

## 마코프 체인과 객체 판독키를 적용한 범죄 예측 확률지도 생성 기법 연구

노찬숙\*, 김동현\*

# A Study on Generation Methodology of Crime Prediction Probability Map by using the Markov Chains and Object Interpretation Keys

Chan-Sook Noe \*, Dong-Hyun Kim \*

### 요약

본 논문에서는 과거 발생했던 범죄 빈도수가 적용된 해당 지역의 도시 공간 정보를 구성하고 있는 객체를 바탕으로 육안으로 판별이 가능한 특징들을 판독키로 정하고, 위험도를 계량화하였으며, 미래 예측 기법인 마코프 체인 방식을 적용하여 래스터 형태의 위험도 확률지도를 생성하는 기법을 제안한다. 이때 객체 판독키는 일정 크기의 셀로 나누어 셀에 해당하는 계량화된 위험지수를 적용하고, 여러 계층의 범죄 예측 확률지도를 통합하여 통합된 위험도 확률지도를 생성한다. 이는 정적인 정보가 아닌 시간에 따라 위험도 확률지도가 변화될 수 있고, 객체 판독키의 추가 적용에 따라 달라질 수 있는 위험도 확률지도를 생성하여 범죄의 예방에 적용될 수 있는 모델 구성 방법을 제시한 것으로, 순찰 경로 및 감시 장비의 최적 배치에 활용될 수 있을 것이다.

▶ Keywords : 확률지도, 판독키, 범죄지도, 범죄예측, 마코프 체인

### Abstract

In this paper we propose a method that can generate the risk probability map in the form of raster shape by using Markov Chain methodology applied to the object interpretation keys and quantified risk indexes. These object interpretation keys, which are primarily characteristics that can be identified by the naked eye, are set based on the objects that comprise the spatial information of a certain urban area. Each key is divided into a cell, and then is weighted by its own risk index. These keys in turn are used to generate the unified risk probability map using various levels of crime prediction probability maps. The risk probability map may vary over time and means of applying different sets of object interpretation keys. Therefore, this method can be used to prevent crimes by providing the ways of setting up the best possible police patrol beat as well as the optimal arrangement of surveillance equipments.

▶ Keywords : Probability Map, Interpretation Key, Crime Map, Crime Prediction, Markov Chains

•제1저자 : 노찬숙 •교신저자 : 김동현

•투고일 : 2012. 10. 07. 심사일 : 2012. 10. 15. 게재확정일 : 2012. 10. 22.

\* 우송대학교 IT경영학부(Dept. of IT Management, Woosong University)

## I. 서론

현대사회는 고도의 산업 발전으로 인하여 삶의 질이 향상되고 있다. 그러나 도시화는 인구의 도시 집중으로 인하여 다양한 사회적인 문제들이 발생하고 있다. 특히 도시의 성장은 범죄의 발생을 동반하고 있는 상황이며, 도시민들은 범죄에 대한 두려움으로 정상적인 도시 생활을 영위하기 어려운 요인이 되고 있다. 이는 사회 구성원간의 불신감 조장으로 사회 전반에 좋지 않은 영향을 끼치게 될 수도 있다. 범죄가 발생한 후의 대처도 중요한 부분이 될 수도 있지만, 범죄 발생을 사전에 예방하는 대책은 형사정책에 있어서 중요한 과제가 될 것이다. 지금까지 범죄 예방적 차원에서 다양한 연구가 이루어지고 있다.

도시 공간의 안전과 관련된 연구는 대부분 범죄 예방을 위한 방어 공간 설계에 중점을 두고 있으며, 특히 공간구문기법을 활용하여 건축물을 이루는 공간을 독립된 단위요소로 인식하여, 전체의 공간에서 특정한 공간이 갖고 있는 성격을 수치나 그래프의 형태로 나타내는 연구가 대부분이다[1][2]. 최근 들어 컴퓨터와 GIS(Geographic Information System) 라는 소프트웨어의 발전으로 범죄 지역의 공간적 분포를 분석하여 시각화하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으며[3][4], 범죄 분야 이외에도 재해와 관련된 산불 발생 위험지역의 구분을 위한 재해 정보지도 작성 등에 GIS를 활용한 확률지도가 연구되고 있다[5][6]. 또한 마코프 체인을 적용한 과거 범죄 유형별 발생 건수를 분석하여, 범죄 발생 예측 확률을 높일 수 있는 연구가 이루어지고 있다[7]. 도시 공간과 관련한 범죄 지도의 작성은 과거 발생한 범죄의 패턴을 분류하여 GIS 및 통계 등을 이용한 범죄 예측 지도의 생성이 대부분이었다. 이에, 본 논문에서는 도시지역의 공간 정보를 활용하여 범죄 예측 위험도 확률지도의 생성 방법을 일반화시키는데 목적을 두고 지형 기반의 위치정보를 활용하여 범죄 사건의 과거 발생 빈도와 유형을 바탕으로 미래 예측 기법인 마코프 체인(Markov Chain)과, 판독키(Interpretation Key)를 이용하여, 위험도 발생 확률을 모형화하고 분석 지역의 지형에 적용하여 확률지도를 생성하는 시뮬레이션 방법론을 제안한다. 선행 연구[8]에서는 객체 판독키의 위험지수에 의한 확률지도 생성 방법론을 제시 하였으나, 이는 예측 모델이 적용되지 않았다. 이에 본 논문에서는 실제 범죄 발생 빈도수를 적용하여, 범죄 발생 예측 모델을 적용한 위험도 확률 예측지도의 생성 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 판독키와 마코프

체인에 관한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 예측 모델 설계의 연구 절차 및 위험지수를 분석하며, 4장에서는 판독키를 적용한 범죄 발생 위험도 확률지도를 생성하고, 5장에서는 결론과 향후 연구할 부분을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 1. 판독키

판독키는 컴퓨터의 GIS 위성 영상을 자동 분류하거나 수작업 중심의 육안 판독에 이용되고 있으며, 디지털화된 영상을 자동으로 분류하기 위하여 제작하는 것으로 육안적 판독작업에 있어서 선행 조건 및 판독 기준이 된다. 항공사진이나 위성영상의 판독 기준이 되는 판독키는 현장 조사를 통한 특성을 구체적으로 파악하여야 하나, 대부분 표본 조사를 통하여 이루어지고 있다. 최근 들어 KOMPSAT EOC 영상을 이용한 북한지역의 토지 피복 판독 기법 연구에서 계층적 토지피복 분류 체계를 제시하였으며, 판독 특성을 도표화 하였다[9]. 또한 침엽수 산불 피해 등급을 위한 판독열쇠에 관한 연구에서는 낙엽송과 소나무의 등급 판별을 위해 색, 형태, 구조, 질감의 4가지 형태를 기초로 하여 개발하였다[10]. 본 논문에서의 판독키는 분석 대상 지역의 공간을 일정한 크기의 셀로 분할하여, 도시 공간내의 시설물 등의 형태에 따른 위험도 확률지도를 생성하기 위하여 방법 위험도를 판단할 수 있는 공간 정보 객체 판독키를 의미한다.

### 2. 마코프 체인

마코프 체인은 한 상태에서 다른 상태로 변환될 확률이 과거의 경력 보다는 현재의 상태에만 의존하는 모델로서 특정한 상태에서 다른 상태로 전이될 확률은 반듯이 현재의 상태에 의해서만 영향을 받는다는 것을 의미한다. 일반적인 확률의 문제들에서는 시간적인 개념을 고려하지 않지만, 시간에 따라 나타나는 현상들은 대부분 확률적인 성격을 가지며, 시간을 고려한 확률변수들의 집합을 확률과정(stochastic process)이라고 한다.

이는 측정하는 대상의 시간에 따라 관측한 값들의 모임이라고 할 수 있으며, 관측 시점에 따라 이산시간(discrete time)과 연속시간(continuous time) 확률과정으로 구분 될 수 있다. 즉 미래는 과거와 관계없이 현재 상태에만 의존하는 성질을 가지고 있으며  $X(t)$ 를 현재 상태,  $X(t+1)$ 을 미래 상태,  $\{X(k), k \leq t-1\}$ 을 과거 상태로 보면 마코프 프로세스는

다음의 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 P[X(t_{k+1}) = x_{k+1} | X(t_k) = x_k, \dots, X(t_1) = x_1] \\
 = P[X(t_{k+1}) = x_{k+1} | X(t_k) = x_k]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

일반적으로 이산적인 마코프 프로세스를 마코프 체인 (markov chain)이라고 하며 마코프 프로세스는 상태집합(set of states), 초기상태확률(initial state probability), 전이확률행렬(transition probability matrix)로 구성된다. 이러한 마코프 체인은 미래의 변화를 예측하기 위하여 과거의 동적인 상태 특성을 분석하는 수학적 기법으로[11], 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 마코프 프로세스의 세 가지 구성 요소를 분석 정의하여 객체 관독기 위험도 확률지도 생성에 가중치로 적용하였다.

### III. 예측 모델 설계

#### 1. 마코프 체인에 기반한 범죄 예측 모델

마코프 체인에 기반한 범죄 발생 확률 및 빈도수 예측을 위한 과정은 다음의 그림 1과 같다.

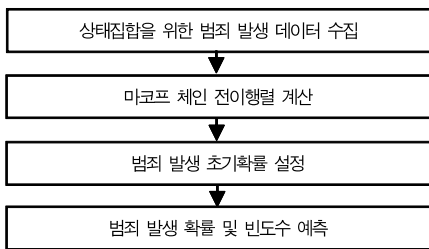


그림 1. 범죄 발생 건수 예측 절차

Fig. 1. Flow of prediction for the number of Crime Occurrence

#### 1.1 상태 집합

상태 집합을 정의하기 위하여 아래의 표 1과 같이 충남 C 시 SB구의 실제 5대 범죄(강도, 살인, 강간, 폭력, 절도) 발생 데이터를 수집하여 년도별/월별로 정리하였다. 위험도 확률지도 예측 모델은 과거의 데이터가 다른 요소들보다 높은 비중을 차지하기 때문에 신뢰성 있는 데이터의 수집이 중요하다.

표 1. 월별 범죄 발생 건수

Table 1. A Crime Occurrence on the Monthly Number

구분	2007년	2008년
1월	76	69
2월	72	62
3월	95	80
4월	106	75
5월	102	88
6월	91	99
7월	72	109
8월	101	101
9월	73	98
10월	72	147
11월	72	87
12월	74	94

수집된 데이터를 기반으로 하여 임계값의 범위로 상태 집합을 정의하며, 임계값은 월별 범죄 발생 빈도수를 기본으로 하였다.

#### 1.2 범죄 발생 상태 전이 행렬

범죄 발생 상태 전이 행렬 단계에서는 범죄 발생이 서로 독립적으로 발생한 경우로 가정하고, 범죄 발생 건수와 상태 집합과의 매핑을 통하여 생성할 수 있다. 상태 전이행렬  $P$ 는 다음의 식 (2)와 같이 정의할 수 있으며 조건 식 (3)을 만족한다. 각 열은 하나의 범죄 발생 상태에서 다른 범죄 발생 상태로의 확률을 나타내고, 각 행의 합은 1이 되어야 한다.

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & P_{ij} & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^n P_{1j} = 1, \sum_{j=1}^n P_{2j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^n P_{nj} = 1,$$

$$\text{즉, } P_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

#### 1.3 범죄 발생 초기 확률

범죄 발생 상태가 초기상태에서 가질 수 있는 범죄 발생 확률로써, 최근에 발생한 범죄 발생 빈도수를 조사하여 3개월,



본 논문에서는 범죄 발생 상태에 대한 초기 확률을 구하기 위해 2008년 7월부터 11월까지 최근 5개월 동안 발생한 빈도수를 이용한다. 앞서 제시한 식 (4)를 이용하여 최근 5개월 동안 발생한 범죄 발생 빈도수와 초기 확률 값을 구하면 다음과 같다.

▶ 범죄 발생 빈도수 :  
 109, 101, 98, 147, 87 =  $S_2, S_2, S_2, S_3, S_2$

▶ 초기 확률 :  
 $P(S_1 : 0, S_2 : 4, S_3 : 1) = P(0 \ 0.8 \ 0.2)$  (10)

앞의 식 (9)의 범죄 발생 상태 전이행렬과 초기 확률 식 (10)을 이용하여 다음 달에 발생하게 될 범죄 발생 확률을 예측하고 또한 범죄 발생 빈도수를 예측할 수 있다. 즉, 범죄 발생 확률은 다음의 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$(0 \ 0.8 \ 0.2) \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.05 & 0.9 & 0.05 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = (0.04 \ 0.92 \ 0.04)$$

(11)

결과 식 (11)로부터 다음 달의 범죄 발생 확률은  $S_1$  상태로 0.04,  $S_2$  상태로 0.92,  $S_3$  상태로 0.04의 확률로 발생할 것이며,  $S_2$ 의 상태인 71~110건 사이에서 발생할 것으로 예측된다.

따라서, 범죄 발생 빈도수는 앞의 식 (8)에 따라 아래와 같이 구할 수 있으며, 여기서 평균값은 마지막 5개월간의 범죄 발생 빈도수 합을 평균값이다.

▶ 예상 범죄 발생 빈도 =  $\sum_{i=1}^n P(S_i) A(S_i)$   
 = 0.92 x 108.4  
 = 99.73

위 결과로부터 다음 달 범죄가 발생할 빈도수는 99.73건으로 예측할 수 있으며, 실제 2008년 12월의 범죄 발생 빈도수는 94건으로 조사되었다. 결과적으로 마코프 체인 기반의 범죄 발생 빈도수 예측값이 임계값  $S_2$ 의 범위 안에 있는 것을 확인 하였다.

### IV. 판독기 위험도 확률지도 생성

#### 1. 연구 수행 절차

본 논문의 수행은 다음의 그림 3과 같은 절차로 진행하였다.

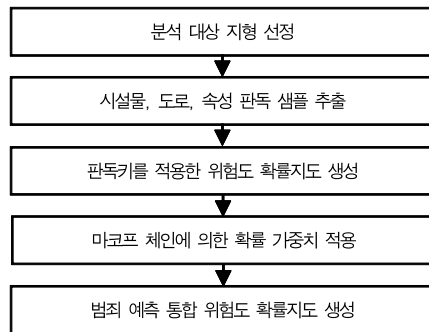


그림 3. 연구 수행 단계  
 Fig. 3. Research Procedure

먼저 도로와 시설물, 수목 등이 고루 분포되어 있는 분석 대상의 지형을 선정하고, 판독기 생성을 위하여 다음의 그림 4와 같은 방법으로 속성별 판독 샘플을 추출하고, 전 지역에 판독기를 적용한 방법 위험도 확률지도를 생성한다. 이후 마코프 체인에 의한 확률을 가중치로 적용하여 최종의 범죄 예측 통합 위험도 확률지도를 생성한다. 본 논문에서 제안한 방법에 사용된 시뮬레이션 환경은 윈도우 비스타 환경에서 비주얼 스튜디오 2008을 이용하여 C++언어로 구축하였다.

또한, 분석 지역을 20 X 20의 셀(cell)로 분할하여 판독기를 적용하고, 지형의 속성 정보에 관련된 데이터를 입력하여 이를 바탕으로 모델에 따른 시뮬레이션 프로그램을 작성하고 확률지도를 생성하였다.

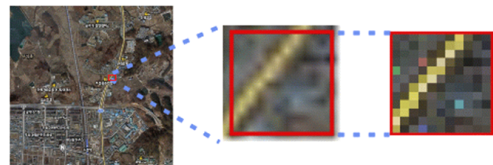


그림 4. 판독기를 위한 영상 절취  
 Fig. 4. Image Cut Out by Interpretation Key

#### 2. 판독기 분류와 위험지수 분석







먼저 분석 지역의 적용 대상 객체인 시설물, 도로, 수목, 하천 등을 속성 정보로 분류하여 그룹화 하는데, 이때 추가적인

세부 자료의 존재에 따라 더욱 세분화하여 분류할 수 있다. 이는 각 객체의 속성별 위험지수를 산출하기 위한 것으로 육안으로 판독할 수 있는 판독키의 세분화에 따라 위험도 확률지도의 정확성이 높아질 수 있다. 속성별 판독 샘플의 추출에 따라 상대적 위험지수를 산출하여 위험도 확률지도에 적용한다.

2.1 시설물에 의한 위험지수

시설물에 의한 위험지수의 산출은 건물의 사용 용도에 따른 상대적 위험지수로써 범죄 발생 빈도를 기반으로 작성하였으며[12], 아래의 표 2와 같이 시설물 대상의 상대적 위험지수를 결정하였다.

표 2. 시설물에 의한 상대적 위험 지수  
Table 2. Relative Risk Index according to Facility

구 분	판독키	위험지수	구 분	판독키	위험지수
아파트		3	단독주택과 골목길		7
아파트와 도로		5	오피스		3
단독주택		5	오피스와 도로		5

시설물의 위험지수를 2~8로 설정하였고, 이외의 지역은 중간값인 5로 설정하였다. 본 논문에서의 위험지수는 절대적 값이 아닌 상대적 위험도를 정한 것이기 때문에 위험도는 임의의 범위를 설정할 수 있다. 범죄가 발생할 확률이 0%에 근접한 경우에 0으로 하고 항상 범죄 발생이 일어날 장소를 10으로 한다고 가정하여 상대적 위험지수를 설정하였기에, 시설물에 의한 위험지수의 최소값을 2로 보고 6단계로 구분하여 결정하였다.

2.2 도로에 의한 위험지수

도로에 의한 위험지수 설정은 범죄 발생 불안감을 기반으로 작성하였으며[13], 아래의 표 3과 같이 도로에 대한 상대적 위험지수를 설정하였다.

표 3. 도로에 의한 상대적 위험 지수  
Table 3. Relative Risk Index according to Road









구 분	판독키	위험지수	구 분	판독키	위험지수
4차선 이상 도로		3	골목길		7
2차선 도로		5	철길/지하철		3

도로의 위험지수를 2~8로 처리하였고, 이외 지역은 0으로 처리하여 상대적 위험지수를 결정하였다.

2.3 수목 및 하천에 의한 위험지수

수목 및 하천에 의한 위험지수의 산출은 시설물 및 도로에 의한 위험지수를 기반으로 아래의 표 4와 같이 작성하였으며, 하천에 의한 위험도는 물의 흐르는 여부 및 하천의 너비, 호수 등에 따라 위험도의 차이는 크게 달라질 수 있다. 또한 수목에 의한 위험도는 투과율 즉 수목의 밀집 상태에 따라 달라질 수 있고, 식생이 되어 있는 지역의 경사도에 따라 다르게 분석할 수 있는데 본 논문에서는 식생 여부에 대해서만 분석하여 2~8로 상대적 위험지수를 결정하였다.

표 4. 수목 및 하천에 의한 상대적 위험 지수  
Table 4. Relative Risk Index according to Trees and River

구 분	판독키	위험지수	구 분	판독키	위험지수
침엽수 숲		7	활엽수 숲		6
조경지대		6	논 밭		6
잡목 지대		5	하천 1		5
가로수/단독 수목		3	하천 2		6

3. 판독키에 의한 위험도 확률지도 생성

본 논문에서 분석하고자 하는 대상 지역은 저수지와 집단 주거지역 학교, 철도, 수목 등이 고루 분포되어 있는 지역을 선정하였으며, 분석 지역은 다음의 그림 6과 같고 위험도 확률지도에 사용된 위험지수 색상은 다음의 그림 5와 같으며, 오른쪽은 위험도가 높고 왼쪽 부분은 위험도가 낮은 지역이다.



그림 5. 위험지수 색상  
Fig. 5. Risk Index Color

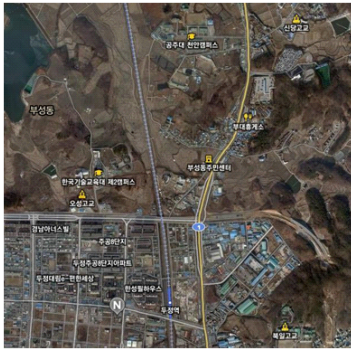


그림 6. 분석 지역  
Fig. 6. Analysed Area

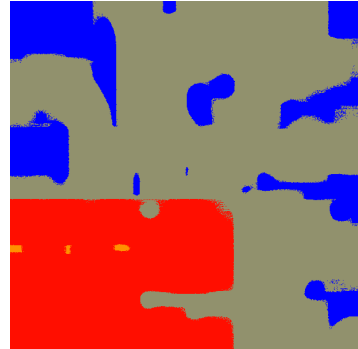


그림 8. 도로 판독키 적용 결과  
Fig. 8. Result of Road Interpretation Key

### 3.1 시설물에 의한 위험도 확률지도

시설물의 판독키를 분석 대상 지역에 대입하여 각 셀별 위험도를 적용한 확률지도는 다음의 그림 7과 같다.



그림 7. 시설물 판독키 적용 결과  
Fig. 7. Result of Facility Interpretation Key

위의 시뮬레이션 결과를 보면 해당 시설물이 같은 셀 안에 공존하는 경우가 많이 있어 해당 셀의 위험도가 넓게 분포하는 현상을 볼 수 있고, 주거 지역 및 상가 지역 등이 밀집해 있는 공간의 위험도가 상대적으로 낮게 표시되는 것을 알 수 있으며, 또한 시설물의 판독키 위험지수가 적용되지 않는 곳은 높은 위험도를 적용하여 나오는 것을 확인할 수 있다.

### 3.2 도로에 의한 위험도 확률지도

도로 판독키를 적용한 위험도 확률지도는 다음의 그림 8과 같다.

판독키의 적용에 대한 분석은 해당 분석 지역을 셀로 구분할 때 도로 등의 블록 보다 더 큰 크기의 셀로 분할하여서 도로가 밀집된 주거지역 부근의 위험도는 더욱 높게 나타난다. 골목길이 산재되어 있는 주거지역의 위험도가 매우 높게 나타나는 결과를 알 수 있다.

### 3.3 수목 및 하천에 의한 위험도 확률지도

수목 및 하천의 판독키를 분석 대상 지역에 대입하여 각 셀별 위험도를 적용한 확률지도는 다음의 그림 9와 같다.

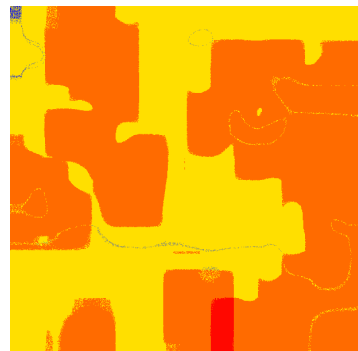


그림 9. 수목/하천 판독키 적용 결과  
Fig. 9. Result of Trees and River Interpretation Key

수목에 의한 판독키는 하절기를 기준으로 하여 적용하였으며, 수목이 밀집되어 있는 지역의 위험도가 높게 분석되었고, 하천에 의한 판독키의 결과는 왼쪽 상단 부근의 위험도는 전반적으로 낮게 분석되었다. 이는 하천의 크기에 따라 달리 분석되어 질 수 있는데 분석 지역은 저수지로서 하천의 판독키에 큰 영향을 받지 않는 결과이다.

### 3.4 상대적 판독키 위험도 분석

상대적 판독키 위험도는 요소별 위험도 확률지도의 조합에 의하여 적용될 수 있으며, 각각의 위험요소는 독립적으로 작용한다고 가정하면, 위험 지역의 분석은 시설물, 도로, 속성의 판독키 적용 확률지도의 조합에 의하여 결정할 수 있으며, 최적의 판독키 별 위험도는 다음의 식 (12)에 의하여 결정할 수 있다.



$$I = \left( \sum_{i=1}^N R(S_i) W(S_i) \right) / N \quad (12)$$

여기서  $S$ 는 관독키의 위험요소(도로, 시설물, 수목, 하천 등),  $R(S_i)$ 는 해당 셀에 영향을 주는 각 객체 관독키의 상대적 위험지수이고,  $W(S_i)$ 는 각각의 객체별 위험지수 가중치이며,  $N$ 은 적용된 객체 관독키의 종류 개수를 나타낸다. 위의 식을 이용하여 각각 축성, 시설물, 도로 등의 객체 관독키를 조합하여 위험도 확률지도를 생성할 수 있는데, 아래의 그림 10에서는 도로와 시설물을 조합한 복합 위험도 확률지도를 생성하였다.



그림 10. 도로와 시설물에 의한 복합 위험도 확률지도  
Fig. 10. Complex Risk Probability Map by Street and Facility

위의 결과를 분석하여 보면 전반적으로 주거지역 및 상가가 밀집되어 있는 지역의 위험도가 낮게 분석되어지고 수목이 많은 지역이나 하천 지역은 상대적으로 위험도가 높게 나오는 결과를 볼 수 있다. 이와 같이 객체 관독키의 조합으로 다양한 결합 위험도 확률지도를 생성할 수 있다.

### 3.5 통합 위험도 확률지도 생성

본 논문에서 사용된 각각의 객체 관독키 위험도를 적용한 통합 위험도 확률지도는 다음의 그림 11과 같다.

통합된 확률지도의 결과를 분석하여 보면, 집단 거주지역과 상가가 밀집된 지역의 위험도는 낮게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 수목이 밀집된 지역의 위험도는 상대적으로 높게 나타나고 있다. 또한 대로변 주변의 위험도는 낮게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다.

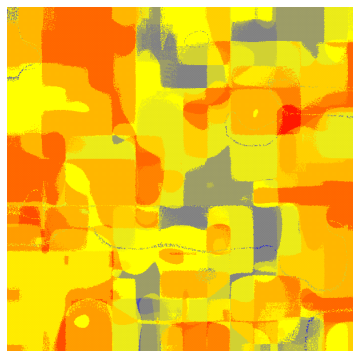


그림 11. 통합 위험도 확률지도  
Fig. 11. Integrated Risk Probability Map

### 3.6 마코프 체인을 적용한 위험도 확률지도 생성

앞의 그림 11의 통합 위험도 확률지도는 가중치를 1로 동일하게 적용한 결과이다. 본 논문에서는 마코프 체인을 적용하여 2008년 12월의 범죄 발생 예측 지도를 생성하였다. 앞의 식 (11)에서와 같이 다음 달은  $S_2$  상태에서 범죄가 발생할 확률이 0.92이므로 이를 가중치로 하여 시뮬레이션 하면 다음의 그림 12와 같은 확률지도를 생성할 수 있다.

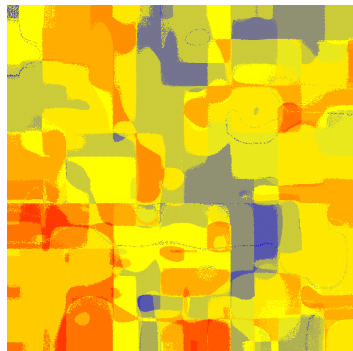


그림 12. 마코프 체인을 이용한 통합 위험도 확률지도  
Fig. 12. Integrated Risk Probability Map using Markov Chain

위의 그림 11과 그림 12를 비교해 보면 전반적으로 빨강색이 많이 없어지는 것을 확인할 수 있으며 이는 가중치의 적용에 따라 위험도 확률지도의 분석을 다르게 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

## V. 결론

현대사회에서의 도시문제는 대도시로의 인구 집중화로 인하여 매우 심각한 상황이며, 특히 다양화되고 지능화되어 가



고 있는 범죄에 대한 부분은 현대 도시민들에게 상당한 위협을 주고 있는 요소이다. 이에 따라 범죄의 현상 분석을 통하여 도시 공간 정보에 의한 미래 예측이 요구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 범죄의 예방을 위하여 과거의 범죄 발생 데이터를 수집하여 분석하고 위험도를 모형화하고, 공간정보의 근간이 되는 지역을 특정 크기의 셀로 구분하고, 계량화하여 전체를 분석하는데 적용할 수 있는 시뮬레이션 방법론을 제안하였다. 또한 범죄 발생 빈도수의 예측을 위하여 미래 예측 기법인 마코프 체인 기법을 적용하여 통합한 방법 위험도 확률지도를 생성하였다. 이는 시간에 따라 변화될 수 있는 위험도 확률지도를 생성하여 범죄의 예방에 적용될 수 있는 모델 구성 방법을 제시한 것이 중요한 성과라 할 수 있다.

이를 통하여 경찰 방법 순찰 업무의 경로 선택에 적용할 수 있으며, 치안 센터 및 감시 장비의 위치 선정과 방법 활동 강화에 활용할 수 있을 것으로 크게 기대된다.

향후 연구에서는 제안하는 모델에 적용하기 위하여 좀 더 세밀한 객체 판독기의 분류에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 범죄 발생의 정확도를 높이기 위하여 많은 과거 범죄 발생 데이터의 수집과 임계값의 설정에 대한 연구가 필요하며, 사회, 환경적인 요소를 세분화한다면 더욱 정확한 위험도 확률지도를 생성할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] D.K. Chang, "Urban Space Configuration and Space Crime," Journal of Korea Planners Association, Vol. 39, No. 1, pp. 21-32, February 2004.

[2] Y.K. Choi, I.H. Kang, "The Spatial Structure of Crime in Apartment Sites," Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 9, No. 8, pp. 25-32, August 1993.

[3] S.Y. Hwang, C.S. Hwang, "The Spatial Pattern Analysis of Urban Crimes Using GIS: The Case of Residential Burglary," Journal of Korea Planners Association, Vol. 38, No. 1, pp. 53-66, February 2003.

[4] 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. 3, No. 2, pp. 159-184, 1999.

[5] K.Y. Park, W.S. Kim, W.S. Kim, H.H. Yoo, "Risk Assessment and Hazard Information Map Generation of Urban Areas," Proc. of the Korean Society for

Geospatial Information System Conf., pp. 363-368, 2005.

[6] S.H. An, S.Y. Lee, M.S. Won, M.B. Lee, Y.C. Shin, "Developing the Forest Fire Occurrence Probability Model Using GIS and Mapping Forest Fire Risks," Journal of The Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 7, No. 4, pp. 57-64, December 2004.

[7] Y.S. Chung, J.M. Kim, K.R. Park, "A Study of Improved Ways of the Predicted Probability to Criminal Types," Journal of Korea Society of Computer and Information, Vol. 17, No. 4, April 2012.

[8] D.H. Kim, K.R. Park, "A Study on crime Prevention Risk Probability Map Generation Methodology by using the Object Interpretation Key," Journal of Korea Society of Computer and Information, Vol. 14, No. 11, November 2009.

[9] J.H. Kim, D.R. Kim, K.S. Lee, S.J. Min, K.H. Kim, "Development of the Interpretation Key for Land-Cover Mapping of North Korea using KOMPSAT EOC Imagery," Proc. of The Korean Society of Remote Sensing, pp. 133-138, March 2001.

[10] C. Kim, T.W. Jung, B.Y. Yoon, S.H. Hong, "Interpretation Keys to Evaluate High Resolution Imagery for the Assessment of Burnt Conifer Condition," Proc. of The Korean Society of Remote Sensing, pp. 267-270, 2006.

[11] Charles M. Grinstead, "Introduction to Probability: Second Revised Edition", American Mathematical Society, pp.405-406 1997.

[12] Y.H. Kim, D.K. Chang, J.M. Mun, "Study on the Distribution of Crime In Urban Space," Journal of Korea Society of Computer and Information, Vol. 12, No. 5, November 2012.

[13] S.B. Im, C.S. Park, "A Study on The Residential Site Design Criteria for the Prevention of Crime," Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 8, No. 10, pp. 55-64, October 1992.

## 저 자 소 개



### 노 찬 속

1987 : Northern Illinois University

BS in Computer Science

1991 : Florida State University

MS in Computer Science

2004 : Florida State University

PhD in Computer Science

현 재 : 우송대학교 IT경영학부 교수

관심분야 : 퍼지이론, 시멘틱 웹,

네트워크보안

Email : [csnoe@wsu.ac.kr](mailto:csnoe@wsu.ac.kr)



### 김 등 현

1986 : 중앙대학교 전기공학과 공학사

2005 : 공주대학교 컴퓨터멀티미디어

공학과 공학석사

2010 : 공주대학교 컴퓨터공학과

공학박사

현 재 : 우송대학교 IT경영학부 초빙교수

관심분야 : 지리정보, 영상처리, 시뮬레이션

Email : [dhkim@wsu.ac.kr](mailto:dhkim@wsu.ac.kr)