

## 도시공간정보 기반의 범죄발생 확률 모형 및 위험도 확률지도 생성

김 동 현\*, 박 구 락\*\*

# A Probability Modeling of the Crime Occurrence and Risk Probability Map Generation based on the Urban Spatial Information

Dong-Hyun Kim\*, Koo-Rack Park\*\*

### 요 약

최근 도시화율이 증가됨에 따라 발생하는 도시의 범죄 예방을 위하여 컴퓨터정보기술과 GIS 기술을 이용한 범죄 공간의 분석에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 정적인 환경에서 도시공간정보에 포함된 지역특성을 이용하여 단위 셀별 우범 위험도를 계량화하여 래스터 형태의 확률 지도를 구성하였다. 지형적 특성에 의한 상대적 위험도, 시설물에 의한 상대적 위험도, 수목이나 하천에 의한 위험도 등을 기본으로 하여 위험도 확률 지도를 구축한다. 이를 통합한 위험도 확률 지도를 구할 때는 각각의 단위 위험도에 기후나 계절적 요인에 의해 가중치를 적용한 후 평균하게 된다. 또한 일회성 분석이 아닌 범죄 발생 상대적 위험지수의 패턴을 판독키로 하여 전체 위험도의 확률 지도를 생성하여 이후 발생하는 범죄의 유형을 계량화하는 확률지도에 추가적으로 적용하여 정적인 정보가 아닌 시간의 흐름에 따라 범죄 위험도 확률지도가 달라질 수 있는 모델과 시뮬레이션 하는 방법론을 제안하였다.

### Abstract

Recently, the research of the analysis of the crime spatial is increased by using the computer information technology and GIS (Geometric Information System) in order to prevent the urban crime so as to increase the urbanization rate. In this paper, a probability map formed by the raster is organized by the quantification of crime risk per the cell using the region property of the urban spatial information in the static environment. Also, a map of the risk probability is constructed based on the relative risk by the region property, the relative risk by the facility, the relative risk by the woody plant and the river, and so on. And, this integrated risk probability map is calculated by averaging the individual cell risk applied to the climatic influence and the seasonal factor. And, a probability map of the overall risk is generated by the interpretation key of the crime occurrence

• 제1저자 : 김동현 교신저자 : 박구락

• 투고일 : 2009. 09. 28, 심사일 : 2009. 10. 05, 게재확정일 : 2009. 10. 09.

\* 공주대학교 컴퓨터공학과 \*\* 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

relative risk index, and so, this information is applied to the probability map quantifying the occurrence crime pattern. And so, in this paper, a methodology of the modeling and the simulation that this crime risk probability map is modified according to the passage of time are proposed.

▶ Keyword : 확률지도(probability map), 판독 키(interpretation key), 범죄지도(crime map)

## I. 서 론

사람이 거주 하는 지역은 모든 곳에서 범죄가 발생 한다고 해도 과언이 아니며, 특히 사람이 밀집되어 있는 도시에서 범죄 발생의 빈도는 매우 높다. 어느 사회, 장소에서든 일정량의 범죄 발생은 필연적으로 볼 수 있다. 도시지역의 안전과 관련된 지금까지의 연구는 대부분 범죄 예방을 위한 방어 공간의 설계에 중점을 두고 진행되어 왔으며, 국내에서는 주거단지를 중심으로 공간 구성과 범죄 발생 사이의 상호 관련성을 분석하는 범죄에 대한 방어 공간에 관한 것으로 공간 형태의 특성에 따라 범죄 발생이 어떠한 형태의 패턴으로 이루어지는지에 관한 연구로서 공간범죄 발생률을 낮출 수 있는 도시안전의 측면에서 도시 및 건축 공간 디자인을 효율적으로 계획하는 공간구조 형태 또는 형상(space configuration)을 분석하는 방법인 공간구조기법에 대한 연구가 이루어지고 있다[1][2][3].

또한 공간에 관한 기존의 경험적 연구는 범죄의 공간적 분포와 범죄자 거주지와 피해자 거주지 사이의 공간적 분포를 통하여 범죄현상이 특정한 패턴을 보이고 있다는 사실을 밝히고 이런 현상의 원인을 찾는 데 노력하고 있다[4]. 최근에 범죄의 분포와 관련 요인을 설명하기 위하여 여러 연구가 있어 왔지만 컴퓨터의 발전으로 데이터베이스와 컴퓨터 지도를 결합한 GIS를 이용한 범죄 지역의 분석이 많이 이루어지고 있고[5], 범죄 분야에서 GIS라는 새로운 컴퓨터 프로그램의 발전으로 범죄의 공간적 분포를 분석하고 시각화하기 위하여 범죄의 공간적 특성을 분석하려는 연구가 활발히 이루어지고 있으며[6], GIS를 이용한 범죄 지도를 작성하여 범죄발생지역의 공간분석과 범죄예방 및 예측활동을 하고 있다[7]. 기존 일부 연구에서는 특정 지역을 사례로 GIS를 활용한 도시범죄의 공간 패턴 분석으로 범죄예측지도를 구현 하였으며[8], 범죄 발생 예측 프로그램 설계를 위한 연구가 진행 되어 왔고[9], 다양한 형태의 범죄에 대한 공간적 분석을 하였다. 그러나 국내에서 범죄를 공간적인 현상으로 인식하고 범죄와 범죄 발생 장소와의 관계에 대한 공간 과학적으로 접근한 연구는 소수에 불과 하다. 범죄 분야 이외에도 공간 분석에 의한 산불발생확률모형 개발 및 위험지도 작성이나 재해 정보지도 작성 등에 GIS를 활용한 확률 지도가 연구되고 있다[10][11].

기존의 논문에서 보이는 범죄 발생 예측 지도는 행정 구역 별 범죄 발생 건수를 기초로 작성 하여 일정 영역의 도시지역에서 과거에 발생된 범죄의 패턴을 분류하여 GIS를 이용한 지도의 생성이 대부분이며, 발생 예측보다 과거 발생 히스토리로 정리하는 것에 초점이 있다고 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 과거 범죄 발생 패턴을 근거로 공간에 대한 상대적 위험지수를 표현하여 이를 통합 분석하고 위험도를 모델링하고 시뮬레이션 하여 미래 범죄 발생 가능성을 예측하는 것이며, 분석 단위도 행정 구역 단위가 아닌 모든 지역을 일정크기의 셀(cell)로 나누어 특정 지역의 위험도를 표시하는 형태를 취하여 지형의 특성과 속성 정보를 바탕으로 한 범죄 발생 확률지도(probability map)를 작성하는 방법론을 제시한 것으로, 특히 범죄 발생 빈도에 따라 공간적 특성을 갖는 판독키를 다른 유사 공간적 특성을 갖는 곳에 적용하기 위해 공간정보의 여러 요소별 범죄 발생 위험 지수를 설정하고 이를 토대로 모델링 하고 시뮬레이션 하여 전체적인 위험도 확률 지도를 만들어내는 것이 본 논문의 목표이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 문제정의 및 확률지도를 생성하기 위한 전개 방법을 살펴보고, 3장에서는 상대적 위험지수를 생성하며, 4장에서는 계량화된 6가지 위험도 수치를 적용한 위험지수 확률지도를 생성하고, 5장에서는 상대 위험도 종합 분석 및 위험 요소별 위험도 확률지도의 조합에 의한 통합 위험도 확률지도 생성에 대해 기술하고, 마지막 장에서는 결론과 향후 진행할 부분을 제시한다.

## II. 문제정의 및 전개 방법

### 2.1 문제정의

도시의 문제는 대도시로 인구 집중이 가속화 되고 전체 도시화율이 증가함에 따라 실업, 빈곤, 주택난, 교통난 등 우리 주변에 많은 문제점을 내포하고 있다. 특히 생활환경의 악화로 범죄는 도시문제의 상호간에 영향을 주고받으면서 가장 중요한 문제로 대두 되었고, 이의 범죄를 예방하기 위해 범죄 위험도 확률 지도를 만들어 정책과 범죄 예방 전략을 수립할 수 있다. 이를 위해 도시에서 우범지역의 분석은 여러 환경을 이루는 속성 정보를 이용한 위험도 분석과 방법 감시에 이용되는 장비 및 인력에 의한 우범 현장 발견 확률에 대한 연구 분야로 나눌 수 있을 것이다.

과거 집단 주택 즉 아파트 단지 등의 방법은 인력에 의존하는 경비체계에 기계 경비를 일부 사용하였으며 관습 및 타성에 의해 사용되어왔다. 이로 인해 비효율적인 시스템이 운영되고 또한 오감의존의 운영관리에 한계가 있었다. 최근에는 전자경비시스템의 사용이 증가하고, 유/무인 방호 체계의 양립화가 이루어지고 있으며 범죄의 다양화 및 지능화에 능동적으로 대처하기 위한 시스템 성능이 발달 하고 있는 실정이다. 그러나 전체 위험도에 대한 과학적 분석은 이루어 지지 않고 있다. 이에 주변 환경을 바탕으로 위험도를 분석하여 우범지역에 대한 과거 범죄 발생 현황을 바탕으로 각 공간의 특성에 따라 등급 분류를 하고, 이를 바탕으로 한 감시 장비와 감시자의 속성 및 탐지 확률 등을 통해 다양한 요소가 복합적으로 작용하는 위험도 확률지도를 생성하여, 지능화 되고 다양화 되는 범죄의 예방과 대처를 할 수 있을 것이다. 이러한 복합적인 요소를 모두 포함하는 일반적인 위험도를 구하기 위해 위험도에 영향을 줄 수 있는 제한적인 요소들을 변수로 가정하여 구축할 수 있다. 본 논문에서는 도시 집단 주거 공간 및 주변 상황을 가정하여, 위험 요소에 대처하기 위한 감시 장비 보안 관련 초소 및 가로등 등의 요소가 가미 되고 집단 주거공간에 외곽 울타리가 있다는 것을 가정 하여 정적인 환경에서 위험도에 지배적인 요소인 지형공간정보와 기후, 시설배치도, 도로, 하천, 골목길, 가로등 설치 현황 등을 최대의 계량화된 위험지수로 표시하고 이를 바탕으로 하여 셀 단위의 범죄 발생 예상 지역 및 그에 대한 탐색 경로를 모델링 하고 이를 시뮬레이션 하였다.

2.2 전개 방법

통합 위험도 확률 지도를 생성하기 위하여 먼저 지형공간에서 과거 범죄 발생률을 적용하여 그림1과 같이 도시공간을 이루는 요소 즉 도로, 하천, 수목, 시설물 등의 요소별 범죄 발생 상대적 위험지수를 산출 한다. 이는 범죄가 공간적으로 어떻게 발생 하는지, 특정 공간에서 얼마나 자주 발생 하는지에 따라 해당 속성별 상대적 위험 지수를 산출 하는 것이며, 그림 2는 상대적 위험지수를 전체 공간의 위험요소 즉 지형 속성별 위험도 확률 지도를 하나의 레이어로 두고 각각의 위험도를 생성한 후 생성된 위험도를 계절적 요인이나 기후 환경적 요인, 주간 등 환경적 요인을 근거로 가중치를 가변적으로 적용하여 통합 위험도 확률 지도를 생성할 수 있는 방법이다. 특히 분석하고자 하는 각각의 속성별 위험지수를 시뮬레이션 하는 방법은 실 지형에서 해당 속성 정보만을 별도로 레이어로 제작하고 이 레이어로 지형에서 나눈 셀 단위로 분석 하고 이를 위험지수에 대입하여 해당 셀의 위험도를 시뮬레이션 하여, 이의 결과인 위험도 파일(.RSK)을 생성한다. 이를 바탕으로 위험도 파일을 적용하여 위험도별로 색을 구별한 위험

도 확률지도를 그림파일로 표현하게 된다.

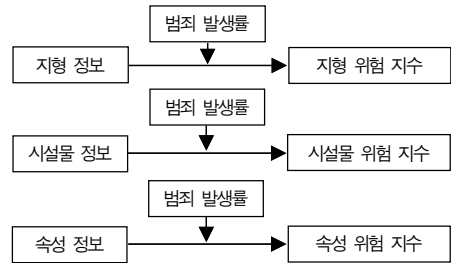


그림 1. 위험지수 산출 과정

Fig. 1. Calculation Procedure of Risk Index

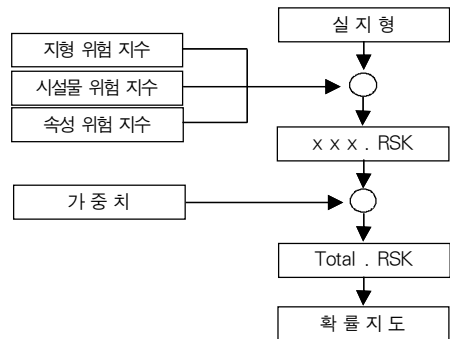


그림 2. 실 지형에 위험도 확률지도 적용 절차

Fig. 2. Procedure of Applying Risk Probability Map to Real Terrain

그림 3은 범죄 발생과 빈도수를 범죄의 공간적 반복성을 기반으로 모델링하여 특정 지역의 속성을 단위 관독기로 보고 다른 지역에 동일하게 적용하여 위험도 확률 지도를 산출하는 과정이다.

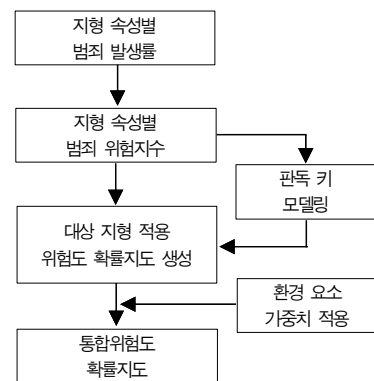


그림 3. 확률지도 산출 과정

Fig. 3. Calculation Procedure of Probability Map

본 논문에서 제안한 방법에 사용된 시뮬레이션 환경은 윈도

우 비스타 환경에서 비주얼 스튜디오 2008을 이용하여 C++ 언어로 구축되었으며, 지형의 속성 정보에 관련된 데이터를 5m X 5m 그리드(Grid) 로 각 셀의 데이터를 입력하고, 이를 바탕으로 모델에 따른 시뮬레이션 프로그램을 작성하고 이를 수행하여 범죄 발생 통합 위험도 확률지도를 생성하였다.

### III. 위험 지수 생성

범죄 발생 상대적 위험 지수는 다음과 같은 방법을 근거로 생성 할 수 있다. 첫 번째 방법은 환경범죄학의 관점에서 도시공간에 발생한 범죄 발생을 분석[12]한 기준 범죄 발생 빈도를 기준으로 한다. 그 발생 빈도의 상대적 발생 빈도를 0~1의 사이 값으로 처리하는 방법이고, 두 번째 방법은 범죄 발생 불안감을 설문 조사하여[13][14], 이를 바탕으로 상대적 위험지수를 0~1의 사이 값으로 처리 할 수 있다. 두 가지 방법은 혼용해서 이용 될 수 있으며 본 논문은 이들 값의 타당성 보다 위험 지수의 확률 지도를 만드는 방법론에 대한 것으로 이 위험지수 계산 방법은 별도의 연구가 필요하다.

#### 3.1 시설물 종류별 위험 지수

건물용도에 따른, 즉 시설물에 대한 상대적 위험 지수는 다음과 같이 생성 할 수 있고, 이 상대적 위험 지수는 첫 번째 방법인 범죄 발생 빈도를 기반으로 작성 하였으며[15], 표 1 은 범죄 발생 빈도에 따른 상대적 위험 지수를 결정한 것으로 위험지수는 다음과 같이 결정하였다.  
 - 위험지수=범죄 발생 빈도/((최대값-최소값)/0.6)+0.3  
 시설물 위험지수를 0.3~0.9로 처리하였으며, 이외 지역은 0.5로 처리하여 상대적 위험 지수를 결정하였다.

표 1. 범죄 발생 빈도에 따른 상대적 위험 지수  
 Table 1. Relative Risk Index according to Crime Occurrence Frequency

구 분	범죄 발생 빈도	위험 지수
주택	28.4	0.6
아파트	10.8	0.4
근린상가	51.1	0.9
오피스	4.7	0.4
유흥지역	3.3	0.3
공업지역	1.6	0.3
이외지역	-	0.5

#### 3.2 도로 위험 지수

도로에 대한 상대적 위험 지수는 다음과 같이 생성 할 수 있다. 이 상대적 위험 지수는 두 번째 방법인 범죄 발생 불안지수

를 기반으로 작성 하였으며[16], 표 2는 도로에 대한 상대적 위험 지수를 결정한 것으로 위험 지수는 다음과 같이 결정하였다.  
 - 위험 지수 = (범죄 불안 지수 - 최소값(범죄불안지수)) / ((최대값 - 최소값)/ 0.6) + 0.2  
 이를 최소 0.2로 하여 6단계로 상대적 위험 지수로 결정하였고, 이외 지역은 0으로 처리하였다.

표 2. 도로에 따른 상대적 위험 지수  
 Table 2. Relative Risk Index according to road

구 분	범죄 불안 지수	위험 지수
정류장	2.91	0.8
지하철 역사	2.77	0.7
4차선 이상 도로	2.84	0.8
2차선 도로	2.37	0.5
골목길	1.9	0.2
이외 지역	-	0.0

#### 3.3 장소별 위험지수

장소별 상대적 위험지수는 다음과 같이 생성할 수 있다. 이 상대적 위험 지수는 두 번째 방법인 범죄 발생 불안지수를 기반으로 작성 하였으며[17], 표 3은 장소별 위험 지수를 결정한 것으로 위험지수는 범죄 발생 불안감 설문 조사에 의한 장소별 상대적 위험지수를 결정한 것으로 위험지수는 다음과 같이 결정하였다.  
 - 위험 지수 = (범죄 불안 지수 - 최소값(범죄불안지수)) / ((최대값 - 최소값)/0.6) + 0.2  
 이를 최소 0.2로 하고 6단계로 상대적 위험 지수로 결정 하였고, 이외 지역은 상대적 위험 지수의 중간 값인 0.5로 처리하였다.

표 3. 장소에 따른 상대적 위험 지수  
 Table 3. Relative Risk Index according to Place

구 분	주간 불안감	야간 불안감	불안감 평균	위험 지수
주거주변 오솔길	70.0	90.2	80.1	0.8
주거주변의 도로	68.8	81.0	74.9	0.6
주차장	65.0	79.2	72.1	0.4
어린이 놀이터	63.2	83.1	73.1	0.5
공원&자연보존	66.1	91.6	78.9	0.7
상 가	63.2	71.1	67.2	0.2
단지관리시설	67.9	74.3	71.1	0.4
진입 가로	59.0	82.0	70.5	0.4
이외 지역	-	-	-	0.5

### IV. 위험지수에 따른 확률지도 생성

위험 지수 확률지도는 감시 지역 전체에 대하여 10단위로

계량화된 6가지 위험도 수치를 단계별로 도식하여 생성하였으며, 본 논문에서 사용한 지형은 서울 집단 주거 지역이 있는 임의의 지역으로 시설물, 도로, 하천 등이 고루 전개 되어 있는 지역을 선정하였고, 분석 지역은 다음 그림 4, 5와 같으며, 본 논문에서 사용된 위험도 확률 지도의 위험도에 따른 색상은 다음과 같다.



(위험지수 : 빨강색 1.0 > 청색 0.0)



그림 4. 분석 지역 지도  
Fig. 4. Analysed Area Map



그림 5. 분석 지역 위성 영상  
Fig. 5. Satellite Image of Analysed Area

#### 4.1 도로에 따른 위험도 확률지도

분석 지역의 도로에 따라 위험 지수를 설정할 수 있으며, 도로는 기본적으로 차로 수가 높은 곳이 위험하며, 특히 골목길의 위험도는 매우 높다고 볼 수 있다. 이를 차량 진입이 불가능한 골목길을 0.5로 보고 8차선 이상 통행이 빈번한 도로를 0.8의 범죄 위험도로 설정하여 다음 표 4의 위험 지수를 설정하였고, 이를 분석 지역에 적용한 확률 지도는 다음 그림 6과 같다.

표 4. 도로에 따른 위험지수 설정

Table 4. Setting Up Risk Index according to Street

구분	위험지수
8차선 이상	0.8
6차선	0.8
4차선	0.8
2차선	0.5
차량 진입 가능 골목	0.2
차량 진입 불가능 골목	0.5
길이 아닌 곳	0.0



그림 6. 도로에 의한 위험도 확률지도  
Fig. 6. Risk Probability Map by Street

위의 결과를 보면 대상 지역의 도로에 의한 위험도가 표시 되는데 대로변의 인도 지역이 붉은색으로 표시가 되어 상대적 위험도가 높게 나타나고, 이지역의 특징인 단독 주거지역의 좁은 골목길이 상대적 위험도가 약간 높게 나오는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 시설물 상태에 의한 위험도 확률지도

시설물의 상태에 따라 표 5와 같이 위험 지수를 설정할 수 있으며, 시설물의 종류는 시설물의 크기 및 위치에 따라 범죄 위험도는 달라 질 수 있다. 특히 무인 설비 지역이나 단독 주거지역은 위험도가 매우 높은 곳으로 이를 분석 지역에 적용한 시설물에 의한 위험도 확률지도는 다음 그림 7과 같다.

표 5. 시설물 상태에 의한 위험지수 설정

Table 5. Setting Up Risk Index according to Facility

구분	위험지수
건물	0.4
아파트 지역	0.4
단독 주거 지역	0.6
학교	0.5
관공서	0.5
무인 설비	0.9
상가 지역	0.2
노변 주차장	0.4
놀이터	0.5



그림 7. 시설물에 의한 위험도 확률지도  
Fig 7. Risk Probability Map by Facility

위의 결과를 보면 분석 지역은 시설물의 상태가 아파트 지역과 단독 주택 지역으로 구별 되어 있고, 집단 상가 지역이나 사무실 건물이 상대적으로 적은 지역으로 상대적 위험도가 비슷하게 나오는 것을 알 수 있다.

4.3 하천에 의한 위험도 확률지도

하천에 의한 위험도는 하천의 너비와 물의 흐르는 여부 및 하천의 제방 형태나 제방 주변 위수 지역 존재 여부에 따라 위험도의 차이는 크게 달라 질 수 있다. 도시의 특성 상 실개천 지역은 대부분 복개 공사로 위험도가 낮지만 하천의 너비 또한 위험도의 차이에 변화를 줄 수 있으며, 다음 표 6은 하천에 따른 위험지수 설정이고, 이를 분석 지역에 적용한 하천에 의한 위험도 확률지도는 다음 그림 8과 같으며, 결과를 보면 이 지역은 중앙을 흐르는 성복천이 있는 지역으로 하천에 의한 위험도는 단순하게 나타났다.

표6. 하천에 따른 위험지수 설정  
Table 6. Setting Up Risk Index according to River

구분	위험지수
물이 상시 흐르는 하천	0.0
물이 상시 흐르는 하천 변	0.5
물이 흐르지 않는 하천	0.4
물이 흐르지 않는 하천 변	0.6
5m 이하 개울	0.7
교량	0.5
물골(수문 지역 등)	0.8
호수	0.0
호수 주변	0.6



그림 8. 하천에 의한 위험도 확률지도  
Fig. 8. Risk Probability Map by River

4.4 수목에 의한 위험도 확률지도

수목에 의한 위험 지수는 다음 표 7과 같으며, 이를 분석

지역에 적용한 수목에 의한 위험도 확률지도는 다음 그림 9와 같다.

표 7. 수목에 따른 위험지수 설정  
Table 7. Setting Up Risk Index according to Woody Plant

구분	위험지수
침엽수 숲	0.7
활엽수 숲	0.6
혼효림 숲	0.5
공원 조경 지역	0.5
가로수	0.3
단독 수목	0.3
잡목 지역	0.8
잔디밭	0.4
기타	0.0



그림 9. 수목에 의한 위험도 확률지도  
Fig 9. Risk Probability Map by Woody Plant

실제 수목의 위험도에서는 수목 밀집 정도에 따라 투과율 즉 수목 밖에서 보이는 정도에 따라, 또한 식생이 되어 있는 지역의 경사도에 따라 달라 질 수 있으나, 본 논문에서는 식생 여부에 따라 달리 분석 하여 위험 지수를 설정하였고, 결과를 보면 우측 하단에 아파트 지역의 조경 그리고 가로수 등이 수목으로 존재하는 지역이어서 해당 지역의 수목에 따른 위험도는 숲, 도로, 아파트 지역에서 높게 나타났다.

4.5 감시 장비에 의한 위험도 확률지도

감시 장비는 감시 장비의 속성 정보 즉 감시 거리에 따라 탐지 및 식별에 대한 정보를 바탕으로 하여야 하나 본 논문에서는 일괄적으로 감시 장비 주변 일정 범위 내에는 동일한 위험지수를 갖는다고 가정하여 위험도 확률 지도를 다음 그림 10과 같이 생성하였다.

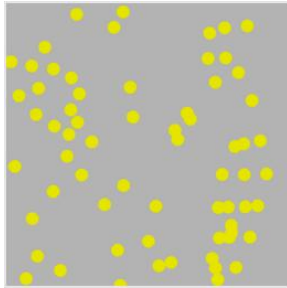


그림 10. 감시 장비에 의한 위험도 확률지도  
Fig 10. Risk Probability Map by Surveillance Equipment

감시 장비는 해당 지역의 감시 장비 존재 여부에 의한 하나의 레이어로 위험도가 표현된다.

#### 4.6 가로등에 의한 위험도 확률지도

가로등에 의한 위험도 역시 가로등의 속성 정보인 밝기, 주변 지형에 따른 사각지대 등을 고려하여 분석되어질 수 있으나 본 논문에서는 가로등 주변 일정 거리는 같은 위험지수를 갖는다고 평가 하고 분석 하였으며, 위험도 확률 지도를 그림 11과 같이 생성하였다.

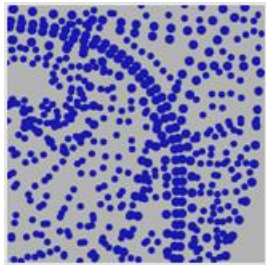


그림 11. 가로등에 의한 위험도 확률지도  
Fig 11. Risk Probability Map by Street light

가로등에 의해 야간 위험도는 상이하게 달라질 수 있으며, 위의 결과처럼 가로등이 있는 지역의 위험도는 매우 낮게 나타난다.

### V. 위험도 분석 및 통합 위험도 확률지도 생성

상대 위험도 종합 분석은 위험 요소별 위험도 확률지도의 적절한 조합에 의하여 실시된다. 각각의 위험도 요소가 같은 확률로 독립적으로 작용한다고 가정하면, 위험지역은 탐지 확률지도의 조합에 의하여 결정되며, 최적 위험도를 수식으로 표시하면 다음 식 (1)과 같다.

$$\langle X \rangle = \sum_s X(s)w(s) / N(s) \quad (1)$$

위의 식 (1)에서  $s$ 는 위험 요소(도로, 하천, 수목, 시설물, 감시 장비, 가로등 등),  $X(s)$ 는 위험 요소  $s$ 의 위험도,  $W(s)$ 는 가중치(계절적/기상적인 요소),  $N(s)$ 은 위험 적용 요소의 개수를 나타낸다.

#### 5.1 시설물에 의한 복합 위험도 확률지도

시설물에 의한 복합 위험도를 계산하기 위해 동일한 가중치를 적용하여 분석 하였다. 먼저 도로에 의한 위험도와 가로등에 의한 위험도를 복합 하여 분석 하면 그림 12와 같다.

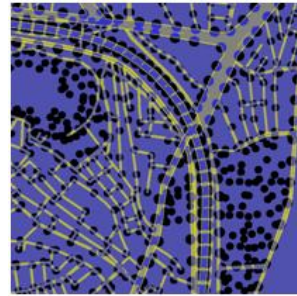


그림 12. 도로와 가로등에 의한 복합 위험도 확률지도  
Fig 12. Complex Risk Probability Map by Street and Street Light

위의 결과를 보면 도로와 가로등에 의한 위험도를 융합하여 확률지도를 만들 경우, 특히 가로등이 있는 셀 부근의 도로는 상대적으로 위험도가 상쇄되어 낮게 나타난다. 이를 추가적으로 감시 장비에 의한 위험도를 동일한 가중치로 통합하면 다음 그림 13과 같으며, 추가적으로 감시 장비를 적용하면 위험 요소에 의한 위험도는 셀 별로 더 세분화 되게 된다.

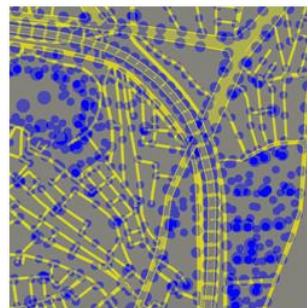


그림 13. 도로/가로등/감시 장비에 의한 복합 위험도 확률지도  
Fig 13. Complex Risk Probability Map by Street, Street Light, Surveillance Equipment

도로, 하천, 시설물을 복합하여 위험도 확률지도로 분석하면 다음 그림 14와 같다.



그림 14. 도로/하천/시설물에 의한 복합 위험도 확률지도  
Fig 14. Complex Risk Probability Map by Street, River, Facility

여러 속성을 통한 위험도를 복합하면 복합한 위험도의 수량에 따라 더욱 세분화된 위험도를 구할 수 있음을 알 수 있다.

다음 그림 14의 도로/하천/시설물에 의한 복합 위험도 확률지도에 가로등과 감시 장비를 추가하여 위험도 확률 지도를 분석 하면 그림 15와 같다.

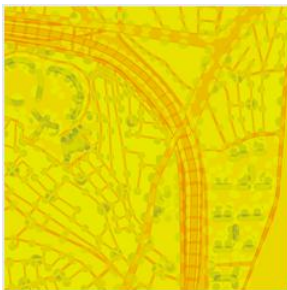


그림 15. 도로/하천/시설물/가로등/감시 장비에 의한 복합 위험도 확률지도  
Fig 15. Complex Risk Probability Map by Street, River, Facility, Street Light and Surveillance Equipment

위의 확률지도와 같이 도심에서의 위험도는 특정 지역에 집중하여 나타내기보다 감시의 사각지대 등 세분화된 지역에 각각의 위험도가 산재 되어 있다고 볼 수 있다. 즉 단순히 도로, 하천, 시설물이나 가로등, 감시 장비 등의 인위적인 요소에 의한 위험도 분석은 장비의 추가로 극복 할 수 있는 상황이 된 다는 것을 알 수 있다.

## 5.2 통합 위험도 확률지도

본 논문에서 사용된 속성들의 통합 위험도를 보면 다음 그림 16과 같다.

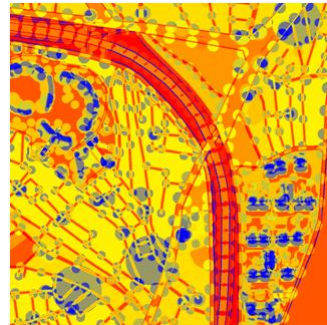


그림 16. 통합 위험도 확률지도  
Fig 16. Integrated Risk Probability Map

위의 분석 지역에서 위험 지수가 상대적으로 높게 나온 지역은 하천 주변 도로나 수목이 있는 지역과 공터 등의 지역으로 분석할 수 있으며, 상대적 위험 지수의 가중치를 동일하게 하고 해당 지역을 분석하여 상대적 위험지수가 높은 곳과 낮은 곳을 통합 지도로 분석해보면 어느 지역에 가로등을 추가 설치해야 하는지와 방범용 감시 장비나 방범센터를 추가 배치해야 하는지를 판단 할 수 있고, 감시 장비의 운영도 단순히 좌우 스캔이 아닌 위험 지역에 중점적으로 탐색 경로를 설정 할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문은 도시의 지형공간정보를 이용하여 도심지역 특화 집단 주거 공간에서 위험도를 분석하기 위한 모델링에 관한 것으로 도시공간의 지형정보로부터 추출 가능한 정보를 관측 성과 시설물 속성 정보 등을 활용하여 범죄자 관점에서 계량화하여 단계적인 모델링을 적용하여 발전시켰으며, 제안된 모델링과 시뮬레이션을 통해 알 수 있는 것은 세분화 시킨 지역의 위험 요소를 적용하고 분석하여 범죄의 예방에 적용될 수 있는 확률 지도를 작성 할 수 있고 이를 위해 위험도의 통합 모델 구성 방법을 제시한 것이 중요한 성과라 할 수 있다.

기존의 여러 연구가 범죄의 확률 지도를 행정 구역별 또는 지역별 점의 형태로 도시하여 분석 하였는데, 본 논문에서는 범죄의 발생 확률은 지역 내에서 특정 위치 즉 점의 형태로 존재 하지 않고 일정 특징을 갖고 있는 '어느 지역 근처' 라는 셀 로 표현 되는 곳의 위험도로 세분화 하였다. 또한 범죄 발생을 지역적 특성이 아닌 지형이나 시설물, 수목, 하천 등 지형속성 요소를 모두 포함하여 여러 레이어로 위험도를 만들고 이를 융합하여 통합 위험도 확률 지도로 만들어 세분화 하여 감시 장비나 경찰의 방범 활동에 구체적으로 적용할 수 있는 확률지도를 만드는 방법을 찾게 되었다.

본 논문의 결과는 도시 범죄 예방을 위해 설치되고 있는 가로등이나 감시 장비의 효율적 운영을 위해서 범죄 위험도의 확률 지도를 활용할 수 있으며, 감시 장치나 순찰 작전 또는 무인 감시를 위한 사회 안전 로봇 등의 지형공간정보를 이용한 최적의 탐색 지점 및 경로 분석 연구는 감시지역의 지형분석에 의한 위험도 확률지도 및 이의 모형을 기반으로 할 수 있다. 도심지역 집단 주거지역의 범죄 위험지점 및 감시 탐색 경로를 분석 프로그램과 결합하여 최적 감시에 활용될 수 있으며, 또한 감시 장비 최적 배치 및 향후 사회 안전 로봇의 탐색 경로 지정, 방법 순찰 경로 설정 등에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로의 연구과제에서는 본 논문에서 사용된 위험도의 가중치를 동일한 값으로 분석 하였으나 이 가중치를 기상 요소나 계절적 요인에 의해 가중치를 다르게 하여 계절과 환경에 따라 다른 위험도 확률 지도를 생성할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] 최윤경, 강인호, "아파트 단지 공간구조와 범죄," 대한건축학회 논문집, 제 9권, 제 8호, 25-32쪽, 1993년. 8월.  
 [2] 최재필, 이기완, "공간구문론을 이용한 범죄취약공간 해석에 관한 연구," 대한건축학회 논문지, 제 18권, 제 3호, 53-61쪽, 2002년. 3월.  
 [3] 장동국, "도시공간구조와 공간범죄," 대한국토도시계획학회지, 국토계획 제 39권, 제 1호, 21-32쪽, 2004년. 2월.  
 [4] Brown, M.A., "Modelling the Spatial Distribution of Suburban Crime," *Economy Geography*, Vol. 58, No 3, pp. 247-261, July 1982.  
 [5] 황선영, 황철수, "GIS를 활용한 도시 범죄의 공간패턴분석," 대한국토도시계획학회지, 국토계획 제 38권, 제 1호, 53-66쪽, 2003년. 2월.  
 [6] Bowers, K. and Hirschfield, A., "Exploring Links Between Crime and Disadvantage in North-West England: An Analysis Using Geographical Information Systems," *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 13, No 2, pp. 159-184, January 1999.  
 [7] 김창윤, "GIS를 활용한 경찰의 범죄통제에 관한 연구," 동국대학교 박사학위논문, 2005년. 2월.  
 [8] 박명규, "GIS의 공간분석을 활용한 범죄예측지도의 구현," 경희대학교 석사학위논문, 2003년. 8월.  
 [9] 김영환, 문정민, "범죄발생 예측프로그램 설계에 관한 연

구," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 11권, 제 4호, 221-230쪽, 2006년. 9월.  
 [10] 안상현, 이시영, 원명수, 이명보, 신영철, "공간분석에 의한 산발발생확률모형 개발 및 위험지도 작성," 한국지리정보학회지, 제 7권, 제 4호, 57-64쪽, 2004년. 12월.  
 [11] 박기연, 최우석, 김원석, 유환희, "도시지역 위험도 평가 및 재해정보지도 제작," 한국공간정보시스템학회 춘계학술대회, 363-368쪽, 2005년. 5월.  
 [12] 김영환, 문정민, 장동국, "도시공간의 범죄분포특성에 관한 연구," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 12권, 제 5호, 235-241쪽, 2007년. 11월.  
 [13] 강석진, 박지은, 이경훈, "주민의식조사를 통한 주거지역 방법용 CCTV 효과성 분석," 대한건축학회 논문지 제 25권, 제 4호, 235-244쪽, 2009년. 4월.  
 [14] 임승빈, 박창석, "범죄예방을 위한 주거단지 설계기준에 관한 연구," 대한건축학회 논문지 제 8권, 제 10호, 55-63쪽, 1992년. 10월.  
 [15] 김영환, 문정민, 장동국, 전계논문, 240쪽, 2007년. 11월.  
 [16] 강석진, 박지은, 이경훈, 전계논문, 239쪽, 2009년. 4월.  
 [17] 임승빈, 박창석, 전계논문, 60쪽, 1992년. 10월.

### 저자 소개



#### 김 동 현

1986 : 중앙대학교전기공학과 공학사  
 2005 : 공주대학교 컴퓨터멀티미디어 공학과 공학석사  
 2008 : 공주대학교 컴퓨터공학과 박사  
 사수료  
 관심분야 : 지리정보, 영상처리, 시물레이션



#### 박 구 락

1986 : 중앙대학교 전기공학과 공학사  
 1988 : 숭실대학교 전자계산학과 공학석사  
 2000 : 경기대학교 전자계산학과 이학박사  
 현 재 : 공주대학교컴퓨터공학부 교수  
 관심분야 : 정보경영, 정보통신, 전자상거래