

# Accessibility 모델을 활용한 세종시 인접 지역의 인구잠재력 변화 분석\*

김호용<sup>1</sup> · 윤정미<sup>2\*</sup>

## Analysis of Changes in the Population Potential of the Neighboring Areas of Sejong City Using the Accessibility Model\*

Ho-Yong KIM<sup>1</sup> · Jeong-Mi YUN<sup>2\*</sup>

### 요 약

수도권의 과도한 집중에 따른 부작용을 해소하고 국가 균형 발전 및 국가경제력 강화를 위하여 2012년 출범한 세종시는 대규모 택지개발이 급격한 개발속도로 이루어지면 주변지역 공간구조의 변화가 예상된다. 본 연구는 세종시 출범에 따른 인접지역의 공간구조 변화를 측정하기 위한 일환으로 공간적 상호작용 측면에서 접근하였다. 분석은 Accessibility 모델을 이용하여 미래 공간 상호작용을 위한 잠재적인 인구잠재력을 계산하고, 인구잠재력을 지표로 활용하여 공간패턴분석기법에 적용함으로써 세종시 건설 전후 인접지역들의 공간적 상호작용 결과를 정량적·정성적으로 해석하였다. 분석결과 1995년 이후 대상지역 인구잠재력의 영향범위는 지속적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 2013년에는 천안시를 중심으로 인구가 집중하여 인구잠재력이 분산되는 것으로 나타났다. 세종시는 새로운 인구잠재력 지대로써 주변지역에 대한 구심점 역할을 수행하지 못하는 것으로 나타났지만 세종시의 입주가 얼마 지나지 않은 시점에서의 분석결과 때문으로 판단된다. 따라서 세종시의 계획인구 도달을 위한 노력과 함께 인구증가에 따른 요인들의 변화와 주변 도시들의 공간구조변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 하겠다.

주요어 : 공간구조변화, 인구잠재력, 공간패턴분석, 세종시

### ABSTRACT

As large-scale housing sites are being developed rapidly in Sejong City, which was launched in 2012 for resolving the adverse effects of overconcentration in the capital

2014년 8월 29일 접수 Received on August 29, 2014 / 2014년 12월 1일 수정 Revised on December 1, 2014 / 2014년 12월 15일 심사완료 Accepted on December 15, 2014

\* 이 논문은 충남발전연구원 기본과제에 의하여 연구되었음.

1 동아대학교 도시계획학과 Dept. of Urban Planning, Dong-A University

2 충남발전연구원 농촌·농업연구부 Dept. of Rural & Agricultural Research, Chungnam Development Institute

\* Corresponding Author E-mail : mscoco@daum.net

area, promoting balanced development of the country, and reinforcing national competitiveness, changes in spatial structure are expected in the surrounding areas. For setting the directions of urban planning, it is essential to understand changes in spatial structure. This study purposed to measure changes in the spatial structure of neighboring areas resulting from the construction of Sejong City by approaching from the aspect of spatial interaction. In the analysis, we calculated population potential for future spatial interaction using the accessibility model, and interpreted quantitatively and qualitatively the outcomes of spatial interaction among neighboring areas before and after the construction of Sejong City using population potential as an indicator. According to the results of the analysis, the impact range of the population potential of the subject areas had been shrinking continuously since 1995, and in 2013 population potential dispersed as the population concentrated on and around Cheonan City. Although Sejong City, as a new area of population potential, was not found to play the role of a pivotal point for the surrounding areas, it is probably because the analysis was made just after people began to move to Sejong City. Accordingly, along with the effort of Sejong City to reach the planned population, it is necessary to keep monitoring changes in related factors and changes in the spatial structure of the surrounding cities resulting from the growth of population.

**KEYWORDS :** *Change in Spatial Structure, Population Potential, Spatial Pattern Analysis, Sejong City*

## 서 론

2004년 4월 신행정수도 건설 특별법이 제정되면서 종전의 연기군 전역과 공주시와 청원군 일대를 통합하여 세종시의 건설이 시작되었다. 중앙행정기관 및 소속기관의 이전을 바탕으로 2012년 7월 세종특별자치시로 정식 출범한 세종시는 수도권의 과도한 집중에 따른 부작용을 시정하고 국가 균형 발전 및 국가경쟁력 강화를 이바지하는 것을 목적으로 건설되었다. 대한민국의 17번째 광역 자치 단체로 인구 50만을 계획하고 출범한 세종시는 장기간에 걸쳐 형성된 다른 도시들과 달리 건설 목적 및 계획인구 수용을 위하여 단기간에 급격한 개발속도로 광범위한 개발이 이루어지고 있기 때문에 인접 도시들의 기능에 큰 파급효과를 가져오게 되는 공간구조 변화가 예상된다.

도시개발 사업이 이루어질 경우 도시의 공간

구조가 어떻게 변화되는지를 파악하는 것은 지속적인 도시 관리를 위하여 중요하며, 이를 위하여 도시를 연구하는 학자들이 많은 노력을 기울여왔다. 세종시의 경우 인접 시군과 함께 상생발전방안을 수립하기 위하여 공간구조 변화의 파악이 매우 중요하다. 이에 본 연구에서는 세종시를 포함한 인접지역의 공간구조 변화를 측정하기 위한 일환으로 공간적 상호작용 측면에서 접근하였다. 공간적 상호작용은 어떻게 공간 과정이 작동하고 공간 환경에서 사람들이 어떻게 행동하는지 보여주는 지역의 사회경제적 변화의 동인으로, 지역 변화 및 지역 간의 관계를 이해하는데 중요한 요소이기 때문이다(Kim, 2011).

공간 상호작용에 대한 잠재력은 일반적으로 상호작용에 대한 잠재력으로 정의된다. Rich (1978)는 중력모델이 공간흐름의 패턴을 분석하거나 예측할 때, 잠재력 함수는 자신의 상호작용 보다는 상호작용에 대한 기회와 연관된다

고 하였다. 여기서 잠재력은 접근성 또는 영향력의 지수로 정의할 수 있으며, 상호작용의 정도를 측정하는데 사용된다. 이러한 이유로 Pooler(1983)는 잠재력은 모델이 아닌 인덱스나 측정값으로 사용된다고 하였으며, 본 연구에서도 인구를 이용한 잠재력을 측정하여, 세종시 인접지역들의 상호작용을 분석하는 지표로 활용하였다. 도시공간구조의 분석에서 사용되는 인구밀도함수와 비교하면, 일구밀도의 가중치를 반영하여 나타낸 일반적인 평균값으로 인구잠재력을 사용할 수 있는 차이점이 있다(Craig, 1972).

우리나라에서 인구잠재력을 활용한 연구로 Nam and Lee(2004)는 Network GIS환경에서 센서스 데이터를 도로와 결합한 후 접근성 모형 및 지수 선정과정을 거쳐 도로상의 각 노드 상에 인구잠재력을 표현하는 방법론을 제시하였다. Kim and Nam(2011)은 다핵구조의 도시공간구조를 형성하는 구심점인 부도심들의 작동성 추이를 살펴보기 위해 부산광역시 부도심 5곳을 대상으로 인구잠재력을 적용하여 각 부도심별 인구구심력의 시공간적 변화추이를 분석하였다. Kim(2012)은 최근 50년간 인구 데이터를 이용하여 인구잠재력을 계산하고, 이를 지표로 바키측정치 분석과 표준편차타원체 분석을 하여 대도시 다핵구조의 공간적 변동성을 정량적·정성적으로 측정하였다.

본 연구는 공간적 상호작용 모델인 Accessibility 모델을 이용하여 세종시를 비롯한 인접 지역들의 세력권 안에서 인구잠재력 변화를 파악하는 것이 목적이다. 이를 위하여 공간내의 상호작용에 있어 미래 공간 상호작용을 위한 잠재력인 인구잠재력을 지표로 활용하고, 지표를 공간패턴분석기법에 적용함으로써 세종시 건설 전후 인접지역들의 공간적 상호작용 결과를 정량적·정성적으로 분석하고자 한다. 인구잠재력을 인자로 활용하여 세종시를 비롯한 인접 지역의 시공간적 변화특성을 해석한 결과는 관련 정책수립을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

## 이론적 고찰

### 1. 인구잠재력

인구잠재력은 도시공간내의 공간상호작용에 있어 상호작용을 위한 잠재력(potential for interaction)의 의미로 주로 인구분포에 따른 공간구조의 패턴이나 변화추이를 측정하는 지표로 활용되어진다(Nam and Lee, 2004). 지수함수 형태의 인구잠재력 모델(accessibility model)은 뉴턴의 중력법칙을 바탕으로 한 접근성 모형을 기반으로 하고 있으며 식 (1)과 같다.

$$P_i = \sum_{j=1}^n W_j e^{-\beta d_{ij}} \quad (1)$$

여기서  $P_i$ 는 지점  $i$ 에서의 접근성 성격의 인구잠재력을,  $W_j$ 는 장소  $j$ 의 인구수,  $n$ 은 장소의 수,  $d_{ij}$ 는 장소  $i$ 와  $j$ 간의 거리,  $\beta$ 는 거리마찰계수로서 거리증가에 따른 접근성 감소 정도를 표현한 지수를 나타낸다. 식 (1)에서 나타난 바와 같이 한 지점의 접근성을 분석하기 위해서 가장 중요한 것은 거리마찰계수  $\beta$ 를 결정하는 것이다. 지수함수에서 거리 증가에 따른 접근성 크기의 변화는 음지수 형태의 비선형 형태를 보이게 된다. 즉  $\beta$ 는 거리가 멀어질수록 낮아지는 접근성의 변화와 영향범위를 결정하는 주요 인자이다.

거리감소함수(distance decay function)에는 멱함수(power function)와 지수함수(exponential function)가 있다(De Vries *et al.*, 2009). 멱함수는 식 (2)와 같으며, 식에서  $\lambda$ 는 장소  $i$ 와  $j$ 간의 거리  $d_{ij}$ 에 대한 지수 값으로 거리감소함수의 기울기를 의미한다. 멱함수의 거리감소함수 곡선은 영향범위까지 경사가 완만한 단면을 나타내며, 일반적으로 도시간의 큰 거리에 대한 상호작용을 계산하는데 사용된다.

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{d_{ij}^\lambda} \quad (2)$$

지수함수는 식 (3)과 같으며, 거리감소함수의 곡선이 영향권 경계까지 상대적으로 경사가 급한 단면을 나타낸다. 지수함수는 전형적으로 도시의 내부와 같이 작은 거리에 대한 상호작용을 계산하는데 유용하다(Fotheringham and O' Kelly, 1989).

$$P_i = \sum_{j=1}^n M_j^* \exp(-\lambda^* d_{ij}) \quad (3)$$

## 2. 공간패턴분석

세종시를 비롯한 인근지역의 인구잠재력이 주변지역들과 어떻게 분포하는지 시공간적으로 비교하기 위하여 국지적 공간 연관성지표(LISA: Local Indicators of Spatial Association) 중에서 Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 적용하였다. Getis-Ord의  $G_i^*$ 는 중심과 주변을 포함하는 전체를 한꺼번에 평가하는 것으로, 통계적으로 양의 값을 가지면 핫스팟(hot spot)과 관련되고 음수이면 콜드스팟(cold spot)과 관련된다. Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 수식으로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$G_i^* = \frac{\sum w_{ij} x_j - \bar{x} \sum w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum w_{ij}^2 - (\sum w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (4)$$

여기서  $s$ 는 표준편차,  $w_{ij}$ 는 공간 가중행렬의 값,  $n$ 은 전체 개체의 수를 의미한다.  $x_j$ 는 개체  $j$ 의 속성 값을 의미하며,  $i$ 와  $j$ 는 개별 개체의 공간단위를 의미하는 것으로 두 공간단위가 이웃으로 정의되면  $w_{ij}=1$ , 그렇지 않으면  $w_{ij}=0$ 이 되며, 통계량의 기대값은 0이고, 분산은 거의 1이다(Aldstadt and Getis, 2006).  $G_i^*$  통계 값은 각 개체에 대하여  $z$ 검정통계량( $z$ -score) 값으로 돌려주기 때문에  $G_i^*$  값 자체가  $z$ -score가 된다. 통계적으로 유의한 수준에서 높은 양의  $z$ -score는 높은 속성 값을 가진

개체가 집중하여 군집(hot-spot)한 것으로, 작은  $z$ -score는 낮은 속성 값을 가진 개체가 집중하여 군집(cold-spot)하는 것으로 볼 수 있다(Kim *et al.*, 2012)

또한, 인구잠재력이 공간상에 분산되었는지 또는 집중되었는가와 같이 시공간적 변화추이를 측정하기 위하여 본 연구에서는 공간패턴분석 기법인 Ripley의 K함수, 베리오그램과 마키 측정치를 적용하였다. 공간패턴분석 기법은 방법마다 특징이 있으며, 본 연구에서는 각 기법의 특징을 이용하여 다양한 측면에서 인구잠재력의 공간분포패턴을 해석하였다. 먼저 K함수는 모든 지점 간의 거리를 고려하여 분포패턴을 산출하는 가장 세밀한 방법으로, 점 개체의 공간적 배열상태를 평가하기 위해 점 개체의 분포 상태가 공간적 상호작용에 의해 형성되었는가를 분석할 수 있는 통계적 기법이다. 본 연구에서는 특정 지점으로부터 일정거리 내에 실제로 분포하는 개체의 수와 이론적으로 규칙적인 분포일 경우의 개체수를 비교하여 개체의 분포특성을 분석하는 Ripely의 K함수를 사용하였다(Lee and Sim, 2009). 현재 여러 가지 변형된 Ripley의 K 함수가 제시되어있으며, L 함수로 불리는 일반적인 K 함수의 수식은 식 (5)와 같다.

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k(i,j)}{\pi n(n-1)}} \quad (5)$$

여기서  $d$ 는 거리,  $n$ 은 총 개체의 수를 나타내며,  $A$ 는 개체의 총 면적을,  $k_{ij}$ 는 가중치를 의미한다. 개체  $i$ 와  $j$ 의 거리가  $d$ 보다 작거나 같으면 가중치는 1, 개체 간의 거리가  $d$ 보다 크면 0의 값을 가진다. K 함수의 가장 큰 특징은 거리( $d$ )의 증가에 따른 공간패턴(K 값)을 분석하는 것으로, 거리의 증가에 따라 거리 내에 존재하는 개체들의 분포패턴을 분석하는 것이다. 따라서 관측된  $K(K_0)$  값이 기대되는  $K(K_E)$  값보다 크면 영역 내에서 분포는 군집되는 것을 의미하고  $K_0$ 가  $K_E$  값보다 작으면 점의 분포는 분산되는 것으로 해석된다.  $K_0$  값과  $K_E$

값의 차이가 가장 큰 피크지점은 최대의 군집을 나타내는 지표이다(Kim, 2012b).

베리오그램(variogram)은 공분산과 함께 공간정보의 공간적 상호관계를 파악하는 방법이다. 베리오그램은 일정한 거리에 있는 데이터들의 유사성을 나타내는 척도로, 일정거리 h만큼 떨어진 두 데이터들 간의 차이를 제곱한 것의 기댓값으로 식으로 나타내면 다음과 같다(식 6).

$$r(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (6)$$

여기서 h는 지연거리(lag distance)로 두 자료 간에 떨어져 있는 거리를 말하며, n은 지연거리 h만큼 떨어진 샘플 자료 쌍의 개수를 나타낸다. 베리오그램의 반에 해당하는 값을 반베리오그램(semivariogram)이라 하며 관례상 혼용되고 있고 주로 베리오그램으로 불려진다(Choi, 2002). 분리거리가 증가하여 일정한 거리가 되면 자료 값들은 아무런 관계를 나타내지 않게 되어 반베리오그램이 일정한 값을 나타내는데 이 값을 문턱값(sill)이라고 하며, 자료들이 상관관계를 보이는 최대 분리거리를 상관거리(range)라 한다. 이론적으로 분리거리가 0이면 베리오그램의 정의에 의하여 그 값이 0이지만, 실제 계산된 실험적 베리오그램을 이용하여 이론적 베리오그램을 찾아내는 경우에는 분리거리 0에서도 베리오그램이 0이 아닌 상수 값을 나타낼 수 있는데 이를 너깃(nugget)이라 한다(Kim, 2010). 베리오그램 모델링을 위해 필요한 인자를 그래프로 정의하면 그림 1과 같다.

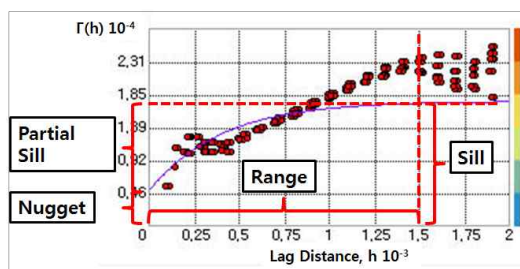


FIGURE 1. Variogram and parameter

바키측정치는 공간적 변수들의 분포특성인 중심, 분산, 발전방향 등을 계산하여 시계열적 변화과정을 파악하는데 유용하다(Kim, 2012a). 바키측정치는 점 데이터를 통하여 데이터의 평균중심과 표준편차, 편향도 등을 기술통계적으로 계산할 수 있으며, 평균중심을 구하는 방법은 식 (7)과 같다.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i X_i}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i Y_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (7)$$

식에서  $\bar{X}$ 와  $\bar{Y}$ 는 권역의 평균중심좌표,  $q_i$ 는 각 지점 값을,  $X_i$ 와  $Y_i$ 는 각 지점의 좌표를 뜻한다. 편향도는 분포가 어느 방향으로 발전되어 가는가를 나타내는 측정치로서 평균중심을 통과하는 주축선(Principal Axes)에 의해 결정된다. 편향도의 값이 크면 클수록 분포의 모양은 타원형과 같이 길쭉하게 나타나며 식으로 나타내면 식 (8)과 같다.

$$O = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma_x}{\sigma_y} + \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right] \quad (8)$$

여기서,  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ 는 분포의 X축과 Y축에 대한 표준편차를 뜻한다. 표준편차거리는 어떤 분포가 평균중심으로부터의 분산정도를 나타내주는 측정치로, 표준편차거리가 증가할수록 분산된 형태를 나타내며 감소할수록 집중되는 형태를 나타낸다. 표준편차거리를 구하는 식은 다음과 같다(식 9).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i [(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2]}{\sum_{i=1}^n q_i}} \quad (9)$$

## 분석범위 및 방법론 설정

### 1. 대상지 및 연구범위 설정

연구를 위한 범위는 공간적 범위와 시간적 범위를 설정하였다. 먼저, 공간적 범위는 세종시와 인접하여 있는 시군을 기준으로 선정하였다. 세종시는 북쪽은 천안시와 인접하고 있으며, 동쪽은 청원군, 남쪽은 대전광역시, 서쪽은 공주군과 인접하고 있으며, 청원군 안에 청주시가 위치하고 있다. 따라서 연구의 대상지는 세종시를 포함하여 대전광역시, 공주군, 천안시, 청원군, 청주시 등 6개 시군을 대상지역으로 선정하였다. 시간적 범위는 행정수도로써 세종시의 입지를 발표한 시점인 2004년을 기점으로 전후 약 10년을 기준으로 설정하였으며, 데이터 획득 및 행정경계 변천과정의 추정 가능성을 고려하여 최종적인 시간적 범위는 1995년, 2003년, 2013년 3개 년도를 설정하였다.

분석을 위한 데이터는 대상지의 동 단위 인구와 도로 데이터를 활용하였다. 인구 데이터는 3개 년도의 최소집계단위인 동단위의 인구 데이터를 활용하였으며, 인구와 행정경계 데이터는 통계청에서 제공하는 데이터를 사용하였다.<sup>1)</sup> 행정경계 변화에 따른 집계단위의 변화는 해당 지방자치단체의 홈페이지에서 제공하는 백서를 바탕으로 행정동의 분동과 합동을 추정하여 데이터를 구축하였다.

도로 데이터는 기준년의 현황을 반영한 도로 데이터를 적용하여야 하나, 데이터 획득의 어려움으로 인하여 2011년 도로 데이터를 활용하였다. 도로 데이터는 GIS환경에서 분석이 용이한 네트워크 데이터 형태로 구축하였으며, 도로와 도로가 만나는 교차지점에 총 9,814개 노드(node)를 생성하여 분석에 활용하였다. 도로 데이터와 인구 데이터는 위치정보를 기반으로 각 노드에 동의 인구수를 해당 노드의 수로 분할한 수를 계산하여 결합하였다. 대상지의 인구는 1995년 약 250만 명에서 2013년 약 320만 명으로 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 연구를 위한 대상지와 도로 교차지점의 현황은 그림 2와 같다.

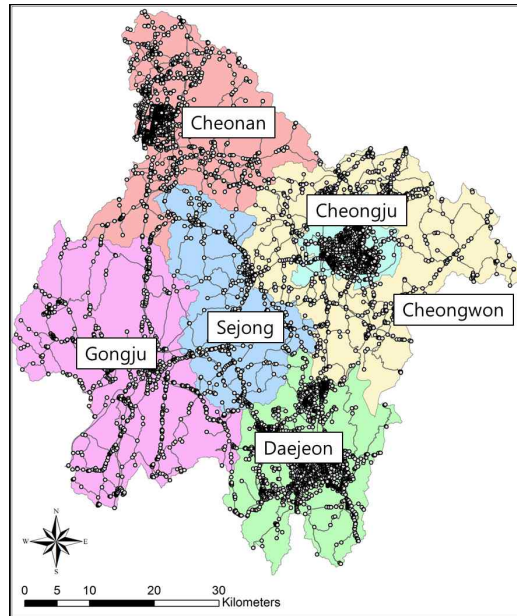


FIGURE 2. Study area and node points

### 2. 모델 및 분석방법 설정

세종시 입지 전후 인구잠재력 분석은 중력이론을 바탕으로 한 접근성 모델인 accessibility 모델을 적용하였다. accessibility 모델은 식 (1)과 같으며, 식에서  $W_j$ 는 장소  $j$ 의 인구수를 의미한다. 본 연구에서는  $W_j$ 에 도로 교차지점에 할당된 인구수 즉, 동 단위 인구정보를 해당 시기별로 도로의 교차지점에 배분함으로써 인구잠재력 분석을 위한 데이터를 구축하였다.

인구잠재력 분석은 ArcGIS 소프트웨어의 workstation 기능인 arcpolt을 이용하였으며, accessibility 모델에 적용하는 거리감소함수에 대해서는 멱함수(power function)와 지수함수(exponential function)를 검토하였다. 이론적 고찰에서 살펴본 바와 같이 멱함수의 거리감소 곡선은 영향범위까지 경사가 완만한 단면을 나타내어 일반적으로 도시간의 큰 거리에 대한 상호작용을 계산하는 사용되고, 지수함수의 거리감속 곡선은 영향권 경계까지 상대적으로 경사가 급한 단면을 나타내어 도시의 내부와 같이 작은 거리에 대한 상호작용을 계산하는데

사용된다. 따라서 본 연구에서는 세종시 인근 지역의 영향권을 분석하기 위해서 거리감속 곡선이 완만하여 도시간의 상호작용을 계산하는데 유용한 멱함수를 적용하였다.<sup>2)</sup>

대상지역에 설정한 모델을 적용하여 세종시 입지 전후인 3개 년도의 인구잠재력을 계산하였다. 계산된 인구잠재력의 시공간적 분포현황의 변화는 LISA를 이용하여 분석하였다. LISA를 이용하여 분석한 결과는 지도로 도식화하여 인구잠재력의 공간적 분포 특성을 비교하였으며, LISA를 통하여 도출되지 않은 세밀한 공간적 분포특성의 변화는 공간데이터의 해석 및 분석에 용이한 공간패턴 분석기법을 적용하였다. 공간패턴 분석에서 공간적 영향범위의 변화는 Ripley K함수와 베리오그램을 해석함으로써 분석하였고, 공간적 변동성은 바키측정치를 통하여 파악하였다.

## 도시공간구조 변화분석

### 1. 인구잠재력 변화분석

세종시 인근 지역 인구잠재력의 시공간적 분포특성을 비교하기 위하여 공간통계기법인 LISA 방법 중에서 Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 이용하여 분석하였다. Getis-Ord  $G_i^*$  방법은 다

른 LISA방법들과 비교하여 인구잠재력이 높은 지역(hot spot)과 낮은 지역(cold spot)에 대한 해석에 장점을 가지고 있다. Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 이용하여 1995년부터 2013년까지 3개 년도의 인구잠재력 분석하고 잠재력의 z-값을 표준정규분포 임계치에 맞추어 공간군집지역을 표시한 결과는 그림 3과 같다. 그림에서 붉은색으로 나타난 부분은 인구잠재력이 높은 지역을 의미하고, 파란색으로 나타난 부분은 인구잠재력이 낮은 지역을 의미한다.

분석결과를 살펴보면, 1995년과 2003년에 대전광역시와 청주시의 인구잠재력이 높게 나타났으나, 2013년에는 천안시까지 3개의 지역에서 인구잠재력이 높게 나타났다. 50만 인구를 계획하고 입주가 시작된 세종시의 경우 2013년에 인구잠재력의 높은 군집이 나타나지 않았다. 하지만 세종시의 출범이후 연구지역의 인구잠재력 변화가 천안시에만 국한된 것인지, 아니면 세종시 주변지역의 다른 도시에서는 변화가 발생하지 않았는지 정량적·정성적으로 살펴보기 위하여 공간적 영향범위와 변동성을 분석하였다.

### 2. 공간적 영향범위 변화분석

공간적 영향범위 분석은 인구잠재력의 영향력의 범위가 시계열적으로 어떻게 변화되는지를 확인하기 위하여 적용하였다. 분석은 Ripely

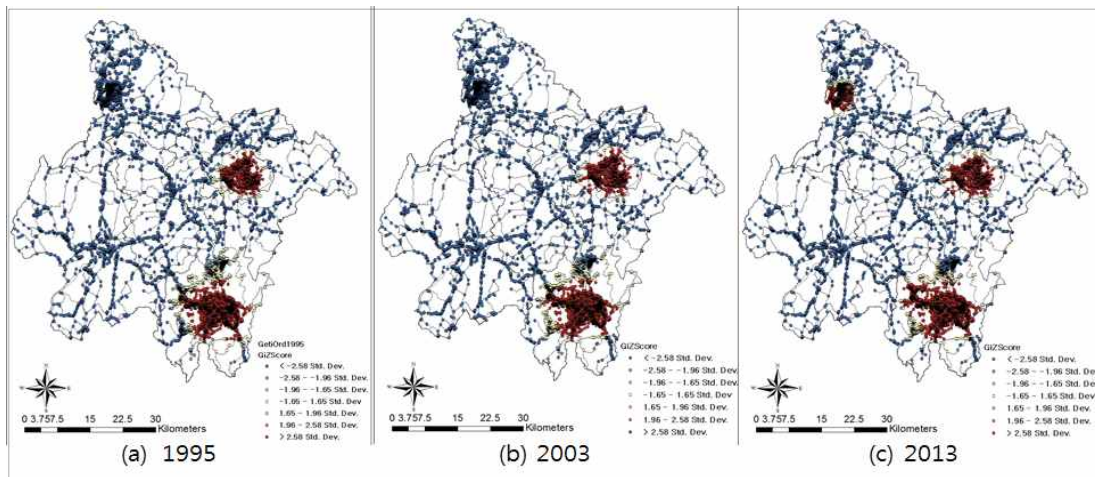


FIGURE 3. Hotspot analysis results of Sejong area



의 K 함수와 베리오그램을 적용하여 인자변화를 해석함으로써 영향범위를 측정하였다.

첫째, K 함수는 도로 교차지점별로 계산된 인구잠재력이 다중거리에 따라 어떻게 분포하는지 분석하는 공간패턴분석방법으로, 인구잠재력의 중심점 역할을 하는 도시간의 영향 거리를 측정할 수 있다. 본 연구에서는 K 함수의 거리를 1km 단위로 증가하여 30km 지점까지 분석하여 시계열적 변화를 비교하였다. 표 1은 연도별로 K 값을 분석한 결과로 유의수준 0.1에서 통계적으로 유의미한 군집분석을 나타내는 범위(\*)와,  $K_0$ 값과  $K_E$ 값의 차이가 가장 큰 피크지점(\*\*)을 나타내는 것이다. 여기서 유의미한 군집지역까지의 거리는 공간적 영향이 있는 거리로, 피크지점까지의 거리는 영향력이 가장 큰 거리를 의미한다.

TABLE 1. Results of Ripley K function

Expected K ( $K_E$ )	Observed K( $K_0$ )		
	yr1995	yr2003	yr2013
1,000	4,774*	4,694*	4,645*
2,000	8,172*	7,987*	7,864*
3,000	11,051*	10,710*	10,492*
4,000	13,587*	13,106*	12,788*
5,000	15,801*	15,221*	14,800*
6,000	17,693*	17,047*	16,522*
7,000	19,219*	18,541*	17,951*
8,000	20,420**	19,709**	19,092**
9,000	21,419*	20,686*	20,062*
10,000	22,332*	21,584*	20,961*
11,000	23,184*	22,420*	21,795*
12,000	23,982*	23,196*	22,572*
13,000	24,627*	23,818*	23,199*
14,000	25,091*	24,257*	23,644*
15,000	25,444*	24,586*	23,979*
16,000	25,720*	24,854*	24,252*
17,000	25,941*	25,080*	24,487*
18,000	26,149*	25,296*	24,710*
19,000	26,359*	25,519*	24,937*
20,000	26,584*	25,762*	25,183*
21,000	26,819*	26,014*	25,436*
22,000	27,062*	26,274*	25,697*
23,000	27,313*	26,542*	25,966*
24,000	27,565*	26,806*	26,231*
25,000	27,828*	27,081*	26,506*
26,000	28,080*	27,344*	26,770*
27,000	28,336*	27,615*	27,044*
28,000	28,657*	27,963*	27,396*
29,000	29,062*	28,412*	27,846*
30,000	29,571	28,983	28,409

\* Statistically significant clustering

\*\* Peak distance of clustering

3개 년도에서 영향력이 가장 큰 거리는 8,000m로 일정하였으나, 공간적 영향범위는 1995년 2,900m에서 2003년 이후 2,700m로 감소하였다. 하지만 그래프로 나타낸 K 함수의 결과(그림 4)를 살펴보면 공간적 영향범위는 1993년 이후 꾸준히 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 대상지역내 인구잠재력의 영향범위는 지속적으로 감소하는 것으로 대상지역내에서 인구잠재력의 중심점 역할을 하는 중심 도시들 간의 거리가 점차 줄어들고 있는 것을 의미한다.

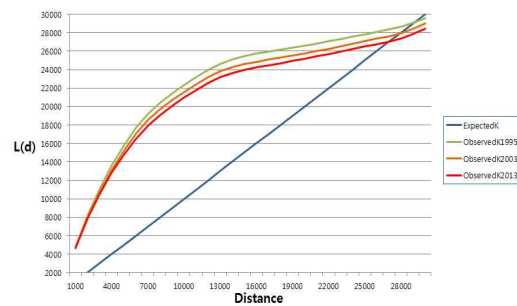


FIGURE 4. Graph of K-function results

둘째, 베리오그램 분석은 인구잠재력의 공간적 상호관계를 파악하기 위하여 적용하였다. 즉, 노드에 배분된 인구로부터 계산된 인구잠재력과 주변의 일정한 거리에 있는 인구잠재력 간의 유사성 척도를 분석하였다.

베리오그램의 분포는 관리 가능한 lag의 수로 나누어진 샘플 자료 쌍으로 구성되어있으며, 이러한 절차를 binning이라고 부른다. lag의 크기 및 숫자에 따라 베리오그램 모델 및 모델을 구성하는 매개변수가 변하기 때문에 베리오그램을 분석하기 이전에 lag의 크기를 조정하는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 샘플 데이터가 규칙적인 격자구조에 위치하고 있으면 격자간의 거리가 최적의 lag의 크기(lag size)이지만, 도로교차지점과 같은 임의 분포인 경우 이웃한 점들 간의 평균거리를 대표적인 lag의 크기로



사용할 수 있다(Kim, 2010). 따라서 본 연구에서는 노드 간의 평균거리를 측정하여 평균거리인 136m를 lag의 크기로 결정하였다.

베리오그램에서 분리거리가 증가하여 일정한 거리가 되면 자료 값들은 아무런 관계를 나타내지 않게 되어 일정한 값을 나타내는데 값을 문턱 값(sill)이라 하며, 문턱 값은 인구잠재력의 분산을 나타낸다. 문턱 값이 커질수록 인구잠재력의 차이가 크게, 문턱 값이 작을수록 인구잠재력의 차이가 작게 나타나는 것을 의미한다. 베리오그램 분석결과, 대상지역의 경우 인구잠재력의 차이가 1995년부터 2013년까지 지속적으로 감소하였다. 이것은 대상지역내 도시들 간 인구잠재력의 차이가 점차 줄어들고 있는 것을 의미한다. 특히 1995년부터 2003년까지 인구잠재력의 차이가 급속히 줄어든 것으로 나타났다.

TABLE 2. Results of variogram modeling

Variogram	lag size	Partial sill	Nugget	Range
yr.1995	136	1995.04	0	1684.11
yr.2003	136	1133.29	168.05	1478.02
yr.2013	136	1082.80	63.69	1142.59

### 3. 공간적 변동성 분석

공간적 변동성을 분석하기 위하여 바키측정치를 적용하여 세종시 인접권역에서 인구잠재력의 공간적 집중도와 분산도를 측정하였다. 바키측정치 분석에서 나타나는 표준편차거리는 인구잠재력의 집중과 분산 정도를, 편향도는 특정방향의 집중도를 의미한다. 평균 중심은 인구

잠재력 중심의 이동패턴을 확인할 수 있으며, 표준편차타원체는 1995년(이점쇄선), 2003년(일점쇄선), 2013년(실선)으로 나타냈으며 시간의 흐름에 따라 점차 굵게 표현하였다(그림 5참조).

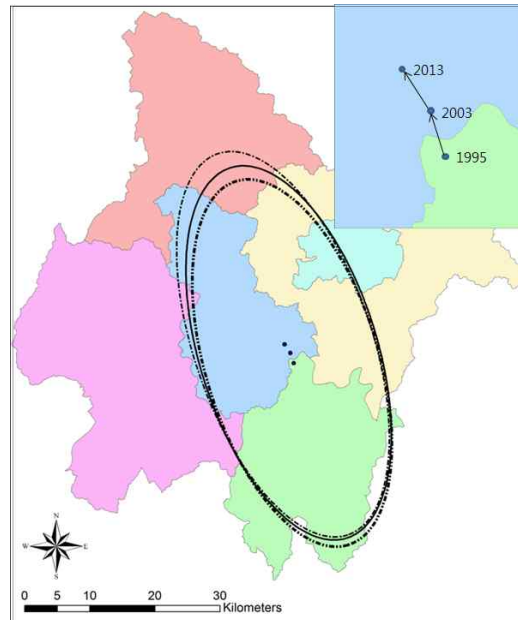


FIGURE 5. Results of bachi measurement

바키측정치 분석결과, 표준편차타원체는 남북으로 긴 형태를 나타냈으며, 인구잠재력의 중심은 남쪽에서 북쪽방향으로 점차 이동하는 패턴이 나타났다(그림 5). 표 3을 보면 편향도는 1.18~1.19로 지속적으로 유지되고 있으나, 표준편차거리는 2003년에 480에서 2013년에 732로 지속적으로 증가하여 분산정도가 커졌

TABLE 3. Results of bachi measurement

	Standard Deviation Distance	Oblongity	Mean Center		Moving Distance	Moving Direction	Principal Axis
			X	Y			
yr1995	22745.75	1.19	232945.91	331547.31	-	-	-
yr2003	23225.91	1.19	232409.11	333107.85	1650.29	108.98	-18.9823
yr2013	23957.12	1.18	231535.85	334445.54	1597.49	123.14	-33.1372

다. 이는 대상지역내의 중심지역인 세종시 인근의 인구잠재력보다 외곽 도시인 대전, 충주, 천안의 인구잠재력이 지속해서 증가함으로 인해 나타난 결과로 해석된다.

## 결론

본 연구는 세종시 출범에 따른 인접지역의 공간구조 변화를 측정하기 위한 일환으로 공간적 상호작용 측면에서 접근하였다. 연구에서 사용한 인구잠재력은 도시공간내의 공간상호작용에 있어 상호작용을 위한 잠재력으로, 주로 인구분포에 따른 공간구조의 패턴이나 변화추이를 측정하는 지표로 활용할 수 있기 때문이다. 연구는 공간적 상호작용 모델인 Accessibility 모델을 이용하여 미래 공간 상호작용을 위한 잠재력인 인구잠재력을 분석하고, 인구잠재력을 지표로 활용하여 공간패턴분석기법에 적용함으로써 세종시 건설 전후 인접지역들의 공간적 상호작용 결과를 정량적·정성적으로 해석하였다.

인구잠재력을 계산한 결과, 1995년과 2003년은 대전광역시와 청주시의 인구잠재력이 높게 나타났으나 2013년에는 천안시까지 3개 도시의 인구잠재력이 높게 나타났다. 세종시는 2013년까지 높은 인구잠재력 지대가 나타나지 않았다. 세종시 주변지역의 변화가 천안시에만 국한되는 것인지 아니면 세종시 주변지역의 공간적 변화가 존재하는지 파악하기 위하여 공간적 영향범위와 공간적 변동성을 분석하였다. 공간패턴의 변화는 크게 3가지 방법을 적용하여 여러 측면에서 분석하였다.

첫째, 다중거리에 따라 인구잠재력의 군집을 분석하는 Ripely의 K 함수를 이용하여 공간적 영향범위를 분석하였다. 분석결과 3개년도 모두 영향력이 가장 큰 거리는 일정하였으나, 공간적 영향범위는 지속적으로 감소하였다. 이러한 결과는 인구잠재력의 영향범위가 지속적으로 감소하고 있는 것을 의미한다. 둘째, 공간적 상호관계를 파악하는 베리오그램을 이용하여 인구잠재력의 유사성 척도를 분석하였다. 분석결과 대상지역내 도시들 간 인구잠재력의 분산이 점

차 줄어들고 있었으며, 특히 1995년부터 2003년까지 인구잠재력의 차이가 급속히 감소하는 것으로 나타났다. 셋째, 인구잠재력의 공간적 집중도와 분산도를 측정하는 바키측정치를 이용하여 공간적 변동성을 측정하였다. 측정결과 인구잠재력의 중심점은 남쪽에서 북쪽방향으로 점차 이동하고 있었으며, 표준편차거리가 지속적으로 증가하여 분산정도가 커지고 있었다. 이는 세종시 인근의 인구잠재력보다 외곽 도시인 대전, 충주, 천안의 인구잠재력이 지속해서 증가하는 것을 의미한다.

분석결과를 종합하면 1995년 이후 대상지역의 인구잠재력의 영향범위는 지속적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 2013에는 천안시를 중심으로 인구가 집중하여 인구잠재력이 분산되는 것으로 나타났다. 세종시의 경우 현재까지는 새로운 인구잠재력 지대로써 주변지역에 중심점 역할을 수행하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 세종시의 입주가 얼마 지나지 않은 시점으로 세종시에서 계획하는 인구 50만에 도달하지 못한 결과로 간주된다.

본 연구는 세종시 입지로 인한 주변지역의 공간구조변화를 파악하기 위한 일환으로 공간적 상호작용 측면에서 접근한 인구잠재력을 이용으로 분석하였다. 또한 인구잠재력을 인자로 활용하여 여러가지 공간패턴 분석을 적용함으로써 다양한 측면에서의 공간구조 변화를 해석하였다. 하지만 더욱 공간구조에 대한 정확한 변화추이를 파악하기 위해서는 지가와 고용 등 다른 사회경제적 데이터를 복합적으로 적용하여 분석할 필요가 있겠다. 또한 세종시의 건강한 역할 수행을 위해서는 계획인구 도달을 위한 노력과 함께 인구증가에 따른 다른 요인들의 변화와 주변 도시들의 공간구조 변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 하겠다.

## KAGIS

## 주

- 1) 행정경계데이터는 GIS환경에서 분석하기 위

하여 shape파일을 활용하였으며, 인구데이터는 매해 집계되는 통계년도 데이터를 활용하였다.

- 2) 거리마찰계수는 세종시를 중심으로 주변 도시들과의 거리(시청기준, 세종-대전: 28.3km, 세종-청주: 18.4km, 세종-공주: 22.5km, 세종-천안: 29.4km)를 고려하여, 중간지점인 약 25km 지점에서 영향력이 0에 가까워지는 1을 선택하여 분석에 적용하였다.

## REFERENCES

- Aldstadt, J. and A. Getis. 2006. Using AMOEBA to create a spatial weights matrix and identify spatial clusters. *Geographical Analysis* 38(4):327-343.
- Choi, J.K. 2002. *Spatial Data Modeling*. Gumi Publishing Co., Seoul, pp.81-124 (최종근. 2002. 공간정보모델링 : 크리깅과 최적화 기법. 구미서관, 서울, 81-124쪽).
- Craig, J. 1972. Population potential and population density. *Area* 4:10-12.
- De Vries, J.J. P. Nijkamp and J. Rietveld 2009. Exponential or power distance-decay for commuting? an alternative specification. *Environment and Planning A* 41:461-480.
- Fotheringham, A.S. and M.E. O'Kelly. 1989. *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Kim, H.Y. 2010. A geostatistical approach for improved prediction of traffic volume in urban area. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 13(4):138-147 (김호용. 2010. 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상. 한국지리정보학회지 13(4):138-147).
- Kim, H.Y. 2012a. The spatial variation measurement of multi-centric structure in Busan metropolitan city. *Journal of the Korea Spatial Information Society* 20(2):93-103 (김호용. 2012. 부산광역시 다핵구조의 공간적 변동성 측정. 한국공간정보학회지 20(2):93-103).
- Kim, H.Y. 2012b. Analysis of change in the population distribution based on spatial relationship using sphere of influence. *The Korea Spatial Planning Review* 73:47-61 (김호용. 2012. 세력권 방식의 공간적 연관성을 이용한 인구분포변화 분석. 국토연구 73:47-61).
- Kim, H.Y., J.S. Kim and S.H. Lee. 2012. A spatial statistical approach to the delimitation of CBD. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(4):42-54 (김호용, 김지숙, 이성호. 2012. 도심경계설정을 위한 공간통계학적 접근. 한국지리정보학회지 15(4):42-54).
- Kim, H.Y. and K.W. Nam. 2011. Analysis of the influence of sub-centers based on population potential : focus on Busan metropolitan city in 1970~2010. *The Korea Spatial Planning Review* 69:45-62 (김호용, 남광우. 2011. 인구잠재력을 이용한 부도심권 영향력 분석 : 1970~2010 부산광역시를 중심으로. 국토연구 69:45-62).
- Kim, K.Y. 2011. Effects of the modifiable areal unit problem(MAUP) on a spatial interaction model. *Journal of the Korean Geographical Society* 46(2):197-211 (김감영. 2011. 공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정가능성문제(MAUP)의 영향. 대한지리학회지 46(2):197-211).

- Lee, H.Y and J.H Sim. 2011. GIS : Geographic Information System 2nd Edtion. Bubmonsa Publishing Co., GyengGi-Do, pp.366-389 (이희연, 심재현. 2011. GIS 지리정보학. 법문사, 경기도, 366-389쪽).
- Nam, K.W. and S.H. Lee. 2004. Measuring population potentials using census data in a network GIS environment. Journal of Korea Planners Association 39(3): 233-246 (남광우, 이석환. 2004. Network GIS환경에서 센서스 데이터를 활용한 인구 잠재력 측정. 대한국토·도시계획학회지 39(3): 233-246).
- Nam, K.W., S.H. Lee and C.U. Choy. 2001. A study on the adjustment process of population growth in Busan. Journal of Korea Planners Association 36(7):257-270 (남광우, 이성호, 최철웅. 2001. 부산시 인구성장의 조정과정에 관한 연구. 대한국토·도시계획학회지 36(7):257-270).
- Pooler, J. 1983. Measuring geographical accessibility : a review of current approaches and problems in the use of population potentials. Geoforum 18(3): 269-289.
- Rich, D.C. 1978. Population potential, potential transportation cost and industrial location. Area 10:222-226.