



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원 저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



박사학위논문

탐색적 공간데이터 분석을 통한
CPTED장비 위치설계 방안에 대한 연구

2014년

한성대학교 대학원

정보컴퓨터공학과
정보시스템공학 전공

김주환

HANSUNG
UNIVERSITY

박사학위논문
지도교수 남두희

탐색적 공간데이터 분석을 통한
CPTED장비 위치설계 방안에 대한 연구

The Research on Location Monitoring of CPTED(Crime
Prevention Through Environmental Design) Device
using Exploratory Spatial Data Analysis

2014년 6월 일

한성대학교 대학원
정보컴퓨터공학과
정보시스템공학 전공
김 주 환

HANSUNG
UNIVERSITY

박사학위논문
지도교수 남두희

탐색적 공간데이터 분석을 통한
CPTED장비 위치설계 방안에 대한 연구

The Research on Location Monitoring of CPTED(Crime
Prevention Through Environmental Design) Device
using Exploratory Spatial Data Analysis

위 논문을 공학 박사학위 논문으로 제출함

2014년 6월 일

한성대학교 대학원

정보컴퓨터공학과
정보시스템공학 전공

김 주 환

HANSUNG
UNIVERSITY

김주환의 공학 박사학위논문을 인준함

2014년 6월 일

심사위원장 호장춘 

심사위원 백승걸 

심사위원 문명숙 

심사위원 이옹택 

심사위원 남우희 

국 문 초 록

탐색적 공간데이터 분석기법을 활용한 CPTED 장비 위치설계 방안에 대한 연구

한성대학교 대학원

정보컴퓨터공학과

정보시스템공학전공

김 주 환

본 연구의 핵심은 공간상에 빈번하게 발생하는 범죄의 위험지점(Hotspot)을 찾고, CPTED모니터링 장비 적정설치위치를 도출하는 것이 목적이다.

도시화가 심화되고, 고령화와 핵가족화가 심화될수록 주민의 안전에 대한 요구는 더욱 증대된다. 그러나 주민들의 안전에 대응하는 행정력과 경찰력은 한계가 있어 CPTED에 의한 안전시스템과 장비를 도입하여 대안을 강구하고 있다. 그래서 안전과 밀접한 CCTV의 요구 및 설치는 날로 증가하고 있다. 그러나 현재 방범 CCTV에 대한 체계적인 계획과 위치, 타당성검증에 대한 과학적 분석은 전무한 상태에서 단순히 주민들의 요구에 대응하는 수준에 머물고 있다. 단순히 CCTV 밀집도를 늘리면서 시민들의 안전을 강구하는 방법은 분명히 한계가 있다.

범죄의 특징 중 하나가 과거 발생지역중심으로 군집하는 현상을 보이며 또 한 이런 범죄들은 상호연관성이 강하다는 것이다. 약 2년간 범죄 자료를 지리 부호화(Geo-coding)하고, 18개의 변수를 사회경제, 도시 공간, 범죄방어기제 시설물, 범죄발생지표로 대별하여 군집분석과 공간통계분석을 실행하였다. 분석 결과 5대 범죄와 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력범죄가 최근린 분석과 Ripley's K함수에 의해 군집성을 확인하였다. 또한 범죄들의 상관분석을 통해

범죄간 상호연관성이 강한다는 사실을 밝혀냈다.

범죄들의 군집성 검토 후 위험지점(Hotspot)에 대한 개념을 정립하고, 위험지점선정에 대한 기법을 고찰하고 본 연구에 타당한 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering 기법을 활용하여 5대 범죄, 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력 범죄의 위험지점을 선정하고 중첩분석을 하여 연구지역내 총 105 개 지점의 군집수를 얻을 수 있었다. 또한 여기서 얻어진 범죄 이력을 통해 군집이 발생한 원인과 범죄에 영향을 미치는 변수를 찾을 수 있다.

범죄의 특성상 공간적 자기상관성이 강하여 이를 고려한 모델을 적용해야 한다. 그리고 각 범죄와 변수들의 공간적 자기상관성을 측정하고 인접지역의 영향을 주거나 받는 위험공간(Hotspot)을 분석하였다.

또한 전통적인 OLS(Ordinary Least Squares) 모델 외에 공간적 자기상관성을 포함하는 공간시차모델, 공간오차모델을 적용하여 5대 범죄율과 절도율, 외국인 거주율에 영향을 미치는 변수를 선정하였다. 5대 범죄에 영향을 미치는 변수는 생활보호 대상자율과 풍속 업소율에는 양(+)의 관계로, 가로등 밀집도에는 음(−)의 관계로 나타났다. 즉, 생활보호대상자가 많을수록, 풍속업소가 많을수록, 가로등 밀집도가 낮을수록 5대 범죄율이 높은 것으로 분석되었다. 절도범죄율은 외국인 거주율이 양(+)의 관계로 나타나, 외국인이 많을수록 절도 범죄가 많은 것으로 나타났다.

이에 여기서 영향을 미치는 변수들의 군집을 통해 밀집해 있는 지점을 중심으로 CCTV 설치지점으로 선정, 범죄를 예방할 수 있다. 즉, 생활보호대상자가 군집한 지역, 풍속업소 군집지역, 외국인이 많이 거주하는 지역인 다문화 가정이 많은 지역, 가로등 밀집도가 낮은 지역, 사업체 종업원 수가 많은 지역을 중첩하여 위험공간으로 선정하였다.

구체적으로 위험지점에 설치해야 할 세부적 물량은 면적기준으로는 181대이나 기존에 운영하던 CCTV의 영역과 이력자료를 통해 얻어진 위험지점(Hotspot)을 중첩분석 한 결과 기존 CCTV영역이 Hotspot의 46% 만을 담당하고 있다는 사실을 밝혀냈다. 현재 운영하고 있는 CCTV를 고려하면 위험지점에 필요한 신규물량은 총 89대로 나타났다. 또한 면적 자료를 기초로 한 공간 속성자료 기반의 신규 CCTV 물량은 26대로 나타났다. 그리고 선정된

지역을 중심으로 각 지역이 가지는 공간적 특성을 재분석한 결과 총 115대의 신규 물량을 확정할 수 있었다.

본 논문의 기대효과는 다음과 같다.

첫째, 경찰서의 범죄사고기록을 통한 범죄위험지점을 찾고 그 지점을 중심으로 CPTED장비 위치를 설계하고 설치대수를 산정함으로서 과학적, 객관적 접근이 가능하다는 점이다. 둘째, 이 자료를 기초로 하여 CPTED에 대한 년도별 집행계획과 구체적 예산과 위치, 소요물량을 설정할 수 있는 기반이 된다. 셋째, 범죄 위험지점을 선정하고 적절한 행정력 대응을 함으로써 범죄의 감소 및 영향을 최소화할 수 있다. 넷째, 행정기관 및 경찰이 관심을 가져야 하는 지점 및 지역을 제시함으로써 한정된 예산과 자원을 집중하고 인력 및 예산의 효율성을 기할 수 있다. 다섯째, 도시계획과 의사결정자들에게 위험지점과 위험공간을 제시하고, 범죄에 영향을 미치는 변수를 알게 함으로써 향후 도시 안전을 위한 정책입안 방향을 설정할 수 있다. 여섯째, 본 연구는 GIS 모델링 기법을 통한 공간분석의 방법을 제시함으로써 향후 타 도시에서도 도시안전에 대한 GIS 모델링기법 연구의 초석이 될 것이다.

【주요 어】 탐색적 공간데이터, GIS, CCTV위치, Hotspot, CPTED

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구의 목적	3
제 3 절 연구의 범위 및 방법	4
제 4 절 연구의 구성	6
제 2 장 이론 및 선행 연구 검토	7
제 1 절 CPTED 장비 운용이론	7
1) 환경설계를 통한 범죄예방론	7
2) 상황적 범죄예방이론	8
3) 범죄전이효과와 이익확산이론	9
제 2 절 범죄예방효과에 대한 선행연구	11
1) 국내 선행연구 검토	11
2) 국외 선행연구 검토	13
제 3 절 CPTED 장비설치 위치결정에 관한 선행연구	14
제 4 절 공간 통계분석 기법 적용 사례연구	16
제 5 절 소 결	20
제 3 장 공간통계분석	22
제 1 절 GIS 기반 범죄분석 방법론	22
1) 공간분석 방법론의 개념 및 데이터의 특성	22
2) GIS기반 공간분석원리	23
3) GIS와 범죄분석	24

4) 범죄분석을 위한 공간통계기법	26
제 2 절 자료의 구성 및 연구방법	26
1) 자료의 구성	26
2) 연구방법	28
3) 기본통계자료	31
제 3 절 군집분석	42
1) 최근린분석(Nearest Neighbor Analysis)	42
2) Ripley's K statistic	46
제 4 절 위험지점(Hotspot) 분석	50
1) 개념 정의	50
2) Mode 기법	55
3) Buffer 기법	56
4) 최근린 계층군집(Nearest Neighbor Hierarchical)기법	58
5) Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical (Rnnh)기법	60
6) Spatial and Temporal Analysis of Crime(STAC)기법	63
7) K-평균 분할군집화 (K – Means Partitioning Clustering)기법	66
8) Kernel 추정 기법	68
제 5 절 이력자료를 활용한 범죄별 위험지점선정	73
1) 5대 범죄 위험지점	73
2) 절도범죄 위험지점	75
3) 폭력범죄 위험지점	76
4) 성폭력범죄 위험지점	78
5) 중첩분석에 의한 위험지점선정	79
제 6 절 소 결	80
 제 4 장 공간종속성 분석	82
 제 1 절 모델 및 변수 선정	82
1) 상관분석 적용	83

2) 전통적인 회귀분석의 한계	87
제 2 절 공간적 자기 상관성	89
1) 공간적 자기상관성 개념 정의	89
2) 공간가중 행렬	92
3) 공간적 자기상관성 측정	95
4) Local Moran 기법의 위험공간 선정	100
5) Getis-Ord Local “G”기법의 위험공간 선정	108
제 3 절 공간종속 회귀모델링	112
1) 이론적 모델	112
2) 공간시차모델(Spatial Lag Model)	114
3) 공간오차모델(Spatial Error Model)	115
4) 모델의 적용	116
제 4 절 공간 속성자료를 활용한 위험공간선정	121
1) 5대 범죄율 기준	121
2) 절도 범죄율 기준	122
제 5 절 소 결	124
 제 5 장 중첩분석을 통한 CPTED 시설위치 선정	126
 제 1 절 이력자료를 활용한 신규 CCTV 위치 선정	126
1) 기존시설과 위험지점 중첩	126
2) CCTV 신규설치 위치 및 물량	127
제 2 절 공간 속성자료를 활용한 신규 CCTV 위치 선정	129
1) 기존시설과 위험공간 중첩	129
2) 5대 범죄율 및 절도 범죄율 기준	130
제 3 절 이력자료와 공간 속성자료기준 비교	131
1) CCTV 추가 설치물량 비교	131
2) CCTV 설치위치 비교	132
제 4 절 소 결	136

제 6 장 결 론 및 향후 연구과제	137
제 1 절 결과 요약 및 기대효과	137
제 2 절 연구 한계점 및 향후 연구과제	139
참 고 문 헌	141
ABSTRACT	147

표 목 차

〈표 1-1〉 연구 공간분석방법 및 분석Tool 요약	6
〈표 2-1〉 방범용 CCTV의 범죄예방 효과에 대한 선행연구	12
〈표 2-4〉 선행연구의 범죄율과 관련변수정리	19
〈표 3-1〉 분석대상지역 사회경제변수	31
〈표 3-2〉 행정동별 5대 범죄 발생현황	39
〈표 3-3〉 시간대별 5대 범죄 발생현황	39
〈표 3-4〉 112신고 시간대별 현황	41
〈표 3-5〉 각 범죄별 최근린지수 결과	44
〈표 3-6〉 범죄별 최대 발생거리	49
〈표 3-7〉 위험지점(Hotspot) 탐색기법의 장단점 비교	53
〈표 3-8〉 범죄 형태별 보간법과 분석 폭	68
〈표 3-9〉 위험지점(Hotspot) 선정을 위한 기본 파라메터	73
〈표 4-1〉 연구지역 기본분석자료 현황과 평균 및 표준편차	82
〈표 4-2〉 Pearson 기법을 활용한 CCTV와 범죄간 상관계수	84
〈표 4-3〉 Pearson의 각 변수간 상관계수	85
〈표 4-4〉 공간가중행렬설정결과	94
〈표 4-5〉 주요변수별 Moran's I 통계량	97
〈표 4-6〉 LISA통계 기반 local Moran에 의한 지역구분 분석 결과	103
〈표 4-7〉 LISA통계 기반 변수별 2차원 local Moran Cluster Map(1) ..	106
〈표 4-8〉 LISA통계 기반 변수별 2차원 local Moran Cluster Map(2) ..	107
〈표 4-9〉 Getis-Ord Local “G”에 의한 지역구분 분석 결과	110
〈표 4-10〉 Getis-Ord Local “G” Cluster Map	111
〈표 4-11〉 5대 범죄에 따른 공간회귀분석결과	118
〈표 4-12〉 절도범죄율에 따른 공간회귀분석결과	119
〈표 4-13〉 외국인 거주율에 따른 공간회귀분석결과	120
〈표 5-1〉 5대범죄율 및 절도 범죄율기준 CCTV설치위치 및 물량	130
〈표 5-2〉 CCTV 추가물량에 의한 비교	131

그 림 목 차

〈그림 1-1〉 연구의 흐름	5
〈그림 3-1〉 주제별 레이어(Thematic Layers) 구조	22
〈그림 3-2〉 연구방법론	30
〈그림 3-3〉 사회경제지표 현황	32
〈그림 3-4〉 토지이용현황	33
〈그림 3-5〉 교육시설 및 풍속업체 분포	34
〈그림 3-6〉 방범CCTV운영 밀집도	35
〈그림 3-7〉 순찰차량의 접근도(시간거리) 분석	36
〈그림 3-8〉 가로등 및 보안등 밀집도	37
〈그림 3-9〉 범죄별 분포현황	38
〈그림 3-10〉 20시-24시 범죄발생	40
〈그림 3-11〉 0시-4시 범죄발생	40
〈그림 3-12〉 5대 범죄 발생 분포도 현황	40
〈그림 3-13〉 112신고접수현황	41
〈그림 3-14〉 5대 범죄 최근린지수 결과	45
〈그림 3-15〉 5대 범죄에 대한 Ripley K 함수 그래프	48
〈그림 3-16〉 각 범죄별 K함수 현황	48
〈그림 3-17〉 각 범죄별 Ripley's K 함수	49
〈그림 3-18〉 5대 범죄 Mode 분석에 의한 Hot Spot	55
〈그림 3-19〉 5대 범죄 Buffer 분석에 의한 Hot Spot	56
〈그림 3-20〉 5대 범죄 Mode 분석과 Buffer분석 비교	57
〈그림 3-21〉 5대 범죄 계층화분류 Hot Spot	59
〈그림 3-22〉 Rnnh기법을 활용한 1차 군집결과	62
〈그림 3-23〉 Rnnh기법의 5대 범죄 Hot Spot	62
〈그림 3-24〉 STAC 기법에 의한 5대 범죄 Hotspot	64

〈그림 3-25〉 K-평균 분할군집 결과	67
〈그림 3-26〉 파라미터별 분할군집 결과	67
〈그림 3-27〉 총 범죄 및 112신고와 연도별 범죄발생 커널분석 결과	71
〈그림 3-28〉 각 범죄별 커널분석 결과	72
〈그림 3-29〉 5대 범죄 위험지점(Hotspot) 선정을 위한 기본 자료	74
〈그림 3-30〉 NNH 기법의 5대 범죄 위험지점	74
〈그림 3-31〉 절도범죄 위험지점(Hotspot)선정을 위한 기본 자료	75
〈그림 3-32〉 NNH기법의 절도범죄 위험지점	76
〈그림 3-33〉 폭력범죄 Hotspot 선정을 위한 기본 자료	77
〈그림 3-34〉 NNH기법의 폭력범죄 위험지점	77
〈그림 3-35〉 성범죄 Hotspot 선정을 위한 기본 자료	78
〈그림 3-36〉 NNH기법의 성범죄 위험지점(Hotspot)	79
〈그림 3-37〉 위험지점(Hotspot) 선정 결과	80
〈그림 4-1〉 주요 변수들간의 관계도면	87
〈그림 4-2〉 연구지역 공간가중행렬 방식별 통계결과	93
〈그림 4-3〉 5대 범죄 위험지점(Hotspot)과 인접지역, 공간가중행렬의 예 ..	94
〈그림 4-4〉 연구지역 주요변수의 Moran's I 산포도	97
〈그림 4-5〉 CCTV와 각 변수간 Moran's I의 산포도	99
〈그림 4-6〉 LISA통계 기반 local Moran Cluster Map	104
〈그림 4-7〉 공간회귀분석 의사결정체계	116
〈그림 4-8〉 생활보호대상자와 풍속업소 군집지역 현황	121
〈그림 4-9〉 5대 범죄율기준 위험공간 선정	122
〈그림 4-10〉 외국인 거주율 영향변수 현황	123
〈그림 4-11〉 절도 범죄율기준 위험공간 선정	124
〈그림 5-1〉 범죄 Hotspot과 기존 CCTV운영 영역 분석결과	127
〈그림 5-2〉 위험지점(Hotspot)를 고려한 CCTV 추가설치지역	128
〈그림 5-3〉 위험공간과 기존 CCTV운영 영역 중첩	129
〈그림 5-4〉 위험공간의 신규CCTV 설치위치	130
〈그림 5-5〉 현재 운영 중인 CCTV현황	132

〈그림 5-6〉 이력자료기준 신규CCTV설치위치	133
〈그림 5-7〉 공간 속성자료 기준 신규 CCTV설치 위치	134
〈그림 5-8〉 기존 CCTV 위치와 신규 설치지점 및 영역	135

제 1 장 서 론

제1절 연구의 배경

최근 도시 내 범죄가 증가함에 따라 안전에 대한 시민들의 불안감이 고조되고 있다. 주로 아동·어린이 및 여성을 대상으로 하는 범죄가 증가하고 있다. 또한 이러한 범죄들의 피해 위치를 살펴보면, 주로 방범초소와 방범용 폐쇄회로 텔레비전(CCTV: Closed Circuit Television, 이하 CCTV)이 설치되지 않은 사각지대로 밝혀지고 있다. 이에 따라 지역주민들은 도시 안전에 대한 요구로 CPTED의 시설중의 하나인 방범용 CCTV설치민원이 꾸준히 제기되고 있으며, 이에 부응하여 각 지방자치단체(이하 지자체)는 도시 범죄를 예방하고 안전도시(safe city)를 조성하기 위한 방안으로써 도시전체에 안전의 개념이 도입된 CPTED기반의 도시설계와 도시계획 등을 추진하고 있다.

CPTED란 Crime Prevention Through Environmental Design의 약자로 환경설계를 통한 범죄예방이란 뜻이며, 여기에 방범용CCTV는 CPTED의 원리 중 자연적 감시/관찰 및 접근통제가 어려운 사각지대에 기계적·보조적 감시 관찰 수단으로 아주 중요하게 사용된다. 이러하듯 주민들의 안전에 대한 요구 뿐 만 아니라 경찰의 기능면에서 볼 때 부족한 인력과 장비를 보완해주는 중요한 역할을 수행하고 있으며, 범죄의 예방과 통제에 있어 가장 효과적인 수단으로 인정받고 있다. 경찰기관에서는 범죄의 예방과 수사를 목적으로, 지방 자치단체에서는 지역주민에 대한 민원해결과 치안방범이라는 공공서비스의 제공을 목적으로 예산을 지원하고 있다. 또한 치안서비스의 수요자인 지역주민도 범죄로부터의 안전을 위해 적극적으로 요구하고 있다.

그러나 사회 안전에 대한 주민들의 수요가 증가함에 따라 양적으로 급격하게 증설되고 있는 CPTED 주요장비인 방범 CCTV는 다음과 같은 문제점을 제기 할 수 있다. 첫째, 입지 선정의 적절성 문제이다. 현재 주민의 요청을 반영하여 입지를 선정하는 사례가 늘고 있다. 주민의 요청을 반영한 형태의

입지선정은 지역주민의 불안감을 해소하고(강성진 외, 2009) 주민의 요구에 적극적으로 대응한다는 점에서 긍정적인 효과를 나타내기도 한다. 하지만 주민의 요구에 의해 입지를 선정하는 것은 그물망과 같은 체계적인 감시망 확립에는 한계가 있다. 대부분의 주민들이 요청한 지역은 자신의 집 앞과 같은 장소이고 공공의 목적에 부합하지 못하는 장소가 많기 때문이다. 김호기(2013)는 범죄예방을 위한 장비의 설치가 증가했음에도 불구하고, 부산의 5대 강력범죄건수가 오히려 증가하는 것은 장비의 입지선정에 문제가 있음을 지적하고 입지에 대한 경찰의 사고데이터에 의한 정밀한 분석이 선행되어야 한다고 주장한다. 둘째, 과학적으로 타당한 객관적 내부기준의 부족이다. 실제 장비 설치 추진과정 시, 지리적 특성을 고려하는 입지 전문가가 현재 존재하지 않으며, 설치 사업과 관련된 소수의 행정공무원(경찰, 도시 관리 공무원, 각 동사무소 직원 등)을 통해 위치를 결정한다. 그러나 각 기관의 입장에서 중요하게 여기는 입지 조건의 중요도에 따라 기관 간의 위치 선정의견이 서로 다를 수 있으므로, 위치 선정 결과는 객관성을 얻기 어려울 수 있다. 따라서 특정 소수 집단의 이해관계에 따라 시설물이 설치되지 않도록(김민정, 2005) 위치 선정 과정의 공정성과 전문성을 유지하고, 선정결과로 인한 범죄 예방효과를 높이기 위해 입지에 대한 일정한 기준에 근거하여 일괄적인 진단 결과를 제시할 수 있는 근거가 제시되어야 한다.

환경범죄학자들은 범죄는 공간의 환경적·물리적 레이아웃과 연관되어 범죄패턴이 발생한다고 보고 그 범죄를 발생시키는 공간¹⁾에 초점을 두고 있다. 범죄와 공간을 연계시키는 접근방법은 범죄발생이 본질적으로 지리적인 속성을 내포하고 있으며, 불특정한 공간에서 무작위로 발생하지 않으며 특정 지역에 집중되어 나타난다라고 밝히고 있다(Block and Block, 1995; Bernasco and Elffers, 2010). 이러한 현상이 발생하는 이유는 범죄가 인구 및 사회·경제적 특성과 같은 해당 지역의 환경요인에 영향을 받기 때문이다. 범죄가 공간에서 균일하게 분포하지 않는다는 것은 해당 지역에서 발생하는 범죄에 대하여 효과적이고 현실적인 해결책을 마련할 수 있다는 것을 의미한다(Ratcliffe,

1) 여기서 공간이란 물리적 공간이 아니라 공간 안에서 이루어지는 사람들의 행태를 말한다. 본 연구에서 사용하고 있는 공간의 개념은 물리적 공간 내에서 이루어지는 사람들의 행태임을 밝힌다.

2010). 따라서 범죄현상을 정확하게 이해하기 위해서는 범죄 자체가 지닌 특성 뿐 아니라 범죄가 발생하고 있는 공간특성에 대한 이해가 동시에 이루어져야 한다. 범죄행위가 집중되어 발생하는 지역을 정확하게 찾아낼 수 있는 능력은 왜 범죄가 특정한 장소에서 발생하는지 좀 더 신중하게 들여다 볼 수 있도록 하며, 지역의 어떠한 공간특성이 범죄율에 영향을 주는지 밝혀내는 것은 앞으로의 범죄발생이나 예방책에 대해서도 잘 예상할 수 있음을 의미하는 범죄예방의 첫걸음이다. 이에 대해 GIS의 기술을 적용하여 범죄를 공간적인 관점에서 거시적, 미시적으로 분석하여 특정 범죄의 발생 분포를 살펴보는 내용으로 진행되어왔다.

그러나 범죄연구의 최종 목적이라고 할 수 있는 범죄를 감소시키는 방안을 제시하는 연구로서 CPTED 모니터링 장비의 입지를 고려하는 연구는 미흡한 실정이다. 그래서 본 연구는 현재 설치되고 있는 CPTED 모니터링 장비 위치 선정에 대해 경찰의 범죄데이터를 중심으로 공간통계기법을 활용하여 5대 범죄에 대한 공간분석과 모델링과정을 통해 장비설치타당성과 위치에 대한 대안을 제시하고자 한다.

제2절 연구의 목적

위에서 언급한 문제의식을 가지고 본 연구에서는 연구지역에서 발생한 범죄의 구체적인 지역적 분포패턴을 분석 진단하고, 또한 이런 범죄들의 사회경제, 도시 등 다양한 공간 속성자료를 공간 통계화하여 범죄발생에 영향을 미치는 요소를 살필 수 있다. 또한 이를 통해 공공기관이 제시하는 CPTED 장비인 방범CCTV의 설치근거와 효율성을 진단할 수 있다.

구체적으로 연구목적을 작성하면 첫째, 행정동을 단위로 하여 범죄유형별 공간적 시간적 패턴을 분석하여 범죄가 빈번하게 발생하는 위험지점을 찾고자 한다. 둘째, 위험지점의 사회경제적 속성과 물리적 특성이 범죄발생에 미치는 영향을 분석한다. 위험지점의 사회경제, 도시 공간적 속성은 범죄자 혹은 피

해자가 될 수 있는 가능성을 간접적으로 나타내며 범죄발생에 영향을 미친다.

또한 범죄예방목적으로 설치한 기존에 구축한 장비의 공간적 분포 및 영향을 살펴보고 이를 통해 범죄감소와의 연관성을 진단할 수 있다.

셋째, 추가 설치예정인 신규 모니터링 장비입지를 분석함으로써 지역사회의 범죄를 감소시킬 수 있다. 본 연구는 지역에 대한 사회경제적 요소를 분석하고 이 사회경제적 요소가 각 범죄에 미치는 영향을 파악하여 입지를 선정하였기에 즉, 지역적 공간이 가지는 특성을 반영한 장비의 설치는 괄목할 만한 범죄예방효과를 얻을 수 있다.

넷째, 본 연구의 결과는 향후 각 도시에 설치하는 모니터링 장비 입지 선정 시 기초자료로 보탬이 될 것이다. 본 연구는 각 지역에서 발생한 5대 범죄 자료를 근거로 범죄가 자주 발생하는 지역분포를 찾아 위험지점(Hotspot)을 선정하고, 각 행정구역이 가지는 사회경제적, 인구, 도시 공간적인 특성을 반영하여 입지 선정에 대한 타당성을 부여할 수 있다.

다섯째, CPTED 모니터링 장비 입지선정에 대한 GIS모델링을 설정할 수 있다. GIS를 활용한 물리적 분석단계를 거쳐 장비설치 의사결정을 위한 GIS기반 공간 분석론의 기반이 되며, 이를 통해 CPTED 모니터링 장비의 설치 전후 효과, 확산 및 전이효과를 측정할 수 있는 초석이 될 것이다.

제3절 연구의 범위 및 방법

연구방법으로는 그림1-1과 같이 GIS를 이용, 각 자료를 점 자료와 면 자료로 분류하여 데이터베이스를 구축하고 과거 범죄 자료를 중심으로 공간통계 분석을 통해 공간에 대한 밀집도, Hotspot, 공간적 자기상관성을 분석한다. 범죄 군집의 원인을 살펴보기 위해서는 계량경제학의 모델 중 회귀모델을 적용하여 공간 종속성 분석을 한다. 또한 언급한 밀집도와 위험지점(Hotspot)의 중첩분석을 통해 CCTV의 설치지역을 결정하고 위의 모든 과정을 CCTV 입지선정에 대한 GIS모델링을 하고자 한다.

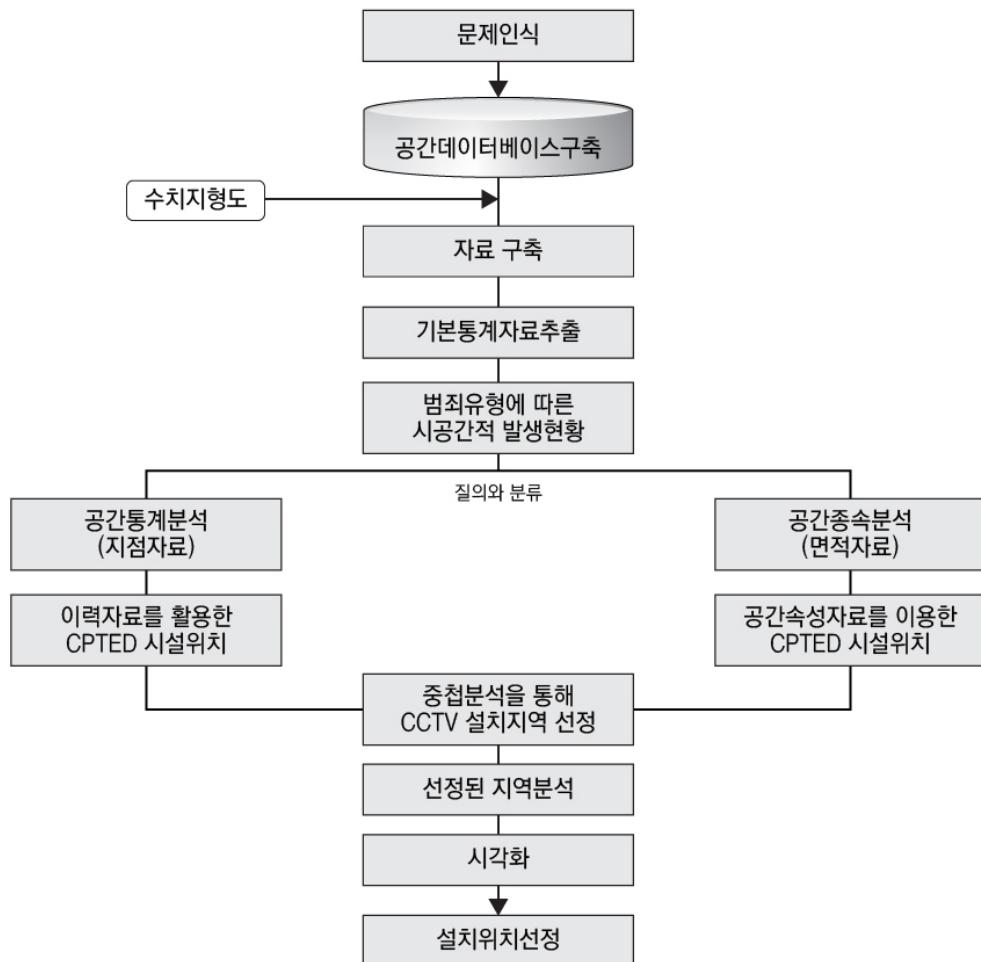


그림 1-2 연구의 흐름

본 연구에서 사용한 소프트웨어로는 표 1-1과 같이 GIS의 공간분석기능과 지도제작을 위하여 ArcGIS 10.1, 국토교통부 V world, Google earth, AutoCad 2004를 사용하였다. 공간분석을 위해서는 Arc GIS 10.1에서 지원하는 Spatial Analyst Tools 및 Spatial Statistics Tools를 사용하였다. 범죄현상의 공간분석은 Crime Stat3.3와 4(A Spatial Statistic Program for the Analysis of Crime Incident Locations) 특히 공간종속분석에는 Geoda(2011,2012,2013;by Luc Anselin)를, 고급통계와 회귀분석을 위해서는 SPSS 21를 활용하였다.

표 1-1 연구 공간분석방법 및 분석Tool 요약

구분	주요 분석 방법		분석활용 툴
시간	시간대	분석	SPSS 21 빈도분석
공 간 통 계 군집	점(點)자료	• 최근린거리, Ripley's K값	Crimestat 3.3
	면(面)자료	• Moran's I 분석	Geoda
간 위해 지점	점(點)자료	• Point, 계층적, 분할, 밀도, 변수기반	Crimestat 4
	면(面)자료	• 존별 군집	Geoda
계 회귀 모델	공간종속 회귀 모델	• 최소자승법, 지리가중회귀모형 • 공간래그, 공간오차모델	Geoda

제4절 연구의 구성

본 논문의 구성으로 1장은 논문의 배경 및 목적 그리고, 연구범위 및 방법에 대해 정리한다. 2장은 연구와 관련하여 CPTED 모니터링 장비운용 이론과 CPTED 모니터링 선행연구를 다룬다. 특히 선행연구는 먼저는 모니터링 장비를 통한 범죄 예방효과에 대한 선행연구를 검토하며 두 번째는 CPTED 모니터링 장비 설치위치 결정에 관한 선행연구를 검토하고, 세 번째로는 공간통계를 이용한 범죄분석 적용 사례에 대해 다루고자 한다. 3장에서는 구체적인 공간분석으로 자료에 대한 설명과 연구방법을 기술하고, 통계분석을 활용한 범죄의 밀집도 여부를 위한 분석과 점(點)사상을 중심으로 한 위험지점(Hotspot)²⁾에 대한 기법분석, 보간법분석(Interpolation Analysis)을 통해 구체적인 범죄에 대한 Hotspot을 선정한다. 4장에서는 공간 종속성 분석으로 범죄가 발생하는 공간을 중심으로 사회경제, 공간적 요소들을 중심으로 원인(原因)을 탐색하는 변수를 추출하고, 공간에서 발생하는 자기상관성의 진단과 공간행렬정립 및 모델을 구성하는 분석이 이루어진다. 여기서 분석된 자료를 중심으로 면적중심의 위험공간(Hotspot)을 지정한다. 제5장에서는 3장에서 다룬 이력자료중심의 위험지점과 4장에서 면(面)자료로 구성한 면적 위험공간지역의 중첩을 통한 CPTED모니터링 장비 설치위치를 다룬다.

2) Hotspot은 점자료와 면자료를 통해서 얻을 수 있다. 그러나 Hotspot의 용어의 혼용과 혼동을 피하기 위해 점(點)자료 분석을 통해 얻어지는 Hotspot을 위험지점으로 명명하고, 면(面)자료 분석을 통해 얻어지는 Hotspot은 위험공간으로 명명한다.

제 2 장 이론 및 선행연구 검토

이론은 CPTED에 의한 범죄예방에 초점을 두었다. 선행연구 검토는 크게 세 부분으로 나뉜다. 먼저 구체적으로 CPTED 모니터링 장비중 하나인 CCTV설치위치에 대한 선행연구이다. 현재 국내·외에서는 구체적인 설치위치 선정 기법에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그래서 위치 선정에 대한 필요성 위주로 분석된 연구를 토대로 고찰하였다. 둘째는 모니터링 장비를 통한 범죄예방 효과를 국내·외 선행연구를 통해 분석해보았다. 세 번째로는 공간분석에 관한 연구검토이다. 공간상에서 발생한 사상에 대해 점(點)밀도 및 면적분석을 통한 자기상관성을 분석하여 각 변수간의 관련성을 진단한 선행연구를 살펴본다. 특히 본 연구에 관련해서 범죄에 관한 자료를 인구 및 사회 경제적, 환경적 요소들을 토대로 영향을 미치는 변수를 분석하는 현상에 초점을 두었다.

제 1 절 CPTED 운용이론

1) 환경설계를 통한 범죄예방론(CPTED)

CPTED는 Crime Prevention Through Environmental Design의 약자로 환경설계를 통한 범죄예방이란 뜻이며, 방범용CCTV는 CPTED의 원리 중 자연적 감시/관찰 및 접근통제가 어려운 사각지대에 기계적·보조적 감시 관찰 수단으로서 사용된다. 이 이론은 도시계획이나 건축설계로서 범죄를 차단하도록 범인, 대상, 범죄기회 등 범죄의 3요소를 차단하여 범죄로부터 피해를 최소화하는 것을 목표로 한다. 이 이론에 의하면, 범죄예방은 자연적인 접근통제, 자연적인 감시, 활용성 증대란 세 가지 전략으로 구성되는데 여기 자연적인 접근통제와 자연적인 감시는 물리적 설계단계에서 매우 중요한 핵심적인 개념으로 활용한다. 자연적인 접근통제란 범죄의 기회를 줄이려는 목적에서 시작한다. 이 전략은 범죄자가 범행 목표물의 접근 자체를 차단하는 한편, 범죄 행위시 발각에 대한 위험을 높혀 범죄를 예방하는 것이다. 자연적 감시는 도시 시설물을 배치하여 가시권역을 확대함으로써 잠재적 범죄자를 지속적으

로 감시할 수 있게 한다. 잠재적 범죄자는 검거의 위험 때문에 범행대상에 접근하지 못하는 자연적인 접근통제의 효과를 얻게 되는 것이다. 환경설계를 통한 범죄예방이론 기법은 건축설계나 도시계획 등 도시환경이 가지는 범죄에 대한 방어적 요인들을 통해 범죄가 발생할 기회를 줄이고 도시민들이 범죄에 대한 두려움을 덜 느끼고 안정감을 유지하도록 하여 궁극적으로 삶의 질을 향상시키는 종합적인 범죄예방 전략이다. 이 전략의 특징은 직접적인 범죄대처보다는 범죄발생의 가능성의 높은 물리적 요인을 찾아 이를 개선함으로써 범죄예방효과를 높이는 기법이다. 여기에 CPTED의 창시자 제프리는 “주변의 환경과 건축물의 설계를 적절히 조화시키면 범죄를 예방하는데 더욱 효과적이다. 이것을 환경설계를 통한 범죄예방이라 한다”. 라고 정의하고 범죄문제를 해결하기 위해서는 눈에 보이는 현상에만 관심을 가져 원인을 찾으려는 정책만으로는 한계가 있으며 범죄원인을 찾아 범죄를 예방하고 통제할 수 있는 물리적 환경설계에 중점을 두어야 한다고 주장하였다.

2) 상황적 범죄예방이론

범죄의 기회를 감소시킴으로서 범죄를 예방하자는 논의로서 사회경제적 구조, 일상 활동, 물리적 환경, 범죄의 기회구조 등이 복합적으로 작용하여 범죄가 발생하기 때문에 이러한 기회구조의 취약점을 제거함으로써 범죄를 예방 할 수 있다고 한다(이상원, 박윤규, 2006). 자신의 일상생활유형에 따라서 범죄의 기회를 증대시킬 수도 감소시킬 수도 있기 때문에 범죄 기회의 제거나 축소라는 측면에서 범죄예방의 가능성과 중요성이 제시되고 있다. 일상활동 이론에 의하면 범죄인은 범죄를 실행하기 전에 범죄 장소의 가로등 설치유무, 경비원의 유무, 도주로의 상황, 지구대와의 거리, 인적상황들을 종합적으로 고려하여 범행계획을 세우게 된다(최응렬, 김연수, 2007). 이 이론에 따르면 CCTV의 설치는 범행실행의 부담 및 범행의 실패확률을 증가시켜 이익보다 손실 가능성을 높혀 범죄인의 범행을 예방하고, 범죄 기회를 감소시키는 효과가 있다. 즉, 상황적 범죄예방을 한다. 이러한 상황적 범죄예방 기본원칙은 다음과 같다.

첫째, 범죄예방의 목적은 기회를 감소시키며, 기회란 잠재적 범죄자가 범죄를 저지를 수 있는 물리적 조건, 충동으로 인한 물리적 조건, 범죄의 유인요인을 의미한다. 둘째, 범죄예방의 대상은 구체적인 특정의 범죄 형태이다. 셋째, 범죄예방방법은 범죄발생가능성이 있는 환경에 직접 참여하여 관리, 설계, 조작을 하는 것이다. 넷째, 예방의 중점은 범죄를 실행할 때 들어가는 노력과 리스크를 높혀서 범죄에서 얻는 이익을 감소시키는 것이다. 이 이론에 의하면 CCTV는 “공식적 감시” 기법에 해당한다(최응렬, 김연수, 2007). 공식적 감시는 잠재적 범죄자에게 위압감을 주는 경찰의 순찰, 민간 경비원의 배치 등을 일컬으며, 여기에는 방범용CCTV도 포함된다. 이를 통해 방범용CCTV는 범행의 실패확률을 높이는 동시에 범행대상의 견고화(Target Hardening)를 통해 범죄의 기회를 감소시키는 전략인 것이다.

3) 범죄 전이효과와 이익 확산이론

범죄예방 전략은 지역 또는 상황에 따라 전혀 의도하지 않은 결과를 가져올 수 있다. 즉, 범죄예방이 범죄나 범죄에 대한 두려움의 감소를 가져오는 것은 아니고, 단지 범죄와 그 두려움의 수준이 범죄예방의 노력의 영향을 일순간 변경될 수 있다는 것이다. 이러한 내용은 범죄의 전이효과를 통해 일정부분 설명이 가능하다.

가) 범죄 전이 효과

범죄의 전이란 개인 또는 사회적인 범죄예방활동에 따라 범죄에 변화가 일어나는 것을 말한다. 이 개념은 주어진 상황 및 환경에서 범죄예방 또는 감소 활동이 단순한 범죄의 대체를 가져올 뿐이라고 본다. 즉 범죄의 전체적인 양은 변화가 없고 범죄억제 전략은 범죄를 제거하는 대신 단지 이동시킨다는 것을 전제로 한다. 여기선 3가지의 가설을 가지고 접근한다. 먼저는 범죄의 양과 종류는 비탄력적이어서 일정기간 일정량의 범죄는 반드시 발생한다. 범죄의 양과 종류는 비탄력적이기에 범죄예방활동에 의해 범죄가 제거될 수 없다. 둘째로는 범죄자는 다양한 수준의 이동성을 갖는다. 범죄의 전이는 범죄

자들의 이동수단과 이동성을 고려해야 한다는 것이다. 셋째로 잠재적 범죄자는 범행에 대한 의지나 지적능력을 가지고 있다. 잠재적 범죄자는 합리적 선택을 하고, 물리적·사회적 환경의 다양한 요인에 합리적 결정을 하고 범행을 실행하는데 이 과정에 전이가 발생한다는 것이다. 전이의 유형은 ①지역적 전이, ②시기적 전이, ③기술적 전이, ④대상의 전이, ⑤기능적 전이, ⑥범죄자 전이 형태로 나타난다. 그러나 범죄의 전이는 긍정적인 효과와 부정적인 효과를 동시에 가지고 있다. 긍정적인 효과는 범죄자가 예방으로 인해 덜 심각한 범죄를 선택하여 사회적으로 이익이 되는 방향으로 가는 것을 말하고, 부정적인 효과는 범죄의 질이 나빠지거나, 예방으로 인해 감소된 수입을 증대하기 위해 범행횟수를 더 많게 하는 것을 말한다. 그래서 전이효과에 대한 평가를 진행할 때 매우 어렵게 되는 것이다. 범죄예방 또는 범죄억제전략이 특정지역에서 이루어진다고 할 때 그에 대한 지역적 범죄발생율의 변화 등을 통해 그 효과를 간단하게 설명할 수 있는 것은 아니라는 점이다.

나) 이익 확산이론

CPTED 모니터링 장비효과가 널리 퍼져 장비가 목표로 했던 지역을 벗어나 인접지역에서도 성과를 나타내는 것을 의미한다. 이는 전이효과와 반대되는 이론으로 이는 단순이 범죄대상을 넘어 다른 대상들에게 까지 범행감소의 효과가 퍼지는 과정을 말한다. 범죄의 이익의 확산효과를 크게 억제(Deterrence)와 단념(Discouragement)설명 할 수 있다.

억제효과는 경찰단속의 효과가 단속기간이 지난 이후에도 지속되는 것과 같이 상황적 범죄예방수단의 억제력이 지속되어 잠재적 범죄자에게도 실질적인 체포에 대한 두려움이 약화되었다 하더라도 두려움으로 인해 범죄활동을 억제한다는 효과이다. 즉, 범행성공에 투입되는 노력에 대해 착오를 일으키는 상황이 이익의 확산을 가져온다는 것이다. 단념효과는 체포의 위험이 변하지 않았어도 발생하는 것이다. 이러한 억제효과와 단념효과는 모두 체포위험에 대한 인식을 높힐 때만이 나타나는 효과이기에, 범죄자에게 실제로 범죄예방을 위한 노력이 실시되고 있음을 알릴 수 있는 CPTED 모니터링 장비에 대한 광범위한 홍보가 필요하다.

제 2 절 범죄예방 효과에 대한 선행연구

1) 국내 선행연구 검토

곽봉금(2005)은 2001년부터 2004년의 강남구의 범죄발생추이를 분석해 본 결과 2004년 CCTV설치기준으로 볼 때 발생건수가 이전에 비해 31% 감소한 것으로 나타났고, 범죄전이 여부를 확인하기 위해 인접 경찰서 범죄 발생건수를 확인해 본 결과 동 기간 발생건수가 줄어든 것으로 나타나 범죄전이가 발생하지 않은 것으로 나타났다. 임채용(2006)은 강남구 논현1동과 역삼1동을 대상으로 설치 전·후 범죄 증감율을 비교한 결과 살인, 강간범죄를 제외한 나머지 범죄가 줄어든 것으로 나타났을 뿐 아니라, 인근 지역도 비교해본 결과 범죄가 줄어 범죄전이효과는 나타나지 않은 것으로 분석하였다.

안민권(2006)도 강남구를 대상으로 2004년을 기점으로 설치 전 2년과 설치 후 1년을 분석해 본 결과 범죄 발생율이 22%가 감소하는 것으로 파악했고, 그 중 강도, 절도, 폭력범죄 발생이 줄었으며, 특히 절도범죄는 73%로 감소된 것으로 나타났다. 임민혁(2007)은 방범용 CCTV를 활용한 범죄예방 효과 연구에서 서울시의 방범용 CCTV가 운영되는 순찰지구대 27곳과 운영되지 않은 지구대 24곳을 비교분석하여 5대 범죄를 기준으로 하여 범죄예방효과를 분석한 결과 효과가 미비하다고 결론을 내리고, 예방보다는 검거력을 통한 범죄 억제력에 대한 홍보 강화에 초점을 두어야 한다고 하였다.

이주락(2008)은 천안·아산 경찰서에 구속된 18명의 범죄자를 대상으로 심층 면담을 통해 CCTV효과를 분석하였다. 면담을 통해 CCTV는 계획적 범죄(침입절도, 강도)를 예방하는데 효과가 있는 것으로 나타났으나, 설치로 인한 지리적 전이와 대상전이, 기술적 전이가 나타나는 것으로 분석되었다. 김연수(2008)는 Bower와 Johnson(2003)이 사용한 WDQ 기법을 이용하여 2002년부터 2004년의 경찰서별 절도범죄데이터를 통해 강남, 수서경찰서를 대상으로 CCTV 범죄전이효과를 연구한 결과 범죄 전이효과보다는 통제이익의 확산효과가 더 큰 것으로 나타났다.

이민식과 박현호(2008)도 부천에 적용한 CPTED에 의한 CCTV효과 분석을

해 본 결과 범죄율이 적거나 감소하는 것으로 분석하였다. 강석진, 박지은, 이경훈(2009)은 주민들을 대상으로 설문조사법을 활용하였는데 CCTV설치 후 범죄에 대한 불안감 감소와 효과에 대해선 긍정적으로 평가하는 것으로 나타났다.

표 2-1 방범용 CCTV의 범죄예방 효과에 대한 선행연구

연구자	연구주제	분석방법	연구결과	범죄예방효과
장상우 (2010)	CCTV의 범죄예방효과에 대한 연구	서울시 CCTV를 대상으로 연립방정식을 통해 범죄에 대한 영향분석	CCTV가 많이 설치될수록 절도범 범죄율이 높아짐	*탐지작용주정
강성진 외 (2009)	주민의식조사를 통한 주거지역 방범용 CCTV 효과성분석	국내에서 방범용 CCTV가 가장 많이 설치되어 있는 서울 G구와 CPTED 시범지역으로 지정된 B시에서 설문 및 현장조사, 관계자 면담을 실시하여 CCTV설치에 따른 장단점과 효과 분석	방범용 CCTV는 범죄예방보다는 주민 불안감을 저감, 사후 범인식별 및 검거자료로 활동	*효과 없음 *불안감 감소
임민혁 홍준현 (2008)	방범용 CCTV의 범죄예방 효과분석을 통한 범죄예방정책의 방향	방범용 CCTV가 설치, 운용 중인 총 27곳의 순찰지구대와 2006년 12월 이후에 설치된 순찰지구대 24곳을 방범용 CCTV가 설치된 지역과 방범용 CCTV가 설치되지 않은 지역을 비교하여 방범용 CCTV효과 검증	정책변수와 환경변수를 통제할 경우, 5대 범죄 전체의 발생, 인구 1만명 당 5대 범죄 발생을 줄이는데 효과가 없음	*효과 없음
최용렬 김연수 (2007)	방범용 CCTV의 범죄예방 효과에 대한 연구	강남경찰서 관할지역을 중심으로 수서, 서초, 송파, 광진경찰서 관할지역을 중심으로 5대 범죄 중 절도, 강도 범죄의 발생추이 분석	절도범죄는 이의의 화산효과와 유사한 양상, 강도 범죄는 전이효과, 방범용 CCTV의 홍보에 따른 일시적 공공효과 검증	*절도효과 있음 *강도효과 없음 *일시적 공공효과
안민권 (2006)	방범용 CCTV의 효율적 운용방안에 관한 연구	CCTV를 설치 운용하는 강남경찰서와 인접 경찰서 3곳의 범죄 발생률을 비교분석	CCTV로 인한 범죄 발생을 감소 및 인접 경찰서의 범죄 감소에 긍정적	*효과 있음
임채용 (2006)	방범용 CCTV 활용상 문제점과 개선방안 연구	강남구의 CCTV 관제센터 개관 이후 범죄 발생건수를 통한 CCTV설치 전후의 범죄예방 효과 비교분석	범죄예방효과에 대한 실질적인 효과가 있다고 말할 수 없음	*효과 없음
곽봉금 (2005)	방범용 CCTV의 범죄발생 억제 효과에 대한 연구	강남구내 방범용 CCTV의 범죄발생 억제효과를 분석하기 위해 설치시기 전후 범죄 발생 건수의 비교분석	범죄예방효과가 있으나 범죄발생률 또한 높음	

자료 : 송봉규 · 박경민, 2010:12-13, 일부 추가 인용함

선행연구결과를 종합해 보면 CCTV운영으로 인한 범죄예방의 효과는 초기년도에는 범죄 감소효과가 나타나지만 일정기간이 지나고 나면 그 효과는 감소하거나, 탐지가능의 확대로 인해 오히려 범죄가 증가하는 형태로 나타났다. 범죄의 유형도 폭력, 절도에 대해서는 효과가 있는 것으로 나타나고 있다.

2) 국외 선행연구 검토

CCTV 설치 연구는 영국을 중심으로 범죄예방 효과에 대한 연구들이 있었다. 그런데, 연구결과들이 지역에 따라 범죄 유형별로 차이가 있어서 범죄예방에 효과가 있다고 단정할 수는 없다. Brown(1995)은 영국의 Newcastle, Birmingham, King's Lynn 시내 중심가를 대상으로 CCTV설치 전후의 범죄 증감을 비교해 보았다. 범죄를 침입절도, 손괴범죄, 폭행상해, 차량절도 등으로 세분화하여 설치 전후 3-4년간 발생건수를 비교하였다. 그 결과 침입절도는 감소하지만 대인범죄는 별 차이가 없었다. 또한 전이효과를 파악하기 위해 실험지역 주변과 별개지역에 대해 동일시간대 범죄발생건수 변화를 비교하였는데, Newcastle에서는 전이효과가 없는 반면, Birmingham에서는 나타났고, 그 원인은 시내중심가의 구조와 CCTV 감시반경 크기에 따라 전이발생여부가 결정되는 것으로 분석되었다.

Armitage, Smyth, Pease(1999)는 Burnley의 시내중심가에 대해 침입절도, 차량범죄를 대상으로 CCTV설치 전후를 비교해 본 결과 설치 후에는 범죄가 급격하게 감소하였지만, 시간에 따라 둔감하게 나타나며, 감소의 주 요인은 카메라 설치밀도보다는 카메라 설치유무가 범죄감소에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. Bowers, Johnson(2003)은 잉글랜드 북부에서 행한 21개 범죄예방프로젝트를 중심으로 범죄전이와 통제이익에 대해 연구를 해본 결과 전이효과보다는 통제이익의 확산효과가 강한 것으로 분석하였다. 반대로 CCTV가 범죄발생에 영향을 미치지 않거나 오히려 증가한다는 연구결과도 있다.

Sivarajasingam, Shepherd, Mahhhews(2003)는 CCTV가 절도나 차량범죄와 같은 일부 범죄는 예방을 할뿐 다른 범죄에 대한 효과는 미비하다고 보고

1997년 설치된 영국 5개 도시를 대상으로 상해, 폭력 범죄에 대해 분석해 본 결과 CCTV가 없는 타 도시에 비해 도시 발생건수가 유의미하게 증가된 것으로 확인했다. Farrington, Bennett, Welsh(2007)는 Cambridge시내 중심가를 경찰보고서와 주민설문조사를 통해 분석해 본 결과 설문조사 경우 CCTV가 범죄에 아무런 영향을 미치지 못한 것으로 나타났고, 공식통계에서는 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

제 3 절 CPTED 장비 설치위치 결정에 관한 선행연구

김석기(2007)는 방범용 CCTV의 범죄예방효과 제고방안에 관한 연구에서 강남구와 송파, 서초구를 대상으로 선행연구(안민권(2006), 최옹렬·김연수(2007))에서 분석된 데이터를 재분석하는 방법으로 범죄의 전이효과와 이익의 확산효과를 분석하는데 초점을 맞추어 진행하였다. 연구결과 강도 및 절도범죄는 범죄율 변화를 통해 범죄의 전이효과와 이익의 확산효과가 나타나고 있다고 분석하였다. 또한 긍정적 확산을 위해서는 시민의 동의 확보작업과 동시에 사전조사 실시를 의무화 하도록 하여 정책에 대한 시민의 순응을 구해야 한다. 또한 성능과 환경을 고려하여 적재적소에 설치될 수 있도록 하고, 설치 위치가 설정되면 그곳에 알림판을 설치하여 잠재적 범죄자로 하여금 범행의지가 좌절되도록 해야 한다 라고 분석했다.

이승철(2010)은 CCTV에 대한 인식과 지역적 환경요인이 범죄두려움에 미치는 영향에서 방범CCTV에 노출되어 있는 시민들을 대상으로 CCTV의 인식, 지역적 환경, 비공식적 사회통제, 일상생활을 측정하여 범죄 두려움에 각각 어떠한 영향을 미치고 있는지를 파악하였다. 이 연구에서는 범죄모니터링 장비의 홍보를 통해 주민들은 CCTV를 통해 범죄로부터 보호받고 있다는 생각을 하게 되어 범죄두려움에 대한 감소효과를 유도하고 잠재적 범죄자들에게는 체포될 가능성성이 높다는 것을 인식시켜 범죄 두려움을 줄이도록 할 수 있기에, 설치장소 적절성을 절대적으로 고려해야 한다고 보았다. 또한 홍보는 범죄두려움을 설명하는 매우 중요한 요인이고 모니터링장비의 설치는 범죄유형별 불안감에도 밀접한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 또한 범죄두려

움을 감소시키기 위해서는 모니터링 장비 설치시 범죄두려움이 큰 공공장소에 설치하고, 설치에 대한 객관성을 보장하기 위해서는 설치이전에 전문기관을 통한 지역의 방법진단을 통한 장소의 적절성을 고려해야 한다. 또한 설치 전에 인구사회학적 요인인 지역성을 고려하여, 범죄로부터 취약한 집단이 CCTV에 대한 인식이 높고, 범죄두려움에 영향을 미치기에, 지역의 공식적인 통계자료를 활용함과 더불어 설치 전 설치지역에서의 범죄취약장소에 대한 설문조사와 전문기관의 방법진단이 반드시 필요하다. 그래서 설치 전에 지역 범죄환경에 대한 안전평가를 의무화해야 한다고 하였다.

박종수(2011)는 CCTV에 대한 경찰공무원과 시민의 의식에 집단간 차이가 있는지를 설문지를 통해 분석하여 효율적인 방법용 CCTV운영방안을 제시하고자 하였다. 그중 신뢰성과 타당성을 갖춘 범죄예방 및 감축효과를 분석하기 위해서는 영국에서 진행하고 있는 범죄피해조사, 대상지역의 주민조사를 통한 인식 및 태도조사, 설치장소 인근지역을 통제지역으로 분류하여 전이현상이나 이익의 확산효과에 대한 과학적 연구조사 선행되어야 한다고 제시하고 과학적인 분석이 이루어져야 한다고 보았다. 또한 설치장소가 적절하게 이루어지면 방법효과 뿐 아니라 범죄수사를 강화시킬 수 있어 설치위치는 신중하게 고려하여 선정되어야 한다고 보고 경찰의 범죄정보관리시스템인 CIMS를 통해 범죄다발지역을 정확하게 분석하여 범죄취약지역에 설치위치를 선정해야 한다고 하였다.

김호기(2013)는 방법용 CCTV입지선정에 관한 연구에서 부산시 북구를 중심으로 기존에 설치되어있는 CCTV의 문제점을 주민요청지역위주로 입지를 결정하고, 입지선정에 대한 세부기준이 없어 담당자의 주관성을 따를 수 밖에 없는 현실과 또한 입지에 따른 의사결정이 관료중심으로 인해 효과가 반감되고 있다고 지적하고, 대안으로 경찰서 주도로 입지를 선정할 것을 주장하였다. 또한 방법용 CCTV 입지선정에 대한 진단표를 범죄 및 불법행위 발생여부, 주요시설 인접여부, 시야확보 용이 여부, 공공목적으로 부합되는지 여부, 기술적 설치가능여부 등 5개 항목으로 분류하여 제안하였으며, 의사결정참여자를 각 동 단위의 자율방범대와 동장 등의 의견을 수렴하는 방안을 제시하였다.

이민정(2014)은 안산시에 설치된 CCTV설치위치의 특성을 진단한 결과, CCTV는 주로 다세대주택에 설치되어 있으며, 인구밀도가 낮을수록, 월세가 구수가 많을수록, 거주외국인 수가 많을수록, 공시지가가 낮을수록, CCTV의 설치 수가 많은 것으로 나타났고, 향후 설치되는 CCTV의 입지결정은 시설입지결정론에 입각하여 효용성에 초점을 둔 최대커버링입지문제(MCLP: Maximal Covering Location Problem)를 적용, 상주 인구밀도와 유동 인구수를 중심으로 설치위치에 대한 대안을 제시하였다.

이상원(2009)은 가로 및 주택가 방범용 CCTV설치를 위한 진단 프로그램개발에 관한 연구에서 주민들의 안전에 대한 불안감 해소를 위해 설치되고 있는 CCTV의 과학적이고 체계적인 분석이 없어 사생활침해의 문제, 자신들의 지역에 설치되지 못함에 대한 지역주민들의 불만이 제기되기에, 설치장소의 적절성문제에 대해 주택가 방범용 CCTV설치에 대해 시야확보, 기본배경, 주요 시설과의 거리, 범행투입노력 증가, 범행 위험성 제고, 범행보상감소에 대한 가이드라인과 진단표를 제시하였다. 또한 주민들에게는 범죄에 대한 두려움, 범죄 감시성, 접근 통제성 및 찬성에 대한 설문지를 구성하는 프로그램을 제시하였다.

제 4 절 공간 통계분석 기법 적용 사례연구

이현희(2000)는 지리정보체계를 이용한 범죄지도화를 처음으로 시도하였다. 서울시 구와 동을 기초단위로 범죄발생 현황을 지도화 함으로써 지역별 범죄율의 대비를 시각화하였고 이를 통해 범죄현상의 지리적편중이나 분산정도를 분석하였다. 전용완(2002)은 문헌자료와 GIS의 공간통계를 이용하여 서울시 범죄의 공간적, 시간적인 특성을 살피고, 사회경제적인 요인과 범죄의 상관성을 대해서 분석하였다. 분석결과 폭력범죄와 절도범죄는 사업지나 주택지에서 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 인구사회경제적요인과의 상관성을 해 본 결과 유흥업소와 숙박업소를 포함하는 서비스업체가 많은 곳에서 범죄가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이 연구는 GIS의 다양한 분석을 통해 공간분석수준을 향상시켰다는 점에서 주목할 만하지만 범죄의 요인분석과 영향

에 대한 접근자료가 미비하다는 한계가 있었다.

권오은(2002)는 강남구와 서초구의 파출소를 중심으로 연구를 하여 파출소를 중심으로 200m 까지 범죄율이 급감하고 그 외에 지역에서는 범죄율이 다시 상승한다는 사실을 밝혔다. 최연아(2003)는 서울시 영등포구를 중심으로 도시내부 특정지점을 선정하여 그 주변에 발생하는 범죄를 분석하였다. 거리에 따른 범죄 분포, 주간선 도로변에서의 범죄분포, 토지이용에 따른 범죄현황을 공간적으로 분석하였다. 김기득·곽대훈(2003)은 범죄지형의 이론적 틀을 토대로 GIS를 활용한 미국사례지역에 대한 분석기법을 소개하였다. 구체적으로 범죄지도화(Crime Mapping), 범죄 다발지점 분석기법(Hotspot Method), 커널밀도 추정기법, 공간적 자기 상관기법, 회귀분석의 방법론을 소개하였다.

황선영(2003)은 서울시 성북구의 주거 침입절도의 패턴과 이에 영향을 미치는 사회 인구통계적 요인들과의 관계를 분석하였다. 분석방법으로는 환경범죄학이론에 근거하여 GIS의 공간분석기능과 시간통계 분석방법을 통합하여 사용하였다. 점 자료와 동별 면단위 자료 분석을 통해 Hotspot을 찾아내고 상관 관계분석과 회귀모델링을 통해 실증연구를 진행하였으나 너무나 단편적인 자료중심의 접근에 아쉬움이 있다.

박명규(2003)는 서울시 성북구를 사례로 하여 GIS의 공간통계분석을 활용하여 3년간의 자료를 통해 Hotspot를 찾고, 범죄패턴을 분석하였으며, 이를 바탕으로 범죄 예측도면, 예측지도를 구상하였다. 이성우(2004)는 서울시 도시계획의 실천에 따른 공간구성과 범죄 발생과의 연계성을 규명해 본 결과 총 범죄 발생건수와 관련해 개발제한구역과 주택연상면적은 부(-)의 효과를 숙박 및 유흥업소면적은 정(+)의 효과를 나타낸 것으로 보았다.

신우람(2005)은 GIS의 공간분석기능과 공간통계를 이용, 광역적 차원과 국지적 차원에서 범죄현상이 어떤 패턴을 보이는지 규명하였다. 특히 범죄유형 별로 시계열적으로 집중, 확산경향을 파악하고자 하였다. 그는 2000년부터 2003년까지 강남경찰서에서 발생한 18,000건의 7대 범죄를 대상으로 발생지점을 지리참조(Geo-referenced)된 점(Point)사상으로 변환하고, 커널밀도추정기법(Kernel Density Estimation Method)과 공간적 자기상관 분석(Spatial Autocorrelation Analysis) 및 공간통계기법을 이용하여 범죄의 패턴을 분석

하였다. 분석결과 폭력과 절도범죄는 강한 군집경향을 보이는 반면 살인, 마약범죄는 무작위적인 패턴을 보이고 있다.

윤영진(2007)은 범죄를 예방하기 위해 공간설계분야에 CPTED기법을 제안하고, 서울시 관악구, 금천구, 성동구, 동작구의 범죄현황에 대한 분석을 시행한 결과 토지이용 행태에 따른 범죄발생 경향을 분석하였다. 주로 상업용도에서 그리고 개발밀도가 높을수록 범죄발생이 증가함을 나타내고 있었다. 특히 폭력과 강간은 유흥가와 숙박업소 밀집지역에 집중해서 발생함을 알 수 있었다. 정소양(2008)은 GIS와 공간통계를 이용한 도시범죄의 공간패턴 및 영향요인을 서울시에서 발생한 강도, 절도, 폭력 등 12만 건의 자료를 분석한 결과 청소년비, 인구증가율, 생활보호대상자비, 재산세가 높은 지역, 건물밀도, 노후주택비율, 풍속 대상 업소와 범죄율에는 강한 정(+)의 관계가 있음을 밝혀냈다. 이대성과 이강훈(2009)은 인구 사회경제적 요인을 중심으로 범죄율과 관계를 분석하였다. 분석결과 세대당 재산세, 이혼수비, 청소년 인구비가 범죄 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

정경석과 문태현, 정재희, 허선영(2009)은 마산시 읍면동을 대상으로 5대 범죄율과 절도, 폭력범죄율에 대한 공간 회귀분석을 수행하였다. 숙박 음식업체 수와 도소매업체수, 재산세, 노령인구비율이 범죄에 미치는 영향이 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그 중 노령자, 재산세, 숙박 음식업이 범죄에 대해 정(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다.

장상우(2010)는 CCTV의 범죄예방효과에 관한 연구에서 서울시를 대상으로 행정동 단위로 CCTV가 미치는 영향을 인구, 사회경제적, 도시 환경적 요소들을 중심으로 회귀 분석해 본 결과 오히려 범죄가 증가했다는 결론을 도출하면서 CCTV가 가지는 탐지작용(Detecting)은 긍정적으로 표현하고, 범죄예방에 대해서는 사고를 집계하는 정부통계의 문제점, CCTV설치 위치의 문제점 등으로 범죄예방에는 한계가 있다고 보고 있다. 또한 범죄에 대해선 외국인 비율, 기초생활보장 수급자비율, 노후주택비율, 유흥업체가 범죄에 정(+)의 효과를 가지는 것으로 나타났다.

전경석(2010)은 시공간 핫스팟 지역의 탐색 방법론에 관한 연구를 통해 기존의 범죄가 많이 발생하는 핫스팟의 연구가 단순히 일정 시점의 공간적인

분석을 통해 이루어지는 한계를 가지고 있다 이에 대해 시계열 자료를 통해 시공간에서 발생하는 핫스팟 지역과의 비교를 통해 분석했다는 점에서 기존 연구와 차별성이 있다. 백승인(2011)은 도시 내에서 발생하는 도시범죄의 발생장소의 특징을 서울시 3개구 행정동을 중심으로 일반선형 회귀분석기법을 활용하여 분석한 결과 기초생활 수급자비가 높은 지역에서, 물리적 환경으로는 단독주택과 아파트에서 강력범죄가 발생하며, 숙박 및 음식업, 은행이 밀집한 곳에서 범죄가 취약함을 분석하고, 이에 대한 도시설계 분석이 이루어져야 한다고 보았다.

표 2-4 선행연구의 범죄율과 관련변수정리

연구자	종속변수	독립변수			
		인구	사회경제	환경	경찰
이현희 (1994)	폭력범죄율 폭력범죄가해자 폭력범죄피해자 절도범죄율 가구침입절도율	5년 이상 거주가구비 유입인구비율 평균가구원수 일인가구비율 인구밀도 청소년인구비	생활보호대상자비율 평균학력 자가소유가구비 이혼자비율	아파트비율	
황선영 황철수 (2003)	주거침입절도율	청소년비 전입인구비 유아비율 노인인구비율 일인가구비	생활보호대상자비율 편부모가구비 평균학력 자가소유가구비	아파트비 고등학교와의 거리	
이성우 (2004)	총범죄율 5대범죄율 살인범죄율 강간범죄율 절도범죄율 폭력범죄율 지능범죄율 방화범죄율	상주인구 인구밀도 유동인구 청소년인구비	재산세 고학력인구비	풍속대상업소수 개발제한구역비 주택연장면적비 숙박시설연장비	
정소양 (2008)	총 범죄율 강도범죄율 절도범죄율 폭력범죄율 주간범죄율 야간범죄율	유아인구비 청소년인구비 인구밀도 인구증가율	생활보호대상자비율 재산세	건물밀도 용도혼합도아파트 면적비 공가율 노후주택비율 풍속업소수 공원면적	
이대성 이강훈 (2009)	전체 범죄율 강력범죄율 절도범죄율 폭력범죄율	인구증가율 인구밀도 순이동율 고령자인구비 청소년인구비	세대당 재산세	이혼비 단란유통업소비	경찰서비율
정경석 문태현 정재희 허선영 (2009)	5대범죄율 절도범죄율 폭력범죄율	인구밀도 세대당인구비 유아인구비 청소년비 노령자인구비	생활보호대상자비율 1인당재산세	도소매업체수 음식숙박업체수	

장상우 (2010)	범죄율	CCTV 인구밀도 청년인구비율 외국인인구비율 성비	천명당 자수 자가비율 종교를 가진 비율	기초생활수급 가진 비율	공가율 노후주택비율 아파트비율 풍속업체수	
백승인 (2011)	총범죄율 강력범죄율 재산범죄율	인구밀도 기초생활수급자비			단독주택비 다세대주택비 아파트비 소매및도매업밀도 음식및숙박업밀도 은행밀도 주차장밀도 학교밀도 공원면적비	

자료: 장상우(2010) 자료를 재구성

제 5 절 소 결

범죄의 폭악성, 무차별화, 다양화가 이루어짐에 따라 시민들의 안전에 대한 요구는 날로 증가되어 왔다. 안전에 대한 주민들의 요구에 경찰과 지자체는 도시공간의 CPTED기법에 의한 도시설계, 경찰인력확충과 CCTV등 장비의 구축범위 확대, 통합 도시 관제시스템 구축 등으로 안전에 대한 신뢰성을 강화하고 있다. 또한 CCTV는 범죄사각지대와 공원, 골목길, 유동인구이동이 많은 곳 등 다양한 곳에 설치하여 운영을 하고 있다. 현재 CCTV설치와 범죄발생률을 분석한 실증연구들에서는 CCTV의 효과에 대해 각기 다른 연구결과를 제시하고 있다. 먼저 CCTV가 주민 안전의식을 증가시키고, 범죄 및 무질서를 예방하며 신속한 대응과 사후 검거시 근거자료로 효과적이라는 결과가 있는 반면, CCTV는 실제 범죄예방에 효과가 없으며, 전이효과를 유발하거나 지역주민이 인식하고 있지 못할 경우 예방대책으로 활용될 수 없다는 상반된 결과도 제시되고 있어 CCTV로 인한 범죄 및 불안감 저감효과는 쉽게 판단하기 어려운 측면이 있다. 해외 연구들에서는 CCTV 효과에 대한 의견이 갈리고 있는 반면, 국내에서 진행된 연구들은 대부분 CCTV 설치 후 범죄발생률이 감소한 결과를 근거로 긍정적인 효과가 있음을 주장하고 있다. 그러나 CCTV의 효과성 및 활용방법에 대한 연구들 대부분은 2000년대 초반에 발표된 연구방법과 결과들을 재인용해서 유사한 결과를 도출하고 있으며, 2004년 강남구에 방범용 CCTV가 확대 설치된 이후 강남구를 대상지로 선정해 경찰

통계자료로 확인할 수 있는 긍정적 측면(범죄예방)과 부정적인 측면(법제도, 윤리적 문제)만을 다루고 있다.(강석진·박지운·이경훈,2009)

이상의 내용을 정리하면 방범용 CCTV의 긍정적 측면은 감시를 통한 시설물보호와 범죄 및 불안감 감소, 인력저감에 따른 치안서비스 효율화를 들 수 있는 반면에 초상권 및 프라이버시 침해 우려에 따른 개인정보보호문제, 감시 확대로 인한 잠재적 범죄자 양산 등의 부정적 효과 또한 무시할 수 없는 지경에 이르렀다. 그리고 또한 설치 전·후 효과를 비교해본 결과 범죄의 감소는 나타나지 않고 오히려 증가한다든지, 전이효과가 발생하여 CCTV에 대한 무용론이 대두되기도 한다. 또한 방범용 CCTV설치에 대해서는 현행법령 중에 관련 법조문이 거의 없고, 설치기준과 방법론 측면에서 경찰 공무원의 경험치에 의존해 방범취약지역 선정에 따른 타당성 문제가 끊임없이 제기되고 있다.

최근에 모니터링 장비 즉, CCTV설치위치에 대한 검토의 필요성은 대두되었지만 구체적인 연구결과는 없는 실정이다. 이에 대해 본 연구는 구체적인 범죄사고 자료를 중심으로 공간통계기법을 활용하여 범죄종류별로 각 지역의 위험지점(Hotspot)을 정한다. 또한, 이 지역에 모니터링 장비설치를 검토하고, 또한 연구지역이 가지는 속성을 살피기 위해 공간종속성 분석을 위해 공간상 관성분석과 회귀분석을 위해 종속변수에 5대 범죄율과 절도, 폭력, 성폭력 범죄율을 두고 독립변수로 인구변수에는 청년비, 외국인인구비율, 기초생활수급자수, 다문화가정수를, 사회경제변수에는 생활보호대상자, 사업체 종사자 수, 세대 당 자동차 등록대수를, 환경변수에는 풍속업체수를 적용하며, 범죄를 억제하는 변수로는 CCTV운영과 CCTV 설치요청 수, 또한 112에 접수현황자료, 각 동에 설치되어 있는 가로등 및 방범등 수 등의 공간분석변수를 활용하여 각 지역에 범죄율에 영향을 미치는 요소를 찾아낸다. 또한 이러한 공간종속성분석을 통해 얻어진 결과를 통해 공간위험요소지점을 중심으로 모니터링 장비 설치를 하고자 한다.

제 3 장 공간통계 분석

제 1 절 GIS 기반 범죄분석 방법론

1) 공간분석 방법론의 개념 및 데이터 특성

공간분석방법론은 다양한 공간현상이나 문제를 해결하기 위한 목적으로 정확하고 확고한 증거를 기초로 공간에 대한 새로운 지식이나 과학적 법칙, 공간이론을 도출해내는 접근방식이라 할 수 있다. 이 접근방식을 GIS와 연계하면 GIS의 공간분석기법은 공간데이터베이스 내에 들어있는 공간데이터와 속성데이터를 이용, 현실에서 발생하는 각종 문제를 해결하는 정보를 생성하는 기법이다. 공간현상을 나타내는 자료는 GIS의 공간분석기법을 통해 짧은 시간 내에 정확하고 객관적인 정보로 변환된다. GIS를 이용한 공간분석결과는 공간법칙이나 공간이론을 찾는 탐구와 공간 의사결정 문제를 해결하는데 사용될 수 있다. GIS기반 공간분석에서 가장 기본이 되는 것은 공간데이터 (Spatial Data)이다. 공간데이터는 지도화할 수 있는 지리적 공간을 점유하고 있으며, 경위도나 주소와 지리적 좌표체계에 의해 특정한 위치를 갖는다.

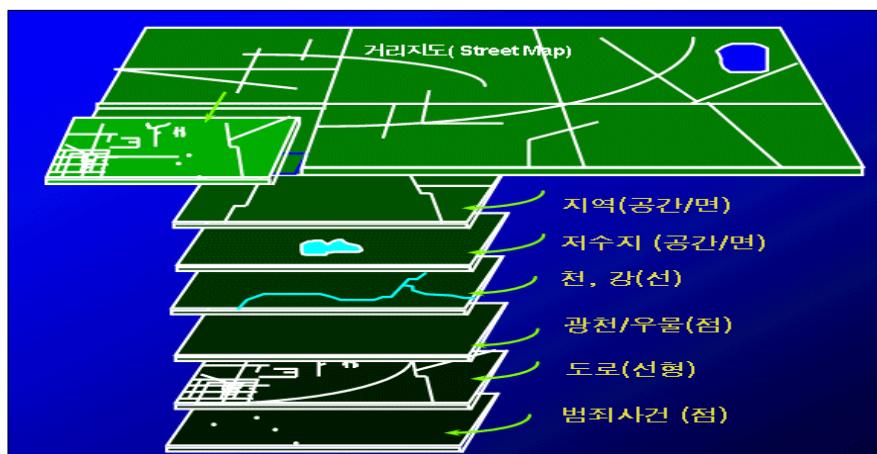


그림 3-1 주제별 레이어(Thematic Layers) 구조

그림 3-1은 공간데이터의 특징을 나타내는데 공간상의 현상이나 사물은 위

치와 함께 크기를 가지며 데이터의 특성에 따라 점, 선, 면의 형태로 나타낼 수 있다. 또한 공간데이터의 공간적 특성 외에 비공간적 요소인 속성데이터에 의해 나타낼 수 있다. GIS환경에서 저장된 공간 자료간에는 세 가지의 주요 관계를 포함하고 있다. 먼저는 공간자료의 연결성(Connectivity)으로 연결되어 있는 대상물간의 관계를 의미한다. 둘째로는 인접성(Contiguity)이다. 인접성은 연결성의 단면으로 연결되어 있는 정도를 의미한다. 경계를 공유하고 있는 폴리곤(Polygon)간에 경계를 얼마나 인접하고 있는지에 대해 인접정도를 알 수 있다. 셋째로는 근접성(Adjacency)으로 가까운 정도를 의미한다. 대상들 간의 거리를 측정하여 근접관계를 알 수 있다. 이 세 가지 특성을 통해 다양한 공간분석기법들을 활용할 수 있다.(김영표·임은선,2003)

2) GIS 기반 공간분석원리

GIS를 활용하여 공간현상을 분석하기 위해선 GIS환경에서 구축된 공간정보의 특징을 잘 이해해야 한다. 공간정보의 지리적 요소들 간의 공간적 관계를 수학적으로 정의하는 규칙을 위상구조(Topology)라 한다. 점, 선, 면으로 표현되는 공간자료들은 위상구조에 의해 각 객체의 위치뿐 아니라 주변 객체들과 공간상에서 관계를 인식할 수 있다. 위상관계에 대한 정보를 가지고 있는 경우 중첩기법을 활용하여 다양한 공간분석기능을 수행할 수 있을 뿐 아니라 객체들 간의 인접성, 연결성, 근접성에 대한 정보를 파악할 수 있다. GIS를 이용하여 공간분석방법은 단일 레이어 중심의 단층 공간연산법과 다중 레이어에 대한 중층공간연산방식으로 이루어진다.

그 중 중층공간연산에 대해 정리하면, 중첩연산은 다중 레이어를 겹쳐놓고 각 레이어가 포함하고 있는 공간객체 또는 형상들간의 관계를 분석하는 것이다. 이 기법을 활용하여 얻을 수 있는 점은 첫째, 공간형상등간의 대응관계(correspondence)를 통해 형상물의 공간적 패턴의 유사성과 공간상에 나타나는 현상들간의 인과관계를 파악할 수 있다. 둘째, 다양한 데이터베이스로부터 분석적인 정보를 추출할 수 있다. 셋째, 새로운 가설이나 이론 및 시뮬레이션을 통해 만일 어떤 사건이 일어난다면 그 결과가 어떻게 될 것인가에 대한

정보를 추출하는 모델링을 할 수 있다. 공간적 상관성분석은 지역연관성이나 공간분포간의 관계를 연구하는데 활용한다. 서로 다른 정보를 다른 레이어에서 표현하여 시각적으로 표현하는 지도화 방법과 두 지도간의 데이터 분포간의 상관성을 계수로 측정하여 상관관계를 파악하는 통계적 방법이 있다. 특히 지역별 공간자료를 이용하여 공간패턴을 분석하는 경우 특정한 현상에 대한 지역별 자료자체가 체계적인 배열을 하고 있는 경우가 있다. 공간패턴분석이란 특정한 현상이 공간상에 분산되었는지 또는 집중되어 있는가를 파악하는 것이다. 이런 공간패턴을 알아야하는 것은 그러한 공간패턴을 형성하는데 영향을 미친 공간과정(Spatial Process)을 밝히는데 기초가 되는 정보를 제공하기 때문이다. 일반적으로 서로 가까이 있는 것들이 서로간에 영향을 미친다라는 공간적 자기상관성(Spatial Autocorrelation)은 공간상에 한 위치에서 발생하는 사건과 그 주변지역에서 발생하는 사건과는 높은 상관관계를 보이고 있는데 이는 자료의 집계로 인해 발생하거나 또는 공간상에 인접함으로서 나타나는 파급효과로 풀이할 수 있다. 이런 효과가 발생하는 주요인은 공간상에서 자유롭게 이동하고 있는 사람들에 의해서이다. 사람들은 자신의 사회·경제적 지위에 따라서 주거지와 직장을 선택하면서 이동하게 되며, 그 결과 유사한 특성을 지닌 지역이 공간상에 집적하는 결과를 가져온다. 공간상에서 나타나고 있는 현상들에 대한 자료가 행정구역 단위로 수집되기 때문에 공간패턴을 분석하는데 있어 공간적 자기상관은 매우 중요하다. 왜냐하면 단순한 공간패턴을 분석하는데 그치는 것이 아니라 공간패턴분석을 통해 연구가설을 수립하고 이에 대한 검증을 통하여 공간패턴을 만들어내는 공간과정을 이해하고자 하기 때문이다. 더 나아가 특정현상의 공간패턴 분석의 형성과정에 영향을 미친 요인을 추출하고 공간 연관성을 분석한다.(이희연·심재현,2011)

3) GIS 와 범죄분석

범죄 발생은 지리적인 속성을 내포하기 때문에 공간적 패턴을 분석하는 것은 매우 중요하다(박기호, 2000). 그래서 범죄현상을 정확하게 이해하기 위해선 범죄자체가 가진 특성 뿐 아니라 범죄가 발생하고 범죄자가 생활하고 있

는 공간적 특성에 대한 이해가 있어야 한다. 범죄와 공간을 연계시키는 접근 방법은 범죄가 빈번히 발생하는 지역을 찾아내어서 그 지역을 우범지역으로 구분하고, 해당지역이 우범지역으로 발달한 원인과 특성을 이해하는 것이다 (Herbert,1989). 과거에는 범죄가 발생하는 지역으로 지도로 표현하여 범죄가 발생하는 지역을 찾아내는 것이 주된 연구였으나 점차 공간에 대한 이해의 폭이 넓어지면서 최근에는 공간의 특성을 통해서 범죄의 원인을 이해하는 이론적 연구 및 범죄를 효과적으로 예방하기 위한 실증적인 측면에서 공간을 이해하는 연구들이 수행되고 있다(Anselin,2000). 또한 이러한 연구들은 공간적 특성 및 지리적인 특성을 반영할 수 있는 GIS의 발달과 더불어 통계지리학을 적용, 다양한 분석이 이루어지고 있다. 특히 이런 IT기술의 발달과 기존 범죄분석 기법인 핀맵(Pin-map)수준에서 벗어나 장소와 관련한 범죄의 측정을 용이하게 할 수 있는 공간적 통합기능과 서로 다른 공간적 단위사이의 인접성을 계산할 수 있는 기능을 활용하여 범죄 현상에 대한 새로운 공간분석을 가능하게 하여 환경범죄학의 영역으로 확대되었다. 지리정보시스템의 입장에서 주로 관심이 모아지는 것은 범죄가 갖는 지형적 분포나 그런 분포가 갖는 정형성이다. 실제로 어느 지역에서 살인범죄가 집중적으로 발생되고 있는지 혹은 범죄 편중현상이 사회적인 변인에 의해 설명될 수 있는지 등의 물음에 답하기 위한 연구들이 지리정보시스템과 더불어 이루어지고 있다. 지리정보시스템의 가져온 가장 분명한 이익 중 하나를 꼽자면 단연 시각화(visualization)이다 즉 범죄 발생건수나 범죄자의 위치정보를 지도상에 표시함으로써 보다 정확하게 현상의 공간적 분포를 밝혀 낼 수 있게 된 것이다 이처럼 공간자료를 시각화하는 범죄지도화작업은 지리정보시스템을 활용하는 가장 첫 단계라 볼 수 있다. 또한 이러한 공간상의 위치 뿐 아니라 각종 범죄들이 나타나는 지역을 그룹화하여 표기할 수 있도록 하여 위험지점(Hotspot)를 표시하며, 각종 통계를 지원하기도 한다. 최근에는 지리정보시스템과 연계하여 각종 공간통계기법을 활용할 수 있도록 공간분석결과를 투영하여 의사 결정자로 하여금 정책의 집행 입안 및 실행에 도움을 주기도 한다.

4) 범죄 분석을 위한 공간통계기법

환경범죄학에서 다루는 통계기법은 공간계량경제학에서 사용하는 공간적 자가 상관분석기법을 활용한다, 공간통계분석은 전통통계학에서 사용하던 다변량 통계분석기법이 공간적 자료의 특성을 반영하지 못하는 데에서 출발을 하였다. 범죄현상에 관한 많은 연구 결과들은 범죄가 특정지역에서 집중적으로 발생한다고 밝히고 있다. 이를 통해 범죄발생현상이 지리적으로 인접한 지역과 매우 깊은 연관성을 가지고 있음을 나타낸다. 즉, 지리적으로 인접할수록 비슷한 범죄 발생패턴을 보이고 있다. 그래서 공간통계분석은 공간자료가 가지는 속성정보와 위치정보를 더해 공간적인 분석을 주안점으로 한다. 즉, 공간자료의 분포가 공간적인 특성, 특히 지리적 인접성에 의해 어떤 영향을 주고 받고 있으며, 또한 얼마나 많은 영향을 미치고 받는지 그 공간적 효과를 파악하는 분석 기법이다. 이렇게 공간통계분석은 자료의 상호 공간적 연관성 및 관련성을 고찰하고, 공간적 군집에 의한 군집화와 공간적 회귀분석에 의한 모형을 구축할 수 있다. 또한, 지리적 분포나 현상을 더 명확하게 설명할 수 있고, 현실감 있는 결과를 도출할 수 있다는 장점이 있다.

제 2 절 자료의 구성 및 연구방법

1) 자료의 구성

안양시는 현재 전 도시 시가화 지역의 약 48%를 커버할 정도의 방범CCTV를 구축운영 중이다. 그 중 연구의 공간적 범위는 안양시 동안구를 대상으로 한다. 분석 자료는 안양시에서 제 5차 CCTV구축 용역을 수행하던 중 본 연구와 관련하여 ‘안양시 방범CCTV 설치지점의 타당성 및 계량화계획보고서’에 수록되어 있는 동안경찰서의 2011년과 2012년에 발생한 5대 범죄(5,509건)와 112신고접수(10,863건) 자료를 기본으로 연구를 진행하였다. 분석의 단위는 행정동 단위로 구성하였으며, 본 연구에서 사용하는 자료는 크게 점(點) 사상이 표현된 자료와 면(面)사상이 표현된 자료로 구성이 되어 있다. 자료는

분석년도에 발생한 모든 5대 범죄, 사회경제적인 요소로는 인구밀도, 연령별 인구 중 15-29세(남자), 기존에 설치된 CCTV수, 풍속업체수, 외국인거주인구(명), 다문화가정(명), 생활보호대상자(명), 사업체종사자 수(명), 세대당 자동차등록대수(대), 5대 범죄(건), 112신고(건), CCTV설치민원(건), 폭력(건), 절도(건), 살인(건), 강도(건), 성범죄건수이다.

분석을 하기 위해선 먼저 좌표, 거리, 밀도 등 전체적인 분석결과를 도출하기 위해 모든 자료를 GIS로 구성하여 작업이 이루어진다. 우선 먼저 안양시의 행정동 경계와 도로, 토지이용현황에 대한 자료를 지리부호화(geo-coding)하여 분석의 공간구조의 Frame structure를 잡고, 동안구의 행정동 단위로 구성된 사회경제적 변수를 추출한다. 분석할 사회경제변수로는 각 동별 인구현황, 사회적 약자현황(사회적 약자라 함은 각 동별 만 12세이하 인구와 60세 이상 인구, 여자인구를 포함), 인구세대, 외국인 거주현황자료이다. 또한 다문화가정거주 번지, 생활보호대상자거주 번지 등의 점(點)자료를 각각 별도의 shp자료로 구축한다. 또한 도시공간변수로는 교육시설(유치원, 초, 중, 고등학교, 대학교, 아동센터, 청소년 공부방을 포함)과 풍속업체위치(여관, 유홍주점, 숙박업소, 노래방, 단란주점 등)를 각각 별도의 shp자료로 구성한다. 범죄방어 기제시설물로는 동안구의 관내 경찰서와 파출소, 지구대의 위치를 통합하여 police의 한 파일로 관리하고, 가로등 및 보안등의 설치위치, 또한 기존 구축한 방범 CCTV위치를 DB화하여 반경 80m기준으로 별도 구축하였다. 범죄발생지표를 구체적으로 표현하면 동안구 경찰서에 발생한 5,502건의 5대 범죄와 동안구112신고로 접수된 10,863건의 범죄 신고의 번지와 지점들을 DB화하여 공간적으로 점(點)사상으로 표현하여, 이를 범죄유형(폭행, 절도, 성범죄, 강도 등)자료와 년도 별로 분류한다. 역시 112로 신고한 내용들도 각각 분류하여 분석하였다.

본 연구에서는 범죄사건을 공간자료로 활용하여 공간상에서 점(點)사상(point)중 일정거리와 빈도가 높게 발생하는 지점을 위험지점, 면(面)사상(polygon)중 분석조건에 부합하는 지역을 위험공간으로 명명하고자 한다. 그 중 점(點)사상(point)분석은 지역경계에 영향을 받지 않고 위험지점을 분류할 수 있다는 것과 빈도수와 버퍼기능을 활용하여 기본적인 통계자료로 활용할

수 있는 장점이 있지만, 사건에 대한 원인분석과 변수들을 추출하기에는 한계가 있다. 면(面)사상(polygon)은 동단위의 다양한 변수들을 추출하고 변인들에 대한 통계분석이 원활하다는 장점이 있다. 이에 본 연구에서는 동일한 연구지역내에 점사상과 면(面)사상에서 추출되는 위험지점과 위험공간을 추출하여 범죄발생다발지역을 명확히 규명하고 또한 이 지역들을 중첩분석을 하여 새로운 관심지역을 규명하는데 큰 의미가 있다.

2) 연구방법

그림 3-2와 같이 연구방법론을 정리하여 보면 우선적으로 GIS로 원활한 분석이 이루어질 수 있도록 모든 자료를 지리부호화(geo-coding)한 후 기본 변수에 대한 검증을 기본통계를 추출하여 분석한다. 분석된 자료들을 중심으로 각 변수간의 관계를 정립하고 시간대별, 공간별로 범죄발생현황 자료를 재검토한다. 분석과정은 크게 지점 자료중심의 공간통계분석과 면적자료를 중심으로 하는 공간종속성분석이 이루어진다. 그 중 공간통계분석은 과거에 발생한 범죄 자료를 중심으로 군집분석을 통해 즉, 최근린 거리 분석기법과 Ripley's K값을 통해 각 사건, 사상들이 과연 군집되어 있는지를 점검한다. 그 과정을 통해 각 범죄의 군집성여부와 사고지점간의 분포를 통해 군집간 거리 분포를 파악한다. 이러한 과정을 통해 군집으로 판명이 된 범죄별로 위험지점(Hotspot)분석이 이루어진다. 위험지점의 선정은 범죄의 내용과 상황 등이 서로 상이하기 때문에 각 검색조건을 상이하게 하여 접근해야 한다. 분석방법은 Point location_Mode, Buffer분석), 계층적 기법(Hierarchical Technique: Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Nnh)와 Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법)과 분할기법 (Partitioning technique: K-Means clustering), 밀도기법(Density technique : 커널(Kernel)을 이용한 확률밀도함수(Probability Density Function), 변수기반기법 (Risk-based technique: Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법)을 활용하여 범죄별 위험지점(Hotspot)을 선정한다. 또한 평행하게 면적자료를 활용하여 인근지역간의 영향을 고려한 공간적 자기

상관성 분석을 실시할 수 있도록 인접성과 상관성을 추출할 수 있는 여러 기법을 통해 공간행렬을 추출한다. 이를 통해 각 범죄가 근린성과 인접성을 통해 서로 영향을 주는 관계인지를 점검하는 Moran's I기법을 통해 이웃 지역 간 근린성 여부를 재점검한다. 여기서는 서로 강한 영향을 주고 받는 관계 속에서 위험공간을 존별 군집(Zonal clustering technique: Anselin's Local Moran과 Getis-Ord Local "G"기법)방법을 활용하여 선정할 수 있다.

또한 위험공간(Hotspot)으로 지정되는 변인을 찾고자 모형에 타당한 각 종 속변수와 설명변수를 선정을 통해 고전적인 회귀모형식을 적용한다. 이 때 적용하고자 하는 회귀모형은 최소자승법(Ordinary Least Square), 공간시차모델(Spatial Lag Model), 공간오차모델(Spatial Error Model)이다. 이 모형을 통해 위험공간(Hotspot)을 선정한다. 선정된 위험지점과 위험공간은 서로 단일 및 중첩분석을 통해 최종적인 지역을 선정하고 이 지역에 대한 여러 가지 변수와 자료를 가지고 현장지역에 대한 분석이 이루어진 후 CPTED 모니터링 설치위치를 선정한다.

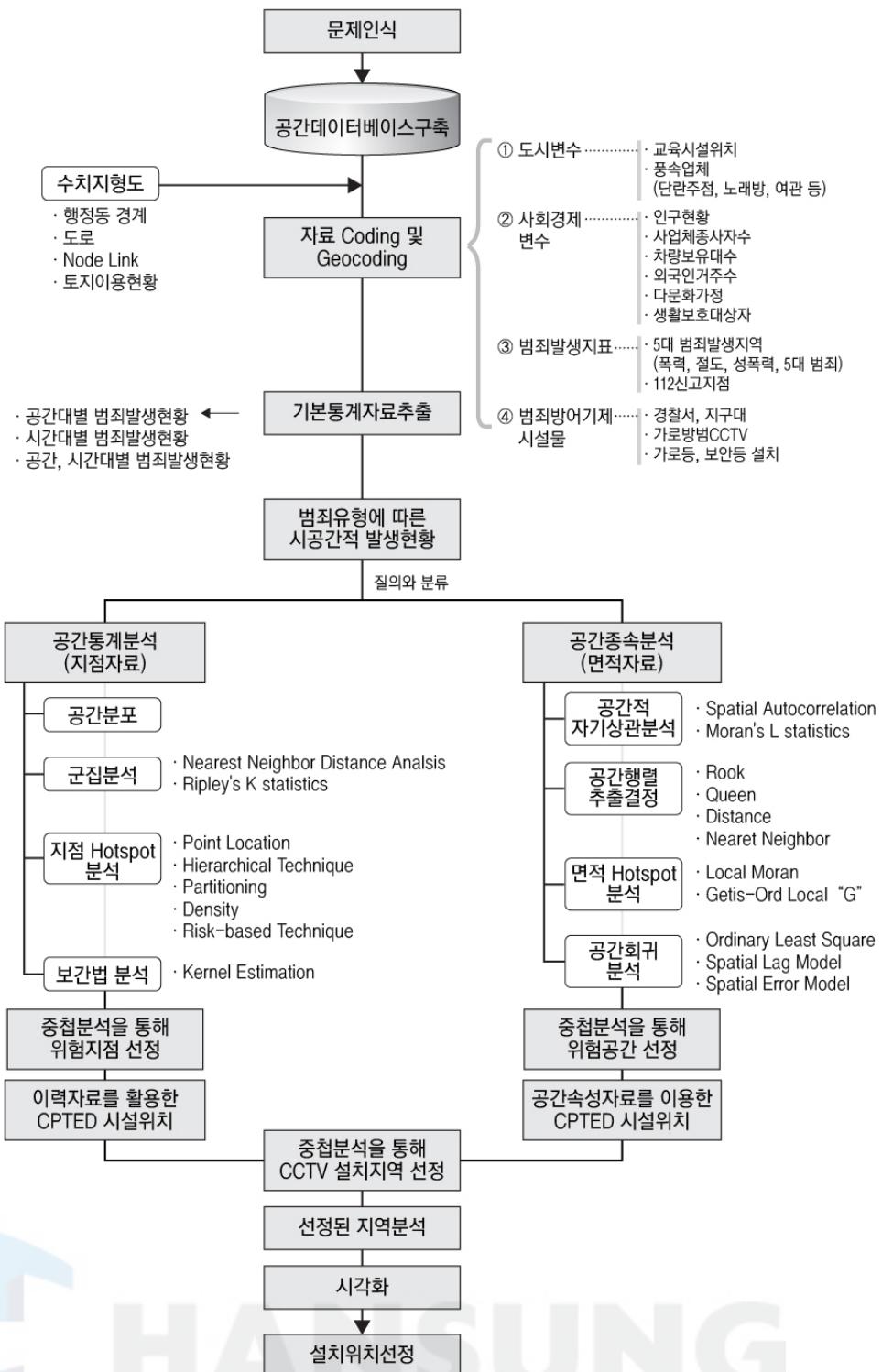


그림 3-2 연구방법론

3) 기본 통계자료

가) 사회경제변수

표 3-1은 사회경제 지표로서 거주인구는 총 357,631명으로 나타났으며 관양 1동(40,315명)이 가장 많고 호계 2동(27,864명), 비산 1동(27,126명), 부림동(26,670명), 평안동(26,377명) 등의 순으로 분포되어 있다. 세대수는 관양 1동, 부림동, 호계 2동순으로 나타났다.

표 3-1 분석대상지역 사회경제변수

구분	세대	인구	청년 총	사회적 약자 (명) ³⁾	외국인 거주(명)	다문화 가정	생활보호 대상자(명)	산업별 종사자수 ⁴⁾	자동차 등록대수
갈산동	4,015	12,166	2,954	7,358	25	48	99	1,766	4,124
관양1동	14,934	40,315	9,211	24,282	348	238	579	7,761	12,096
관양2동	6,935	15,917	3,177	9,436	300	63	74	29,361	6,693
귀인동	5,300	18,042	4,378	10,933	45	10	18	4,757	5,927
달안동	5,516	12,749	2,323	7,983	58	43	279	6,118	3,987
범계동	5,641	16,772	3,738	10,370	51	38	53	12,579	5,335
부림동	10,112	26,670	4,733	16,793	217	66	58	14,494	9,069
부흥동	6,663	19,338	3,894	12,004	34	27	29	5,060	5,780
비산1동	9,143	27,126	5,713	16,517	138	77	172	2,844	8,521
비산2동	4,806	14,557	3,235	8,889	29	20	10	2,614	4,772
비산3동	9,328	25,547	5,915	15,134	105	96	193	5,096	7,813
신촌동	4,609	14,507	3,767	8,441	44	49	80	2,924	4,361
평안동	8,375	26,377	5,155	16,237	28	45	24	3,348	7,958
평촌동	5,412	16,989	3,511	10,402	59	26	31	7,376	6,021
호계1동	7,298	17,319	3,938	10,003	342	114	149	17,200	7,721
호계2동	9,772	27,864	6,449	16,577	148	50	59	11,701	9,905
호계3동	8,752	25,376	5,894	14,945	133	44	42	4,105	8,410

거주인구 대비 사회적 약자 인구비교 결과 동안구는 부림동(62.9%), 달안동(62.5%), 부흥동(62.0%), 범계동(61.9%) 순으로 사회적 약자의 거주비율이 높은 것으로 분석되었다. 전체인구에서 약 60% 이상으로 보호받아야 할 계층으로 분류하여 접근하고자 한다. 행정동별 외국인 거주분포는 관양 1동(348명), 호계 1동(342명), 관양 2동(300명), 등의 순으로 많게 나타났으며 300명 이상 거주하고 있는 지역이 3개동 약 47%를 차지하고 있다. 이외에 각동에

3) 사회적 약자란 12세 이하 어린이와 60세 이상의 노약자, 그리고 여성을 포함한 사회학적 보호 대상자를 말한다.

4) 2007년12월 27일 산업분류개정적용, 경기도 사업체조사보고서 인용

유출입하는 산업별 종사자수를 분석해 본 결과 관양 2동, 호계 2동, 부림동, 범계동순으로 나타났다. 또한 자동차 등록대수는 관양 1동, 호계 2동, 부림동 순으로 나타났다. 그림 3-3는 각 변수를 총인구수에서 비율로 접근하여 분석해 보았다. 실질적으로 범죄는 인구가 많은 곳에서 사람들의 행태 속에서 발생하는 것이기에 인구에 대한 변수는 중요하다.

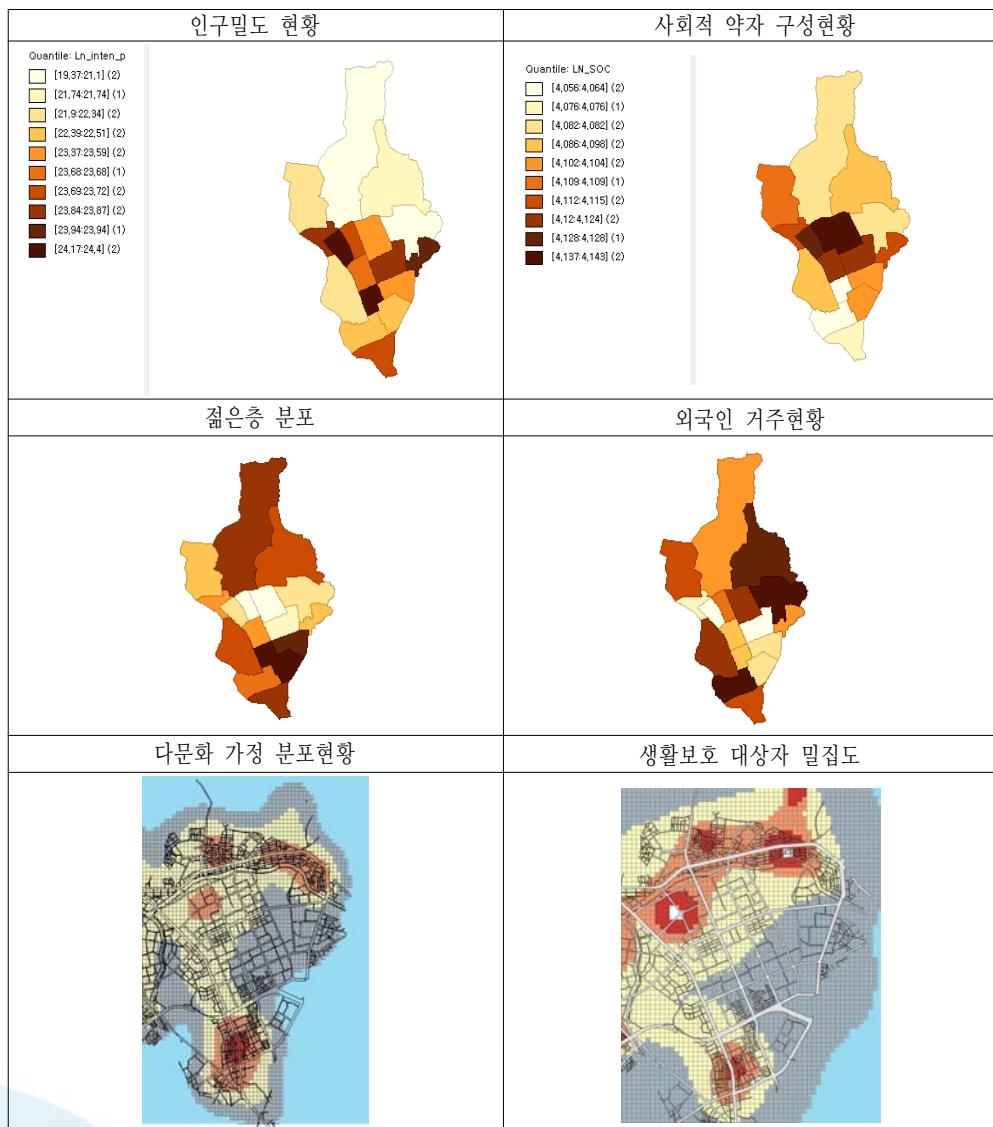


그림 3-3 사회경제지표 현황

그 중 인구밀도는 단위면적당 인구수로, 부흥동, 신촌동, 평촌동이 제일 높은 것으로 나타났다. 거주하는 만 14~29세 젊은 남자의 변수는 전체인구수에서 이 연령대로 나누어 접근해볼 때 현재 갈산동, 신촌동, 귀인동, 비산 3동, 호계 3동에서 집중하고 있으며, 반면에 부림동, 달안동이 가장 적은 것으로 나타났다. 이 변수는 주로 가해자적인 성격을 두고 접근하였다. 다문화가정 거주분포는 관양 1동(238명), 호계 1동 (114명), 비산 3동(96명)등의 순으로 많이 거주하고 있는 것으로 나타났지만 커널분석으로 볼 때 호계 1동지역에 강한 집중도를 보이고 있다. 생활보호 대상자는 관양 1동, 달안동, 비산 3동, 비산1동, 호계 1동순으로 나타났지만 집중도는 달안동과 관양 1동, 호계 1동에서 강한 밀집도를 보이고 있다.

나) 도시 공간 변수

(1) 토지이용 현황 분석

행정구역내의 토지이용 현황을 분석하여 본 결과 그림 3-4과 같이 총 59,079,919m²이며, 그중 녹지지역이 69%, 주거지역 21%, 공업지역 7%, 상업지역이 3%로 구성되어 있다.

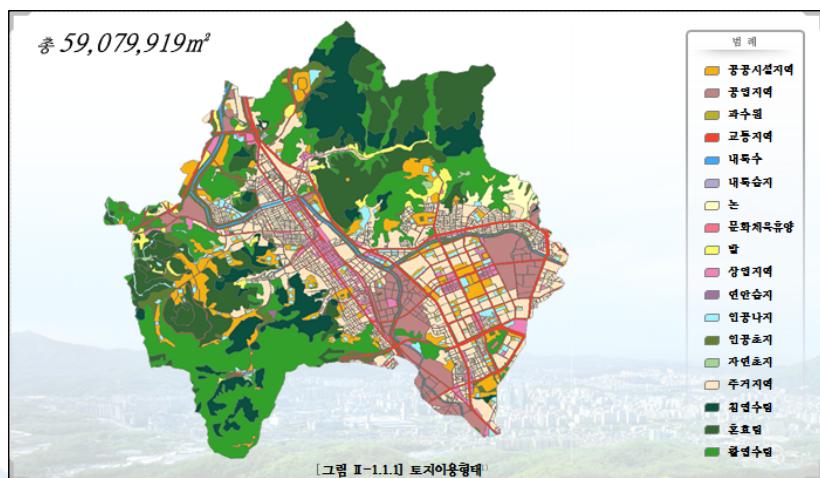


그림 3-4 토지이용현황

이를 다시 세부 용도지구로 분류하면 주거, 공업, 상업, 문화체육, 교통, 공

공시설지역을 포함, 관내 42.5%의 지역을 조망 관리해야 한다.

(2) 교육시설 및 풍속업체

그림 3-5와 같이 초, 중, 고, 대학을 포함하여 96개소와 유치원, 아동센터, 청소년 공부방을 포함하여 총 187 개소를 포함하였고, 반경 500m를 어린이 보호구역으로 버퍼로 설정하여 분석하였다. 풍속업체 현황은 단란주점, 목욕장업, 유흥 주점업, 일반 숙박업으로 분류할 수 있으며, 전체 704개업소중 유흥 주점업(287개소), 일반 숙박업(249개소), 단란주점(106개소), 목욕장업(62 개소)순으로 나타났다. 인덕원, 평촌, 호계동지역에 많은 밀집도가 있는 것으로 분석되었다.

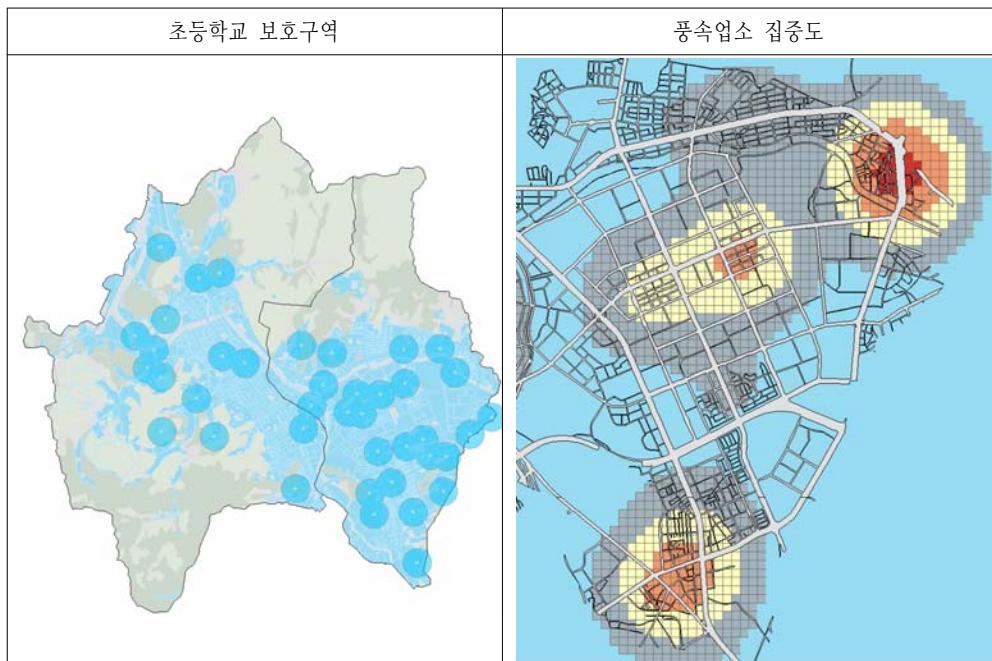


그림 3-5 교육시설 및 풍속업체 분포

다) 범죄 방어기제 시설물 공간분석

(1) 방범 CCTV설치 현황 분석

연구지역에는 방범 CCTV가 총 352대로 관양 1동(90대), 비산 3동 (36대), 비산 1동(28대), 호계 1동(26대) 등의 순으로 많이 설치된 것으로 나타났다. 그중 밀집도를 분석해 본 결과 관양동과 호계동, 귀인동 중심으로 밀집되어 운영 중이다.

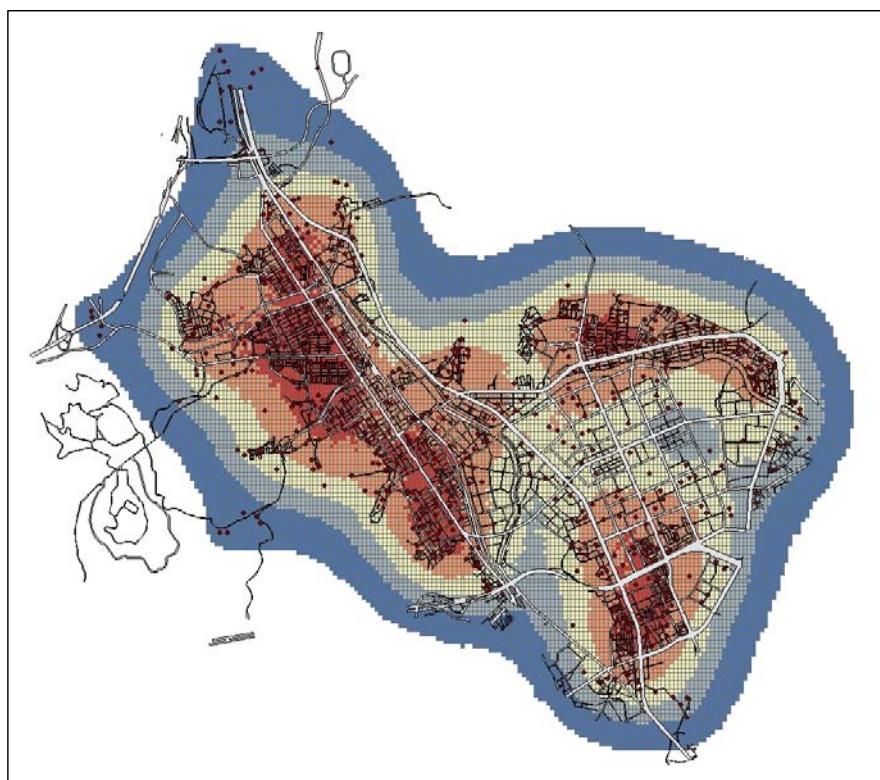


그림 3-6 방범CCTV운영 밀집도

또한 그림 3-6와 같이 방범 CCTV는 주로 만안구를 중심으로 강한 밀집도를 나타내고 있으며, 중복 교차지점도 발생되어 일부구간은 조정이 필요하다. 본 연구에는 각 개별 자료를 DB화하고 또한 행정동 단위로 집계하여 전체인 구비율로 나누어 각 동별 CCTV 운영집중도로 활용하였다.

(2) 경찰서 및 지구대 설치위치

관내 경찰서 및 지구대는 총 45개소가 분포하고 있는데 보통 이 시설물은 범죄사고의 강력한 방어기제시설물로 역할을 하며 권오은의 연구(2002)에 의하면 도보거리 200m 이내에서는 범죄가 감소한 것으로 나타났다. 이에 도보가 아닌 순찰차량을 이용하여 접근한다는 가정하에 순찰차량 시속 30km/h운행 가정시 상황발생지점 500m 이내까지 1분, 1km 이내에는 2분, 3km 이내에 6분으로 도달 가능하여 순찰차량에 의한 접근 가능거리를 분석하였다. 관내 경찰서 및 파출서, 지구대 45개소를 중심으로 분석해 본 결과 그림 3-7과 같이 1분 이내에 도달가능면적은 $11,402\text{km}^2$, 2분 이내는 $9,903\text{km}^2$, 6분 이내는 $10,010\text{km}^2$ 로 나타났다. 본 연구에서는 이 자료를 범죄사고 발생시 도달가능여부 판단기준으로 활용할 것이다.

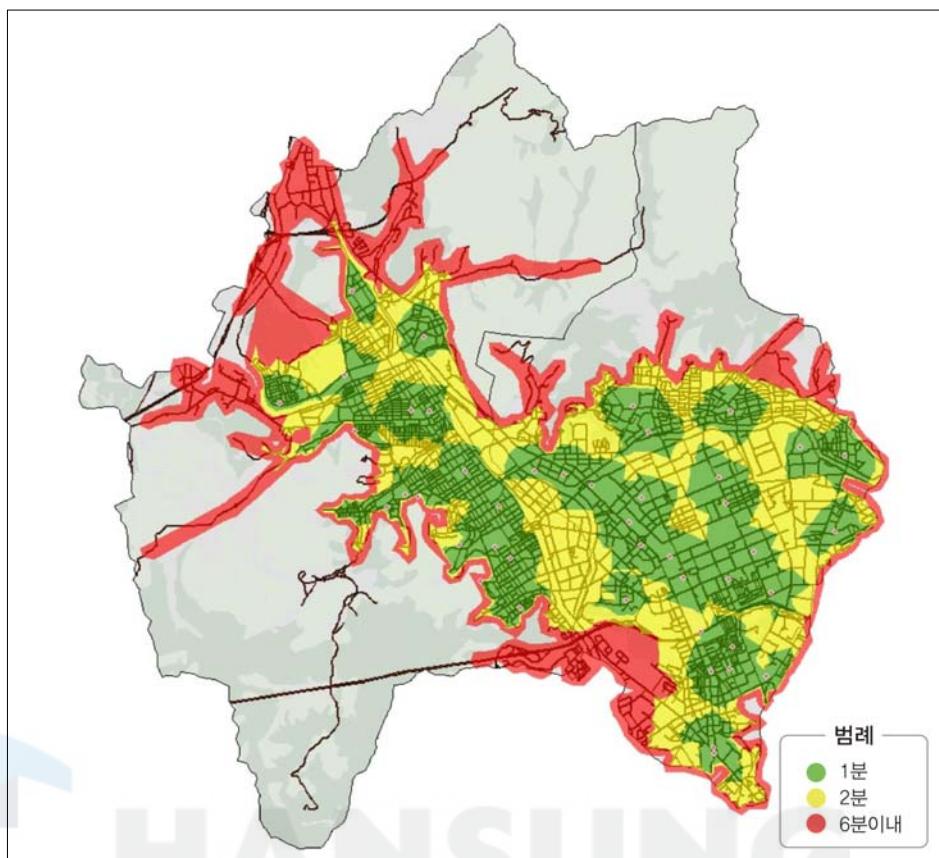


그림 3-7 순찰차량의 접근도(시간거리) 분석

(3) 가로등 및 보안등 위치 현황분석

현재 전역에 가로등 8,145개와 보안등 8,529개, 총 16,671개소를 설치 운영 중이다. 가로등과 보안등의 운영유무가 범죄 사고에 영향을 미치고 있어 이를 공간적으로 분석해 보았다.

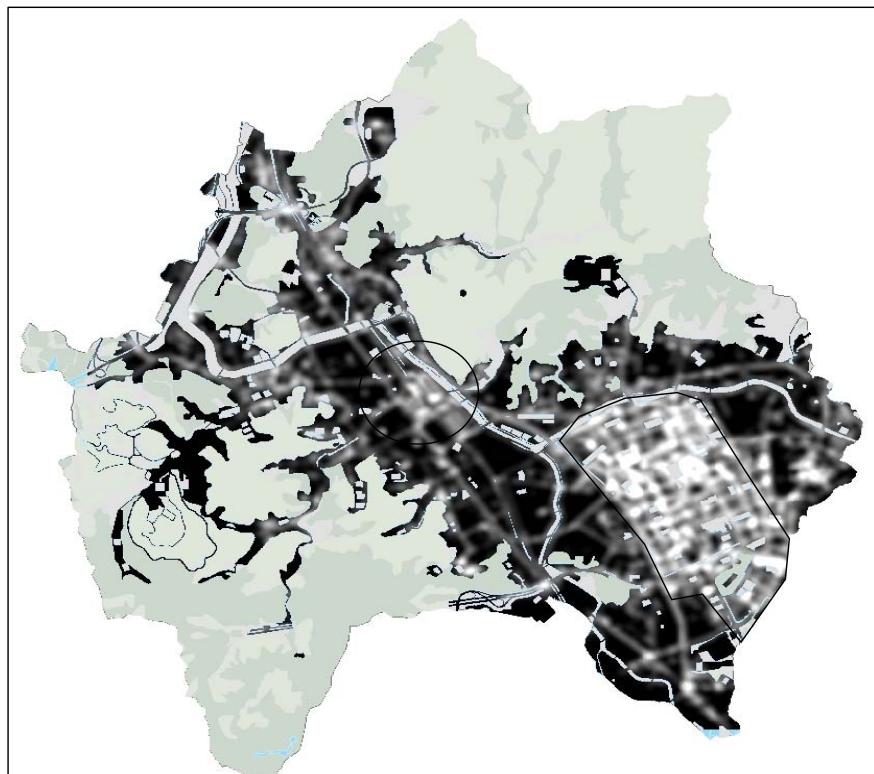


그림 3-8 가로등 및 보안등 밀집도

밀집도로 분석해 본 결과 그림 3-8과 같이 범계, 평촌지역의 주거 밀집지역은 밝게 분포되는 한편 그 외 지역은 상대적으로 어둡게 분포되고 있다.

라) 범죄 현황분석

연구지역의 2011년과 2012년도에 발생한 총 5,509건의 범죄사건을 분석해 본 결과 그림 3-9과 같이 5대 범죄발생 현황 중 폭력 3,337건(60.6%), 절도

2,011건(36.5%)이 총 5,348건 (97.1%)으로 집중 발생하고 있고, 강간 및 강제추행에 의한 성범죄는 140건이 발생하였다. 강도와 살인의 범죄는 범죄 심각도 측면에서는 중요하게 살펴보아야 하나 범죄건수와 지역이 공간적으로 분석하기가 어려워 본 연구에서는 폭력, 절도, 성범죄 중심으로 분석하고자 한다.

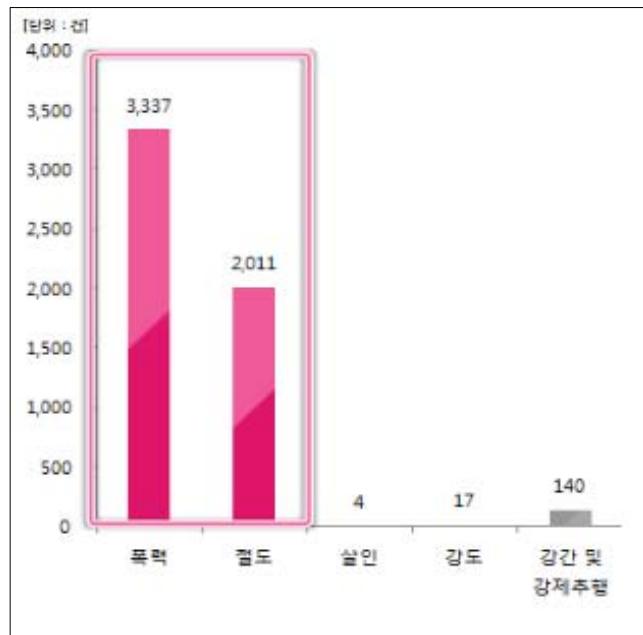


그림 3-9 범죄별 분포현황

(1) 지역별 5대 범죄 발생분포

표 3-2와 같이 5대 범죄가 제일 많이 발생한 지역은 관양 2동(인덕원역), 부림동(평촌역), 범계동(범계역), 호계 1동, 관양 1동(인덕원역)순으로 나타났으며, 호계 1동을 제외한 나머지는 전철 4호선의 인구유출입이 많은 곳이었다. 범죄종류별로 분석해보면 폭력범죄가 제일 많이 발생하는 지역은 관양 2동, 범계동, 호계 1동, 부림동으로 나타났으며, 절도범죄는 부림동, 관양 2동, 관양 1동, 호계 1동으로 나타났다. 성범죄는 관양 2동, 부림동, 범계동, 관양 1동 순으로 나타났다.

표 3-2 행정동별 5대 범죄 발생현황

구분	상위범죄		비율	살인	강도	성범죄	계
	폭력	절도					
갈산동	71	39	95.7	0	1	4	115
비산 1동	138	80	97.7	0	0	5	223
비산 2동	77	84	98.2	0	0	3	164
비산 3동	206	166	98.2	1	3	3	379
부흥동	62	39	98.1	0	0	2	103
달안동	50	50	100	0	0	0	100
관양 1동	317	198	96.5	2	2	15	534
관양 2동	489	226	96.4	0	3	24	742
부림동	357	234	96.2	1	2	20	614
평촌동	120	75	96.5	0	0	7	202
평안동	82	61	94.7	0	1	7	151
귀인동	101	62	98.2	0	0	3	166
호계 1동	352	198	94.7	0	0	6	556
호계 2동	200	148	96.9	0	3	8	359
호계 3동	254	132	97.4	0	1	9	396
범계동	395	173	96.8	0	1	18	587
신촌동	66	46	96.9	0	0	6	118
계	3,337	2,011	97.0	4	17	140	5,509

(2) 시간대별 5대 범죄 발생분포

범죄가 제일 많이 발생한 시간대는 표 3-3가 같이 0시부터 4시에 많이 발생하였으며, 주로 폭력범죄가 유흥업소나 주점이 밀집한 인덕원, 평촌, 범계역과 호계동 중심으로 발생하고 있다.

표 3-3 시간대별 5대 범죄 발생현황

구분	상위범죄		비율	살인	강도	성범죄	계
	폭력	절도					
0-4시	1,112	457	96.6	0	7	47	1,606
4-8시	351	203	95.7	0	5	19	561
8-12시	212	219	98.3	0	1	7	424
12-16시	301	252	97.1	2	0	15	553
16-20시	422	421	97.0	1	1	24	853
20-24시	939	459	97.8	1	3	28	1,413
합계	3,337	2,011	97.0	4	17	140	5,410

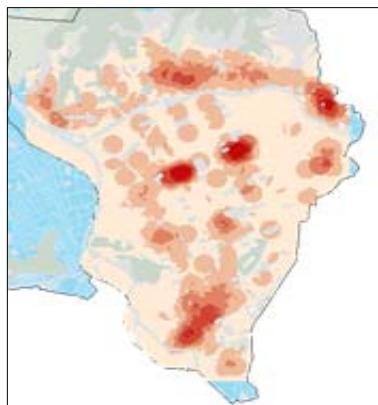


그림 3-10 20시-24시 범죄발생

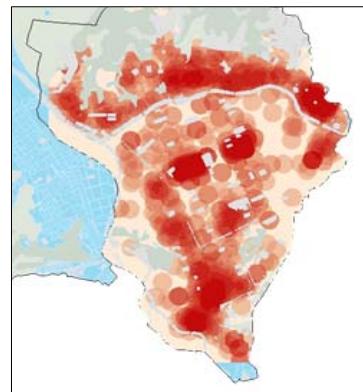


그림 3-11 0시-4시 범죄발생

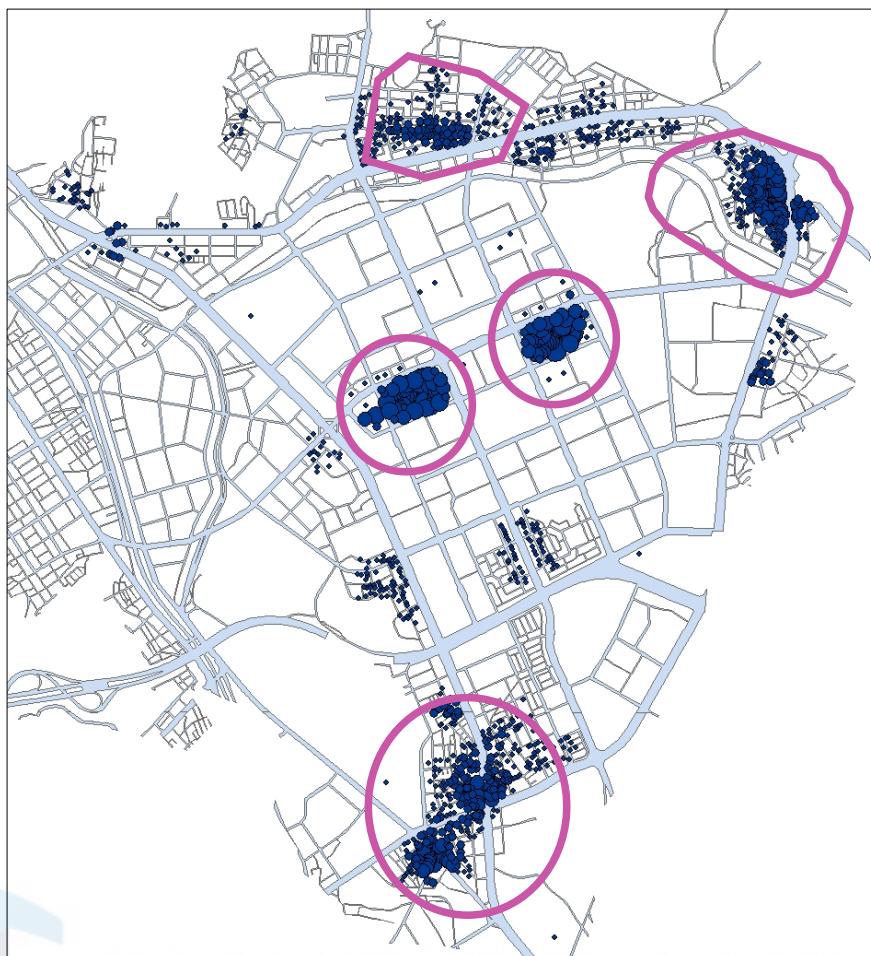


그림 3-12 5대 범죄 발생 분포도 현황

마) 112신고 현황분석

동안경찰서에 접수된 112신고건수는 총 범죄사고 접수대비 1.97배가 많은 10,863건으로 그 중 20시에서 24시에 28.9%, 24시에서 04시 사이에 28%가 접수되었으며, 폭력이 78%, 절도가 21%를 차지하고 있다.

표 3-4 112신고 시간대별 현황

구분	상위범죄		비율	살인	강도	성폭력	계
	폭력	절도					
0-4시	2826	211	99.3	0	4	18	3,059
4-8시	848	192	99.6	0	3	1	1,044
8-12시	493	426	99.1	0	1	7	926
12-16시	683	390	99.4	0	2	2	1077
16-20시	1101	500	99.0	0	0	16	1617
20-24시	2643	480	99.5	1	0	16	3,140
합계	8,594	2,199	99.32	1	10	60	10,863



그림 3-13 112신고접수현황

제 3 절 군집분석

위험지점을 분별하기 전에 먼저 점검해야 할 것은 각 사건들의 군집성 여부를 점검해야 한다. 공간상에서 존재하는 사건들이 일정한 패턴을 가지고 군집 현상으로 존재하는지 아니면 분산된 형태를 취하는지를 분석을 해야 만 위험지점(Hotspot)의 일관성을 살필 수 있다. 그래서 필요한 분석방법이 군집분석 방법이다. 이 분석방법은 전역적 공간 특성 내에서 존재하는 각각의 지역적 공간분포특성, 즉 범죄간의 근린성(Neighbor), 일정한 공간지역 내에서 존재하는 범죄들이 집중하는 독특한 환경을 분석할 수 있다. 분석방법은 먼저 최근린 거리분석(Nearest Neighbor Distance Analysis)기법과 Ripley's K statistic를 사용하여 분석하고자 한다.

1) 최근린 거리분석

전역적 차원에서 공간상에 분포하는 점 사상 자료의 분포패턴을 분석하는 최근린 거리분석(Nearest Neighbor Distance Analysis)이 사용된다. 이 분석은 점과 점과의 상호작용을 관찰함으로써 분포패턴이 상호작용에 의해 형성된 것인지, 혹은 임의로 형성된 것인지를 알 수 있다. 점들 간의 분포가 상호작용에 의해 형성되었다면 군집하거나 규칙적인 패턴을 보인다. 이 기법은 공간상에서 가장 가까운 두 점과의 거리를 측정하여 분포패턴을 파악한다. 이를 수식화 한다면 최근린 거리는

$$d(NN) = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Min}(d_{ij})}{N} \quad (3-1)$$

로 표현이 가능하며, 여기서 $\text{Min}(d_{ij})$ 는 각각 최근린하고 있는 점들 간 거리이며, N은 분포하고 있는 점들의 수이다. 처음 점에서 시작하여 이웃하고 있는 점이 최소로 되는 점을 찾고, 또다시 이런 점들을 찾아서, 최종적으로 거리가 최소가 되는 점을 찾을 때까지 반복적으로 계산을 한 다음 임의의 한 점으로부터 다른 점들까지의 거리를 측정한 후 각 지점에서 가장 가까운 다

른 지점까지의 거리를 평균하여 관측된 평균 최근린 거리를 산정한다. 점 분포패턴으로부터 기대되는 평균 최근린 거리 Ed 는 (여기에서 A 는 면적이기에 이를 다시 거리로 환산하여) 다음과 같이 계산된다.

$$Ed = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{A}{N}} \quad (3-2)$$

N = 점의 수, A = 대상지역의 면적

여기에서 기대되는 평균 최근린 거리(Ed)에 대한 관측된 평균 최근린 거리의 비율을 최근린 지수(Nearest Neighbor Index : NNI)라 하며, 이 지수는 점 분포패턴에서 각 점들의 간격이 임의적인 점 분포 패턴에서의 간격에 비해 어느 정도 차이가 있는지를 나타낸다. NNI가 1인 경우는 완전히 임의적인 분포유형이고, NNI가 1보다 큰 경우는 규칙적인 분포, NNI가 1보다 작은 경우는 군집적인 분포유형이다.(이희연, 1999) 그러나 이 기법은 각각의 점 개체별로 가장 가까운 개체까지의 거리를 측정하는 방법으로 전체 공간분포 패턴은 고려되지 않는다. 또한 이 기법은 계산과정이 쉽다는 장점이 있지만 단점은 최근린 지수에 따른 통계적 유의성 검증이 연구지역의 형태(Shape)에 민감하게 반응하기 때문에 신중을 기해야 한다. 둘째, 경계선이 최근린 지수 값에 영향을 미친다.셋째, 최근린 거리만을 사용할 경우에 군집패턴이 상대적으로 소규모의 공간스케일에서만 발견될 위험이 있다.

본 연구에서 5대 범죄에 대한 공간군집성여부를 밝히는 NNI측정결과는 다음과 같다.

Sample size.....: 5340
Mean Nearest Neighbor Distance ..: 8.61 m
Standard Dev of Nearest
Neighbor Distance: 28.36 m
Maximum Distance: 7549.38 m
Mean Random Distance: 41.03 m
Mean Dispersed Distance: 88.17 m
Nearest Neighbor Index: 0.2098

Standard Error: 0.29 m
Test Statistic (Z): -110.4737
p-value (one tail): 0.0001
p-value (two tail): 0.0001

그림 3-14과 같이 관측된 평균거리는 8.6m이고, 기대된 평균거리는 41.3m로 나타나며 최근린 지수는 0.29이며 Z검정 결과 ρ 값은 0.0001으로 나타났으며, 연구지역의 5대 범죄는 상당히 군집화 되어있다. 또한 각 범죄별로 구분하여 분석해 본 결과 표 3-5와 같이 폭력은 0.274에 평균거리는 12m로, 절도는 0.297에 평균거리는 20m, 성폭력은 0.551에 110m, 강도는 0.716에 평균거리가 329m로 나타나 군집성을 밝히는 NNI값이 전반적으로 모든 범죄가 1보다 낮아 군집하는 형태로 나타났다.

표 3-5 각 범죄별 최근린지수 결과

구분	NNI	관측된 평균거리	기대되는 평균거리
5대 범죄	0.209	8.6	41.3
폭력	0.274	12	42
절도	0.297	20	59
강도	0.716	329	435
성폭력	0.551	110	183

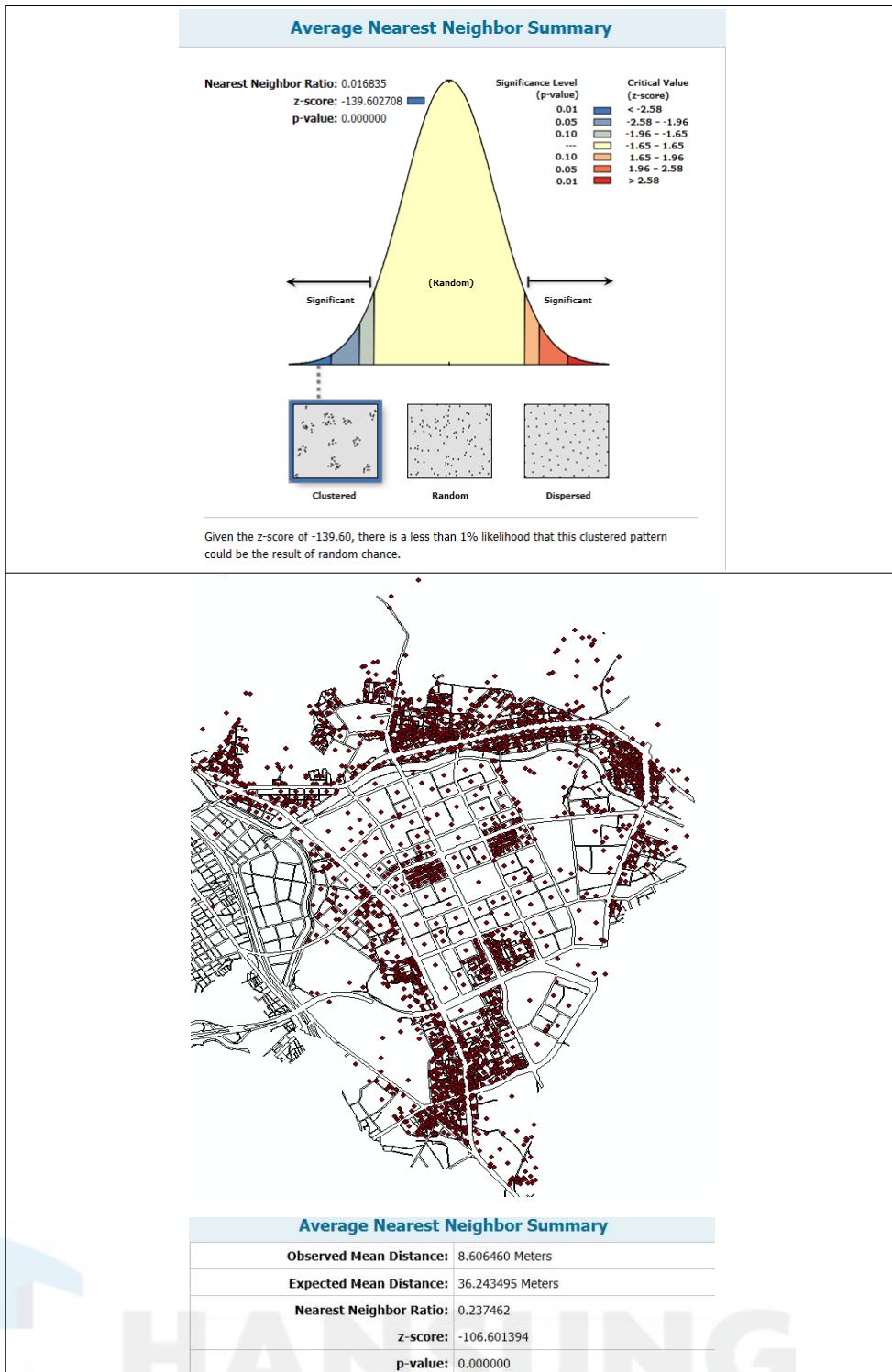


그림 3-14 5대 범죄 최근린 지수 결과

2) Ripley's K statistic

최근린 거리 분석은 단지 짧은 거리에서 사건간의 정보를 제공한다. 그래서 만일 전체 연구지역의 큰 규모에서 점 패턴 강도(Intensity)의 변동이 있다면 이 기법의 효용성은 크게 떨어진다. K함수는 공간상에서 점들 사이의 공간적 의존성이 어떻게 변화하는지를 설명하는 대표적인 공간 점 자료 프로세스이다. 위에서 언급했듯이 최근린 거리분석에서 문제점은 가장 가까운 점의 거리만을 이용한다는 것이다. 그러나 K함수는 짧은 거리에서부터 보다 넓은 규모의 범위까지 존재하는 공간적 의존성의 효과를 나타낸다. K 함수는 점 자료의 공간적 배열상태를 평가하기 위한 기법으로서 점 자료의 분포상태가 공간적 상호작용에 의해 형성되었는지 여부를 설명하는 통계적 기법이다. K함수는 특정지점으로부터 일정거리내의 실제적으로 분포하는 점의 수와 이론적으로 규칙적인 점의 수를 비교함으로써 점의 분포가 임의적인가 판정하는 함수이다. 임의적 패턴의 경우 각 지점에서 점 개체가 발생할 확률은 동일하며 독립적이다. $K(L)$ 은 임의로 선택한 점에서 주어진 거리(d)내에 위치하는 점의 기대수를 단위면적당 점의 밀도로 나눈 값이다. K함수를 산출하는 과정은 4 단계를 거치게 된다. 먼저 특정한 점 개체가 발생한 점을 중심으로 반경(d)를 가진 동심원을 구축한다. 그리고 그 원안에서 관찰된 다른 점 개체수를 측정하여 모든 점 개체의 평균개수를 산출한다. 이렇게 산출된 평균개수를 전체 연구대상지역의 평균밀도로 나누어서 $K(L)$ 를 산출한다. 이렇게 함으로써 점 개체간의 모든 거리가 측정되기 때문에 전역적 차원에서 분포패턴을 측정할 수 있다.

주의해야할 점은 이 분석은 공자자료의 1차 특성에 의해서 영향을 받기 때문에 이에 대한 고려가 필요하다. K-Function의 정의는 다음과 같다

$$\lambda K(L) = E(\# \text{ (임의의 사건의 거리 } L \text{내의 사건)}) \quad (3-3)$$

여기서 #은 ‘...의 수’를 의미하고 $E()$ 는 기댓값, λ 는 단위 지역당 사건의 평균수 또는 강도이다. 그리고 $K(L)$ 를 추정하는 K함수는 다음과 같다

$$K(L) = \frac{1}{\lambda^2 R} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n \frac{l_h(d_{ij})}{w_{ij}} \quad (3-4)$$

여기에서 λ 는 단위 지역당 사건들의 수 또는 강도이고, R 은 연구지역의 면적이다. d_{ij} 는 연구지역에서 관찰된 사건 i 와 j 사이의 거리이다. 또한 $l_h(d_{ij})$ 는 d_{ij} 가 기준거리 h 보다 작으면 1이고, 그렇지 않으면 0을 나타내는 함수이다. 연구지역 경계부근에 위치한 점들은 K차수 원안에 포함 될 때 오차를 수반하게 된다. w_{ij} 는 이 같은 가장자리 효과를 고려하기 위한 것으로 i 점을 중심으로 하고 j 점을 통과하는 원주의 비율이라 한다. 공간상의 군집을 간단히 탐색하기 위해 공간적 상관성이 없는 단일한 가정 하에서 $K(L)$ 를 πh^2 이라 정의한다.

그림 3-15는 연구지역의 5대 범죄를 K함수로 계산하여 함수그래프를 도식화하였다. 여기의 y 축은 $K(L)$ 함수 값을 의미하며 X 축은 비교대상의 점사상간 즉, 5대 범죄 발생점간의 거리를 의미한다. $K(L)$ 함수의 최대곡선과 최소곡선은 몬테카를로 시뮬레이션을 1000회 반복하여 도출된 $K(L)$ 함수값의 최대·최소 예측치를 토대로 해서 그려진 것으로 envelope이라 불리는 신뢰구간을 의미한다. ($\alpha=0.05$ 의 양측검증) CSR(Complete Spatial Randomness)곡선은 완전한 임의적 분포의 가정하에 생성된 분포곡선을 의미한다.

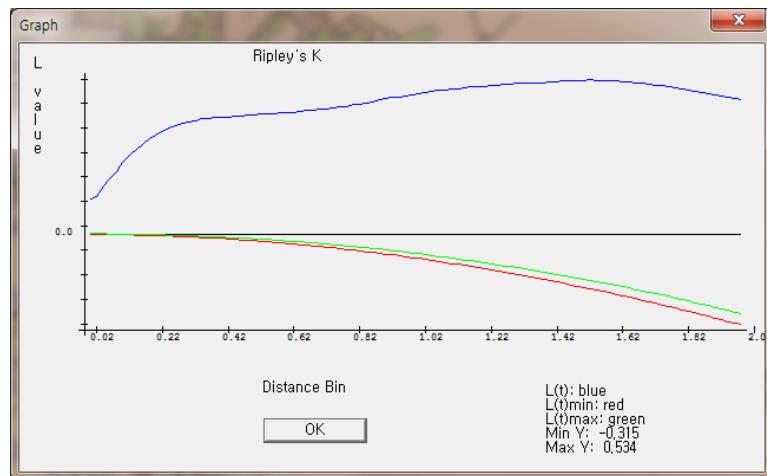


그림 3-15 5대 범죄에 대한 Ripley K 함수 그래프

분석결과 그림 3-15와 같이 $K(L)$ 함수곡선은 임의적인 분포를 가정한 몬테 카를로 시뮬레이션 envelop 구간대를 훨씬 벗어나 그래프 상단에 그려지고 있어 강한 군집적인 패턴을 보인다고 해석할 수 있다.

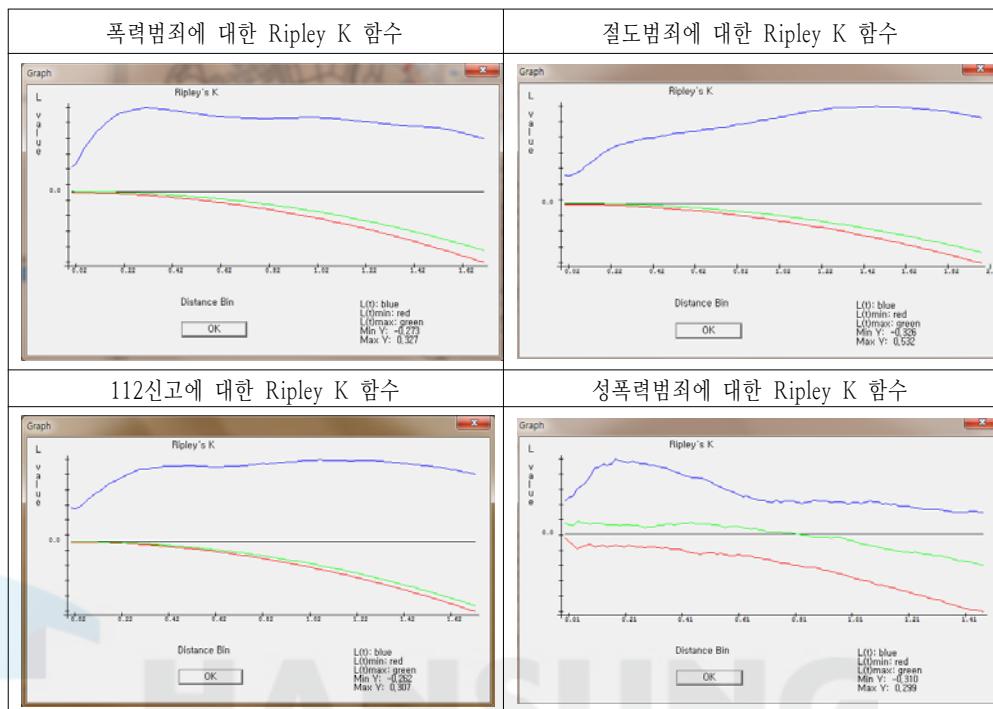


그림 3-16 각 범죄별 K함수 현황

그림 3-16와 같이 각 범죄들에 대한 군집현상을 살펴 본 결과 폭력, 절도, 성폭력, 112신고에 대해서는 강한 군집현상을 나타내고 있다.

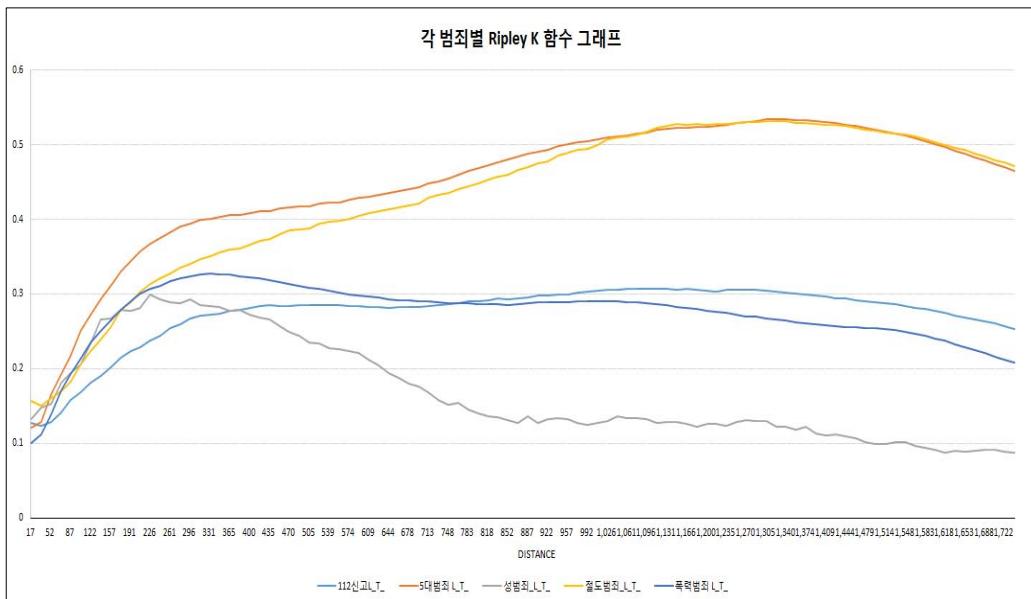


그림 3-17 각 범죄별 Ripley' s K 함수

그림 3-17과 같이 각 범죄별로 Ripley's K함수를 그려본 결과 범죄 유형별로 최대가 되는 거리는 서로 차이가 있지만 성범죄는 194m에서 최대가 되고, 5대 범죄는 1,539m지점에서, 폭력범죄는 1,034m, 절도범죄에서는 1,519m에서 최대가 되었다가 감소하는 추세로 나타났다. 또한 112신고지점은 1,078m에서 최대가 되는 것으로 나타났다.

표 3-6 범죄별 최대 발생거리

5대 범죄	112신고	폭력범죄	절도범죄	성범죄
1,539m	1,078m	1,034m	1,519m	194m

제 4 절 위험지점(Hotspot) 분석

1) 개념정의

위험지점(Hotspot)에 대한 정의를 범죄연구에 처음으로 사용한 연구는 Sherman과 Gartin, Buerger(1989)의 “Hotspot of predatory crime: routine activities and the criminology of place”에서 장소에 초점을 두고 진행한 이래로 연구자에 따라 장소, 시간, 범위 등 다양하게 진행해 오고 있다. 이 연구들의 특징은 범죄가 발생한 지역, 범죄유형의 특성에 따라 다양하게 분류됨에 따라 절대적인 정의로 표현하기에는 한계가 있다.

일상적으로 위험지점에 대한 정의는 범죄사건이 같은 장소에서 반복적으로 집중해서 발생하는 작은 지역이나 위치, 지점으로 알려져 있다. 이 장소의 특징은 지역사회에서나 경찰이 오랫동안 안전성에 문제가 있다고 여겨지는 장소들을 포함하고 있다. 이 지점은 번지, 주소로 표현이 가능하거나 블럭, 소규모지역으로도 표현이 가능하다. 이 지역에서는 범죄나, 범죄행위의 징후, 범죄 피해가 여타지역의 평균치보다 높은 특징을 가지고 있고, 이 지역만의 특별한 토지이용이나, 사람들의 행태, 그리고 이 두가지간의 상호작용이 나타나고 있다. 범죄 형태나 내용이 전혀 이질적인 사건들이 서로 연관이 되어 집중적으로 발생하기 때문에 Hotspot에 대한 집중적인 관리가 있어야 한다. 또한 한정되어 있는 경찰력과 예산으로 효율성을 배가하기에는 일부 범죄가 많은 위험지점에 대한 관심을 두고 관리해야 한다. 즉, 범죄가 많이 발생하는 지점에 대한 집중적인 관리를 통해 범죄예방 및 시민들의 안전을 도모할 수 있기 때문이다. 그런데 매우 유의해야 할 점은 이 지역에 대한 규정이 다소 자의적일 수 있다는 점이다. 그 곳은 어떤 명확한 행정적 경계는 없는 개념적이고 추상적인 지역이기 때문이다. 그러나 범죄 형태와 범죄에 대한 밀집도를 도식화 할 수는 있지만 표현과 해석은 분석가에 의해 다소 자의적일수도 있다는 단점이 있다.

가) 위험지점(Hotspot)에 대한 공간적 개념

위험지점(Hotspot)에 대한 공간적 개념은 일부 각 지점에서 전 도시전역까지 확장하여 바라볼 수 있다. 지점(point)은 왜 범죄가 이 지점에서 발생하는지를 밝히는 것이다. 분석의 단계가 범죄가 발생한 지점을 중심으로 이루어져 주 초점은 지점으로 맵에 표현이 되며, 주소나 건물 모퉁이를 포함한다. 두 번째로는 지점보다는 상위개념으로 거리(Line)로 번가, 블록으로 표현된다. 보통 매춘범죄를 다룰 때 나타나는 것으로 ○○일대라고 표현하는 예가 있다. Line로 맵에 표현이 되며 분석범위는 도로, 경로, 번가를 중심으로 이루어지고 다소 오차가 발생할 수 있다. 세 번째로는 근린중심이론(Neighbor)으로 지점과 거리보다 상위개념으로 주 초점은 광장, 지역, 센서스조사지역으로 나타나며, 2차원적인 표현을 면적인 부문(Area)으로 하여 주로 직사각형, 타원체형태로 표현한다. 다소 범위가 넓기에 오차가 많이 발생한다. 그럼에도 불구하고 범죄는 이웃과 경계하고 있는 근린환경에 매우 민감하게 발생한다. 네 번째로는 전역중심(Region)으로 모든 범죄 자료를 통합하여 지역이나 도시를 대상으로 하는 단계이다. 도시간, 지역간 범죄의 차이를 다룰 때 사용하며 사회, 경제, 문화, 교통 등 도시의 여러 다양한 환경적인 부문을 다루어야 한다. 범죄는 사회적, 정책의 변화에 의해 발생하는 경우가 많다.

나) 위험지점(Hotspot)측정을 위한 통계적 방법

위험지점(Hotspot)을 통계적으로 분류하는 기법은 매우 어려운 과정중의 하나이다. 지금까지 연구를 종합하면 다양한 연구기법이 존재하지만 무엇보다도 타당하다고 인정받는 기법은 군집화기법(cluster analysis)이다. 유사한 통계적 특성을 가지고 있는 그룹끼리의 군집을 통해 분석하고자 하는 것이다. 그런데 이 기법들은 통계적 기준도 다르고, 그 방법 또한 매우 다르다. 그러나 중요한 점은 위험지점이란 개념적인 표현이기 때문에 해당지역에 대해 개괄적인 정량적 표현이 꼭 있어야 한다는 점이다. 이러한 위험지점에 대한 분류기법과 기준에 대해 정리해 보았다.

(1) 위험지점(Hotspot) 군집화 분석방법

먼저는 Point location으로 각기 지역에서 발생한 사고지점들을 군집화 하는 형태이다. 사고가 가장 많이 발생하는 지점을 위험지점이라고 하며, 보통 Mode기법과 베퍼분석을 말한다. 둘째로는 계층적 기법(Hierarchical Technique)으로 군집에 포함될 임의의 관측 값 수를 정한 후 그 조건에 맞추어 가장 근접한 관측 값끼리 묶어내는 방법이다. 보통의 경우라면 군집의 범위가 좁고 군집간의 거리 또한 좁은 곳이 위험지점으로 정의된다. 이는 원래의 관측 값을 어느 정도까지 군집화해서 확장시키느냐에 따라, 1차 2차 3차.. N차. 순의 군집을 생각해 볼 수 있는데 위험지점은 그 결과에 따라 다르게 규정지어진다. 본 연구에서는 Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Nnh)와 Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법을 사용한다. 세 번째로는 분할기법 (Partitioning technique)으로 운영자에 의해 지정한 방법으로 군집의 수를 나누어 분석하는 기법으로 K-평균군집화(K-Means clustering)라고 주로 불리는 기법이다. 네 번째로는 밀도기법(Density technique)으로 사고 관측 값의 밀도를 계산하는 방법이다. 구체적으로 이 방법은 커널(Kernel)을 이용한 확률밀도함수 (Probability Density Function)를 계산해 내는 것으로서(Simverman,1981; Jones, 1989), 주어진 공간 내에서 관측 값의 분포가 갖는 밀도를 계산하여 이를 연속적인 등선의 모양으로 지도상에 시각화하는 일종의 평활기법 (smoothing technique)이라고 할 수 있겠다. 다섯째로는 변수기반기법 (Risk-based technique)으로 보통 위험(risk)으로 분류되는 변수, 즉, 인구, 고용자수, 술집 등의 관계를 군집화 하여 분석하는 기법이다. 본 연구에서는 Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법을 활용한다. 여섯째로는 구역별 군집(Zonal clustering technique)으로 각 구역별로 유사한 내생변수와 외생변수를 살펴서 분석하는 기법으로 본 연구에서는 Anselin's Local Moran과 Getis-Ord Local "G"기법을 활용한다.

그러나 이러한 기법들이 결과에 대한 효용성을 높이기 위해 단일적 기법을 고수하는 것이 아니라 서로 혼용하여 사용되고 있다 대표적인 예가 STAC기법으로 이 기법은 분할기법이지만 실질적인 내용으로는 계층적 군집기법을

활용하고 있다. 다음 표 3-7은 이上面에 다룬 각각의 기법들의 장단점을 비교하였다.

표 3-7 위험지점(Hotspot) 탐색기법의 장단점 비교

기술	설명	입력값	장점	단점
Mode	- 특정지점에 가장 빈도수가 많은 점 자료를 중심으로 분석		- 높은 이해도와 용이한 계산성	- 3자의 개입이 쉽다. - 해당지점을 중심으로 분석이 되어 지점이 벗어나면 분석에서 제외
Buffer	- 지점주변에 베퍼를 두어 지점의 수를 분석	- 베퍼 크기 설정	- 높은 이해와 용이한 계산성 - 동일지점의 좌표가 아니라하더라도 계산에 포함	- 다중오버랩이 나타남.
Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering (NNH)	- 무작위로 분포되어 있는 지점을 그룹화	- 탐색 원 사이즈 지정 - 군집에 삽입할 최소의 수 지정	- 확률통계를 이용한 가장 개관적인 접근 - 큰 지역과 국소지역의 hotspot를 지정 - hotspot 중 상위군집을 검색가능	- 운영자의 능력에 달려있음
Risk-Adjusted NNH	- 단순한 량에 의한 접근이 아닌 비율(운영자가 지정한)에 의한 접근법	- rate/Risk 변수지정 베퍼의 형태	- 외형적인 risk를 고려한 hot분석	- 적합한 data추출이 어려움. - 목적에 맞는 분석량이 풍부해야 함.
Spatial and Temporal Analysis of Crime (STAC)	- 가장 많은 량이 있는 지점을 구체화하고, 원의 크기를 통해 표현	- 탐색 원 사이즈 - 각 군집의 최소수, - 스캔형태, - 경계지점 파라메터,	- 빠르고 직관적이다. - 분석지역에 대한 전체적인 내용을 조망가능함.	- 운영자의 능력에 달려있음
K-Means Partitioning Clustering	- 운영자가 원하는 hotspot군집을 지정 가능	- 군집 수 - 군집의 분리	- 관리운영이 원활	- 운영자개입으로 인한 신뢰성에 의문

(2) 최적화기준(Optimization Criteria)

군집의 최적화기준을 정리해야 하는데 먼저는 군집에 대한 명확화가 필요하다. 즉, 이산형 그룹인지, 연속형 변수인지, 지점을 군집할 것인지, 독립화 할 것인지, 또는 지점들이 다중군집에 허용할 것인지를 명확하게 해주어야 한다. 두 번째로는 변수선택을 기본 x , y 좌표 외에 가중치와 밀집도를 활용여부를 밝혀야 한다. 세 번째로는 거리와 유사성의 척도로 거리를 인접성의 기준을 활용여부와 유사성의 척도기준에 따라 달라진다. 네 번째로는 군집의 수를 고정, 가변 여부와 운영자가 수를 지정할 것인지 여부에 따라 기준이 달라진다. 다섯째, 군집의 크기를 계층화하여 분석하고자 하는 지역범위가 좁은 지역 아니면 넓은 지역인지를 밝히고 최적화하는데 장애가 되는 단계를 명확히 해야 한다. 여섯째, 초기 군집위치 선택을 임의 또는 운영자의 여부와 특별한 규칙여부를 알려야 한다. 일곱째, 최적화 루틴 즉, 최종위치에 초기위치를 재조정해야 하는데 거리변수를 최소, 최대여부, 특별한 알고리즘을 적용 여부를 명확히 해야 한다. 여덟째, 시각화를 타원체나 convex hull로 표현할 것인지를 명확히 해야 한다.

지금까지 위험지점(Hotspot)에 대한 개념정의와 공간적 개념, 분석방법, 분석 기준 등에 대해서 정리하였다. 무엇보다도 중요한 것은 Hotspot에 대한 다양한 개념이 있고 관점별로 차이는 있지만 그 지역을 효율적으로 관리를 해야만 범죄를 최소화할 수 있기에 해당지역을 다양한 기법을 통해 연구하고 분석하여 해당지역이 가지고 있는 특성을 찾아 분석기법을 적용을 해야만 명확하게 위험지점(Hotspot)를 도식화할 수 있다는 것이다.

2) Mode 기법

이 기법은 위험지점(Hotspot)을 가장 명확하게 구분될 수 있게 하는 기법이다. 범죄가 발생한 지점에 대해 빈도수로 도식화하는 기법이다. 동일한 주소나 번지수를 중심으로 발생한 빈도수를 중심으로 표현하여 정확한 위치를 알려주는 장점이 있다.

그림 3-18은 연구지역의 5대 범죄를 기준으로 하여 Mode기법을 이용하여 분석한 것으로 한 지점(평촌역 인근)에서 무려 86회가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 또한 7개소이상에서 5대 범죄가 30회 이상 발생한 것을 알 수 있다. 이처럼 Mode분석에서는 동일한 지점이 밝혀질 때 해당지점에 대한 빈도수를 밝힘으로써 위험지점(Hotspot)으로 설명할 수 있다.



그림 3-18 5대 범죄 Mode 분석에 의한 Hot Spot

3) Buffer 기법

정확한 위치보다는 일정 경계지역을 포함한 지점을 표시하는 기법이다. Mode기법이 주소나 번지수를 중심으로 이루어지다보니 인근지역의 수가 누락되는 경우가 발생하였다. 이 기법의 장점은 정확한 지점보다는 인근지역을 포함한 범죄수가 누적적으로 포함이 되어 위험지점을 명확하게 구별이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 단점으로는 사건의 수가 중첩이 되어 나타나 분석이 어렵다는 단점 또한 있어서 분석할 때 버퍼의 경계설정에 주의를 해야 한다. 5대 범죄를 기준으로 분석을 실행하여 본 결과 100m 인근의 사건수를 포함하여 지점을 표시하고 빈도수를 중심으로 위험지점결과를 알려준다. 그러나 3-19과 같이 이 기법의 가장 치명적인 단점은 서로 간에 중복되어 빈도수가 나타나게 된다는 점이다. 평촌역 인근의 빈도수가 Mode와 다르게 사고지점의 빈도수가 252개 지점으로 나타나 운영자들을 혼란하게 한다.



그림 3-19 5대 범죄 Buffer 분석에 의한 Hot Spot

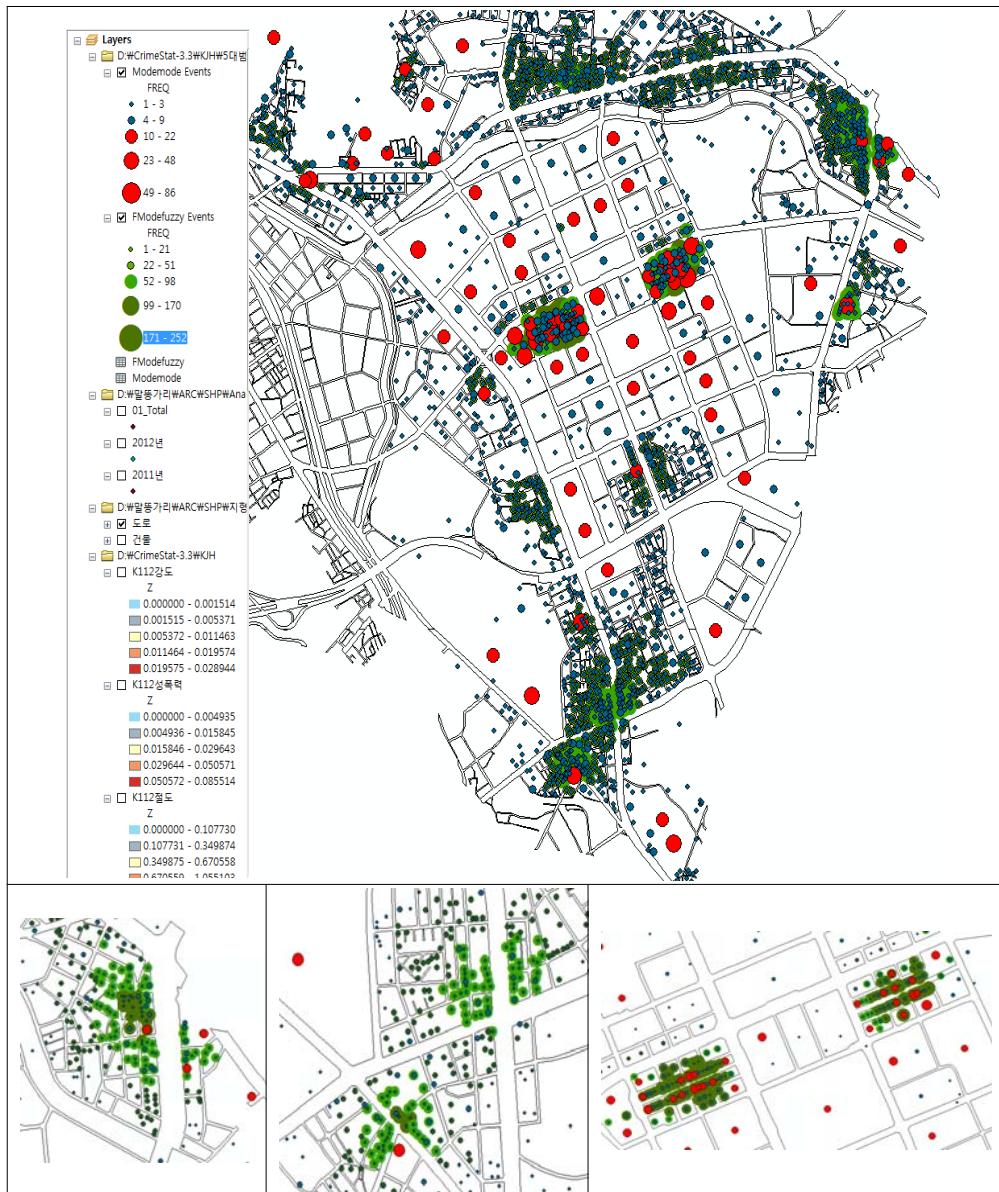


그림 3-20 5대 범죄 Mode 분석과 Buffer분석 비교

그림 3-20는 Mode분석과 버퍼분석을 비교해 본 결과 적색으로 표현된 점은 Mode 분석시 범죄빈도가 10회 이상 지점을, 밝은 녹색은 버퍼분석에 의해 10회 이상인 지점을 나타낸 것이다. 즉 Mode는 해당지점 중심의 빈도수이며, 버퍼는 일정 범위내에 10회 이상을 표현하여 경계와 빈도수가 결합이

되어 표현이 된다. 그러나 범퍼 분석시 각 지점에 대한 범퍼설정(100m)으로 인해 대략적인 Hotspot을 가늠하거나, 판단하는데 도움 및 이해를 줄 수 있어 범죄지도 및 방법 CCTV 설치지점 선정에 많은 참조가 될 것으로 판단한다.

4) 최근린 계층군집기법(Nearest Neighbor Hierarchical)

군집에 포함될 임의의 관측 값 수를 정한 후 그 조건에 맞추어 가장 근접한 관측 값끼리 묶어내는 방법이다. 보통의 경우라면 군집의 범위가 좁고 군집간의 거리 또한 좁은 곳이 위험지점(Hotspot)으로 정의된다. 이는 원래의 관측 값을 어느 정도까지 군집화해서 확장시키느냐에 따라 1차, 2차, 3차.. N차, 순의 군집(clusters)을 생각해 볼 수 있는데 위험지점(Hotspot)은 그 결과에 따라 다르게 규정지어진다. 기준조건은 두 가지로 제시할 수 있는데, 먼저는 거리에 대한 조건이다. 본 연구에서는 무작위로 시뮬레이션을 통한 거리를 조건으로 하였다, 두 번째로는 최소 군집화한 수를 지정해야 한다. 본 연구에서는 기본 값인 10개를 기준으로 설정하였다. 시뮬레이션 수는 100회로 한정하였다. 분석 결과 그림 3-21과 같이 두 개의 군집이 형성이 되었다 먼저 1차 분류에 의해 선정된 그룹은 총 118개 그룹(2,366건의 범죄사건)이 형성이 되어 총 범죄사건의 42.9%를 포함하였고, 이를 기준으로 다시 재분류하여 9개의 그룹(76개 포함, 64.4%)으로 형성이 되었다.

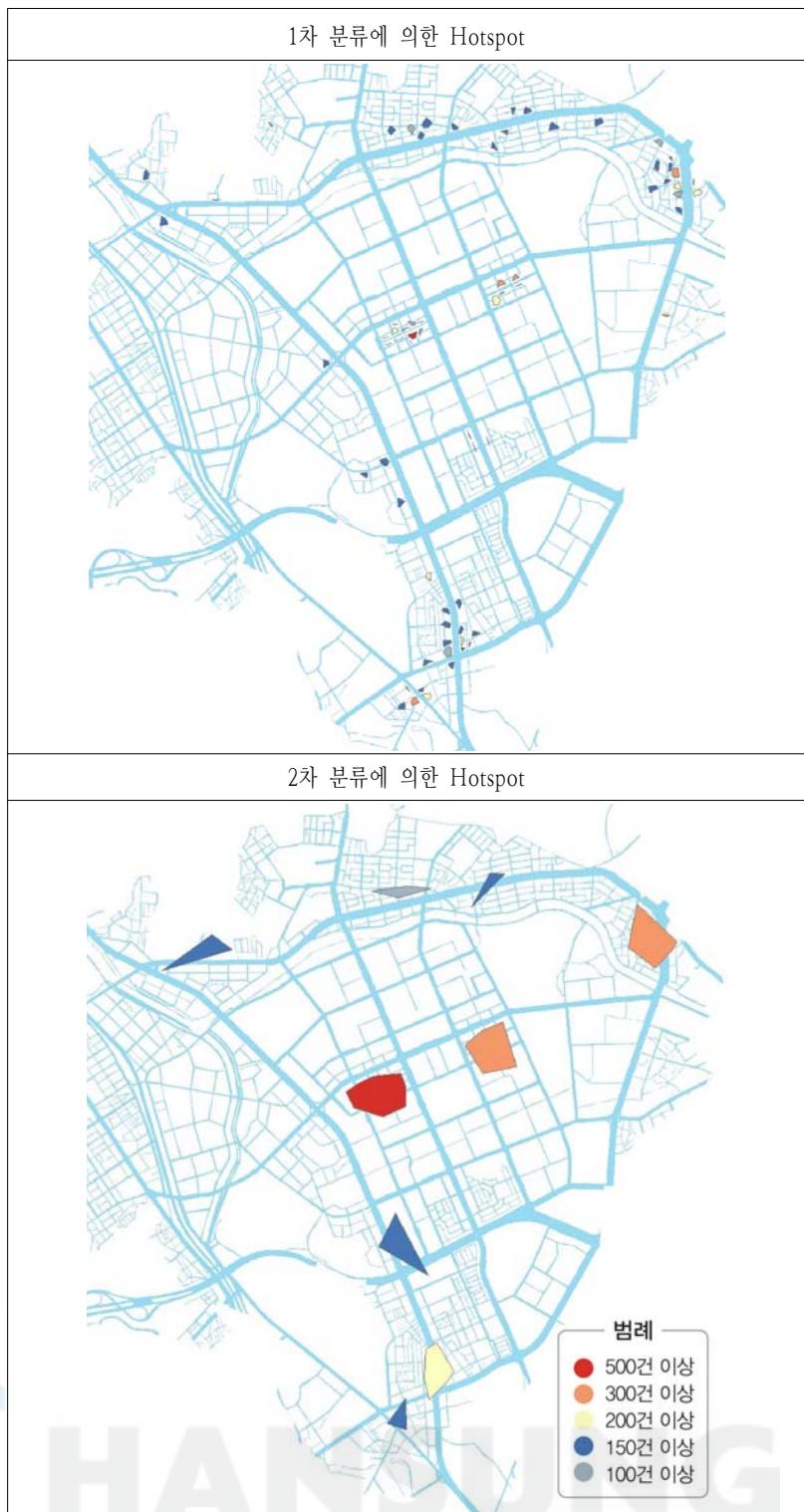


그림 3-21 5대 범죄 계층화분류 Hotspot

이 기법은 다른 기법과는 다르게 아주 작은 지역에 대한 Hotspot을 지정할 수 있기 때문에 지역경찰들에게 주요 감시지역의 순찰업무나 방범CCTV를 설치운영의 우선순위로 선정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 기법은 군집의 조건을 거리나 군집에 속하는 숫자를 제한해서 분석하는 기법이며, 분석하고자 하는 연구지역의 크기와 군집의 수가 trade-off되어 나타나기 때문에 운영자의 세심한 기술이 필요하다. 이 기법이 중요한 원인중의 하나는 범죄가 집중하고 있는 지역적인 환경을 살펴볼 수 있다는 점이다. 특별히 범행감소의 목적으로 경찰서나 지역사회에서 특정지역에 대한 인문학적, 사회 환경적인 분석을 시행할 수 있는 지역을 찾을 수 있도록 거리나 수를 제한할 수 있다 는 장점이 있다. 둘째로는 자료의 조작 없이도 작은 지역단위에서부터 큰 대 도시까지 범행지역에 대한 분석 및 비교가 가능하다는 점이다. 세 번째로는 1 차 군집에서부터 차 상위간 군집별 상황을 모니터링하면서 각 군집별 연계를 살펴볼 수 있다는 점이다. 폭력과 절도가 어떤 지역에서 3단계까지 어떤 지역 에서는 1단계 정도에서 이루어짐을 살펴보면서 다양한 분석 및 대응이 이루 어질 수 있는 장점이 있다 넷째, 각 단계별로 차별화된 정책을 집행을 하게 한다. 낮은 단계에서는 경찰과 지역사회의 개입이 일어지며, 2단계에서는 순찰차량의 순찰범위지정을 할 수 있으며, 차상위 단계에서는 다양한 경찰업무 와 법무집행까지도 고려해야 한다. 각 단계별로 범행감소를 위해 다양한 정책 을 집행할 수 있도록 지역과 구역을 선정할 수 있는 기법이다. 그러나 이 기 법의 단점은 먼저 군집지점에 대해서 weight나 intensity를 주기가 어렵다는 점이다. 두 번째로는 군집지역의 크기는 기준한계거리가 정한 표본크기를 따 르고 있다. 이 크기는 범행건수가 많은 표본은 거리가 짧게 형성이 되지만 범 행건수가 적을 때는 거리가 크게 형성이 된다는 점이다. 그러나 위험지점은 범행건수의 많고 적음에 따라 결정되는 것이 아니라 현실적으로는 그 지역이 가지는 사회 환경에 따라 나타난다는 점이다. 세 번째로는 최소 군집화 수를 지정함으로서 자의성이 있다는 점이다. 이는 통계학에서 필요로 하는 것이지 인간의 행태와는 무관하다는 점이다. 네 번째로는 이 군집화 기술은 합리적이거나 이론적인 기술이 아니고 경험에 근거한 절차의 추론이라는 점이다. 이러한 군집 기술들은 원인을 밝히려는 이론이 아니라는 점이다.

5) Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법

이 기법은 기존의 최근린 계층군집기법에 커널 밀집 보간기법을 혼용한다. 일반적으로 Nnh기법은 운영자가 지정한 거리보다 더 짧고, 지정한 수보다 많은 곳을 군집화한다. 그러한 이유는 많은 사람들이 집중하여 행태가 일어나기 때문이다. 일상적으로 외곽이나 주변보다는 센터중심에, 그리고 도심주변에 많은 사람들이 모이고 이들의 행태 속에서 범죄가 발생한다. 엄밀히 말하면 모인 인구 그 자체보다는 군집에 따른 범죄의 요소가 더 증가하는 것이다. 기존의 Nnh기법에서는 임계거리를 고정적으로 사용했지만 Rnnh기법에서는 임계거리를 인구밀도에 따라 가변적으로 사용한다. 즉, 인구행태가 많은 도심에서는 더 짧아지고, 외곽이나 사람의 밀집도가 낮은 곳에서는 임계거리가 더 길어지는 행태로 분석이 된다. 그러나 임계거리는 연구지역과 기본변수의 역비율에 따라 변화하기에 오직 지점들은 기대거리보다 짧을 때만 선택되어진다. 둘째, 군집화는 운영자에 의해 지정된 최소 규모를 충족하면 High risk로 명명되어 진다. 쉽게 말하면 동일지역에 동수의 사고가 발생했을 때 기존 Nnh에서는 량을 중심으로 군집화를 하지만 Rnnh에서는 동수라 하더라도 인구밀도가 낮은 곳을 위험지점(Hotspot)으로 선정한다는 것이다. 이 기법의 장점은 1차 군집화에서부터 차 상위 계층화를 구체화하여 분석할 수 있고, 기존의 Nnh와 다른 Risk라는 용어를 사용하여 군집화하며, Rnnh기법은 단순한 군집사건수를 계량화나 빈도수를 계산하는 기법이외에 새로운 변수를 사용하여 분석하는 기법을 도입했다는 것이다. 그러나 이 기법은 Nnh와 같이 먼저 단순한 사건들 중심의 군집화라는 점과 군집지역의 크기는 임계거리로 사용되어진 무작위 평균거리로 형성된 표본사이즈에 의존한다는 점, 군집 최소 필요개수라는 점 때문에 이 기법 역시 자의적인 요소가 개입할 수 있으며, 다른 부가적인 변수 자료가 더 필요하다는 점이 단점이다. 그럼에도 불구하고 이 기법은 사고 분포 외에 인구밀도를 삽입하여 사고의 군집화를 설명했다는 점에서 매우 유용하다.

연구지역내의 5대 범죄를 대상으로 하였고, 면적 자료를 각 동별로 인구밀도를 변수로 하여 분석해본 결과 1차 군집으로는 그림 3-22와 같이 98개로 총

범죄의 35%(1,932건수)와 2차 군집으로는 총7개 지역 67%(66개)이 선정되었다.

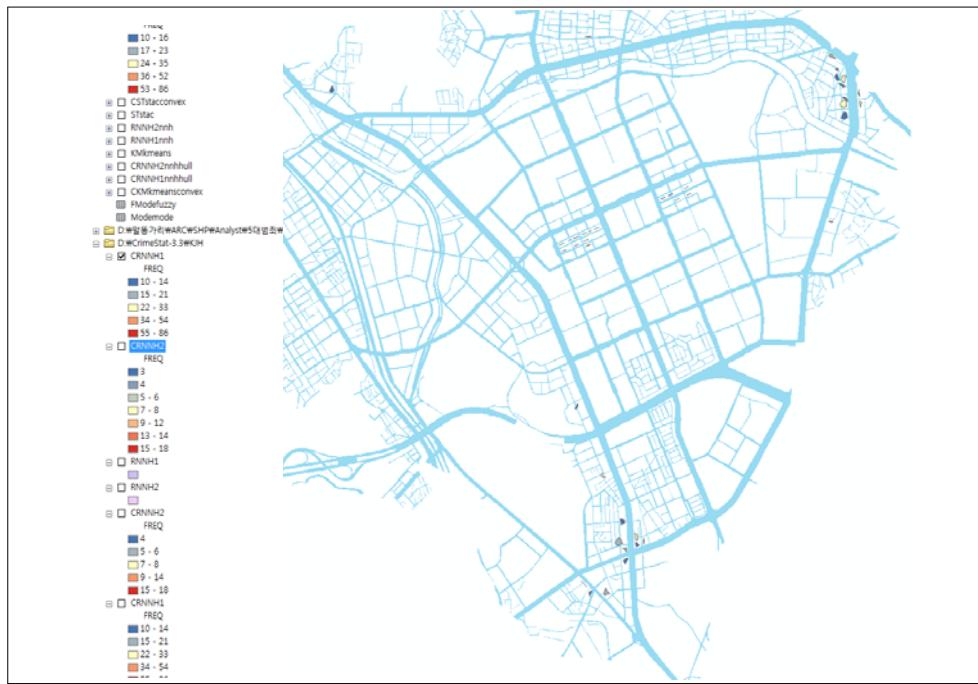


그림 3-22 Rnnh기법을 활용한 1차 군집결과

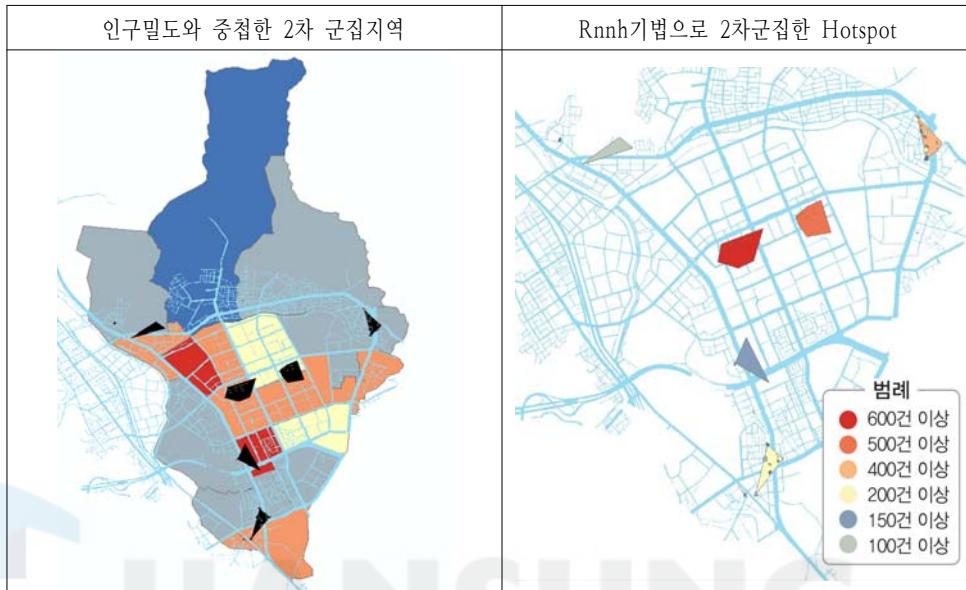


그림 3-23 Rnnh기법의 5대 범죄 Hotspot

이를 인구밀도와 중첩 분석해 본 결과 그림 3-23와 같이 관심을 끄는 곳은 호계동, 인덕원은 인구밀도가 다른 곳보다 낮지만 범죄율이 높은데 이는 주야간 인구이동이 심한 특징이 있다.

6) Spatial and Temporal Analysis of Crime(STAC)기법

이 기법은 지도의 격자를 중심으로 연속적으로 가상의 원을 그려 그 원안에 범죄사건수를 계산하는 알고리즘을 사용하는 스캔타입(scan type)의 군집분석 기법이다. 이 기법은 지점자료를 일정 면적 단위로 하여 도면에 산재되어 있는 점들을 기반으로 가장 조밀도가 높은 군집을 구체적으로 나타낸다. 인위적 이거나 정치적인 상황(경찰서 관할지역 등)을 고려하지 않고 범죄가 제일 많이 발생하고 있는 군집을 찾아내는 분석방법이다. 이를 통해 범죄지역에 대한 다양한 지리정보를 이용하여 범죄감소를 위한 직접적인 행위가 가능하도록 하였다. Hotspot을 찾기 위한 원의 반경크기를 설정하는데 많은 시행착오가 있기도 하는데 보통 범죄가 많이 발생하고 있는 넓은 지역(반경 0.5mile)을 찾아 범죄감소계획을 수립하게 하고, 두 번째로 지역단위로는 작은 지역(반경 0.1mile)을 찾는다.

이 기법에 영향을 미치는 파라미터는 연구지역의 경계를 설정하는 것과 탐색반경의 크기에 달려 있다. 이 기법의 장점은 분석방법이 단순한 좌표를 사용하여 분석하기에 넓고 많은 지역도 분석이 가능하다는 것이고, 둘째로는 운영자는 연구지역의 크기와 군집화의 최소수, 탐색반경크기를 통해 위험지점(Hotspot)의 크기를 조절할 수 있으며, 셋째로는 이 기법은 N_{nh} 의 계층적 군집기법과 상호 보완적이다. 보통 N_{nh} 기법은 작은 반경을 찾고 후에 큰 군집으로 찾는 방식을 취했지만 이 STAC기법은 반대로 큰 지역을 찾은 후 작은 지역을 찾아가는 기법이다. 넷째로는 자유롭게 시각화가 가능하다. 다섯째로는 STAC분석기법 자체가 밀집도가 포함된 군집기법이라는 점이다. 여섯째로는 임계거리가 동일한 N_{nh} 와는 다르게 STAC는 군집화의 크기 자체가 동일하지 않다는 점이다. 그러함에도 제기되는 문제점은 다음과 같다. 먼저는 군집화가 균일화된 사건분포기반으로 형성이 되지 않는다는 것이다.

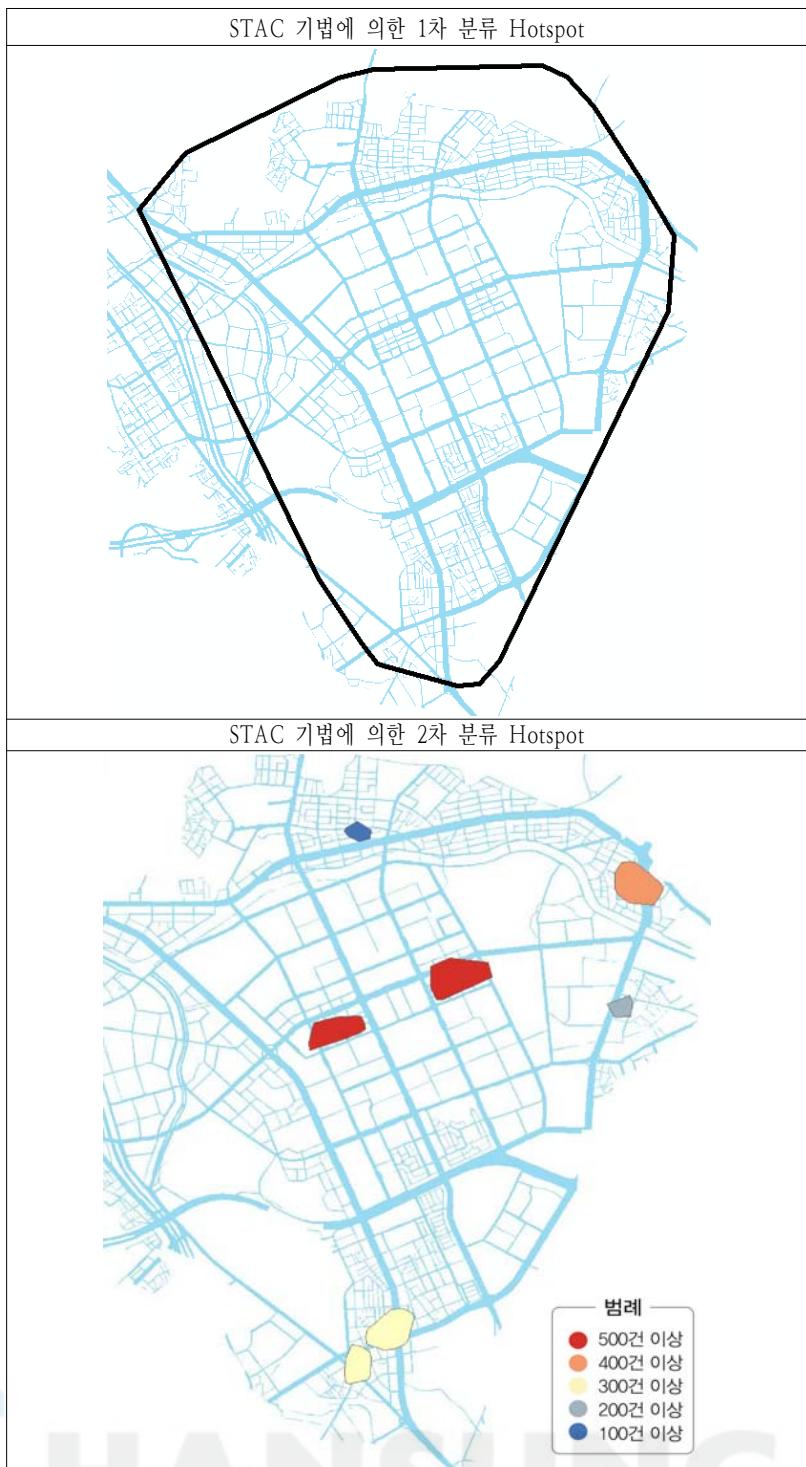


그림 3-24 STAC 기법에 의한 5대 범죄 Hotspot

두 번째로는 STAC에서 찾아지는 Hotspot은 탐색 원들이 겹치면서 형성되기에 Nnh보다 더 큰 군집이 만들어진다. 보통 여기에서 찾아지는 군집을 이용하여 지역경찰의 순찰지역으로 활용하기도 한다. 셋째로는 STAC연구지역의 경계가 조금이라도 변경이 되면 분석결과가 전혀 다르게 도출이 된다는 점이다. 넷째로는 탐색 원들이 겹치면서 찾는 기법이기에 위험지점(Hotspot)이 작을 때는 missing처리가 된다는 점이다. 다섯째로는 이 기법은 드러난 사건을 기준으로 하는 기법이라는 점이다.

연구지역의 5대 범죄를 기준으로 500m 반경을 두고 1차적으로 분류한 Hotspot은 다음 그림 3-24와 같다. 총 5340지점에서 4897지점(91.7%)을 포함한 지역으로 1개의 지점이 선정이 되었다. 두 번째로는 반경을 100m로 하면서 Hotspot을 살펴본 결과 그림 3-24와 같이 7개의 군집화(1,564지점)가 나타났다.

7) K-평균 분할군집화 (K-Means Partitioning Clustering)기법

운영자가 분석초기에 지정한 K개의 군집의 수로 나누어 분석하는 기법으로, 개략적으로 설명을 하면, 알고리즘은 먼저 K개 지역의 센터 중앙 위치를 찾고, 그 중앙에서 가장 가까운 지점들을 강제로 할당 군집한다. 이 때 지점들은 모두 다 각각 1개의 군집에만 할당이 되며, 이 기법은 계층화도 없고, 차상위 계층도 또한 없다. 이 기법의 장점은 운영자가 그룹을 조정할 수 있다는 점이다.

예를 들면 10개 파출소에 적합한 10개 지역을 할당을 할 때 아주 용이한 기법이다. 그러나 이 기법은 운영자가 쉽게 군집화의 숫자를 지정한다든지, 위험지점(Hotspot)을 고려할 것인지를 결정할 수 있어 다소 자의적인 기법일 수도 있다. 여기서 사용하는 K평균은 각 K지역내 모든 지점들이 각각의 센터 까지 거리의 합이 최소가 되는 최적화된 수를 의미한다.

이 개념은 도시시설 입지이론, 즉 주어진 인구분포에 최적화된 시설입지, 어떻게 하면 수요에 따른 최적화된 시설공급을 할 것인가에 대한 실증적 개념을 도입한 것이다. 이때의 최적화된 답은 모든 거리의 합이 최소가 되는 컴비네이션값⁵⁾을 찾는 것이다.

분석의 알고리즘은 일반적으로 4단계를 거치는데 첫 번째 단계에서는 군집의 대상이 되는 K개의 포인트를 공간상에 배열하며 포인트들은 최초그룹의 중심점이 된다. 두 번째 단계는 각각의 객체들을 폐합된 그룹의 중심점으로 할당한다. 세 번째 단계에서 모든 객체들이 할당될 때 까지 중심점의 위치를 반복적으로 계산한다. 마지막 단계는 중심점이 더 이상 이동하지 않을 때까지 두 번째와 세 번째 단계를 반복하는데 이러한 반복은 각 그룹들의 객체들이 분리되도록 한다. 또한 K-Means 기법은 초기위치를 결정하는 서로 다른 방법을 가지고 있어서 두 개의 K-Means 절차가 같다 하더라도 같은 결과 값을 도출하지 않는다.

이 기법의 장점과 단점은 모든 것이 운영자에게 달려있다는 점이다. 각 군집의 수를 너무 많이 지정을 한다든지 적게 선택을 하게 되면, 각 지역의 패턴을 알지 못하거나, 빈약한 정보를 갖게 되어 신뢰성에 문제가 야기하기 때문이다. 또한 Nnh기법은 지형학적으로 매우 작은 지역을 위험지점(Hotspot)으로 지정하고, STAC는 자동적으로 높은 밀집도를 중심으로 선정하게 하는 반면에 K-Means는 군집의 크기를 조절하여 운영자들에게 위험지점(Hotspot)을 구체화하고, 찾을 수 있는 수단, 매개로 사용된다. 또한 공간적으로는 Nnh보다 더 넓은 지역(2단계 군집)을 할당하여, 이 지역을 경찰순찰지역으로 활용하도록 한다. 특히 이 기법은 위험지점(Hotspot)을 구체적으로 탐색하여 알려주는 기법이 아니라 해당지역에 대한 속성이나 분석이 원활하게 하는 즉, 위험지점(Hotspot)의 모형을 조율(tune) 할 수 있도록 군집의 수나 크기를 재조절할 수 있도록 한다.

다음 그림 3-25은 연구지역의 범죄지역을 5개 지역으로 할당하여 그 위치를 결정하였다. 각 지점별로 범죄의 수는 약간의 차이는 있게 나타난다. 그림 3-26은 K변수를 운영자의 임의로 8과 17로 세분할 수 있는 모습을 나타낸 것이다.

5) K개 지역내에서 N 사고수를 선택하는 총합의 수는 $\frac{N!}{K!(N-K)!}$ 이다. K는 사고의 총합수(인구)의 부분집합이고, N은 모든 사고지점으로부터 K 지역내 각자의 지점의 거리를 측정한다

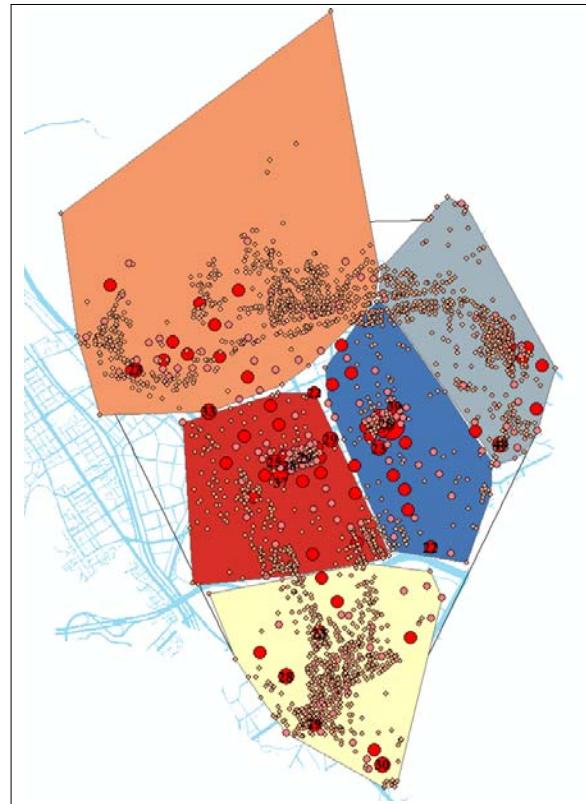


그림 3-25 K-평균 분할군집 결과

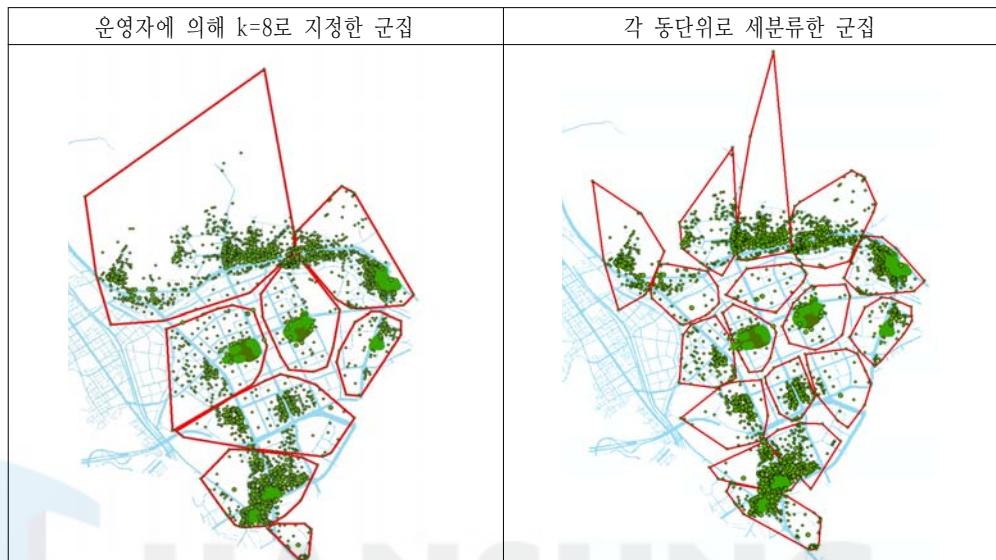


그림 3-26 파라미터별 분할군집 결과

8) Kernel 추정 기법

커널분석은 대상지역의 점 개체의 분포를 토대로 하여 대상지역 전체에 걸친 공간밀도를 추정하는 것이다. 밀도추정은 격자들의 중심점간의 거리가 증가할수록 공간적 연관성이 감소한다는 지리학의 제1법칙 하에서 특정격자로부터 일정한 크기의 분석 폭을 설정하고 해당 분석 폭내에 포함된 점 개체들을 기준으로 하여 격자들의 밀도를 조정한다. 즉, 커널밀도의 추정 자체가 점 개체가 발생하는 점과의 거리에 따른 가중치가 고려되기 때문에 거리에 따른 조락현상이 나타나게 된다. 이때 적용할 수 있는 보간 방식(Interpolation function)은 정규분포, 균일분포, 4차방정식, 3차방정식, 음지수 분포 등 다섯 가지가 있다. 이 기법의 적용은 원거리에 비해 근거리에 있는 점 개체들에 대한 가중치를 어떻게 부여할 것인가에 따라 운영자가 판단해야 한다.

정규분포와 4차방정식, 균일분포는 다른 방식과는 다르게 균일하게 가중치가 부여되는 특징을 가지고 있지만 음지수 분포와 3차방정식에 의한 기법은 급격한 상태로 투영이 되어 각 기법의 적용은 범죄의 형태표현과 표현시기를 어떻게 할 것인가를 표 3-8을 참조하여 운영자가 판단을 하여 접근해야 한다.

표 3-8 범죄 형태별 보간법과 분석 폭

범죄 형태	분석 폭	보간법	범죄별 특징
거주지 강도	1.5km	일반적으로 분산되어 나타난 형태로 4차식이나 균일분포	어떤 특정한 집을 선택하지만 보통 타겟지정은 활보를 하면서 찾는 경향이 강하고, 어떤 집이 절도를 당하면 그 이웃들도 절도를 강할 위험에 노출되어 있다.
폭력	150m	집중해서 발생경향이 강해 음지수 분포	폭력은 서로 안면이 있거나 가족에 의해 나타나는 범죄로 주변지역에 영향을 미치는 형태가 아니다.
절도 (상업지)	3 km	집중해서 발생: 3차식, 음지수 분포	상업지내 절도범죄는 주로 은행이나 편의점 중심으로 나타난다. 그러기에 이미 그 위치는 범행에 노출되어 있다.
차량 절도	400m	분산형태로 균일분포	주차장에서 차량절도발생시 그 위치주변의 모든 주차장은 이미 노출되어 있는 것이다. 범행은 계속해서 일어나는 형태로 나타난다.

그 중 정규 분포일 때 식은 다음과 같다.

$$g(j) = \sum_{i=1}^n \left[KW_i I_i \frac{1}{h^2 2\pi} e^{-\frac{d_{ij}^2}{2h^2}} \right] \quad (3-5)$$

여기서 $g(x_j)$ 는 셀 j 의 강도이고, d_{ij} 는 셀 j 와 지점객체 i 와 거리, h 는 정규 분포의 표준편차, K 는 상수, W_i 는 점 개체의 가중치, I_i 는 점 객체위치의 강도(intensity)이다, 이 식은 모든 방향에 무한대로 확장이 되어 지역내에 모든 지점에 적용이 된다. 다시 말하면 셀 j 의 강도는 정규분포의 식으로 모든 사고지점의 거리의 합인 것이다. 지점에 대한 강도(intensity)를 추정하는 방법은 이변량 확률밀도를 추정하는 방법과 매우 유사하고 이원커널추정은 공간상의 점 자료 패턴을 추정하는데 손쉽게 적용 될 수 있다. 위의 식을 확률밀도로 변환하면 사건 S 가 연구지역 R 에서 임의의 위치이고 $S_1 \dots S_n$ 은 n 개의 관측된 사건들이라고 한다면 강도 $\lambda(s)$ 는 다음과 같이 추정된다.

$$\lambda_\tau(S) = \frac{1}{\delta_\tau(S)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} K\left(\frac{S - S_i}{\tau}\right) \quad (3-6)$$

여기서 $K()$ 는 적합한 이변량 확률밀도함수로서 kernel이라 통칭하며 원점에 대칭적이다 $\tau > 0$ 은 Bandwidth 인데 평탄한 정도를 결정하며 원형의 커널중심인 S 의 반경에 포함되는 사건 S_i 는 $\hat{\lambda}_\tau(S)$ 에 중요한 영향을 준다. $\delta_\tau(S)$ 는 가장 자리 보정(edge correction)이다. 분석에서 중요한 것은 보간법(Interpolation) 선택과 분석 폭(Bandwidth) 설정 방법이다. 특히 분석 폭을 넓게 설정을 하면 지역간 변화폭이 둔감하게 나타날 것이고 분석 폭을 세밀하게 한다면 많은 진폭이 있어 평가하기가 곤란하기 때문이다. 또한 분석 폭에 점 개체의 최소수를 포함하여 adaptive 하게 적용하게 하였다. 그래서 점 개체가 집중하여 나타난 곳은 분석 폭이 세밀하게, 그렇지 않은 곳은 분석 폭이 넓게 나타나게 할 수도 있다.

커널분석기법은 국지적인 공간밀도를 시각적으로 표현할 수 있고 개념적 이해가 용이하여 직관적인 해석이 가능하기 때문에 점 데이터의 분포패턴을 시

각화하는데 널리 활용한다. 특히 커널 밀도함수를 이용하여 점 개체의 분포패턴을 분석하는 경우 범죄나 특정현상이 군집적으로 나타나는 지점들을 위험지점으로 잘 표출시켜주기 때문에 많이 활용하고 있다.

그러나 이 기법은 통계적으로 몇 가지 단점을 가지고 있다. 먼저는 M격자셀에 N개의 사건의 점 객체를 보간하여 M은 각 격자 셀에 분할하는 자료의 평균 N보다 항상 크게 되어 있어 자료에 대해 과잉 일반화된다. 실질적인 위험지점 공간보다 더 넓게 표현되고 있다. 이때는 샘플이 작을 때 더욱 크게 발생하는 에러로써 운영자는 매우 신중하게 적용해야 한다. 둘째로 이 기법은 분석 폭과 분석기법에 따라 많은 영향을 미친다. 샘플 크기가 10,000개가 되지 않는다면 보통 정규분포의 커널기법을 추천한다. 분석 폭 또한 샘플이 크다면 분석 폭을 작게 하고 샘플수가 적을 때는 분석 폭이 크게 하는 것이 타당하다. 셋째로 보정자료기법으로 오히려 작은 지역을 분석할 때 타당하지 않을 때가 있다. 유의 깊게 살펴서 적용의 타당성을 살펴야 한다. 정규분포 커널기법은 점 객체가 위치한 지점이 가장 높은 값이 부여되고 이후 거리가 멀어짐에 따라 그 값이 작아져 설정한 반경의 경계를 벗어나면 그 값이 부여되지 않는다.

본 연구에서는 연구지역의 셀을 가로, 세로 격자 200개로 나누고, 커널방식을 정규분포로 하고, 분석 반경을 1km로 고정으로 설정하고, 사건의 절대치를 사용하여 분석을 해보았다.

그림 3-27과 같이 5대 범죄에 대해 커널분석을 해 본 결과 관양2동의 인덕원역 주변과 부림동의 평촌역, 범계동의 범계 역사를 중심으로 매우 강하게 나타났고, 저밀도주거지역인 호계 1동, 관양 2동에서 5대 범죄가 주로 발생하였다. 112신고 역시 범죄발생 지역과 동일하게 나타나지만 평촌학원가인 귀인동, 호계 2동, 관양 2동에서도 나타남을 가시적으로 확인할 수 있다. 또한, 5대 범죄 자료를 각 년도 별로 분류하여 분석해 본 결과 2011년도에 비해 2012년에 인덕원지역과 관양동지역에서 범죄의 분포가 더 넓게 형성되어 있으며, 평촌역과 범계역을 주변도 전년도 대비 범계역에서의 범죄가 더 증가했음을 알 수 있다.

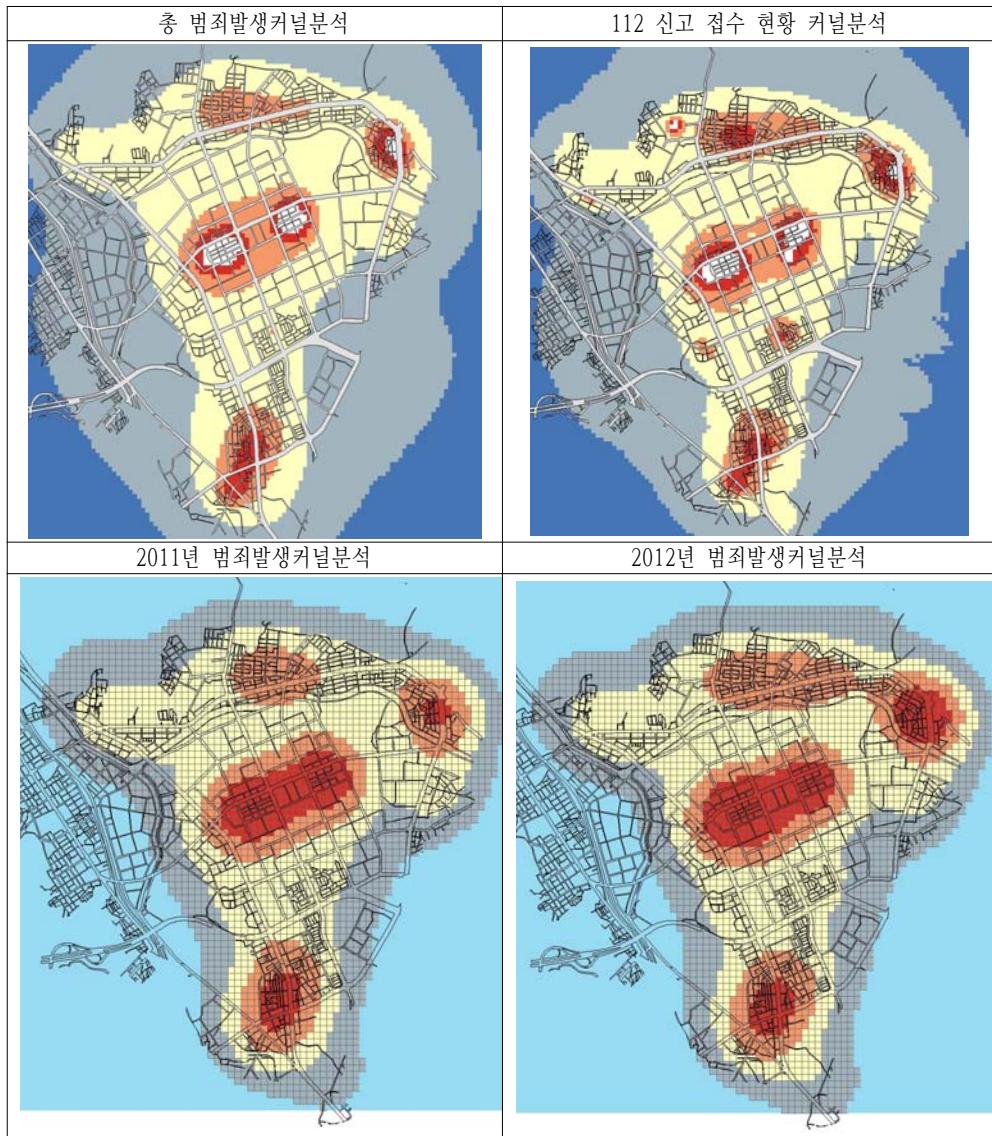


그림 3-27 총 범죄 및 112신고와 연도별 범죄발생 커널분석 결과

또한 동일한 분석기법을 활용하여 그림 3-28과 같이 보간법을 정규분포에 분석 간격을 150m로 고정하고 범죄건수를 중심으로 절도범죄와 폭력범죄를 분석해 본 결과 절도는 동안구 전반에 걸쳐 발생하지만 평촌역과 범계역 그리고 호계 1, 3동을 중심으로 강하게 발생하고 있다. 또한 폭력범죄는 호계동과 범계동, 부림동지역에서 강하게 나타나고 전반적으로 패턴은 절도범죄 발생지역과 유사하게 나타나고 있다. 또한 동일한 기법과 파라미터를 활용하여

성범죄 발생현황과 112신고 성폭력 현황을 비교 분석을 해본 결과 관양 2동의 인덕원 지역에 범죄가 발생했지만 112신고에는 미약하게 표현되고 있어 그 원인을 분석해 본 결과 인덕원 지역에 강하게 밀집되어 있는 유흥업소 밀집도와 연관이 있는 것으로 판단한다.

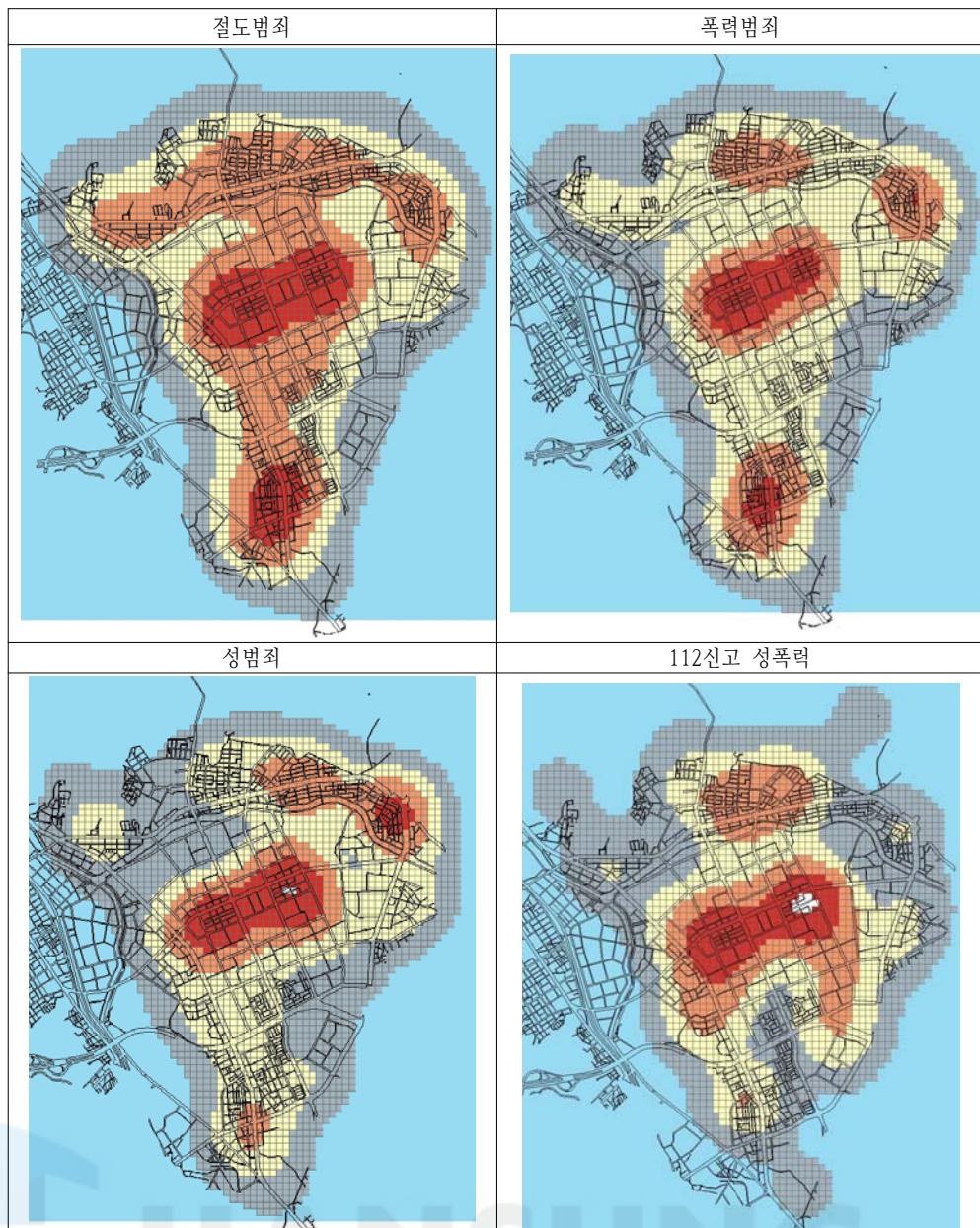


그림 3-28 각 범죄별 커널분석 결과

제 5 절 이력자료를 활용한 범죄별 위험지점 선정

이상에서 위험지점(Hotspot)에 대한 여러 기법들을 검토하고 분석해 본 결과 가장 현실적인 기법인 Buffer분석과 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering (NNH)기법을 활용하여 지점을 분석하였다. Buffer분석으로 분석한 결과 지역에 대한 대략적인 전체적인 조망이 되었지만 지역을 구체화하기 위해 NNH기법중 범죄지역을 군집화한 지점 내에서 지점들을 직선으로 연결시킨 Convex Hull기술을 적용한다.

또한 현재 각 경찰서에서 주의 깊게 살피는 지역에 대한 범죄건수를 질의한 결과 대략적으로 표 3-9와 같이 성범죄 4건 이상, 절도범죄, 폭력범죄 5건 이상 지역에 대한 것으로 나타나 범죄종류별로 각각의 범행건수와 거리의 제한요소를 입력한 후 군집 수를 결정하고 위험지점을 결정하였다.

표 3-9 위험지점(Hotspot) 선정을 위한 기본 파라메터

범죄종류	총 범죄건수	제한요소에 따른 지점 수			군집 수	
		100m	10건이상	1808지점	145개	4,058지점
5대 범죄	5,509	100m	10건이상	1808지점	145개	4,058지점
성범죄	140	100m	4건이상	27지점	7개	47지점
절도범죄	2,011	100m	5건이상	823지점	127개	1,457지점
폭력범죄	3,337	100m	5건이상	1367지점	174개	2,712지점

1) 5대 범죄 위험지점

우선 5,509건에 달하는 5대 범죄지역 중에서 위험지점의 선정범위를 설정하였다. 각 지점간 거리가 100m내이고, 최소한의 여러 범죄가 겹쳐서 10건 이상인 지점을 군집하여 분석해 보았다. 그림 3-29 같이 Buffer 분석에 의한 지점선택은 10건 이상의 지점을 1,808개 지점을 선택하여 투영하였지만 지점에 대한 중복가능성으로 인해 구체적인 지점 수에 대해서는 NNH기법을 활용하고자 한다. NNH기법으로 선정된 군집 수는 그림 3-30과 같이 연구지역에는 145개로 총 4,058 사고지점을 포함하는 약 74%를 포함하고 있는 것으로 나타났다.

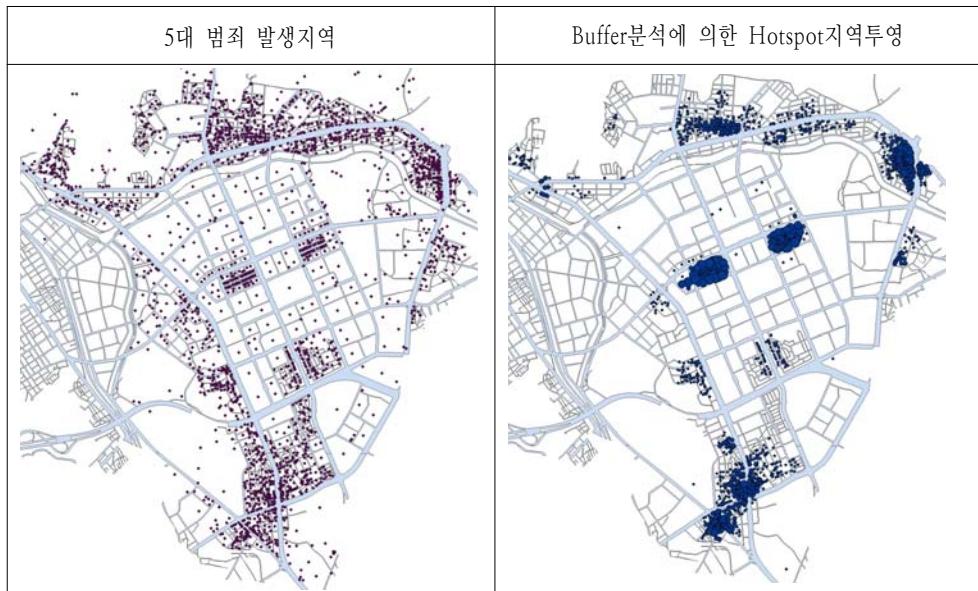


그림 3-29 5대 범죄 위험지점(Hotspot) 선정을 위한 기본 자료

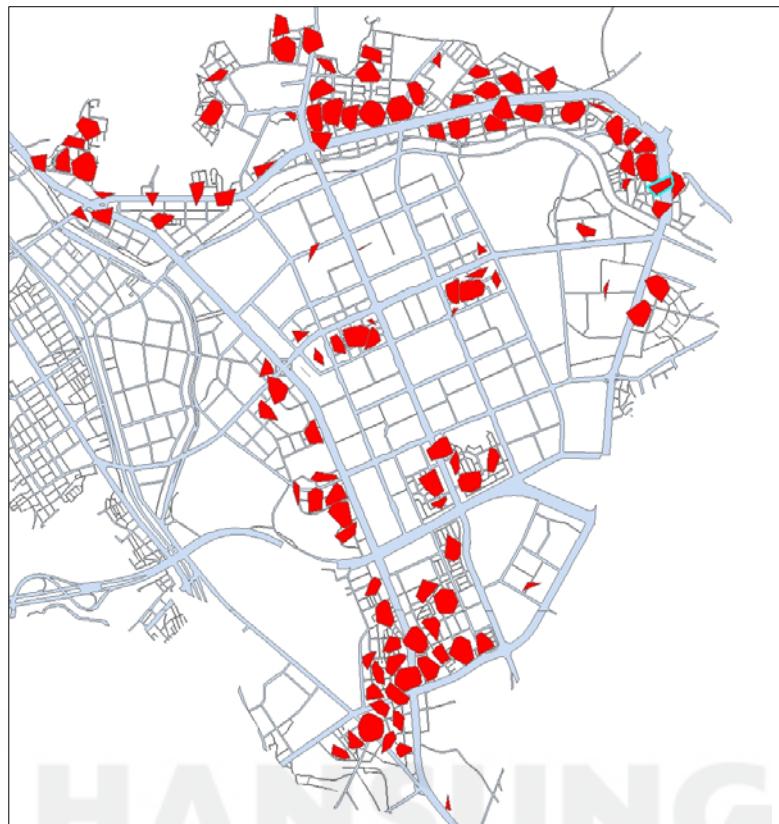


그림 3-30 NNH 기법의 5대 범죄 위험지점

2) 절도 범죄 위험지점

그림 3-31와 같이 절도 범죄지역은 총 2,011건 중 100m 반경 범위 내에서 범죄발생건수를 5건 이상 발생한 지역을 투영하여 분석하였다. 투영한 결과 NNH기법은 그림 3-32과 같이 127개의 Hotspot군집을 나타내고, 지점수를 1,457지점 72.4%를 포함하고 있다. Buffer 분석에 의한 지점선택은 5건 이상의 지점이 823개 지역을 나타내고 있다.

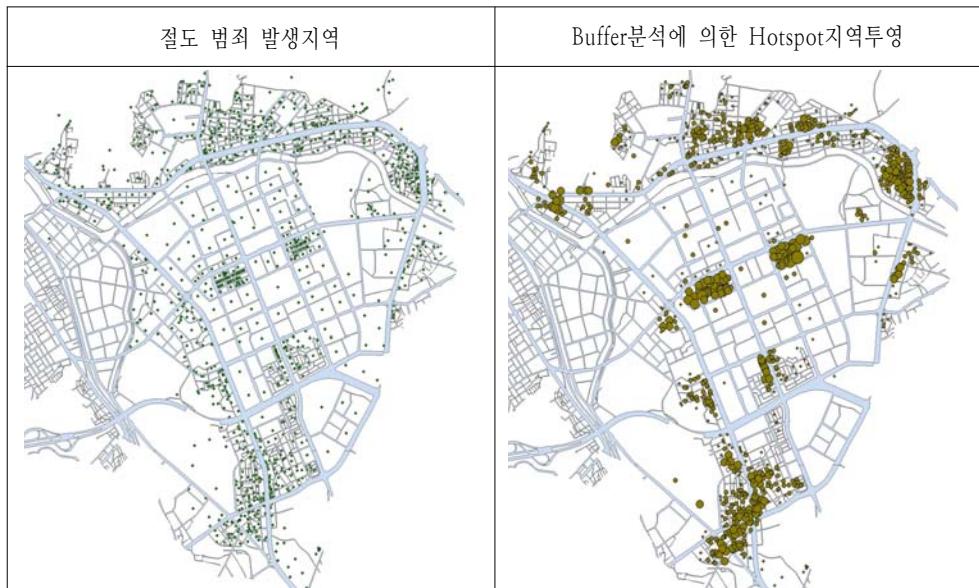


그림 3-31 절도범죄 위험지점(Hotspot)선정을 위한 기본 자료

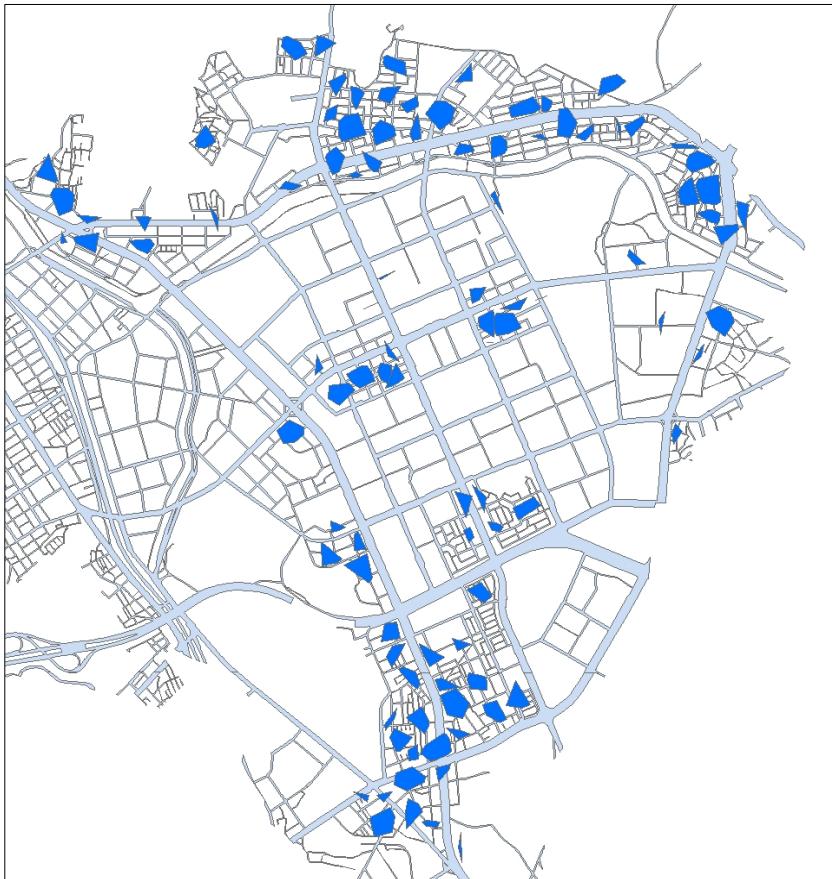


그림 3-32 NNH기법의 절도범죄 위험지점

3) 폭력 범죄 위험지점

폭력 범죄지역은 총 3,337건 중 100m 반경 범위 내에서 범죄발생건수를 5 건 이상 발생한 지역을 투영하여 분석하였다. 이를 다시 NNH기법을 활용하여 1단계 클러스터를 통한 군집 군을 형성하여 본 결과 그림 3-34과 같이 군집군은 174개로 나타났고, 포함한 지점 수는 2,712개로 범죄발생지점 81.2%를 포함하고 있다. Buffer 분석에 의한 지점선택은 5건 이상의 지점이 1,367개 지역을 나타내고 있다.

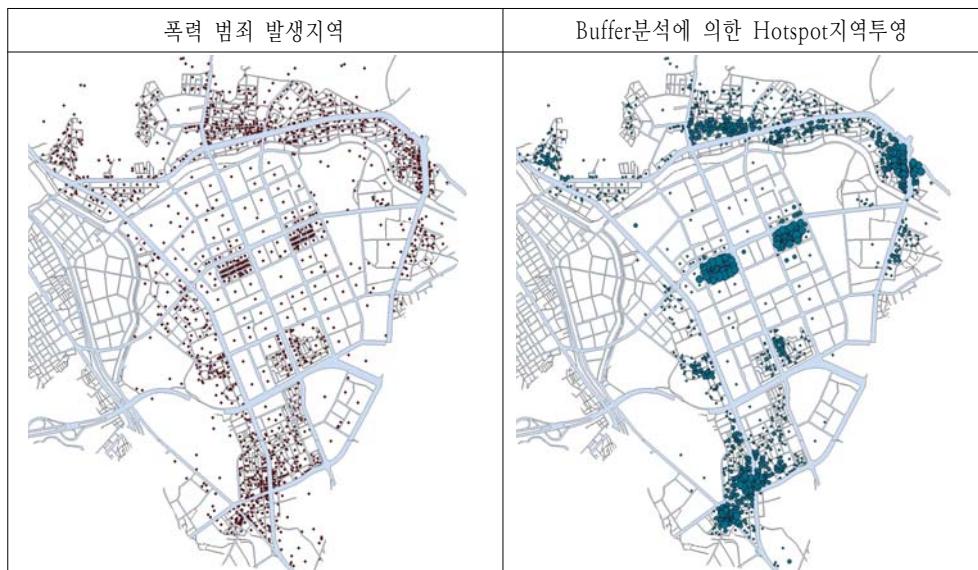


그림 3-33 폭력범죄 Hotspot 선정을 위한 기본 자료



그림 3-34 NNH기법의 폭력범죄 위험지점

4) 성폭력 범죄 위험지점

성 폭력 범죄 발생지점은 140개 지점으로 범죄 발생지점 100m 반경으로 최소한 4건 이상 지점을 투영해 본 결과 그림 3-36과 같이 7개 군집으로 나타났으며 여기에는 범죄 47건 발생 지점대비 33.5%를 포함하고 있다. 그림 3-35과 같이 Buffer 분석에 의한 지점선택은 4건 이상의 지점이 27개 지역을 나타내고 있다.

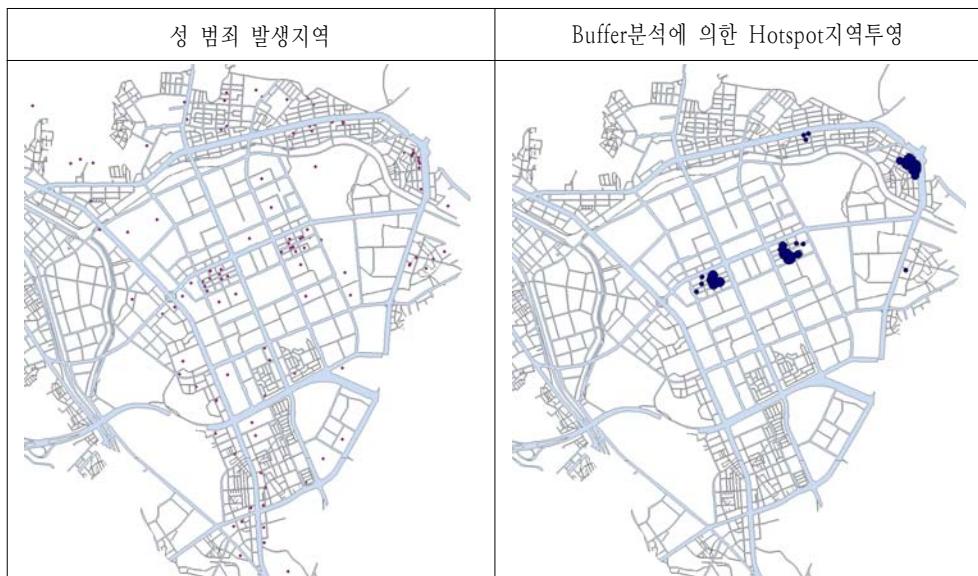


그림 3-35 성범죄 Hotspot 선정을 위한 기본 자료

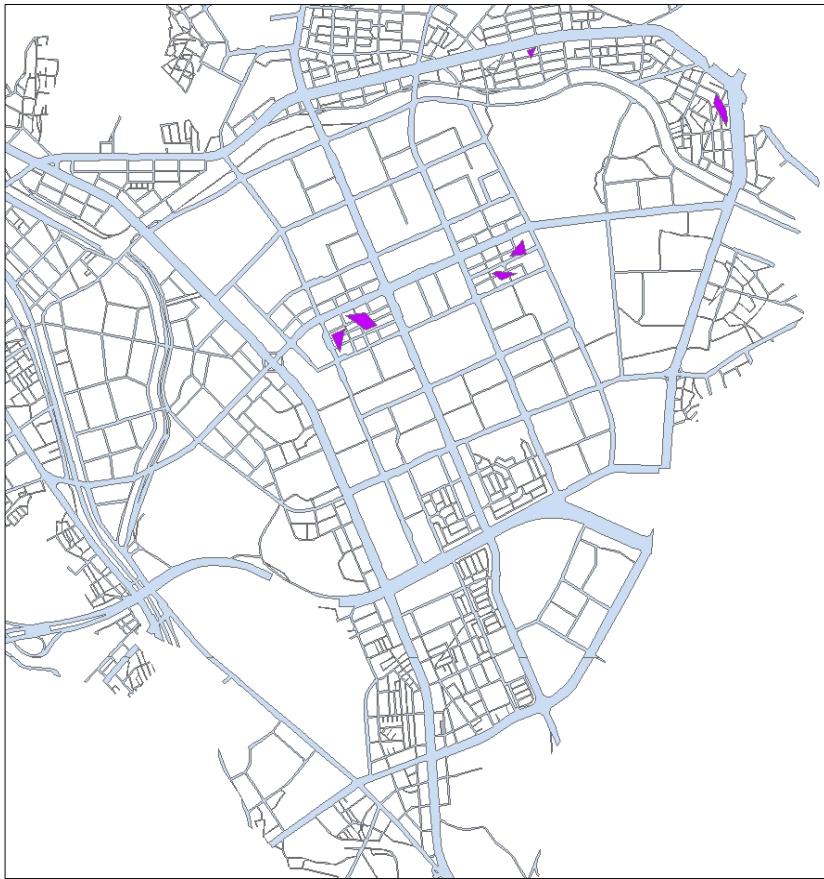


그림 3-36 NNH기법의 성범죄 위험지점(Hotspot)

5) 중첩분석에 의한 위험지점 선정

이제 GIS에서 지원하는 union기능과 dissolve기능을 활용하여 모든 범죄지역의 위험지점(절도범죄, 폭행범죄, 성범죄, 5대 범죄 추출지역)을 중첩해보았다. 5대 범죄와 별개로 성범죄, 절도, 폭력범죄를 포함한 군집 수는 총 4,216개 지점으로 총 범죄의 76.5%를 차지하여 여기에서 얻어진 군집수와 5대범죄수를 중심으로 얻어진 군집수를 중첩 분석하여 총 320개 지점 중 다음과 같이 105개 지점을 선정하였다. 그림 3-37은 연구지역 내에 총 범죄건수에 대한 위험지점으로 선정된 최종지점이다.

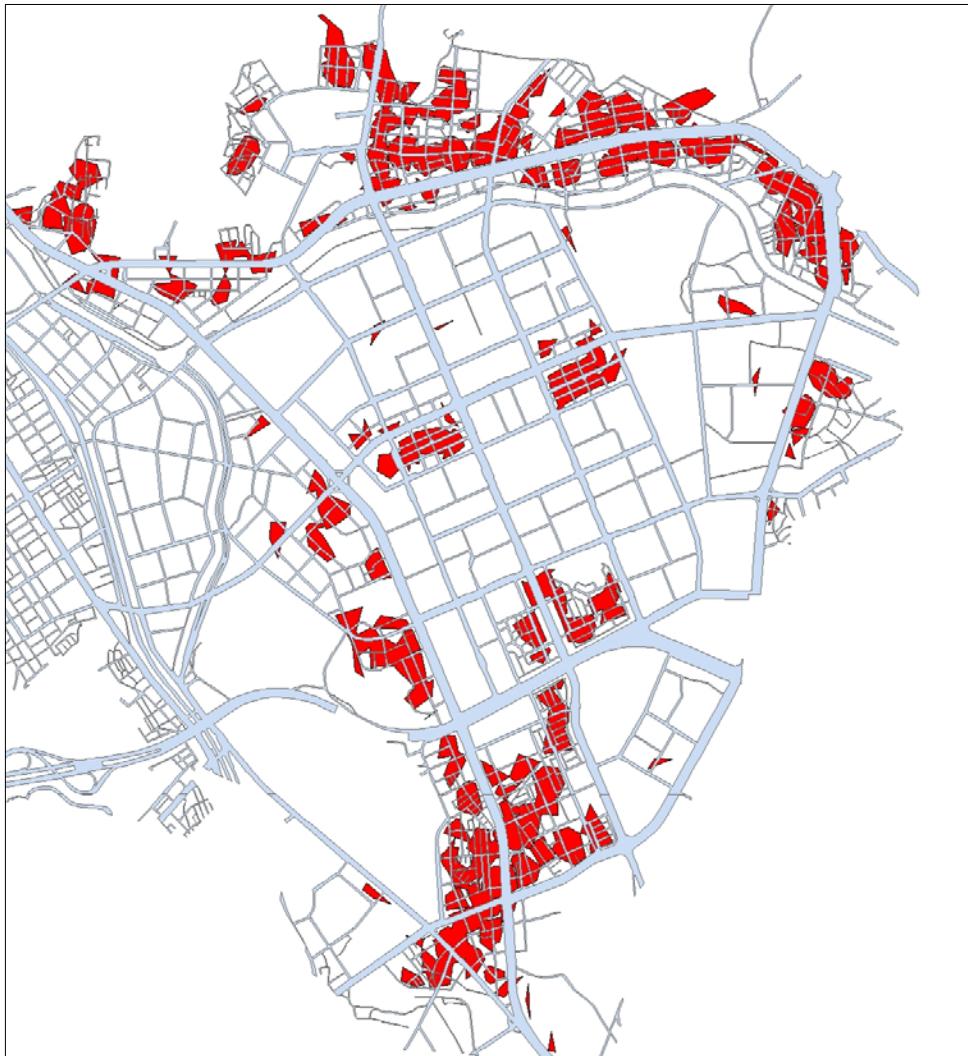


그림 3-37 위험지점(Hotspot) 선정 결과

제 6 절 소 결

본 장은 범죄에 가장 기본적인 군집분포와 위험지점의 지역을 찾아가는 과정이다. 이는 연구지역내에 어느 지역이 과연 범죄가 발생하고 어느 지역에서 범죄별 특징이 있는지를 밝혀내기 위해선 아주 중요한 일이다. 특히 각 범죄가 단일범죄로 나타나는 것이 아니라 각 범죄가 서로 연관이 되어 나타나기 때문이다. 그런 의미에서 각각의 범죄에 대한 정책적 대안을 강구할 수 있다.

그래서 분석을 위한 자료의 구성과 연구방법을 제시하였다. 2년 동안의 모든 범죄 자료와 사회경제지표, 도시공간지표, 방어기제시설, 112신고건수 등 총 18개의 변수를 지리부호화(Geo-coding)하여 기본통계를 통해 현황을 점검하였다. 또한 범죄분석을 할 때 주요변수들이 일정패턴을 가지고 군집해야만 위험지점(Hotspot)의 일관성을 가지기에 군집성여부가 매우 중요하다. 그래서 여부를 점검하는 최근린 거리분석과 Ripley's K statistic 통해 각 범죄에 대해 분석한 결과 5대 범죄, 폭력범죄, 절도범죄, 성 폭력범죄가 군집하는 것으로 나타났다. 군집하는 범죄들의 구체적 Hotspot을 찾는 여러 기법을 활용하여 각 범죄의 특징을 살펴보았다. 또한 이력자료를 통해 5대 범죄, 절도범죄, 폭력범죄, 성 폭력범죄의 Hotspot를 분석하고 이 자료들을 중첩 분석하여 총 105개 지점의 군집수를 얻을 수 있었다.

본 연구를 통해 얻어지는 최대 장점은 첫째, 공간적으로 범죄가 많은 지점을 제시함으로써 법의 집행기관인 경찰력 및 행정력의 예산집행 결정과 신속한 행정력을 집중하여 효율성을 도모할 수 있는 아주 강력한 힘이 있다라는 점이다. 두 번째로 위험지점을 통계와 다양한 알고리즘을 통해서 체계적으로 제시하여 정성적으로만 알고 있던 지역에 대한 인식을 계량화, 객관성 있게 제시함으로써 정책에 대한 객관성을 제시할 수 있게 되었다. 세 번째로는 이 기법은 GIS를 이용하여 시각화함으로써 정책입안과 범죄예방의 방안을 신속하게 구현이 가능하게 하는 장점이 있다.

그러나 단점으로는 먼저, 기술적이고 이론적인 성격이 강하여 다룰 수 있는 운영자가 매우 제한적이라는 점이다. 두 번째, 위험지점의 개념은 발생한 사고의 양, 횟수를 중심으로 만들어진 개념이다. 이 개념은 발생한 사건을 중심으로 밀집도로 표현이 되고 있지만 실질적으로 발생할 수밖에 없는 사회적 환경이나 행태들, 사건을 저지를 수밖에 없는 주변 환경과 내용들이 존재한다. 범죄예방은 이를 찾아서 대안을 강구해야 한다. 셋째, 이 개념 자체가 과거의 범죄발생자료를 가지고 추출했다는 점이다 그래서 지역이 가지는 속성은 아니기에 그 원인을 밝히는 과제가 뒤따른다는 점이다.

제 4 장 공간 종속성 분석

앞 장에서는 사건발생의 이력자료를 통해서 범죄가 빈번하게 발생하는 지점 즉, 위험지점을 찾았다면 이제는 범죄가 발생하는 공간적인 속성을 분석해 보아야 한다. 그럼으로써 해당범죄에 대한 진단과 방안, 정책들을 제시할 수 있기 때문이다.

제1절 모델 및 변수선정

연구지역의 기본 자료와 각 개별 자료들을 통합(aggregate)하여 분석 자료로 활용한다. 기존 선행연구를 참조하여 범죄에 영향을 미치는 주요변수를 추출하였다. 그리고 각 자료의 속성 값 간에 이질성과 등락폭이 강하고, 종속변수와 설명 변수간 완전한 선형관계가 형성되지 않을 때, 즉, 비선형관계가 존재 할 때 종속변수와 설명변수를 자연로그를 취함으로써 선형관계가 형성이 되기에 자연로그를 취하여 자료를 변환, 분석하였다. 표 4-1은 분석하고자 하는 자료의 현황과 기본통계내용이다.

표 4-1 연구지역 기본분석자료 현황과 평균 및 표준편차

구 분	변수	변수 명	수식	평균	표준편차
사회 경제지표	인구 밀도	Ln_inte	Ln(인구 수/면적)	22.919	1.285
	15~29세 청년비율	Ln_ratio_youth	청년 수/총인구*100	3.079	0.104
	외국인 거주비율	Ratio_forei	외국인/총인구*100	0.579	0.549
	생활보호 대상자비율	ratio_car	생활보호 대상자/총인구*100	0.541	0.562
	사회적 약자비율 ⁶⁾	Ln_ratio_socialweak	사회적 약자/총인구*100	60.49	1.511
	다문화 가정비율	ratio_mult	다문화 가정/총 세대*100	0.784	0.399
	세대별 자동차 소유대수	havecar	자동차등록대수/ 총 세대	0.950	0.108
	사업체 종업원 수	Lnindust	Ln(종업원수/면적)	-11.61	2.166
도시 공간지표	풍속업체	Ln_drink	Ln(풍속업체수)	1.735	1.600
	교육시설	Ln_education	Ln(교육시설수)	1.364	0.524
방어기체 시설지표	CCTV 설치민원	ratio_callcctv	CCTV설치민원/총인구*100	0.069	0.061
	CCTV 설치율	ratio_cctv	CCTV설치대수/총인구*100	0.116	0.065
	가로등 밀집도	Light_den	Ln(가로등 설치대수/면적)	0.735	0.456
범죄발생특 성지표	5대 범죄비율	Ln_ratio_crime	Ln(5대 범죄/총인구*1,000)	2.444	0.809
	112신고비율	Ln_ratio_112call	Ln(112신고 건수/총인구*1,000)	3.118	0.876
	폭력 범죄율	Ln_ratio_violence	Ln(폭력/총인구*1,000)	2.035	0.683
	성폭력 범죄율	Ln_ratio_sexoffen	Ln(성폭력/총인구*1,000)	-1.048	0.757
	절도 범죄율	Ln_ratio_thief,	Ln(절도/총인구*1,000)	1.594	0.555

연구모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\text{Ln}(ratio_crime) = & \beta_0 + \beta_1(\text{Ln_inte}) + \beta_2(\text{Ln ratio_young}) + \beta_3(\text{Ratio_forei}) \\ & + \beta_4(\text{ratio_car}) + \beta_5(\text{Ln ratio_socialweak}) + \beta_6(\text{ratio_mult}) \\ & + \beta_7(\text{Ln drink}) + \beta_8(\text{Ln eucation}) + \beta_9(\text{ratio_callcctv}) \\ & + \beta_{10}(\text{ratio_cctv}) + \beta_{11}(\text{have_car}) + \beta_{12}(\text{Lnindust}) \\ & + \beta_{13}(\text{Light_den}) + \epsilon\end{aligned}$$

종속변수는 5대 범죄율(Ln ratio_crime)과, 112신고비율(Ln ratio_112call), 폭력범죄율(Ln ratio_violence), 성폭력범죄율(Ln ratio_sexoffen), 절도범죄율(Ln ratio_thief)로 설정하였다.

1) 상관분석 적용

관심이 있는 현상들이 어떻게 공간상에 분포하고 있으며 어떤 연관성을 가지고 있는가를 파악하기 위한 전통적인 방법은 각 현상에 대한 분포를 지도화하여 시각적으로 공간패턴을 파악하는 것이다. 그러나 시각적으로 나타나지 않고 연관성이 약할 경우, 지도화를 통해서 변수간의 관계를 설정하는 것은 비효과적이며 정확도가 떨어진다. 상관분석이란 변수들 사이에 어떠한 관계가 있는가, 또한 얼마나 밀접하게 관련되어 있는가를 분석하는 것이다. 그러나 이를 통해 인과관계를 파악할 수는 없다. 그래서 공분산의 개념에 기초를 둔 피어슨의 상관관계를 식을 적용하여 분석하여 보았다. 피어슨의 상관관계는 각각의 두 변수들이 정규분포를 이루고 있다는 가정 하에 이루어질 뿐 아니라 X변수에 대응하는 Y변수가 정규분포를 이루고 있다는 가정하는 모수검정 방법이다. 본 연구에서는 유의수준 0.05에서 검증된 자료들을 중심으로 상관관계가 0.5 이상이 된 자료들을 추출하였다.

가) 도시방어기제와 범죄율 상관관계

현재 연구지역에서 운영하고 있는 CCTV운영과 설치요청, 가로등과 각 범죄 간의 상관관계를 표 4-2와 같이 검토해 보았다. 검토해 본 결과 현재 운영 중인 CCTV는 5대 범죄율과 112신고에 유의수준 0.05수준에서 상관관계가

6) 사회적 약자란 12세 이하 어린이와 60세 이상의 노약자, 그리고 여성을 포함한 사회학적 보호 대상자를 말한다.

있는 것으로 나타나고 있다. 또한 가로등은 CCTV요청율과 음의 관계로 나타나 가로등이 있으면 CCTV 요청율이 떨어지는 것으로 나타났다. 가로등이 성 범죄를 제외한 폭력, 절도에는 음의 관계가 형성되는 것으로 나타나고 있다. 5대 범죄는 112신고와 거의 밀접하게 연관이 있으며, 폭력범죄는 절도범죄(0.94)와 성범죄(0.59)수준에서, 절도 또한 폭력과 성범죄에서, 성범죄 또한 폭력과 절도범죄에 높은 상관관계를 나타나고 있다. 특히 폭력과 절도범죄는 아주 높은 수준에서 연관성이 강한 것으로 나타났다. 그러나 CCTV와 각각 범죄율간 상관관계가 낮은 것으로 나타나 현재의 민원에 대응한 밀집도 증가 정책에서 벗어나 각 범죄에 대한 분석을 통한 CCTV정책을 재수립하여야 한다, 특히 CCTV와 성범죄와의 관련성은 아주 낮은 것으로 나타나고 있다.

표 4-2 Pearson 기법을 활용한 CCTV와 범죄간 상관계수(**0.01수준 유의, *0.05수준 유의)

구 분	폭력 범죄율	성 범죄율	절도 범죄율	5대 범죄율	CCTV 운영율	가로등 밀집도	112 신고건율	CCTV 요청율
폭력 범죄율	1	.758**	.940**	.361	.250	-.266	.343	.288
성 범죄율	.758**	1	.623**	.102	.065	.028	.088	.058
절도 범죄율	.940**	.623**	1	.312	.277	-.310	.280	.287
5대범죄율	.361	.102	.312	1	.545*	-.073	.983**	.486*
CCTV 운영율	.250	.065	.277	.545*	1	-.429	.503*	.727**
가로등 밀집도	-.266	.028	-.310	-.073	-.429	1	-.012	-.558*
112신고율	.343	.088	.280	.983**	.503*	-.012	1	.452
CCTV 요청율	.288	.058	.287	.486*	.727**	-.558*	.452	1

나) 변수간 상관관계

연구지역의 자료 중, 사회경제지표, 도시공간지표, 방어기제시설지표, 범죄발생특성지표 총 18개 지표간 상관계수를 분석해 보았다.

표 4-3 Pearson의 각 변수간 상관계수(**0.01수준 유의, *0.05수준 유의)

구 분	범죄 발생지표	사회경제지표	도시공간지표	방어기제 시설지표
5대 범죄율	112신고율 0.983**	생활보호 대상자율 0.652** 다문화 가정율 0.647** 외국인 거주율 0.636**	풍속업체 수 0.780**	CCTV운영율 0.545* CCTV요청율 0.486*
성 범죄율	폭력 범죄율 0.758** 절도 범죄율 0.623**			
절도 범죄율	폭력 범죄율 0.940** 성 범죄율 0.623**	외국인 거주율 0.725**		
폭력 범죄율	절도 범죄율 0.940** 성 범죄율 0.748**	외국인 거주율 0.739**		
112신고건율	5대 범죄율 0.983**	생활보호 대상자율 0.645** 다문화 가정율 0.586* 외국인 거주율 0.559*	풍속업체 수 0.754**	CCTV운영율 0.503*
CCTV 운영율	5대 범죄율 0.545* 112 신고율 0.503*	다문화 가정율 0.704* 생활보호 대상자율 0.592** 외국인 거주율 0.511*		CCTV요청율 0.727**
CCTV 요청율		인구밀도 -0.785** 사업체 종사자수 0.756** 청년율 -0.618** 다문화 가정율 0.747**		가로등밀집도 -0.558*
생활보호 대상자율	5대 범죄율 0.652** 112신고율 0.645**	자동차 보유율 -0.662** 다문화 가정율 0.611**		
외국인 거주율	폭력 범죄율 0.739** 절도 범죄율 0.725** 5대 범죄율 0.636** 112 신고율 0.559**	다문화 가정율 0.543*	풍속업체 0.765**	CCTV운영율 0.511*
풍속 업체 수	5대 범죄율 0.780** 외국인 거주율 0.765** 112 신고율 0.754**	다문화 가정율 0.537*		

분석결과 표 4-3과 같이 5대 범죄율은 112신고건율 외에 풍속업체, 생활보호대상자, 다문화가정, 외국인 거주율이(유의수준 0.01) 상관계수가 0.6수준이상으로 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

절도와 폭력은 외국인 거주율과도 0.7 이상의 관계를 나타냈다. 112신고는 5대 범죄 외에 풍속업체와 생활보호대상자율에서 강한 상관성을 보이고 있다. 특히 눈 여겨 보아야 할 점은 풍속업체가 5대 범죄, 112신고 등 범죄와 관련하여 강한 상관관계를 나타내고 있어 범죄감소를 위한 별도의 정책이 필요한 점이다.

현재 운영 중인 CCTV설치는 다문화 가정율과 CCTV요청에 강한 상관관계(0.75)를 나타내고 있다. 즉, 주민들이 요청하는 주민민원을 우선시하여 방범 CCTV를 설치함으로써, 주민의 민원에는 대응하고 있지만 실질적으로 범죄예방목적의 효율성은 감소하는 것으로 나타났다.

CCTV설치 요청은 인구밀도가 높은 곳과 젊은이들이 많이 거주하는 지역, 가로등 밀집도가 높은 지역에서는 음의 상관관계를 보이고 있으며, 사업체종사자수와 다문화가정율과는 높은 상관관계를 가지고 있다.

생활보호대상자들은 현재 5대 범죄와 112신고건수와 밀접하게 연관되어 있는 것으로 볼 때 현재 범죄에 많이 노출되고 있는 실정이다.

외국인 거주율은 주로 풍속업체와 강한 상관관계를 나타내 현재 거주하고 있는 지역이 상대적으로 열악한 것으로 나타나며, 또한 범죄발생지표인 폭력 범죄, 절도범죄, 5대범죄율에 강하게 노출되어 있어 이들에 대한 범정부적인 범죄감소를 위한 별도의 정책이 필요하다.

다) 변수간 상관관계도식

종속변수와 독립변수간의 관계가 그림 4-1과 같이 직선식으로 형성이 되어 전통적인 최소제곱법을 이용하여 다향 회귀식을 통해 추정량을 얻고자 한다.

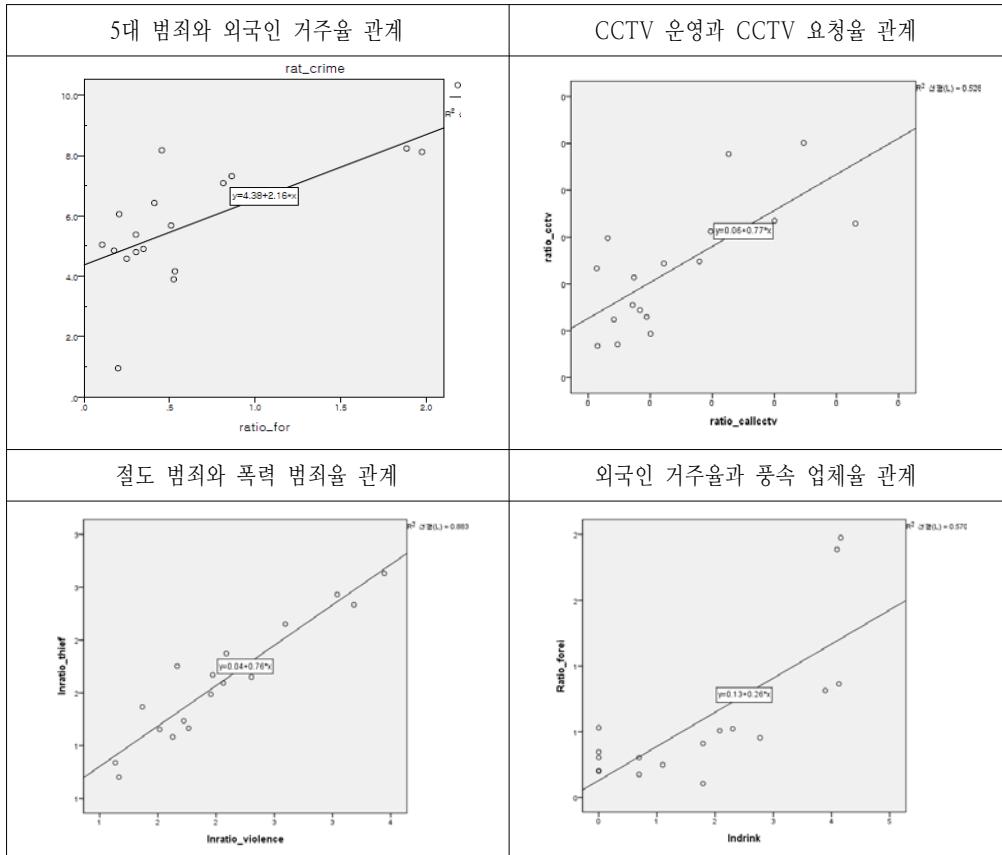


그림 4-1 주요 변수들간의 관계도면

2) 전통적인 회귀분석의 한계

전통적인 최소제곱법(OLS)을 통해 얻은 추정량이 최적선형불편추정량(best linear unbiased estimator, BLUE)이 되기 위해서는 여러 가지 기본 가정들을 충족시켜야 한다.⁷⁾ 그 중 상대적으로 중요한 가정으로 오류항은 변수간 서로

7) 일반적인 OLS의 기본 가정들은 다음과 같다: 1) 회귀모델의 회귀계수와 오차항은 선형이어야 한다, 2) 오차항의 기대 값은 0이어야 한다, 3) 독립변수는 오차항과 선형독립이여야 한다, 4) 오차항은 자기상관이 없어야 하고 동분산

독립적이며 동일한 분포를 가져야 한다는 것이다 그러나 전통적인 OLS 분석은 공간상관성, 공간의존성, 또는 공간이질성 등 공간영향의 존재에 관한 가정은 갖고 있지 못하다. 이처럼 공간에 의한 영향을 통제하지 못하는 모델은 오설정의 문제를 갖게 되고, 추정량은 더 이상 최적선형불편 추정량(BLUE)이 되지 못하며, 잘못된 통계적 추정에 도달할 위험성이 있다. 공간의 영향이 존재하는 경우 평균과 표준편차 중심의 회귀분석에서 얻은 회귀계수는 비편향적일 수 있지만, 분산과 상관계수는 편향적이다. OLS의 가장 커다란 문제점은 공간자기상관의 존재하는 경우 표준오차 추정량이 과소 추정되는 경향이다. 결국 관측개체의 지리적 배열구조(geographic arrangement)나 공간의존성의 정보가 모델에 반영되지 못하면 회귀계수는 비록 비편향적 이지만 더 이상 효율적이지 못한 추정량이 된다. 따라서 회귀계수의 통계적 유의성 검증 및 예측오차 등의 정확성을 신뢰할 수 없게 된다. 요약한다면, 최소제곱법은 관측개체나 오류항의 독립성을 가정하고 있지만, 공간을 준거로 하는 데이터들은 공간의존성을 갖고 있어, 전통적 선형분석을 통해 얻은 추정량들은 최적선형불편 추정량이 되지 못한다. 특히 표준오차가 과소추정 되어 변수들의 유의성 검증을 신뢰할 수 없게 된다(김광구, 2011).

제 2 절 공간적 자기상관성

1) 공간적 자기상관성 개념정의

행정구역을 기반으로 얻어 지는 공간데이터들은 순수한 데이터 자체에 관한 정보를 갖고 있을 뿐만 아니라 지리적 공간에 관한 정보를 함께 포함하고 있다. 이러한 공간데이터를 분석하기 위해 활용되는 기준의 많은 선형모델들은 이들 데이터가 갖는 '공간'이라는 요인을 고려하고 있지 못하며, 데이터가 주어진 공간상에 무작위적으로 분포한다고 가정하고 있다(Doreian, 1980 and 1981). 모델에 입각한 통계추정에서는 변수들이 무작위적이라 가정하며, 개념상의 모집단이 갖는 공간영향을 공간준거 데이터들도 똑같이 발현하고 있다고 설정한다. 이렇게 변수들이 무작위적이고 오류항이 독립적이며 동일한 분포를 갖는다는 가정을 하는 전통적인 선형분석 방법들로 공간준거 데이터를 분석할 경우 많은 사회경제현상, 인구현상 및 자연현상이 공간상에서 나타나는 특성인 의존성 및 상호작용을 통제하지 못한다(Doreian, 1981).

Tobler (1970)에 따르면 "모든 것은 다른 모든 것과 관련을 맺지만, 가까운 것이 먼 것보다 더 밀접한 관련을 갖는다.⁸⁾" 즉, 공간상의 실체들은 공간에 무작위적으로 분포하지 않고 서로 영향을 주고받고 있으며 그 영향은 공간실체 간의 거리나 인접성이 높을수록 더 커진다고 할 수 있다. 따라서 기존 회귀분석에서의 가정과는 달리 현실 속의 공간실체들의 분포는 무작위적인 현상이 아니며 더욱이 독립적인 현상도 아니다. 이러한 자연적 현상들이 지리적 공간상에서 갖는 상호의존성 및 상호작용을 '공간적 자기상관'이라 한다. 이 '공간적 자기상관'은 공간상에 분포하고 있는 실체들이 위치의 유사성이 높아짐에 따라 이 실체들이 갖는 값의 유사성도 또한 높아 가는 현상이다(Anselin and Bera, 1998).⁹⁾

이 양식들이 갖는 공간상의 유사성 및 차이성을 측정할 수 있다. 즉, 이러한

8) 이를 Tobler의 "지리의 제1법칙(the first law of geography)"으로 부르기도 한다.

9) 공간실체들은 일반적으로 특정한 공간분포 양식을 갖는데, 공간상의 여러 실체들이 보여 주는 공간분포 양식을 분류해 보면, 이 실체들은 주로 군집적이거나, 분산적이거나 무작위적인 분포양식을 갖는다. 그러나 공간실체들의 분포양식은 공간단위의 해상도에 따라 상대적인 현상일 수 있다.

공간실체들 간의 유사성과 차이성을 측정·요약하여 보여주는 것이 바로 '공간적 자기상관'이라고 할 수 있다.

일반적인 상관계수는 두 변수 사이에 존재하는 관계의 성격과 정도에 대한 정보를 제공한다. 그러나 공간자기상관은 두 변수간의 관계가 아닌 하나의 변수가 갖는 여러 관측개체 또는 관측 값들 사이에서 존재하는 관계를 지칭한다는 점에서 일반적인 상관계수와는 다르다. 즉, 공간자기상관이란 "공간단위들이 지표상에 배열되는 방식에서 기인하는 하나의 변수가 갖는 여러 값들 간의 관계"로 정의할 수 있다(Griffith 1987). 이러한 공간적 자기상관에는 '정적 공간적 자기상관(positive spatial autocorrelation)'과 '부적 공간적 자기상관(negative spatial autocorrelation)'이 있다. 정적 공간자기상관은 공간실체들이 서로 유사한 값을 갖으며 군집적으로 분포하는 경우이며, 반대로 부적 공간자기상관은 공간실체들이 서로 상이한 값을 갖으며 군집적으로 분포하는 경우이다(Lee and Wong, 2001).

공간데이터의 관측개체는 좌표와 같은 절대적인 위치에 의해서 또는 거리와 같은 상대적인 위치에 입각해 특징을 갖게 된다. 다시 말해, 공간데이터는 관측개체들의 공간단위에 의해 조직화된다. 변수 X 가 n 개의 값 $\{X_i ; i = 1, 2, \dots, n\}$ 을 갖는다고 할 때, i 는 공간단위를 대표하고 n 개의 공간단위는 고유의 값을 배정 받게 된다.

공간자기상관의 하나의 원인으로 언급되는 것이 바로 공간단위와 연구대상인 공간현상과의 불일치이다. 공간자기상관은 공간을 준거로 수집되는 데이터들이 진정한 공간정보를 반영하지 못하는 경우에 발생할 수 있다. 이러한 공간단위와 공간현상 간의 불일치로 인해 발생하는 현상에는 관측개체가 갖는 정보가 자신의 공간단위를 넘어 누출되는 것이다. 즉, 인접해 있는 공간단위들은 서로 유사한 관측치를 갖게 되어 과잉정보를 제공하게 된다. 이러한 정보의 중복은 관측개체들의 상대적인 공간위치에 의해서 발생하며, 위치의 의존성이 높을수록 정보중복의 경향은 강해진다. 따라서 공간의 불일치는 측정 오류 및 모델설정오류 등을 유발하고, 더 나아가 이러한 오류로 인해 '공간적 자기상관'이 발생할 수 있다 또 다른 공간자기상관의 원인은 공간실체들의 상호작용이다. 인간은 공간상에서 유무형의 상호작용을 끊임없이 하고 있다. 이

러한 공간상의 상호작용은 정보 및 기술의 확산 등으로 나타나기도 하며, 공간 간의 위계구조도 나타나기도 한다. 결과적으로 이러한 공간과정을 통해 공간 위의 한 장소에서 발생하는 현상이 다른 장소에서의 현상을 결정하게 된다. 이러한 공간상의 상호작용은 동일한 변수 내의 여러 값들 간의 현상일 수도 있으며 서로 다른 변수들 간의 현상으로 발현될 수 있다. 따라서 공간 실체들은 공간상에서 독립적인 실체가 아니며 상호의존적인 관계를 맺는 실체들이다. 또한, 공간의 실체들은 상호의존성을 갖기도 하지만 이질성을 갖기도 한다. 중심지와 배후지의 존재, 선도 및 낙후지역의 존재 등이 공간의 이질성에 관한 사례이다. 동종 제조업체들이 특정 지역에만 집중적으로 분포되어 있으며, 이종의 업체들도 특정 지역에만 집중되는 경우도 있다. 또한 기술이전, 지식축적 및 기술혁신에서 발생하는 공간 외부성도 지역간 차이를 갖는다.

우리는 인구분포가 공간 위에 무작위적인 분포가 아닌 특정 지역에 집중되어 있는 불균형적인 분포를 갖고 있음을 알고 있다. 이렇게 공간의 실체들은 전통적인 선형분석들이 가정하고 있듯이 독립적이지도 않으며 동질적이지도 않다. 많은 실증적 연구들은 데이터가 갖는 공간의 영향에 주목하지 못하고 있다. 공간의 영향을 갖고 있는 공간데이터를 기존의 선형분석기법으로 분석 할 경우, 관측개체 및 오류항의 독립성 가정은 위반될 수밖에 없다. 따라서 공간의 영향을 포함시키지 못하는 모델은 오류를 유발하게 되어, 회귀계수가 비록 불편성은 갖지만 비효율적이어서 유의성 검증에서 잘못된 통계적 추론에 도달할 수 있다. 따라서 공간자기상관의 탐색 및 검증은 어떠한 통계분석 보다 먼저 수행되어야 한다(김광구, 2011).

2) 공간가중 행렬

공간적 자기상관성이 높다란, 공간적으로 인접해 있을수록 유사한 특성을 지니게 되고 상관성이 높아진다는 것이다. 이러한 공간적 자기상관성을 측정하고자 하는 경우 중요한 문제 중 하나는 공간적 인접성을 어떻게 정의하고 측정 하는가이다. 일반적으로 공간적 인접성은 특정지점으로부터의 일정거리(임계치 거리)내에 위치한 모든 지역으로 정의 되거나 특정지역에 가장 가까이 위치한 n 개의 지역(지점)으로 단순하게 정의되기도 한다. 또는 다소 복잡하게 지역 간에 거리조락 함수를 이용하여 측정되기도 한다. 또는 면(polygon)데이터의 경우 지역들의 물리적 인접성을 토대로 측정될 수도 있다. 이러한 인접성은 공간가중행렬(Spatial Weighted Matrix)을 이용하여 나타내는데, 이는 연구대상지역 내 다수의 지점들이 서로 공간적으로 인접하고 있는가의 여부를 일목요연하게 파악할 수 있도록 행렬로 나타낸 것이다. 공간적으로 인접도나 인접거리로 나타내는 공간 가중치 행렬($n \times n$)은 점 또는 지역들 간의 잠재적 상호작용의 강도를 말해준다. 즉, 면이나 점으로 나타난 지역들의 공간 배열자체를 나타낸 공간가중행렬이 공간적 자기상관성이나 공간적 상관관계를 알려주는 중요한 요인으로 고려되고 있다.

공간적 자기상관성이 존재하는 경우 공간가중행렬을 이용해 공간효과를 통제해야 한다. 공간가중행렬을 구축하는 경우 공간인접성을 기준으로 행렬을 구축하는 방법과 공간거리를 기준으로 하는 방법이 있다. 먼저 공간 인접성을 기준으로 공간가중행렬을 구축하는 경우에도 공간 인접성을 어떻게 정의하여 측정하느냐에 따라서 공간가중행렬도 달라진다. 인접행렬을 산출하는 방법으로는 Rook, Bishop, Queen방식이 이용된다. Rook의 경우 두 지역의 경계선(변)이 공유되는 경우이며, Bishop은 두 지역이 모서리를 공유하는 경우, 그리고 Queen 방식은 두 지역이 변, 모서리를 공유하는 경우이다. 또한 공간거리를 이용하는 경우는 지역 데이터의 중심점에 Centroid를 지정하고 각 지역 센트로이드간 거리를 계산하는 방식이다.

연구지역의 행정동 단위의 자기상관성을 표현하는 공간가중행렬을 그림 4-2

로 도식하였다.

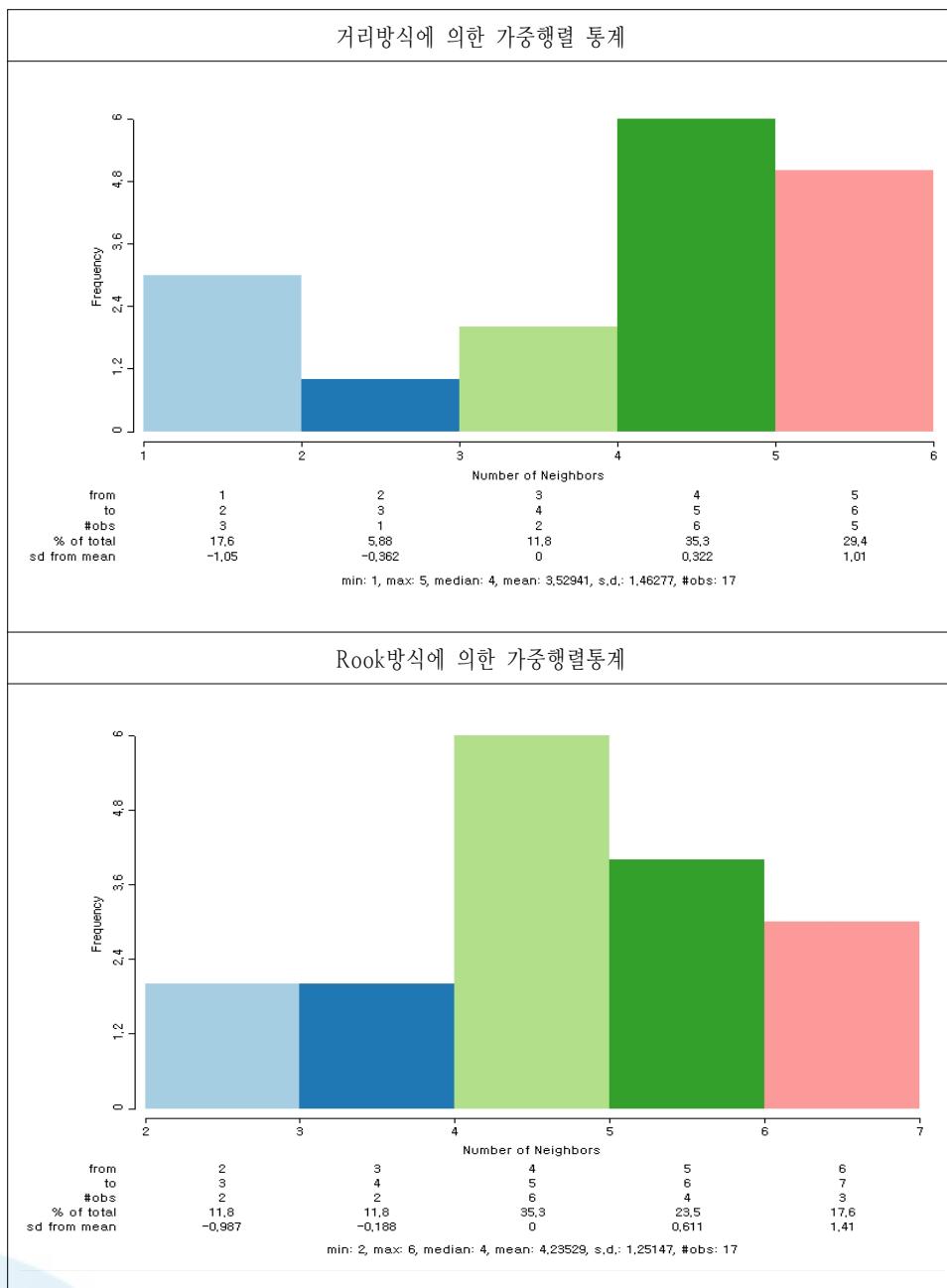


그림 4-2 연구지역 공간가중행렬 방식별 통계결과

Rook방식에 의하면 표 4-4와 같이 최소는 2개소 최대는 6개소, 평균 4개소가 인접하는 것으로 나타났으며, 거리를 중심으로 분석해 본 결과 최소는 1개소에서 최대 5개소 평균 4.3개소가 인접하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 편차가 적고, 안정적인 정규분포형태를 나타낸 Rook방식으로 분석하고자 한다. 그림 4-3은 5대 범죄 Hotspot지점 분석시 Rook에 의한 행렬과 인접지역을 도식화한 그림이다.

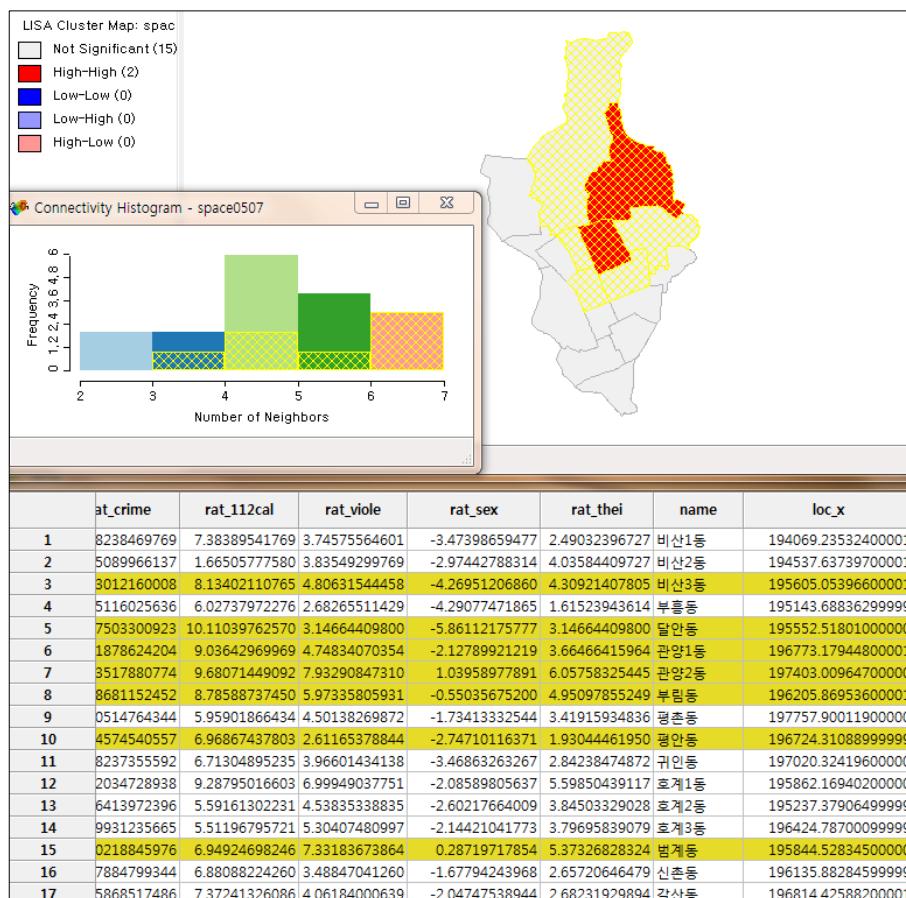


그림 4-3 5대 범죄 위험지점(Hotspot)과 인접지역, 공간가중행렬의 예

표 4-4 공간가중행렬설정결과

구분	평균	중위(median)	최소	최대	SD
Rook	4,235	4	2	6	1,251
queen	4,470	4	2	7	1,462
distance	4,352	5	1	8	2,148

3) 공간적 자기상관성 측정

공간적 자기상관은 일반상관관계의 확장된 형태로서 지형적으로 분포된 자료간의 독립성을 측정하는 한 방법이라고 볼 수 있다(Bennett, 1979). 일반적으로 피어슨상관계수가 두 개의 짹지어진 변수들 사이의 상관정도를 측정하는 것에 비해 공간상관 계수는 지형분포에 따라 관측 값들이 갖게 되는 상관관계를 재는 척도이다. 상관(Correlation)은 두 개의 변수 사이에 존재하는 관계이고 자기상관(autocorrelation)은 하나의 변수의 관측 값들이 서로 상관관계를 갖고 있는 것을 말한다. 여기에서부터 확장된 공간적 자기상관은 공간단위가 평면상에 순서적으로 배열되거나 정리되는 방식에 기인하는 변수의 값들 사이의 관계로 정의 할 수 있다. 즉 같은 변수의 값들 사이에 서로 상관관계를 가지고 있으면 그 값은 서로 영향을 되고 이들 사이의 거리가 가까울수록 그 영향은 더욱 커지게 된다는 것이다. 수식으로 표현하면

$$\sum_i \sum_j c_{ij} w_{ij} \quad (4-1)$$

c_{ij} : 두 공간 객체의 유사도

w_{ij} : 두 공간 객체의 인접도

로 구성되어 두 행렬의 외적에 의한 결과로서 산출된 측도는 지리적 자료의 인접도에 관한 함수라고 할 수 있는 공간적 가중치 행렬과 각각의 공간객체들의 속성 값 유사도 행렬의 곱에 의해 계산되며 이것은 공간적 자기상관에 대한 일반적인 선형모형으로 간주될 수 있다.

따라서 개념상 이 공간 자기상관이 0 일 때 관측 값들은 지형적으로 임의적인 분포도를 형성한다고 설명할 수 있다 이 공간자기상관이 양수의 값을 갖는다면 비슷한 관측 값들이 동일한 지점을 중심으로 집중되어 있다고 볼 수 있고 반대로 음수의 값을 취하는 경우에는 서로 상이한 관측 값을 갖는 지역끼리 한 곳으로 집중되어 있음을 생각해 볼 수 있다. 모란통계계수(Moran's I statistics)가 공간자기 상관관계를 측정하는데 더욱 효과적이며 보편적인 지표로 사용된다(김기득·곽대훈, 2003).

일련 지점들의 집합에 대한 공간적 자기상관은 한 지점에서 측정된 사건의 값들이 이웃한 곳에서 측정된 사건의 값과 비슷한지 혹은 아닌지에 관련되어 있는데, 만약 양의 상관관계가 존재한다면 한 지점과 이웃한 지점의 값은 비슷한 경향을 보이고 반대로 음의 상관관계가 존재하거나 상관관계가 존재하지 않는다면 지점들의 값은 이질적으로 나타난다. 이것은 소위 말하는 “지리학의 제 1 법칙”과 동일한 개념으로 이해할 수 있다.

공간적 자기상관지수를 측정하기 위해서는 두 가지를 측정해야 하는데 첫째, 각 지점들의 인접성을 측정하고 둘째, 지점들의 속성 값의 유사도를 측정해야 한다. 인접성은 각 지점들의 거리를 통해 계산할 수 있고 속성의 유사도는 공간적으로 인접한 지점들의 속성 값의 차이를 통해 계산한다. 지점 사상인 범죄 자료는 사건의 위치와 시간, 유형에 관련된 정보를 저장하고 있는데 공간적 자기상관분석을 위해 행정구역과 같은 면(面) 단위로 사건을 집계해야 한다. 이렇게 면(面) 사상으로 집계된 범죄 자료는 인접한 지역과의 공간적 자기상관의 정도를 측정할 수 있다. 공간적 자기상관을 확인하기 위해 가장 많이 사용하는 기술은 Moran's I 와 Geary's C인데 일반적으로 Moran's I 를 더 많이 사용하며 다음과 같이 정의한다.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (4-2)$$

이 식에서 w_{ij} 는 공간 가중치 행렬값을 의미한다. Moran's I 통계량이 양의 값을 보이면 공간적으로 군집된 패턴을 의미하며, 음의 값을 보이면 공간적으로 확산된 패턴을 의미한다.

연구지역의 자료를 중심으로 공간적 자기상관성을 가지고 있는가를 조사하기 위해 Rook방식을 이용하여 공간가중행렬을 구축한 후 변수별 공간적 군집형태를 산포도로 분석하여 그림 4-4와 같이 살펴보았다.

Moran 산점도는 4개의 면으로 나누어 서로 다른 유형의 공간 자기상관을

표시할 수 있다. 산점도의 1사분면(높은 값-높은 값)과 3사분면(낮은 값-낮은 값)은 서로 유사한 값을 가지게 되어 '정적(positive) 공간 자기상관관계'를 표시하고 2사분면(낮은 값-높은 값)과 4사분면(높은 값-낮은 값)은 서로 상이한 값을 갖게 되어 '부적(negative) 공간 자기상관관계'를 나타낸다.

공간단위 i 의 잔차와 이웃 공간단위들의 잔차 평균값과의 공간 자기 상관관계를 Moran 산점도를 이용해 나타낼 수 있으며 (Anselin, 1996). x -축은 분석변수들의 잔차이고, y -축은 변수들과 인접하고 있는 변수 잔차들의 공간 가중된 평균값이다. 그림 4-4에 나타나 있는 잔차들 위에 추세선을 투사해 보면 공간 자기상관과 구체적인 Moran's I 계수를 얻을 수 있다.

이 추세선은 OLS 잔차들이 '정적 공간 자기상관'을 갖고 Moran I 계수는 표 5-5과 같이 5대범죄율(0.080), 112신고건율(0.108), 성범죄율(0.116), 풍속업체(0.186), 청년율(0.329), 사회적약자율(0.252), 다문화 가정율(0.043), 가로등밀도(0.236), 사업체 종사자수(0.122), 자동차보유율(0.416)에는 양의 값으로 나타났다. 생활보호대상자와 CCTV 설치 요청율, CCTV 운영율, 폭력범죄율, 절도범죄율은 0보다 낮은 값으로 거리와 근접성에 매우 둔감한 것으로 나타났다.

표 4-5 주요변수별 Moran's I 통계량

청년 율	생활 보호 대상자 율	사회 약자 율	다 문화 가정 율	풍속 업체율	사업체 종사자 수	CCTV 요청율	CCTV 운영율	5대 범죄율	112 신고	폭력 범죄율	성 범죄율	절도 범죄율	가로등 밀도	자동차 보유
0.329	-0.052	0.252	0.043	0.186	0.122	-0.062	-0.091	0.080	0.108	-0.145	0.116	-0.193	0.236	0.416

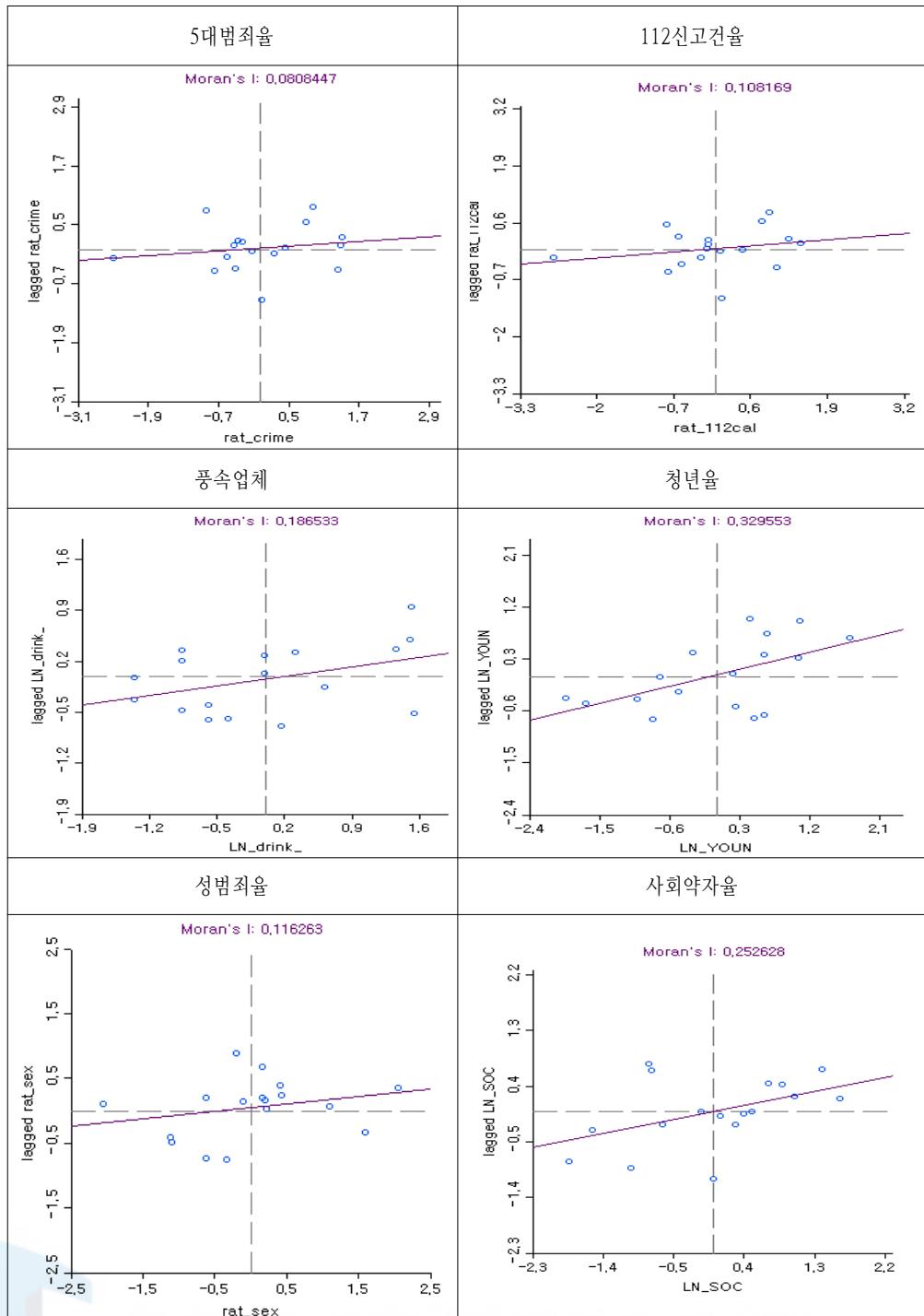


그림 4-4 연구지역 주요 변수의 Moran's I 산포도

Moran's I의 산포도를 특정변수의 추세를 살펴보기 위해 그림 4-5와 같이 2차원 분석을 위해 y축에 종속변수를 두고 x축에 각 변수를 두고 살펴보았다. 또, CCTV가 각 범죄율과 사회·경제적 변수 및 시설에 어떠한 군집형태를 두고 있는지를 살펴보았다.

현재 CCTV운영은 절도율에는 분산형태로 나타나지만 5대 범죄, 성범죄 또한 교육시설, 풍속업체에는 정적 자기상관 형태, 공간적으로 군집하는 형태로 나타나고 있다.

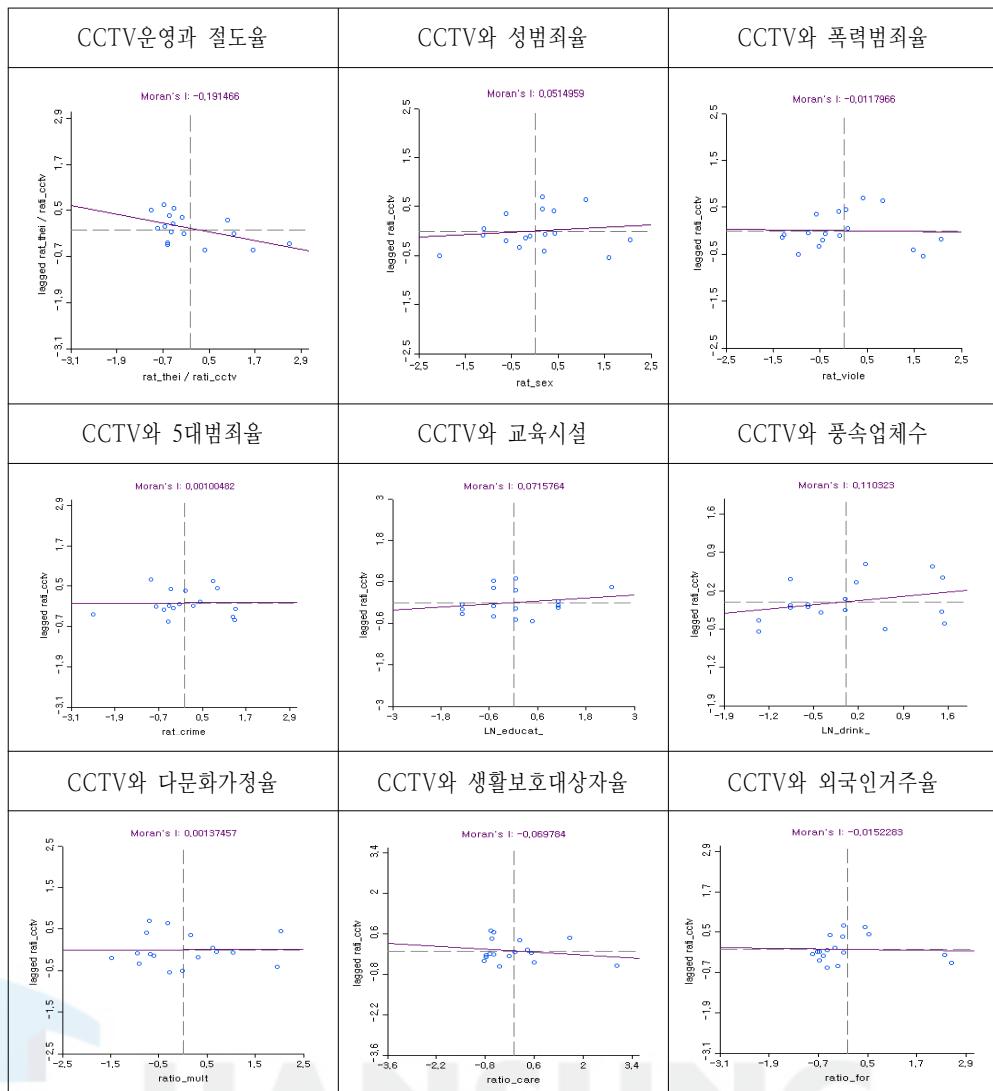


그림 4-5 CCTV와 각 변수간 Moran's I의 산포도

4) Local Moran 기법의 위험공간 선정

공간적 자기상관성 분석이 연구지역 전체의 공간적 자기상관성의 정도를 나타내는 지표이기는 하지만 이것은 각 지역의 국지적 차원에서의 공간이질성을 반영하지 못한다. 따라서 공간적 자기상관성을 측정할 때에는 국지적 규모의 공간적 상관분석도 함께 고려되어야 한다. 특히 범죄분석에 있어서는 국지적인 공간적 상관분석(Local Indicator of Spatial Association, LISA)을 통해 범죄발생의 집중지역을 확인할 수 있다는 점에서 매우 효율적인 분석기법이다. 국지적 규모에서 공간적 자기분석을 통해 공간적 군집여부를 발견할 수 있을 뿐 아니라 군집의 스케일과 주변지역과의 관계도 함께 탐색할 수 있으며 공간적인 이례지점(outlier)¹⁰⁾도 파악할 수 있다.

Aselin(1995)은 다음 두 가지 조건을 만족하는 통계량을 LISA로 정의한다. 첫째, 각 관찰지점에서 LISA는 주변관찰지점 값들과의 유사성을 나타내어 공간 군집성 정도를 알 수 있게 한다.

다음은 i지점에서 관찰된 변수 y_i 의 LISA식이다.

$$L_i = f(y_i, y_{ji}), \text{prob}[L_i > \delta_i] \leq \alpha_i \quad (4-3)$$

여기서 f 는 LISA통계량 함수이고, y_{ji} 는 i의 이웃 ji 에서 관찰된 값이다. LISA 통계량 L_i 는 i 지점에 공간적 상관성의 패턴에 대한 통계적 유의성을 추론하는 것이 가능하다. δ_i 는 임계치, α_i 는 임의의 유의수준이다.

둘째, 모든 관찰지점에서 LISA들의 총합은 공간적 자기상관의 전역적 지표에 비례한다. 즉, 전역적인 통계와 LISA의 관계는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_i L_i = \gamma \Lambda, \text{prob}[\Lambda > \delta] \leq \alpha \quad (4-4)$$

여기서 Λ 는 공간적 상관성의 전역적인 지표이고 γ 는 규모 요인이다. LISA

10) 통계학에서는 이상치로 표현이 되지만 공간상에서는 hotspot과 coldspot지점으로 이동 가능한 지점으로 표현되는 지점을 말한다.

분석의 목적은 다음 두 가지이다.

첫번째, LISA는 Getis와 Ord (1992)의 G_i 와 G_i^* 통계에서와 유사하게 불안정성의 국지적인 포켓의 지표, 또는 위험공간(Hotspot)을 나타낼 수 있다. 두 번째, 전역적인 통계량에 대한 지역별 영향을 평가하기 위해 또한 Anselin의 Moran 산포도에서와 같이 이례지점(outlier)"을 확인하기 위해 사용될 수도 있다(Anselin, 1995).

이와 같은 LISA 통계량 추정 종류에는 local Moran과 local Geary가 있다. local Moran은 다음 식으로 정의된다.

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j, j \neq i \quad (4-5)$$

여기서 z_i 와 z_j 는 평균과의 편차이고, w_{ij} 는 해석의 편의를 위해 행 표준화된 가중치 행렬로 정의한다. 따라서 I_i 는 이웃하는 위치에서 관찰 값들의 평균과 z_i 의 곱이라고 정의할 수 있다. local Moran이 실제로 각각의 관찰지점에서 공간적으로 평탄하게 나타나기 때문에 국지적 군집을 확인하기 위해 사용될 수 있다(Bao, 1998). i지역에서 local Geary는 다음과 같이 정의된다 (Anselin, 1995).

$$c_i = \sum_j w_{ij} (z_i - z_j)^2, j \neq i \quad (4-6)$$

여기서 c_i 값이 작을 경우 i지역의 정적인 공간적 상관성을 나타내고, c_i 값이 크면 음의 공간적 상관성을 나타낸다. local Geary는 국지적인 지역에서 관찰 지역과 그 이웃 사이의 평균차를 측정하기 때문에 이례 지점이나 공간적 관계, 즉 유사성과 이질성을 확인할 수 있는 통계량이다. 군집을 확인하기 위한 구체적인 방법으로 Local Moran 값을 표준화시킨 Z값이 높은 양의 값을 가지면 공간군집을 나타내는 유사성의 지표로, 높은 음의 값으로 나타날 경우에는 공간이질성의 지표로 설명된다.

국지적 차원에서 공간적 연관정도를 측정하는 경우 모란 산포도를 통해 공간적 연관성유형을 네 가지로 구분할 수 있다. 즉, 원점을 기준으로 하여 높

은 값 주변에 높은 값이 존재하는 HH유형(high-high), 낮은 값 주변에 낮은 값이 존재하는 LL유형(low-low), 높은 값 주변에 낮은 값이 존재하는 HL유형(high-low), 그리고 낮은 값 주변에 높은 값이 존재하는 LH유형(low-high)이다. 국지적인 차원에서 공간적 군집은 HH, LL유형이고, LH와 HL는 공간적 이례지역(outlier)이다 이 기법을 이용하여 이웃하고 있는 구역(zone)에 대한 것보다 각 구역에 대한 성격을 규정할 수 있다는 것이다.

즉, 근린지역에 대한 분석보다도 hotspot지역과 cold spot에 대한 위치를 찾을 수 있도록 해준다. 둘째, 이 기법은 이웃하고 있는 구역과는 전혀 다른 이례(outlier)지역을 찾을 수 있게 한다. 그러나 이 기법을 활용하면서 유의해야 할 점은 먼저, I값이 양의 수가 있어도 이 값은 유사성을 나타내는 지표이기에 Hotspot이라고 할 수 없다는 점이다. 즉, 이웃하고 있는 구역들이 전부 낮은 값을 가지고 있으면 낮게 나올 수 있기 때문이다. 그래서 값에 대한 신중을 기해야 한다. 둘째로 근린의 유사성과 비유사성으로 구역 성격을 규정하는 것은 통계유의성상 문제가 된다.

연구지역의 각 자료를 LISA분석을 통해 Hotspot(HH유형), Cold spot(LL유형), outlier(HL,LH유형)를 구별할 수 있다. 분석한 결과는 표 4-7과 같다.

표 4-6 LISA통계 기반 local Moran에 의한 지역구분 분석 결과

구분	Hotspot(HH)	Outlier		Cold Spot(LL)	유의성
		HL지역	LH지역		
5대 범죄	부림동, 관양 1동				$\rho = 0.01$
112신고	부림동				$\rho = 0.05$
폭력범죄		범계동	평안동		$\rho = 0.05$
성범죄			평안동	비산 2동, 비산 3동	$\rho = 0.05$
절도범죄			귀인동, 관양 1동	평안동	$\rho = 0.05$
젊은층 분포	호계 1동, 갈산동 신촌동			관양 2동	$\rho = 0.05$
생활보호대상자			부림동		$\rho = 0.05$
외국인거주				귀인동	$\rho = 0.05$
다문화가정			호계 3동		$\rho = 0.05$
CCTV운영			부림동	범계동	$\rho = 0.05$
CCTV설치요청율				범계동	$\rho = 0.05$
교육시설 위치		갈산동	부림동	호계 2동	$\rho = 0.05$
사회적약자분포율		갈산동	비산 3동	호계 1동	$\rho = 0.01$
풍속업소	관양 1동			부흥동	$\rho = 0.05$
사업체종사자수			평안동	비산1동, 비산 2동	$\rho = 0.05$
자동차보유대수	갈산, 귀인, 평촌		신촌동	부림동, 비산 3동	$\rho = 0.05$

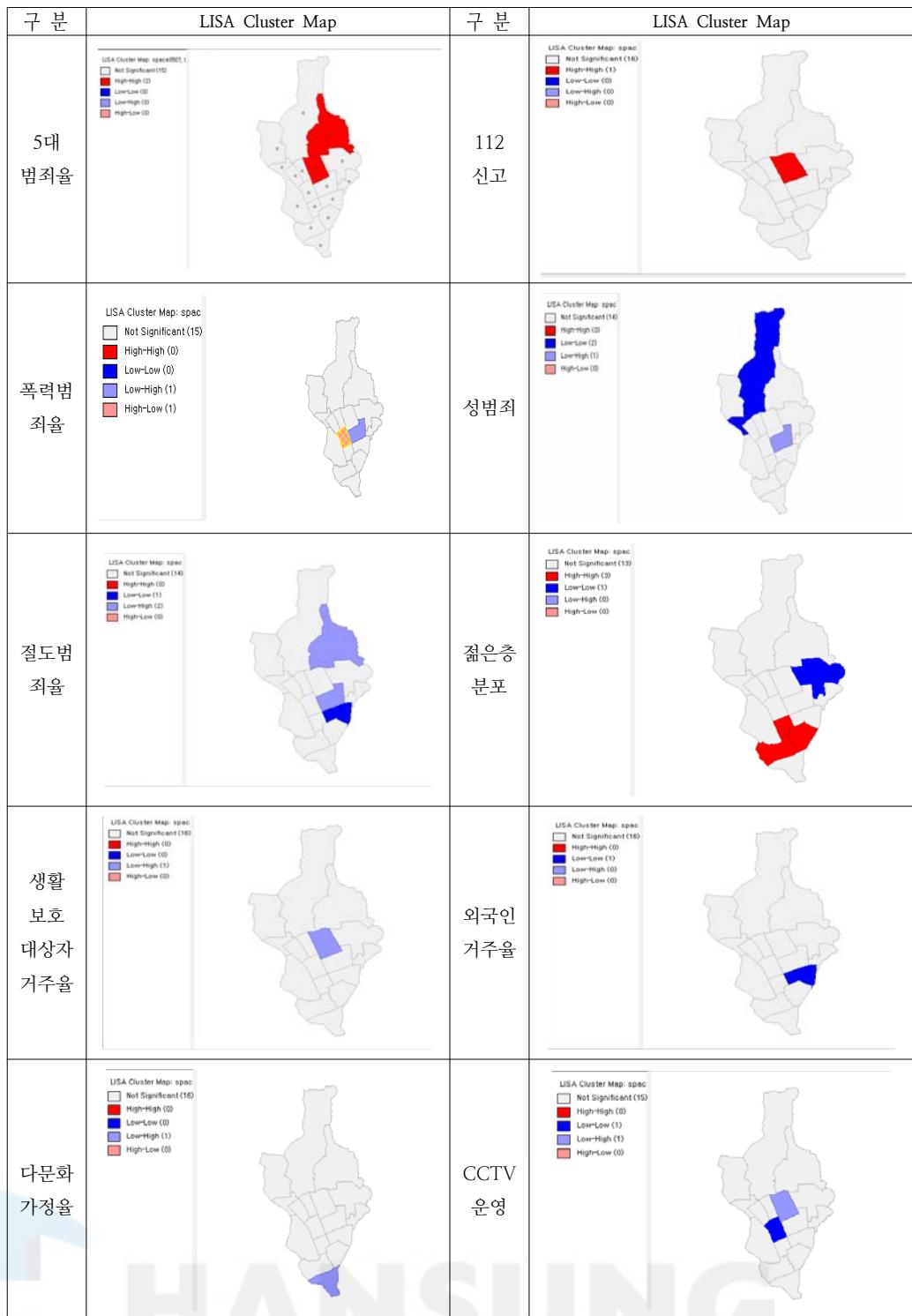


그림 4-6 LISA통계 기반 local Moran Cluster Map

또한, Moran's I 의 산포도를 특정변수의 추세를 살펴보기 위해 2차원으로 분석이 가능하다. 각기 분석목적별로 다양하게 추론이 가능할 것이다. 우선적으로 CCTV와 각각 범죄 종류별로 점검해보면 표 4-7과 같이 CCTV와 5대 범죄를 살펴보면 관양 1동은 CCTV도 많지만 5대 범죄도 많이 발생하는 지역이며, 반면에 부림동은 범죄는 많지만 CCTV는 적은 지역으로 많은 관심이 필요한 지역이다.

폭력범죄를 살펴보면 범계동은 CCTV도 적고 폭력범죄도 적은 지역이며, 귀인동은 CCTV는 많지만, 폭력범죄가 적은 반면에, 평안동은 CCTV는 적지만 폭력범죄가 많은 것으로 나타났다.

성 범죄는 평안동이 CCTV는 적지만 범죄가 많이 발생하는 이례지점으로 분석이 되었다.

절도범죄는 관양1동이 CCTV도 많지만 절도 범죄도 많이 발생하는 지역으로, 귀인동은 CCTV는 많지만, 절도범죄가 낮은 이례지역으로 분석되었다.

CCTV와 교육시설을 점검해 본 결과 부림동은 교육시설은 많지만 CCTV가 적은 반면에 갈산동은 교육시설에 비해 CCTV가 많이 운영되는 것으로 나타났다.

또한 각종 사회경제변수와 범죄율을 비교하여 보면 표 4-8와 같이 외국인과 5대 범죄율을 분석해 보면 관양 1동과 부림동은 외국인도, 5대 범죄도 많이 발생하는 위험공간(Hotspot)이며, 사회적 약자와 범죄율을 살펴보면 부림동이 사회적 약자도 많고 범죄율도 높은 위험공간이었다.

풍속업체와 범죄율, 폭력범죄율과 절도범죄율의 위험공간 역시 관양 1동과 부림동이 많이 나타났다. 귀인동은 폭력과 절도부분에서 안전한 공간으로 분석되었다.

표 4-7 LISA통계 기반 변수별 2차원 local Moran Cluster Map(1)

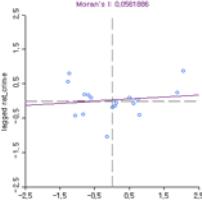
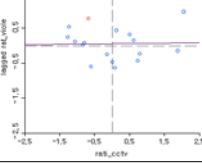
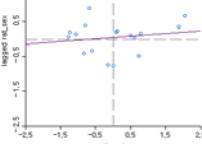
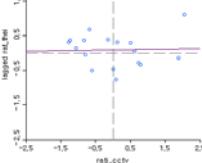
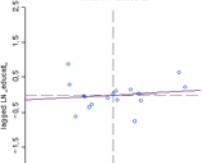
구 분	Moran' I(rook)	LISA Cluster Map	Hotspot (HH) $\rho = 0.05$	Outlier		Cold Spot(LL) $\rho = 0.05$
				HL지역	LH지역	
CCTV와 5대범죄			관양 1동		부림동	
CCTV와 폭력 범죄				귀인동	평안동	범계동
CCTV와 성범죄					평안동	비산 2동
CCTV와 절도 범죄			관양 1동	귀인동		
CCTV와 교육시설				갈산동	부림동	호계 2동

표 4-8 LISA통계 기반 변수별 2차원 local Moran Cluster Map(2)

구 분	Moran' I(rook)	LISA Cluster Map	Hotspot (HH)	Outlier		Cold Spot(LL)
				HL지역	LH지역	
외국인과 5대 범죄			관양 1동 부림동			
젊은이와 범죄율			관양 1동	부림동		
생활보호대상 자와 범죄율			관양 1동	부림동		
사회적약자와 범죄율			부림동	관양 1동		
풍속업체와 범죄율			부림동 관양 1동			
폭력범죄와 절도범죄율			관양 1동			귀인동

5) Getis-Ord Local “G”기법의 위험공간 선정

Getis-Ord Local “G”는 G 통계량에 기초하여 공간적으로 이웃하고 있는 특별한 속성을 각 개별 지역에 적용한 것이다. 이때 “G” 값은 운영자에 의해 지정된 탐색거리를 중심으로 계산이 된다. 이때 “G”는 다음과 같이 표현된다.

$$G_i = \frac{\sum_i W_{ij}(d)X_j}{\sum_j X_j} \quad (4-7)$$

$$E[G_i] = \frac{W_i}{(N-1)}$$

$$Var(G_i) = E(G_i^2) - [E(G_i)]^2$$

$$E[G_i^2] = \frac{1}{(\sum_j X_j)^2} \left[\frac{W_i(n-1-W_i)\sum_j X_j^2}{(N-1)(N-2)} \right] + \frac{W_i(W_i-1)}{(N-1)(N-2)}$$

여기서 w_j 는 “i” 지역(zone) 부터 “j” 지역의 가중치이고, W_i 는 “i” 지역의 가중치 합이며, N은 경우의 수이다. 이때 운영자는 거리단위와 검정을 위한 탐색거리를 지정해 주어야 한다. 유의해야 할 점은 이 통계기법은 정규분포를 하지 않기 때문에 유의성 검정이 종종 정확치가 않는다. 대신 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 강도변수(intensity variable) Z의 초기 값과 각 지역(Zone)에 할당이 되기 때문에 변수의 무작위분포를 위한 G값의 평가와 변수 Z의 분포를 위해서는 100회 이상을 꼭 해야 한다.

Getis-Ord Local “G”는 위험공간(Hotspot)과 안전(安全)지역(Cold spot)을 명확히 할 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 Anselin's의 Local Moran은 공간적 자기상관성을 지역간 유사성과 비유사성을 구분하여 양과 음의 지수로 표현한다. 즉, Moran's I 지수는 유사한 값들의 공간적 자기상관도를 측정하는 지수이기 때문에 큰 값들이 군집되어 있는 경우나 작은 값들이 군집되어 있는 경우를 구분하지 못한다. 그러나 G통계량(G-Statistics)은 큰 값들의 공간적 군집도와 작은 값들의 공간적 군집도를 구별할 수 있다. G통계량의 경

우 큰 값들이 공간적으로 밀집되어 있는 경우 G값이 크게 산출되지만 낮은 값들이 군집되어 있는 경우에는 G값이 낮게 산출된다. 이렇듯 G통계량은 큰 값의 군집패턴과 작은 값의 군집패턴을 구별할 수 있다.

그러나 Getis-Ord Local “G”가 가지는 가장 큰 결점은 주변에 전혀 다른 속성(낮은 값을 가진 지역들에 둘려 쌓여 있던지, 다른 지역들은 높은 값들로 둘려 쌓여 있던지)을 가진 지역의 음의 공간적 자기상관성을 감지하지 못한다. 따라서 Moran's I 지수와 G통계량을 상호보완적으로 활용해야 한다. 둘째로, 유의성 검정에 매우 취약할 뿐만 아니라 분석지역이 너무 많으면 유의성 검증을 보여주지 못한다. 또한 탐색 원과 “G”的 정확성과 관계는 trade-off 관계임으로 유의성 있게 살펴야 한다. 그래서 분석자는 “G”값에 대한 해석에 매우 신중을 기해야 하며, 오직 지역 내의 High값과 Low값만 선택하는 것이 매우 유익하다. 분석결과는 표 4-9과 표 4-10과 같다.

표 4-9 Getis-Ord Local “G”에 의한 지역구분 분석 결과

구분	Hotspot(High)	Cold Spot(Low)
5대 범죄율	부림동	
112 신고율	관양 1동, 부림동	비산 1동
폭력 범죄율	관양 1동	범계동
성 범죄율	평안동	비산 3동,
절도 범죄율	관양 1동	귀인동
풍속 업소율	관양 1동	귀인동
생활보호 대상자율	부림동	
외국인 거주율	관양 1동	귀인동
다문화 가정율		호계 3동
CCTV 운영율	부림동	범계동
CCTV 설치요청율	관양 1동	갈산동
교육 시설율	부림동	
젊은이 분포율	신촌동, 호계 1동, 갈산동	비산 3동
사회적 약자 분포율	비산3동, 달안동, 범계동	호계 1동, 갈산동
사업체 종사자 수	평안동	비산1, 2동
자동차 보유대수	갈산, 신촌, 귀인, 평촌, 평안	비산 3동, 부림동, 달안동

표 4-10 Getis-Ord Local “G” Cluster Map

구 분	Local “G”Cluster Map	구 분	Local “G”Cluster Map
5대 범죄율		112 신고	
폭력 범죄율		성범죄	
절도 범죄율		젊은층 분포	
생활 보호 대상자 거주율		외국인 거주율	
풍속 업소 비율		CCTV 운영	

제 3 절 공간종속 회귀모델링

1) 이론적 모델

앞에서 살펴본 탐색형 공간자료 분석(ESDA)을 통해 우리는 범죄가 지형적으로 어떻게 분포되며 군집되어 있는지를 주로 살펴 볼 수 있었다. 다음으로 제기될 질문은 과연 어떠한 이유로 범죄가 군집, 혹은 분산되는지 하는 것이다. 기존 많은 문헌들은 범죄를 설명하기 위해 다양한 이론들을 제시하였고, 또 그 이론을 검증하기 위한 많은 실증연구들이 행하여져왔다. 이러한 노력들은 최근 들어서 활발해진 공간계량 경제학적 방법론을 통하여 보다 다각적으로 시도되고 있다.

그 중 회귀분석은 독립변수(X_i)가 종속변수(Y)에 어떠한 영향을 미치고 있는가를 분석하는 통계적 기법으로 회귀분석을 수행하는 목적은 종속변수와 독립변수들 사이의 관계를 회귀식으로 도출한 후 회귀식으로 부터 X_i 값의 변화에 따라 상응하는 Y_i 값을 예측하는데 궁극적인 목적을 두고 있다.

선형회귀모델의 통계적 분석이란 표본자료로부터 회귀계수를 산출하여 알려져 있지 않은 모집단간의 관계를 추론하는 것이다. 또한 이 모델은 종속변수와 독립변수들 간의 관계를 결정짓는 가장 적합한 회귀식을 찾는데 기준이 되는 잔차를 최소화하는 최소자승법(OLS: ordinary least square)을 적용하여 잔차의 제곱의 합을 최소화하는 직선을 구하여야 한다. 이를 수식으로 표현하면

$$\min \sum e_i^2 = \min \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (4-8)$$

으로 표현한다. 그러나 이 모델의 기본 가정인 정규성, 독립성, 등분산성, 공간적 자기상관성의 배제, 공선성의 배제에 대한 위배현상이 없어야 모델에 대한 적합성이 인정된다.

공간계량경제학이란 위에서 살펴본 공간적 자기상관과 같은 공간 상호작용이나 공간이질성과 같은 공간구조를 회귀모형적 접근법을 통해 설명해 내고자하는 계량경제학의 한 부분이라고 볼 수 있다(Anselin, 1999).

공간자료를 활용한 회귀모형은 종속변인에 대해 독립변인들이 갖는 영향의 정도가 지역이나 공간이 갖는 구조를 감안할 수 있도록 공간효과(spatial effect)를 정형화한 회귀모델의 확장 형태라 볼 수 있다. 이러한 공간효과는 보편적으로 회귀분석의 맥락으로 설명할 때 공간 의존, 공간 자기상관, 혹은 공간적 이질성과 같은 개념으로 정의될 수 있다. 이는 고전선형모델에서 가정하는 오류의 등분산성과 밀접히 연관되는 문제이다.

회귀모델에 의해 계산된 예상 값과 관측 값 간의 차이가 관측 값의 전 구간에 걸쳐 동일한 편차의 정상분포를 이루어야 한다는 가정은 사실상 공간자료를 분석할 때에 많은 제약이 된다. 특히 지역간 공간 자기상관을 생각할 때 이러한 오류의 임의성을 전제하기란 결코 쉽지 않다. 따라서 이러한 한계를 추가의 모형가공을 통하여 설명해 내려는 것이 공간회귀분석의 시발점이 된다.

공간적 자기상관성을 갖고 있는 공간데이터로 인해 야기되는 문제들을 해결하여 모델의 추정결과에 대한 신뢰도를 높이려고 하는 모델을 공간회귀모델이라 한다. 이분산성을 설명하기 위해 크게 두 가지의 연구모형을 생각해 볼 수 있는데 이렇게 회귀모형을 통해 공간효과를 정형화하여 그 계수를 산출해 내는 과정을 공간 확률과정(Spatial Stochastic Process)이라 한다. 크게 공간 확률과정은 공간공차(Spatial Autoregressive, SAR)와 공간이동평균(Spatial moving average, SMA) 과정으로 나누어 볼 수 있다(Anselin and Bera, 1998).

그 중 공간 시차를 적용한 공간공차 과정은 기본적으로 일반 시계열분석과 유사하다. 단 시계열분석에 비해 공간분석의 가장 두드러지는 차별되는 점은 시계열에서 흔히 말하는 “이동(shift)”의 개념이 공간지체(spatial lag)의 개념으로 대체된다는 점이다. 종속변수가 공간적 자기상관을 갖고 있어 어떤 지역의 Y 관측치가 인접지역들의 Y_i 관측치와 상관이 있는 경우 공간패턴이 형성되는 공간구조나 공간과정을 분석하기 위해서는 통계모델에 공간적의존성을 변수로 투입해야 한다. 즉, 공간적 시차(Spatial Lag)변수를 하나의 설명변수로 회귀모델에 삽입한다(Anselin, 1998). 한편 오차에서 자기상관성을 갖고 있는 경우는 주로 설명변수를 고려하지 못하여 공간적 자기상관성을 갖고 있는 변

수로 인해 나타나는 파급효과라 볼 수 있다. 이런 경우 공간적 오차 모델을 사용한다.

2) 공간시차모델(Spatial Lag Model)

이는 종속변수가 공간적 자기상관성을 갖고 있는 경우에 OLS 회귀모델의 대안적 모델로서 사용된다. 기본개념은 인접한 지역의 관측치에 대한 영향력을 통제하기 위해서 주변지역들이 종속변수에 미치는 영향력을 변수화하여 새로운 설명변수로 회귀모델에 추가적으로 투입하는 것이다. 즉, 인접 관측치 와의 관계를 모델에 추가하여 주변에 이웃하는 지역들에 대한 평균치를 공간 가중행렬로 구축하는 것이다. 종속변수가 공간적 종속성을 갖고 있는 경우 해당지역의 종속변수는 주변지역으로부터 파급효과(sillover effects)를 받게 되는데 이를 공간시차변수(W_y)를 통해 반영하는 것이다.

$$Y = \rho WY + X\beta + \epsilon, \quad \epsilon \sim MNV(0, \sigma^2 I_n) \quad (4-9)$$

$$\begin{aligned} Y - \rho WY &= X\beta + \epsilon \\ (I - \rho W)Y &= X\beta + \epsilon \\ Y &= (I - \rho W)^{-1}(X\beta + \epsilon) \end{aligned} \quad (4-10)$$

$$(I - \rho W)^{-1} = I + \rho W + \rho^2 W^2 + \dots \approx \frac{1}{1 - \rho} \quad (4-11)$$

기본 식은 (4-9)이며, $(I - \rho W)^{-1}$ 은 공간승수효과(Spatial multiplier) 또는 공간파급효과를 나타내는 것으로 $W_{ij} < 1$ 이고 $|\rho| < 1$ 일 때 식(4-11)과 같이 레온티에프 확장(Leontief expansion)으로 나타낼 수 있다. 이러한 공간승수는 공간적 상호작용에 대한 간접효과 또는 전체 외부효과를 의미하며, 이는 하나의 시스템에서 모든 지점이 서로 연관되어 있다는 것을 의미한다. 그러므로 공간 시차모델에서 회귀계수는 β 가 아니라 $\beta \cdot (I - \rho W)^{-1}$ 이 되며, 따라서 특정한 현상은 그 지역이 지닌 특성에 의해서 나타나는 것만 아니라 주변의 인접한 다른 지역들의 특성에 따른 영향도 받고 있음을 말해준다.

3) 공간오차모델(Spatial Error Model)

오차에서 공간적 자기상관성이 존재하는 경우 OLS의 대안으로 공간오차모델(Spatial Error Model)을 활용한다. 오차의 공간적 자기상관은 공간데이터를 구축하는 경우에 빈번하게 발생하는 문제이다. 공간적 자기상관이 일어나는 변수를 관측할 수 없음으로 인해 발생될 수 있거나 공간데이터가 집계되는 관측상의 문제에서 발생하는 오차의 공간적 자기상관성을 통제할 수 있다는 점에서 공간오차모델은 장점을 가지며, 이는 오차에 공간가중행렬을 적용한다. 공간과정에서 내제되어 있는 오차의 공분산구조를 이용하기 때문에 OLS모델에 비해 보다 효율적이다. 공간오차모델의 기본식은 (4-12)이며, 이를 변형하면 (4-13)이다.

이 모델에서는 오차항에만 공간승수효과가 영향을 미치고 있다. $(I - \lambda W)^{-1}$ 은 공간승수효과(Spatial multiplier) 또는 공간파급효과를 나타내는 것으로 W_{ij} <1일 경우에 나타난다.

$$Y = X\beta + \mu \quad (\mu = \lambda W\mu + \epsilon, \quad \epsilon \sim MNV(0, \sigma^2 I_n)) \quad (4-12)$$

$$Y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}\epsilon \quad (4-13)$$

$$(I - \lambda W)^{-1} = I + \lambda W + \lambda^2 W^2 + \dots \approx \frac{1}{1 - \lambda} \quad (4-14)$$

4) 모델의 적용

본 연구에서는 Geoda(Anselin, 2005)에서 제시한 그림 4-7과 같이 공간회귀분석의 의사결정체계를 참조하여 각 변수별 회귀식을 구성하고자 한다.

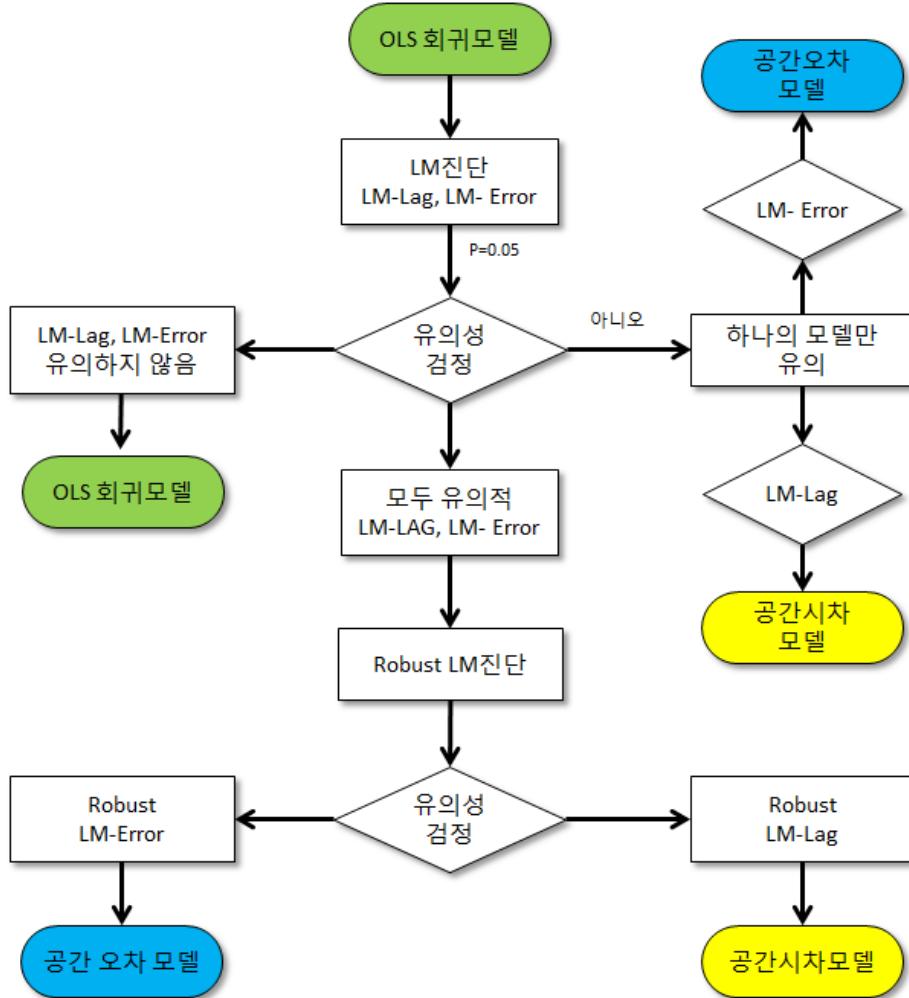


그림 4-7 공간회귀분석 의사결정체계

이때 종속변수와 설명변수는 표 4-1에서 다른 자료를 중심으로 이루어진다. 모든 종속변수에 대해 OLS 회귀식을 시행한 뒤 Lagrange Multiplier 진단을 참조하여 공간시차모델을 설명하는 LM-Lag와 공간오차모델을 설명하는

LM-Error의 유의성을 검증한다. 이 때 어느 한가지의 모델을 설명하는 유의성이 타당할 때는 각자의 모델에 따르면 된다. 그런데도 불구하고 LM-Lag, LM-Error를 설명치 못할 때는 OLS모델에 따르면 된다. 그런데 두 모델에 유의성이 타당할 때는 Robust LM-Lag와 Robust LM-Error의 유의성을 재점검하여 모델을 선택하는 순으로 이루어진다. 일반적으로 공간적 종속성에 대한 귀무가설을 기각하는 경우 공간시차모델과 공간오차모델을 각각 추정하고 그 결과를 비교하여 선정한다. 공간회귀모델의 적합도는 R^2 , 최우도비, AIC, SC 등으로 검정한다. 공간회귀모델을 사용하는 경우 OLS모델보다 최우도비는 증가하고 AIC와 SC는 감소하게 되면서 모델의 적합도가 향상된다.

본 연구에서는 각 범죄별로 모델을 선정하여 각 범죄에 영향을 미치는 변수를 선정하여 위험지점 및 위험공간에 대한 예방방안을 제시하고자 하였으나, 분석해 본 결과 성범죄율은 변수간 다중 공선상 문제가 제기되어 분석할 수가 없었고, 폭력 범죄율은 절도 범죄율과, 112신고율은 5대 범죄율과 유사한 변수로 분석되어 본 연구에서는 5대범죄율과 절도범죄율을 대표적으로 사용하였다.

가) 5대 범죄율

5대범죄율을 종속변수로 하고, 11개의 설명변수간 F검정을 통해 모형유의성을 검정한 결과 유의확률이 0.0002이므로 귀무가설 $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{11} = 0$ 이 기각되어 고려한 설명변수 중 적어도 하나 이상은 유의하다. 설명변수 유의성 검정인 t-검정을 통해 각 변수의 유의 값을 검정(t값이 가장 작은 변수: ρ 값이 가장 큰 것)한 결과 유의한 설명변수로 사회경제지표인 생활보호대상자(ratio_care)와 도시공간지표인 풍속 업체 수(LN_drink), 그리고 방어기제인 가로등 밀도(light_den)으로 다항 회귀식을 구성하였다. OLS모델을 추정하여 본 결과 다양한 검정 통계량들 중에서 다중 공선성은 유의하게 나타났지만 오차항의 정규성분포를 진단하는 Jarque-Bera값과 오차의 이분산성을 측정하는 Breusch-Pegan, Koemker-Bassett, White 검정에서 위배가 된다. 그래서 Lagrange Multiplier 진단을 참조하여 공간오차모델을 선정하여 분석한다.

표 4-11 5대 범죄에 따른 공간회귀분석결과

모델	ρ λ	OLS		SEM	
		계수	t	계수	z
공간효과				-0.517	-1.44
	CONSTANT	2.651***	7.60	2.384***	5.41
	ratio_care	1.262**	2.50	1.177***	3.11
	LN_drink	0.379***	3.97	0.410***	6.91
	Light_den	-0.787	1.349	-1.070***	2.84
모델의 설명력	R^2		0.762		0.834
	AIC		51.92		43.19
모델의 적합성	SC		55.25		46.52
	Log likelihood ratio		-21.96		-17.59
다중 공선성	MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER		6.301		
정규성	Jarque-Bera		1.574		
등분산성	Breusch-Pegan		3.589		2.82
공간적 종속성	Koenker-Bassett likelihood ratio		3.272		8.72***
LM-Lag			1.039		
Robust LM -Lag			0.160		
LM- Error			3.394*		
Robust LM -Error			2.516		

*** : $p < 0.01$, ** : $p < 0.05$, * : $p < 0.1$

분석결과 표 4-11과 같이 공간오차모델의 유의성 검정에 타당하다고 검증되었고, 또한 공간 오차모델이 본 모형을 설명하는 AIC, SC가 상대적으로 낮게, 최우도비는 높게 나와 타 모형보다는 설명도가 높음을 알 수 있다.

결론적으로 5대 범죄에 영향을 미치는 변수는 생활보호 대상자율과 풍속 업소율은 양(+)의 부호로, 가로등 밀집도에는 음(-)의 부호가 유의적으로 나타났다. 따라서 생활보호 대상자가 많을수록, 풍속 업소가 많을수록, 가로등 밀집도가 낮아질수록 5대 범죄율은 높아지는 것으로 정리할 수 있다.

나) 절도 범죄율

설명변수로는 외국인 거주율(RAT_FOR)와 강한 상관관계를 가지고 있어 먼저 OLS 회귀분석결과를 통해 Lagrange Multiplier 진단한 결과 공간오차모델을 선정하여 분석하였다. 분석 결과 AIC와 SC가 타 모형보다 낮게 나타나고 있고, 최우도비와 설명계수는 높게 나타나 타 모형보다 설명도가 높은 것으로 나타났다.

표 4-12 절도범죄율에 따른 공간회귀분석결과

모델		OLS		SEM	
		계수	t	계수	z
공간효과	ρ			-0.795	-2.408
	λ				
	CONSTANT	2.691***	8.249	2.781***	14.372
	RAT_FOR	1.689***	4.078	1.619***	5.510
모델의 설명력	R^2		0.525		0.700
	AIC		46.92		41.55
	SC		48.58		43.22
	Log likelihood ratio		-21.46		-18.77
다중 공선성	MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER		2.566		
정규성 등분산성	Jarque-Bera		1.225		
	Breusch-Pegan		1.078		0.674
	Kosenker-Bassett		0.925		
공간적 종속성	likelihood ratio				5.366*
LM-Lag Robust LM -Lag LM- Error Robust LM -Error		3.072			
		0.015			
		0.990**			
		4.063			

*** : $p < 0.01$, ** : $p < 0.05$, * : $p < 0.1$

영향을 미치는 변수인 외국인 거주율 값이 양(+)의 값으로 나타나, 외국인이 많을수록 절도범죄가 많아지는 것으로 나타난다.

다) 외국인 거주율

외국인 거주율을 종속변수로 하고 11개의 변수를 설명변수로 하여, F검정과 t-검정을 통해 유의한 변수는 사업체 종업원 수(ln indus), 다문화가정 (ratio_mult), 풍속 업체 수(LN_drink), 가로등 밀집도(Light_den)로 모델을 적용하여 본 결과 공간시차모델이 타당한 것으로 판명되었다. 분석결과 표 5-14과 같이 설명계수는 0.929이고 OLS 모델보다 AIC, SC값이 낮고, 최우 도비와 설명계수는 높은 모델로 나타났다. 설명계수는 사업체 종업원 수, 다문화 가정율, 풍속업체 수에는 양(+)의 값으로, 가로등 밀집도에는 음(−)의 값으로 도출되어 현재 외국인들은 사업체 종업원 수가 많은 곳에서, 다문화 가정율이 높은 곳에서, 풍속업체가 많은 곳에서, 그리고 가로등 밀집도가 낮은 곳에서 많이 거주하고 있는 것으로 통계적으로 증명이 되었다.

표 4-13 외국인 거주율에 따른 공간회귀분석결과

모델		OLS		SLM	
		계수	t	계수	z
공간효과	ρ λ			-0.335	-2.030**
	CONSTANT	2.321***	5.664	2.390***	7.956
	ln indus	0.159***	5.834	0.152***	7.457
	ratio_mult	0.349**	2.293	0.375***	3.371
	LN_drink	0.067***	3.644	0.071***	5.212
	Light_den	-0.634***	-4.681	-0.631***	-6.365
모델의 설명력	R^2		0.906		0.929
	AIC		-3.439		-5.753
모델의 적합성	SC		0.726		-0.753
	Log likelihood ratio		6.719		8.876
다중 공선성	MULTICOLLINEARITY C O N D I T I O N NUMBER		22.82		
정규성	Jarque-Bera		0.701		
등분산성	Breusch-Pegan		6.222		4.009*
공간적 종속성	Koenker-Bassett likelihood ratio		6.912		4.313**
LM-Lag		4.564**			
Robust LM -Lag			1.983		
LM- Error			3.069		
Robust LM -Error			0.487		

*** : $p < 0.01$, ** : $p < 0.05$, * : $p < 0.1$

제 4 절 공간 속성자료를 활용한 위험공간 선정

1) 5대 범죄율 기준

동안구의 5대 범죄율의 특징은 생활보호 대상자가 많을수록, 풍속 업소가 많을수록, 가로등 밀집도가 낮을수록 범죄가 높아지는 것으로 나타났다. 이를 근거로 하여 생활보호 대상자의 점 자료를 DB화하여 NNH기법을 이용하여 5가구 이상, 100m 거리 안에 거주하고 있는 상황을 Hotspot으로 하여 접근해 본 결과 5,984가구 중 5,740가구 즉, 95.9%를 포함한 군집을 얻을 수 있었다. 또한 풍속업체도 100m 거리내에 3개 이상업소 군집을 한 결과 46개 지점 총 704개 업소 중 90.9% 군집을 얻었다.

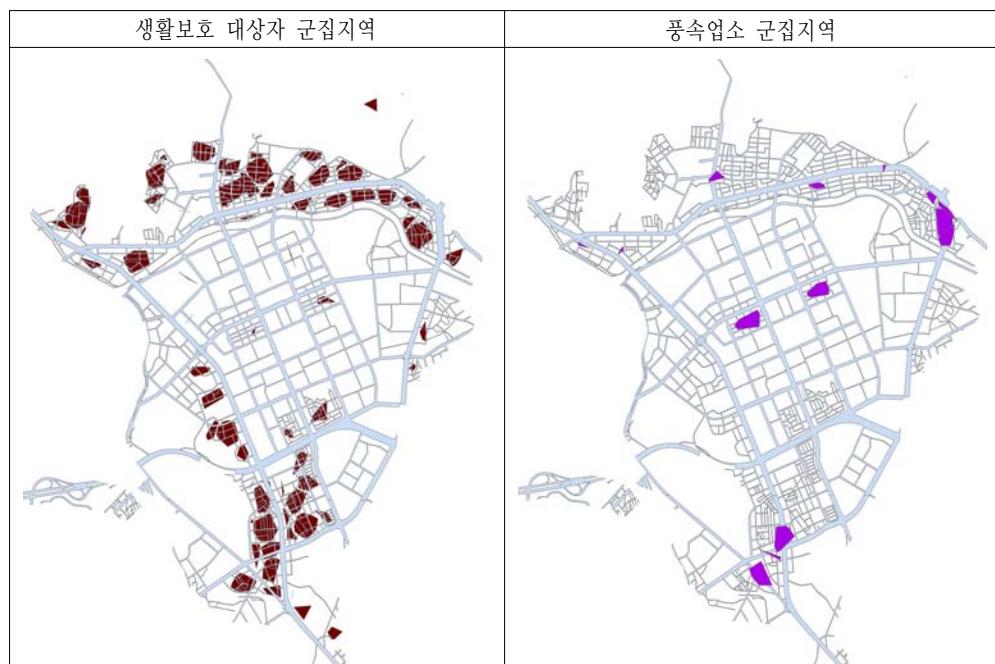


그림 4-8 생활보호대상자와 풍속업소 군집지역 현황

또한, 그림 4-10과 같이 각 행정동에 설치운영중인 가로등 및 보안등이 평균이하인 지역7개 지역인 비산1동, 3동, 관양 1동, 관양 2동, 호계1, 2, 3동을 포함하여 63개 지역의 군집을 얻을 수 있었다.

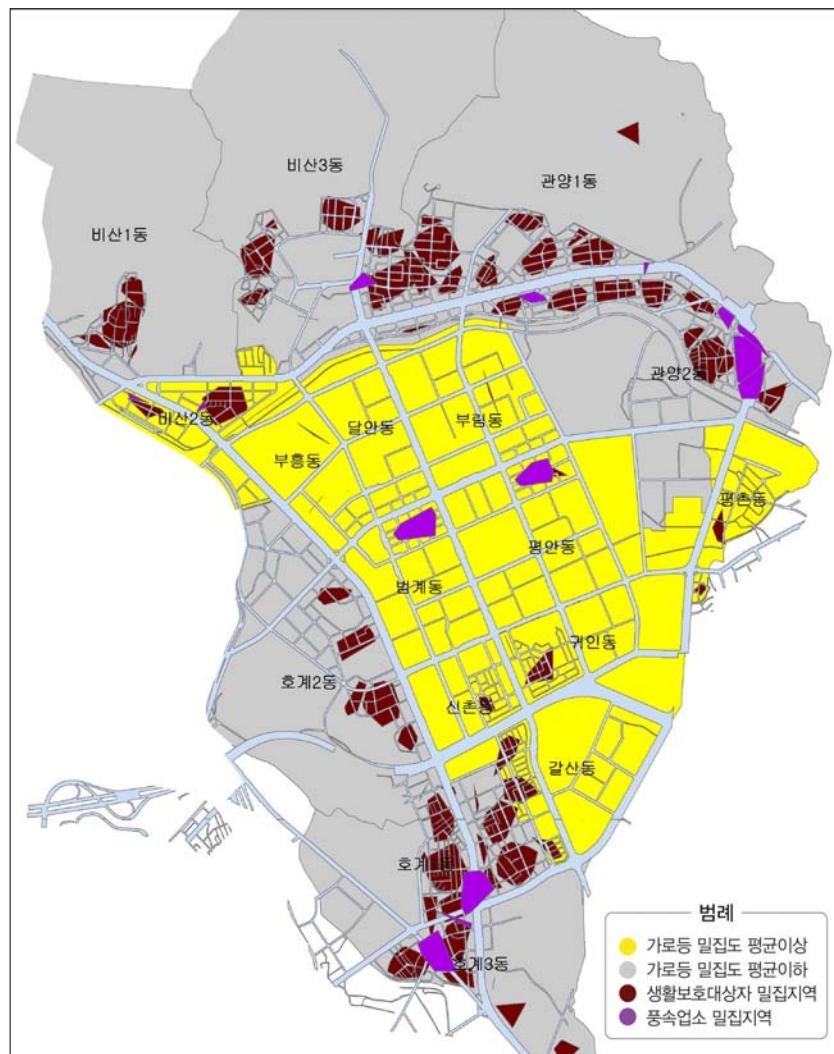


그림 4-9 5대 범죄율기준 위험공간 선정

2) 절도 범죄율

절도범죄율은 외국인이 많이 거주할수록 많아지는 것으로 나타났다. 그런데

외국인이 많이 거주하는 곳은 사업체 종업원 수가 많은 곳, 다문화 가정이 많은 곳에서, 풍속 업체가 많은 곳에서, 가로등 밀집도가 낮은 곳에서 거주하는 것으로 나타나 이를 중심으로 군집분석을 하였다. 다문화 가정은 3가구이상 지역을 중심으로 총 12개 군집도를, 풍속업체도 100m 거리 내에 3개 이상업소 군집을 한 결과 그림 4-11과 같이 46개 지점을 선정하고, 사업체 종업원 수가 많은 곳은 평균 이상 지역 7개소를, 가로등 밀집도는 평균이하 지역 7 지역을 중첩하여 분석하였다.

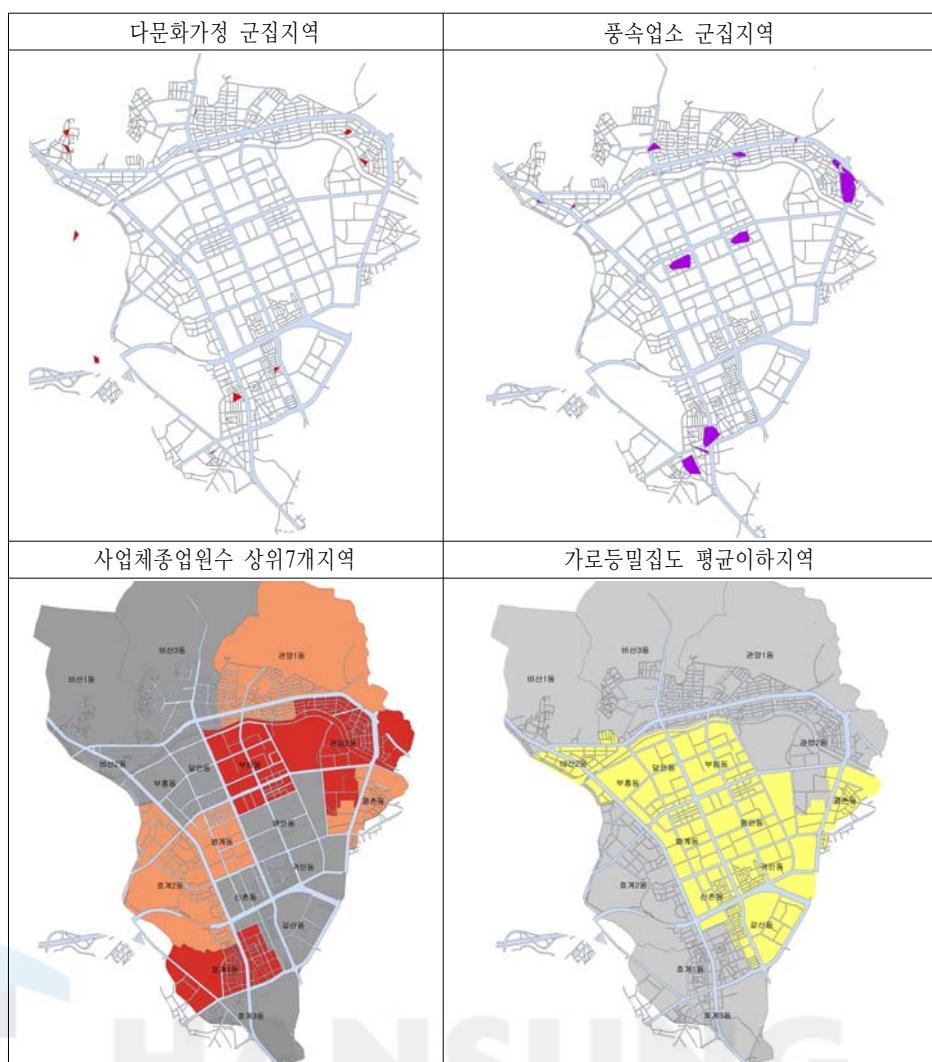


그림 4-10 외국인 거주율 영향변수 현황

그림 4-12와 같이 관양 2동과 호계 1, 2동이 가로등밀집도와 사업체종업원수가 중첩되어 나타났고, 다음으로 관양 1동, 평촌동, 호계 3동으로 나타났다. 해당 지역내에 풍속 업체와 다문화가정이 위치한 지점들이 위험 공간내에 지점으로 나타난 것이다.

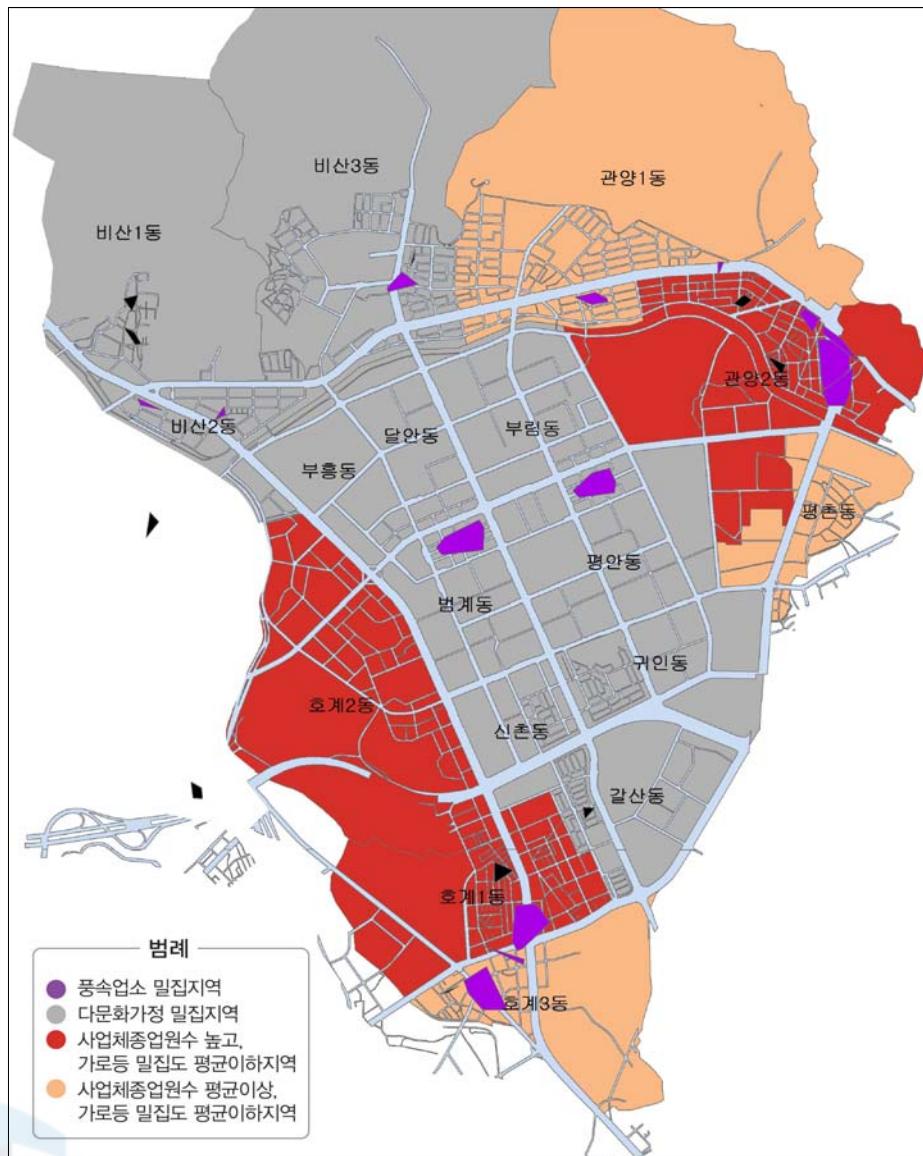


그림 4-11 절도 범죄율기준 위험공간 선정

제 5 절 소 결

이상에서 연구지역의 사회경제지표와 도시공간지표, 방어기제시설지표, 범죄 발생특성지표를 활용하여 범죄가 발생하고 군집하여 나타나는 원인에 대해 분석해 보았다. 범죄는 공간에서 발생하지만 공간속에 존재하는 사람들의 행태와 환경에 의해서 발생하기에 각 범죄에 영향을 끼치는 사회경제 환경에 대표적인 속성을 중심으로 대안을 찾고자 하였다. 우선, 모든 자료들을 선형 관계가 이루어지도록 자료를 구성하여 현재 운영 중인 도시방어기제 시설물과 각 범죄관계를 상관 분석한 결과 CCTV운영율은 5대 범죄율에 0.54% 상관관계를 보이고 있는 것으로 나타났지만 구체적으로 세부적인 범죄율에 대해서는 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 또한 범죄 간에는 범죄내용이 서로 이질성이 강하더라도 많은 상관성(폭력, 절도, 성폭력)을 보이는 것으로 나타나고 있다. 또한 각 변수들의 상관관계를 살펴본 결과 범죄율에 영향을 미치는 요소는 풍속업체수와 외국인 거주율, 생활보호대상자율, 다문화 가정율이 높은 상관관계를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

이러한 변수들을 중심으로 범죄에 구체적으로 영향 및 원인을 파악하는 회귀식을 추정할 때 회귀추정에 기본적인 가정인 변수간 독립성, 등분산성에 위배가 되기에 공간적 자기상관성을 별도로 추정하였다. 공간적 자기상관성을 Moran's I기법을 중심으로 변수들의 군집성여부를 분석하여 Hotspot과 Cold spot을 살펴보았다.

본 연구는 범죄율에 영향을 미치는 변수를 찾고 그 변수들이 나타내는 의미를 찾아 구체적으로 해당 공간에 CPTED 물리적 시설인 CCTV의 위치를 찾는 연구이다. 그래서 영향을 미치는 변수들의 공간적인 밀집도, 군집도를 모색하는 방안에 주안점을 둔다. 영향을 미치는 변수를 찾는 공간종속성 모델 중 지역적인 상관성 반영한 공간오차모델에 5대 범죄율에 영향을 미치는 변수는 생활보호대상자율과 풍속 업소율에는 양(+)의 관계로, 가로등 밀집도에는 음(−)의 관계로 나타났다. 즉, 생활보호 대상자가 많을수록, 풍속 업소가

많을수록, 가로등 밀집도가 낮을수록 5대 범죄율이 높은 것으로 나타났다. 절도범죄율도 공간오차모델이 적합하여 여러 변수 중 외국인 거주율이 양(+)의 관계로, 즉, 외국인이 많을수록 절도 범죄가 많은 것으로 나타났다. 외국인 거주율은 공간시차모델을 적용하여 사업체 종업원 수가 많고, 다문화 가정율이 높고, 풍속 업체가 많을수록, 가로등 밀집도가 낮은 지역에 거주하는 것으로 나타났다. 또한 다른 범죄율인 성범죄율은 변수간 다중 공선상 문제가 제기되어 분석할 수가 없었고, 폭력 범죄율은 절도 범죄율과, 112신고율은 5대 범죄율과 유사한 변수로 분석되어 본 연구에서는 5대범죄율과 절도범죄율을 대표적으로 사용하였다.

상황적 범죄 예방이론과 환경설계를 통한 범죄 예방이론에 맞추어 각 범죄율에 영향을 미치는 변수들을 이용하여 CCTV의 설치위치를 선정할 수 있다. 그래서 여기서 도출된 변수들을 추론하여 5대 범죄에 영향을 미치는 요소, 절도범죄에 영향을 미치는 요소들을 중심으로 군집하여 영향을 미치는 지점을 찾고, 이 지점을 GIS를 이용하여 중첩분석을 통해 해당 위치를 찾았다. 생활보호대상자가 군집한 지역과 풍속업소 군집지역, 다문화가정이 많은 지역, 사업체 종업원 수가 많은 지역, 가로등 밀집도가 낮은 지역을 중첩하여 공간속성자료에 의한 위험공간으로 선정하였다.

제 5 장 중첩분석을 통한 CPTED 시설위치 선정

제1절 이력자료를 활용한 신규 CCTV위치 선정

1) 기존 시설과 위험지점 중첩

CCTV 1대의 감시가능 공간은 사각을 고려하지 않을 때 100m에서 최대 200m의 거리까지 감시가 가능하지만 설치환경과 시스템의 성능을 고려하면 실효성 있는 감시가능거리는 반경 80m¹¹⁾로 설정한다. 그림 5-1과 같이 기존에 운영되고 있는 CCTV영역과 Hotspot의 영역지역을 중첩 분석한 결과 현재 동안구의 46%를 담당하는 것으로 나타났다 현재 위험지점을 커버할 수 있는 필요대수는 공간별 CCTV감시 영역 밖의 공간을 CCTV 감시 가능공간으로 계산하여 추가적인 설치가 필요한 대수를 산정하였다.

대수 산정시 사각에 의한 영향은 고려하지 않았다. CCTV를 통한 인위적 감시가 필요한 공간적 범위는 그림 5-1과 같다. 그림에서 파란색 공간은 CCTV를 이용하여 인위적인 감시가 가능한 공간이며, 그 외의 적색 공간은 각 범죄별로 구성된 위험지점(Hotspot)영역으로 CCTV를 통해 감시가 불가능한 영역이다.

현재 전체 위험지점에 대한 설치 소요대수는 면적대비로 볼 때 181대로 나타났다. 그러나 현재 운영되고 있는 CCTV를 고려하고, 범죄발생 위험도를 우선순위로 볼 때 추가설치에 대한 고려가 필요하다. 이렇게 영역을 기준으로 하여 계산된 추가 필요대수는 87대로 나타났다. 이에 대해 각 지역별로 분석하여 행정동별로 소요대수를 다시 산출하여야 한다.

11) u-City IT 인프라구축 세부 가이드라인 V2.0수립(08.12~09.05)기준에 의거 개인의 얼굴을 식별할 수 있는 거리를 80-100m로 둔다 라는 근거에 의거하며, CCTV전문가들의 통상적인 인식거리를 80m로 두고 있다.

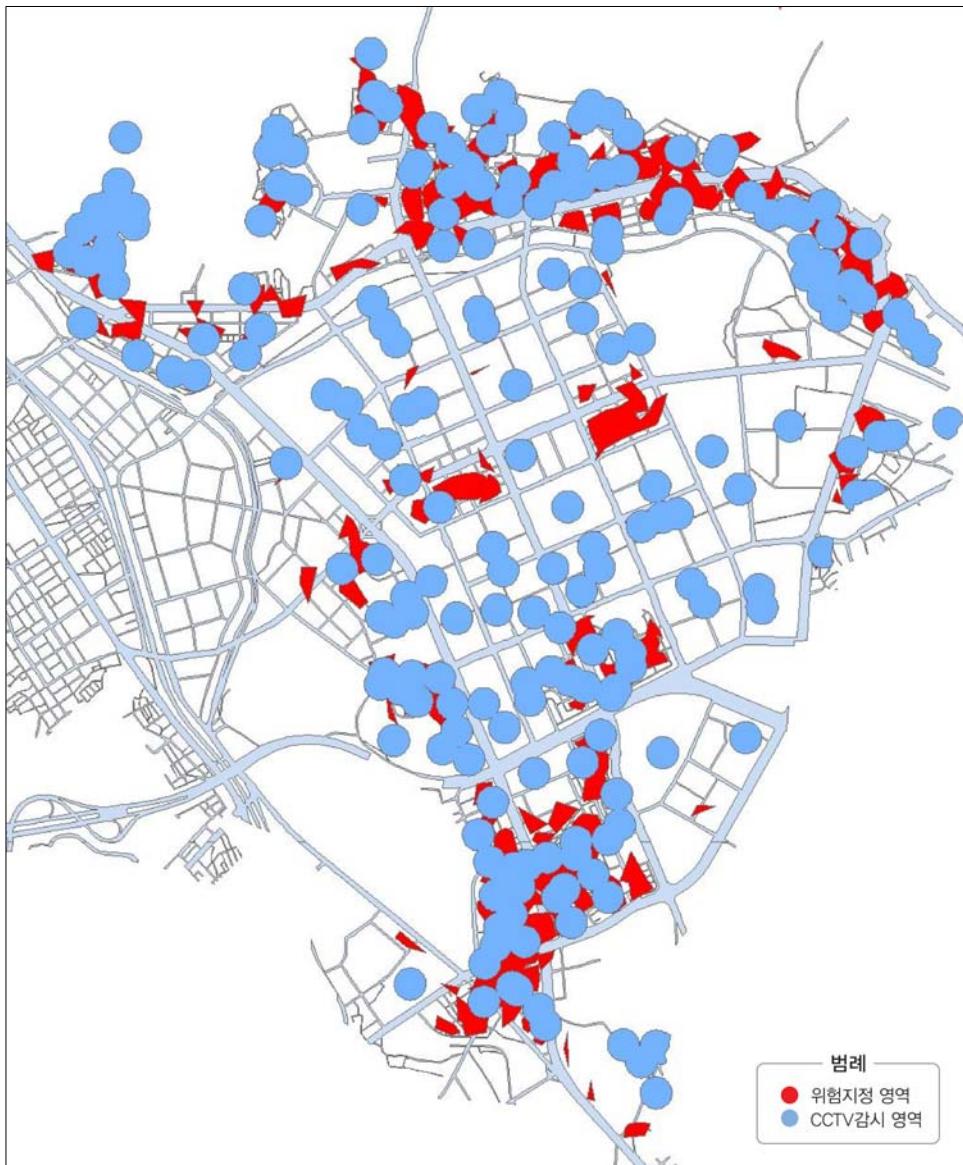


그림 5-1 범죄 Hotspot과 기존 CCTV운영 영역 분석결과

2) CCTV신규설치 위치 및 물량

먼저 위험지점으로 선정된 지역의 신규 설치지점을 선정하고자 위치를 중심으로 80m를 반경으로 하여 CCTV감시 가능공간을 설정한다. 그 중 기존 CCTV위치와 건물, 나대지를 제외한 지점은 총 89개로 그림 5-2와 같다. 각

행정동으로 분류한 결과, 관양1동이 16개소, 호계1동이 12개소, 비산3동이 11개소, 관양2동 10개소 등 총 89개소로 나타났다.

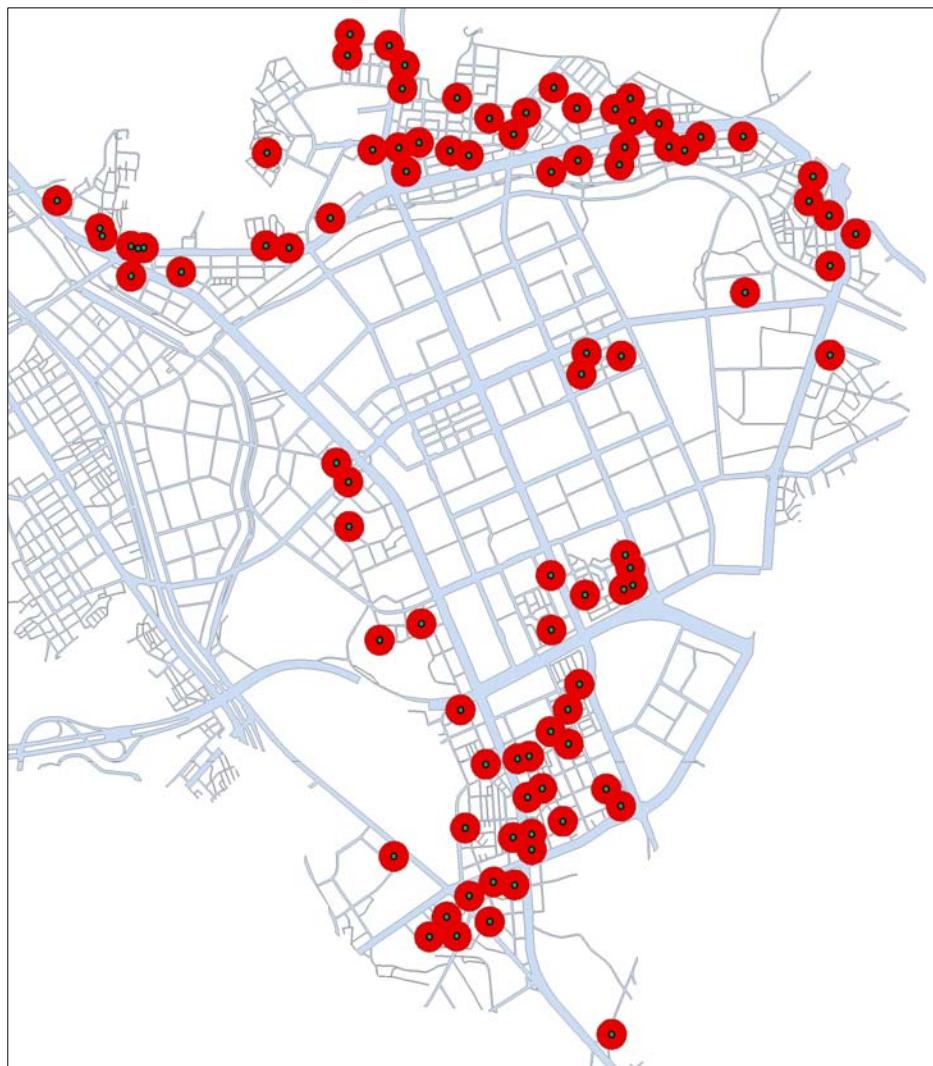


그림 5-2 위험지점(Hotspot)를 고려한 CCTV 추가설치지역

제2절 공간 속성자료를 활용한 신규 CCTV위치 선정

1) 기존 시설과 위험공간 중첩

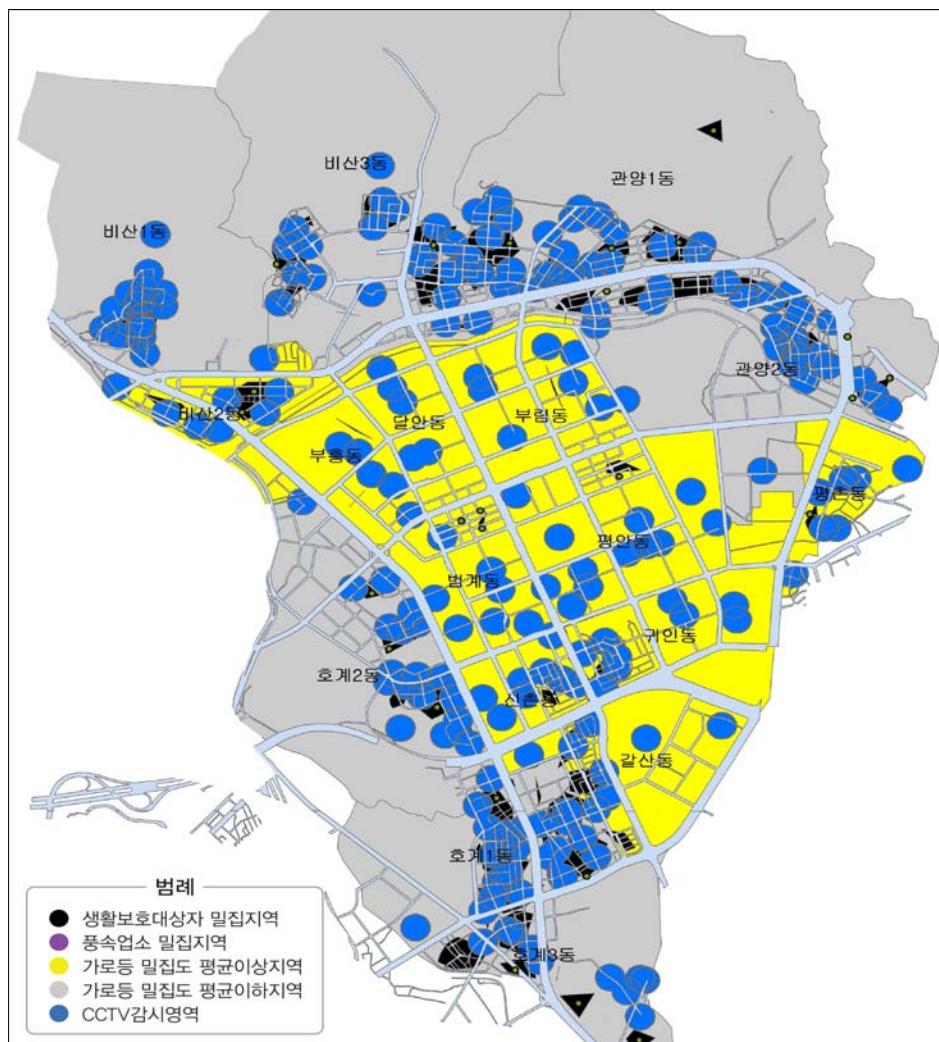


그림 5-3 위험공간과 기존 CCTV운영 영역 중첩

공간 속성자료를 활용하여 위험공간을 선정하였다면 기존에 구축되어 운영중인 CCTV 1대의 감시가능 공간을 계산(반경80m 설정)하여 볼 때 표 5-1와 같이 위험예상지점에 소요되는 CCTV개수는 70개소로 나타났다.

2) 5대 범죄율 및 절도 범죄율 기준

예상되는 70개 지점에서 이력자료를 기준으로 한 CCTV 위치와 겹치는 지점을 제외한 나머지 지역을 분석해 본 결과 신규설치지점은 그림 5-4와 같이 26개소로 나타났다.



그림 5-4 위험공간의 신규CCTV 설치위치

각 동별로 분류하여 보면 관양 1동이 6개 지역, 관양 2동과 호계 2동, 호계 3동, 범계동이 각각 3개씩, 호계 2동과 비산 2동이 각각 2개씩, 평촌동, 평안동, 비산 3동, 신촌동이 각각 1개씩 신규설치지점으로 나타났다.

표 5-1 5대범죄율 및 절도 범죄율기준 CCTV설치대수

구분	관양1	관양2	평촌	호계1	호계2	호계3	신촌	비산2	비산3	범계	평안	합계
설치 대수	6	3	1	2	3	3	1	2	1	3	1	26

제 3 절 이력자료와 공간 속성자료기준 비교

1) CCTV 추가 설치물량 비교

두 기법을 비교하여 본 결과 표 5-4과 같이 위험지점(Hotspot)인 이력자료에 의하면 총 89개의 물량이 추가설치가 필요하며, 공간 속성자료에 의한 예방 목적 기준에는 26개 총 115개의 CCTV가 추가적으로 필요하다. 각 동별 필요물량을 비교해 본 결과 관양 1동에 22개소, 호계 1동에 14개소, 관양 2동에 13개소, 비산 3동에 12개소 등 시 외곽 중심으로 선정되었다.

표 5-2 CCTV 추가물량에 의한 비교

구분	이력자료 기준	예방자료 기준(5대 범죄율)	합계
갈산동	5	-	5
관양 1동	16	6	22
관양 2동	10	3	13
귀인동	5	-	5
달안동	-	-	-
범계동	-	3	3
부림동	3	-	3
부흥동	-	-	-
비산 1동	6	-	6
비산 2동	4	2	6
비산 3동	11	1	12
신촌동	2	1	3
평안동	-	1	1
평촌동	1	1	2
호계 1동	12	2	14
호계 2동	6	3	9
호계 3동	8	3	11
합 계	89	26	115

2) CCTV 설치위치 비교

가) 현재 운영 중인 CCTV 현황

연구지역은 2004년부터 2013년까지 총 5차에 걸쳐 방범 CCTV 설치공사를 시행하여 총 352개소에 방범용 CCTV를 운영 중이다 그림 5-5처럼 파란색의 원은 각 CCTV의 범위 영역 사각지역을 무시하고 시스템의 성능과 화질로 인해 사람 얼굴의 인식이 가능한 안정적인 거리를 80m로 설정하여, 각 지역별 영역을 구성하였다. 주로 관양 1동, 비산 3동, 비산 1동, 호계 1동 순으로 CCTV가 설치되어 운영 중이다.



그림 5-5 현재 운영 중인 CCTV현황

나) 이력자료에 의한 신규 CCTV 위치

각종 범죄별(폭력, 절도, 성폭력 등)로 구성된 위험지점(Hotspot) 105개에 현재 운영 중인 CCTV를 제외하고 각 건물과 나대지를 제외한 지역을 대상으로 CCTV 영역을 구성하여 본 결과 그림 5-6처럼 총 89개의 CCTV신규 설치가 필요한 것으로 조사되었다. 주로 5개소 이상인 지역은 귀인동, 갈산동, 관양 1동, 관양 2동, 비산 3동, 호계 1동, 호계 3동으로 주로 시 외곽지를 중심으로 나타났다.

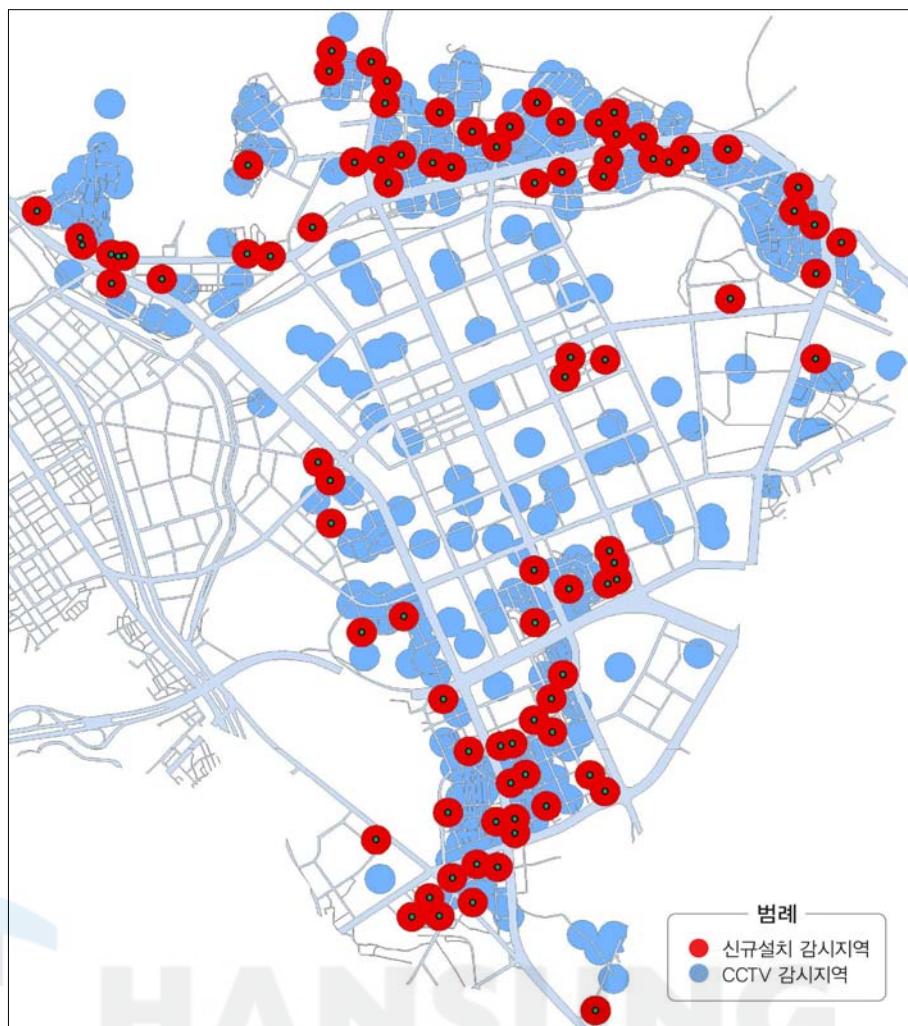


그림 5-6 이력자료기준 신규CCTV설치위치

다) 공간속성 자료에 의한 신규 CCTV 위치

5대 범죄와 절도범죄는 풍속업체가 많은 지역, 생활보호 대상자가 많이 거주하는 지역, 그리고 가로등 밀집도가 낮은 지역, 사업체 종사자수가 많은 지역, 다문화가정이 많은 지역을 중첩하여 신설위치를 결정한 결과 70개소로 나타났지만 이력자료에 의한 지점을 우선순위로 결정하여 재조정한 결과 신설지점은 그림 5-7과 같이 26개로 나타났다. 그 중 3개소 이상 지점은 관양 1동과 관양 2동, 범계동, 호계 2동, 호계 3동 순으로 나타났다.



그림 5-7 공간 속성자료 기준 신규 CCTV설치 위치

라) 신규설치를 포함한 CCTV 위치 및 영역

현재 운영 중인 CCTV 영역은 기존 범죄들이 발생한 위험지점 면적의 46%를 담당하고 있다. 이에 신설될 위치를 포함하게 되면 그림 5-8과 같이, CCTV 영역은 Hotspot 대비 128%를 담당하는 것으로 나타났다.

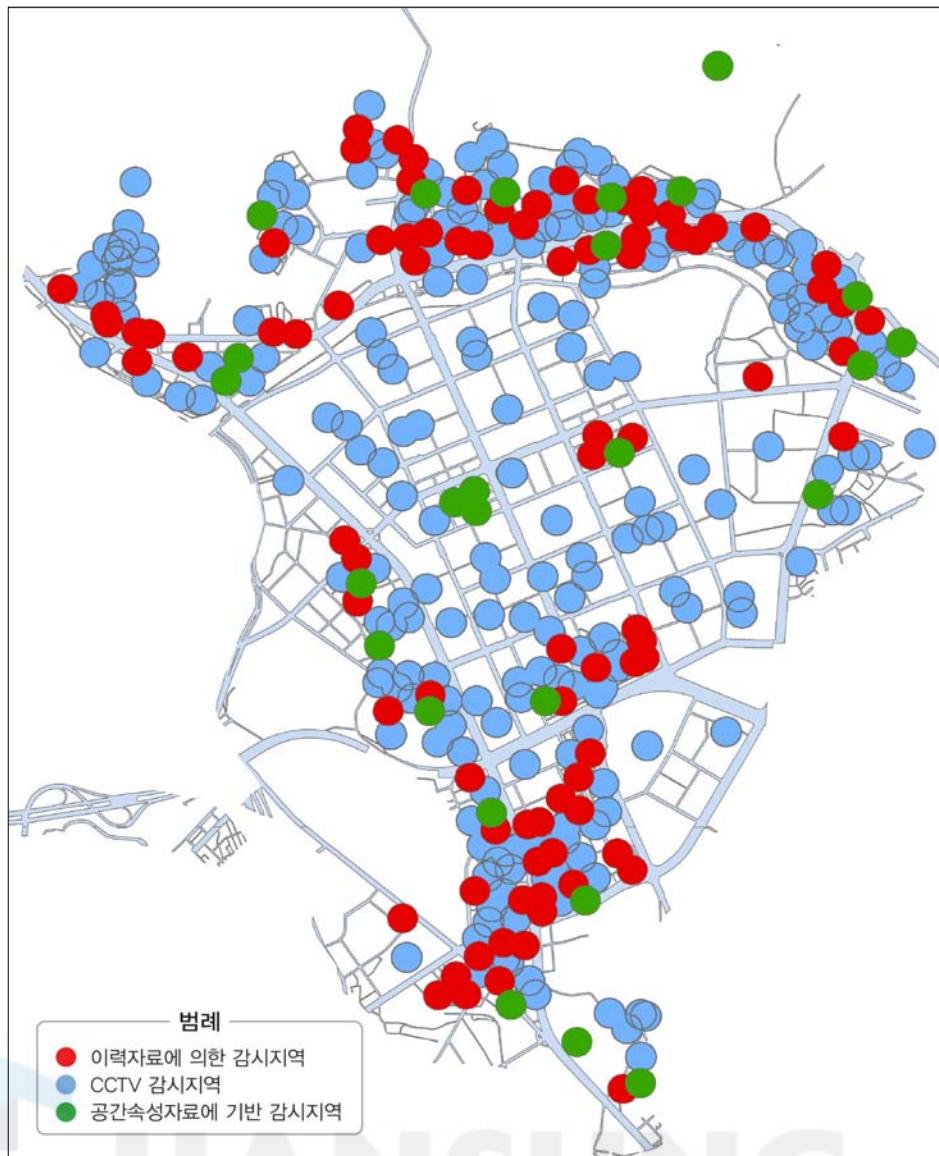


그림 5-8 기존 CCTV 위치와 신규 설치지점 및 영역

실질적 대안으로 먼저 위험지점만 커버하는 경우(기존에 운영하던 CCTV의 위치 및 물량재조정 필요)와 둘째, 기존 CCTV를 고려하고 위험지점만을 중심으로 한 경우 셋째, 기존 CCTV와 신규물량(위험지점과 위험공간물량)을 혼합하여 운영하는 경우를 상정하여 우선순위를 부여할 수 있다.

표 5-3 대안별 CCTV 물량

구 분	신규물량		③ 기존 CCTV	총 물량	비고
	① 위험지점	② 위험공간			
1. 위험지점만 커버하는 경우	181				기존운영 물량 조정필요
2. 기존CCTV고려하고 지점중심(①+③) 경우	89		352	441	
3. 기존CCTV고려하고 신규물량 경우(①+②+③)	89	26	352	467	

제 4 절 소 결

본 장에서는 범죄사고(2011, 2012년)자료 근거로 한 이력자료를 기초로 한 위험지점(Hotspot)에 설치해야 하는 물량은 면적기준으로 볼 때 181대이다.

그러나 기존에 운영하던 CCTV의 영역과 이력자료를 통해 얻어진 위험지점(Hotspot)을 중첩분석 한 결과 기존 CCTV 영역이 Hotspot의 46%를 담당하고 있다는 사실을 밝혀냈다.

현실적으로 운영되고 있는 CCTV를 고려하여 Hotspot을 커버할 신규물량은 총 89대이다. 또 면적자료를 기초로 한 공간속성 자료기반의 예방목적의 CCTV 영역을 분석해 본 결과 CCTV설치 우선순위를 이력자료기반의 영역을 둘 때 두 영역이 겹치는 44대를 제외한다면 실질적인 신규물량은 26대로 분석 되었다.

이제 구체적으로 선정된 지역을 중심으로 각 지역이 가지는 공간적 특성을 분석한 여러 변수를 수평적으로 나열하여 위치 및 물량의 재검증을 실행하여 총 115대의 신규 물량을 확정하였다. 이렇게 함으로써 전체 범죄사고지점에 대한 CCTV영역은 128%를 담당한다.

제 6 장 결 론 및 향후 연구과제

제1절 결과 요약 및 기대 효과

도시화가 심화되고 인구의 고령화와 핵가족화가 지속될수록, 안전에 대한 시민의 요구는 더욱 더 증가한다. 그러나 범죄의 지능화 및 다양화와 흉폭화하는데 반해 행정 및 경찰의 대응은 한정된 자원으로 인해 매우 더딜 수밖에 없다. 이에 대한 대안으로 장비 및 시스템 구축을 통한 시민의 안전성을 제고 할 수밖에 없는 실정이 되었다. 그러나 예산이 한정되어 있어 시민들 안전을 위해 무한정으로 시스템을 구축할 수는 없다. 따라서 안전시설의 효율적인 위치 및 효과에 대한 방안을 제시하여야 한다.

본 연구의 핵심은 빈번하게 발생하는 범죄의 위험지점(Hotspot)을 찾고, CPTED 모니터링 장비 적정설치 위치를 도출하는 것이 목적이다.

범죄의 특징 중 하나가 과거 발생지역을 중심으로 군집하는 현상을 보이며 또한 이런 범죄들은 상호연관성이 강하다는 것이다. 2년간 범죄 자료를 지리 부호화(Geo-coding)하고, 18개의 변수를 사회경제, 도시공간, 범죄방어기제시설물, 범죄발생지표로 대별하여 군집분석과 공간통계분석을 실행하였다. 분석 결과 5대 범죄와 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력범죄가 최근린 분석과 Ripley's K함수에 의해 군집성을 확인하였다. 또한 범죄들의 상관분석을 통해 범죄간 상호연관성이 강한다는 사실을 밝혀냈다.

범죄의 군집성 검토 후 본 연구에서는 위험지점(Hotspot)에 대한 개념을 정립하고, 위험지점선정에 대한 기법을 고찰한 후 본 연구에 타당한 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering 기법을 활용하여 5대 범죄, 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력 범죄의 위험지점을 선정하고 중첩분석을 하여 연구지역 내 총 105개 지점의 군집수를 얻을 수 있었다. 또한 여기서 얻어진 범죄 이력을 통해 군집이 발생한 원인과 범죄에 영향을 미치는 변수를 찾을 수 있다.

범죄 특성상 공간적 자기상관성이 강하여 이를 고려한 모델을 적용해야 한다. 그리고 각 범죄와 변수들의 공간적 자기상관성을 측정하고 인접지역의 영향을 주거나 받는 위험공간(Hotspot)을 분석하였다.

또한 전통적인 OLS(Ordinary Least Squares) 모델 외에 공간적 자기상관성을 포함하는 공간시차모델, 공간오차모델을 적용하여 5대 범죄율과 절도율, 외국인 거주율에 영향을 미치는 변수를 선정하였다. 5대 범죄에 영향을 미치는 변수는 생활보호 대상자율과 풍속 업소율에는 양(+)의 관계를, 가로등 밀집도에는 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 생활보호 대상자가 많을수록, 풍속 업소가 많을수록, 가로등 밀집도가 낮을수록 5대 범죄율이 높은 것으로 분석되었다. 절도 범죄율은 외국인 거주율이 양(+)의 부호로 나타나, 외국인이 많을수록 절도 범죄가 많은 것으로 나타났다.

이에 여기서 영향을 미치는 변수들의 군집을 통해 밀집해 있는 지점을 중심으로 CCTV 설치지점으로 선정, 범죄를 예방할 수 있다. 즉, 생활보호 대상자가 군집한 지역, 풍속업소 군집지역, 다문화 가정이 많은 지역, 가로등 밀집도가 낮은 지역, 사업체 종업원 수가 많은 지역을 중첩하여 위험공간으로 선정하였다.

구체적으로 위험지점에 설치해야 할 세부적 물량은 면적기준으로 181대이나 기준에 운영하던 CCTV의 영역과 이력자료를 통해 얻어진 위험지점을 중첩 분석 한 결과 기존 CCTV영역이 Hotspot의 46%만을 담당하고 있다는 사실을 밝혀냈다. 현재 운영하고 있는 CCTV를 고려하면 위험지점에 필요한 신규 물량은 총 89대로 나타났다. 또한 면적 자료를 기초로 한 공간 속성자료 기반 신규 CCTV 물량은 26대로 나타났다. 그리고 선정된 지역을 중심으로 각 지역이 가지는 공간적 특성을 재분석한 결과 총 115대의 신규 물량을 확정할 수 있었다.

본 논문의 기대효과는 다음과 같다.

첫째, 기존의 CPTED 장비의 설치위치가 과학적 근거나 객관적 자료 없이 담당자와 경찰관의 자의적 해석위주로 선정이 되었다면 본 연구를 통해 경찰

서에 보고된 범죄사고기록을 통한 범죄위험지점을 찾고 그 지점을 중심으로 CPTED장비 위치를 설계하고 설치대수를 산정할 수 있다는 점이다.

둘째, 기존에 범죄에 대한 안전계획 수립시 다소 추상적이고 모호한 예산을 설정하였다면 경찰의 범죄 자료를 기초로 하여 CPTED에 대한 년도별 집행 계획과 구체적 예산과 위치, 소요물량을 설정할 수 있는 기반이 된다.

셋째, 범죄는 특성상 공간적 자기상관성을 가지고 있다. 그래서 본 연구를 통해 범죄 위험지점을 선정하고 적절한 행정력 대응을 함으로써 범죄의 감소 및 영향을 최소화할 수 있다.

넷째, 행정기관 및 경찰이 관심을 가져야 하는 지점 및 지역을 제시함으로써 한정된 예산과 자원을 집중하고 인력 및 예산의 효율성을 기할 수 있다.

다섯째, 도시계획과 의사결정자들에게 위험지점과 위험공간을 제시하고, 범죄에 영향을 미치는 변수를 알게 함으로써 향후 도시안전을 위한 정책입안 방향을 설정할 수 있다.

여섯째, 본 연구는 GIS 모델링기법을 통한 공간분석의 방법을 제시함으로써 향후 타 도시에서도 도시안전에 대한 GIS 모델링 기법 연구의 초석이 된다.

끝으로 본 연구의 성과로는 연구의 적용을 통해 도시민들에게 범죄에 대한 안전성 및 행정에 대한 신뢰성을 제고하여 CPTED 장비에 대한 거부감을 최소화할 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

제2절 연구 한계점 및 향후 과제

본 연구와 관련한 연구의 한계와 향후 연구 과제를 살펴보면 다음과 같다. 2년 자료를 기초로 범죄공간에 초점을 맞추어 진행하여 왔다. 그러나 공간의 변화는 도시 및 지역계획, 즉 시간에 따라 변화하기에 시공간별 분석을 통해 위험지점의 변화와 추이를 분석할 필요가 있다. 그리고 자료 수집분석의 한계 및 범위이다. 현재 위험지점과 위험공간을 중심으로 연구하였지만 이제 영향을 미치는 전이와 이익의 확산까지도 고려한 범위설정 및 영역을 고려하여 향후 효과에 대해서도 면밀한 분석이 필요하다. 또한 본 연구는 방범 CCTV 설치위치 및 물량을 설정하는데 초점을 두었다. 그러나 시민의 안전을 도모하

는 데는 여러 행정적 지원이 필요하다. 풍속업체의 관리, 생활보호대상자와 외국인들에 대한 행정적 대응, 가로등 밀집도 구성 및 내용 등 다양한 정책적 요인 및 대안은 본 연구에서 논외로 함을 밝히고자 한다. 연구의 공간 속성자료기반 위험공간 선정시 활용한 변수의 군집 수 및 거리에 대한 적정성 검토 및 면밀한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

● 학위논문

- 이민정. (2014). 안산시 방범용CCTV분포의 공간적분석과 입지모델링 연구, 고려대 대학원, 석사학위
- 임종명. (2013). 방범용CCTV 운영실태와 개선방안에 관한 연구, -전라북도 도시지역을 중심으로-, 전북대 행정대학원 석사학위
- 김호기. (2013). 방범용CCTV입지선정에 관한 연구 -부산광역시 북구 중심-, 부산대 행정대학원, 석사학위
- 박성용. (2013). CCTV카메라의 실내공간분석을 통한 탐지효율화에 관한 연구, 성균관대 대학원, 석사학위
- 백승인. (2011). 범죄발생에 영향을 미치는 근린의 물리적 특성에 관한 연구- 서울시 3개구를 대상으로-, 연세대 대학원, 석사학위
- 김대기. (2011). 방범용CCTV의 운용개선에 관한 연구, 원광대 행정대학원 석사학위
- 이수진. (2011). 주거지역의 CPTED시설의 분포와 안전체감도에 관한 연구 (논현1동 방범용CCTV 중심으로), 광운대 경영대학원, 석사학위
- 박종수. (2011). CCTV의 운용에 대한 경찰과 주민의 인식연구-서울시 중랑구와 성남시중원구를 중심으로-, 동국대 대학원, 박사학위
- 이승철. (2010). CCTV에 대한 인식과 지역적 환경요인이 범죄두려움에 미치는 영향, 동국대 대학원 박사학위.
- 장상우. (2010). CCTV 범죄예방효과에 관한 연구, 서울대 대학원, 석사학위
- 정경석, (2010). 공간범죄통합분석모형을 이용한 도시범죄의 시공간적 분포특성 및 영향요인분석, 경상대 대학원, 석사학위
- 임진영. (2010). 방범용 CCTV 실태와 개선방안연구, -서울시 서대문구 창천동 지역을 중심으로-, 광운대 대학원 석사학위

- 강석진. (2010). 안전한 도시관리를 위한 범죄 위험도 평가 연구: GIS를 기반으로 한 MLRA Method의 적용, 고려대 대학원, 박사학위논문
- 정소양. (2008). GIS와 공간통계를 이용한 도시범죄의 공간패턴 및 영향요인 분석, 서울대 대학원, 석사학위
- 인민혁. (2007). 방법용 CCTV를 활용한 범죄예방효과 연구, 중앙대 대학원, 석사학위
- 윤영진. (2007). GIS를 이용한 범죄다발지역의 공간적 특성분석에 관한 연구, -서울시 4개구를 사례로-, 서울대 대학원, 석사학위
- 임민혁. (2007). 방법용 CCTV를 활용한 범죄예방효과연구, 중앙대 대학원, 석사논문
- 김석기. (2007). 방법용 CCTV의 범죄예방효과 제고방안에 관한 연구, 동국대 대학원, 석사학위
- 임채용. (2006). 방법용 CCTV활용상 문제점과 개선방안 연구, 연세대 행정대학원, 석사학위
- 안민권. (2006). 방법용 CCTV의 효율적 운용방안에 관한 연구: 서울강남경찰서를 중심으로, 순천향대 산업정보대학원, 석사학위
- 신우람. (2005). GIS를 이용한 범죄의 시·공간적 패턴연구, 경희대 대학원, 석사학위
- 곽봉금. (2005). 방법용 CCTV의 범죄발생 억제효과에 관한 연구: 서울강남구청 관내에 설치 · 운영중인 방법용 CCTV를 중심으로, 한국외국어대 정책과학대학원, 석사학위
- 최연아. (2003). 범죄의 공간적 분포특성에 관한 연구, -서울시 영등포구를 사례로-, 서울대 환경대학원, 석사학위
- 권오은. (2002). GIS를 활용한 범죄지역분석, -파출소를 중심으로-, 서울시립대 대학원, 석사학위
- 전용완. (2002). GIS와 공간통계를 이용한 범죄분석에 관한 연구, 서울대 대학원, 석사학위
- 유은혜. (1999). GIS의 통계적 공간분석 연구, 서울대 대학원, 석사학위

● 단행본

- 이희연·노승철. (2013). 고급통계 분석론, 서울: 문우사
- 이학식·임지훈. (2013). 구조방정식모형분석과 AMOS 20.0, 서울: 집현재
- 이학식·임지훈. (2013). SPSS 18.0 매뉴얼, 서울: 집현재
- 데이터솔류션컨설팀. (2013). SPSS Statistics 회귀분석, 서울: 데이터솔류션
- 데이터솔류션컨설팀. (2013). SPSS Statistics다이렉트 마케팅과 고객가치분석, 서울: 데이터솔류션
- 데이터솔류션컨설팀. (2013). SPSS Statistics 평균비교와 데이터축소, 서울: 데이터 솔류션
- 박성현외 3인. (2011). 고급SPSS 이해와 활용, 서울: 한나래
- 이희연·심재현. (2011). GIS 지리정보학, 서울: 법문사
- 김석우. (2010). SPSS AMOS 활용의 실제, 서울: 학지사
- 김남신. (2010). 지리정보활용, -Arc GIS를 이용한 자료관리와 공간분석-, 서울: 한울아카데미
- 서혜선외 4인. (2007). 회귀분석, 서울: 한나래
- 국토연구원. (2004). 공간분석기법, 서울: 한울아카데미
- 이성우. (2004). 서울시 범죄발생의 도시계획적 함의, 서울: 서울시정연구원
- 김영표·임은선. (2004). GIS기반 공간분석방법론 적용연구, 서울: 국토연구원
- 이희연. (2003). GIS 지리정보학, 서울: 법문사
- 김영표·임은선. (2003). GIS기반 공간분석방법론 개발연구, 서울: 국토연구원
- 김기득·곽대훈. (2003). 지리정보시스템과 공간분석을 활용한 범죄연구: 사례 연구를 중심으로, 서울: 한국형사정책연구원
- 이희연. (1999). 지리통계학, 서울: 법문사

● 학회지 게제논문

- 김동문 · 박재국. (2010), 범죄발생의 공간적 특성분석을 통한 인위적 감시지역의 선정, 한국지형공간정보학회지 제18권 제3호 2010.09. PP83-90
- 전경석. (2010). 시공간핫스팟지역의 탐색방법론에 관한 연구, 한국동계학술대회 발표논문집, 19-33
- 정경석. (2009). GIS와 공간통계기법을 이용한 시공간적 도시범죄패턴 및 범죄발생영향요인분석, 한국지리정보학회지12(1)12-25
- 이상원. (2009). 가로 및 주택가 방범용CCTV설치를 위한 진단Program개발에 관한 연구, 한국 콘텐츠학회 논문지, 09 Vol.9 No.11,pp326-334.
- 이대성·이강훈. (2009). 도시지역 특성과 범죄율과 관계에 관한 연구, -인구·사회·경제적 요인을 중심으로-, 한국지방자치연구, 11 권:pp189-206
- 강석진·박지은·이경훈. (2009). 주민의식조사를 통한 주거지역방범용CCTV효과성분석, 대한건축학회 논문집, 25권:pp235-244.
- 전경석·문태현·정재희·허선영. (2009). GIS와 공간통계기법을 이용한 시·공간적 도시범죄패턴 및 범죄발생영향요인분석, 한국지리정보학회지,12(1); PP12-25
- 이주락. (2008). 가두방범CCTV의 범죄예방효과에 관한 연구 -천안·아산지역을 중심으로-, 현대사회와 행정, 18권;pp107-132
- 김연수. (2008). 방범용 CCTV의 범죄예방 효과분석 -범죄의 전이효과와 범죄통제 이익의 확산효과 분석을 중심으로-, 한국민간경비학회보, 11 권:pp 209-245
- 이민식·박현호. (2008). 환경설계를 통한 방범프로그램(CPTED)의 효과분석연구, 치안노총, 24권:pp.263-392
- 김민정. (2005). “환경 갈등 조정자로서의 전문가의 역할,” 환경사회학연구,ECO 8, 109-138.
- 이현희. (2000). GIS를 이용한 범죄분석, 형사정책연구,11(3):213-232

2. 국외문헌

● 단행본

Brown B.(1995), CCTV in town centres :three case studies, London :
Home Office Police Research Group

Farrington, D. P.·Bennett, T,H,·Welsh, B,C,(2007), The Cambridge
evaluation of the effects of CCTV on crime. In Farrel
G.·Bowers K,·Johnson S, ·Townsley M, Imagination for
crime prevention :Essays in honor of Ken Pease, Monsey,
NY : Criminal Justice Press

Luc Anselin.(2005), Exploring Spatial Data with GeoDa : A Workbook,
Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and
Consumer Economics, University of Illinois,
Urbana-Champaign Urbana, IL 61801

Ned Levine & Associates.(2013), CrimeStat IV, A Spatial Statistics
Program for the Analysis of Crime Incident Locations, The
National Institute of Justice Washington, DC : Houston, TX

Susan C. Smith Christopher W. Bruce(2008). Crimestat III User
Workbook, The National Institute of Justice Washington, DC

Alberto R. Gonzales, Regina B. Schofield, Sarah V. Hart. Mapping Crime
: Understanding Hot Spots, Maps:mapping &analysis for
public safety ,National Institute of Justice
www.ojp.usdoj.gov/nij.

● 학회지 게제논문

Bowers, K, J, Johnson, S, D. (2003). Measuring the Geographical
Displacement and Diffusion of Benefit Effects of Crime
Prevention Activity, Journal of Quantitative Criminology, Vol.19
No.3 : pp,275-301

Armitage, R, Smyth,, G, Pease, K. (1999). Burnley CCTV evaluation,
Surveillance of public space : CCTV, street lighting and crime
prevention, Vol.225 No10:pp 225-249



HANSUNG
UNIVERSITY

ABSTRACT

The Research on Location Monitoring of CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design) Device using Exploratory Spatial Data Analysis

Kim, Joo Hwan

Major in Information System Engineering

Dept. of Information and Computer Engineering

The Graduate School

Hansung University

A point of this study is to find Hotspot of crime that is happened frequently and is to prevent crime by installing CPTED Monitering on the Hotspot.

Needs about safety of residents are more important by deepening urbanization, elderly society and nuclear family. But, administrative power and police force have limits to counteract safety of residents. So people are looking for alternatives by introducing safety information system and device of CPTED. That is, Needs and Installations of CCTV increase steadily because CCTV is connected with safety. But, scientific analysis about validity, systematic plan and location of security CCTV is nonexistent. Now, it just stays a level to counteract the needs of residents. It has limits to look for safety of residents by increasing density of CCTV simply.

One of the feature of crime is to show signs clustering with the area that is happened crime in the past as the center. And also these crimes are strong interconnectivity. So, exploratory spatial data of crime is geo-coding for 2 years and it carried out cluster analysis and space statistical analysis through GIS space analysis by dividing 18 variables into social economy, urban space, crime prevention facility and crime occurrence index. The result of analysis, it shows cluster of 5 main crime, theft, violence and sexual violence by Nearest Neighbor distance analysis and Ripley's K function. It also shows strong crime interconnectivity through criminal correlation analysis. In case of finding criminal cluster, you can find criminal hotspot. So, in this study I found concept of hotspot and considered technique about selection of hotspot. And then, selected hotspot about 5 main crime, theft, violence and sexual violence through Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering. After that, I found 105 clusters of hotspot in the study areas by overlap analysis . I also found the variable on the effect of crime and cause of cluster through criminal records which I got in this study. Regression analysis is appropriate model about finding cause and effect. But, It needs modification model because crime is strong spatial autocorrelation. And I analyzed hotspot the neighboring areas after measuring spatial autocorrelation of each crime and variables. And also, I selected variables on the effect of rate of 5 main crime, rate of theft, and rate of foreign residents by applying Spatial Lag Model, Spatial Error Model including spatial autocorrelation other than traditional OLS model. The variables on the effect of 5 main crime is found (+)sign in rate of recipient of livelihood and rate of adult entertainment establishment. And it is found (-)sign in the density of security light and streetlight. That is, It is analyzed high rate of 5 main crime as high recipient of livelihood, high adult entertainment establishment and low density of security light and

streetlight. Because the rate of foreign residents is (+)sign, it is analyzed high the rate of theft as high theft. It can prevent crime by selecting CCTV install location in the basis of cluster location through variables cluster on the effect. That is, It is selected hotspot by overlapping recipient of livelihood cluster areas, adult entertainment establishment cluster areas, multi-cultural family cluster areas and low density of security light and streetlight. The detailed number which should be installed on the hotspot is 181. But, in the result of overlap analysis about hotspot which got data and the existing CCTV areas, the existing CCTV areas take charge of 46%. So, number of new CCTV for covering hotspot in considering of existing CCTV is 89. Number of new CCTV in the base of prevention data is 26. and Number of new CCTV is 115 in the result of re-analyzing spatial feature in the base of selected areas.

It can summarize several points of this study result.

First, It can be possible scientific, objective access by finding hotspot through criminal data, designing location of CPTED in the basis of the spot and measuring number of installation. Second, It can be base of selecting quantity, detailed budget and location, and year-on-year executive planning about CPTED on the data. Third, It can minimize effect and criminal decrease by counteracting appropriate administrative power and selecting criminal hotspot. Fourth, It can have efficiency of manpower and budget by focusing limit budget, administrative agency and police power and also suggesting criminal spots and areas. Fifth, It can set up direction of police draft for city safety from now on by suggesting hotspot to decision-maker in the Urban Planning Section by informing variables in the effect of crime. Sixth, this study will be foundation of GIS modeling study for city safety in other cities future by suggesting spatial analysis through GIS modeling.