

## 도시균형발전을 위한 도시공간구조 변화 진단\*

김호용<sup>1\*</sup>

### Analysis of Changes in Urban Spatial Structure for Balanced Urban Development\*

Ho-Yong KIM<sup>1\*</sup>

#### 요 약

본 연구의 목적은 지속 가능한 도시성장 관리를 위한 일환으로 도시균형발전을 위해 공간모델링 기법을 이용하여 도시공간 구조 진단하는 것이다. 도시공간구조는 다양한 활동의 상호작용이므로 공간구조 요소들의 패턴 변화 분석과 함께 요소들의 분석 결과를 연계하여 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 인구, 교통 분야에 대하여 접근하였으며, 대상지의 관련 법령에 따라 정의된 다양한 생활권별 공간구조를 분석하였다. 인구는 시계열별 변화 데이터를 공간통계 기법인 Getis-Ord  $G_i^*$  기법에 적용함으로써 인구 집중지역에 대한 군집 변화를 분석하였으며, 교통은 출퇴근 교통 O-D 데이터를 Social Network Analysis 기법에 적용함으로써 중심성 변화를 분석하였다. 분석결과 대상지 전체적으로 불균형이 심화되고 있었으며, 중심성의 변화가 분석되었다. 분석 결과는 다른 공간요인과 연계하여 해석함으로써 생활권별 도시공간구조를 전망하고 지속 가능한 도시성장관리를 위한 방향을 제시할 수 있었다. 이러한 결과는 해당 도시에서 진행되고 있는 도시정책뿐만 아니라, 전 세계 많은 도시에서도 급속한 도시발전과 통제할 수 없는 개발에 대응하기 위하여 도입하고 있는 다양한 도시 성장 관리 정책의 의사결정을 위한 도구로 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 도시공간구조, 균형발전, 인구 군집 변화 분석, 교통 중심성 변화 분석, 지속 가능한 개발

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to diagnose urban spatial structures using spatial modeling techniques for balanced urban development as part of sustainable urban growth management. Since urban spatial structure is an interaction of various activities, it is

2021년 05월 31일 접수 Received on May 31, 2021 / 2021년 06월 09일 수정 Revised on June 09, 2021 / 2021년 06월 09일 심사완료 Accepted on June 09, 2021

\* 이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음

1 동아대학교 도시계획공학과 부교수 Associate Professor, Dept. of Urban Planning and Engineering, Dong-A University

\* Corresponding Author E-mail : hykim@dau.ac.kr

necessary to interpret the analysis results in conjunction with the analysis of changes in spatial structural elements. In this study, population and transportation were approached for research purposes. Population data were applied to the Getis-Ord  $G_i^*$  method, a spatial statistical technique, to analyze the concentration-decreasing region of the population. Traffic data analyzed the trend of centrality change by applying commuting traffic O-D data to Social Network Analysis techniques. The analysis showed that urban imbalance was growing, and the centrality of transportation was changing. The results of the analysis of spatial structure elements could be interpreted by linking the results of each factor to each neighborhood unit, predicting changes in urban spatial structure and suggesting directions for sustainable urban growth management. These results could also be used as a decision-making tool for various urban growth management policies introduced to cope with rapid urban development and uncontrollable development in many cities around the world.

**KEYWORDS** : *Urban Spatial Structure, Balanced Urban development, Population Cluster Change Analysis, Traffic Centrality Change Analysis, Sustainable Development*

## 서 론

우리나라의 도시화 현상은 농촌지역에서 시로 승격되는 과정과 기존의 도시지역의 외연적 확산이라는 두 가지 유형이 동시에 진행되고 있다. 특히 대도시는 행정 개편과 함께 확산적 도시화가 뚜렷하며, 도시화 현상과 함께 도시 내부의 공간구조 변화도 수반하고 있다.

최근 대도시의 내부 공간구조 변화로 인구의 집중 및 기반시설 부족 등 많은 도시문제가 발생하고 있다. 특히, 도시문제 해결을 위한 양호한 기반시설 정비 및 편의시설의 입지는 특정한 지역으로의 인구집중을 초래하였고, 이로 인해 심각한 교통 정체 및 기반시설·주거시설을 부족이라는 악순환을 지속하고 있다. 반면 일정 지역 집중 현상은 다른 지역의 인구감소 및 재정투자 후 순위에 의한 기반시설 노후화라는 도시문제도 동반하고 있다. 이러한 현상은 대도시 뿐만 아니라 국가적 차원에서도 같은 현상이 발생하고 있으며, 최근 행정기관과 전문가는 이러한 불균형 문제를 해결하고자 다양한 도시정책 수립 등 많은 노력을 기울이고 있다.

도시정책은 공간구조변화에 따른 공공서비스

의 공간적 불균형을 해소하고, 공간구조의 변화를 예측하여, 도시문제를 미연에 방지하는 역할을 담당한다. 그러므로 도시의 공간구조 파악 및 변화방향의 예측은 효과적인 도시정책을 수립하는 데 매우 중요한 정보가 된다. 도시의 내부 구조 변화는 인구와 기업, 공공기관의 입지에 따라 변화하며, 이에 따라 통행, 주택시장, 토지이용 패턴 등의 공간구조가 변화한다. 이에 연구자들에 의해 도시공간구조를 파악하기 위해 다양한 방법으로 접근하여 연구가 이루어졌다.

첫째, 먼저 토지이용 데이터를 이용한 연구로써 도시의 도심지역 특성을 도출하기 위하여 주거나 상업과 같은 토지이용에 의하여 도심지역을 구분하는 것으로 도심은 도시 기능 면에서 최고 상위의 중심기능이 집약되어 있으며 지역적으로 도시의 중심부나 접근성이 가장 높은 지역으로 보는 방법이다(Kim *et al.*, 2008). 연구대상지인 부산광역시를 대상으로 한 연구로 Kim *et al.*(2007)은 부산시의 도심에 속하는 15개 동을 대상으로 2000년과 2005년 두 개 연도를 대상으로 대상 지역의 특화지수를 계산할 수 있는 LQ 지수와 군집 분석을 통해 도심의 공간기능을 분석하였으며, 도심 공간기능의 쇠퇴지역과 도심 공간기능의 활성화 지역을 분류하였다.

둘째, 공간통계학적 접근을 통한 연구들로서, 도시 기능의 공간 관계 파악을 위해 공간적 자기상관분석을 이용하는 방법으로 Moran's I 측도와 Geary's C 측도를 이용한 연구들이 주를 이루어 왔다. 이러한 연구의 특징은 도시공간구조의 분석을 위해 공간구조에 영향을 미치는 데이터는 공간적 의존성(spatial dependence)과 공간적 이질성(spatial heterogeneity)으로 대표되는 공간효과(spatial effect)의 특성이 있다는 특징을 바탕으로 연구가 이루어졌다(Kim *et al.*, 2004; Ha, 2005). Kim *et al.* (2012)는 지가 데이터를 공간통계학적으로 분석하여 도심부의 지리학적 경계를 설정하였다. 이 과정에서 어느 공간적 연관성 방법론이 도심경계의 확인에 유용하지 검증하기 위하여 도시공간구조를 설명하는 주요 요인인 토지이용 데이터와 비교하였다. Seo *et al.* (2014)는 Getis-Ord  $G_i^*$  방법론을 활용하여 1970년부터 2010년까지 대구시의 도시성장과정을 분석하고 대구시의 도시공간구조의 시계열적 공간변화 특성을 도시계획과 연계하여 해석하였다

셋째, 인구 데이터를 활용하여 도시공간구조를 해석하는 방법으로, 일반적으로 밀도경사함수를 이용하여 인구분포상의 구심점으로서 얼마나 그 기능을 다하고 있는가를 도시 전체 차원에서 측정하는 방법이다(Chae, 1997; Nam *et al.*, 2009). 이에 관한 연구로 Jeon (1995)은 다핵 밀도경사모형을 이용한 서울의 공간구조분석에서 다핵화 현상과 부도심의 세력 강화를 밝혔다. Kim and Bae (2020)는 광역도시 개편에 따른 공간구조의 변화와 도시전체의 균형발전 진단을 위해서 미래 공간상호작용을 위한 잠재력의 의미인 인구잠재력을 시공간적으로 적용함으로써 공간구조 변화와 권역별 특징을 분석하였다.

넷째, 데이터 구축 및 활용의 용이성으로 인해 통근통행의 출발지와 도착지에 관한 교통 데이터를 많이 이용되었다. 이는 통근 통행의 정의상 공간적으로 출발지는 주거지, 도착지는 직장인 되는 동시에 지역별 출발자 수는 취업자

수, 도착자 수는 직장 수가 되기 때문이다(Ha *et al.*, 1995). 교통 데이터를 이용한 연구는 대부분 사회연결망 분석을 적용하였다. Kim and Ahn (2012)은 서울대도시권 중심성 지수를 사회연결망 이론으로 분석하여 인구, 고용, 사회적 자본과 중심성 지수의 관계를 분석하였으며, Jeong and Moon (2014)은 2030 서울플랜에서 설정한 공간구조체계가 서울시민의 일상적 생활 과정에서 발생하는 인구 이동적 특성을 얼마나 반영하고 있는지 분석하기 위해서 통근 통학 데이터를 기반으로 중심성이 있는 지역과 연계성을 가지는 이웃 지역을 탐색하였다. 이외에도 지역 간 상호 연관 관계에 근거한 수도권 공간구조 변화를 파악하고, 이를 근거로 생활권을 설정하는 연구(Cho and Yim, 2001; Lee, 2008) 등 공간구조 특성을 파악하기 위해서 교통량 데이터를 기반으로 한 분석 방법이 적용되었다.

이러한 연구 동향은 최근 원격탐사(RS)와 지리정보시스템(GIS)을 결합하여 사용하는 방법이 많은 외국 도시에서 활용되고 있다(Berberoglu *et al.*, 2016). 지난 20년 동안, 셀룰라 오토마타(CA)는 도시 확장을 테스트하고 시뮬레이션하기 위한 가장 유명한 도구였다(Clark *et al.*, 1997;). 그 이후, 도시 공간 변화를 보다 과학적이고 포괄적으로 시뮬레이션하기 위해 계획 정책, 도시 개발 경향 및 생태 환경 보호와 같은 많은 제약조건과 마야코브 체인과 같은 기술을 결합한 CA 방법론이 적용되었다(Aburas *et al.*, 2017; Guan and Rowe, 2016).

이처럼 도시공간구조 해석을 위한 많은 노력이 있었지만 대부분 공간구조의 해석 및 공간구조설정, 공간구조 변화 탐지라는 목적에서 이루어졌다. 또한, 유사한 데이터 이용이나 특정 방법론에 의존한 접근을 통하여 공간구조 해석이 이루어졌다.

도시공간구조는 토지이용과 경제활동 등 개별 요소들의 공간적 패턴과 활동이 서로 연계된 일련의 상호작용이며, 공간구성 매커니즘을 바탕으로 하는 하나의 시스템으로 볼 수 있다. 즉 도시공간구조는 다양한 활동의 상호작용으로 구

성되며, 지역 균형발전을 위한 공간구조를 해석하기 위해서는 공간구조 요소들의 패턴 변화 분석과 함께 요소들의 분석 결과를 연계하는 전체적인 접근이 필요하다(Wheeler, 2013).

따라서 본 연구에서는 도시의 균형발전을 위한 공간구조의 진단이라는 연구목적을 위하여 인구, 교통 분야에 대하여 접근하고자 한다. 인구는 시계열별 인구변화 데이터를 공간통계기법에 적용함으로써 인구의 군집지역 변화를 분석하고, 교통은 최근 교통량 흐름을 사회연결망 기법에 적용함으로써 교통의 중심성 변화를 분석하고자 한다. 각 분야별 분석 결과는 종합적으로 진단함으로써 도시균형발전을 위한 대안을 제시하고자 한다.

## 이론적 고찰

### 1. Getis-Ord $G_i^*$

인구의 집중 및 감소 지역을 도출하기 위한 Local Moran's  $I$  기법은 통계적 분석기법의 추론적 오류를 최소화하고 국지적 수준에서의 공간적 상관 구조를 분석할 수 있는 국지적 공간 연관성 지표(LISA: Local Indicators of Spatial Association)의 기법이다. LISA가 클러스터 탐지를 포함한 다양한 탐색적 공간 데이터분석(ESDA: Exploratory Spatial Data Analysis) 연구에 많은 잠재력을 가지고 있다는 것이 1990년대 중반부터 인식되었고 다양한 기법들이 제안되었다. LISA는 국지적 공간패턴 분석을 의미하는 것으로 Local Moran's  $I$ , Local Geary's  $C$ , Getis-Ord  $G_i$ ,  $G_i^*$ 를 의미한다(Seo *et al.*, 2014).

본 연구에서는 분석지역 내에서 인구의 특성이 유사한 객체의 군집지역을 찾는 데 유용한 Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 이용하여 시기별 인구의 집중 지역을 탐색하였다. Getis-Ord  $G_i^*$  방법을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (1)$$

여기서,  $S$ 는 표준편차,  $w_{i,j}$ 는 공간 가중행렬의 값,  $n$ 은 전체 개체의 수를 나타내며  $x_j$ 는 개체  $j$ 의 속성 값,  $i$ 와  $j$ 는 개별 개체의 공간단위를 의미한다.  $G_i^*$  값 자체가  $z$ -score가 되며 높은 양의  $z$ -score은 높은 속성 값을 가진 개체들이 군집(hot-spot)한 것이고 낮은  $z$ -score은 낮은 속성 값을 가진 개체들이 군집(cold-spot)하는 것으로 해석할 수 있다(Getis and Ord; 1992).

### 2. Social Network Analysis

사회연결망분석(SNA : Social Network Analysis)은 통행이나 인구가동과 같은 지역 간 연결 데이터를 이용하여 연결망 내의 특징을 정량적 수치와 연결망 구조로 분석할 수 있다. 즉, 지역 간 관계적 속성을 고려한 사회구조를 설명하는 것으로 도시공간구조와 같이 상호작용이 중요한 연결망의 분석에 적용할 수 있다(Jung and Moon, 2014). 분석 중에서 중심성 지수는 연결망 내의 많은 결점(node) 중에서 어떤 결점이 가장 중요한 위치에 있는지를 나타내는 지표이다. 분석에서 결점을 본 연구에서와같이 하나의 지역으로 표현하면, 지역 간의 직접 연결된 정도를 고려하여 측정하는 연결 중심성(degree centrality), 지역 간 매개 역할의 정도에 따라 중요도를 측정하는 사이 중심성(betweenness centrality) 그리고 연결된 다른 지역의 중요성까지 함께 고려하여 가중치를 둔 위세 중심성(eigenvector centrality) 등이 있다(Kim, 2011).

본 연구에서는 출퇴근 교통량 데이터를 이용하여 지역으로 오는 방향의 연결들에 대한 유입 연결 중심성(in-degree centrality)과 지역에서 나가는 유출 연결 중심성(out-degree centrality)을 측정하며, 지역  $i$ 에서 지역  $j$ 로 향

하는 외향과 지역  $j$ 가 다른 모든 지역  $i$ 로부터 받는 내향을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Out-degree_{ik} = \sum_{j=1}^n Z_{ijk} = Z_{ik} \quad (2)$$

$$In-degree_{jk} = \sum_{i=1}^n Z_{ijk} = Z_{jk}$$

연결 중심성을 통하여 전체 공간구조에서 지역이 가지는 중심성과 함께, 해당 지역에 연결된 상대방의 중요성에 가중치를 둔 위세 중심성은 연결지역의 중요성을 고려함으로써 자신의 영향력을 증가시킬 수 있다. 이를 식으로 나타내면 아래 식 (3)과 같으며, 위세 중심성을 분석함으로써 연구 대상지의 지역별 공간구조 범위를 탐색할 수 있다.

$$P_i = \sum_{j=1}^{N-1} P_j Z_{ji} \quad (3)$$

## 대상지 및 분석 방법 설정

### 1. 범위 설정 및 대상지 현황

연구의 공간적 범위는 부산광역시를 설정하였다. 2020년 기준 부산광역시는 16개 구·군과 210개 동의 행정구역과 총 796.89km<sup>2</sup> 면적에 346.6만 명의 인구가 거주하는 우리나라 제2의 도시다(Statistics Korea, 2020). 대상지인 부산광역시는 1914년 원도심권(그림 1의 Old Downtown 일부)을 중심으로 시작하여 지속적인 주변지역의 편입이 진행되었다. 특히, 1949년 부산시 개칭과 함께 한국전쟁의 발발로 전국 각지에서 피난민이 몰려들면서 급격한 인구증가와 함께 도시화가 진행된 지역으로, 공간구조 변화의 진단이라는 연구목표에 적합한 도시로 판단된다. 연구 대상지는 1963년 직할시 승격과 행정구역 확장을 시작으로 주변의 김해, 창원, 양산지역의 일부 지역의 편입과 함께 현재의 행정구역을 갖추게 되었다. 인구는 광역시로 개칭된 1995년 현재의 행정구역으로 확장되면서

389.3만 명을 정점으로 지속해서 감소하고 있다.

대상지의 도시 균형 발전을 위한 관련 계획으로 “2030 부산도시기본계획변경”에서는 동부산권(기장권, 동부권), 중부산권(동래권, 원도심권), 서부산권(강동권, 강서권)의 3개 권역을 생활권으로 설정하고 있으며, “부산광역시 도시 균형발전 기본계획”에서는 그림1에서 설정된 6개의 권역을 대생활권으로 설정하고 자치구·군의 행정단위를 중생활권, 읍·면·동 단위를



FIGURE 1. Study area and region

TABLE 1. Study area and regional name

Region (6)		Gu-Gun (16)
GiJang	1	GiJang-Gun
DongBu	2	HaeUnDae-Gu
	3	SuYeong-Gu
	4	GeumJeong-Gu
DongRae	5	DongRae-Gu
	6	YeonJe-Gu
	7	BusanJin-Gu
Old Downtown	8	Seo-Gu
	9	Dong-Gu
	10	Nam-Gu
	11	Jung-Gu
	12	YeongDo-Gu
GangDong	13	Buk-Gu
	14	SaSang-Gu
	15	Saha-Gu
GangSeo	16	GangSeo-Gu

소생활권으로 구분하고 있다.

이에 본 연구에서 관련 계획에서 규정하고 있는 권역을 준용하여 그림 1 및 표 1에서 명시한 6개의 대생활권과 16개의 중생활권을 공간적 범위로 설정하였다. 시간적 범위는 2005년과 2015년을 기준년으로 설정하여 과거부터 현재까지 10년간 변화를 분석하여 공간적 변동을 살펴보고자 한다.

## 2. 모델 설정 및 데이터 구축

도시공간구조의 진단을 위하여 인구 데이터를 이용한 인구 군집 변화 분석, 교통 데이터를 이용한 교통 중심성 변화 분석 등 크게 2가지 방법으로 진행하였다.

먼저 인구 군집 변화 분석은 인구의 집중 및 분산의 공간적 군집성을 파악하여 인구의 집중 및 감소 지역을 도출하기 위한 분석으로 2005년부터 2015년까지 10년 단위 인구의 변화 패턴을 분석하였다. 데이터의 집계 단위는 동 단위로 분석하였으며, 동 단위로 구축된 인구정보를 이용하여 분포를 나타내는 일반적 단계구분도는 인구의 집중지역을 판단하기 어려우므로 Getis-Ord  $G_i^*$  기법을 적용하여 인구의 군집 변화를 분석하였다.

공간적 군집성 분석은 공간 객체 간의 속성값 유사도 행렬에 공간적 가중치 행렬을 곱하여 계산되므로 가중치의 설정은 매우 중요하다. 본 연구에서는 공간적 인접성 정도를 적용하기 위하여 시기별로 개체가 영향을 미치는 세력권 (sphere of influence)을 가중치 구간으로 선정하였다. 세력권을 가중치로 설정하는 방법은 경계의 크기가 다양한 폴리곤(polygon) 형식이면서 작은 크기의 폴리곤은 중심부에 있고 크기가 큰 폴리곤은 외곽에 있는 형태의 데이터에 유용한 방법이다(Kim, 2012). 세력권 가중치 방법은 개체로부터 영향력을 미치는 특정한 거리(fixed distance band)를 세력권으로 계산하고 영향권 안에 있는 개체들에 대해서는 같은 가중치를 부여하는 방식으로, Ripley가 개발한 K 함수를 적용하여 영향력을 측정하였다. K 함

수는 거리의 증가에 따라 거리 내에 존재하는 개체들의 분포패턴을 분석하는 것으로 관측된 값(KO)과 기대되는 값(KE)의 차이가 가장 큰 피크 지점이 최대의 군집을 나타낸다. 본 연구에서는 피크 지점을 가중치의 세력권 영향범위로 사용하였다.

둘째, 교통 중심성 변화 분석은 교통 흐름을 파악하여 활동 인구에 의한 상대적 도시 비중의 변화 추이를 도출하기 위한 분석이다. 중심성 측정은 정적인 측면과 동적인 측면에 따라 Davies(1967)의 입지계수에 의한 기능 지수법과 Freeman(1979)의 OD 행렬을 이용한 중심성 측정 방법이 있다. 이중 본 연구에서는 적용한 Freeman의 중심성 도출 방법은 교통 OD 자료가 주로 활용되며, SNA 기법을 적용하여 분석한다. SNA 기법을 적용하여서 한 지역을 중심으로 다른 지역의 연결 중심성, 위세 중심성, 사이 중심성 등의 개념을 적용할 수 있다(LH, 2018). 데이터는 2005년부터 2015년까지 10년 단위 통근·통학 교통 OD를 이용하여 지역의 연결성 및 중심성 변화를 분석하였다. 지역의 연결 정도를 나타내는 연결 중심성과 자신의 연결 정도 중심성과 자신과 연결된 노드의 중심성을 합해서 결정되는 위세 중심성을 이용하여 영향력이 있는 중심지역의 시계열적 변화를 분석하였다.

전체적인 데이터는 기준년인 2005년과 2015년을 중심으로 수집·구축하였으며, 데이터 제공 및 구축 가능성을 고려하여 각 최소한의 단위로 집계 단위를 설정하여 데이터를 구축하였다. Getis-Ord  $G_i^*$  방법은 ArcGIS 10.7 소프트웨어를 이용하였으며, SNA 기법은 NetMiner 4 소프트웨어를 활용하여 구현하였다.

## 분석결과

### 1. 인구 군집 변화 분석 결과

대상 지역은 범위 설정 및 대상지 현황에서 설명한 바와 같이 지속적으로 행정구역이 확장되면서 변화하였다. 그림 1 및 표 1에서 대상지

의 동측과 서측에 각각 위치하고 기장권과 강서권이 순차적으로 편입되면서 1995년을 기준으로 지금의 경계가 확정되었다. 따라서 1995년 기점으로 원 도시지역은 도시적 성격, 편입된 지역은 농촌적 특성이 있었으며 인구도 원 도시 지역에 많이 집중되어 있었다. 하지만 동 단위로 구축된 인구 데이터는 행정구역의 크기에 따른 집계 단위의 크기 차이로 인하여 인구의 집중 및 감소 지역을 파악하기 힘들다.

이에 Getis-Ord  $G_i^*$  기법을 적용하여 많은 인구 또는 적은 인구의 공간적 군집지역을 파악하고, 시계열적으로 분석함으로써 인구 군집지역을 분석하였다. 공간적 군집성을 분석하는 과정에서 인접 지역에 대한 가중치는 세력권 가중치를 적용하였으며, 세력권은 K 함수를 이용하여 관측값과 기댓값의 차이가 가장 크게 발생하는 피크 지점을 세력권의 영향범위로 설정하였다.

세력권의 영향범위를 적용하여 인구의 공간적 군집 분석을 수행한 결과는 아래 그림 2와 같다. 분석 방법인 Getis-Ord  $G_i^*$  방법의 결과는 많은 인구가 모여 있는 핫 스팟(Hot Spot)과 적은 인구가 모여 있는 콜드 스팟(Cold Spot)으로 해석할 수 있다. 대상지의 경우 현재의 행정 경계가 완성된 1995년은 전체적인 인구의

균형적인 분포가 측정되었다(Kim, 2012). 이후 도시 외곽으로 인구가 이동하기 시작하면서 2005년은 대상지 동측에 위치한 해운대구를 중심으로 한 동부권에서 높은 인구의 군집인 핫 스팟이 나타났으며, 원도심권은 낮은 인구의 군집인 콜드 스팟이 나타나며 동서 간의 불균형이 관측되었다. 2015년은 이러한 현상이 가속화되면서 인구 집중 지역인 핫 스팟은 북측에 위치한 지역(동래권, 동부권, 기장권)으로 더욱 확장되었다. 인구 감소 지역인 콜드 스팟은 남측에 위치한 지역(원도심권, 강동권)으로 확장되면서, 동서 간 뿐만 아니라 남북 간 불균형 현상까지 나타났다. 따라서 어느 한쪽으로 인구집중보다는 연구 대상지 전역의 균형 있는 인구분포와 원도심 공동화 방지를 위한 정책적·계획적 접근이 필요하다.

## 2. 교통 중심성 변화 분석 결과

교통 중심성 변화 분석은 하나의 구를 결절(node)로 설정하고 지역들 사이의 거리 및 관계의 강도 등을 측정, 가장 타당성 있는 군집을 식별할 수 있는 SNA 기법을 적용하였다. SNA 기법 중에서 본 연구에서는 연결 중심성과 위세 중심성을 측정함으로써 중심성 변화 추이를 분석하였다. 연결 중심성에서 유입 연결 중심성은

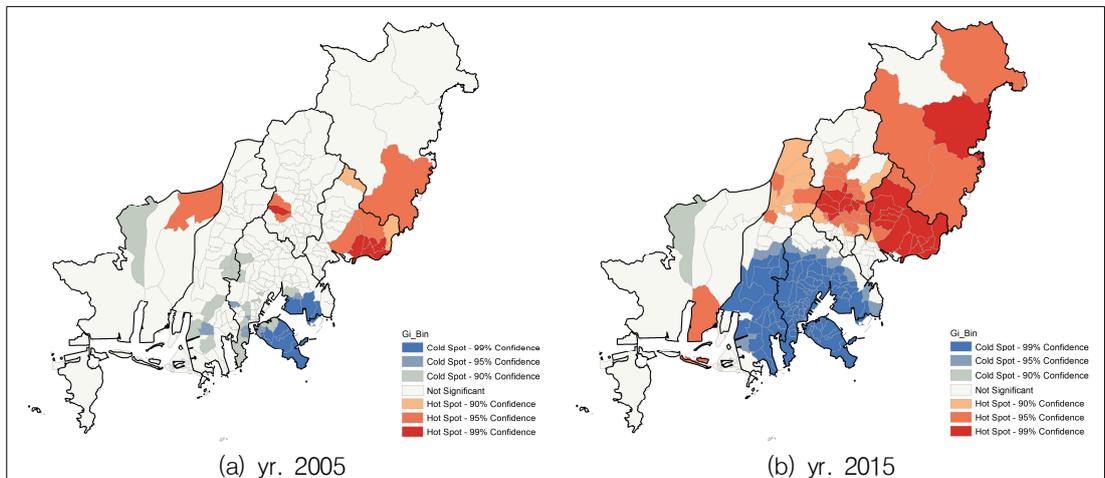


FIGURE 2. Results of population cluster change analysis : 2005–2015

외부 지역에서 해당 지역으로 많이 유입되는 현상을, 유출 연결 중심성은 해당 지역에서 다양한 지역으로 많이 유출되는 활동성을 측정할 수 있다. 위세 중심성은 활동 인구의 증가로 상대적 도시 비중을 예측하는 데 의미 있는 지수로, 지역의 연결 중심성과 해당 지역과 영향 관계에 있는 지역의 영향력을 합산하여 결정된다.

데이터는 2005년과 2015년의 부산광역시 시군구별 통근통학 데이터를 사용하여 연결 정도를 기반으로 한 지역별 연결의 변화추이를 분석하였다. 중심성 변화는 쇠퇴-성장이 아닌 상대적 도시 비중을 예측하는 데 의미 있는 지수이며, SNA 기법을 이용하여 중심성 변화추이 분석을 한 결과는 그림 3 및 표 2과 같다.

그림 3은 연결 중심성 분석 결과를 GIS로 표현된 지도와 중첩하여 나타낸 결과로 2005년 기존 도시의 도심인 원도심권을 중심으로 구축되었던 연결성이 2015년 강서권과 기장권으로 확대되면서 지역 전체로 확산하는 것을 확인할 수 있다. 수치로 나타낸 연결 중심성(표 2 참조)에서 대상지로 유입되는 지역은 출근 시간 산업이나 업무, 퇴근 시간 주거의 중심지역이 많으며, 이를 나타내는 유입 연결 중심성은 부

산의 도심인 부산진구가 가장 높게 나타났으며, 사상구와 남구가 다음으로 높게 나타났다. 하지만 구도심권인 부산진구와 남구의 유입 연결 중심성은 지속해서 감소하게 나타났으며, 도시의 외곽에 있는 기장군과 해운대구, 강서구의 값은 증가하였다. 반면 대상지에서 유출되는 지역은 출근 시간 거주, 퇴근 시간 산업이나 업무의 중심지역이 많으며, 이를 나타내는 유출 연결 중심성은 부산진구, 동래구, 남구가 높게 나타났다. 하지만 원도심권의 값은 전체적으로 감소하는 것으로 나타났고, 유입과 유사하게 기장군의 값은 증가하였다. 이러한 결과는 지역 전체에 대하여 균등하게 중심성이 분배되고 있는 것으로 분석된다.

교통량의 증가로 상대적 도시 비중의 가중치가 반영되어 지역의 영향력을 나타내는 위세 중심성을 살펴보면, 대상지의 중심지였던 원도심권과 동래권의 위세 중심성은 모두 감소하는 것으로 나타났다. 특히 도심인 부산진구의 위세 중심성 값은 여전히 최고 높은 것으로 나타났지만, 2005년 대비 2015에 감소하는 것으로 나타났다. 강서구(0.12)와 기장군(0.05) 순으로 증가 폭이 크게 나타났다. 강동권의 3개 구 역

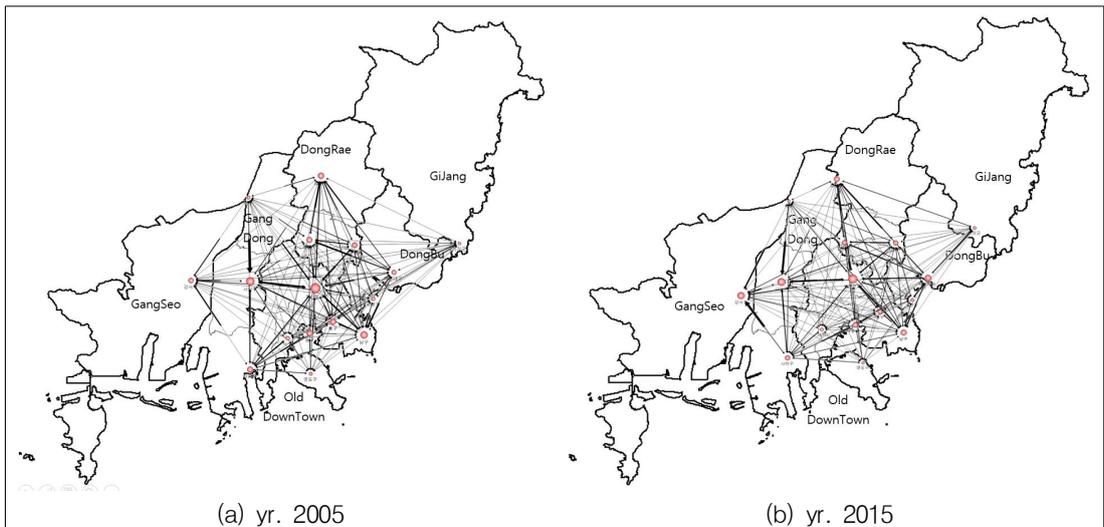


FIGURE 3. Results of traffic centrality change analysis : 2000-2015

TABLE 2. Result of SNA : degree centrality / eigenvector centrality

Territory (6)	Gu-Gun (16)		Degree Centrality				Eigenvector Centrality	
			In-Degree		Out-Degree		2005 2015	
			2005	2015	2005	2015		
GiJang	1	GiJang-Gun	885	1,653	625	1,418	0.05	0.10
DongBu	2	HaeUnDae-Gu	2,701	4,022	6,214	5,931	0.31	0.31
	3	SuYeong-Gu	1,746	1,699	3,412	3,335	0.19	0.19
DongRae	4	GeumJeong-Gu	4,013	3,732	3,332	3,175	0.24	0.23
	5	DongRae-Gu	3,539	3,061	4,691	4,726	0.28	0.27
	6	YeonJe-Gu	3,204	3,274	4,136	3,809	0.25	0.24
Old DownTown	7	BusanJin-Gu	7,506	6,154	5,981	5,803	0.42	0.40
	8	Seo-Gu	2,132	1,879	2,447	1,953	0.13	0.12
	9	Dong-Gu	3,649	2,951	1,671	1,548	0.20	0.17
	10	Nam-Gu	5,160	3,997	4,536	4,410	0.32	0.28
	11	Jung-Gu	3,964	3,387	731	733	0.18	0.17
GangDong	12	YeongDo-Gu	1,381	1,366	2,184	1,747	0.11	0.10
	13	Buk-Gu	1,425	1,363	5,066	4,756	0.28	0.29
	14	SaSang-Gu	5,966	5,373	4,015	3,397	0.34	0.35
GangSeo	15	Saha-Gu	3,835	3,227	4,724	4,563	0.24	0.26
	16	GangSeo-Gu	2,980	4,885	324	720	0.16	0.28

시 모두 증가 하는 것으로 나타났다. 반면 동부 권은 유지되는 것으로 분석되었다. 두 분석 모두에서 도심의 중심성은 지속해서 감소하고 있으며, 외곽지역으로 중심성이 확산하는 것으로 나타났다. 특히, 중심성이 외곽으로 이동되는 변화 추이를 고려하였을 때, 대상지의 외곽에 있는 강동권과 강서권, 기장권을 중심으로 한 대응 계획이 요구된다.

## 결 론

지속 가능한 도시성장을 위해서는 도시공간구조에 대한 이해 및 공간구조에 영향을 미치는 요인과 변화 패턴을 파악해야 한다. 하지만, 도시공간구조는 개별적 요인들의 공간적 패턴과 활동들이 연계된 공간구성 메커니즘을 바탕으로 하는 하나의 시스템이기 때문에, 많은 학자가 공간구조 요소들의 패턴 변화 분석과 함께 요소들의 분석 결과를 연계하여 살펴볼 필요가 있음을 주장하였다. 본 연구는 도시의 균형발전을 위한 공간구조의 진단이라는 연구목적을 위하여 인구, 교통 분야에 대하여 접근하였으며, 분야별 분석 결과는 최종적으로 연계하여 살펴보았다.

인구는 시계열별 인구변화 데이터를 공간통계 기법에 적용함으로써 인구 군집의 변화를 분석하였다. 분석 결과 2005년에 대상지 동쪽에 있는 해운대구를 중심으로 한 동부권에서는 높은 인구의 군집 현상 나타났으며, 원도심권은 도심 공동화 현상인 낮은 인구의 군집 현상이 나타났다. 이러한 불균형 현상은 2015년에 더욱 확장되며 지역 불균형 현상이 심화되고 있었다. 교통은 최근 교통량 흐름 및 중심지역의 변화 추이를 분석하였다. 분석 결과 2005년 원 도심지역을 중심으로 구축되었던 연결성이 2015년에는 동부권과 강서권, 기장권까지 확산되었다. 대상 지역으로 유입되는 유입 연결 중심성은 상업지역이 집중한 원도심 지역은 높고 외곽은 낮게 나타났으나 시간의 흐름에 따라 원도심권의 수치는 감소하고, 외곽의 기장권과 강서권은 증가하게 나타났다. 반면 대상에서 유출되는 유출 연결 중심성은 거주지역과 사업지역이 집중한 지역이 높게 나타났으며, 시간의 흐름에 따른 변화는 유출 연결 중심성과 유사하게 나타났다. 지역의 영향력을 나타내는 위세 중심성 분석 결과 원도심권과 동래권의 위세 중심성은 모두 감소하는 것으로 나타났다. 두 분석 모두에서 도

시중심에 있는 원도심권의 중심성은 지속해서 감소하고, 외곽에 있는 강서권과 기장권은 지속해서 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 공간구조 변화를 종합적으로 연계하여 6개 대상권역을 중심으로 도시균형발전 차원에서 살펴보면, 기장권은 새로운 중심지로서 변화되고 있으므로 계획적인 개발이 필요하며 동부권은 인구집중 지역이 증가하고 있지만, 중심지로의 성장은 정체되므로 기반시설 및 주거지역 확대 등 도시관리가 필요할 것이다. 동래권은 기존 도시지역으로 인구집중지역은 소폭 증가하지만 다른 요소의 변화는 없는 정체 지역으로 노후와 방지를 위한 도시관리가 필요하며, 원도심권은 인구와 중심성이 모두 감소하므로 도심의 구심력 회복을 통한 원도심 기능재편을 위한 계획이 필요할 것이다. 강동권은 인구는 감소하지만, 중심성은 유지되고 있는 공간 패턴을 보이고 있으므로 산업재편성을 통한 중심성 확대 및 쇠퇴 방지를 위한 도시관리가 필요하며, 강서권은 새로운 중심지로 변화되고 있으므로, 미개발지의 난개발 방지 및 새로운 도시중심으로의 역할을 수행하기 위한 계획적 개발이 필요할 것이다.

추가로 본 연구에서는 공간적 성격을 대표하는 두 개의 요소에 대하여 심도 있게 접근하였지만, 토지이용, 경제, 복지와 인구가동 등 다양한 사회경제적 요인들에 대한 접근과 장기적인 시계열 데이터를 바탕으로 한 연구가 깊이 있게 이루어진다면 보다 지속 가능한 도시성장을 위한 보다 효율적인 정책자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

## REFERENCES

- Aburas, M.M., Ho, Y.M., Ramli, M.F. and Z.H. Ashaari. 2017. Improving the capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an analytical hierarchy process and frequency ratio. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 59:65-78.
- Berberoglu, S., Akın, A. and K.C. Clarke. 2016. Cellular automata modeling approaches to forecast urban growth for Adana, Turkey: A comparative approach. *Landscape and Urban Plan* 153:11-27.
- Chae, M.O. 1997. Spatial distribution of land prices and its determinants in Seoul. Ph.D. Thesis, Univ. of Seoul, Seoul, Korea (채미옥. 1997. 서울시 지가의 공간적 분포특성과 지가결정요인에 관한 연구. 서울시립대학교 박사학위 논문).
- Cho, M.H. and C.H. Yim. 2001. A Analysis on spatial structure in Seoul metropolitan area. *Journal of the Korean Planners Association* 36(7):183-195 (조명호, 임창호. 2001. 수도권 도시공간구조의 분석. 국토계획 36(7):183-195).
- Clarke, K.C., Hoppen, S. and L. Gaydos. 1997. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning B* 24(2):247-261.
- Davies, W.K.D. 1967. Centrality and the central place hierarchy. *Urban studies* 4: 61-79.
- Freeman, A.M. 1979. The benefits of environmental improvement. Washington: Resource for the Future.
- Getis, A. and A. Ord. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics, *Geographical Analysis*, 24(3): 189-206.
- Guan, C.H. and P.G. Rowe. 2016. Should big cities grow? Scenario-based cellular automata urban growth modeling and

Aburas, M.M., Ho, Y.M., Ramli, M.F. and Z.H. Ashaari. 2017. Improving the capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an analytical hierarchy process and frequency ratio.

- policy applications. *Journal of Urban Management* 5(2):65-78.
- Guan, G., Wang, L. and K.C. Clark. 2005. An artificial-neural-network-based, constrained CA model for simulating urban growth. *Cartography and Geographic* 32(4):369-380.
- Ha, C.H. 2005. A study on urban structure with autocorrelation analysis in Masan and Changwon. Ph.D. Thesis, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea. (하창현. 2005. 공간적 자기상관분석을 이용한 연담도시권의 공간구조분석에 관한 연구. 경상대학교 대학원 박사학위논문).
- Ha, S.K., Kim, J.I., and M.J. Jeon. 1995. The patterns of urban spatial structural changes -The case of Seoul metropolitan areas. *Journal of Korea Planning Association* 30(5):141-152 (하성규, 김재익, 전명진. 1995. 대도시공간구조 변화패턴에 관한 연구 -서울시를 중심으로. 국토계획 30(5):141-152).
- Jeon, M.J. 1995. Is Seoul really polycentric?. *Journal of the Korean Planners Association* 30(4):285-294 (전명진. 1995. 다핵밀도경사모형을 이용한 서울대도시권의 도시공간구조분석. 국토계획 30(4):285-294).
- Jeong, Y.Y. and T.H. Moon. 2014. Analysis of Seoul urban spatial structure using pedestrian flow data-comparative study with '2030 Seoul Plan'. *Journal of The Korea Regional Development Association* 26(3):139-158 (정윤영, 문태현. 2014. 유동인구 자료를 이용한 서울시 도시공간구조 분석 연구 - '2030 서울플랜' 과 비교연구. 한국지역개발학회지 26(3):139-158).
- Kim, H.C. and K.H. Ahn. 2012. The relation of population, jobs, social capitals and centrality in Seoul Metropolitan Area, using Social Network Theory. *The Korea Spatial Planning Review* 59:105-122 (김희철, 안건혁. 2012. 연결망 이론으로 본 인구, 고용, 사회적 자본과 서울 대도시권 중심성 사이의 관계. 국토연구 59:105-122).
- Kim, H.K., Y.E. Shin, T.K. Baek, G.C. Kang, H.S. Jeng, J.H. Oh and S.J. Yeo. 2007. The study on the downtown spatial functional analysis and downtown classification using GIS. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 10(4):75-86 (김홍관, 신용은, 백태경, 강기철, 정희수, 오주현, 여성준. 2007. GIS를 활용한 도심 공간기능분석과 유형화에 관한 연구. 한국지리정보학회지 10(4):75-86).
- Kim, H.Y. 2012. Analysis of change in the population distribution based on spatial relationship using the 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. and E.S. Bae. 2020. An analysis of the spatial structure changes according to the reorganization of metropolitan city using population potential : focused on Busan metropolitan city. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 23(2):83-94 (김호용, 배은솔. 2020. 인구잠재력을 이용한 광역도시 개편에 따른 공간구조변화 분석 : 부산광역시를 중심으로. 한국지리정보학회지 23(2):83-94).
- Kim, H.Y., Kim, J.S. 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. 도심

- 경계설정을 위한 공간통계학적 접근. 한국지리정보학회지 15(4):42-54).
- Kim, S.S., An, S.H., Shin, Y.C. and H.T. Kim. 2008. Analysis of central place hierarchy change in Daejeon metropolitan city. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 11(3): 23-33 (김상수, 안상현, 신영철, 김홍태. 2008. 대전광역시 중심시 위계 변화 분석. 한국지리정보학회지 11(3):23-33).
- Kim, Y., Ha, C.H. and J.G. Ahn. 2004. A Comparative study on urban structure with autocorrelation and interaction analysis in Masan and Changwon. Journal of the Korean Planners Association 39(6):7-22 (김영, 하창현, 안정근. 2004. 공간적 자기상관분석을 이용한 지방연담도시의 도시공간구조 비교분석 및 상호작용분석. 국토계획 39(6):7-22).
- Kim, Y.H. 2011. Social Network Analysis. Parkyoungsa, Seoul, pp.39-44 (김용학. 2011. 사회연결망분석 39-44쪽. 박영사, 서울).
- Korea Land and Housing Corporation. 2018. Analysis of characteristics of linked type local cities for mutual prosperity. Land and Housing Institute, Daejeon, Korea, pp.103-105 (토지구택연구원. 2018. 지역상생을 위한 지방중소도시 연계유형별 특성분석. pp.103-105).
- Lee, J.S. 2008. The establishment of spatial structure and its change in the capital region by using interaction analysis : 1995-2005. Journal of the Korean Urban Geographical Society 11(3):91-100 (이종상. 2008. 상호작용 분석을 통한 수도권 공간구조의 변화 1980-2000년. 한국도시지리학회지 11(3):91-100).
- Nam, K.W., Kang I.J. and D.H. Im. 2009. Variability in the effective spatial range of the population centripetal force of CBD. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 12(2): 120-131 (남광우, 강인주, 임두현. 2009. 도심 인구구심력의 유효범위 변동성 측정. 한국지리정보학회지 12(2):120-131).
- Seo, K.M., Kim, H.Y., Lee, S.H. and T.H. Kwon. 2014. Analysis on characteristics of spatial structure related with urban planning : Using Spatial Statistical Method. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 17(2):1-14 (서경민, 김호용, 이성호, 권태호. 2014. 도시계획과 연계한 공간구조의 변화 특성 분석 : 공간통계기법을 이용하여. 한국지리정보학회지 17(2):1-14).
- Statistic Korea : national indicator system. www.index.go.kr. (Accessed march 12, 2020).
- Wheeler, S.M., Tomuta, M., Haden, V.R. and L.E. Jackson. 2013. The impacts of alternative patterns of urbanization on greenhouse gas emissions in an agricultural county. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability 6:213-235. **KAGIS**