점 수	-0.51155	0.104619	-4.88964	1.07E-06
카페 수	-0.59638	0.182113	-3.27481	0.001071
은행 수	0.662228	0.080457	8.230861	2.87E-16
술집 수	0.235143	0.029903	7.863461	5.37E-15
여가시설 수	1.657589	0.277558	5.972055	2.65E-09
소매시설 수	0.518515	0.029029	17.86168	1.68E-67
숙박시설 수	0.273589	0.089818	3.04604	0.002341
보행로 면적	-0.00018	6.05E-05	-3.03971	0.002391
도로 폭	0.035941	0.013902	2.58537	0.00978
건물 개수	0.008654	0.002257	3.833845	0.000129

출처: 연구진 작성

[표 3-17] 절도 범죄 OLS 결과 - 밤 시간기준

	Coef.	Std.Err.	t	P> t
인구 수	0.000137	6.91E-05	1.977277	0.048113
버스정류장 수	0.418096	0.052738	7.927788	3.25E-15
가로등 수	0.008344	0.004161	2.005285	0.045033
업무시설 수	-0.1377	0.023269	-5.91781	3.68E-09
세탁소 수	-0.16622	0.084072	-1.97712	0.04813
카페 수	-0.38788	0.122513	-3.166	0.001563
은행 수	0.227233	0.054126	4.198253	2.78E-05
술집 수	0.260474	0.020117	12.94807	3.1E-37
여가시설 수	1.437246	0.186721	7.697278	1.94E-14
음식점 수	0.011639	0.004529	2.56982	0.010229
소매시설 수	0.176582	0.019529	9.042027	2.88E-19
의료시설 수	0.049758	0.007875	6.318645	3.08E-10
혼합용도 면적	4.78E-05	1.56E-05	3.069635	0.002165
보행로 면적	-0.00014	4.07E-05	-3.33227	0.000873
건물 개수	0.004734	0.001519	3.117525	0.001843
용적률	-0.00195	0.000851	-2.2872	0.022262

출처: 연구진 작성

① OLS 회귀모형 결과 정리 - 유의미한 변수

해당 절에서는 변수들의 유의미성 여부와 범주에 미치는 영향을 색상으로 구분하여 시각화하고 있다. 빨간색은 해당 변수가 범주 발생에 유의미한 양(+)의 영향을 미치는 변수임을 나타내며, 파란색은 유의미한 음(-)의 영향을 주는 변수를 의미한다. 회색으로 표시된 변수는 통계적으로 유의미하지 않은 변수들($p\text{-value} > 0.05$)을 나타내고 있다. 점선으로 표시된 변수들은 VIF(다중공선성 지표)나 상관관계, 또는 공간 패턴에서 이상치로 판정되어 분석에서 제외된 변수들이다. 이를 통해 각 범주 유형에 따라 어떤 변수가 중요한 역할을 하는지, 그리고 해당 변수들이 범주에 미치는 영향의 방향성을 한눈에 파악할 수 있다.

□ [전체시간 기준] 범죄별 유의미한 변수 비교

세 가지 범죄 유형에서 공통적으로 술집 수, 여가시설 수, 지하철역 수, 버스정류장 수 등은 범죄 발생을 촉진하는 변수로 나타난 반면, 카페 수 변수는 범죄 발생과 음의관계를 가지는 공통 변수로서 도출되었다. 그러나 범죄 유형에 따라 다른 관계를 보이는 물리환경도 존재한다. 예를 들어, 편의점 수는 강간폭력 범죄에서는 범죄 발생과 양의 영향을 가지지만, 절도 범죄에서는 음의 영향을 가지는 등 범죄 유형에 따라 상반된 영향을 미친다.



[그림 3-36] 전체시간 기준 범죄별 유의미한 변수 시각화

출처: 연구진 작성

□ [낮 시간 기준] 범죄별 유의미한 변수 비교

낮 시간 기준으로 5대 범죄, 강간폭력 범죄, 절도 범죄에 대한 OLS 회귀분석 결과, 범죄 유형별로 유의미한 변수를 비교하며 몇 가지 공통점과 차이점을 확인하

범죄 유형별 차이가 나타나는 물리환경 변수도 도출되었다. 예를 들어, 편의점 수는 5대 범죄와 절도 범죄에서는 음의 영향을 미치는 변수로 도출되었지만, 강간폭력 범죄에서는 양(+)의 영향을 미치는 변수로 도출되었다. 한편, 도로 폭과 보행로 면적과 같은 도시 인프라와 관련된 변수들은 5대 범죄와 절도 범죄에서 주로 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.





[그림 3-38] 밤 시간 기준 범죄별 유의미한 변수 시각화

출처: 연구진 작성

2) Random Forest/SHAP/PDP 결과

① Random Forest

랜덤포레스트 모델을 활용해 5대 범죄, 강간폭력 범죄, 절도 범죄에 대한 예측 성능을 평가하였고, 각 범죄 유형별로 Test accuracy를 기준으로 모델 성능을 비교하였다. 분석은 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간으로 세분화하여 진행되었으며, 모델의 성능은 정확도(Accuracy)를 주요 평가지표로 사용하여 평가되었다. 표X는 범죄 유형별 예측 성능의 차이를 확인할 수 있다.

랜덤포레스트 모델의 테스트 정확도는 전체 시간 기준 0.878로 가장 높게 나타났으며, 낮 시간에는 0.856, 밤 시간에는 0.851의 정확도를 기록하였다. 이는 모델이 전반적으로 5대 범죄 예측에 높은 성능을 보이며, 특히 낮 시간보다 전체 시간에서 더 높은 정확도를 기록한 것을 알 수 있다.

강간폭력 범죄에 대한 랜덤포레스트 모델의 테스트 정확도는 전체 시간 기준 0.855로 나타났으며, 낮 시간에는 0.853, 밤 시간에는 0.842로 비교적 낮은 수치를 보였다. 이는 강간폭력 범죄에 대한 예측 성능이 시간대에 따라 큰 차이는 없으나, 밤 시간대에는 약간의 성능 저하가 발생했음을 의미한다.

절도 범죄 예측에 대한 랜덤포레스트 모델의 테스트 정확도는 전체 시간 기준 0.829로 가장 낮게 나타났으며, 낮 시간에는 0.823, 밤 시간에는 0.842로 나타났다. 특히 절도 범죄의 경우, 밤 시간대에 더 높은 정확도를 보였는데, 이는 밤 시간에 특정 패턴이 더 뚜렷하게 나타나 예측 성능이 향상되었을 가능성이 있다.

[표 3-18] 랜덤포레스트 모델 성능 - Test accuracy 기준

	5대 범죄	강간폭력 범죄	절도 범죄
전체 시간	0.878	0.855	0.829
낮 시간	0.856	0.853	0.823
밤 시간	0.851	0.842	0.842

출처: 연구진 작성

② SHAP/PDP

SHAP(Shapley Additive Explanations)와 PDP(Partial Dependence Plot)는 모델 예측에 각 피처가 미치는 영향을 시각적으로 요약하여 보여준다. SHAP plot은 피처의 상대적 중요도와 예측 결과와의 관계를 동시에 시각화하며, 각 점의 위치와 색상을 통해 피처 값이 예측에 미치는 영향을 직관적으로 나타낸다. 파란색 점은 피처 값이 낮을 때, 빨간색 점은 값이 높을 때를 나타내며, 피처가 예측에 미치는 영향과 분포를 한눈에 파악할 수 있다.

PDP plot은 개별 피처의 변화에 따른 예측 값의 변동을 보여준다. 이를 통해 특정 피처가 증가하거나 감소할 때 모델의 예측이 어떻게 변하는지를 직관적으로 알 수 있으며, 모델의 의사결정에 중요한 피처들을 쉽게 식별할 수 있다.

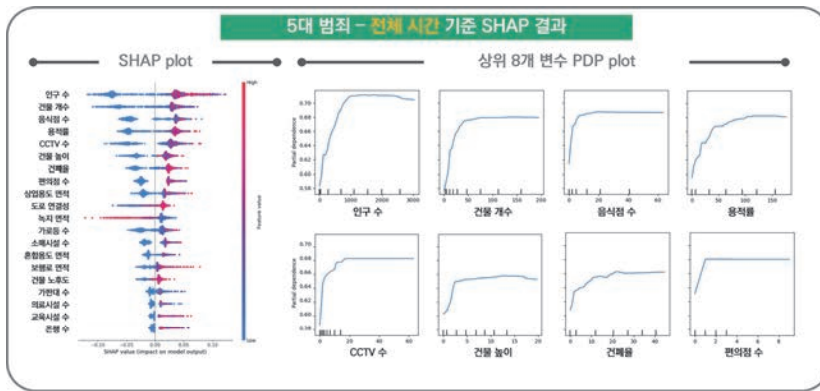
따라서 본 연구에서는 SHAP와 PDP 분석을 통해 범죄 예측 모델에서 중요한 피처들을 확인하고, 각 피처가 범죄 발생 가능성에 어떻게 영향을 미치는지 파악하여, 이를 바탕으로 효과적인 범죄 예방 전략을 수립하는 데 활용하고자 한다.

□ 5대 범죄 (전체 시간 기준)

SHAP 분석 결과, 5대 범죄의 전체 시간 기준에서 인구 수, 건물 개수, 음식점 수, 용적률, CCTV 수 등의 상위 변수들이 모델 예측에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 변수들은 범죄 발생 가능성에 대한 모델의 예측에 크게 기여하는 피처들로 확인되었다.

인구 수는 가장 중요한 변수로, 인구가 많을수록 범죄 발생 예측값이 증가하는 경향을 보인다. SHAP plot에서 인구 수가 높을 때 SHAP 값이 양수로 나타나며, 이는 인구 밀집 지역에서 범죄 발생 가능성이 더 크다는 것을 의미한다. PDP plot에서도 인구 수가 증가함에 따라 예측 확률이 가파르게 상승하는 것을 확인할 수 있다. 특히 약 1000명의 지점까지 예측확률이 급격하게 상승하는 것을 확인할 수 있다. 건물 개수 역시 중요한 변수로, 건물 수가 증가할수록 범죄 발생 예측이

높아지는 패턴을 보인다. 많은 건물이 있는 지역에서는 인구 활동이 활발해지며, 그에 따라 범죄 위험이 증가할 수 있음을 시사한다. 특히 250m 그리드 당 약 50 개 이상의 건물 개수가 있을 시 범죄 발생 예측이 높아지는 패턴을 보인다.

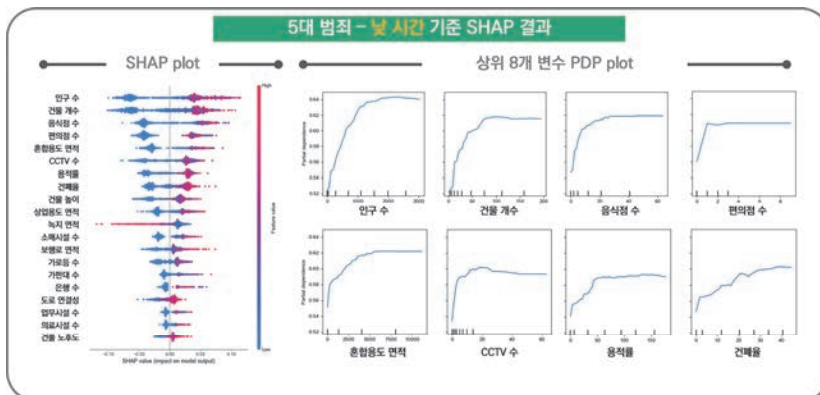


[그림 3-39] 5대범죄/전체시간 기준 SHAP 및 PDP 결과

출처: 연구진 작성

□ 5대 범죄 (낮 시간 기준)

SHAP 분석 결과, 5대 범죄의 낮 시간 기준에서 인구 수, 건물 개수, 음식점 수, 편의점 수, 혼합용도 면적 등의 상위 변수들이 모델 예측에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 변수들은 범죄 발생 가능성에 대한 모델의 예측에 크게 기여하는 피쳐들로 확인되었으며, 주목할 만한 변수 중 CCTV 수의 경우, 약 10대까지 설치된 지역에서는 범죄 발생 가능성이 급격히 증가하는 경향을 보이며, 20



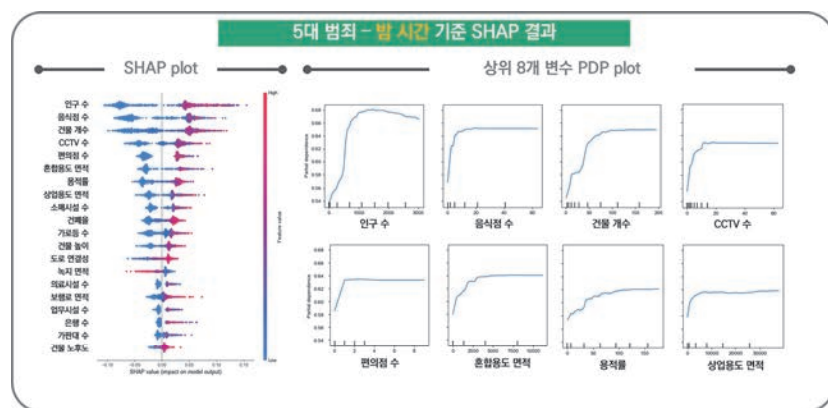
[그림 3-40] 5대범죄/낮 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과

출처: 연구진 작성

대 이상이 되면서 그 영향력이 점차 완만해진다. 이러한 현상은 CCTV가 매우 적은 경우 범죄가 덜 발생한다기보다는, 범죄가 일정 수준 이상 발생하는 지역에 CCTV가 어느 정도까지 설치되고 있는 현황을 보이는 것일 수 있다. 한편 CCTV 수가 일정 수준 이상 증가하면 범죄 발생에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

□ 5대 범죄(밤 시간 기준)

SHAP 분석 결과, 5대 범죄의 밤 시간 기준에서 인구 수, 음식점 수, 건물 개수, CCTV 수, 편의점 수 등의 상위 변수들이 모델 예측에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 변수들은 범죄 발생 가능성에 대한 모델 예측에서 큰 기여를 하는 피쳐들로 확인되었다. 구체적으로, 음식점 수의 경우 PDP plot을 통해 확인한 결과, 약 10개 이상의 음식점이 존재할 때부터 범죄 발생 가능성이 거의 일정한 패턴을 보인다. 즉, 음식점 수가 10개를 넘어서면 더 이상 범죄 발생 예측에 큰 변화가 없는 것으로 해석될 수 있다. 이는 음식점 수가 일정 수준 이상 많아지면 범죄 발생 가능성이 크게 다르지 않다는 점을 시사한다.



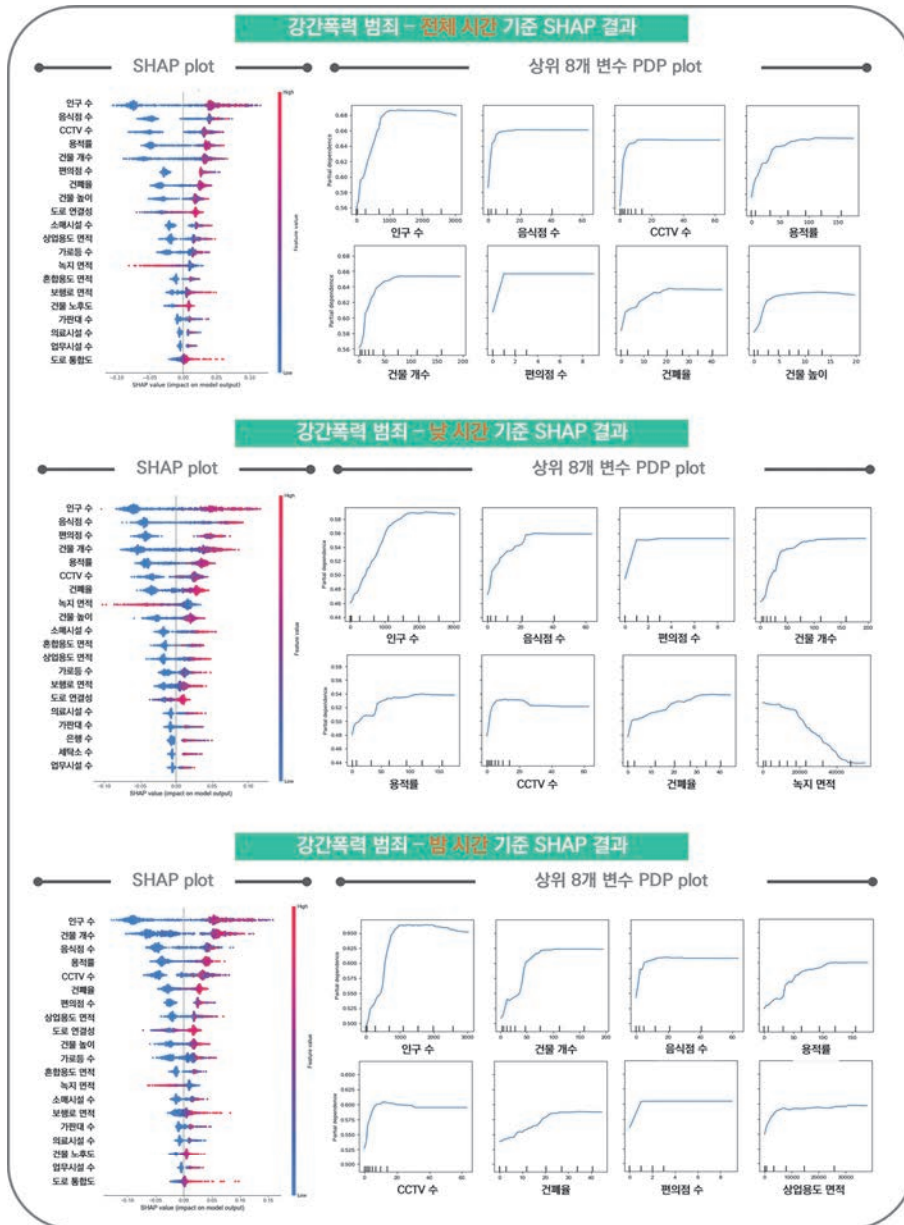
[그림 3-41] 5대범죄/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과

출처: 연구진 작성

□ 강간폭력 범죄(전체/낮/밤 시간 기준)

SHAP 분석 결과, 강간폭력 범죄에 대한 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 기준의 분석에서 인구 수, 음식점 수, CCTV 수, 건물 개수 등이 모델 예측에 중요한 영향을 미치는 상위 변수로 나타났다. 이 변수들은 시간대별로 강간폭력 범죄 발생 가능성에 중요한 기여를 하는 것으로 분석되었으며, 각 시간대별로 주목할 만한 결과들이 도출되었다. 전체 시간 기준으로는 인구 수와 음식점 수가 가장 중요한 변수

로 나타났으며, 인구가 많고 음식점이 밀집된 지역에서 강간폭력 범죄 발생 가능성이 높아지는 것으로 분석되었다. CCTV 수도 중요한 변수로, CCTV가 많은 지역에서 범죄 발생이 많은 경향을 보였다.



[그림 3-42] 강간폭력 범죄/전체/낮/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과

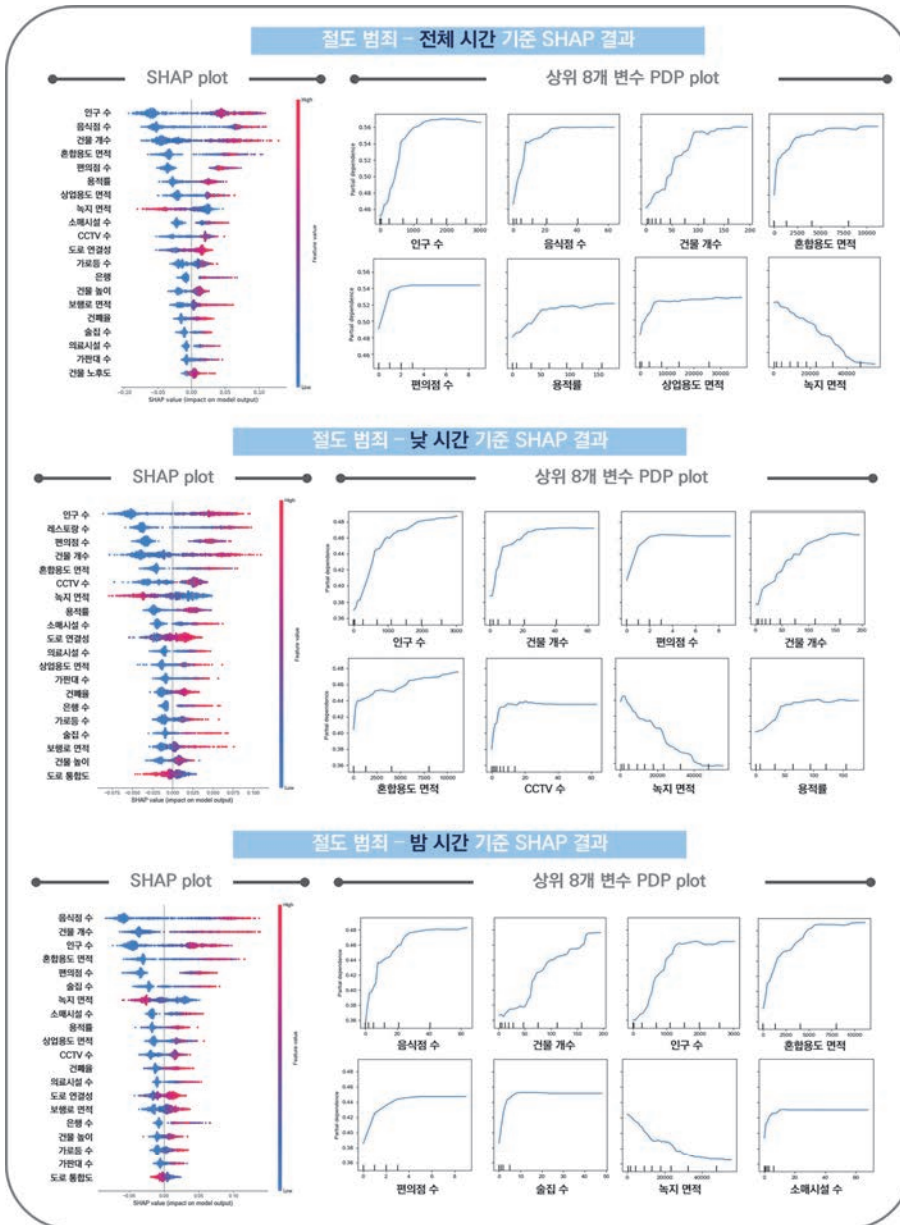
출처: 연구진 작성

낮 시간 기준으로 인구 수와 음식점 수가 여전히 중요한 변수로 나타났다. 특히, 낮 시간대에는 녹지 면적 변수가 주목할 만하다. 다른 대부분의 상위 변수들이 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미치는 것과 달리, 녹지 면적은 강간폭력 범죄 발생에 음(-)의 영향을 미치는 변수로 나타났다. 이는 녹지 공간이 많은 지역일수록 낮 시간대 범죄 발생이 감소하는 경향을 보여준다. PDP 플롯에서도 녹지 면적이 증가할수록 범죄 발생 예측 확률이 감소하는 패턴이 확인된다.

□ 절도 범죄 (전체 시간/낮/밤기준)

SHAP 분석 결과, 절도 범죄에 대한 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 기준에서 인구 수, 음식점 수, 건물 개수, 편의점 수, 혼합용도 면적, 녹지 면적 등이 모델 예측에 중요한 영향을 미치는 상위 변수로 나타났다. 특히 주목할 만한 점은 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 모두에서 녹지 면적이 상위 변수로 도출되었으며, 모든 시간대에서 녹지 면적이 범죄 발생과 음(-)의 관계를 가지는 것으로 확인되었다.

전체 시간 기준으로 인구 수, 음식점 수, 건물 개수가 절도 범죄 예측에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 나타났다. 특히 녹지 면적은 SHAP plot과 PDP plot에서 범죄 발생에 음(-)의 영향을 미치는 중요한 변수로 도출되었다. PDP plot을 통해 확인한 결과, 녹지 면적이 많아질수록 절도 범죄 발생 가능성이 감소하는 경향을 보인다. 낮 시간 기준에서도 인구 수, 건물 개수, 편의점 수가 절도 범죄 발생에 중요한 변수로 나타났으며, 녹지 면적이 음의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. PDP plot에서도 녹지 면적이 증가함에 따라 범죄 발생 예측 확률이 감소하는 패턴을 확인할 수 있다. 밤 시간 기준으로는 음식점 수, 건물 개수, 인구 수 등이 범죄 발생 예측에 중요한 변수로 나타났으며, 밤 시간대 역시 녹지 면적이 상위 변수로 도출되었고, 범죄 발생 가능성과 음의 관계를 가지는 것으로 나타났다.



[그림 3-43] 절도 범죄/전체/낮/밤 시간 기준 SHAP 및 PDP 결과

출처: 연구진 작성

3) 공간회귀 모형 결과

① 공간회귀 모형 변수 추출

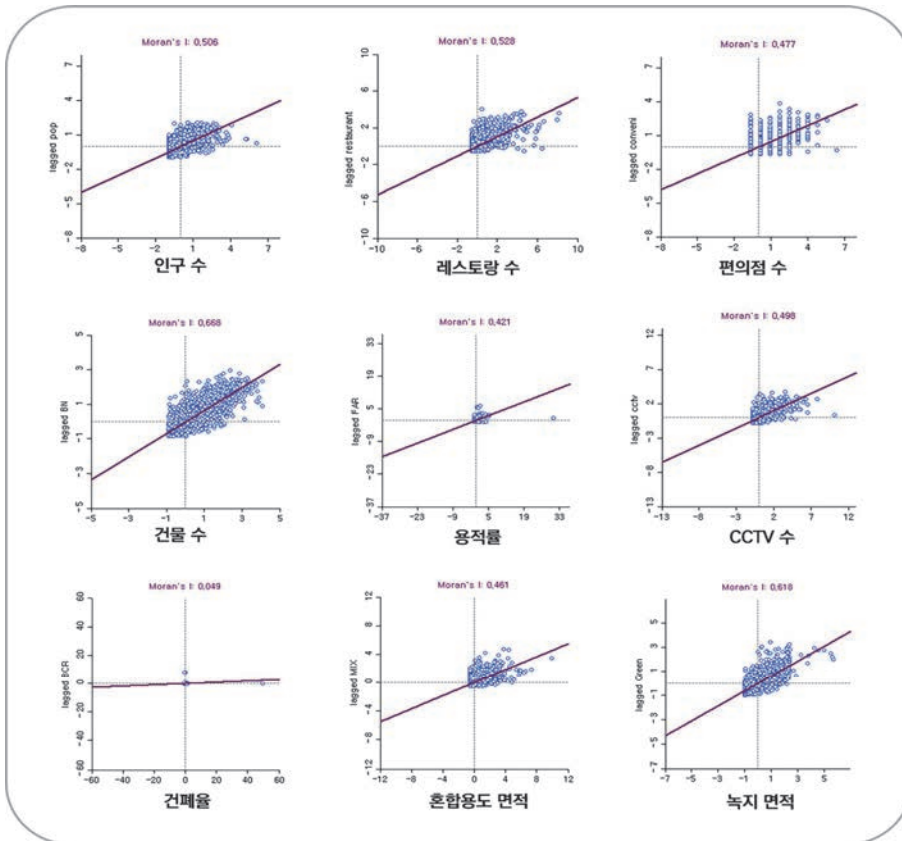
9개의 랜덤포레스트 모델(5대 범죄 전체/낮/밤, 강간·강제추행·폭력 전체/낮/밤, 절도 전체/낮/밤)에서 상위 8개 변수들이 추출되었으며, 이 중 4번 이상 공통적으로 도출된 상위 변수를 MGWR(Multiscale Geographically Weighted Regression) 모델의 변수로 채택하였다. 채택된 변수들은 인구 수, 음식점 수, 편의점 수, 건물 수, 용적률, CCTV 수, 건폐율, 혼합용도 면적, 녹지면적이다.

[표 3-19] MGWR 모델을 위한 변수 추출

변수	개수
인구 수	9
음식점 수	9
편의점 수	9
건물 수	9
용적률	8
CCTV 수	7
건폐율	5
혼합용도 면적	5
녹지면적	4
상업지역면적	3
건물높이	2
소매점 수	1
술집 수	1

출처: 연구진 작성

추가적으로 공간적 자기상관성을 확인한 결과, 건폐율 변수를 제외하고 나머지 변수들에서 공간적 자기상관성이 뚜렷하게 나타났다. 이는 범죄 발생이 특정 지역에 집중되거나 분포하는 경향이 있음을 시사하며, 공간적 패턴을 통해 범죄 예측과 예방에 필요한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 결과는 MGWR(Multiscale Geographically Weighted Regression) 모델을 적용해 각 변수들이 공간적 맥락에서 범죄 발생에 미치는 영향을 분석할 필요성이 있음을 보여준다. 따라서 공간적 자기상관성이 확인된 변수를 바탕으로 MGWR 모델에 활용하는 것은 각 변수의 지역적 차이를 반영한 정밀한 범죄 예측을 가능하게 하며, 이를 통해 더 효과적인 범죄 예방 전략을 수립하는 데 기여할 수 있다.



[그림 3-44] 변수별 공간적 자기상관성 결과 시각화

출처: 연구진 작성

② 공간회귀 모형 성능평가

MGWR 모형의 예측 성능을 평가하기 위해 R-squared 값을 비교하였다. 각 범죄 유형(5대 범죄, 강간폭력 범죄, 절도 범죄)에 대해 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간으로 나누어 MGWR 모형의 설명력을 확인하였다.

5대 범죄의 경우, 전체 시간 기준으로 0.741의 R-squared 값을 기록하여 MGWR 모형이 높은 설명력을 보였다. 특히 밤 시간대에는 0.798로 가장 높은 성능을 보였으며, 이는 밤 시간에 공간적 요인이 5대 범죄 발생에 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다. 반면, 낮 시간대는 0.543으로 상대적으로 낮은 설명력을 보였다.

강간폭력 범죄는 전체 시간 기준으로 0.750의 R-squared 값을 보이며, MGWR

모형이 강간폭력 범죄의 공간적 패턴을 잘 설명하고 있음을 알 수 있다. 밤 시간대에 가장 높은 설명력(0.796)을 기록하였으며, 낮 시간대는 0.520으로 가장 낮은 설명력을 보였다. 이는 강간폭력 범죄 역시 밤 시간에 공간적 요인과 강한 연관성을 가지는 경향을 시사한다.

절도 범죄는 다른 범죄 유형에 비해 전체적으로 낮은 설명력을 보였으나, 밤 시간대에 0.690의 R-squared 값을 기록하여 공간적 요인이 절도 범죄 발생에 중요한 영향을 미침을 보여주었다. 전체 시간 기준으로는 0.613, 낮 시간대에는 0.507로 상대적으로 낮은 설명력을 나타냈다.

[표 3-20] 범죄별/시간별 MGWR 성능 평가

	5대 범죄	강간폭력 범죄	절도 범죄
전체 시간	0.741	0.750	0.613
낮 시간	0.543	0.520	0.507
밤 시간	0.798	0.796	0.690

출처: 연구진 작성

③ 공간회귀 모형 - 시간대별 Bandwidth

Bandwidth 분석은 공간적으로 각 변수들이 범죄 발생에 미치는 영향 범위를 나타내는 중요한 지표이다. Bandwidth 값이 클수록 해당 변수가 넓은 지역에 걸쳐 영향을 미치며, 반대로 Bandwidth 값이 작을수록 특정 지역에 집중적인 영향을 미친다는 것을 의미한다. 이를 통해 범죄 발생에 주요 변수가 지역별로 어떻게 작용하는지, 시간대별로 그 영향 범위가 어떻게 변화하는지를 파악할 수 있다.

□ 전체 시간 기준 - Bandwidth 비교

인구 수는 5대 범죄(1894), 강간폭력 범죄(2079), 절도 범죄(1829) 모두에서 높은 Bandwidth 값을 기록했다. 이는 인구가 범죄 발생에 광범위하게 영향을 미치며, 인구 밀집 지역이 범죄 발생 위험이 높은 지역임을 시사한다. 용적률 또한 3개의 범죄 유형 모두에서 큰 값을 보였다(강간폭력 1502, 절도 2075, 5대 범죄 1931). 이는 고층 건물이나 상업 밀집도가 높은 지역이 전체 시간 동안 범죄 발생에 큰 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 편의점 수는 특히 절도 범죄에서 다른 범죄에 비해 높은 Bandwidth 값을 보였다(1051).

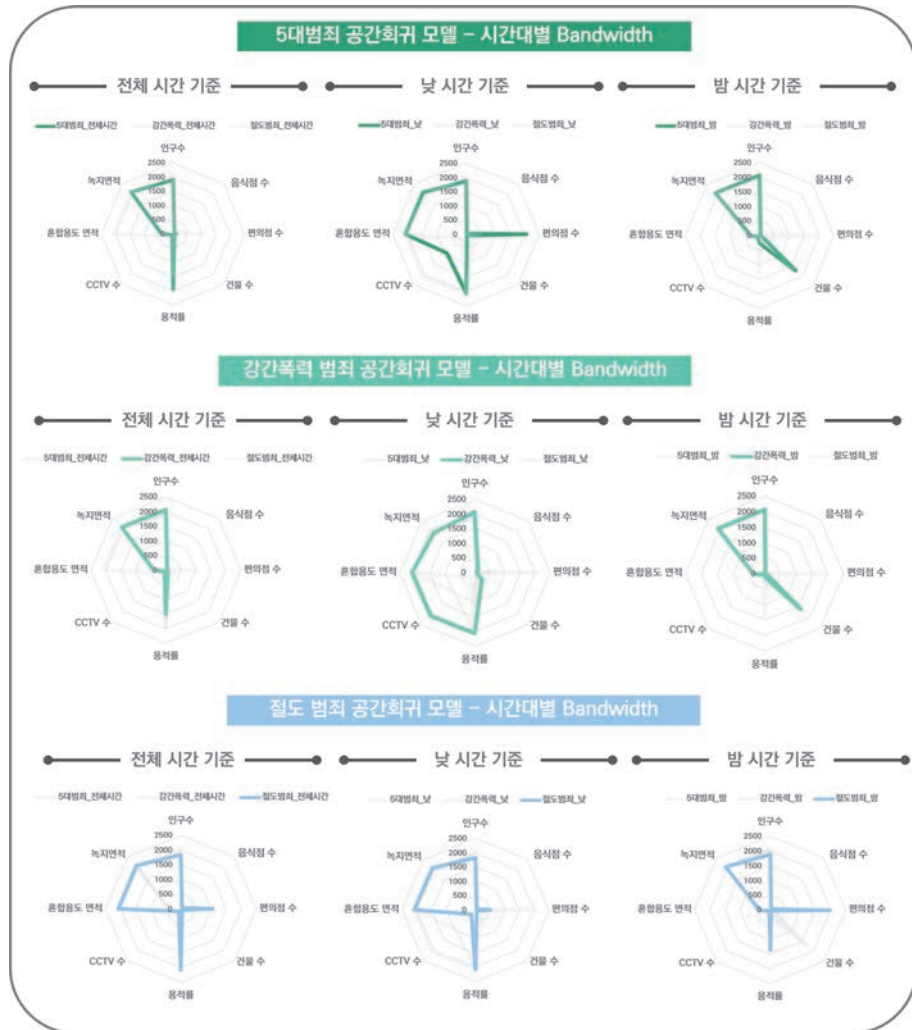
CCTV 수는 3개의 범죄 유형 모두에서 상대적으로 낮은 Bandwidth 값을 보였다 (67-102 범위). 이는 CCTV가 특정 지역에서 국지적인 범죄 예방 역할을 한다는 점을 시사한다.

□ 낮 시간 기준 - Bandwidth 비교

인구 수는 낮 시간에도 5대 범죄, 강간폭력, 절도 범죄에서 높은 Bandwidth를 유지했다 (1831-2079). 용적률은 낮 시간대에서 모든 범죄 유형에서 동일하게 큰 bandwidth 값을 기록했다 (2079). 편의점 수는 5대 범죄에서는 bandwidth가 매우 큰 반면, 강간폭력 범죄 및 절도 범죄에서는 작은 bandwidth 값이 도출되었다. 이는 편의점 수 변수가 5대 범죄보다는 그 범위가 좁다는 것을 의미한다. 즉, 편의점 수는 5대 범죄에 더 광범위한 영향을 미치고, 강간폭력 및 절도 범죄에서는 국지적인 영향을 미치는 경향을 보인다.

□ 밤 시간 기준 - Bandwidth 비교

밤 시간대의 Bandwidth 분석에서 몇 가지 주목할 만한 변수들은 녹지 면적과 건물 수, 편의점 수, 용적률 변수 등이다. 녹지 면적은 밤 시간대에 모든 범죄 유형에서 큰 Bandwidth 값을 보이며, 이는 녹지 면적이 범죄 발생에 더 광범위하게 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사한다. 건물 수는 5대 범죄와 강간폭력 범죄에서 밤 시간대 큰 bandwidth 값을 기록하는 반면, 절도 범죄에서는 작은 bandwidth 값을 나타낸다. 이는 건물 수의 경우 절도 범죄에서는 국지적인 영향력을 발휘한다고 해석할 수 있다.



[그림 3-45] 범죄별/시간별 MGWR Bandwidth

출처: 연구진 작성

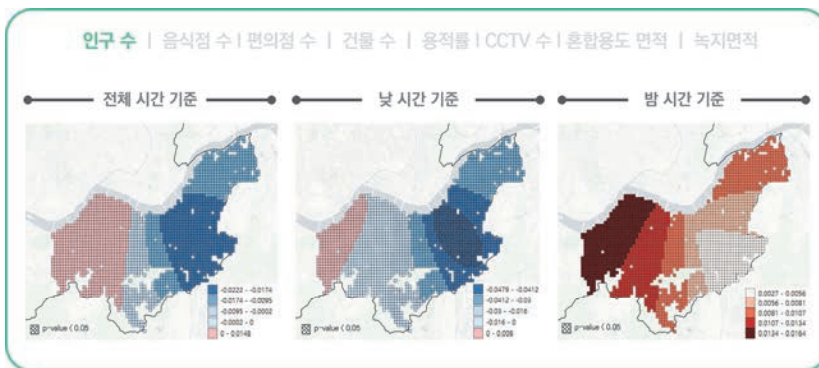
① 공간회귀 모형 결과 해석

본 연구에서는 5대 범죄를 중심으로 공간회귀 모형을 시각화하였으며, 이를 통해 각 변수와 범죄 발생 간의 관계를 분석하였다. 시각화된 결과에서는 붉은색 계열은 범죄 발생에 양(+)의 관계를 나타내며, 푸른색 계열은 음(-)의 관계를 나타낸다. 즉, 붉은 계열로 표시된 지역은 해당 변수가 증가할수록 범죄 발생 가능성이 높아지는 것을 의미하고, 푸른 계열은 반대로 범죄 발생을 억제하는 관계를 보인다고 해석할 수 있다.

각 그리드(grid)마다 범죄 발생과 특정 변수 간의 관계가 도출되며, 이는 공간적 변동성을 반영한다. 또한, 결과가 통계적으로 유의미한 경우, p-value가 0.05 미만인 그리드는 빗금으로 표시하였다. 이를 통해 유의미한 결과를 명확히 시각적으로 구분할 수 있었다. 본 연구에서는 다른 범죄 유형보다는 5대 범죄를 중심으로 변수 간의 공간적 상관관계를 분석하였으며, 시각화 결과는 5대 범죄에 국한되어 있다.

□ 인구수 변수

8개의 변수 중 인구수 변수를 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 기준으로 범죄 발생과의 공간적 관계를 시각화하였다. 인구수 변수는 전반적으로 밤 시간대에 더 강한 양(+)의 관계를 보이며, 인구 밀집 지역에서 범죄 발생 가능성이 크게 증가하는 양상을 보인다. 특히 송파구의 중심 부근에 위치한 곳은 낮 시간 범죄 발생과 인구 수와의 관계가 유의미하게 나타났다.

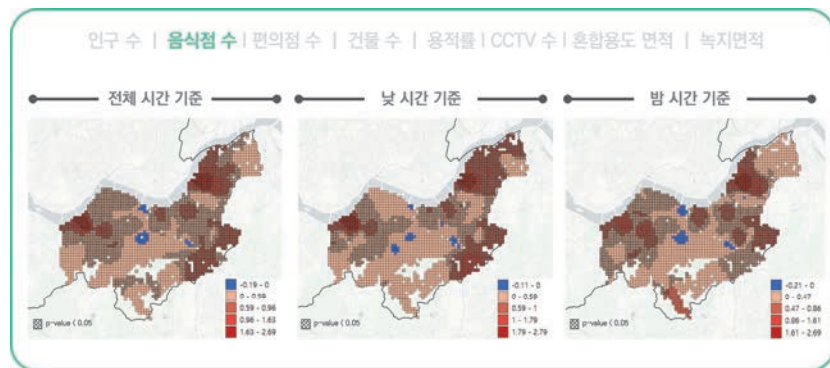


[그림 3-46] 인구수 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

□ 음식점 수 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

음식점 수 변수는 전반적으로 범죄 발생에 미치는 영향이 국지적으로 차별화된 패턴을 보였다. 모든 시간대에서 일관된 영향을 미치기보다는, 지역별로 그 영향이 다르게 나타났으며, 범죄 발생과의 관계가 양의 영향을 주로 보이지만 지역에 따라 그 강도가 상이하게 나타났다. 전반적으로 대부분의 지역에서 레스토랑 수는 범죄 발생에 양(+)의 관계를 나타냈다. 이는 레스토랑이 많은 지역에서 사람들의 유입이 많고, 이에 따라 범죄 발생 가능성도 높아질 수 있음을 시사한다. 그러나 모든 지역이 동일한 강도의 영향을 받지는 않았다. 특정 지역에서는 강한 양의 관계가 나타났지만, 일부 지역에서는 영향력이 상대적으로 약하거나 중립적인 패턴을 보였다. 레스토랑 수가 범죄 발생에 미치는 영향은 전반적으로 양의 관계를 보였으나, 지역별로 국지적인 차이가 관찰되었다. 특히, 일부 지역에서는 레스토랑 수와 범죄 발생 간에 음(-)의 관계가 나타나는 경우도 있다. 다만, 이러한 음의 관계는 제한된 지역에서만 관찰되었으며, 전반적인 양의 관계보다는 예외적인 현상으로 볼 수 있다. 시간대별로는 눈에 띄는 변화가 크게 나타나지 않았으며, 큰 변동성 없이 전반적으로 양의 영향을 미치는 패턴이 유지되었다는 점이 특징이다.



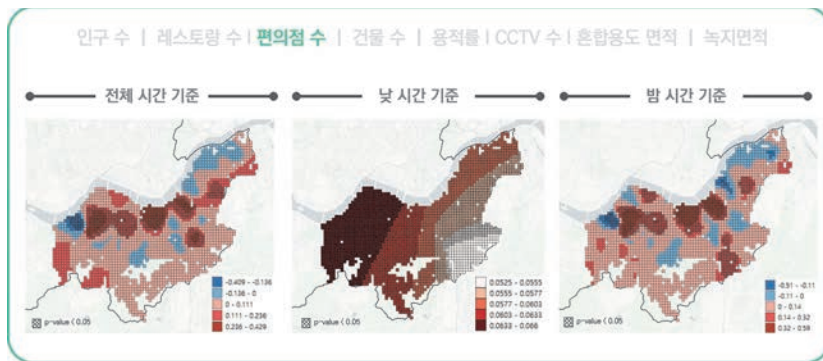
[그림 3-47] 음식점 수 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

□ 편의점 수 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

편의점 수 변수의 공간회귀 모형 결과를 살펴보면, 시간대에 따른 범죄 발생과의 관계가 뚜렷한 차이를 보인다. 특히 낮 시간 기준에서 범죄 발생에 양의 영향을 미치는 경향이 전역적으로 나타난 것이 가장 두드러진 특징이다. 전체 시간 기준으로는 편의점 수가 범죄 발생과 양의 관계와 음의 관계가 지역별로 혼재되어 나타났다. 편의점이 많은 일부 지역에서는 범죄 발생이 증가하는 경향을 보였지만,

다른 지역에서는 음의 영향을 미쳐 범죄 발생과 부정적인 관계를 보였다. 다만, 양의 관계를 보이는 그리드에서 통계적으로 유의미한 결과가 도출되는 경우가 많아, 편의점 수와 범죄 발생 간의 관계가 지역에 따라 달라질 수 있음을 보여준다. 낮 시간 기준으로는 양의 관계가 전반적으로 확인하게 나타났다. 대부분의 그리드에서 편의점 수가 많을수록 범죄 발생 가능성이 증가하는 것으로 분석되었으며, 이러한 양의 영향은 전역적으로 고르게 나타났다. 또한, 유의미한 값($p\text{-value} < 0.05$)을 보이는 그리드가 다수 분포함을 알 수 있다. 밤 시간 기준에서는 전체 시간과 유사하게 양의 관계와 음의 관계가 혼재된 패턴을 보였다. 하지만, 음의 영향을 미치는 그리드는 통계적으로 유의미하지 않은 경우가 많아, 주로 양의 관계가 더 중요한 변수로 작용한다고 해석할 수 있다.



[그림 3-48] 편의점 수 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

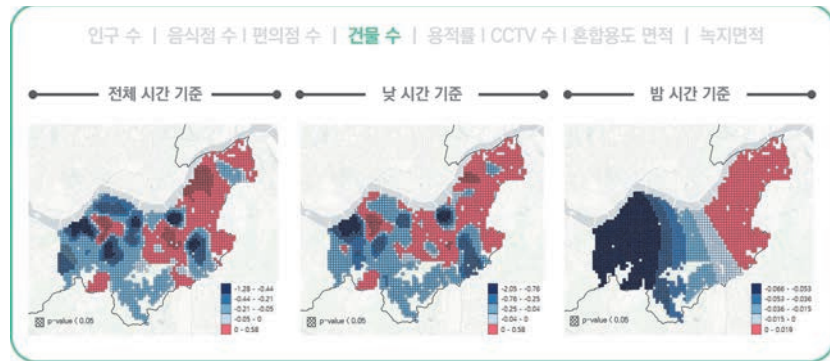
□ 건물 수 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

건물 수 변수의 공간회귀 모형 결과를 살펴보면, 양의 영향과 음의 영향이 혼재된 형태로 나타났다. 특히 지역에 따라 건물 수가 범죄 발생에 미치는 영향이 다르게 나타났으며, 송파구와 강동구 지역에서는 건물 수가 양의 영향을 미치는 그리드가 많고, 서초구와 강남구 지역에서는 건물 수가 음의 영향을 미치는 그리드가 많이 분포한 것이 주요 특징이다.

전체 시간 기준과 낮 시간 기준에서의 건물 수 변수는 양의 영향과 음의 영향이 혼재된 패턴을 보였다. 지역별로 건물 밀집도가 범죄 발생에 미치는 영향이 다르게 나타났으며, 양의 영향을 미치는 지역과 음의 영향을 미치는 지역이 국지적으로 분명하게 구분되었다.

밤 시간 기준에서는 건물 수 변수가 범죄 발생에 미치는 영향이 더욱 전역적으로

분포되었다. 밤 시간대는 낮 시간대에 비해 건물 수가 범죄 발생에 미치는 영향이 더 균일하게 나타나며, 더 넓은 지역에 걸쳐 영향을 미치는 것이 특징이다. 그럼에도 다른 시간 기준과 마찬가지로 강동구와 송파구 지역에서 건물 수 변수가 대체로 범죄 발생에 양의 영향을 미친다.



[그림 3-49] 건물 수 변수 - MGWR 결과 시각화

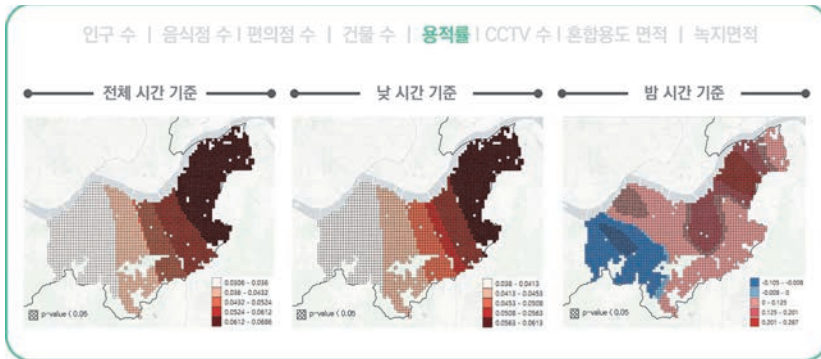
출처: 연구진 작성

□ 용적률 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

용적률 변수의 공간회귀 모형 결과를 살펴보면, 시간대별로 다른 패턴을 보이지만, 전체 시간과 낮 시간 기준에서 전반적으로 양의 영향을 미치는 경향이 두드러진다. 특히, 송파구와 강동구에 위치한 그리드에서 유의미한 값($p\text{-value} < 0.05$)이 도출된 경우가 많았다.

전체 시간 기준으로 용적률은 주로 양의 영향을 미치는 경향을 보인다. 송파구와 강동구 지역에서 유의미한 양의 관계가 나타났으며, 이 지역에서 용적률이 높을수록 범죄 발생 가능성이 증가하는 패턴을 보인다. 낮 시간 기준에서도 용적률은 전반적으로 양의 영향을 미치는 경향이 전체 시간과 유사하게 나타났다. 특히, 송파구와 강동구 지역에서 범죄 발생과 용적률 간의 양의 관계가 명확하게 도출되었다.

밤 시간 기준에서는 전체 시간과 낮 시간과는 다른 패턴이 나타났다. 서초구 지역에서 음의 영향을 미치는 그리드가 많이 분포하였다. 반면, 송파구, 강동구, 강남구 지역은 여전히 양의 관계가 뚜렷하게 나타났다.

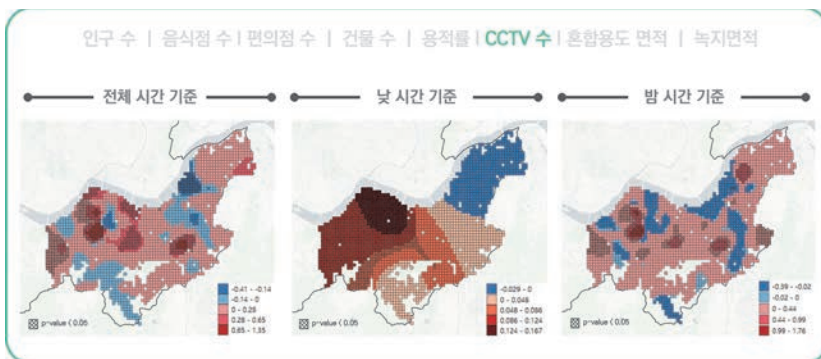


[그림 3-50] 용적률 수 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

□ CCTV 수 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

CCTV 수 변수를 기준으로 한 공간회귀 모형 결과를 살펴보면, 전체 시간과 밤 시간에서 패턴이 유사하게 나타났다. 양의 영향을 미치는 그리드와 음의 영향을 미치는 그리드가 혼재되어 있으며, 국지적인 영향을 보이는 지역들이 분포해 있는 것이 특징이다. 이는 전체 지역에 대해 CCTV 설치와 범죄 발생 간의 관계를 단순히 설명하기 어려움을 시사한다. 낮 시간 기준에서는 CCTV 수 변수의 영향력이 강동구 지역에서는 음의 영향을 미치는 것으로 도출되었으며, 이는 낮 시간대 범죄 발생 가능성이 CCTV가 많아지면서 줄어들 수 있음을 의미한다. 반면, 서초구와 강남구 일부 지역에서는 CCTV 수가 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다, 유의미한 p-value를 가지는 지역은 상대적으로 적었다.

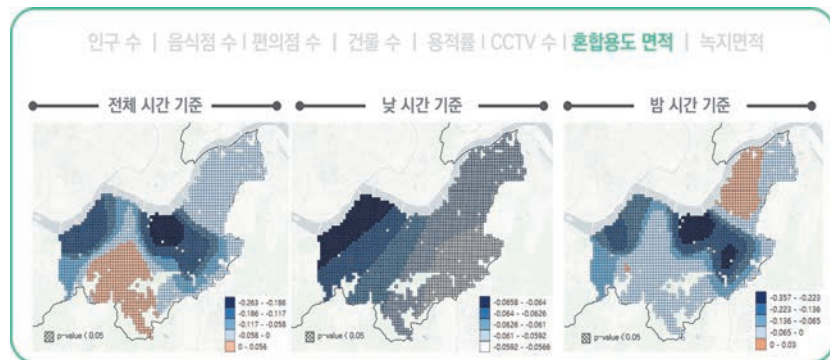


[그림 3-51] CCTV 수 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

□ 혼합용도 면적 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

혼합용도 면적 변수는 전반적으로 음의 영향을 미치는 패턴을 보인다. 이는 혼합된 용도로 사용되는 면적이 범죄 발생을 억제하는 경향이 있음을 나타낸다. 하지만, 시간대별로 그 영향력이 다르게 나타나며, 지역에 따라 양의 관계를 보이는 경우도 있다. 전체 시간 기준으로는 서초구와 강남구 일부 지역에서 혼합용도 면적이 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 대부분의 지역에서는 혼합용도 면적이 음의 영향을 보여, 혼합된 용도 지역에서 범죄 발생 가능성이 낮아질 수 있음을 시사한다. 낮 시간 기준에서는 전체적으로 음의 영향을 미치는 패턴이 두드러지며, 밤 시간 기준으로는 강동구 지역에서 혼합용도 면적이 양의 영향을 미치는 그리드가 다수 분포되어 있는 것이 눈에 띄는 한편, 다른 지역에서는 여전히 혼합용도 면적이 음의 영향을 미치며, 유의미한 p-value를 가지는 지역은 상대적으로 적었다.

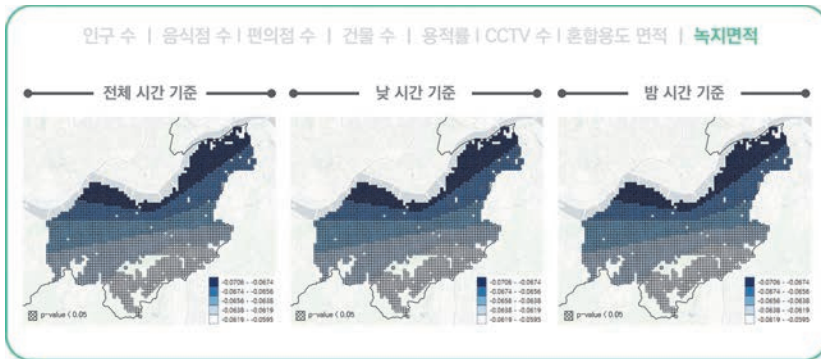


[그림 3-52] 혼합용도 면적 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

□ 녹지면적 변수 - 공간회귀 모형 결과 해석

녹지면적 변수는 전체 시간, 낮 시간, 밤 시간 기준 모두에서 일관되게 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 녹지 면적이 범죄 발생을 억제하는 역할을 할 수 있음을 시사한다. 전반적으로, 시간대별로 크게 차별화된 영향력은 보이지 않았다. 공간적으로는 북쪽이 더 강한 음의 영향을 나타내는 경향이 있었는데, 강남 지역임을 고려하면 한강에 인접한 녹지의 영향이 있음을 시사한다.



[그림 3-53] 녹지면적 변수 - MGWR 결과 시각화

출처: 연구진 작성

4) 분석 결과 종합 및 해석

인구 및 물리환경 요소와 범죄 발생과의 관계를 통계, 기계학습, 공간통계를 활용하여 분석하였다. 물리환경 요소 중 주거용도 면적, 도로 차선 수, 약국 수 등 일부 요소는 다른 요소와 다중공선성 또는 높은 상관관계를 보여 분석에서 제외하였으며, 유사한 요소의 분석 결과를 통하여 그 영향을 짐작할 수 있다.

인구는 수행된 대부분의 분석에서 범죄유형, 시간대와 관계없이 대체로 범죄 발생과 양의 상관관계를 보였다. 다만, 기계학습, 공간회귀 분석 결과 중 비선형적인 관계를 보이는 경우도 많이 나타났다.

토지이용 관련 요소 중에는 상업용도 및 혼합용도 면적은 범죄 발생과 양의 상관관계를 나타내었고, 반대로 녹지 면적은 대체로 음의 상관관계를 보였다. 서울 내에서 상업용도 면적과 녹지 면적의 배치를 맥락으로 고려할 때, 지역 내 인구밀도와 연관된 결과로 해석할 수 있다.

도로 네트워크 관련 요소 중에는 도로 폭이 범죄 발생과 일부 양의 상관관계를 나타내었고, 반대로 보행로 면적은 음의 상관관계를 보였다. 도로 폭의 경우도 마찬가지로 해당 지역의 인구밀도와 연관이 있는 결과로 해석된다. 한편, 인간 활동의 규모가 네트워크의 중심성과 연관이 있는 것으로 알려져 있는데, 이러한 중심성 관련 요소 중에는 범죄 발생과 상관관계가 나타난 요소가 없었다.

건축물 형태와 관련된 요소는 건축물의 규모와 밀도와 관련된 요소가 많았으며, 범죄 발생과 양의 관계를 보인 경우가 많았다. 건물 개수는 거의 모든 범죄유형, 시간대, 분석모델에서 범죄 발생과 양의 상관관계를 보였다. 용적률, 건폐율도

대체로 양의 상관관계를 나타냈다. 건물 높이는 일부 경우에서 비선형적인 관계가 존재하였다. 이러한 요소들은 토지이용의 집약도와 연관된 결과로 해석된다.

CCTV 수와 범죄 발생 사이에는 양의 상관관계 또는 비선형 관계가 혼재되어 나타났다. 공간회귀분석 결과에서 나타났듯이 CCTV 수의 영향을 전체 지역에 대하여 단순히 정의하기 어려우며, 이러한 관계가 다른 분석에서도 드러난 것으로 해석할 수 있다.

건축물 이용과 관련된 요소는 건축물 이용의 밀도와 관련된 요소가 많았으며, 많은 시설에서 시설 수와 범죄 발생 사이에 양의 상관관계가 나타났다. 버스정류장 수, 음식점 수, 숙박시설 수 등이 대표적인 경우였다. 음식점, 편의점 등은 대체로 범죄 발생과 양의 상관관계를 보이는 가운데 일부 경우에는 비선형 관계 또는 음의 상관관계를 나타내기도 하였다. 한편, 업무시설, 카페 등은 일관되게 음의 상관관계를 보였는데, 단순히 이러한 시설이 범죄 발생이 적은 지역에 입지한다고 해석할 수도 있으므로, 현장조사 등 다른 방법을 병행한 추가 연구를 통하여 구체적인 원인을 탐색할 필요가 있다.

범죄유형 시간대		5대범죄 전체												폭력(성폭력 포함)											
		중일			전체			낮			밤			절도			중일			낮			밤		
분석모델		회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	공간 회귀 분석	회귀 분석	랜덤 포레 스트	
인구 수		인구 수 + * * * * * * + * + * * + + + + * + + + * + *																							
물리환경 요소																									
토지이용																									
주거용도 면적																									
혼합용도 면적																									
상업용도 면적																									
녹지면적																									
공원면적																									
수변면적																									
공업면적																									
농업면적																									
나지면적																									
도로 네트워크																									
보행로 면적																									
도로 폭																									
도로 차선 수																									
도로 연결성																									
도로 각도 연결성																									
보도 연결성																									
보도 각도 연결성																									
도로 통합도																									
보도 통합도																									
건축물 형태																									
건물 개수																									
건물 높이																									
건폐율																									
용적률																									
건물 노후도																									
CCTV 수																									
CCTV 수																									
건축물 이용																									
세탁소 수																									
카페 수																									
소매시설 수																									
지하철역 수																									
가판대 수																									
은행 수																									
여가시설 수																									
버스정류장 수																									
주유소 수																									
술집 수																									
의료시설 수																									
가로등 수																									
경찰서 수																									
음식점 수																									
교육시설 수																									
주차장 수																									
약국 수																									
업무시설 수																									
숙박시설 수																									
편의점 수																									
공공시설 수																									

[그림 3-54] 분석 결과 종합

출처: 연구진 작성

5. 소결

이 장에서는 범죄 발생 지점의 건축·도시 물리환경 특성 분석을 통하여 물리환경 특성의 범죄 발생 영향을 분석하였다. 특히, 경찰청의 민간 건축물 대상 CPTED 인증제도의 효과에 대한 분석을 병행하여 건축·도시 통합 범죄안전을 위한 정책 추진방향을 도출하고자 하였다.

민간 건축물에 대한 CPTED 인증제도 운영에 따른 범죄예방 효과를 파악하기 위하여, 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 운영 현황과 범죄 발생 데이터를 결합하여 인증 전후 범죄 증감을 분석하였다. 먼저 서울시 범죄예방 우수시설 인증 실적을 분석하여 인증시설의 신규 여부, 최초 인증 및 직전 진단 연도 등을 파악하였다. 서울시 전역의 인증된 시설 총 328개 중 312개가 분석에 포함되었으며, 인증시설은 주차장과 원룸 등이 주를 이루었다.

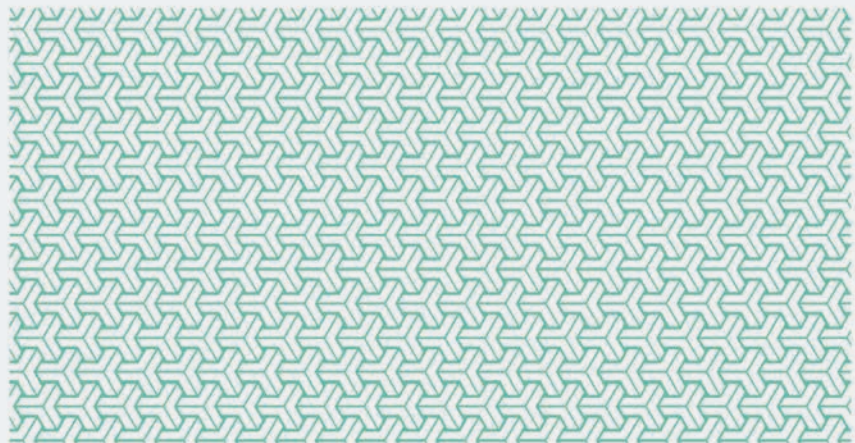
인증시설의 효과성 분석을 위해 2021~2023년 사이에 인증된 6개구(은평구, 금천구, 강동구, 강남구, 송파구, 서초구)의 24개 시설을 대상으로 100m 반경 내 범죄 데이터와 건물 내 범죄 데이터를 분석하였다. 100m 반경 내에서 범죄가 발생한 20개의 인증시설에서는 144건의 범죄가 발생했고, 범죄가 발생한 7개의 인증시설 건물 내에서는 13건의 범죄가 발생하였다. 일별 인증시설의 범죄율을 계산한 결과, 인증 후 일별 범죄율이 인증 전 범죄율 보다 낮았으나, 통계적으로 유의미하지는 않았다. 시설별 인증 전후 일별 범죄율 차이를 비교하여, 인증 전 범죄율이 더 높았던 시설 수와 인증 후 범죄율이 더 높았던 시설 수를 분석하였다. 그 결과 인증 후 범죄율이 인증 전 범죄율보다 낮았던 시설이 더 많았다.

건축·도시 물리환경 특성의 범죄 발생 영향 분석에서는 물리환경 요소들이 5대 범죄, 강간폭력 범죄, 절도 범죄 발생에 미치는 영향을 다각적으로 분석하기 위해 OLS(Ordinary Least Squares), 랜덤포레스트(RF), SHAP(Shapley Additive Explanations), PDP(Partial Dependence Plot), 그리고 MGWR(다중 지리적 가중 회귀분석) 기법을 사용하여 공간적 분석을 수행하였다. 구체적으로, SHAP 및 PDP를 통해 변수들의 예측 기여도를 시각적으로 해석하고, MGWR을 통해 공간적 이질성에 따른 범죄 발생 요인의 차이를 확인하였다. 특히, 인구 밀집 지역, 상업지역 밀집도, 녹지 면적 등의 요소가 시간대에 따라 범죄 발생에 다르게 영향을 미치고 있음을 파악하였다.

분석 결과를 종합하여 해석한 결과, 인구와 토지이용, 건축물 이용 등 활동의 규모와 밀도에 관련된 요소는 대체로 범죄 발생과 양의 관계를 보였다. 그러나 업무 시설, 카페 등 일관되게 음의 상관관계를 보이는 물리환경 요소도 있었다. CCTV

수의 경우는 범죄 발생과 대체로 양의 상관관계가 나타났으나, 이러한 결과는 범죄 발생과 CCTV 설치의 인과관계의 맥락을 고려하여 해석할 필요가 있다. 선행 연구 등에서 범죄 발생에 영향을 미친다고 알려진 물리환경 요소 중 범죄 발생과 유의한 관계가 나타나지 않은 요소도 많은 것으로 나타났다.

제4장 범죄예방을 위한 환경설계 및 인증제도 개선방향 도출



1. 개선방향 도출 개요
2. 범죄예방 우수시설 인증제도의 평가
3. 물리환경 특성의 범죄 발생 영향 해석
4. 종합 및 시사점

1. 개선방향 도출 개요

본 연구는 물리환경 특성이 범죄 발생에 미치는 영향을 분석하고, 이를 통하여 근거에 기반하여 범죄예방 환경설계를 고도화하기 위한 개선방향을 도출하고자 하였다. 또한, 경찰청의 민간 건축물 범죄예방 우수시설 인증제도의 성과를 평가하고 확산을 위한 개선방안을 제안하고자 하였다. 이를 위하여, 인증제도의 성과와 물리환경 특성에 따른 범죄 발생 분석 결과를 바탕으로 전문가들의 의견을 수렴하고 이를 통하여 범죄예방 환경설계 및 인증제도의 개선방향을 도출하고자 하였다.

1차로 범죄예방 우수시설 인증제도의 유효성에 대한 전문가의 의견을 수렴하고 인증제도 확산 방안에 대한 아이디어를 모으고자 설문조사를 실시하였다. 총 62인의 전문가 리스트를 구축하여 이메일로 설문지를 배포하고 2024년 9월 5일부터 2024년 9월 20일까지 취합하였다. 62인 중 34명이 응답하여 회수율은 55%였다. 설문지는 범죄예방 우수시설 인증제도 평가와 관련하여 6개의 문항에 대하여 7점 리커트 척도로 평가에 대한 설문을 하고, 설문문항과 관련하여 간단히 개인 견해 및 개인적인 경험 등을 기재해 달라고 하였다. 또한 범죄예방 우수시설 인증제도 확산 위한 방안에 대한 아이디어와 기타 도움말을 기재하도록 하였다.

[표 4-1] ‘경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도’의 평가 설문조사 항목

설문 항목	설문 내용
1. 인증제도에 대한 인지	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
2. 인증제도의 운영	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
3. 인증제도의 운용방식의 적절성	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
4. 체크리스트 항목 및 배점의 적절성	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
5. 인증제도의 범죄예방 효과성	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
6. 인증제도의 확산 필요성	7점 리커트 척도 평가, 개인 의견
7. 확산 방안 아이디어	개인 의견
8. 기타 의견	개인 의견
9. 응답자 정보	성별, 연령, 분야

출처: 연구진 작성

[표 4-2] ‘경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도’의 평가 설문조사 항목

설문 항목	설문 내용
1. ‘인구’의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견
2. 물리환경 요소 중 ‘토지이용’의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견
3. 물리환경 요소 중 ‘도로 네트워크’의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견

설문 항목	설문 내용
4. 물리환경 요소 중 '건축물 형태'의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견
5. 물리환경 요소 중 'CCTV 수'의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견
6. 물리환경 요소 중 '건축물 이용'의 범죄 발생 영향 분석 결과에 따른 정책적 시사점	개인 의견
7. 범죄예방 환경설계를 위하여 추가로 고려할 필요가 있는 물리환경 요소	개인 의견
8. 분석 결과를 반영한 범죄예방 환경설계 정책 방안 관련 아이디어	개인 의견
9. 분석 결과를 반영하여 경찰청의 민간 건축물 인증제도인 '범죄예방 우수 시설 인증제도'를 고도화하기 위한 방안 관련 아이디어 및 도움말	개인 의견

출처: 연구진 작성

2차로 3장에서 분석한 범죄 발생 지점의 건축·도시 물리환경 특성 분석 결과를 전문가에게 전달하였다. 이를 참고하여 공간의 물리환경적 요소의 범죄 예방에 대한 정책적 시사점 및 정책 방안에 대한 전문가의 의견 및 아이디어를 수렴하고자 설문조사를 실시하였다. 1차에서 응답한 34명의 전문가에 추가로 통계 및 기계학습 분석 전문가 2명 등 총 36명을 대상으로 이메일로 설문지를 배포하고 2024년 11월 14일부터 2024년 11월 22일까지 취합하였다. 36인 중 25명이 응답하여 회수율은 69%였다. 설문지는 범죄 발생과 물리 환경 특성 요소간 관계 분석 결과에 대한 요소별 6개의 문항에 대하여 정책적 시사점에 대한 간단한 개인 견해를 기재해 달라고 하였다. 또한 추가 고려 물리환경 요소 및 이를 종합한 정책 방안, 범죄예방 우수시설 인증제도 확산을 위한 연계 방안과 기타 도움말을 기재하도록 요청하였다.

[표 4-3] 전문가 의견수렴 설문 응답자

	성명	소속	성별		연령				분야		
			남	녀	30대	40대	50대	60대	학계	연구	산업
1	강석진	경상대학교 건축학과 교수	○				○		○		
2	권지훈	계명대학교 건축학과 교수	○				○		○		
3	김경원	조선대학교 건축학과 교수	○			○			○		
4	김민석	부경대학교 건축학과 교수	○			○			○		
5	김종천	한국법제연구원 연구위원	○				○			○	
6	노희용	정보통신정책연구원 연구위원	○		○					○	
7	모상진	경찰청 범죄예방정책과 경위	○		○						○
8	문근중	계명대학교 건축학과 교수	○				○		○		
9	문봉주	해안종합건축사사무소 소장	○				○				○
10	박영섭	희림종합건축사사무소 수석	○				○				○

	성명	소속	성별		연령				분야		
			남	녀	30대	40대	50대	60대	학계	연구	산업
11	박재성	송실사이버대학교 소방방재학과 교수	○				○		○		
12	박종기	순천향대 건축학과 교수	○			○			○		
13	박준승	대한건축사협회 법제위원장	○					○			○
14	박준휘	한국형사정책연구원 법무사법 개혁연구실장	○				○			○	
15	박찬영	한국교육시설안전원 과장	○			○				○	
16	박현호	용인대학교 경찰행정학과 교수	○				○		○		
17	박형민	한국형사정책연구원 범죄조사 연구실장	○				○			○	
18	변나향	충북대학교 건축학부 교수		○		○			○		
19	성기호	일진종합건축사사무소 대표	○				○				○
20	손동욱	연세대학교 건축공학과 교수	○				○		○		
21	손동화	충북대학교 건축학과 교수	○			○			○		
22	유정원	선문대학교 건축학부 교수	○				○		○		
23	윤혁경	A&U디자인건축사사무소 대표	○					○			○
24	이경환	공주대학교 건설환경공학부 교수	○			○			○		
25	이상희	광운대학교 건축학과 교수		○		○			○		
26	이성재	홍익대학교 건축공학부 교수	○			○			○		
27	이승재	목원대학교 건축학부 교수	○			○			○		
28	이정원	충남대학교 건축학과 교수	○			○			○		
29	이주혁	한국자산관리공사	○			○					○
30	이태규	금오공과대학교 건축학부 교수	○		○				○		
31	장요한	국토연구원 부연구위원	○			○				○	
32	전영철	대한건축사협회 이사	○					○			○
33	조형규	창원대학교 건축학과 교수	○				○		○		
34	천세근	서울예술대학교 디자인학부 교수	○				○		○		
35	최영준	전주대학교 건축학과 교수	○			○			○		
36	최현철	희림종합건축사사무소 수석	○			○					○

출처: 연구진 작성

2. 범죄예방 우수시설 인증제도의 평가

1) 범죄예방 우수시설 인증제도의 인지 정도

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도에 대하여 잘 알고 있는가에 대한 전문가 답변은 긍정 의견 53%, 중립 15%, 부정 의견 32%으로 응답되었다. 긍정적인 측면에서는 시민 안전 증진, 자발적인 범죄 예방 환경 조성, 기존 연구와의 연계성 등이 강조되며 인증제도의 필요성에 대해 언급하였다. 반면, 개선이 필요하다는 의견으로는 인지 부족, 홍보 부족, 신중한 접근 필요성 등이 제기되었다. 특히, 일부 전문가는 인증제도의 존재 자체를 잘 모르거나, 구체적인 인증평가 내용에 대한 정보가 부족하다는 지적을 하였으며, 인증을 원하는 건축주나 건물주가 많지 않다는 의견도 제시되었다.

[표 4-4] ‘경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도’의 인지에 대한 의견

	매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
	3	9	6	5	7	3	1
의견	‘범죄예방 우수시설 인증제도’ 인지						
긍정	• 자발적 참여 유도: 민간 소유주가 자발적으로 환경 개선에 참여함으로써 범죄 예방 설계의 저변을 확대할 수 있다는 점에서 좋은 제도라고 평가됨 • 기존 연구와 통합: CPTED 기준이 법제화되고 공동주택 등에서의 디자인 및 시설 인증이 시행되고 있어, 제도의 필요성이 더욱 부각됨 • 적용 가능성 인식: 범죄예방 인식이 지속적으로 증대하며, 민간건축물에서도 해당 인증 제도를 통해 범죄 예방이 이루어질 수 있음을 강조 • 환경 설계 개선: 인증제도를 통해 민간 건축물의 범죄 예방 환경을 개선하고, 범죄 예방을 위한 건축적 환경설계를 제도화하는 데 기여하고 있음 • 지속적인 발전: 인증 체크리스트가 점차 고도화되고 있으며, CPTED 관련 기준이 시행되고 있다는 점에 대한 긍정적인 시각 • 경찰청의 역할: 경찰청에서 시작한 인증 제도로 인해 범죄 예방 체계가 강화되고 있다는 점						
개선 필요	• 인지 부족: 인증제도의 존재 자체를 잘 모르거나, 구체적인 인증평가 내용에 대한 정보가 부족하다는 의견이 있었음 • 홍보 부족: 범죄예방 인증제에 대한 홍보가 부족하다는 지적이 있음 • 신중한 접근 필요: 지하 주차장, 원룸 등 특정 시설에 대한 인증 필요성을 신중하게 접근해야 한다는 의견이 있어, 제도의 전반적인 적용에 대한 우려 존재 • 구체적인 운영 기준 부족: 인증제도의 도입 취지나 기본 개념은 인지하고 있지만, 운영 기준이나 세부 평가 항목에 대한 이해가 부족한 경우가 많음 • 경험 부족: 인증받은 건축물에 대한 개인적인 경험이나 인식이 없는 경우가 많아, 제도의 실효성에 대한 의구심이 있음 • 소유자 참여 부족: 인증을 원하는 건축주나 건물주가 많지 않으며, 자발적인 참여를 유도하기 위한 노력이 더 필요하다는 의견 • 법적 규제와의 형평성 문제: 소방 관련 조항과 달리 범죄 예방 인증이 자율에 맡겨져 있어 법적 강제성이 부족하다는 지적 • 공공건축물과의 연계 부족: 인증 제도가 민간 시설에 주로 적용됨으로써 공공건축물과의 연계가 부족하다는 아쉬움						

출처: 연구진 작성

2) 범죄예방 우수시설 인증제도 운영

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도가 잘 운영되고 있는가에 대한 전문가 응답은 긍정 의견 41%, 중립 21%, 개선 필요 의견 21%로 응답되었다. 긍정적인 측면에서는 인증제도의 체계성과 실질적인 운영 사례를 강조하며, 특히 주택, 학교시설, 주차장 등 용도별 인증 운영이 잘 이루어지고 있다는 평가가 있었다. 2년 주기의 재인증 절차가 바람직하며, 지속적인 관리와 점검이 이루어져야 한다는 의견도 개진되었다. 반면, 개선이 필요하다는 의견으로는 인지도와 효과 검증 부족, 실효성 문제, 인센티브 부족, 형식적인 평가 등이 제기되었다. 특히, 인증 제도에 대한 홍보 부족으로 인해 많은 건축주 및 시설 소유주가 인식하지 못하고 있다는 지적과, 인증을 받았다고 해서 범죄 예방 효과가 확실히 보장되지 않는다는 우려가 제시되었다. 또한, 인증에 따른 자발적인 참여가 부족하며, 인증에 대한 인센티브가 모호해 참여에 한계가 있다는 의견도 있었다.

[표 4-5] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도'의 운영에 대한 의견

	매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
	0	6	8	13	4	3	0
의견 '범죄예방 우수시설 인증제도' 운영							
긍정	- 체계적인 운영: 인증제도 자체의 체계는 잘 갖추어져 있으며 건축주 및 시설 소유주가 자발적으로 참여하는 정책 설계가 적절하다는 인식이 있음 - 실질적인 운영 사례: 주택, 학교시설 및 주차장 등 용도별 인증제가 잘 운영되고 있으며, 과거 인증 사례에서 점차 증가하고 있다는 긍정적인 평가 - 재인증 주기: 2년 주기의 재인증 절차가 바람직하며, 지속적인 관리와 점검이 이루어져야 한다는 의견 - 사회적 분위기 조성: 인증이 이루어질 경우 건물에 대한 안전성이 높아질 것으로 기대되며, 건축주가 범죄 예방에 대한 노력을 기울이는 데 도움이 됨 - 확대 가능성: 1500여 개의 시설이 인증받은 점은 제도의 확대 가능성을 나타내며, 체크리스트와 기준이 도움이 된다는 점						
개선 필요	- 홍보 부족: 인증 제도에 대한 홍보가 부족하여 많은 건축주 및 시설 소유주가 인식을 하지 못하고 있다는 지적 - 인지도와 효과 검증 부족: 일반 시민과 연구자들이 인증 제도를 제대로 알지 못하며, 도시와 지역에서의 효과 검증이 미흡하다는 우려 - 실효성 문제: 인증을 받았다고 해서 범죄 예방 효과가 확실히 보장되지 않는다면 그 실효성이 의문시됨 - 인센티브 부족: 인증에 따른 자발적인 참여가 부족하며, 인증에 대한 인센티브가 모호해 참여에 한계가 있음 - 형식적인 평가: 인증 제도가 형식적인 평가 위주로 운영되어 실제 범죄 예방 효과가 부족하다는 비판이 있음 - 공공 인식 개선 필요: 제도의 효과와 중요성이 공공에 잘 전달되지 않아 건축 설계나 관련 분야에서의 적용이 저조하다는 점						

출처: 연구진 작성

3) 범죄예방 우수시설 인증제도 운용 방식의 적절성

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 운용 방식이 적절한가에 대한 전문가 의견은 긍정 68%, 중립 15%, 부정 15%로 응답되어 운용 방식은 긍정적으로 평가되었다. 긍정적인 측면에서는 현장 진단 및 재인증 시스템, 운용 방식의 적절성, 환경 개선 유도, 인증 기준 제정 필요성 등을 언급하며 제도의 운영 방식에 대한 전반적인 공감대를 형성하고 있다. 특히, 사용자의 심리적, 물리적 편리성을 고려한 안전한 생활 환경 조성이 중요하다는 인식이 공유되고 있으며, 주차장 등 용도별 인증 운영이 이루어지고 있다는 점도 긍정적으로 평가되었다. 반면, 개선 필요성으로는 명확한 정보 제공 부족, 실질적인 혜택 부족, 인증 대상의 한정성, CPO의 전문성 우려, 과학적 근거 부족 등이 지적되었다. 특히, 인증 관련 정보가 부족하여 많은 소유자들이 이 제도를 모르고 있다는 점과 인증을 받은 후에도 실질적인 혜택이 부족하여 자발적인 참여를 유도하기 어렵다는 지적이 제기되었다.

[표 4-6] ‘경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도’ 운용 방식에 대한 의견

매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
0	9	14	6	2	3	0
의견 ‘범죄예방 우수시설 인증제도’ 운용 방식						
긍정						
- 인센티브 필요성: 인증을 받는 대상에게 기대되는 인센티브나 이득이 매력적이어야 하며, 이를 통해 인증제도를 보다 활발히 활용할 수 있을 것임 - 현장 진단 및 재인증 시스템: 지역 주민 및 관서의 요청을 통한 현장 진단과 재인증 시스템이 적절하다는 긍정적인 의견이 제시됨 - 운용 방식의 적절성: 인증제도의 운영 방식이 적절하다고 평가되며, 범죄 예방 효과에 대한 취지는 공감받고 있음 - 환경 개선 유도: 건축주의 자발적인 환경 개선을 유도하는 방식에 대한 공감대가 형성됨 - 인증 기준 제정 필요: 인증 기준을 설계 지침으로 작성하여 건축 허가 시 반영하도록 하는 것이 효율적이라는 의견이 있음 - 범죄 예방 환경 조성: 사용자의 심리적, 물리적 편리성을 고려한 안전한 생활 환경 조성이 중요하다는 인식이 공유됨 - 주차시설 등 다양한 시설의 운영: 주차장 등 용도별 인증 운영이 이루어지고 있다는 긍정적인 언급이 있음 - 확장성과 유연성: 인증 기준이 다양한 범죄 예방 요소를 고려하여 유연하게 적용되고 있다는 점도 긍정적으로 평가됨						
개선 필요						
- 명확한 정보 제공 부족: 인증 관련 정보가 부족하여 많은 소유자들이 이 제도를 모르고 있다는 점이 지적됨 - 실질적인 혜택 부족: 인증을 받은 후에도 실질적인 혜택이 부족하여 건물 소유자의 자발적인 참여를 유도하기 어려운 상황 - 인증 대상의 한정성: 인증 제도가 주로 민간 건축물에 초점이 맞춰져 있어 공공 시설이나 도시 전반의 범죄 예방 계획과의 연계가 부족하다는 의견 - CPO의 전문성 우려: 인증 업무를 담당하는 CPO(범죄예방전문가)의 역량과 경험이 부족하다는 지적 - 과학적 근거 부족: 인증 기준이 친환경 건축물 인증이나 베리어프리 인증과 같은 국제적 심사기준에 비해 미흡하다는 의견 - 건축 설계와의 연계: 인증 제도가 건축 설계 단계에서부터 적용될 수 있도록 사전 조치가 필요하다는 점						

출처: 연구진 작성

4) 범죄예방 우수시설 인증제도 체크리스트 항목 및 배점의 적절성

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 체크리스트 항목 및 배점은 적절하다고 보는가에 대한 전문가 응답은 긍정 82%, 중립 12%, 부정 6%로 평가되었다. 긍정적인 측면에서는 체계적인 구성, CPTED 원칙 반영, 다양한 평가 항목, 전문성 강화, 포괄적인 접근 등을 강조하였다. 특히, 체크리스트와 배점이 잘 구조화되어 있으며, 범죄 예방의 주요 요소인 감시 시스템이 잘 반영되어 있다는 평가가 있었다. 그러나 개선 필요 의견으로는 배점 기준의 근거 부족, 환경 및 상황 반영 부족, 주관성 문제, 항목의 지나친 세분화, 실질적 혜택 부족, 새로운 범죄 예방 기술 반영 필요, 정량적 평가 기준 부재 등이 제기되었다. 특히, 개별 지표에 대한 배점이 어떤 근거로 설정되었는지 설명이 부족하다는 지적과 특정 환경(예: 주차장, 원룸)에 맞는 맞춤형 기준과 평가 방법이 부족하다는 의견이 있었다. 또한, 평가자의 주관성이 큰 경우가 많아 일관적인 평가가 어렵다는 우려와 체크리스트 항목이 지나치게 세분화되어 관리 운영이 복잡해질 수 있다는 의견도 제시되었다.

[표 4-7] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 체크리스트 적절성

	매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
	3	14	11	4	1	1	0
의견	‘범죄예방 우수시설 인증제도’ 체크리스트 적절성						
긍정	• 체계적 구성: 체크리스트와 배점이 잘 구조화되어 있으며, 범죄 예방의 주요 요소인 감시 시스템이 충실히 반영되어 있다는 평가 • CPTED 원칙 반영: CPTED(범죄 예방을 위한 환경설계) 개념이 잘 반영되었고, 감시와 통제를 위한 시스템이 적절히 고려되었다는 점에서 높이 평가됨 • 다양한 평가 항목: 관리운영체계, 디자인, 방범 및 안전시설, 특수방범시스템 등의 세분화된 배점은 전반적으로 긍정적이라는 의견 • 전문성 강화: 인증 기준이 상세하여 건축주의 자발적인 참여를 유도하고 있다는 의견 • 포괄적인 접근: 다양한 항목과 배점을 통해 범죄 예방의 목적을 알리고 있는 점도 긍정적으로 평가됨						
개선 필요	• 배점 기준의 근거 부족: 개별 지표에 대한 배점이 어떤 근거에 의해 설정되었는지에 대한 설명이 부족하다는 지적 • 환경 및 상황 반영 부족: 특정 환경(예: 주차장, 원룸)에 맞는 맞춤형 기준과 평가 방법이 부족하며, 외부 환경 요소에 대한 고려가 적다는 비판 • 주관성 문제: 평가자가 갖는 주관성이 큰 경우가 많아 일관성 있는 평가가 어렵다는 우려, 또한 특정 항목의 모호성이 문제로 제기됨 • 항목의 지나친 세분화: 체크리스트 항목이 지나치게 세분화되어 관리 운영이 복잡해질 수 있다는 의견, 현실의 복잡성을 반영하지 못할 수 있다는 지적 • 실질적 혜택 부족: 인증을 받은 후의 실질적 혜택이 부족하다는 점에서, 인증을 받고도 범죄 예방의 지속적인 효과를 느끼지 못한다는 불만 • 새로운 범죄 예방 기술 반영 필요: 시간이 흐름에 따라 새로운 범죄 예방 시스템이 도입될 경우 이에 대한 반영이 필요하다는 의견 • 정량적 평가 기준 부재: 체크리스트가 정량 평가에 초점을 맞추고 있어, 각 시설의 특성이나 복합적 요소에 대한 평가의 한계가 있다는 점						

출처: 연구진 작성

5) 범죄예방 우수시설 인증제도의 범죄예방에 대한 효과성

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도가 범죄예방에 효과적이라고 생각하는가에 대한 전문가 답은 긍정 79%, 중립 21%, 부정 0%로 범죄예방에 효과적인 것으로 평가하고 있음을 알 수 있다. 긍정적인 측면에서는 인증된 시설들이 범죄 발생을 줄이는 데 도움이 되며, 감시와 접근 통제 강화가 범죄 예방에 효과적일 것이라는 의견이 다수였다. 또한, 민간 시설의 범죄 예방 환경 개선을 유도하는 측면에서 제도의 의의가 크며, CPTED 원칙에 부합하는 접근이라고 평가되었다. 뿐만 아니라, 인증 마크가 범죄자의 심리적 위축에 기여할 가능성이 있으며, 이를 통해 입주자나 이용자의 심리적 안전성을 증대시키는 효과도 기대하고 있다. 반면, 개선 필요 의견으로는 실제로 인증 제도에 따른 범죄 예방 효과를 검증할 수 있는 구체적인 데이터가 부족하다는 지적이 있었다.

[표 4-8] ‘경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도’의 효과성

매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
5	12	10	7	0	0	0
의견 ‘범죄예방 우수시설 인증제도’ 효과성						
긍정 - 범죄 예방 효과: 인증된 시설들은 범죄 발생을 줄이는 데 도움이 되며, 감시와 접근 통제의 강화가 범죄 예방에 효과적일 것으로 보임 - 민간 시설 개선 유도: 범죄예방 환경 개선을 유도하는 측면에서 제도의 의의가 크며, CPTED(범죄 예방을 위한 환경설계) 원칙에 부합하는 접근임 - 사회적 인식 변화: 인증 마크가 범죄자의 심리적 위축에 기여할 가능성이 있으며, 이를 통해 입주자나 이용자의 심리적 안전성을 증대시키는 효과도 기대 - 주요 요소 반영: 조사된 사례들에서 인증을 받은 시설들이 범죄 발생률 감소와 같은 긍정적인 결과를 보이고 있다는 연구 결과가 있음 - 인프라와 연계: 인증 제도를 통해 물리적 환경을 개선하는 효과가 있으며, 밝은 조명이나 사각지대 감소 등으로 범죄자의 심리적 문턱을 높일 수 있음 - 종합적 접근 필요: 범죄 발생 가능성을 줄이기 위해 제도와 함께 다양한 사회적, 기술적 조치들이 함께 이루어져야 할 필요성이 강조됨						
개선 필요 - 효과 검증 필요: 실제로 인증 제도에 따른 범죄 예방 효과를 검증할 수 있는 구체적인 데이터가 부족하다는 지적. 예, 지역별 범죄 발생률 변화를 추적 - 적용 범위 제한: 주차장과 원룸에 한정된 적용이 범죄 예방의 효과성을 제한할 수 있으며, 공공 건축물 및 도시 전반으로의 확장이 필요하다는 의견 - 계획 범죄에 대한 한계: CPTED가 즉흥적인 범죄 예방에는 효과적일 수 있지만, 계획 범죄나 조직 범죄에 대해서는 한계가 있다는 우려가 제기됨 - 자발적 참여의 한계: 인증 제도가 건물 소유자의 자발적인 참여에 의존하고 있는데, 이로 인해 모든 시설에서 제도를 적용하기 어려운 한계가 있음 - 구체적 성공 사례 부족: 특정 지역에서의 범죄 발생률 등에 대한 과학적인 분석과 검증이 필요하다는 의견이 많으며, 이를 통해 제도의 실효성을 더욱 명확히 할 필요가 있음 - 긍정적인 측면 강조 필요: 제도의 명칭이나 취지에 긍정적인 의미를 담아 범죄 예방이 아닌 안전한 환경 조성 같은 의미로 접근하는 것이 필요함						

출처: 연구진 작성

6) 범죄예방 우수시설 인증제도 확산의 필요성

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 확산이 필요한가에 대한 전문가 의견은 긍정 97%, 중립 3%, 부정 0%로 응답되어, 대다수가 인증제도의 확산의 필요성에 공감하는 것으로 나타났다. 긍정적인 측면에서 범죄 예방을 지원하고 민간 건축물의 물리적 환경을 개선할 수 있어 확산이 필요하다는 의견이 다수였다. 특히 범죄 예방 환경 조성을 통해 커뮤니티 활성화와 삶의 질 향상을 가져올 수 있는 2차적인 영향이 기대되므로 제도 확산이 바람직하다고 평가하고 있었다. 반면, 실효성 검증 및 법적 기반 구축 등 개선 필요성이 강조되었다. 실제로 범죄 예방에 효과가 있었다는 결과가 도출되어야 하며, 이에 대한 구체적인 검증이 필요하다는 지적이 있었다. 또한, 현재의 인증 기준 및 평가 방법의 개선과 법적 기반을 마련한 후에 확산이 이루어져야 한다는 의견이 제시되었다.

[표 4-9] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 확산의 필요성

	매우 그렇다	대체로 그렇다	다소 그렇다	보통 이다	별로 아니다	대체로 아니다	전혀 아니다
	15	14	4	1	0	0	0
의견	'범죄예방 우수시설 인증제도'에 대한 인식 의견						
긍정	• 효과적인 범죄 예방: 인증 제도가 범죄 예방을 지원하고 민간 건축물의 물리적 환경을 개선할 수 있어 확산이 필요하다는 의견이 많음 • 제도의 필요성: 범죄 예방 환경 조성을 통해 커뮤니티 활성화와 삶의 질 향상을 가져올 수 있는 2차적인 영향이 기대되므로, 제도의 확산이 바람직함 • 대상 건물 확대: 모든 종류의 건축물, 특히 민간 시설뿐만 아니라 공공기관이나 학교 등으로도 인증 대상을 확대해야 함 • 자발적 참여 유도: 인증을 통해 양질의 시설 환경 조성을 위한 민간의 자발적 투자를 유도하고, 범죄 예방의 효과를 높이는 데 기여할 것으로 보임 • 지역 사회의 안전성 향상: 인증의 확산을 통해 지역 전체의 범죄 예방 환경이 개선되며, 이를 통해 안전한 사회 환경을 조성할 수 있다는 점에서 긍정적임 • 정책 필요성 공감: 최근의 범죄 증가 추세와 사회적 불안감 속에서 효과적인 범죄 예방 제도 마련이 필요하다는 의견이 많음 • 인프라와 통합적 접근: 인증 제도가 다른 인증 제도와 통합적으로 운영될 필요가 있으며, 이를 통해 범죄 예방 효과를 극대화할 수 있다는 입장						
개선 필요	• 실효성 검증 필요: 인증 제도의 확산을 요구하면서도, 실제로 범죄 예방에 효과가 있었다는 결과가 도출되어야 하며, 이에 대한 구체적인 검증이 필요함 • 법제도 기반 구축: 현재의 인증 기준 및 평가 방법의 개선과 법적 기반을 마련한 후에 확산이 이루어져야 한다는 의견 • 자동 처리 방안: 인증 과정을 간소화하고 설계나 인허가 과정에서 자동으로 처리되는 방안을 마련해야 한다는 필요성 • 홍보와 교육 필요: 인증 제도의 중요성을 널리 알리고 이해를 돕기 위한 홍보 및 교육이 필요하다는 의견 • 특정 시설에 한정되지 않도록: 인증 제도의 적용이 특정 시설에 국한되지 않도록 하고, 더 광범위한 시설에 대한 적용 가능성을 고려해야 함 • 인센티브 정책 마련: 인증의 인센티브를 강화하고, 소유주와 이용자들이 적극적으로 참여할 수 있도록 유도하는 정책이 필요하다는 의견 • 기존 인증제도와 연결: 다른 인증 제도와와의 관계를 명확히 하고, 이를 통합적으로 운영하는 방향으로 정립할 필요가 있음						

출처: 연구진 작성

7) 범죄예방 우수시설 인증제도의 확산을 위한 방안

경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도 확산 방안에 대하여 전문가들은 크게 인센티브 제공, 홍보 및 교육 강화, 법적 제도적 지원, 공공시설 연계, 연구 및 데이터 기반, 접근성 및 투명성, 전문인력 및 기술 지원, 지속적인 관리 및 피드백 시스템, 사례 및 통계기반 홍보와 관련된 아이디어를 다양하게 제시하였다.

[표 4-10] '경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도' 확산 방안 아이디어

의견	'범죄예방 우수시설 인증제도' 확산 방안 아이디어
1. 인센티브 제공	• 인센티브 매력 증대: 인증을 받는 건물주 등에게 기대되는 인센티브나 이득을 충분히 매력적으로 디자인해야 함. 인증마크를 부착하여 사용자들이 잘 인식할 수 있도록 하는 것도 필요 • 세제 혜택 및 보험 할인: 인증 시설에 세금 감면이나 보험료 할인과 같은 구체적인 인센티브를 제공하여 참여를 유도 • 인센티브의 명확화: 범죄예방 실효성과 관련된 명확한 인센티브를 마련하고, 경찰서 등에서 우선 관리되는 시설로 지정하여 추가적인 지원을 고려
2. 홍보 및 교육 강화	• 대대적 홍보: 방송 및 다양한 매체를 통해 인증 사례와 통계 자료를 적극적으로 보도하고, 인증 시설이 범죄 예방에 효과적이었다는 사실을 알리는 것이 중요 • 교육 프로그램 운영: 건축주, 관리자, 거주민을 대상으로 하는 교육 프로그램 마련이 필요하며, CPTED의 효과를 알리기 위한 캠페인도 필요함 • SNS 및 다양한 플랫폼 활용: 온라인 홍보를 통해 일반 대중에게 범죄 예방 환경설계의 필요성과 효과를 널리 알릴 수 있도록 해야 할 것
3. 법적 제도적 지원	• 법적 기반 정비: 특정 지역의 인증 의무화 및 인센티브 제공을 통해 제도 확산 기반을 더 공고히 하는 방안이 필요 • 인증 의무화: 주요 시설에 대해 인증을 의무화하거나 범죄 예방 설계를 적용하는 시설에 인센티브를 제공하여 소유주 참여를 유도
4. 공공시설 연계	• 공공 부문과의 협력 확대: 인증 제도를 공공시설에도 확대 적용하여, 학교, 병원, 대중교통시설 등 범죄에 취약한 장소에 우선적으로 적용하는 것이 중요 • 모범 사례 전파: 공공부문에서 인증 제도를 잘 적용한다면 민간부문에서도 따라 할 가능성이 높아지므로 좋은 본보기가 될 수 있음
5. 연구 및 데이터 기반	• 효과 분석: 인증 받은 건물과 비인증 건물의 비교 연구를 통해 인증 효과를 규명하고, 이를 민간에 적극적으로 홍보 • 실질적인 개선 사례 발굴: 운영 실태와 조사 결과를 통해 모범 사례를 발굴하고, 이를 널리 홍보하는 것이 중요
6. 접근성 및 투명성	• 절차 간소화 및 접근성 향상: 인증 절차를 간소화하고, 수수료 등 비용 문제를 해결하여 더 많은 소유자가 참여할 수 있도록 해야 함 • 정량적 기준 개발: 평가 항목의 수치화 및 정량화를 통해 명확한 기준을 마련하고, 지속적인 관리 및 재인증을 유도하는 시스템을 구축
7. 전문인력 및 기술 지원	• 전문 인력 확보: 인증 과정에서 필요한 전문 인력을 확보하여, 인증 품질을 높이고 유관 기관과 협력하는 방안이 필요 • 기술적 지원 강화: 초기 비용 부담을 줄이고 소규모 사업자나 개인 소유자의 참여를 유도할 수 있는 다양한 기술적, 재정적 지원 방안 마련
8. 지속적인 관리 및 피드백 시스템	• 사후 관리 체계: 인증 완료 후에도 지속적인 관리를 통해, 인증 시설의 안전성을 유지하고 보완하는 체계를 마련 • 피드백과 개선: 인증 제도에서 발생하는 문제점에 대한 피드백 시스템을 도입하여, 지속적으로 개선할 수 있도록 해야 함
9. 사례 및 통계기반 홍보	• 구체적인 사례 제공: 인증 제도를 통해 범죄 발생률이 낮아졌다는 등의 구체적인 사례를 제공함으로써 신뢰성을 높이는 것이 중요

출처: 연구진 작성

3. 물리환경 특성의 범죄 발생 영향 해석

1) 인구와 범죄 발생 관계 해석

인구는 물리환경 특성은 아니지만, 본 연구의 분석 결과는 인구와 범죄 발생 간의 양의 상관관계를 보여주므로 물리환경 특성의 영향 해석에 앞서 우선적으로 판단이 필요하다. 전문가들은 인구 밀집 지역에서 범죄 발생 가능성이 높다는 것은 어느 정도 예상 가능하지만, 단순히 인구만으로 범죄 발생을 설명하기에는 부족하다는 점을 언급하였다. 더욱 심층적인 분석을 위해서는 다음과 같은 사항들을 고려해야 함을 강조하였다.

먼저, 정주인구와 활동인구를 구분하여 분석할 수 있다. 활동인구의 변화는 시간 대별 유동인구 데이터의 변화를 반영하며, 이는 범죄자의 거주 여부를 구분하는 데 중요한 요소이다. 또한, 연령, 성별, 사회적 계층 등 다양한 인구 특성을 고려해야 한다. 1인 가구, 여성/남성, 청년/노년 등 계층별 인구 특성을 변수로 설정하여 범죄와의 관계를 분석해야 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있다. 기존 CPTED (범죄예방 환경설계) 사업 및 인증은 이러한 계층별 인구 특성을 충분히 고려하지 못하고 있으므로, 연구 결과를 바탕으로 인증 기준 및 시설물 디자인을 보완해야 할 것이다. 특히, 고령자 등을 위한 유니버설 디자인 개념을 적용한 CPTED 기준 마련이 필요하다. 아울러, 본 연구가 서울 6개 구를 대상으로 진행되었으므로, 지방 중소도시나 농어촌의 인구 변수와 범죄의 관계에 대한 후속 연구가 필요할 것이다.

인구 밀도 증가에 따른 '단위 인구당 범죄 발생 건수'의 변화 분석, 인구수와 범죄 유형별 분석, 거주인구의 평균 연령, 주거 시설의 평균 사용 승인 연수 등을 고려한 분석 등을 통해 보다 정교한 분석이 가능할 것으로 제안하였다. 특히, 인구수 증가에 따른 범죄 발생 증가 추세가 어느 임계값 이후로는 변화가 없거나 감소하는지 확인하는 것은 정책 수립에 중요한 시사점을 제공할 것이라고 언급하였다. 단순 인구수가 아닌 인구 특성 및 인구 구조 변화에 대한 데이터 분석도 병행해야 한다. 결론적으로, 인구 밀집 지역에서의 치안 강화와 적극적인 CPTED 수단 적용은 범죄 예방과 사회적 안전 증진에 효과적이다. 하지만 인구 요소는 단독 변수로서의 의미보다는 통제 변수로 활용하는 것이 더욱 타당하며, 더욱 정밀한 분석을 위한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

□ 한계점 및 개선 방안 및 추가 고려사항

본 연구는 서울 6개 구만을 대상으로 하였으므로, 대상 지역 선정 기준과 그에 따른 연구 결과의 일반화 가능성에 대한 명확한 설명이 필요하다. 더 다양한 지역을 포함하는 후속 연구를 통해 결과의 일반화 가능성을 높여야 할 것이다. 거주 인구와 생활인구를 구분하고, 시간대별 유동인구 데이터를 활용하여 분석의 정확성을 높여야 한다. 특히, 범죄 발생 여부를 시간대와 연관 짓기 위해서는 공간적 유사성에 더하여 시간적 활동이 유사한 시공간의 샘플링이 필요하다. 이는 범죄자의 거주 여부를 구분하고, 범죄 발생 패턴을 더욱 정확하게 파악하는 데 도움이 될 것이다. 본 연구의 분석 자료만으로는 인구와 범죄의 관계를 명확하게 해석하고 정책적 시사점을 도출하는 데 한계가 있으므로, 향후 추가적인 자료 확보와 분석이 필요하다. 기존 CPTED 사업 및 인증 기준은 계층별 인구 특성을 충분히 고려하지 못하고 있다. 연구 결과를 바탕으로 인증 기준 및 시설물 디자인을 보완하여 실효성을 높여야 한다.

인구와 범죄의 상관관계 분석 시, 범죄 유형을 구분하여 분석하면 더욱 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 인구 통계 자료 외에도 지역 사회 특성, 경제적 요인 등 다양한 변수를 고려하여 복합적인 분석을 수행하는 것이 필요하다. 단순 상관관계 분석을 넘어, 인과관계를 규명하기 위한 추가적인 연구가 필요하다. 다중공선성을 고려하였음에도, 인구와 연관성이 있을 것으로 추측되는 독립변수가 남아(용적률, 건폐율 등) 해석 시 유의점과 추후 보완 필요성이 존재한다. 예를 들어, 인구 밀도가 높은 지역에 범죄가 많은 것이 인구 밀도 자체 때문인지, 아니면 다른 요인(예: 사회경제적 수준, 환경적 요인 등)과의 상호작용 때문인지에 대한 추가적인 분석이 필요할 것이다. 본 분석은 인구와 범죄의 상관관계를 보여주는 중요한 첫걸음이지만, 더욱 정교한 분석과 다양한 변수 고려, 그리고 추가적인 연구를 통해 보다 정확하고 실효성 있는 정책 제언을 도출할 수 있을 것이다.

2) 토지이용 유형별 범죄 발생 영향 해석

전문가들은 토지 이용의 극대화, 즉 건폐율과 용적률이 높은 지역은 인구 유입이 많아 범죄 발생 가능성 또한 높아진다고 분석하였다. 반면, 녹지 공간이 풍부한 지역은 인구 밀도가 낮아 범죄 발생률이 낮을 것으로 예상되지만, 녹지의 시야 차단으로 인한 숨은 범죄 발생 가능성도 고려해야 한다는 점을 지적하였다. 이는 기존 연구에서 토지이용의 시설 성격에 따라 범죄 발생과 양(+) 또는 음(-)의 상관관계가 존재한다는 사실을 뒷받침하고 있다. 따라서 시설의 성격을 지역 구성원과의 연관성 또는 외부인 유입 유도 여부로 구분하여 분석해야 자연 감시 효과를 정확하게 평가할 수 있을 것이다.

□ 한계점, 개선 방안 및 추가 고려사항

현재 분석에 사용된 토지이용 변수는 지나치게 단순화되어 있어 유의미한 해석을 제한한다는 한계점이 언급되었다. 예를 들어, 면적이 동일한 격자 단위 분석이었음을 고려하면, 토지이용 면적을 원자로 그대로 사용하는 대신, 각 격자의 토지이용 성격을 몇 가지로 분류하고(더미 변수), 이를 통제변수로 사용하는 방안도 가능하였다. 상업 및 혼합용도 지역에서 범죄 발생과의 양(+)의 상관관계가 높게 나타났으나, 이는 이미 예상 가능한 결과일 수 있으므로 추가적인 고찰과 심층 분석이 필요할 것으로 보인다. 단순히 순찰 강화나 녹지 면적 확대만으로는 범죄 예방 효과를 높일 수 없다는 점이 강조되었다. 해당 용도에서 범죄가 발생하는 근본적인 이유에 대한 심층적인 분석이 필요하며, 정확한 분석을 위해 지역 선정에 대한 심층 분석도 필요할 것이다. 또한, 더 넓은 범위에서 주변 지역의 토지 이용 패턴을 함께 고려할 수 있다면 광범위한 토지이용 패턴을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

분석의 정확성을 높이기 위해서는 준공업 지역, 공업 지역, 사무 공간 및 녹지 면적이 많은 지역 등 다양한 유형의 지역을 분석에 포함해야 할 것이다. 특히, 강남 4개 지역만을 대표 지역으로 선정한 이유에 대한 명확한 설명이 부족하다는 의견이 있었다. 상업 지역과 혼합 용도 지역에서 범죄 발생이 많은 것은 이미 기존 연구에서 밝혀진 사실이므로 새로운 시사점을 도출하기 위해서는 더욱 세밀한 분석이 필요하다.

녹지 면적과 범죄 발생의 음(-)의 상관관계는 정책적으로 중요한 의미를 지니지만, 녹지의 종류(등산로, 근린공원, 어린이공원 등)와 인접 용도 지역을 고려해야 한다. 기존 연구에서 녹지 면적이 범죄를 유발하는 요인으로 제시된 사례도 있기 때문이다. 토지 이용은 용도 지역, 유동 인구, 상주 인구와 밀접하게 연관되어 있으므로 용도 지역별 CPTED 기준 적용 및 인센티브 제공 방안을 고려해야 할 것이다. 상업 용도와 혼합 용도 지역에서 범죄 발생과의 상관관계는 의미가 있지만, 상업 용도의 다양성을 고려한 분석이 필요하다. 토지 이용 분석은 범죄 유형별 분석과 함께 수행되어야 더욱 효과적인 범죄 예방 정책을 마련할 수 있다. 혼잡도와 밀도가 높은 지역의 치안 강화 프로그램과 갈등 해결 프로그램의 필요성이 강조되며, 녹지 지역의 자연 감시 기능을 적극 활용해야 할 것이다. 결론적으로, 토지이용과 범죄 발생의 상관관계 분석은 단순한 상관관계 분석을 넘어, 다양한 변수를 고려한 심층 분석과 정성적 분석을 통해 보다 정확하고 실효성 있는 정책 제언을 도출해야 한다.

3) 도로 네트워크 특징별 범죄 발생 영향 해석

전문가들은 도로와 범죄 발생 가능성 간의 연관성은 크지 않다고 보았다. 다만, 보행자를 위한 폭이 좁은 도로의 경우, 어두운 구간에 가로등 등의 시설 설치를 통해 범죄로부터 안전성을 높일 수 있다고 평가했다. 보행로 면적과 범죄율의 관계는 보행 활성화를 통한 자연 감시 기능의 효과와 관련이 있을 수 있으나, 기존 연구에서 이에 대한 찬반 의견이 여전히 존재함을 언급하였다. 범죄학 연구는 접근성 강화가 범죄율 상승과 관련이 있다는 결론을 제시하는 반면, 도시설계 분야의 일부 연구에서는 반론이 제기되고 있다. 따라서, 정책적 결정에 앞서 신중한 검토가 필요하다. 도로 폭이 넓은 곳이 범죄 발각 위험이 적은 환경인지에 대한 의문이 제기되었으며, 어떤 유형의 범죄가 발생했는지 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

□ 한계점, 개선 방안 및 추가 고려사항

분석의 정확성을 높이기 위해서는 자동차 교통량이 많은 지역, 보행자 교통량이 많은 지역, 집회시설 등 도로 네트워크 유형별 대표 지역을 선정하여 분석해야 할 것이다. 도로 폭이 넓은 곳에서 범죄가 증가하는 현상은 인접 건축물의 용도와 높이, 토지 용도를 고려하여 해석해야 한다. 대로의 D/H 비(건물 높이 대비 도로 폭)와 이면가로의 D/H 비는 다르며, 일반적으로 D/H 비가 작을수록 공간의 폐쇄감이 증가하고 시야 확보가 어려워 범죄 불안감 및 발생 가능성이 높아질 수 있다. 하지만 D/H 비가 큰 경우 고층 상업 및 업무 시설이 위치할 가능성이 높고, 유동 인구가 많아 범죄 발생이 증가할 수도 있다. 도로가 입체적으로 교차하는 경우(교량, 터널, 도시고속도로 등) 분석에서 노이즈로 작용하였을 가능성도 제기되었다.

도로 네트워크는 공간의 위상학적 연결 관계와 밀접하게 관련되어 있는데, 도로의 접근성에 대한 공간구문론 지표(통합도, 연결도 등)가 범죄 발생과 유의한 관계를 보이지 않았다. 선행연구를 고려할 때 인접도로의 접근성을 함께 고려할 경우 범죄 발생과의 연관성이 발견될 수 있다는 의견도 있었다.

도로 네트워크 분석 결과는 순차 경로 지정/수정이나 CPTED 사업 구역 지정에 활용될 수 있을 것이다. 보행로 면적 증가가 범죄 감소로 이어진다는 결론은 제인 제이콥스의 '거리의 눈' 개념과 관련이 있으며 정책적 의미를 지닌다. 도로 폭과 범죄 발생의 양(+)의 상관관계, 보행로 면적과 음(-)의 상관관계는 통행량, 교차로, 대중교통 여건, 거주 인구와 유동 인구 수 등과의 교차 분석을 통해 더욱 유의

미한 결과를 도출할 수 있다. 도로 폭과 양(+)의 상관관계는 자동차 교통량 증가와 감시 효과 저하와 관련이 있을 수 있으며, 보행로 면적과 음(-)의 상관관계는 보행로 확장에 따른 자연 감시 효과 증가로 해석될 수 있다.

4) 건축물 형태 특징별 범죄 발생 영향 해석

전문가들은 건축물 형태와 범죄 발생 간 상당한 연관성이 있다고 보았다. 건폐율이 높은 지역은 외부 공간이 협소하여 범죄 발생 우려가 높아지고, 용적률이 높은 지역은 건물 이용자가 많아 범죄 발생 빈도가 증가할 가능성이 있다고 분석하였다. 따라서 건축물 자체에 대한 범죄 예방 설계가 우선되어야 한다고 강조하였다. 특히 도로 측 및 건축물 진입구, 부지 내 범죄 예방 안전을 우선적으로 확보해야 한다는 의견이 제시되었다. 단위 면적당 건물 개수가 많을수록 범죄율이 증가한다는 결과는 기존 연구에서 다루어지지 않은 새로운 발견으로 제시되었지만, 이를 건물 규모와 연관 지어 해석할지, 아니면 소규모 건물이 많은 지역의 범죄 취약성과 연관 지어 해석할지에 대한 추가적인 고찰이 필요하다고 지적하였다. 건물 개수와 모든 유형의 범죄 사이의 상관관계에 대한 명확한 설명과 해석의 타당성에 대한 의문도 제기되었다. 건축물의 노후도, 밀집도, 좁은 골목길과의 연관성 등을 고려한 추가 분석의 필요성도 언급되었다. 용적률과 건폐율보다는 건축물 규모와 노후 건축물 밀집 지역에 대한 개념을 추가하는 것이 좋다는 의견이 제시되었다.

□ 한계점, 개선 방안 및 추가 고려사항

현재 분석은 건폐율과 용적률에 집중하고 있으나, 건물 매스의 형상이나 요철 등 건축물 형태의 다른 요소를 충분히 반영하지 못하고 있다는 한계점이 지적되었다. 건폐율이 일부 건물 매스의 형상이나 요철을 반영할 수 있지만, 완전히 대표할 수는 없다. 건물 개수가 범죄와 양(+)의 관계를 보이는 것은 범죄 대상의 증가로 설명될 수 있으며, 건폐율이 높을수록 지상에 개방된 공간이 부족하고, 용적률이 높을수록 거주 인원 증가로 익명성이 높아져 범죄 발생이 증가하는 것은 당연한 결과로 볼 수 있다는 의견도 제시되었다. 따라서 건물 개수, 건폐율, 용적률은 통제 변수로서 의미가 있지만, 단순 상관관계를 넘어, 토지 용도와의 연계를 통한 보다 세부적인 분석이 필요하다. 건폐율과 용적률 규제의 필요성, 건물 높이와 범죄율의 관계에서 임계값 확인이 정책적 의미를 지닌다고 언급되었다. 건물 형태 분석에 연면적 등 단위 건물당 규모를 추가 변수로 포함하여 분석의 정확성을 높여야 할 것이다. 건물 개수, 건폐율, 용적률이 범죄 발생과 양(+)의 상관관

계를 보이는 것은 건축물 밀도 증가와 사람들의 밀집, 활발한 상업 활동 등이 범죄 발생을 증가시키는 경향이 있음을 시사하며, 이러한 지역에 대한 치안 강화 노력이 필요함을 강조하였다. 건물 높이와 범죄 발생 간에는 뚜렷한 상관관계가 발견되지 않았으며, 일부 비선형적인 관계만 확인되었는데, 이는 건물 높이에 따른 범죄 발생 양상의 다양성을 보여준다.

5) CCTV 수와 범죄 발생 간의 상관관계 해석

전문가들은 CCTV 설치를 통한 범죄 예방 및 사후 조치의 중요성을 강조하며 사각지대 발생 방지를 위한 설치 위치 확보와 개인 프라이버시 보호를 위한 제도적 보완의 필요성을 제기했다. 일반적으로 CCTV는 우범 지역이나 범죄 발생 예상 지역에 설치되므로, CCTV 수와 범죄 발생 간의 양(+)의 상관관계는 이러한 측면에서 설명될 수 있다는 의견이 제시되었다. 하지만 CCTV 수와 범죄 발생 간에는 양(+)의 상관관계 또는 비선형 관계가 혼재되어 나타나는데, 이러한 결과에 대한 명확한 해석과 시사점이 부족하다는 지적이 있었다. 일반 시민들은 CCTV 설치 여부를 쉽게 확인할 수 없으므로, 범죄 발생 영향 분석뿐 아니라 범죄 해결 영향 분석도 필요하다는 의견도 제시되었다.

CCTV 증가에 따른 범죄 발생 변화는 분석 기간을 고려해야 한다. 단기적으로는 CCTV 증가로 검거되는 범죄가 증가할 수 있지만, 중장기적으로는 범죄 감소 효과가 나타날 수 있다. 따라서, 장기적인 관점에서 분석한다면 CCTV와 범죄의 관계는 역 U자형 패턴을 보일 수 있다. 또한, CCTV 수를 변수로 설정할 경우 인접 지역으로의 범죄 전이 효과 분석이 필요하며, CCTV가 많은 지역에서 범죄 발생이 증가하는 것이 CCTV 자체의 효과 때문이 아니라 범죄 발생이 많은 지역에 CCTV가 집중 설치되는 역 인과관계(reverse causality)가 존재할 가능성도 고려해야 한다. 이 경우 독립변수(CCTV 수)와 종속변수(범죄 발생 건수)의 인과관계를 가정하는 회귀분석 및 공간 회귀분석의 가정을 위배할 수 있으므로, 변수 조정이나 해석에 주의가 필요하다.

□ 한계점, 개선 방안 및 추가 고려사항

CCTV 수와 범죄 발생 간의 양(+)의 상관관계 또는 비선형 관계는 토지이용, 인구수, 건축물 형태, 도로 등 다른 요소와 연계하여 보다 세분화된 분석을 통해 해석해야 할 것이다. 범죄 위험이 높은 지역에 CCTV가 집중 설치된 경우 양(+)의 상관관계가 나타날 수 있으며, 비선형 관계는 구체적인 요소 분석을 통해 규명될 수 있다. CCTV 수 증가가 범죄를 억제한다는 일반적인 예상과 달리, 양(+)의 상

관관계가 나타나는 것은 CCTV 설치가 범죄 예방 효과를 거두고 있음을 의미할 수도 있다. 하지만 CCTV의 설치 위치나 상태가 최적화되지 않아 기대 효과를 발휘하지 못할 가능성도 존재한다. 비선형적인 관계가 많이 나타나는 것은 CCTV 수만으로 범죄 예방을 예단하기 어렵다는 것을 시사한다. CCTV 배치 최적화와 상황에 맞는 치안 관리, 그리고 CCTV 외 다양한 치안 정책과 지역사회 협력이 범죄 예방에 중요하다.

따라서 CCTV 설치 정책은 단순히 수량 증가에 집중하기보다는, 전략적인 배치 계획, 효율적인 관리 시스템 구축, 그리고 지역사회와의 협력을 통한 통합적인 접근 방식이 필요하다. 또한, CCTV 데이터 분석을 통해 얻어진 정보를 범죄 예방을 위한 정책 수립에 효과적으로 활용하는 방안을 모색해야 한다. 단순히 CCTV 수를 늘리는 것만으로는 범죄 예방 효과를 기대하기 어렵다는 점을 명심하고, 다양한 요소들을 종합적으로 고려하여 효과적이고 효율적인 범죄 예방 전략을 수립해야 한다. 향후 연구는 CCTV의 설치 위치, 관리 상태, 지역 특성, 그리고 다른 범죄 예방 전략과의 상호작용을 고려한 보다 정교한 분석이 필요할 것으로 보인다.

6) 건축물 이용 유형별 범죄 발생 영향 해석

전문가들은 건축물 용도에 따른 범죄 발생 빈도를 검토해야 하며, 특히 대중이 많이 이용하는 시설(정류장, 음식점, 편의점 등)과 유흥시설 등의 지역에 대한 범죄 유형 및 빈도 조사가 필요하다고 지적했다. 또한, 시간대별 분석(업무 지역과 주거 지역의 차이 등)도 고려해야 한다고 강조했다. 시설의 성격을 지역 구성원과의 연관성 또는 외부인 유입 유도 여부로 구분하여 분석해야 자연 감시 효과를 정확하게 평가할 수 있다는 점이 다시 한번 강조되었다. 업무시설, 편의점, 카페와 같이 범죄율과 음의 상관관계를 보이는 시설들은 신뢰할 수 있는 지역 구성원들의 유입과 관련성이 높은 시설들로 분석되었다. 음식점, 편의점과 같은 범죄 발생과 상관관계가 있는 시설들은 단순히 물리적 환경보다는, 먹고 마시는 프로그램적인 측면에서 범죄 발생 가능성이 높을 수 있다는 점을 고려해야 한다는 의견이 제시되었다. 기존 범죄 관련 자료와 새로 분석한 자료의 비교 분석을 통해 범죄 예방에 활용할 수 있다는 의견도 개진되었다.

□ 한계점, 개선 방안 및 추가 고려사항

버스 정류장 수와 범죄의 양(+)의 관계는 범죄자의 지리적 접근성 때문일 수 있으며, 음식점 수의 경우 일반 음식점인지, 술을 함께 파는 곳인지 확인해야 한다. 술

을 파는 음식점은 폭력 등의 범죄를 유발하는 요인으로 알려져 있다. 카페가 일부 음식점과 달리 범죄와 음(-)의 관계를 보이는 것은 공간 이용 활성화를 통한 자연 감시 증가로 인한 범죄 기회 감소로 해석될 수 있다. 따라서 범죄 발생 우려가 높은 지역에서는 건축물 용도를 일정 부분 규제하는 것을 고려할 수 있다(예: 신도시의 경우 구역별 업종 제한 등). 음식점이 많을수록 범죄가 증가하고 카페가 많을수록 범죄가 감소하는 결과는 해석에 한계가 있으며 정책적 시사점을 제시하기 어렵다는 의견도 있었다. 음식점과 카페를 묶어 별도의 변수로 구성하는 것을 고려해야 할 것이다. 카페 수만 음(-)의 상관관계를 보이는 이유에 대한 구체적인 분석이 필요하다. 지하철 역사 수, 버스 정류장 수, 소매점 수 등과의 상관관계를 고려해야 한다. 건축물 이용 요소를 그 특징별로 그룹핑하여 분석해야 할 것이다. 업무시설이나 카페가 밀집한 지역에서 음(-)의 상관관계를 보이는 것은 규칙적인 생활 패턴으로 인한 자연 감시 용이성 때문으로 해석되며, 치안 유지 시설 및 시스템의 효율적인 배치를 통해 범죄 예방 효과를 높일 수 있다. 소매 시설, 교통 시설, 여가 시설, 은행, 술집, 의료 시설 등과 범죄 발생의 양(+)의 상관관계는 사람들의 이동, 모임, 소비 활동 집중 지역에서의 범죄 발생 가능성을 시사하며, 경찰 순찰 강화나 CCTV 집중 배치 등의 집중적인 치안 관리가 필요하다. 결론적으로, 건축물 이용과 범죄 발생의 상관관계 분석은 단순한 상관관계 분석을 넘어, 다양한 변수를 고려한 심층 분석과 정성적 분석을 통해 보다 정확하고 실효성 있는 정책 제언을 도출해야 할 것이다.

7) 범죄예방 환경설계를 위한 추가 물리환경 요소 및 정책 방안 제언

전문가들은 장애물 없는 생활환경(Barrier Free) 개념 적용의 필요성을 강조하며, 건축물 범죄 예방 설계에 이를 고려해야 한다고 밝혔다. 아파트 단지과 같은 대규모 공동주택과 개별 건축물은 범죄 예방 설계 측면에서 차이가 크므로, 이를 구분하여 분석할 필요가 있다는 의견이 제시되었다. 단순히 물리적 환경만 고려하는 것에서 벗어나, 감시자(지역 거주자, 유동인구)와 물리적 환경의 관계를 고려해야 범죄율 변화를 더욱 정확하게 이해할 수 있다고 지적했다. 감시자가 부족한 지역에서는 범죄 발생률이 높아질 수 있으며, 단순 용도보다는 시각적 폐쇄 및 개방감에 영향을 주는 건폐율, 용적률, 도로와 건물의 입면 비 등을 고려해야 한다. 층동 범죄 예방을 위해 건축물과 도로 주변에 범죄 예방 시설 설치를 알리는 공고문이나 게시물을 확대 설치해야 하며, 이는 계획 범죄에도 효과가 있을 것으로 예상된다.

물리환경 변수 외에도 생활인구 수, 지역 소득 수준 등을 통제 변수로 고려해야 할 것이다. 블록 크기, 가로 연결성, 노후 건축물 비율, 토지 이용 혼합도, 연령별 건축물 혼합도 등도 추가적인 분석 요소로 제시되었다. 축선 분석을 통해 구축 가능한 도시 공간 구조 데이터(연결도, 통합도 등) 활용 및 경찰서, 지구대와의 거리나 위치 관계 고려 등이 제안되었다. 조명 환경(가로등 개수, 밀도, 조도), 공공 공간의 배치와 가시성(Visibility), 영역성(Territorial Reinforcement)과 관련된 경계나 울타리 유무, 접근성과 관련된 공간 침투성(Permeability) 또는 블록의 크기 등도 중요한 고려 요소임이 언급되었다.

□ 정책 방안 및 추가 고려 사항

전문가들은 정책 방안으로 환경설계 기준의 정량화, CCTV 기록 보관에 대한 명확한 기준 마련(프라이버시 고려), 독거 및 1인 세대 증가 추세를 고려한 범죄 예방 기준 마련 등을 제안했다. 범죄율이 높은 지역과 낮은 지역을 샘플링하여 유의미한 범죄 관련 요소들의 현장 조사를 실시하여 보다 의미있는 정책적 시사점을 도출해야 한다는 의견도 있었다. 지역별 특성에 맞춘 맞춤형 설계 도입 및 IoT 기반 감시 시스템과 같은 스마트 기술을 활용한 범죄 예방 강화 방안도 제시되었다. 대상 지역 선정의 중요성을 거듭 강조하며, 범죄 유형, 대상지, 건축물 용도 등을 고려한 분석 대상별 지역 선정의 필요성을 언급했다. 방법 지구 도입, 가로 단위 CPTED 사업 및 지구 단위 계획 수립 시 CPTED 의무 적용 등의 정책적 제안이 있었다. 범죄 유형별 구분 분석을 통한 보다 유의미한 범죄 예방 환경 설계 결과 도출의 필요성도 강조되었다. 전통적인 조닝(Zoning) 기반의 토지 이용 계획에서 벗어나, 혼합 용도 개발(Mixed-Use Development)을 통한 활발한 가로 환경 조성, 도로 네트워크 최적화를 통한 교통 흐름 개선 및 혼잡 완화, 방어적 공간(Defensible Space) 강화 방안 등을 고려해야 한다는 의견이 제시되었다.

전문가들은 범죄예방 환경설계 정책의 효과를 높이기 위해 다음과 같은 구체적인 방안들을 제시했다. 첫째, 범죄예방 우수시설 인증제도의 활성화를 위해 심의 및 평가 위원회 구성 시 건축 전문가(건축사)의 참여를 확대해야 한다. 인증 절차를 '예비 인증'과 '본 인증'으로 구분하고, 본 인증 후 일정 기간이 지나면 유지 관리 측면을 확인하는 제도를 마련해야 한다. 둘째, 범죄예방 시설에 대한 정부 지원금 신청 제도 신설이 필요하다. 셋째, 경찰청의 범죄예방 우수시설 인증 제도 개선을 위해 기준 수정 및 보완, 가중치 반영, 보험 등 산업과의 연계 등이 필요하다. 넷째, 범죄 발생 가능성이 높은 구역을 식별하고, 잠재적 위험 지역 및 취약 지점에 대한 개선 활동 및 인증 장려 활동을 집중적으로 추진해야 한다. 다섯째,

CCTV의 단순 수량 증가가 아닌, 기존 설치 위치와 상태에 대한 점검 및 최적화를 통해 실효성을 높여야 한다. 여섯째, 하드웨어 중심의 접근에서 벗어나, 지역 사회 유대감 강화를 위한 소프트웨어적인 요소도 인증 기준에 반영해야 한다. 마지막으로, 요소 간 중복 및 연계된 깊이 있는 교차 분석의 필요성을 강조하며, 정량 데이터 분석을 바탕으로 도시적 스케일의 정책적 관점에서 유효한 시사점들을 제시했다. 하지만 자연스러운 감시, 영역성 강화, 접근 통제, 활동 강화 등 CPTED의 핵심 개념은 공간적 구조와 사회적 관계에 초점을 맞추고 있으므로, 향후 매크로 레벨(Macro Level)의 정량적 분석뿐 아니라, 마이크로 레벨(Micro Level)의 정성적 분석을 통한 맞춤형 전략 연구가 필요하다.

전문가들은 범죄예방 건축 기준의 정량화를 강조하며, 범죄예방 우수시설 인증 시 적용 기준을 명확하게 하고, 방법 시설물 종류 개발 및 설치 방법 등을 함께 고려해야 한다고 제안했다. 인증 기준에 환경 요소를 구체적으로 포함하고, 인증 시설의 사후 관리 방안을 체계화해야 한다. 건축 설계자를 대상으로 인증제도 홍보를 강화하고, 건축사들이 건축주를 설득하여 범죄 예방 시설 투자를 유도하도록 해야 한다. 범죄예방 시설에 대한 정부 지원금 신청 제도 신설도 제안되었다. 기준 수정 및 보완, 가중치 반영, 보험 등 산업과의 연계 등을 통해 경찰청의 범죄 예방 우수시설 인증제도를 개선해야 한다는 의견도 있었다. 본 연구의 지역 단위 분석 결과를 ‘범죄예방 우수시설 인증제도’와 연계하고 고도화하기 위해서는 어떤 요소를 어떤 비중으로 포함할지 명확히 하고, 다소 보수적으로 접근해야 한다는 의견이 있었다. 범죄 발생 가능성이 높은 구역을 식별하고, 잠재적 위험 지역 및 취약 지점에 대한 개선 활동과 인증 장려 활동을 집중적으로 추진해야 한다. 인증제도의 실효성을 높이기 위해서는 본 연구에서 제시된 인구 및 물리환경 요소들의 상관관계 분석 결과를 인증 기준에 반영하고, 정기적인 평가 및 관리 시스템을 구축하는 것이 중요하다. 또한, 인증제도의 홍보 및 건축주에 대한 인센티브 제공 등을 통해 인증 참여율을 높이는 방안도 고려해야 한다.

범죄예방 환경설계 정책 고도화를 위해서는 정량적 분석과 더불어 정성적 분석을 병행하여 CPTED의 핵심 개념을 실질적으로 적용하는 방안을 모색해야 할 것이다. 정책 수립 과정에는 건축 전문가의 참여를 확대하고, 지역 특성을 고려한 맞춤형 전략을 개발해야 한다. 또한, 범죄예방 우수시설 인증제도의 활성화를 위해 기준 정량화, 사후 관리 체계화, 정부 지원 확대 등을 통해 제도의 실효성을 높여야 한다. 궁극적으로, 범죄예방 환경설계는 단순한 물리적 환경 개선을 넘어, 사회적 관계 개선 및 지역사회 참여를 증진하는 종합적인 접근을 필요로 할 것이다.

4. 종합 및 시사점

이 장에서는 설문조사를 통해 범죄예방 우수시설 인증제도의 유효성과 확산 필요성에 대한 전문가들의 의견을 수렴하였다. 총 62명의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 그 중 34명이 응답하였다. 설문은 7점 리커트 척도를 이용하여 현행 제도에 대한 다면적인 평가를 진행하고, 그 외에도 서술형으로 자유롭게 의견을 제시하도록 하였다.

전문가들은 민간 건축물 대상 범죄예방 우수시설 인증제도의 필요성과 유효성에 대해 대체로 긍정적인 평가를 내렸다. 또한, 전문가들은 인증제도의 확산을 위해 다양한 아이디어를 제안하였다. 인증 기준의 명확화, 대상 시설의 확대, 대중 인식 제고를 위한 홍보 활동 강화, 그리고 유관 기관 및 이해관계자와의 협력 강화 등이 주요 제안 사항으로 나타났다. 먼저, 제도 인식에 대하여 대체로 인증제도를 잘 알고 있다고 응답하였으나 일부는 인지 부족과 홍보 부족을 지적했다. 운영 현황과 운용 방식과 관련하여서도 긍정적으로 평가하는 가운데 실효성, 인센티브 부족, 정보 제공 부족과 혜택의 한정성 등 개선 필요성이 도출되었다. 인증 평가 체크리스트의 구성, 인증제도 운영에 따른 범죄 예방 효과성, 인증제도 확산 필요성 등에 대해서도 대다수 전문가들이 긍정적으로 평가하였다. 확산을 위한 아이디어로는 인센티브 제공, 홍보 및 교육 강화, 법적 지원, 공공시설 연계, 연구 기반 강화, 전문인력 지원 등이 제안되었다.

이 장에서 도출된 전문가 자문 결과를 3장에서 도출된 범죄 발생 영향 요인과 함께 종합적으로 고려하여 건축·도시 범죄예방 환경설계의 추진 방향을 설정할 필요가 있다. 전문가들은 현행 CPTED 인증제도의 확산 필요성과 구체적인 개선 방안을 제시하였으며, 제도의 확산과 효율적 운영을 위한 구체적 실행 방안으로는 첫째, 공공과 민간 모두에서의 자발적 참여를 유도하기 위한 인센티브 체계의 구축, 둘째, CPTED 원칙에 따른 환경 개선의 구체적 효과를 입증할 수 있는 실증적 데이터 기반의 연구 강화, 셋째, 인증제도의 투명성과 접근성을 높이는 정보 제공 체계 마련 등이 도출되었다. 이러한 제도 개선을 통하여 범죄예방 환경설계의 효과를 극대화하고, 건축·도시 전반에 걸쳐 안전한 생활환경을 조성하는 데 기여할 수 있을 것이다.

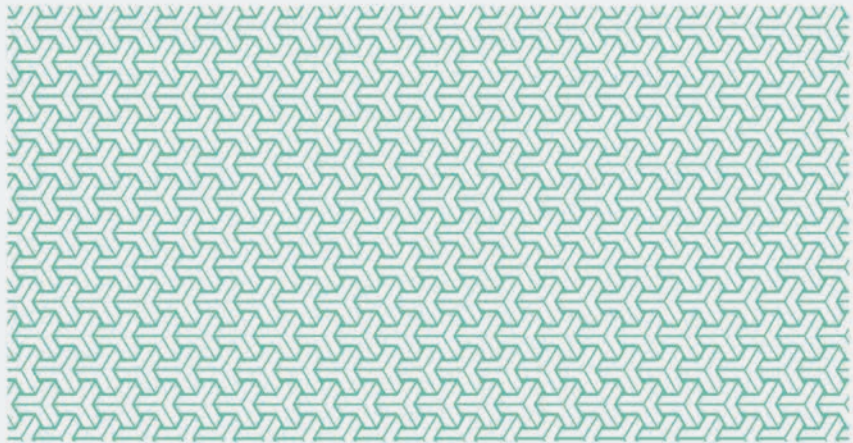
또한 2차로 전문가 의견을 수렴하여 공간의 물리환경 요소에 대한 범죄 예방 정책 시사점을 토의하였다. 인구는 단순 수치보다 연령, 성별, 사회경제적 지위 등 세분화된 특성을 고려해야 효과적인 정책을 수립할 수 있다. 정주민구와 활동인

구를 구분하고, 시간대별 유동인구 데이터를 활용하여 분석의 정확성을 높여야 할 것이다. 서울 외 지역에 대한 추가 연구도 필요할 것이다.

물리환경 요소 분석 결과, 상업 및 혼합용도 지역의 범죄 발생 위험이 높게 나타났다. 분석의 단순화 및 지역 편향성 문제가 있다. 녹지 면적과 범죄 발생의 관계는 명확하지 않고, 녹지 유형 및 인접 용도지역을 고려해야 한다. 도로 네트워크는 도로 폭과 보행로 면적의 상반된 영향을 보이며, 세분화된 분석이 필요하다. 건축물 형태는 건폐율, 용적률, 건물 개수 등이 범죄 발생과 양의 상관관계를 보이거나, 건물 규모와 노후도 등을 고려해야 할 것이다. CCTV는 설치 수량보다 설치 위치 최적화와 효율적인 관리 시스템 구축이 중요할 것이다. 건축물 이용은 용도 및 시간대별 분석, 업종 특성 고려가 필요할 것이다.

정책 방안으로는 계층별 인구 특성을 고려한 CPTED 기준 및 시설물 디자인 보완, 용도 지역별 CPTED 기준 적용 및 인센티브 제공, 도로 네트워크 유형별 분석 및 보행로 면적 확대, 건물 규모 및 노후도 고려, CCTV 설치 위치 최적화, 건축물 용도 및 시간대별 분석 등의 아이디어들이 제시되었다. CPTED 인증 제도 고도화, 지역 특성 반영, 정성적 분석 강화 등 종합적인 접근이 필요하며, 장애물 없는 생활환경(Barrier Free) 고려, 감시자와 물리적 환경 관계 고려, 생활 인구 수, 지역 소득 수준 등 통제 변수 추가 등을 고려해야 한다.

제5장 결론



1. 연구의 의의
2. 범죄예방 환경설계 고도화 방향
3. 범죄예방 우수시설 인증제도 개선방안

1. 연구의 의의

본 연구의 결과를 바탕으로 한 정책 추진 목표로는, “범죄예방을 위한 건축·도시 물리환경 개선 및 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도의 효과적인 확산을 통해 안전한 사회 환경 조성 및 시민 삶의 질 향상”을 제안할 수 있다. 범죄 예방 환경 설계를 통해 범죄 발생률 감소 및 시민의 심리적 안전 증진을 도모하고, 더 나아가 지역 사회의 안전성 강화 및 커뮤니티 활성화를 유도하여 시민들이 안전하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있도록 지원하는 데 중점을 두고 정책을 발전해 나아가야 할 것이다.

본 연구에서 사용된 기계학습, SHAP, PDP, MGWR 등의 분석 기법은 도시 환경 요소와 범죄 발생 간의 관계를 더 깊이 이해하는 데 유용한 도구로 활용될 수 있다. 이번 연구는 범죄 데이터 분석에 적합한 방법론을 탐색하는 단계로서 다양한 방법론을 적용하고 비교하는 단계였으며, 향후 연구에서는 이러한 분석 기법을 고도화하여, 이를 통해 더욱 정교한 범죄 예방 정책을 수립할 수 있다. 또한 분석 결과를 토대로 전문가의 의견 수렴을 거쳐 정책방안을 논의했다는 점이 연구의 주요 의의이다. 특히 물리환경적 요소 부문 뿐 아니라 경찰청 범죄예방 우수시설 인증제도에 대한 발전방안까지 확장하여 논의한 점은 본 연구의 의의이다.

또한, 향후 정책 수립 시에는 범죄 발생과 관련된 다양한 도시 환경 변수를 종합적으로 고려하여, 보다 효율적인 범죄 예방 및 대응 방안을 마련할 필요가 있다. 이를 통해 지역별 맞춤형 방법 대책이 구체적으로 실현되고, 도시 내 안전 수준을 한층 더 높일 수 있을 것이다. 본 연구에서 제안하는 범죄예방 환경설계 고도화 방향을 통하여 더욱 구체적이고 현장 적용가능한 시사점을 제시할 수 있다.

본 연구의 결과 경찰청에서 운영하는 제도인 범죄예방 우수시설 인증제도는 범죄 발생률 감소 및 안전한 사회 환경을 조성하며, 시민의 심리적 안전을 증진하고, 지역 사회의 안전성을 강화하는 데 있어 유효성을 가지며 발전되기 위한 개선 방향이 기대되는 것으로 평가되었다. 본 연구에서 제안하는 개선방안을 통하여 인증제도를 확산시키고, 건축·도시 환경 개선을 통한 긍정적인 사회적 변화를 유도하고 안전하고 쾌적한 사회 환경을 조성하는데 기여할 수 있기를 기대한다.

2. 범죄예방 환경설계 고도화 방향

□ 사회적 감시

- 연구 결과에서 도출된 녹지 면적과 카페 수와 같은 변수는 범죄 발생을 억제하는 음(-)의 관계를 보였으며, 이는 사람들이 많이 모여 자연스럽게 사회적 감시가 이루어지는 공간에서 범죄가 억제될 가능성이 높다는 점을 시사한다. 이러한 요소를 고려하여, 도시 내 공공장소나 휴게 공간을 더 많이 조성하고, 사람들의 활동이 활발한 공간에서 범죄예방 효과를 극대화하는 환경설계를 적용할 필요가 있다. 특히, 공원이나 녹지 공간의 범죄 억제 효과를 높이기 위해 공공 안전을 위한 디자인과 조명을 개선하는 등의 정책이 요구된다. 또한, 카페와 같은 커뮤니티 공간이 범죄 발생을 억제하는 데 긍정적인 영향을 미친다는 점에서, 이런 공간의 확대는 지역 사회 내 범죄를 예방하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

□ 인구

- 단순 인구수가 아닌 연령, 성별, 사회경제적 지위 등 세분화된 인구 특성을 고려해야 할 것이다. 정주민과 활동인구를 구분하고, 시간대별 유동인구 데이터를 활용하여 분석 정확성을 높일 수 있다. 특히, 고령자 등을 위한 유니버설 디자인 개념을 적용한 CPTED 기준 마련이 필요할 것이다.

□ 토지 이용

- 건폐율과 용적률이 높은 지역은 범죄 발생 가능성이 높고, 녹지 공간이 풍부한 지역은 범죄 발생률이 낮을 것으로 예상되지만, 녹지의 시야 차단으로 인한 숨은 범죄 가능성도 고려해야 한다. 시설의 성격을 지역 구성원과의 연관성 또는 외부인 유입 유도 여부로 구분하여 분석해야 자연 감시 효과를 정확하게 평가할 수 있다. 용도 지역별 CPTED 기준 적용 및 인센티브 제공 방안을 고려해야 할 것이다.

□ 도로 네트워크

- 도로 폭이 좁은 곳은 어두운 구간에 가로등 등 시설 설치를 통해 안전성을 높일 수 있다. 보행로 면적과 범죄율의 관계는 보행 활성화를 통한 자연 감시 기능과 관련이 있을 수 있으나, 신중한 검토가 필요하다. 도로 네트워크는 공간의 위상학적 연결 관계와 밀접하게 관련되어 있

으므로 Space Syntax 분석을 활용하는 것이 필요하며, 보행로 면적 증가는 '거리의 눈' 개념과 관련이 있다.

□ 건축물 형태

- 건폐율이 높은 지역은 외부 공간이 협소하여, 용적률이 높은 지역은 건물 이용자가 많아 범죄 발생 빈도가 증가할 가능성이 있다. 건축물 자체에 대한 범죄 예방 설계가 우선되어야 하며, 도로 측 및 건축물 출입구, 부지 내 범죄 예방 안전을 우선적으로 확보해야 한다. 건축물의 노후도, 밀집도, 좁은 골목길과의 연관성 등을 고려한 추가 분석이 필요하다.

□ CCTV

- CCTV 설치를 통한 범죄 예방 및 사후 조치의 중요성을 강조하며, 사각지대 발생 방지를 위한 설치 위치 확보와 개인 프라이버시 보호를 위한 제도적 보완이 필요하다. CCTV 수량 증가보다는 설치 위치 최적화와 효율적인 관리 시스템 구축이 중요하며, 장기적인 관점에서 분석해야 한다.

□ 건축물 이용 유형

- 대중이 많이 이용하는 시설(정류장, 음식점, 편의점 등)과 유흥시설 등 대한 범죄 유형 및 빈도 조사가 필요하며, 시간대별 분석도 고려해야 한다. 시설의 성격을 지역 구성원과의 연관성 또는 외부인 유입 유도 여부로 구분하여 분석해야 자연 감시 효과를 정확하게 평가할 수 있을 것이다.

□ 추가 물리환경 요소

- 장애물 없는 생활환경(Barrier Free) 개념 적용, 감시자(지역 거주자, 유동인구)와 물리적 환경의 관계 고려, 생활인구 수, 지역 소득 수준 등을 통제 변수로 고려해야 할 것이다. 블록 크기, 가로 연결성, 노후 건축물 비율, 토지 이용 혼합도, 연령별 건축물 혼합도 등도 추가적인 분석 요소일 수 있다. 특히, 빈 집, 빈 건축물 등은 범죄 발생과 연관성이 높아 향후 데이터 구득을 통하여 분석에 포함할 필요가 있다. 향후 정책적으로 환경설계 기준의 정량화, CCTV 기록 보관에 대한 명확한 기준 마련, 독거 및 1인 세대 증가 추세를 고려한 범죄 예방 기준 마련 등이 필요하다. 지역 특성에 맞춘 맞춤형 설계 도입 및 IoT 기반 감시 시스템 등 스마트 기술 활용을 고려해야 할 것이다.

□ 범죄불안감

- 본 연구는 범죄 발생을 범죄예방 환경설계의 목표로 설정하고 물리환경 요소의 범죄 발생 영향을 연구하였다. 그러나 범죄 발생만큼이나 범죄불안감도 중요한 사회문제이며, 특히 CPTED 원칙에 따른 활동 활성화에 범죄불안감은 큰 장애물이기도 하다. 물리환경 요소가 범죄불안감에 미치는 영향을 범죄/무질서 신고 데이터 등을 활용하여 분석하고 그 결과를 근거로 범죄예방 환경설계 정책 방향을 근거 기반으로 설정해야 할 것이다.

3. 범죄예방 우수시설 인증제도 개선방안

□ 인증제도 등 관련 정책 인식 제고 및 참여 확대

- 체계적인 홍보 전략 수립: 인증제도에 대한 대국민 인지도를 높이기 위해 방송, 온라인 매체, SNS 등 다양한 채널을 활용한 홍보 캠페인을 진행할 수 있다. 실제 인증 사례와 통계 자료를 공유하고, 인증 시설이 범죄 예방에 효과적이었다는 사실을 적극적으로 알려 제도에 대한 신뢰도를 향상시킬 필요가 있다.
- 건축주 및 시설 소유주 대상 교육 프로그램 운영: 인증 제도의 취지와 혜택을 명확히 알리고, CPTED의 효과를 효과적으로 전달하는 교육 프로그램을 개발 및 운영하는 것을 제안한다. 이를 통해 범죄 예방 환경 설계에 대한 이해도를 높여 자발적인 참여를 유도하고, 인증 제도의 실효성을 확보할 수 있을 것이다.
- 인센티브 강화 및 명확화: 인증 시설에 대한 세금 감면, 보험료 할인 등 구체적인 인센티브를 제공하여 건축주 및 시설 소유주의 참여를 유도하는 방안을 모색할 수 있다. 범죄 예방 실효성과 관련된 명확한 인센티브를 마련하고, 경찰서 등에서 우선 관리되는 시설로 지정하여 추가적인 지원을 제공하는 방안을 검토할 수 있겠다.

□ 제도 개선 및 고도화

- 평가 기준 및 체크리스트 개선: 현행 체크리스트의 주관성 문제, 환경 및 상황 반영 부족, 정량적 평가 기준 부재 등의 문제점을 점차적으로 개선하는 것을 제안한다. 특정 환경에 맞는 맞춤형 기준과 평가 방법을 개발하고, 객관적인 데이터 기반의 정량적 평가 체계를 구축하는 방향으로 발전해야 한다. 또한, 각 지표에 대한 배점 설정 근거를 명확히 제시하고, 새로운 범죄 예방 기술을 반영하여 체크리스트의 효율성을 높일 수 있다.
- 법적 기반 강화: 인증 제도를 법제화하고, 주요 시설에 대한 인증 의무화 또는 범죄 예방 설계 적용 시 인센티브 제공을 통해 제도적 기반을 공고히 할 수 있다. 이를 통해 인증 제도의 법적 구속력을 강화하고, 소유주 참여를 유도하는 방향으로의 제도 운영을 검토할 수 있다.

□ 공공 부문과의 협력 강화

- 공공시설 인증 확대: 학교, 병원, 대중교통 시설 등 범죄에 취약한 공공

시설에 인증 제도를 확대 적용하여 범죄 예방 효과를 극대화할 필요가 있다.

- 모범 사례 발굴 및 전파: 공공 부문에서 인증 제도를 성공적으로 적용한 모범 사례를 발굴하고, 이를 민간 부문에 적극적으로 전파하여 확산을 유도하면 효과적일 것이다.

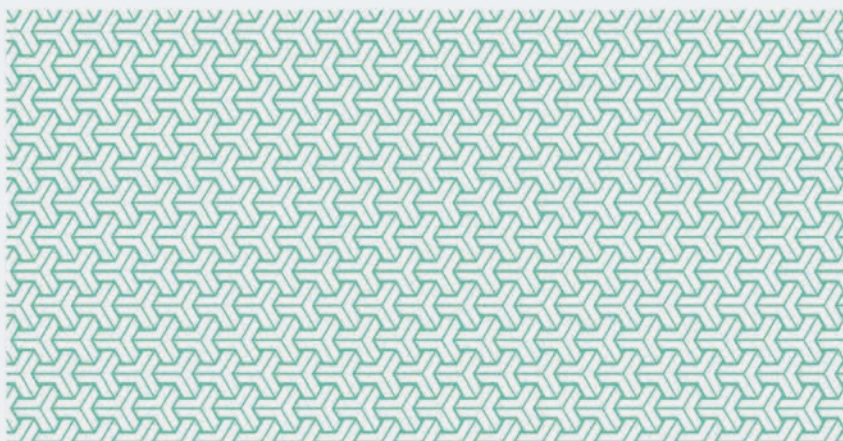
□ 데이터 기반 효과 분석 및 지속적인 관리

- 효과 분석: 인증 받은 건물과 비인증 건물의 비교 연구를 통해 인증 효과를 객관적으로 규명하고, 이를 민간에 적극적으로 홍보할 필요가 있다. 지역별 범죄 발생률 변화를 추적하여 인증 제도의 실효성을 과학적으로 검증하는 것이 효과적일 것이다.
- 실질적인 개선 사례 발굴: 운영 실태와 조사 결과를 통해 모범 사례를 발굴하고, 이를 널리 홍보하여 인증 제도의 효과를 증명할 필요가 있다.
- 지속적인 관리 및 피드백 시스템 구축: 인증 완료 후에도 지속적인 관리를 통해 인증 시설의 안전성을 유지하고 보완하는 체계를 마련하는 것이 필요하다. 인증제도 운영 과정에서 발생하는 문제점에 대한 피드백 시스템을 도입하여 지속적 개선을 추진하는 방안도 검토할 수 있다.

□ 지역 맞춤형 인증제도 운영

- MGWR 분석 결과, 범죄 발생에 영향을 미치는 변수들이 공간적으로 이질적인 패턴을 보이며, 지역별로 서로 다른 영향을 미친다는 점을 확인할 수 있었다. 예를 들어, 인구 수, 음식점 수, CCTV 수, 용적률 등은 범죄 발생에 양(+)의 영향을 미쳤으나, 그 강도와 유의미한 영향 지역은 지역마다 상이했다. 이는 지역별로 차별화된 방법 정책이 필요함을 시사하며, 인구 밀집 지역이나 상업시설이 많은 지역에는 보다 강화된 방법 체계가 필요하다는 결론을 도출할 수 있다.

참고문헌



[국내 문헌]

- 강은영. (2023). 범죄 안전 영역의 주요 동향 한국의 사회동향 2023, 1, 300-310.
- 경찰청. (2013). 편의점 범죄예방을 위한 방법인증제 실시.
- 경찰청. (2016). 범죄예방 우수주차장 인증 계획.
- 경찰청. (2018). 범죄예방 우수시설 인증 대상 확대 계획.
- 고재영. (2022). 부천도시공사, 공영주차장 2곳 범죄예방 우수시설 인증. 글로벌뉴스통신. 12월 7일 기사. <http://www.globalnewsagency.kr/news/articleView.html?idxno=278002> (검색일: 2024.1.13.)
- 곽래진. (2020). 전봇대 촘촘히, 낡은 벽 색칠... “골목길 무섭지 않아요”. 조선일보. 7월 29일 기사. https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2013/03/14/2013031400183.html (검색일: 2024.6.20.)
- 금천구시설관리공단. (2019). 금천구시설관리공단, 범죄예방 우수시설 인증 ‘A등급 달성’. 뉴스와이어. 9월 27일 보도자료. <https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=894713> (검색일: 2024.1.13.)
- 김고원, 오하늘, 강석진. (2021). 범죄예방 우수시설 인증제도 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 41(1), 21-22.
- 김다희, 정용욱, 이승희. (2018). 범죄발생 위치데이터를 활용한 염리동 요소의 CPTED 범죄예방효과 분석: 가로 세그먼트 분석 단위를 중심으로. 주거환경, 16(4), 13-27. <https://doi.org/10.22313/reik.2018.16.4.13>
- 김민정. (2023). 6억→15억까지 예산 증액...잇단 흉악 범죄에 “이것” 다시 뜬다. 중앙일보. 9월 2일 기사. <https://www.joongang.co.kr/article/25189356> (검색일: 2024.6.20.)
- 김연수, 박현호, 조준택, 김도선, 손은아, 노희주, 정지연, 오지현. (2022). 범죄예방 관련 산업 및 기술 실태조사 정책연구. 한국셉테드학회.
- 김준희. (2018). [르포]색 바랜 ‘염리동 소금길’... 재개발 시작되니 “나 몰라라”. 뉴스핌. 10월 16일 기사. <https://newspim.com/news/view/20181016000301> (검색일: 2024.6.20.)
- 박승연, 김고원, 강석진. (2022). CPTED 인증 아파트와 비교한 공공임대아파트의 범죄 안전 연구. 한국셉테드학회지, 13(3), 223-258.
- 박유나, 손동필, 현대환. (2020). 한국형 범죄예방환경설계를 위한 장소프로파일링 기법 개발 연구. 건축공간연구원.
- 박자연. (2023). 마포 염리 4·5구역 개발행위제한 또 2년 연장. 헤럴드경제. 11월 24일 기사. <https://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20231124000223> (검색일: 2024.6.20.)
- 박준호, 장현석, 김혜림, 성민경, 김나은. (2022). 서울지역의 CPTED 사업 실시 지역과 행동동 수준 범죄 유형별 발생등급 간 공간적 상관성에 대한 탐색적 연구. 한국셉테드학회지, 13(3), 185-222. <https://doi.org/10.26470/JCSSED.2022.13.3.185>

- 박현호, 김강일, 조준택. (2018). 주거시설에 대한 CPTED 평가인증 기준 개선방안 연구. 한국경호경비학회지, 55, 117-141. <https://doi.org/10.36623/kssa.2018.55.6>
- 범죄예방산업 및 기술 실태조사 정책연구 (요약본). (2022). 한국셉테드학회.
- 법무부. (2022). 지역별 맞춤형 범죄예방 컨설팅 수행 연구. 법무부.
- 서승연, 이우민, 박효숙, 채인병, 이경환. (2018). 범죄예방 환경개선사업 효과에 대한 시계열적 분석: 천안시 원성동 사례를 중심으로. 국토연구, 98(null), 37-62. <http://doi.org/10.15793/KSPR.2018.98..005>
- 서울시설공단. (2019). 범죄예방환경설계 인증 추진계획. <https://opengov.seoul.go.kr/sanction/://opengov.seoul.go.kr/sanction/17780502> (검색일: 2024.1.13.)
- 서울특별시. (2009). 서울시 재정비촉진(뉴타운)사업 범죄예방 환경설계 인증 항목별 점수 기준.
- 서울특별시. (2013). 범죄예방환경설계(CPTED) 가이드라인 (주민중심 서울시 주거환경관리사업).
- 서울특별시. (2016). 서울시 범죄예방 우수건물 인증제 항목별 점수 기준.
- 손동필, 유광흠, 조영진, 현대환, 박유나. (2017a). 대도시 노후 상업지역의 범죄예방환경설계. 건축도시공간연구소.
- 손동필, 유광흠, 조영진, 현대환, 박유나. (2017b). 산업단지 배후 주거지의 범죄예방환경설계. 건축도시공간연구소.
- 손동필, 조영진, 윤주선, 김숙하, 지혜란, 류수연, 신도겸, 김민지. (2015). 서울시 옥아안심 공동주택 및 범죄예방 우수건물 인증제 운영방안. 건축도시공간연구소.
- 손동필, 현대환, 박유나. (2020). 여성범죄예방 인프라 구축사업의 효과성 분석. 건축공간연구원.
- 손동필, 현대환, 박유나. (2021). 범죄두려움 저감을 위한 도로조명 조도 기준 연구. 건축공간연구원.
- 시민일보. (2023). 범죄예방 우수시설 인증제도에 대해 아시나요? <https://m.siminilbo.co.kr/news/newsview.php?ncode=1160280603996552> (검색일: 2024.1.13.)
- 신재현, 김상운. (2017). 범죄예방진단팀(CPO)을 활용한 지방자치단체 CPTED 전략 개선방안. 한국경찰연구, 16(3), 179-200.
- 안은희. (2022). 텍스트 마이닝 기법을 활용한 셉테드 학술논문 연구동향 고찰. 한국셉테드학회지, 13(3), 7-32. <https://doi.org/10.26470/JCSSD.2022.13.3.7>
- 안장원. (2004). [뉴타운 재테크] (2) 재개발 염리동 일대 “주변보다 시세 낮아”. 중앙일보. 10월 10일 기사. <https://www.joongang.co.kr/article/398963> (검색일: 2024.6.20.)
- 유광흠, 조영진, 손동필 외. (2015). 실무자를 위한 범죄예방 환경설계 가이드북 건축공간연구원, 16-45
- 유광흠, 진현영. (2012). 범죄예방을 위한 환경설계 지침 연구. 건축도시공간연구소.
- 이정흔. (2016). [상권 (15)] 우범지대 바꾼 “소금길의 마법”. 매거진한경. 1월 15일 기사. <https://magazine.hankyung.com/business/article/201601152537b> (검색일:

2024.6.20.)

- 임영근. (2014). 짜지 않은 소금길 걸어보실래요? 내 손안에 서울. 3월 19일 기사. <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/185472> (검색일: 2024.6.20.)
- 임혜주. (2019). 경찰과 함께, 우리 동네 안전하게! 범죄예방 우수 시설 인증제도. 대한민국 경찰청 [네이버 블로그]. 9월 18일. <https://blog.naver.com/polinlove2/221651820150> (검색일: 2024.1.13.)
- 정지연, 박현호. (2022). 주거시설 침입범죄 예방을 위한 방법인증시설 CPTED 사업의 효과 연구. 한국셉테드학회지, 13(1), 81-106. <https://doi.org/10.26470/JCSSE.D.2022.13.1.81>
- 정지연, 박현호, 전연규. (2023). 인천시 타겟하드닝 CPTED 사업 효과의 실증 분석 및 개선방안 연구. 한국경찰연구, 22(1), 217-240. <https://doi.org/10.38084/2023.22.1.9>
- 정철우. (2016). CPTED 구성요소 중요도 분석. 한국셉테드학회지, 7(2), 103-129.
- 조상규, 손동필, 조영진. (2015). 2014년 법무부 범죄예방 환경개선사업 현황조사 및 모니터링 연구. 건축도시공간연구소.
- 조영진, 손동필. (2016). 건축물의 범죄예방 관련 법령 개선방안 연구: 건축법 및 하위법령을 중심으로. 건축도시공간연구소.
- 조영진, 조상규, 김승남. (2015). 범죄예방 환경조성을 범죄위험평가 도입 방안 연구. 건축도시공간연구소.
- 조영진, 한수경, 박유나. (2019). 범죄예방 환경조성 시설·기법의 효과성 분석 연구. 건축도시공간연구소.
- 조영진, 한수경, 현태환, 박유나. (2019). 범죄예방 환경조성사업의 효과성 분석 연구: 서울시 5개 CPTED 사업 지역을 중심으로. 건축도시공간연구소.
- 조영진, 현태환, 박유나. (2019). 범죄예방 건축기준 개선방안 연구. 건축도시공간연구소.
- 조준택, 박현호. (2017). 주차장 범죄예방을 위한 인증평가기준 개발에 관한 연구. The Journal of Police Policies, 31(1), 317-348. <https://doi.org/10.35147/knpsi.2017.31.1.317>
- 한국셉테드학회. (2021). 인증제도 안내. https://kca.cpted.or.kr/kr/guide/guide_summary.php (검색일: 2024.2.24.)
- 한국형사정책연구원. (2022). 범죄피해두려움. 국가지표체계. <https://www.index.go.kr/unity/potal/indicator/IndexInfo.do?idxCd=4264> (검색일: 2024.2.23.)
- 허지은. (2016). 아파트 단지의 범죄예방환경설계(CPTED)에 관한 연구: CPTED 인증 아파트와 CPTED 비인증 아파트 비교분석. 인하대학교 석사학위논문.

[국외 문헌]

- Arain, F. N. (2021, April 4). Decision Tree Classification Algorithm. DevOps. <https://www.devops.ae/decision-tree-classification-algorithm/>
- Armitage, R., & Monchuk, L. (2011). Sustaining the crime reduction impact of designing out crime: Re-evaluating the Secured by Design scheme 10 years on. *Security Journal*, 24(4), 320–343. <https://doi.org/10.1057/sj.2010.6>
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115.
- Aude. (2024). Crime mapping. In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Crime_mapping&oldid=1200596527
- B, U. (2021, December 9). Random forest machine learning algorithm. Medium. <https://medium.com/@uma.bollikonda/random-forest-machine-learning-algorithm-401bdcd7a0b8>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Dormann, C. F., et al. (2013). "Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance." *Ecography*, 36(1), 27–46.
- Fotheringham, A. S., Yang, W., & Kang, W. (2017). Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR). *Annals of the American Association of Geographers*, 107(6), 1247–1265.
- Friedman, J. H. (2001). Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. *Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232. <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
- Reddy, G. P. O., & Singh, S. K. (Ed.). (2018). *Geospatial Technologies in Land Resources Mapping, Monitoring and Management*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-78711-4>
- Hussain, H. I., Kamarudin, F., Thaker, H. M. T., & Salem, M. A. (2019). Artificial Neural Network to Model Managerial Timing Decision: Non-linear Evidence of Deviation from Target Leverage. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 12(2), 1282–1294. <https://doi.org/10.2991/ijcis.d.191101.002>
- Iglewicz, B., & Hoaglin, D. C. (1993). *How to Detect and Handle Outliers* (Vol. 16). ASQC Quality Press.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning*. Springer.
- Kant, U. (2022, August 23). Comparing Association Rule Mining with other similar

- methods. Medium. <https://medium.com/@utkarsh.kant/comparing-association-rule-mining-with-other-similar-methods-d964eaafad91>
- Kim, H., & Seong, E. (2022). Pattern and Explanation of Inter-City Crime Variation in South Korea. *Sustainability*, 14(22), 15458.
- Kim, S., & Lee, S. (2023). Nonlinear relationships and interaction effects of an urban environment on crime incidence: Application of urban big data and an interpretable machine learning method. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104419.
- Little, R., & Rubin, D. (2019). *Statistical Analysis with Missing Data* (3rd ed). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119482260.ch1>
- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Paper.pdf
- Police Crime Prevention Initiatives. (2023). Secured by Design Homes 2023.
- Police Crime Prevention Initiatives. (2024). Secured by Design. <https://www.securedbydesign.com/>
- Powers, D. M. (2011). Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness and Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37-63. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.16061>
- Qin, L., Zong, W., Peng, K., & Zhang, R. (2024). Assessing Spatial Heterogeneity in Urban Park Vitality for a Sustainable Built Environment: A Case Study of Changsha. *Land*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/land13040480>
- Reddy, G. P. O., & Singh, S. K. (Eds). (2018). *Geospatial Technologies in Land Resources Mapping, Monitoring and Management*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-78711-4>
- Snowden, A. J., Stucky, T. D., & Pridemore, W. A. (2017). Alcohol outlets, social disorganization, and non-violent crimes in urban neighborhoods. *Journal of Crime & Justice*, 40(4), 430-445. <https://doi.org/10.1080/0735648x.2016.1176949>
- Suthaharan, S. (2016). *Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification: Thinking with Examples for Effective Learning* (Vol 36). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7641-3>
- UCL (2016), DepthmapX, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research-projects/2016/Dec/depthmapX>(검색일: 2024.10.09.)
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5th ed.). Cengage Learning.
- Yang, W., & Fotheringham, A. S. (2018). The Multiscale Geographically Weighted

Regression Analysis of House Price Determinants in China. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 11(3), 529-552.

Yue, H., & Zhu, X. Y. (2021). The influence of urban built environment on residential burglary in China: Testing the encounter and enclosure hypotheses. *Criminology & Criminal Justice*, 21(4), 508-528. <https://doi.org/10.1177/1748895819874868>

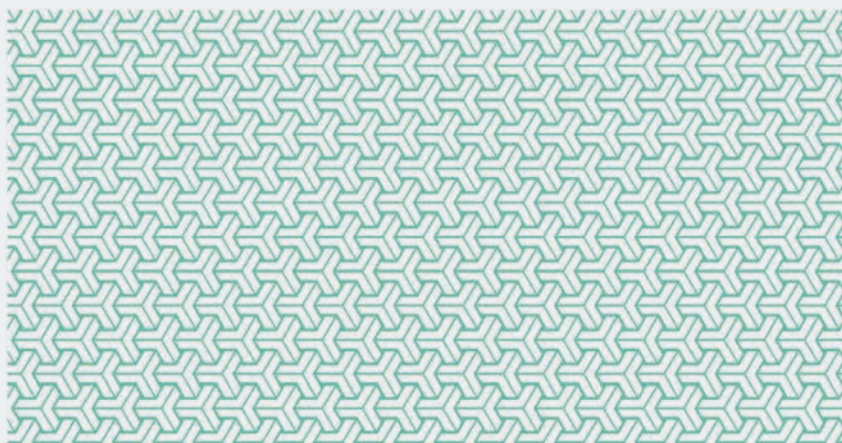
[법령]

건축법. 법률 제18935호.

건축법 시행령. 대통령령 제33717호.

범죄예방 건축기준 고시. 국토교통부고시 제2021-930호.

Enhancing CPTED and Crime Prevention Building Certification System



Cho, Yeongjin
Ahn, Euisoon
Park, Sungnam
Ko, Youngho
Kwon, O Kyu
Im, Boyeong
Lim, Lisa
Kim, Yujin
Lee, Jounghyun

Chapter 1: Introduction

In South Korea, Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED) has been actively introduced in policy projects and other initiatives, entering its maturity phase. Consequently, there is growing interest in verifying the sustainability of CPTED interventions and their crime prevention effectiveness. However, there are also cases where initial CPTED projects have been poorly managed or have failed to achieve the intended outcomes. This is due to the fact that although the physical environment of buildings, cities, and communities are organically interconnected, each project and policy only achieves goals within its individual scope, resulting in limited overall crime prevention effects.

To address this issue, integrated physical environment improvements in architecture and urban spaces are crucial. By systematically verifying the effectiveness of CPTED and implementing policies based on these findings, crime prevention effects that encompass urban spaces, public facilities, and private buildings can be expected. Currently, there are various systems related to CPTED, such as urban space environmental improvement projects, crime prevention environmental standards for buildings, and the private building crime prevention excellence certification program. This study focuses on the certification program aimed at encouraging private sector participation and discusses ways to improve it. Furthermore, to analyze how physical environment factors impact crime for policy-making, an analysis was conducted in areas without CPTED projects from the central government. This analysis aimed to identify the relationship between physical environment characteristics and crime occurrence and propose improvements to enhance the crime prevention effects of CPTED projects.

The goal of this research is to identify the linkages between spatial environmental elements and crime prevention factors, discuss the direction of CPTED, and explore ways to encourage private sector participation to strengthen crime prevention in private buildings. To achieve this, the study derives physical environment factors that should be included in crime prevention strategies, and proposes strategies to enhance participation and effectiveness in private building crime prevention. The study analyzed the impact of physical environment characteristics of buildings and urban spaces on crime occurrence, derived relevant variables, and collected expert opinions to evaluate the effectiveness and

need for the expansion of the National Police Agency's private building CPTED certification program.

Chapter 2: Analysis of Physical Environment Factors Related to CPTED

This chapter reviews prior studies on crime prevention through environmental design and identifies physical environment factors related to crime prevention. The physical environment factors were analyzed by categorizing them into architectural elements and spatial environmental elements, with factors derived from prior CPTED studies and key projects by the National Police Agency and the Ministry of Justice. Among the five principles of CPTED, the study focused on access control, surveillance, and territoriality, which are closely related to the physical environment. Specific cases analyzed include major prior studies, the National Police Agency's crime prevention building certification checklist, and the Ministry of Justice's regional crime prevention environmental improvement consulting materials. The physical environment factors derived from this analysis will be used as independent variables in the next chapter for analyzing the impact on actual crime occurrences.

In the analysis of prior CPTED studies, six studies focusing specifically on physical environment characteristics were selected to derive architectural and spatial environmental elements. These were classified according to the main CPTED principles of access control, surveillance, and territoriality. Architectural elements include clear entrances, locks, intercoms, CCTV, sensors, and safe lighting design. Proposals for enhancing surveillance include using transparent materials for open building layouts and installing CCTV to improve visibility. Furthermore, the study discusses strengthening territoriality through clear distinctions between private and public spaces, design reflecting local characteristics, and resident-participatory designs. Spatial environment elements include creating open, wide spaces instead of narrow, long alleys, enhancing natural surveillance, and establishing safe zones. Moreover, the study suggests measures to prevent crime by ensuring adequate lighting through streetlights and security lights, and by creating community spaces such as rest areas, playgrounds, and community facilities.

In the analysis of the National Police Agency's Crime Prevention Excellent Facility Certification Program, the checklist was examined to derive architectural

elements. The certification program, which began in 2016 for parking lots and expanded to small residential buildings in 2018, aims to promote crime prevention environmental improvements in private facilities. The checklist is composed of categories such as management and operation systems, design, and security and safety facilities, with evaluation criteria based on the CPTED principles of access control, surveillance, and territoriality. Access control includes installing entry control systems and reinforced security devices at entrances and windows, and applying measures to block intrusion routes in outdoor spaces. Surveillance emphasizes natural and video surveillance, minimizing visual obstructions, removing blind spots and hiding spaces, and requiring high-resolution CCTV for 24-hour monitoring and video storage. Territoriality is secured by applying boundary markings and design elements to walkways and parking lots, as well as considering the needs of vulnerable pedestrians. Additionally, principles of functionality and maintenance are incorporated by arranging commercial and community facilities to activate activities and requiring maintenance of the facilities.

In the analysis of the Ministry of Justice's crime prevention environmental design projects, regional crime prevention environmental improvement consulting materials were examined to derive spatial environmental elements. Initially, these projects were promoted through collaboration with private sectors and local governments but, since 2016, have expanded in scale and expertise through partnerships with the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport and the Ministry of the Interior and Safety, linking urban regeneration and safety projects. From 2019, these initiatives have been linked to urban regeneration new deal projects, industrial complex regeneration projects, and fishing village new deal projects, and since 2024, rural center revitalization projects have also been included. The most recent three years of projects were analyzed based on architectural and spatial environmental elements following the CPTED principles of access control, surveillance, and territoriality. Access control in architectural elements considers factors such as the location of entrances and windows, building age, and the number of vacant houses, while spatial elements include shielding vacant land and the proportion of parks and green spaces. To enhance surveillance, architectural elements focus on the placement of entrances and stairwells, installation of CCTV and lighting, while spatial environmental elements emphasize surveillance equipment and lighting for alleys and blind spots. To ensure territoriality, architectural elements include fence placement

and the proportion of mixed-use areas, while spatial elements focus on preventing illegal dumping and designating protection zones.

Chapter 3: Analysis of Architectural and Urban Physical Environment Characteristics at Crime Occurrence Points

This chapter aims to analyze the impact of architectural and urban physical environment characteristics on crime occurrence and provide the basis for integrated strategies in crime prevention through environmental design. The target areas for analysis are six districts in Seoul (Seocho, Gangnam, Songpa, Gangdong, Geumcheon, and Eunpyeong), selected based on high crime rates, crime occurrence, and per capita crime rates. Some analyses were carried out focusing on four districts (Seocho, Gangnam, Songpa, and Gangdong), where spatially continuous analysis was possible. The target areas were analyzed by aggregating crime occurrences and physical environment characteristics in 250-meter grid units.

The analysis method is composed of three main stages. First, the impact of the police department's crime prevention certification on crime occurrence was analyzed to assess the crime prevention effectiveness of certified facilities. Second, the impact of physical environment factors on crime occurrence was analyzed through regression analysis (OLS), machine learning (Random Forest), and spatial regression analysis (MGWR). Spatial correlations between major physical environment variables and crime occurrences were assessed to identify how these variables influenced crime across different areas. Models analyzed crime types (violence, theft, etc.) and occurrence times (day, night, etc.). Data preparation involved collecting population, crime data, and urban environmental variables, and deriving relationships between major variables and crime occurrences through OLS regression. In machine learning (Random Forest), the importance of variables was evaluated, and through spatial regression analysis (MGWR), the differentiated impacts of physical environment factors on crime were analyzed by region.

First, using the police department's crime prevention certification and crime data for six districts of Seoul, the characteristics of certified facilities and crime occurrence trends were analyzed. The analysis focused on 24 certified facilities,

selected from 130 facilities initially certified between 2021 and 2023, for which data was available. These facilities included parking lots and one-room apartment buildings, and crime data before and after certification was compared to assess the effectiveness of the certifications in preventing crime. The crime data was processed to exclude duplicates, identify the five major crime categories, and convert address information into coordinates, leaving 24,879 incidents for analysis. Descriptive statistics showed that violence (16,394 incidents) and theft (9,058 incidents) were the most common crimes, with a decreasing trend in crime incidents over the years (9,961 incidents in 2021, 8,146 incidents in 2023). In the analysis of the effectiveness of certified facilities, crime rates before and after certification were compared within a 100-meter radius and at the building level. A 25% reduction in crime rates was observed within the certified facilities and a 16% reduction within a 100-meter radius, though these reductions were not statistically significant. This result was attributed to the limited sample size, and the interpretation also took into account the trend of decreasing crime rates over the years.

Next, regression analysis, machine learning, and spatial regression analysis were conducted. Physical environment variables selected from prior studies, police department's CPTED certification checklist, and Ministry of Justice projects were gathered through public data sources and reclassified according to population and physical environment characteristics. Population was treated as an independent variable, and the remaining physical environment variables were categorized into land use, road network, building forms, street facilities, and building usage. Physical environment data was obtained from a variety of public data sources such as VWorld, local government administrative approval data, public data portals, and Kakao API. The analysis was conducted on a 250-meter grid unit, and the dependent variable (crime occurrence) was processed either as a binary classification or continuous variable according to the model's characteristics. Only crimes occurring at the building level were included in the analysis. After adjusting the scale of variables, outliers and missing values were addressed, and variables with low multicollinearity and correlation coefficients were selected for analysis.

The analysis showed that in most models (OLS regression, Random Forest, MGWR spatial regression), population density was positively correlated with crime occurrence. Among land use factors, commercial and mixed-use areas showed a positive correlation with crime occurrence, while green spaces showed

a negative correlation. In road networks, road width was positively correlated with crime, while pedestrian pathway area showed a negative correlation. Building-related elements such as the number of buildings, floor area ratio, and building coverage ratio were positively correlated with crime occurrence, and some building heights showed a non-linear relationship. The relationship between the number of CCTV cameras and crime occurrence showed mixed results, including both positive and non-linear correlations. Regarding building usage, restaurants and convenience stores showed a positive correlation with crime, while cafes and office buildings showed a negative correlation. In conclusion, factors such as population density, commercial area density, and green space had a significant impact on crime occurrence, while the relationship between CCTV installation and crime prevention requires careful interpretation, as it may not be causally linked.

Chapter 4: Deriving Directions for Environmental Design and Certification Program Improvement for Crime Prevention

Based on the analysis of the impact of physical environment factors on crime occurrence, the aim is to advance crime prevention through environmental design and evaluate the performance of the police department's certification program for private buildings, ultimately proposing improvements. A two-stage expert survey was conducted to gather opinions on the effectiveness and necessity of expanding the certification program and to discuss policy implications regarding physical environment factors for crime prevention.

In the first survey, experts provided feedback on the police department's crime prevention certification program. Fifty-three percent of respondents were positive about the program's awareness, though some pointed out a lack of awareness and insufficient promotion. Forty-one percent rated the program's operation positively, with many commenting that it was systematic and practical. However, concerns about inadequate recognition, effectiveness, and lack of incentives were raised. Sixty-eight percent evaluated the operation method positively, considering the on-site diagnosis and re-certification system appropriate, but issues such as insufficient information provision, lack of substantial benefits, and limited scope of certification targets were identified.

Regarding the checklist items and point allocation, 82% found it appropriate, but concerns about the lack of rationale for the point system, excessive item segmentation, and subjectivity were noted. Seventy-nine percent rated the crime prevention effectiveness positively, although the lack of specific validation data was mentioned. Regarding the need for expanding the certification program, 97% expressed positive views, believing that its expansion would improve crime prevention and enhance the physical environment of private buildings. Suggestions for expansion included providing incentives, enhancing promotion, offering legal support, linking with public facilities, strengthening research, and supporting professionals.

In the second survey, based on the analysis results of the impact of physical environment factors on crime, experts provided opinions on the policy implications. The positive correlation between population density and crime occurrence highlighted the need for more detailed analysis considering population characteristics (e.g., age, gender). Further research was also required to include social class and lifestyle patterns. Regarding land use, the tendency for higher crime rates in commercial and mixed-use areas was emphasized. Although green spaces showed a reduction in crime, concerns about hidden crimes due to visual obstructions in green spaces were raised. In road networks, narrower and darker roads were found to be more prone to crime, and expanding pedestrian pathways was seen as helpful for crime prevention. In terms of building forms, areas with higher building coverage ratios and floor area ratios had higher crime occurrences. Various factors, including building form, density, and age, were assessed to influence crime. The relationship between CCTV installation and crime occurrence revealed that CCTV was installed in high-risk areas and showed a positive correlation with crime. However, experts pointed out that the causal relationship is unclear and that increasing the number of CCTV cameras alone may not effectively prevent crime. A strategic approach considering the location, management, and regional characteristics of CCTV was recommended. Analysis of crime occurrence by building use revealed that crime is frequent around facilities with high public use, such as entertainment venues. Experts proposed specific policy improvements based on physical environment factor analysis, such as subdividing populations, reflecting regional characteristics, considering building age and size, and optimizing CCTV installation locations. They also suggested strengthening the expansion and

efficient operation of the certification program, providing incentive systems, and developing data-driven research to support better decision-making.

Chapter 5: Conclusion

This study aimed to advance crime prevention in architecture and urban physical environments, with a focus on enhancing the police department's crime prevention certification program for private buildings. It utilized statistical and machine learning analyses of crime occurrence and physical environment data to provide objective evidence and derived policy implications based on expert opinions. The study explored various methodologies for crime data analysis and applied multiple approaches to assess their applicability, with expectations to refine these techniques for more sophisticated crime prevention policies in future research.

The ways to advance crime prevention environmental design are as follows: First, social surveillance can deter crime, and to enhance this, it is essential to expand public spaces and resting areas while improving the safety of parks and green spaces through design. Second, CPTED standards should be established based on population characteristics. Third, areas with high building coverage and floor area ratios show a higher potential for crime, so applying CPTED standards by land use zone and offering incentives should be considered. Fourth, narrow roads may increase crime, necessitating interventions in such areas. Fifth, additional analyses should consider the relationship between building deterioration and narrow alleyways. Sixth, CCTV installation should focus on optimizing locations and establishing an efficient management system rather than merely increasing the number of cameras. Seventh, further analysis of crime patterns around popular public facilities is required. Eighth, a barrier-free living environment should be applied, and additional analysis should consider local income levels and population size. Empty houses or vacant buildings, which are highly correlated with crime occurrence, should also be included in the analysis. Ninth, the impact of physical environment factors on perceived crime insecurity should be analyzed, and based on this, policies for crime prevention environmental design should be set.

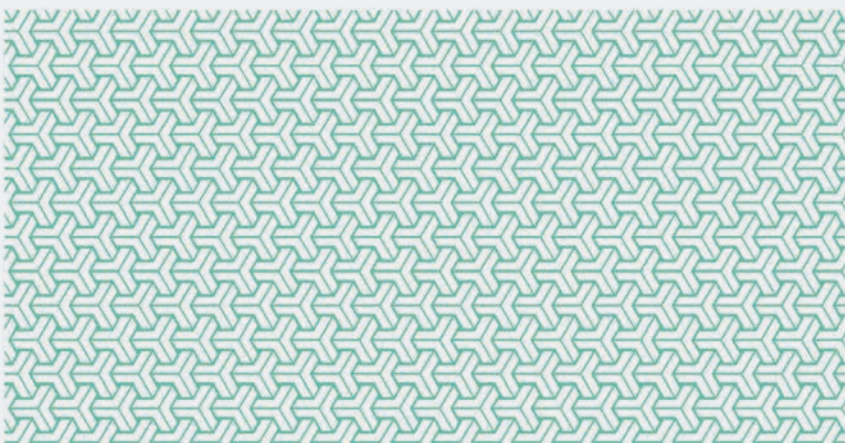
Proposals for improving the certification program are as follows: First, to raise awareness and increase participation, it is necessary to conduct broadcasts and systematic promotional campaigns, sharing certification cases and showcasing

the effectiveness of the program. Second, a broader target area should be considered for certification, encompassing not only private buildings but also public spaces, along with measures for building managers' responsibility. Third, clearer rationale should be provided for the certification program's checklist and point system. Fourth, the program should reflect local characteristics in the certification process. Fifth, the certification program should be expanded to include larger-scale buildings, with a focus on areas with high crime rates. Sixth, regional experts should participate in decision-making. Seventh, experts recommended that post-certification evaluations and monitoring be conducted periodically to ensure sustained effectiveness. Lastly, incentives should be provided to encourage private buildings to participate and maintain certification. The statistical and machine learning analysis techniques used in this study can serve as useful tools for gaining a deeper understanding of the relationship between Physical environment factors and crime occurrence. This study was in the exploratory stage of examining methodologies suitable for crime data analysis, applying and comparing various approaches. It is anticipated that future research will refine these analytical techniques to establish more sophisticated crime prevention policies.

Keywords :

Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED),
Physical Environment Factors, Private Building Certification Program,
Machine Learning

부록



1. 5대 범죄 발생의 변수별 MGWR 계수 추정값

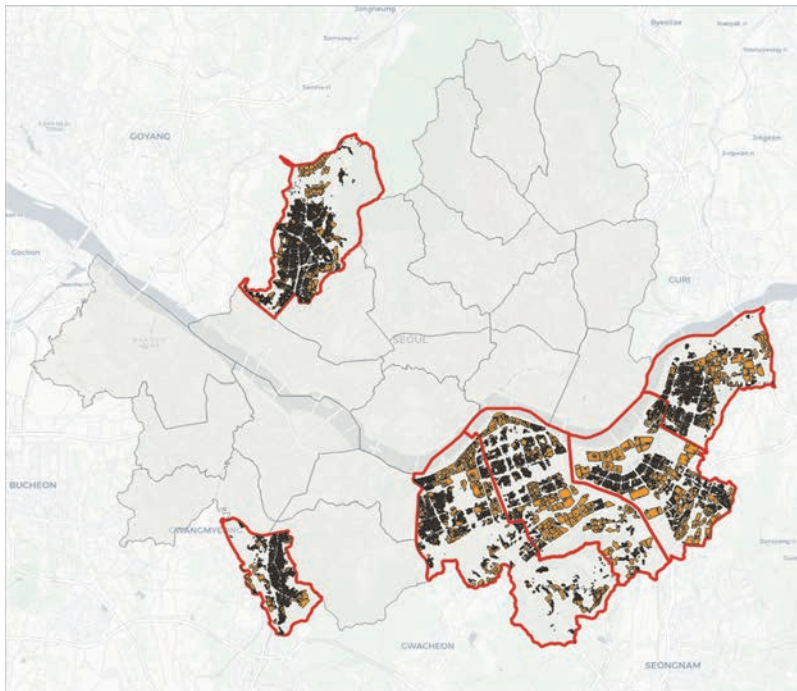
5대범죄 - 전체 시간 기준					
변수	Mean	STD	Min	Median	Max
Intercept	-0.046	0.083	-0.147	-0.067	0.089
인구 수	-0.007	0.012	-0.022	-0.012	0.015
음식점 수	0.493	0.379	-0.193	0.424	2.691
편의점 수	0.077	0.099	-0.409	0.063	0.429
건물 개수	-0.07	0.198	-1.281	-0.059	0.584
용적률	0.048	0.013	0.031	0.044	0.069
CCTV 수	0.12	0.206	-0.41	0.082	1.348
혼합용도 면적	-0.064	0.071	-0.263	-0.048	0.056
녹지 면적	-0.065	0.003	-0.071	-0.064	-0.06

5대범죄 - 낮 시간 기준					
변수	Mean	STD	Min	Median	Max
Intercept	-0.008	0.1	-0.16	-0.036	0.164
인구 수	-0.026	0.018	-0.048	-0.034	0.008
음식점 수	0.513	0.445	-0.114	0.414	2.792
편의점 수	0.06	0.004	0.053	0.06	0.066
건물 개수	-0.071	0.265	-2.048	-0.039	0.577
용적률	0.048	0.008	0.038	0.046	0.061
CCTV 수	0.056	0.052	-0.029	0.056	0.167
혼합용도 면적	-0.061	0.002	-0.066	-0.061	-0.057
녹지 면적	-0.084	0.004	-0.095	-0.084	-0.075

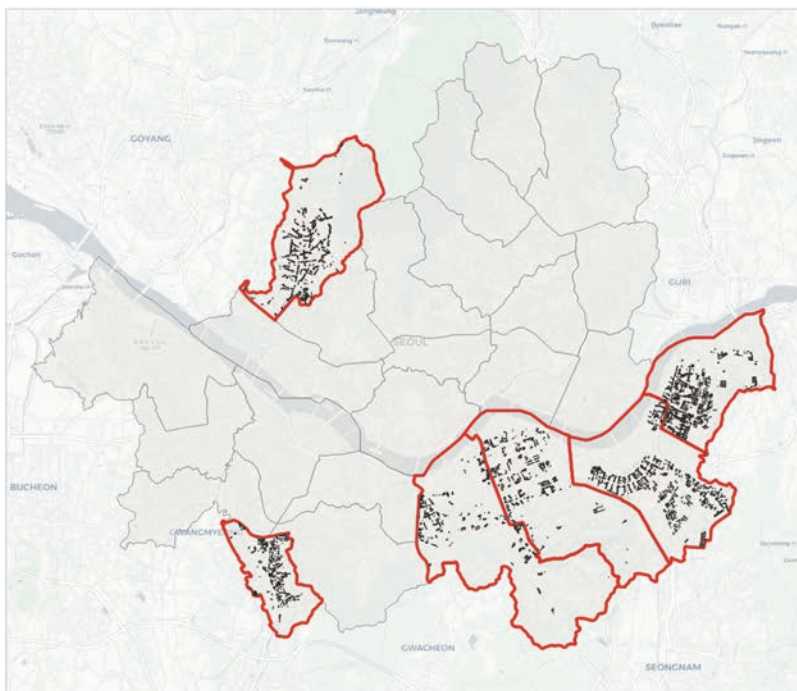
5대범죄 - 밤 시간 기준					
변수	Mean	STD	Min	Median	Max
Intercept	-0.069	0.069	-0.155	-0.084	0.041
인구 수	0.01	0.004	0.003	0.009	0.016
음식점 수	0.409	0.321	-0.215	0.357	2.689
편의점 수	0.097	0.132	-0.514	0.082	0.587
건물 개수	-0.025	0.031	-0.066	-0.03	0.019
용적률	0.063	0.087	-0.105	0.06	0.287
CCTV 수	0.125	0.224	-0.386	0.077	1.761
혼합용도 면적	-0.076	0.079	-0.357	-0.053	0.03
녹지 면적	-0.038	0.003	-0.043	-0.037	-0.034

2. 물리환경 특성 공간정보 시각화

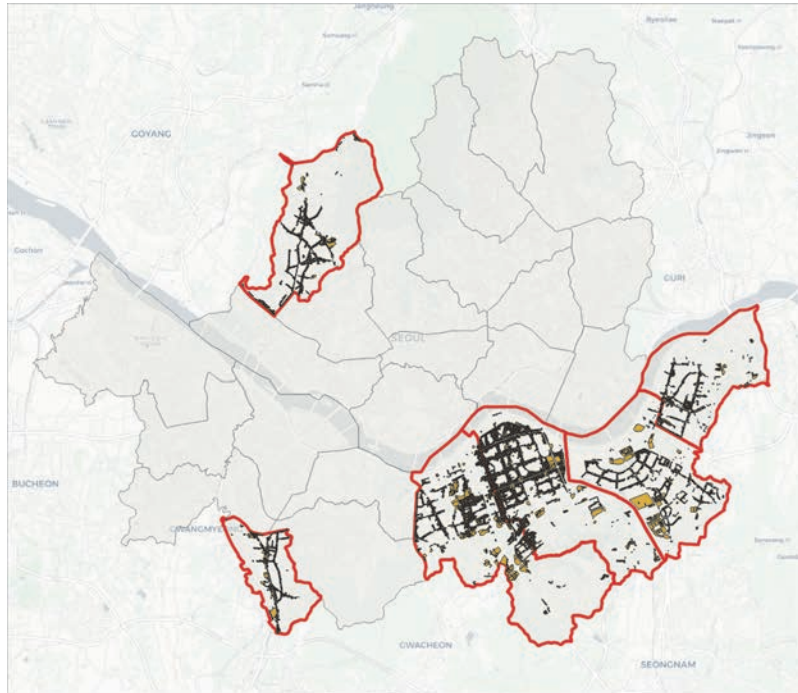




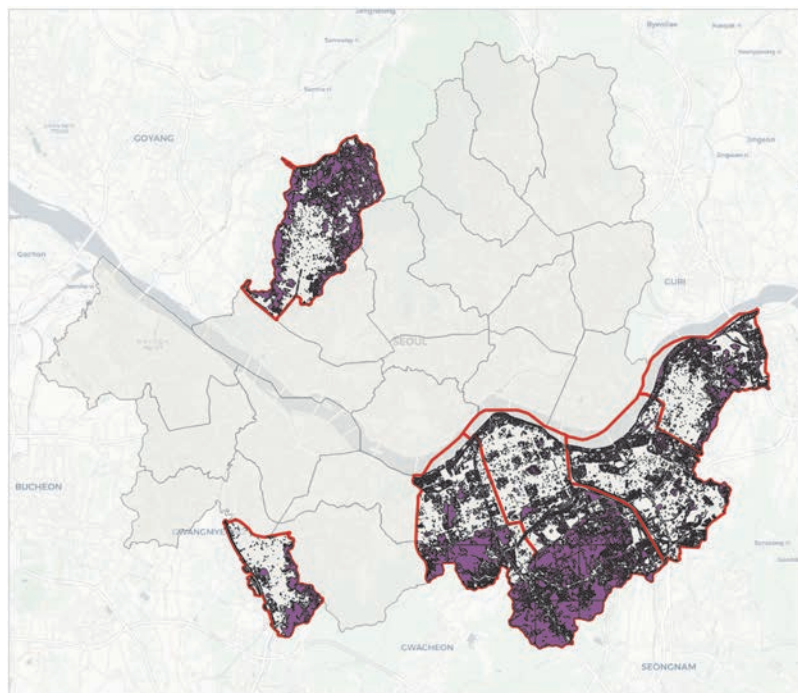
주거용 토지



혼합용 토지

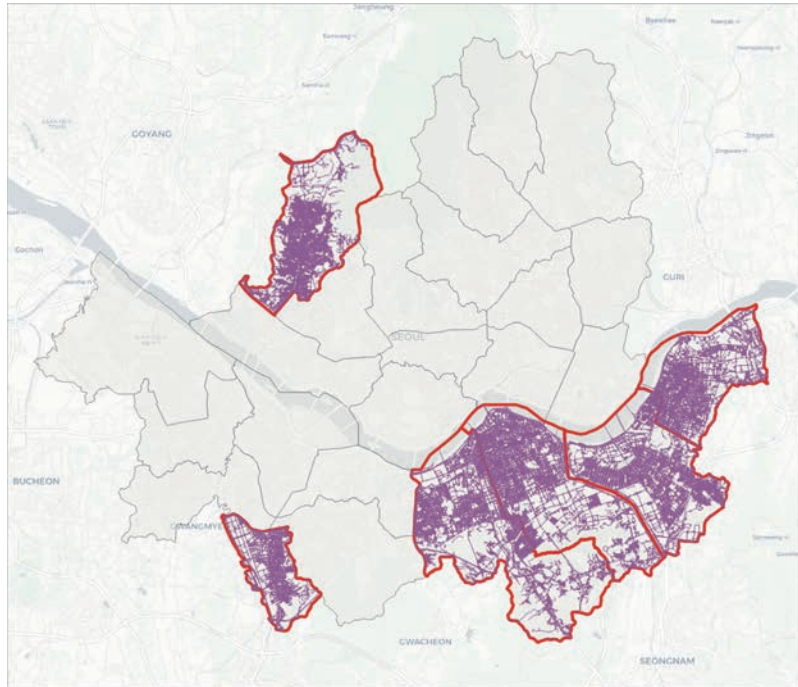


상업용 토지

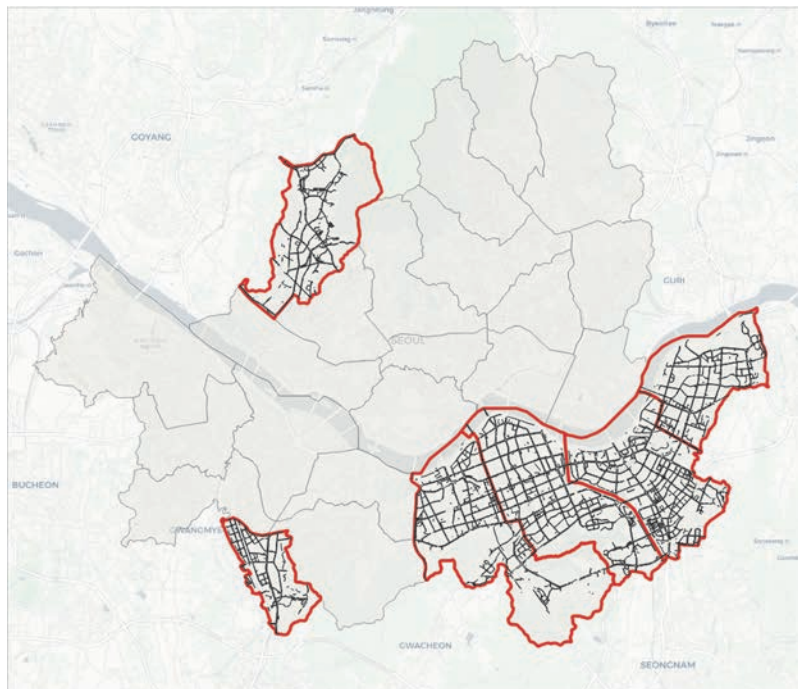


녹지

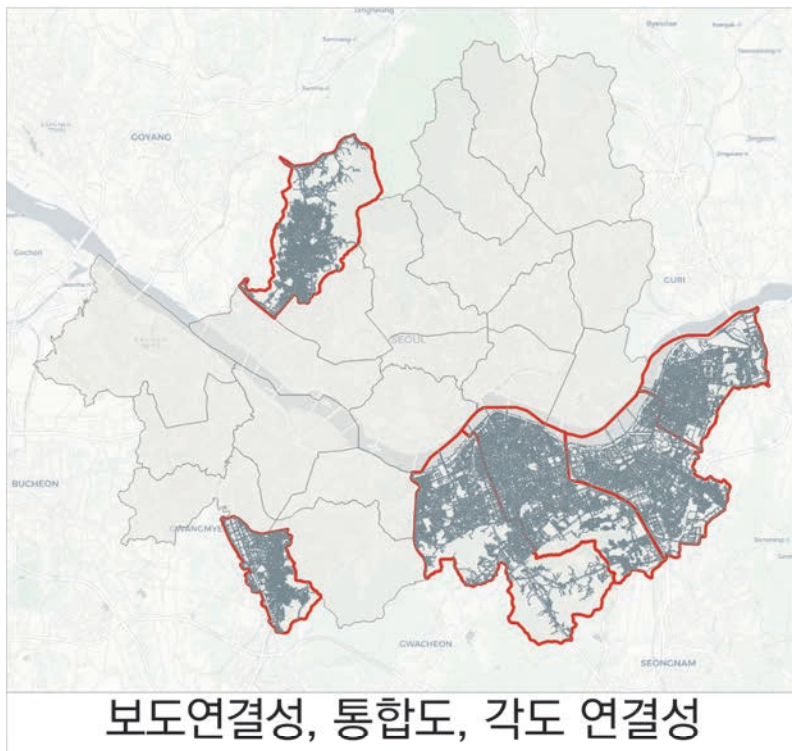
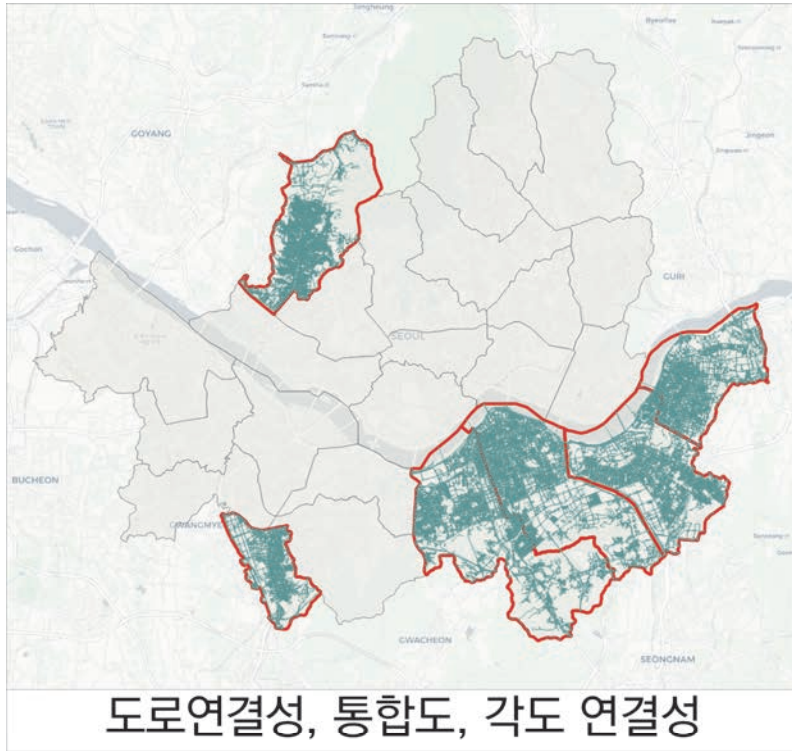


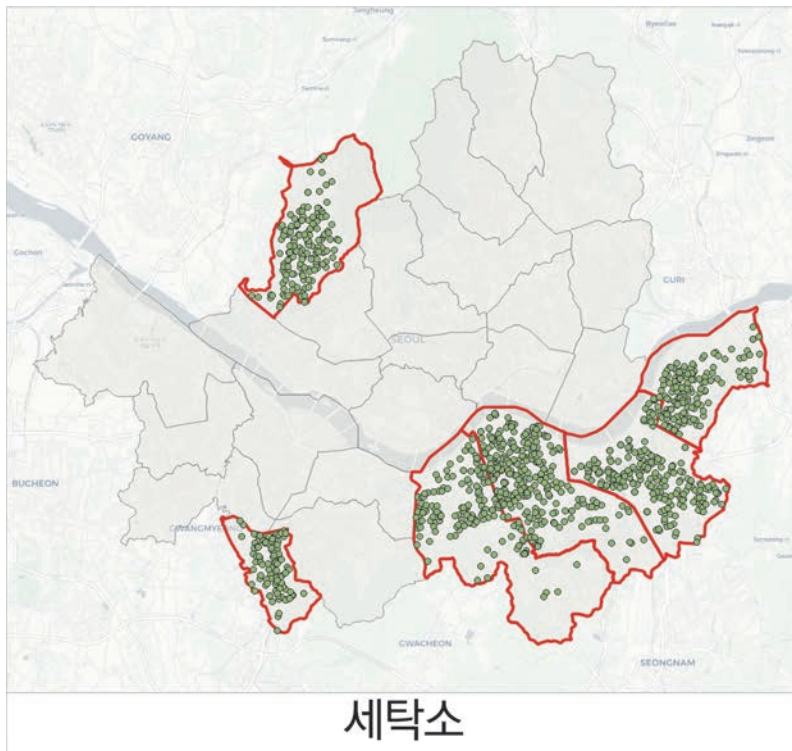
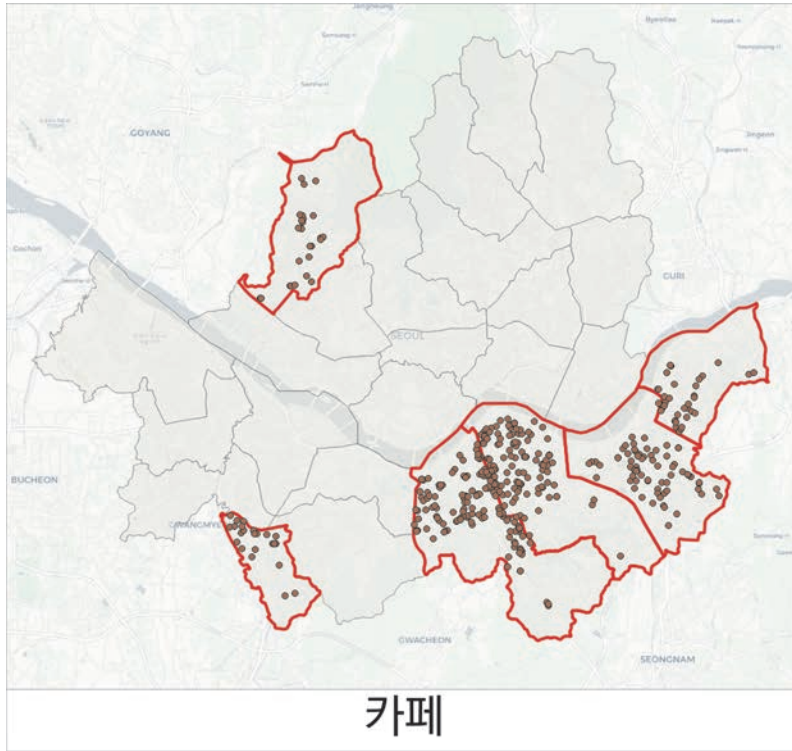


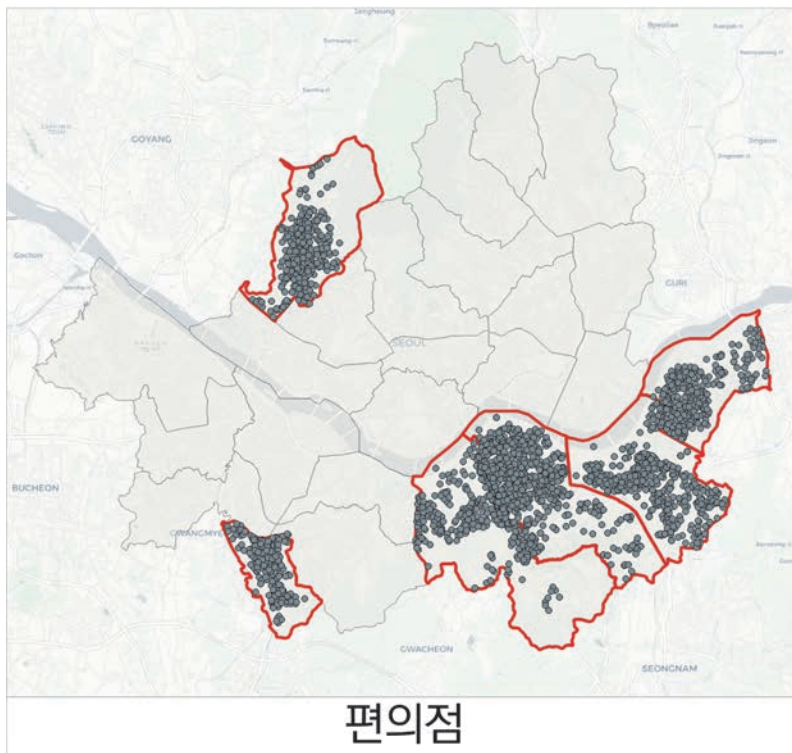
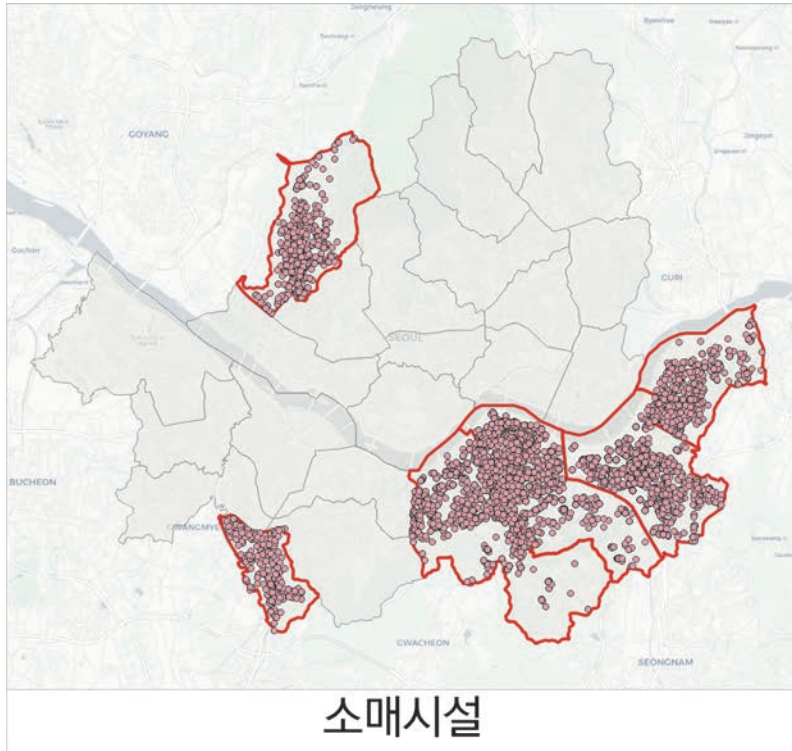
도로 레인, 폭

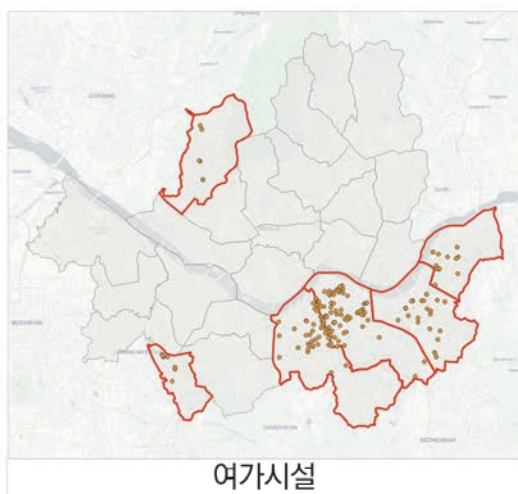
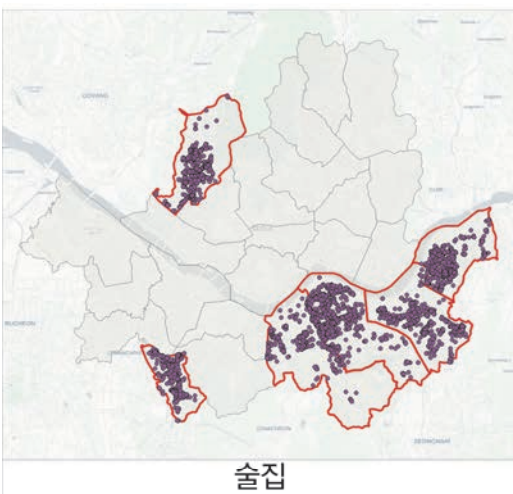
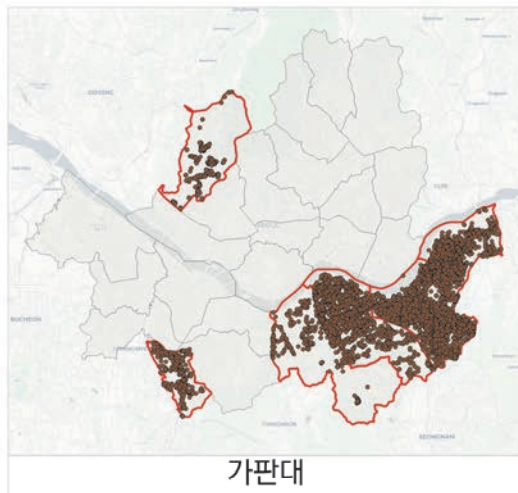


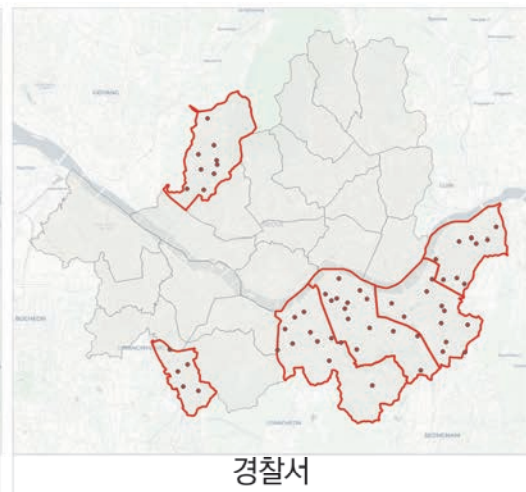
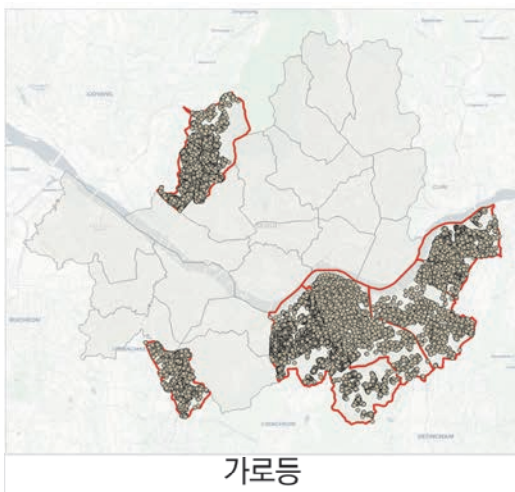
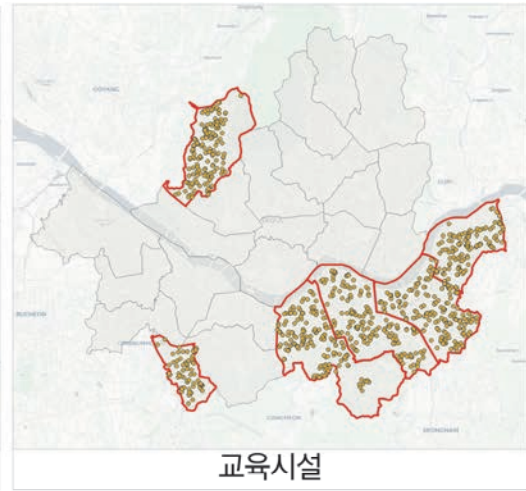
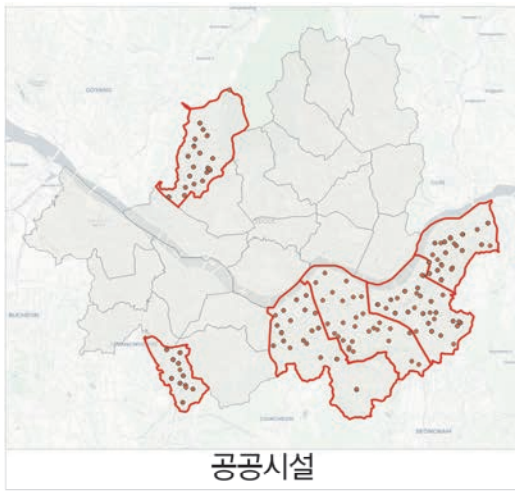
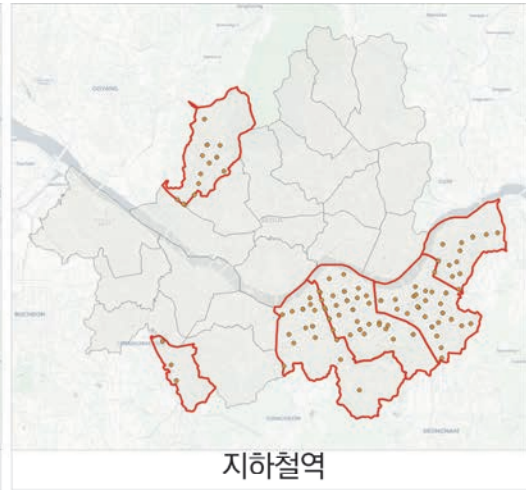
보행로

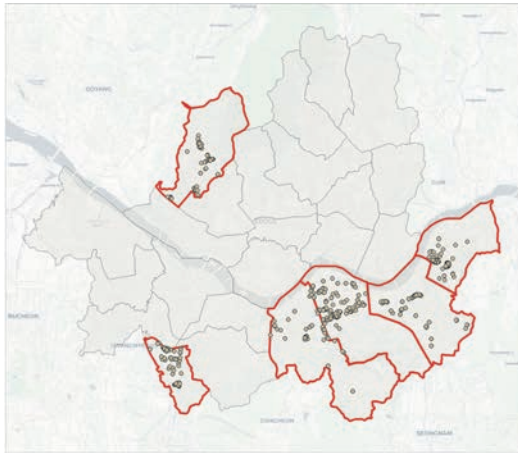




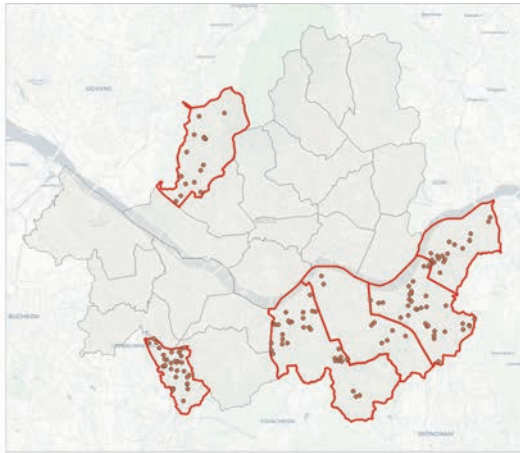




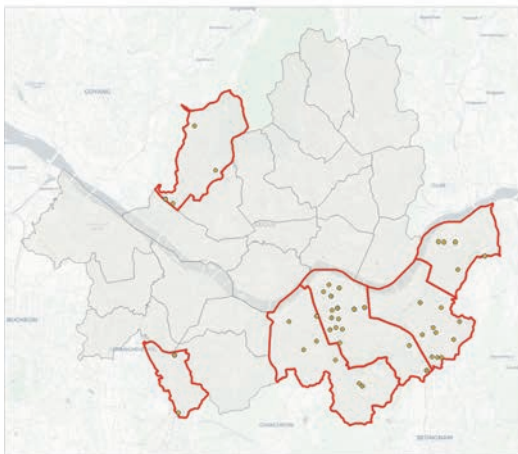




숙박시설



주차장



주유소

