

점사상 밀도 분석을 위한 L-지표의 적용

이 병 길*

Applying the L-index for Analyzing the Density of Point Features

Byoungkil Lee*

요 약

지도좌표를 가진 정보의 통계적 분석은 GIS의 중요기능 중 하나로 인정되고 있다. 그 중 가장 기본적인 분석의 하나로 점사상에 대한 밀도분석이 이루어지고 있다. 밀도분석은 일반적으로 라스터 분석의 일부로 간주되고 있으며, 적합한 밀도분석을 위해서는 kernel 반경으로 알려진 검색반경의 결정이 중요한 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 기존 연구 결과에서 검색반경 설정에 유용한 것으로 알려진 L-지표를 이용하여, 비즈니스 GIS 분야에 축적된 점사상의 밀도 분석에 적합한 반경을 추정하고, 추정된 결과를 기반으로 점사상의 특성에 따른 L-지표의 거동을 고찰하였다.

연구결과 점사상이 대상지역의 일부 지역에서 크게 밀집되는 경우에는 L-지표가 대상지역의 크기와 무관하게 일정한 반경에서 극대값을 보이기 때문에 L-지표를 이용하여 검색반경을 설정하는 것이 유용함을 알 수 있었다. 반면, 점사상이 대상지역에 고루 분포하는 경우에는 L-지표의 극대값이 나타나는 반경이 대상지역의 크기에 따라 영향을 받기 때문에 L-지표를 이용하여 검색반경을 설정하는 것이 적합하지 않음을 알 수 있었다. 따라서 L-지표를 이용한 점사상 밀도의 검색반경 설정에는 점사상의 분포특성이 고려되어야 함을 알 수 있었다.

주요어 : 점사상, 밀도분석, L-지표

ABSTRACT : Statistical analysis of the coordinate information is regarded as one of the major GIS functions. Among them, one of the most fundamental analysis is density analysis of point features. For analyzing the density appropriately, determining the search radius, kernel radius, has critical importance.

In this study, using L-index, known as its usefulness for choosing the kernel radius in previous researches, radius for density analysis of various point features are estimated, and the

*경기대학교 토목공학과 전임강사(basil@kgu.ac.kr)

behavior of L -index is studied based on the estimated results.

As results, L -index is not suitable to determine the search radius for the point features that are evenly distributed with small clusters, because the pattern of the L -index is depends on the size of the study area. But for the point features with small number of highly clustered areas, L -index is suitable, because the pattern of the L -index is not affected by the size of study area.

Keywords : Point Features, Density Analysis, L -index

1. 서 론

최근의 지리정보의 획득 및 응용은, 지리정보를 활용하는 분야가 많아지고 정보의 활용이 고도화 되어가는 것과 함께, 정보획득을 위한 수단이 다양해지고 이미 생산된 정보에 대한 접근성이 향상되는 것이 상호 작용을 일으키면서 선순환하고 있는 것으로 보여 진다. 즉, 지리정보의 활용이 증가하면서 모든 분야에서 점차 많은 양의 정보가 축적되어가고 있으며, 축적된 정보가 다양해질수록 더 많은 응용분야에서 많은 활용이 일어나고 있다는 것이다.

특히 비즈니스 GIS와 같이 최근에 도입이 활발히 이루어지고 있으면서, 기본도 정보 외의 다수의 동적인 정보를 취급해야 하는 분야에서는 다양한 내용의 점사상 정보가 폭발적으로 증가하면서 이를 이용한 다양한 분석 알고리즘이 연구되고, 새로운 응용분야가 생겨나고 있다(이병길, 2003).

초기 비즈니스 GIS에서는 실무에 활용 가능한 수준의 점사상을 얻을 수 있는 충

분한 품질의 지번도를 확보하기 어려웠다¹⁾. 따라서 GIS의 활용이 점사상을 직접 활용하는 업무보다는 단순히 점포의 위치와 기본도 정보를 활용한 지역정보의 획득 또는 단순 물류업무에 집중되어 있었다. 그러나 최근에는 네비게이션 시장의 확대와 함께 양질의 지번도의 공급이 이루어지고 있어 비즈니스 GIS의 활용도 고품질 점사상을 이용한 고객중심 점포전략지원 및 지역 마케팅, 공간 데이터마이닝을 이용한 고객의 행동분석과 같은 심화된 분야로 확대되고 있다.

비즈니스 GIS에서 활용되는 다양한 점사상에 대한 분석 중 점사상의 군집성에 대한 분석은 한정된 지리적 공간의 최적 활용이라는 측면에서 꼭 필요한 연구이며, 비즈니스 GIS의 중요 기능인 의사결정 지원에 중요한 여러 가지 정보를 집계하는 단위인 상권 등의 세력권 추출에 꼭 필요한 분석이다. 점사상의 군집성에 대한 분석은 주로 밀도분석으로 이루어지며, 밀도 분석의 방법은 주로 방격법 또는 이동 kernel 을 사용한 분석기법(예를 들어, DENCLUE

1) 우리나라의 구 주소체계는 필지와 지번주소를 활용하기 때문에 address geo-coding이 불가능하며, 이를 극복하기 위해 도입된 도로명 주소체계 역시 주소체계가 완전하지 못하고, 널리 보급되지 못해 아직도 개선해야 할 점이 많다는 것은 주지의 사실이다. 주소와 지번도를 매칭하여야 하는 우리나라 구 주소체계의 특성 상 지번도의 완결성이 주소를 기반으로 하는 많은 동적정보(고객, 업종별 POI, 사건사고 등의 점사상)의 품질에 큰 영향을 준다.

(이병길, 2003))이 널리 사용되고 있다. 방격법이란 대상지역을 동일한 크기의 격자로 분할하여, 격자내의 점사상 수로 밀도를 구하는 방법이고, 이동 kernel을 사용한 방법은 격자점을 중심으로 일정 반경(검색 반경) 내의 점사상의 밀도를 구하는 방법으로 각 점사상에 대해 격자점으로부터의 거리 조락함수를 가중치로 부여한다. Diggle(1985)은 밀도 분석에서 거리조락함수의 선택보다 검색반경 크기의 선택이 중요하다고 하였다. Brunson(1995)는 kernel의 검색반경이 가장 핵심적으로 중요하다고 하며, adaptive kernel 알고리즘을 제안하였다. Borruo(2003), Goodwin and Unwin(2000) 및 Borruo and Schoier(2004)는 300~500m 정도의 반경이 도시지역의 점사상 분포 분석에 적합한 검색반경이라고 제안하였고, Diggle(1985)와 Hwang(2004)는 밀도분석을 위한 적절한 반경 선택 기법으로 L-지표의 사용을 제안하였다.

본 연구에서는 이동 kernel의 반경을 결정하기 위해 사용되는 방법으로 많이 사용되는 L-지표를 서로 다른 유형의 점사상에 적용하고, 적용결과 산출된 L-지표를 분석하여, 점사상의 유형 별로 L-지표를 해석하고 활용하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구 동향

2.1 점사상 밀도분석 기법

점사상은 하나의 XY 좌표로 위치가 정

의되는 지리적 사상(유근배, 1998)으로 실제 공간상의 면적을 점유하고 있는 건물, 사업체 등을 주소를 이용하여 위치를 지정하는 경우, 또는 교통사고, 전염병 발생과 같은 사건을 지도 공간 상에 표시하는 경우에 점사상을 사용하게 된다(이병길, 2006a).

점 패턴이란 특정 대상공간 R 에서 사건이 발생한 일련의 위치(s_1, s_2, \dots)로 정의되며, s_i 는 벡터 형식의 표현으로 공간상에서는 i 번째 관측된 사건의 좌표를 의미한다. ‘사건’이란 R 내에서 관측된 위치를 임의의 위치로부터 구별하기 위해서 사용되는 점 형성과정(point process)에서 사용되는 표준적인 용어이다(Diggle, 1983). R 은 사각형이거나 다각형일 수 있으며, 어느 경우이건 경계선 효과²⁾가 발생하므로 이를 보완하기 위해 완충지역을 사용하거나 분석시에 경계의 형상을 고려해야 한다.

점사상의 밀도를 추정하는 방법으로 방격법이 많이 사용되어 왔으나, GIS 도입 이후, 이동 kernel을 사용한 분석기법이 널리 사용되고 있다. 이동 kernel을 이용한 분석에서 결과적으로 얻어지는 산출물은 라스터 형태의 데이터로 방격법과 유사하지만, 방격법과 비교할 때 격자의 크기는 최소한 작게하고, 여러 크기의 윈도(검색 영역)를 사용한 분석결과를 비교할 수 있는 장점이 있다. 밀도를 추정하는 기술을 Kernel Density Estimation(KDE)이라 하며, 여기에 사용되는 kernel estimator의 일반적인 형식은 식 (1)과 같다.

2) 경계선 효과: 대상지역의 경계선에 인접한 위치에서는 검색반경에 의해 형성되는 윈의 일정부분이 대상지역을 벗어나게 된다. 따라서 검색되는 점사상의 수도 원래의 기댓값에 비해 작아지게 되며, 경계선이 길거나 복잡한 경우 공간적인 통계치가 왜곡될 수 있다. 이를 보정하는 방법으로는 사각형 보정 및 원형 보정이 있으며(Levine, 2007), 본 연구에서는 원형보정방법을 적용하였다.

$$\hat{\lambda}(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad (1)$$

여기서, $\hat{\lambda}(s)$ 는 위치 s 에서 추정된 점사상의 밀도 추정치, s_i 는 관측된 i 번째 사상, $k()$ 는 kernel의 확률밀도함수이고, τ 는 검색반경(bandwidth)이다.

$k()$ 함수로는 τ 내에서 중량의 합이 1이 되는 이변량 대칭함수 중 원점으로부터 단조감소하는 것이 적절하나, 여러 가지 합리적인 함수 중 어느 것을 선택해도 최종적인 밀도 추정에는 큰 영향을 주지 않는다(Gatrell et al., 1996). $k()$ 함수로 전형적인 것은 4차식(quartic) kernel로 식 (2)와 같다.

$$\hat{\lambda}(s) = \sum_{d_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{d_i^2}{\tau^2}\right)^2 \quad (2)$$

여기서, d_i 는 위치 s 와 관측된 사상 s_i 간의 거리이다. 식 (2)으로부터 이 kernel은 위치 s 에서 $\frac{3}{\pi \tau^2}$ 의 값을 갖고, 거리가 τ 가 되면 0이 됨을 알 수 있다.

2.2 검색반경 설정 기법

식 (1)의 밀도 추정량은 kernel의 반경 τ 의 선택에 민감하다. 반경이 커지면 밀도의 공간 변이가 지나치게 평활화(smoothing)되어 공간적인 밀도 분포의 상세한 부분이 나타나지 않고, 반경이 작아지면 뾰족뾰족한(spiky) 결과를 얻게 되어 공간상에서 밀도의 변화 추이를 알아내기 어렵다. 반경의 값을 결정하는 방법으로는 여러 축척에서 평활화되는 정도를 평가해보고 적절한 반경을 선택하는 것이 실용적으로 사용되고 있으며(Borruso, 2003, Goodwin and

Unwin, 2000 및 Borruwo and Schoier, 2004), 공간적인 분포의 상세함을 유지하면서도 밀도의 변화 추이를 적절히 알 수 있는 정도의 반경을 선택하는 방법도 연구되었다(Diggle, (1985)). 한편 Brunson(1995)은 점사상의 공간적 분포가 지나치게 평활화되지 않도록 가변적으로 반경을 설정하는 기법을 제안하였다.

Brunson(1995)는 밀도가 높은 곳에서는 반경 τ 를 작게하고 밀도가 낮은 곳에서는 반경 τ 를 크게하는 방법으로 다음과 같은 2단계 절차를 제안하였다.

- 고정된 τ 를 이용하여 각 사상 s_i 에서의 밀도를 추정한다.
- 각 사상 s_i 에서 앞서 추정된 밀도를 이용하여 τ_i 를 계산한다.

두 번째 단계에서 τ_i 를 계산하는 데는 식 (3)을 이용한다.

$$\tau_i = \left(\frac{f'(s_i)}{\pi}\right)^\alpha \quad (3)$$

여기서, $f'()$ 는 고정된 τ 를 이용하여 추정된 밀도이고, α 는 임의의 음수이다. 이 방법에서 τ 의 초기값은 최종 결과에 큰 영향을 주지 않는다.

Brunson이 제안한 방법은 시각적으로 균질한 성과를 얻는 데는 도움이 되나, 구해진 결과 값을 이용하여 중심지를 찾아내거나, 공간적 현상의 규모를 파악하거나 하는 분석에서는 상당한 왜곡이 발생할 수 있는 문제점이 있다.

Diggle(1985)이 제안한 방법은 K -지표를 이용하여 적절한 검색반경을 설정하는 것이다. K -지표는 특정지점으로부터 일정거리 내에 실제로 존재하는 점의 수와, 이론

적으로 기대되는 점의 수를 비교하는 것으로 식 (4)와 같다.

$$\hat{K}(\tau) = \frac{R}{n^2} \sum \sum \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}} = \frac{1}{\lambda^2 R} \sum \sum \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}} \quad (4)$$

여기서, R 은 대상지역의 면적, n 은 사건의 수, $\lambda (= \frac{n}{R})$ 는 사건의 밀도, d_{ij} 는 사건 s_i 와 s_j 간의 거리, $I_h(\cdot)$ 는 indicator 함수($d_{ij} < \tau$ 이면 1, 그렇지 않으면 0)이고, w_{ij} 는 경계선 효과를 제거하기 위한 가중치이다.

완전히 임의적인 분포인 CSR(Complete Spatial Randomness)일 경우 모든 위치에 점이 있을 확률은 동일하며 서로 독립적이다. 따라서 어떤 지점으로부터 일정한 거리 τ 이내에 발견될 것으로 기대되는 평균적인 점의 수는 $\lambda\pi\tau^2$ 이다. 즉, 공간적 상호작용이 존재하지 않는 등질적 상황(isotropic)에서 $K(\tau) = \pi\tau^2$ 이며, 균집 분포일 경우 $K(\tau) = \pi\tau^2$ 이고, 규칙적 분포일 경우 $K(\tau) = \pi\tau^2$ 로 나타난다.

따라서 거리에 대한 K -지표의 그래프를 그리면 어느 정도의 거리에서 균집이 발생하는지를 발견할 수 있으나, 일반적으로 도표의 형태가 지수형태로 증가하기 때문에 실용적으로 K -지표의 제곱근을 취한 식 (5)와 같은 L -지표를 K -지표 대신 사용한다.

$$L(\tau) = \sqrt{\frac{K(\tau)}{\pi}} - \tau \quad (5)$$

식 (5)는 Ripley(1976)가 원래 제안한 L -지표를 Cressie(1991)가 보완한 것으로 거리를 차감하는 것을 통해 CSR 분포에 대한

L -지표가 도표의 X-축과 일치하게 된다는 장점이 있다. Diggle(1985)는 1차원 상에 분포하는 사상에 대한 통계적 분석에 L -지표를 사용하는 것이 적합하다고 제안하였고, Hwang(2004)는 L -지표를 이용하여 뉴욕주의 교통사고 밀도분석에 사용할 반경을 16km로, 뉴욕시 King과 Queen County에 대한 반경은 0.18km로 구하였다. 여기서, 0.18km가 구해진 도표에서 극대점을 특정하기는 어려웠으며, 분석된 밀도분포도 역시 전반적인 분포의 특성을 알아보기 어려웠다. 이 때, 사용된 L -지표의 적정성에 대한 평가는 이루어지지 않았으며,

3. 실험 및 분석

3.1 사용 데이터 및 소프트웨어

본 연구에서 분석을 위해 사용된 데이터는 2007년 2월 기준 전화번호부의 서울시 업종편 정보(전체 상호수 409,325개)로부터 4개 업종을 추출하고, 그 부분집합으로 강남구, 강남3구(서초구, 강남구, 송파구) 및 서울전역의 업종을 대상으로 L -지표를 산출하였다. 데이터의 처리에는 MS Access와 공간통계분석에 특화되어 활용되고 있는 CrimeStat III³⁾ 프로그램을 사용하였다. CrimeStat III 프로그램에서는 L -지표의 통계적 유의성을 검증하기 위해 CSR에 대한 시뮬레이션을 수행하여, CSR에 대해 나타나는 L -지표를 x축이 되도록 하고 있다. 본 연구에서도 통계적 유의성을 확보

3) CrimeStat은 Ned Levine and Associates가 개발하고 소유한 프로그램으로, 교육과 연구 목적에 자유로이 사용할 수 있으며, 재판매는 불가하다. <http://www.icpsr.umich.edu/CRIMESTAT/index.html>로부터 다운로드받을 수 있다.

하기 위해 모든 실험에서 CSR에 대한 시물레이션을 100회 시행하였다.

업종은 이병길(2006b)의 연구에서 연구 대상지역인 서울시 전체에 약간의 밀집이 고루 분포하여 낮은 K -지표를 갖는 것으로 나타난 한식당, 미용실 업종과, 법조단지 등과 같이 서울시의 특정 지역에서 큰 밀집을 보여서 큰 K -지표를 갖는 것으로 나타난 변리사, 변호사 업종 등 4개 업종을 선택하였으며, 밀도분석을 위한 적정 검색반경을 알아내기 위해 전체 대상지역인 서울시와 대상지역의 크기를 줄인 부분집합을 사용하였다(<표 1> 참조).

3.2 업종별 L -지표 분석 및 고찰

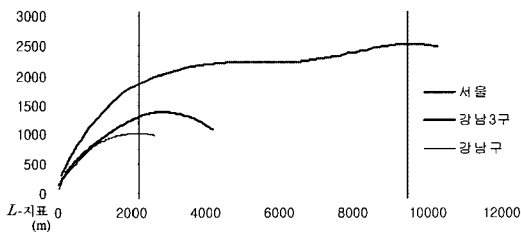
<표 1>의 데이터를 사용하여 얻어진 각 업종의 L -지표는 [그림 1]~[그림 4]와 같다. [그림 1]~[그림 4]의 가로축은 검색반경 r 이고, 세로축은 L -지표이다. 산출된 L -지표에서 업종별, 대상지역별로 L -지표가 극대가 되는 반경을 찾아 <표 2>와 같이 정리하였다.

[그림 1]~[그림 4]와 <표 2>에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

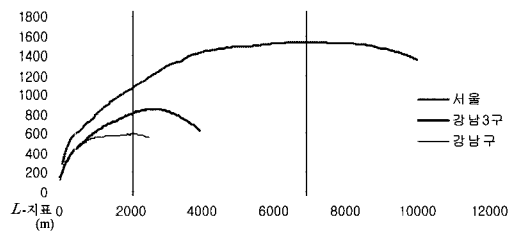
첫째, 강남구, 강남3구, 서울시로 대상지역의 면적이 넓어지면서 L -지표의 값이

<표 1> 사용 데이터

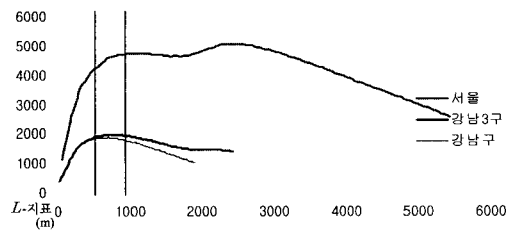
업종		한식당	미용실	변리사	변호사
상호수	서울시	7,546	4,148	411	1,623
	강남3구	1,955	1,054	362	1,193
	강남구	922	530	281	150



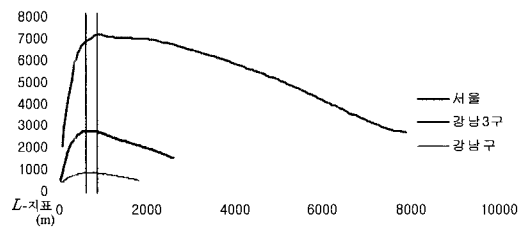
[그림 1] 한식당 업종의 L -지표



[그림 2] 미용실 업종의 L -지표



[그림 3] 변리사 업종의 L -지표



[그림 4] 변호사 업종의 L -지표

<표 2> 업종별 대상지역별 L-지표 극대값 및 위치

업종		한식당	미용실	변리사	변호사
L-지표/반경(m)	서울시	2,516/9,542	1,533/7,092	4,710/1,191 5,048/2,382	7,117/946
	강남3구	1,381/2,792	855/2,679	1,956/726	2,687/623
	강남구	1,015/2,205	592/2,039	1,852/700	834/609

커지면서 L-지표의 극대값이 나타나는 반경이 커진다.

둘째, 변리사, 변호사 업종과 같이 전체 대상지역인 서울시 내에서도 특정 지역에서만 밀집이 발견되는 업종이 그렇지 않은 업종에 비해 L-지표의 크기가 크다.

셋째, 변리사, 변호사 업종과 같이 전체 대상지역인 서울시 내에서도 특정 지역에서만 밀집이 발견되는 업종이 그렇지 않은 업종에 비해 분석영역의 크기 변화에 대한 L-지표의 극대값이 나타나는 반경의 변화가 크지 않다.

한식당이나 미용실 업종의 경우 서울시에서 구해진 적정 검색반경은 9.5km와 7.1km로 서울시의 개략적인 반경 15km⁴⁾와 비교할 때 지나치게 크다. 이는 서울시 도심에서 조금만 벗어난 위치에서도 경계선 효과가 지나치게 크게 나타나게 되어 밀도에 왜곡이 생길 뿐만 아니라, 지나치게 평활화된 결과를 산출하게 되기 때문에 실제 밀도분석에 적용한다는 것은 무의미하다([그림 10]). Hwang(2004)의 연구에서 뉴욕주의 교통사고 밀도분석에서 16km의 검색반경이 사용되었으나, 뉴욕주의 경우 짧은 쪽으로도 60km 정도의 반경을 가지고 있어 전반적인 분포 상태의 파악에는 부족함이 없었던 것과 비교되는 결과이다.

변리사 업종의 경우 서울시에서 구해진 극대값이 국지적으로 2개로 나타나고 있어 변호사 업종과는 다른 모습을 보이는데, 이는 변호사 업종이 법원을 중심으로 높은 밀도를 보이지만, 변리사 업종은 변호사 업종에 비해 상대적으로 소지역에 밀집된 클러스터가 다시 2차적으로 밀집하고 있기 때문으로 판단된다. 이러한 현상은 [그림 7]에서 종로구, 중구 일대와 서초구, 강남구 일대에 나타나는 몇 개의 밀집지역이 [그림 8]에서 합쳐져 큰 클러스터를 이루는 것에서도 확인할 수 있다. 이는 다핵구조를 가지는 공간분포에서 흔히 나타나는 현상이다.

변호사 업종과 변리사 업종에 대해 표 2에서 구해진 검색반경 중 강남구의 반경과 서울시의 반경(변리사 업종의 경우 서울시는 작은 반경)을 이용하여 밀도분석을 수행한 결과는 [그림 5]~[그림 8]과 같다.

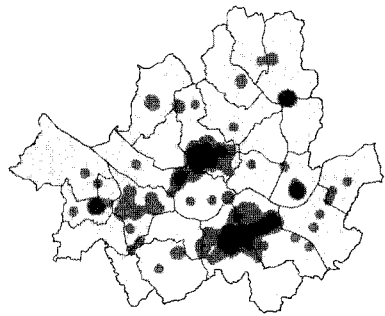
[그림 5]~[그림 8]에서 보는 것과 같이 강남구나 강남3구의 분석에는 구단위 면적에서 구해진 검색반경을 활용할 경우 세부적인 분포 특성을 알아보기에 적합하고, 서울시의 분석에는 시단위 면적에서의 검색반경을 활용하는 것이 전체적인 분포의 특성을 파악하기에 적합함을 알 수 있다.

이를 한식당에 대해 분석된 [그림 9] 및

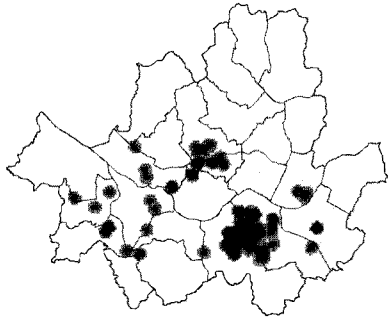
4) 서울시의 반경은 서울시의 동서방향 거리의 1/2인 약 18.5km와 남북방향 거리의 1/2인 약 15.3km에서 작은 반경을 선택하여 비교의 기준으로 사용하였다.



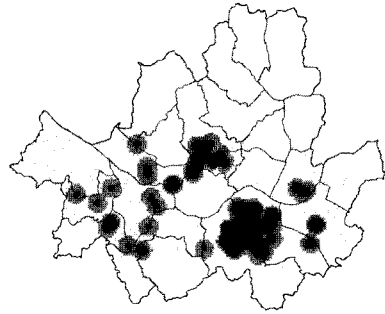
[그림 5] 변호사 업종(반경 600m)



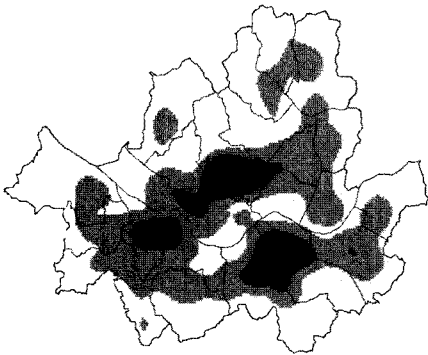
[그림 6] 변호사 업종(반경 950m)



[그림 7] 변리사 업종(반경 700m)



[그림 8] 변리사 업종(반경 1,200m)



[그림 9] 한식당 업종(반경 2,200m)

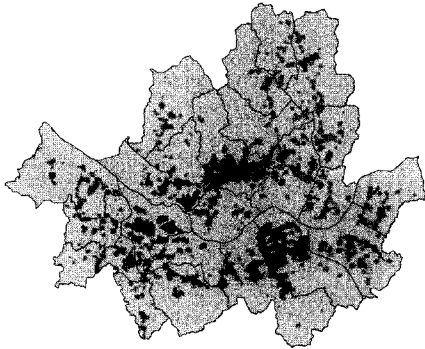


[그림 10] 한식당 업종(반경 9,500m)

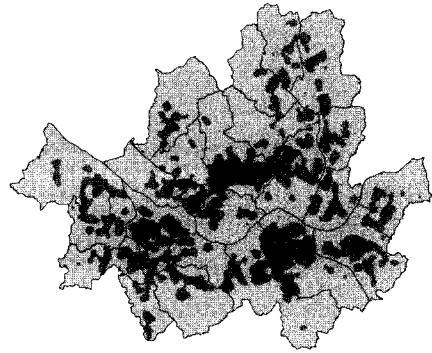
[그림 10]과 비교하면 그 차이를 더욱 명확히 알 수 있다. 한식당 업종의 경우 강남구에서 구해진 반경 2,200m를 적용하여 밀도를 분석한 결과는 구단위 면적의 분포를 보여주는 것은 물론, 서울시의 전반적인 분포를 보여 주는 데에도 부족하며,

서울시에서 구해진 반경 9,500m는 서울시 내의 분포는 전혀 반영하지 못하는 것을 알 수 있다.

한식당 업종의 적정 반경을 알아보기 위해 도시지역의 밀도분석에 적합하다고 Borruso(2003), Goodwin and Unwin(2000) 및



[그림 11] 한식당 업종(반경 300m)



[그림 12] 한식당 업종(반경 500m)

Borruwo and Schoier(2004) 등의 연구에서 제시된 반경 300~500m를 이용하여 [그림 11] 및 [그림 12]와 같이 밀도분석을 수행하였다. 그림에서 반경 300m를 이용한 결과보다 반경 500m를 이용한 결과가 서울시 전체에 대한 한식당의 분포 특성을 나타내는 데 더 우수한 결과를 보여주는 것을 시각적으로 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 밀도분석에서 가장 중요한 요소인 검색반경을 결정하기 위한 기법을 알아보고, 그 중 가장 많이 활용되고 있는 L-지표의 거동을 점사상의 유형에 따라 분석하여, L-지표 활용의 효용성을 증대시키고자 하였다.

점사상으로 4가지 업종을 선택하여 각 업종이 가진 분포 특성을 점사상의 유형에 대응시켰다. 작은 밀집이 전체 대상지역에 고루 퍼져있는 점사상(한식당 업종, 미용실 업종)과 전체 대상지역 내에 소수의 큰 밀집이 발생하는 점사상(변호사 업종, 번리사 업종)에 대해 L-지표를 산출하

고 그 특성을 고찰하였다.

본 연구의 결과 얻어진 결론은 다음과 같다.

먼저, 작은 밀집이 전체 대상지역에 고루 퍼져있는 점사상에 대해서는 L-지표가 밀집여부를 판정하는 데는 도움이 되지만, 대상지역의 면적에 크게 영향을 받으며, 작은 밀집이 균집된 형태의 점사상처럼 인식되어 적정 kernel의 반경이 매우 크게 나타난다.

반면에 전체 대상지역 내에 소수의 큰 밀집이 발생하는 점사상에 대해서는 L-지표가 밀집여부의 판정에 도움이 될 뿐만 아니라, 대상지역의 규모에 적절한 검색반경이 선택될 수 있다.

앞서 실험한 방법과 같이 분석대상이 되는 점사상에 대해서 대상지역의 규모를 달리하여 L-지표를 구하고 각각의 경우에 극대점이 나타나는 반경의 변화를 살펴보면 분석대상 점사상에 대한 L-지표 적용의 적정성 여부를 판단할 수 있다. 즉, L-지표로부터 유도되는 검색반경이 대상지역의 면적의 변화에 크게 영향을 받지 않는 점사상에 대해서는 L-지표를 이용한 검색반경의 선택이 유용하다. 즉, 상이한

크기의 대상지역에 대해 산출된 L -지표 극대값 반경의 변화가 크지 않은 경우에 L -지표를 검색반경 선택에 사용할 수 있다는 것이다.

반면, L -지표가 유도되는 검색반경이 대상지역의 면적 변화에 민감하거나, 대상지역의 면적에 비해 지나치게 큰 반경이 제시되는 점사상의 경우에는 L -지표를 이용하여 결정된 검색반경을 사용하지 않고 시행착오에 의해 적절한 반경을 선택하여야 한다. 본 연구에서 서울시의 경우 500m 내외 정도의 반경을 적용하는 것이 유용함을 알 수 있었다.

본 연구 결과로 점사상의 밀도분석을 위한 검색반경 설정에 L -지표를 사용할 때 점사상의 특성을 고려해야 함을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 활용하여 연구 대상지역의 크기에 따라 분석에 적합한 적정 반경을 구할 수 있을 것으로 판단된다. 이렇게 구해진 적정 반경을 적용하여 상업시설, 공공시설 등의 밀도분석을 수행하고, 밀도분석 결과로부터 도시 지역의 중심지를 추출하거나, 중심지가 어떻게 변천해 가는지에 대한 일관된 기준에 따른 분석, 연구가 가능할 것으로 기대된다. 이에 더하여 비즈니스 GIS에서는 점포와 고객의 거리를 이용한 L -지표의 분석을 통해 업종별 상권의 크기를 객관적으로 정량화할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 유근배, 1998, 점패턴분석을 이용한 수치지형도의 점사상 일반화, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제6권, 제1호, pp. 11-23.
- 이병길, 2003, 비즈니스 GIS에서 공간 데이터마이닝(Spatial Data Mining)기법을 이용한 상권추출, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제11권, 제2호, pp. 171-184.
- 이병길, 2006a, 점사상의 지역단위 집계가 K-지표에 미치는 영향, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제24권, 제1호, pp. 1-8.
- 이병길, 2006b, K-지표를 이용한 업종별 상업시설의 분포특성 분석, 지리학연구, 국토지리학회지, 제40권, 제1호, pp. 141-153.
- Borruso, G., 2003, Network Density and the Delimitation of Urban Areas, *Transactions in GIS*, 7(2), pp. 177-191.
- Borruso, G., and Schoier, G., 2004, Density Analysis on Large Geographical Databases. Search for an Index of Centrality of Services at Urban Scale, *ICCSA 2004, LNCS 3044*, pp. 1009-1015.
- Brunsdon, C., 1995, Estimating Probability Surfaces for Geographical Point Data: An Adaptive Kernel Algorithm, *Computers & Geosciences*, 21(7), pp. 877-894.
- Cressie, N., 1991, *Statistics for Spatial Data*, Wiley & Sons, Inc.
- Diggle, P.J., 1983, *Statistical analysis of spatial point patterns*, Academic Press, London
- Diggle, P.J., 1985, A Kernel Method for Smoothing Point Process Data, *Applied Statistics*, 34(2), pp. 138-147.
- Gatrell, A.C., Bailey, T.C., Diggle, P.J. and Rowlingson, B.S.(1996), Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology, *Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographer)*, NS 21, pp. 252-746.
- Goodwin, M.T. and Unwin, D., 2000, Defining and Delineating the Central Areas of Towns for Statistical Monitoring Using Continuous Surface Representations, *Transactions in GIS*, 4(4), pp.

305-317

Hwang, S., 2004, Temporal Extensions of K Function, *UCGIS fall 2004*, pp. 1-18.

Levine, N., 2007, *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations* (v 3.1), Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC.

Ripley, B. D., 1976, The second-order analysis of

stationary point processes, *Journal of Applied Probability*, 13, pp. 255-66.

접수일 (2008년 6월 11일)

수정일 (2008년 7월 22일)

게재확정일 (2008년 7월 22일)