

# 서울시 유동인구 분포의 공간 패턴과 토지이용 특성에 관한 지리가중 회귀분석

## Geographically Weighted Regression on the Characteristics of Land Use and Spatial Patterns of Floating Population in Seoul City

윤정미\* · 최돈정\*\*

Yun, Jeong Mi · Choi, Don Jeong

### 요 旨

본 연구의 핵심적인 목적은 유동인구 분포의 공간 패턴의 영향요인 분석을 위한 공간회귀모형 적용의 효용성을 검토하는 것이다. 이를 위해 서울시 유동인구 조사 자료를 활용하여 조사지점별 유동인구의 전역적, 국지적 공간 자기상관 측정을 실시하였다. 그 결과 분석에 적용된 공간자기상관 측도인 Moran's I, Getis-Ord-Gi\* 그리고 Local Moran's I 모두에서 통계적으로 유의한 수준의 공간적 유사성과 이질성이 발견되었다. 이를 근거로 유동인구분포와 토지이용 특성과의 관계를 파악하기 위한 통계적 모형으로 공간회귀모형인 지리가중회귀모형(GWR : Geographically Weighted Regression, 이하 GWR)을 채택하였다. 모형의 설명변수로써 서울시 전체에 대한 400m\*400m 격자망기 반에 토지이용혼합도, 주거 밀도, 상업밀도, 녹지 밀도와, 추가적으로 각 격자별 버스노선밀도, 교차로 밀도, 교통 결절점 접근성, 평균 도로폭, 평균 보도넓이를 산출 및 집계 하였다. 동일한 방식으로 격자망에 집계된 유동인구 정보와 토지이용 및 교통 특성과의 GWR모형 결과를 Ordinary Least Square(OLS) 분석 결과와 비교한 결과 GWR 모형의 주요 통계량 수치에서 개선된 결과를 도출하였다. 또한 구획된 격자망의 각 셀별로 도출된 GWR모형의 추론 결과를 검토한 결과 적용된 설명변수의 유동인구 분포에 대한 효과가 국지적으로 변동하는 양상을 파악할 수 있었다.

핵심어 : 세분류 토지피복도, 인구유동, 지리가중 회귀분석

### Abstract

The key objective of this research is to review the effectiveness of spatial regression to identify the influencing factors of spatial distribution patterns of floating population. To this end, global and local spatial autocorrelation test were performed using seoul floating population survey(2014) data. The result of Moran's I and Getis-Ord Gi\* as used in the analysis derived spatial heterogeneity and spatial similarities of floating population patterns in a statistically significant range. Accordingly, Geographically Weighted Regression was applied to identify the relationship between land use attributes and population floating. Urbanization area, green tract of land of micro land cover data were aggregated in to 400m\*400m grid boundary of Seoul. Additionally public transportation variables such as intersection density transit accessibility, road density and pedestrian passage density were adopted as transit environmental factors. As a result, the GWR model derived more improved results than Ordinary Least Square(OLS) regression model. Furthermore, the spatial variation of applied local effect of independent variables for the floating population distributions.

Keywords : Micro Land Cover, Population Flow, Geographically Weighted Regression

## 1. 서 론

최근 들어 다양한 사회적 정보를 포함하는 미시적인 자료의 생산이 다양한 주체에 의해 활발하게 생산되고

있다. 이러한 자료의 활용은 우선적으로 보다 작은 공간상에서 벌어지는 현상에 대한 인과관계를 밝히는 데에 유용하게 쓰일 수 있다. 이러한 과정을 통해 그동안 누락되었거나 자료의 부재로 인해 시도조차 할 수 없었

Received: 2015.08.21, accepted: 2015.09.14

\* 교신저자 · 정회원 · 충남연구원 농촌농업연구부 연구위원(Corresponding author, Member, Senior researcher, Dept. of Rural & Agricultural Research, Chung Nam Institute, [mscoco@hanmail.net](mailto:mscoco@hanmail.net))

\*\* 충남연구원 농촌농업연구부 연구원(Researcher, Dept. of Rural & Agricultural Research, Chung Nam Institute, [choidongjeong@gmail.com](mailto:choidongjeong@gmail.com))

던 새로운 2차 정보의 생산도 가능하다. 또한 연관이 없을 것 같았던 이종 학제간의 융합연구를 위한 좋은 동기를 제공하기도 한다. 특히 도시환경과 도시민의 건강 관련 삶의 질에 대한 연관성을 탐구하는 분야에서 유동인구자료는 검증자료로서 상당히 중요하게 활용되고 있다. 보행이 인간의 가장 기본적인 신체활동이고 보행여건이 잘 갖추어진 환경 하에서 신체활동을 통한 건강 관련 삶의 질 또한 높아질 가능성이 높다는 이유 때문이다 (Choi and Suh, 2014). 실제 국내에서도 다양한 연구자들에 의해 유동인구 자료를 활용한 탐색적(exploratory) 연구 프레임과 실증적(empirical)인 연구결과들이 제시되고 있다. Lee et al.,(2014)는 서울시를 5개 권역으로 구분하여 유동인구 조사 자료를 기반으로 한 보행특성을 분석하고 다중회귀 모형기반의 영향요인 분석을 수행하였다. Jeong and Moon(2014)의 경우 서울시에 유동인구 자료를 기반으로 도시공간구조를 분석하여 ‘2030 서울 플랜’ 상의 계획과의 맥락을 검토하였다. Choi et al.,(2014)의 경우 Network Analysis 기반 Social Path를 반영하여 보행접근성을 분석하였다. 한편 보행이 이루어지는 공간을 특정한 연구도 다수 진행되었다. Lee et al.,(2015)는 5가지 가로의 유형별 물리적 특성과 보행량 간의 연관성을 파악하는 데에 유동인구 조사 자료를 활용하였다. Kim et al.,(2014)는 공간범위를 상업가로로 특정하여 space syntax기반의 보행밀도와 물리적 특성과의 연관성을 분석하였다. Lee and Jung (2014)는 유동인구가 업종별 점포입지에 미치는 영향에 대한 다중회귀 기반의 연구를 수행하였으며 시간대별 유동인구의 소비패턴이 점포입지에 영향을 미침을 제시하였다. Lim et al.,(2014)의 경우 공개공지의 물리적 요인과 이용자의 활동유형에 관한 연구를 수행하였고, Choi et al.,(2015)는 중심상업지역 근린공원의 공간적 입지특성과 이용행태를 분석하였다. Kim et al., (2014)는 전술한 연구들과 달리 부산광역시 해운대 신시가지를 대상으로 대규모 주거단지의 보행공간 선호도를 분석하였다. 특히 해당연구는 유동인구의 특성이 아니라 개별 보행자의 보행공간에 대한 만족도를 대상으로 한다는 것이 특이할 만 하다. 해외의 경우 국내에 비해 유동인구나 보행환경과 연관된 연구가 상대적으로 오랫동안 다양한 분야에서 진행되어 왔다. Dunton et al.,(2014)는 커뮤니티 디자인 요소나 녹지의 분포가 아동계층의 신체활동에 미치는 영향이 존재함을 GPS를 활용한 실증적 분석을 수행하였다. 또한 Coffee et al.,(2013)은 보행성 지수(walkability index)가 높을수록 도시생활에 따른 복합적리스크(cardiometabolic risk)가 줄어든다는 연구결과를 제시하였다. Neutens et

al.,(2013)의 경우 커뮤니티의 보행성 지수와 도시의 다양한 목적지까지의 접근성이 도시민의 신체활동에 영향을 미침을 제시하였다. Oyeyemi et al.,(2013)의 경우 근린수준의 보행성 지수를 평가하여 실질적인 정책 활용의 근거자료로써의 효용성을 제시하였다. 이러한 연구들은 연구의 대표적인 지표로서 ‘보행성 지수(walkability index)’를 활용하고 있는데 이는 Frank et al.,(2010)의 연구가 가장 대표적이다. 해당연구는 토지이용 혼합성 지수(land use mix index), 도로 연결성(street connectivity), 상점밀도(retail density), 주거지 밀도(housing density)의 표준화 점수(z-score)의 엔트로피 함수로써 산출된 형태의 보행성 지수를 제시하였다. 또한 해당 연구에서 제시된 보행성 지수는 국내의 보행성 연구에서 일반적으로 적용되는 보행성 지표 중 가장 대표적인 것이기도 하다. 한편 보행성과 유동인구의 특성 및 환경 평가를 위해 위성영상의 활용 및 컴퓨팅 기법의 활용 또한 활발하게 이루어지고 있다. Lwin and Murayama(2011)의 경우 고해상도 위성자료를 활용하여 도시녹지와 보행성지표를 평가하는 자동화 프로그램을 개발하였다. Li and Weng (2007)의 경우 Landsat ETM 자료 기반의 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 산출하여 도시환경의 평가를 통해 인구밀도나 교육환경을 포함한 삶의 질 수준과의 연관성을 제시하였다. 이상의 연구들은 보편적으로 유동인구의 특성이 결국 도시의 환경적 측면을 통해 결정됨을 제시하고 있다. 또한 이러한 연구의 결과는 자동차 위주의 개발로 인해 열악한 보행특성을 가지는 우리나라의 상황에 보행환경 개선을 위한 중요한 정보들을 제공해줄 수 있다. 그러나 연구의 방법론적인 측면에서 볼 때 유동인구 특성과 영향요인을 분석한 기존의 연구들은 유동인구의 패턴이 가지는 공간적인 특성을 충분히 고려하지 못하고 있다. 기본적으로 유동인구 패턴은 ‘특별한 목적을 가진 보행활동의 집합’이 가지는 정보를 포함한다고 할 수 있다. 이를 통해 유동인구 패턴이 공간적으로 군집한다면 그렇게 만드는 보행의 목적 또한 공간적으로 군집할 가능성이 크다. 이 경우 유동인구 패턴에 영향을 주는 통계적 모형의 설정 시 공간적 영향관계를 고려한 회귀모형의 적용이 필수적으로 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 서울시 1,000개 지점의 유동인구 조사 자료에 대해 평일오전, 평일오후, 주말로 구분하여 공간자기상관(spatial Autocorrelation) 측정을 실시하고 그 결과를 근거로 하여 토지이용 및 교통환경 변수와의 연관성을 파악하기 위한 통계분석 시 공간회귀모형의 효용성을 검토해 보고자 하였다.

## 2. 자료구축 및 분석방법

### 2.1 자료의 구축

본 연구의 공간적 범위는 현재 2014년을 기준년도로 제공하고 있는 1,000개의 유동인구 조사지점이다. 이와 병행하여 토지피복 및 교통 환경 변수의 산출을 위해 서울시를 400m×400m 격자망으로 재구성 하였다(Fig.

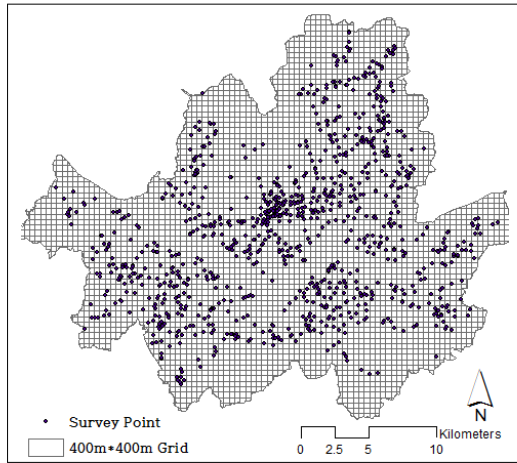


Figure 1. Study area

Table 1. Data collection

Data	source
Population Flow Survey	http://data.seoul.go.kr/
Bus Stop Information	
Intersection Information	
Micro Land Cover	https://egis.me.go.kr/
Building Information	http://sgis.kostat.go.kr/

1). 총 4029의 격자가 생성되었지만 실제 조사지점이 포함된 766개의 격자가 본 연구의 실질적인 분석 대상으로 활용되었다. 격자망의 크기를 400m×400m로 구성한 이유는 보행권의 물리적 범위를 400m로 정의하는 Perry(1929)의 근린주구이론과, 휴먼스케일에 초점을 맞추고 있는 TND(Traditional Neighborhood Development) 에서도 보행 가능권역의 물리적 범위를 400m로 설정하고 있기 때문이다(Lee et al., 2015). 분석에 활용된 주요 자료는 출처를 기준으로 하면 크게 서울시제공정보, 통계청 SGIS공간통계서비스, 환경부 환경공간정보 서비스 이며 모든 자료는 2014년을 기준으로 구축되었다(Table 1).

우선적으로 서울시에서 제공하고 있는 1,000여 개의 유동인구 조사지점을 평균 도로 폭과 보행로 폭원을 포

Table 2. Concept of analysis variables

Variables	Definition	Reference	
Daily Mean Floating Population	Dependent Variable	Lee et al.(2014)	
Land Use Mix	Diversity of Land Use Purpose in Grid Area $Entropy\ Index = - \sum_{i=1}^n [(\frac{P_{ij}}{P_j}) \ln(\frac{P_{ij}}{P_j})] / \ln(n)$ n: Number of land-use clusters, P <sub>ij</sub> : Number of property assessment units i in zone j P <sub>j</sub> : Sum of property assessment units 1 to n in zone j, Entropy Index varies between 0 and 1 where 0 = Maximum specialization, 1 = Maximum diversification	Frank et al.,(2007), Kang(2013)	
Retail Density	Commercial Building Floor Area/ Commercial Land Area in Grid Area	Kim et al.,(2015) Frank et al.,(2007) Lee et al.,(2014)	
Household Density	Residential Building Floor Area/ Residential Land Area in Grid Area	Frank et al.,(2007)	
Greenness	Ratio of Green & Waterfront Area/Grid Area	Lwin and Murayama(2011)	
Transportation Environment	Intersection Density	Count of Intersection and Hump in Grid Area	Choi and Suh(2014)
	Bus Stop Accessibility	Mean Distance to the Closest Bus Stop Form Every Survey Point in Grid Area	
	Road Density	Mean Width of Road Area in Grid Area	
	Pedestrian Passage Density	Mean Width of Pedestrian Passage Area in Grid Area	

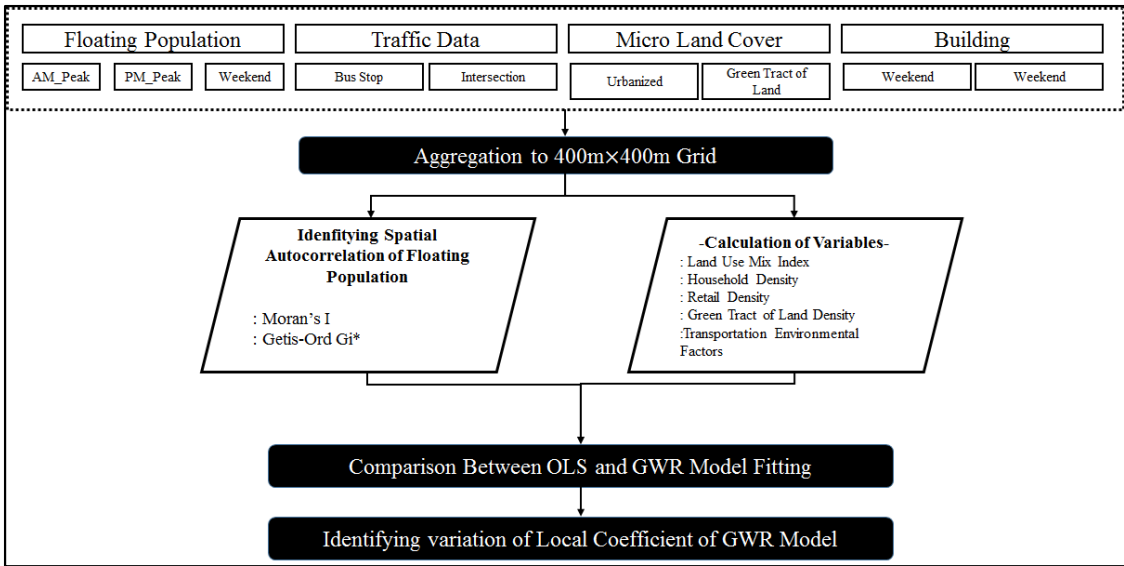


Figure 2. Study walk flow

함하여 geocoding하였고, 지점당 평일 오전과 오후, 주말 평균 유동인구를 속성화 하였다. 이와 병행하여 험프(hump)를 포함한 교차로 41,618 개소와, Open API를 활용하여 38,204개소의 버스 정류소의 위치 및 노선수를 공간정보화 하였다. 세분류 토지피복도의 경우 시가화 건조지역과 녹지, 하천정보를 추출하여 분석에 활용하였다. 토지피복도의 경우 일반인 보행환경 평가를 수행한 연구가 1:25,000 스케일의 중분류 자료를 활용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 구획된 격자망의 크기와 세부적인 토지이용의 공간적 분화를 고려하기 위해 1:5,000기반의 세분류 토지피복 자료를 활용하였다. 건물자료의 경우 용도별 코드를 활용하여 주거용과 상업용 건물정보를 추출하였고 이를 통해 격자망안의 주거 및 상업용지 대비 실제 건축물의 용도를 활용한 밀도를 산출하였다. 모든 자료는 최종적으로 구획된 400m×400m의 격자망에 위치를 기반으로 집계하여 분석에 활용하였다. 최종적으로 연구에 활용된 주요 변수는 Table 2에 정리 하였다. 또한 방법론적 검토를 주요 목적으로 하는 본 연구의 특성 상 모든 변수는 전술한 유동인구 및 보행관련 문헌고찰을 통해 선정하였다. 본 연구에서 수행하게 되는 분석과정은 다음과 같다.

첫째, 시간대별 유동인구의 공간 자기상관 유무를 파악하기 위해 전역적 자기상관 지수인 Moran's I Index를 산출한다. 둘째, 동일한 변수에 대해 국지적 공간자기상관 지수인 Getis-Ord Gi\* 분석을 통해 유동인구 패턴의 국지적 군집지역을 파악한다. 셋째, 적용된 환경변수들과의 OLS 및 GWR모델의 주요통계량 비교를 통

해 유동인구 영향요인 분석에 있어 공간 회귀모형의 효용성을 검토한다. 마지막으로 산출된 GWR모델의 국지적 회귀계수의 변동성을 파악하고 유동인구의 환경변수가 공간적으로 차별화되는 양상을 검토한다(Fig. 2). 분석에 활용된 프로그램은 변수의 공간정보 구축의 경우 ArcGIS 10.1을 활용 하였고 공간 자기상관 측정은 GeoDA, OLS 및 GWR 모형구동은 GWR 4.0을 활용하였다.

### 3. 분석결과

#### 3.1 유동인구의 전역적 공간 자기상관

본 연구에서는 전역적 공간자기상관 측정을 위해 일반적으로 사용되는 Moran's I를 활용하였다. Moran's I는 인접해 있는 공간단위들의 측정치가 가지는 공간적 유사성(spatial similarity)를 측정하는 기법이다(Eq 1).

$$I = \frac{n \sum \sum (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})^2}{W \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

최종적으로 산출되는 Moran's Index는 -1~1사이의 값을 가지게 되는데 이는 측정값의 공간적 유사도 성향을 나타낸다. 값이 -1에 가까울수록 부적(negative)자기상관을 나타내며 1에 가까울수록 정적(positive)자기상관을 의미한다. Moran's Index산출시 적용되는 공간가

중치인 W는 폴리곤 경계의 인접여부, 중심점간 유클리디안 거리, 지리적으로 가까운 폴리곤의 개수 지정 등 다양한 방식이 있으며 표준적으로 제시된 방법론은 아직 없다. 본 연구에서는 일반적으로 적용되고 있는 가중치행렬을 다양하게 적용하였고, 그중 자기상관 수치가 가장 높았던 역거리 제곱 가중치 방식을 채택하였다 (Choi and Suh, 2012). Table 3은 조사지점당 일평균 유동인구에 대한 Moran's I 분석결과에 대한 scatter plot이다. 분석결과 99%의 신뢰구간 안에서 유동인구의 정적 공간자기상관이 도출되었다. 수치상으로는 0.22로써 이는 유동인구 관측 값과 공간가중치를 취한 유동인구 관측값 간의 회귀계수를 뜻한다. 이결과는 연구지역 전체에서 유동인구의 전역적 공간자기상관의 발생을 증명하는 결과로 이해할 수 있다.

3.2 유동인구의 국지적 공간 자기상관

앞서 수행한 Moran's I 의 경우 연구지역의 유동인구 분포에 대한 공간적 유사성을 측정하는 과정이다. 추가적으로 본 연구에서는 이러한 공간자기상관이 국지적으로 어떠한 양상을 보이는지 파악하기위해 Getis-Ord Gi\* 분석을 수행하였다. Getis-Ord Gi\*는 LISA (Local Indicators of Spatial Association)의 한 기법으로 연구지역의 관측값에 대한 표준화 점수(z-score)를 활용한다.

이를 통해 목표지점을 중심으로 인정 범위안에 높은 값과 낮은값의 Gi\*를 산출하며, 통계적으로 유의한 수

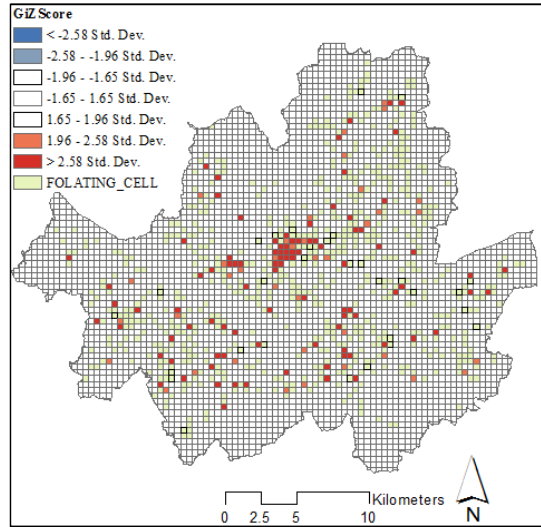


Figure 3. Result of Getis-Ord Gi\*

준 안에서 높은 값의 군집(hotspot)과 낮은 값의 군집(coldspot)을 도출한다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{X}\sum_{j=1}^n w_{ij}}{S\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{ij}\right)^2}{n-1}}} \quad (2)$$

Fig. 3은 유동인구의 국지적 공간자기상관 특성을 파악하기 위해 수행된 Getis-Ord Gi\*의 결과이다. 결과를 검토하면 전체 유동인구 조사지점에 고르게 유동인구의 hotspot이 분포하지만, 중구와 마포구 일대에 상대적으로 집중하는 경향을 보이고 있다. 또한 통계적으로 유의한 수준 안에서 coldspot은 도출되지 않았다. 이상의 결과는 본 연구의 논리적 틀인 유동인구의 분포가 공간상에서 유사성과 이질성을 동시에 가진다는 점을 증명하는 결과이다. 따라서 유동인구 패턴에 영향을 미치는 통계적 모형의 적용 시 공간회귀 모형의 적용이 필요하다.

3.3 OLS와 GWR모형의 결과 비교

OLS 회귀모형은 유동인구 영향요인 관련 연구에서 가장 일반적으로 적용되는 통계모형이다. 이론적으로는 관측치의 성향이 공간적으로 고정된(stationary) 형태라고 보며 선형함수형태이다(Eq 2.).

Table 3. Result of moran's I

Daily Floating Population		
Moran's I: 0.218319		
Index	z-score	p-value
0.22	14.94	0.00

$$y = \beta_0 + \beta x_1 + \beta x_2 + \dots + \beta x_n \quad (3) \quad \text{CV값을 도출하는 형태로 결정된다(Eq 3).}$$

그러나 앞선 단계에서 유동인구의 공간분포에 공간 자기상관이 발견 되었고 이는 OLS모형의 적용이 타당하지 않음을 의미한다. GWR모형은 선형 회귀분석의 추정 과정에 거리조각함수를 포함시켜 지역별 자료에 적합하게 맞춘 국지적 회귀분석 방법이다. GWR 모형은 회귀계수 산출 시 각 관측위치의 거리함수를 적용하여 모든 추정지점에서 위치의 특성에 따라 회귀계수가 달라지는 변동성을 가지게 되면 추정과정은 다음과 같다(Eq 3.).

$$y_i = \beta_{0i}(u) + \beta_{1i}(u)x_{1i} + \beta_{2i}(u)x_{2i} + \dots + \beta_{mi}(u)x_{mi} \quad (4)$$

위의 식은 일반적 회귀모형과 비슷한 형태이지만 모든 항에  $u$ 라는 위치에 대한 거리가중함수를 적용하는 가중최소사승법(Weighted Least Squares)의 구조를 가진다(Fotheringham, 1998).

$$\hat{\beta}(u) = [X^T W(u) X]^{-1} X^T W(u) Y \quad (5)$$

이때 관측위치인  $u$  지점에 대한 공간자기상관을 고려한 가중행렬  $W$ 를 구성하게 되는데 GWR모형은  $W$ 의 구성 방법에 따라 상이한 추정결과를 도출하게 될 수 있다. 특히 가중 행렬 작성시 적용하게 되는 파라미터인 Bandwidth는 그 변화에 따라 추정결과에 많은 영향을 미치게 된다. 일반적으로 최적 Bandwidth는 교차검증(CV : cross-validation)에 의해 결정되며 가장 작은

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(\theta))^2 \quad (6)$$

GWR 모형은 일반적으로 커널(kernel) 기반의 함수를 활용하여 Bandwidth를 적용한다. 일반적으로 적용되는 커널은 고정(fixed)과 적응(adaptive)방식의 두 가지 종류가 있다. 고정커널(fixed kernel) 방식은 모든 관측점에 동일한 Bandwidth를 적용하여 분석을 수행하지만 적응커널(adaptive kernel)방식은 자료의 공간적 밀집성향에 따라 상이한 Bandwidth를 적용하는 방식이다. 따라서 커널의 설정 방식에 따라 GWR모형은 상이한 이웃의 수를 포함하게 된다. Bandwidth의 적절성에 대한 평가는 AICc(Akaike information criterion: AICc) 값을 가장 작게하는 것으로 결정할 수 있다. AICc값은 Bandwidth의 적절성 평가뿐 아니라 GWR 모형 자체의 모형 부합도를 검토할 때도 활용된다(Cho, 2009).

$$AICc = 2n(\log_e(\hat{\sigma})) + n \log_e(2\pi) + n \left\{ \frac{n + tr(S)}{n - 2 - tr(S)} \right\} \quad (7)$$

여기서  $n$ 은 자료의 수, 반응변수와 그 추정치가 각각  $y, \hat{y}$ , 잔차의 표준오차 추정치는  $\hat{\sigma}$ 이다. 일반적으로 두 모형간 AICc값에 4이상의 차이가 발생할 시 모형의 개선이 있는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 OLS와 GWR의 모형간 신뢰도 비교를 위해 AICc이외에 수정 결정계수와 잔차 제곱합(sum of residual square)

Table 4. Results of OLS & GWR

	OLS	GWR			VIF
		Min.	Mean	Max	
Intercept	1648.710	-2204.212	1530.087	4564.309	
Land Use Mix	1946.485**	153.134	2375.454	5251.644	1.266
Retail Density	145.886	-271.414	244.415	700.072	1.067
Household Density	-1.271	-8.032	23.421	172.743	1.053
Greenness	-4511.064**	-12949.092	-5107.088	-880.541	1.118
Intersection Density	18.36**	-32.365	14.340	67.732	1.109
Bus Stop Accessibility	-3.391*	-8.711	-3.35	5.216	1.098
Road Density	50.267	68.131	217.031	450.321	1.108
Pedestrian Passage Density	178.947	-360.351	16.71	265.346	1.208
$R_{adj}^2$	0.112	0.14	0.321	0.414	
Sum of Residual Square	3641420718.791	2784517064.044			
AICc	13972.998	13892.03			
Moran's Index of Residual	0.22	0.05			

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

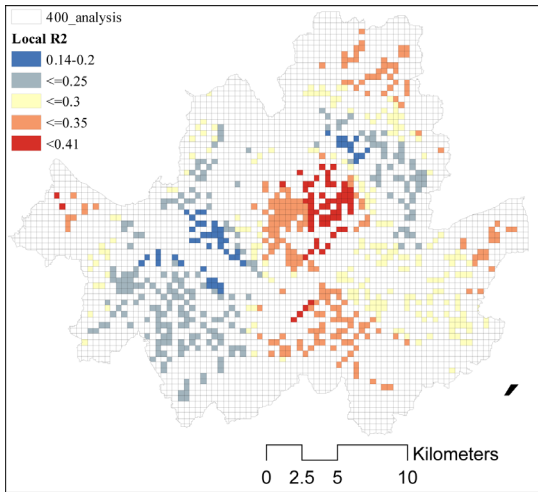


Figure 4. Spatial variation of GWR results

을 사용하였다.

Table 3은 적용된 8가지 독립변수와 유동인구에 대한 OLS와 GWR모형의 주요통계량을 나타낸다. 우선적으로 모형간 비교를 위해 도출된 3가지 통계량을 검토하면 수정 결정계수의 경우 GWR모형(0.14~0.414) 모형이 OLS모형(0.112)보다 전체적으로 높은 모델 적합도를 나타냈다. 특히 GWR모형의 경우 분석을 위해 구획된 766개의 지역별로 구분된 회귀방정식을 도출하였고 각각의 지역에 대한 변수의 회귀계수 또한 공간적으로 변동성을 지닌다(Fig. 4). 잔차제곱합과 AICc값의 경우 일반적으로 낮은 수치를 보이는 모형이 개선된 결과를 보이는 것으로 판단할 수 있는데, 이 경우 또한 GWR모형이 OLS 모형에 비해 낮은 수치를 도출 하여 모형의 개선이 있는 것으로 판단된다. 마지막으로 두 가지 모형에 대한 잔차의 공간자기상관 측정결과를 살펴보면 OLS모형의 경우 0.22를 도출 하였다(GWR 모형, 0.05). 이는 잔차의 공간자기상관 발생을 배제하는 OLS모형의 기본가정을 위배하는 것으로써 유동인구에 대한 영향요인 분석 시 GWR모형이 OLS모형보다 효용성 있는 모델임이 증명되었다. 또한 적용된 모든 변수의 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)는 10 이하로써 다중공선성은 없는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 최근 들어 활발히 연구되고 있는 유동인구 패턴과 그 영향요인에 관한 분석 시 공간회귀모형 적용의 효용성에 대한 실증분석을 수행하였다. 이를 위해 서울시를 400m×400m 격자로 구획하여 각 셀별로

유동인구조조사자료를 집계하였다. 이를 기반으로 수행한 전역적 공간 자기상관 지수인 Moran's I 결과 연구 지역 전체에 유동인구에 대한 공간적 유사성을 도출하였다. 또한 국지적 공간자기상관 지수인 Getis-Ord  $G_i^*$  분석결과 통계적으로 유의한 수준 안에서 유동인구의 hotspot이 도출되었다. 이를 근거로 동일한 셀 안에 집계된 토지이용과 교통 환경에 대한 8가지 변수를 활용한 OLS와 GWR모형 분석을 수행하였다. 두 모형간의 비교를 위해 적용된 주요 통계량의 검토결과 수정 결정계수, 잔차 제곱합, AICc 모두에서 GWR 모형이 OLS 모형 보다 개선된 추정결과를 도출하였고 OLS 모형의 잔차에 공간 자기상관이 발생 하였다. 또한 토지이용 혼합도, 녹지밀도, 교차로 밀도 그리고 버스정류장 밀도가 유동인구 분포와 유의미한 영향관계에 있는 것으로 도출 되었다. 특히 GWR 모델의 국지적 회귀계수를 살펴보면 강남구와 종로구 일대가 높게 도출됨으로써 적용된 변수의 조합과 유동인구간 연관성이 높은 지역으로 나타났다. 이상의 결과는 유동인구의 요인에 관한 통계적 모형 적용 시 공간 회귀모형의 적용이 효율적이라는 것을 증명한다. 그러나 방법론적인 부분에 주목한 본 연구의 특성상 유동인구와 그 영향요인에 관한 본질적인 부분은 상대적으로 심도있게 다루지 못한 것이 본 연구의 한계점이다.

#### References

1. Choi, C. H., Woo, Y. S. and Jung, S. G., 2015, An Analysis of Locational Characteristics and User Behavior of Neighborhood Parks in Central Business District, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 18, No. 1, pp. 25-47.
2. Cho, D. G., 2009, GIS and Geographically Weighted Regression in the Survey Research of Small Areas, Survey Research, Vol. 10, No. 3, pp. 1-19.
3. Choi, D. J. and Suh, Y. C., 2012, Geographically Weighted Regression on the Environmental-Ecological Factors of Human Longevity, Journal of Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 20, No. 3, pp. 57-63.
4. Choi, D. J. and Suh, Y. C., 2014, An Empirical Study on the Correlation between TOD Planning Elements and Subway Ridership in Busan Metropolitan City, Journal of The Korean Society of Survey, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol. 17, No. 3, pp. 147-159.

5. Choi, S. T., Lee, H. S., Choo, S. H. and Kim, S. J., 2015, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 33, No. 1, pp. 50-60.
6. Coffee, N. T., Howard, N., Paquet, C., Hugo, G. and Daniel, M., 2013, Is walkability associated with a lower cardiometabolic risk?, Health & place, Vol. 21, pp. 163-169.
7. Dunton, G. F., Almanza, E., Jerrett, M., Wolch, J. and Pentz, M. A., 2014, Neighborhood park use by children: use of accelerometry and global positioning systems, American journal of preventive medicine, Vol. 46, No. 2, pp. 136-142.
8. Frank, L. D., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Leary, L., Cain, K., Conway, T. L. and Hess, P. M., 2010, The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study, British journal of sports medicine, Vol. 44, No. 13, pp. 924-933.
9. Fotheringham, S., Charlton, M. and Brunson, C., 1998, Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis, Environment and planning A, Vol. 30, No. 11, pp. 1905-1927.
10. Jeong, Y. Y. and Moon, T. H., 2014, Analysis of Seoul Urban Spatial Structure Using Pedestrian Flow Data -Comparative Study with '2030 Seoul Plan'-, Journal of The Korean Regional Development Association, Vol. 26, No. 3, pp. 139-158.
11. Kang, C. D., 2013, Measuring Walkability Index and Its Policy Implications in Seoul, Korea, Seoul Studies, Vol. 14, No. 4, pp. 1-25.
12. Kim, Y. J., Kang, Y. W. and Kim, J. G., 2014, Preference Analysis for the Pedestrian Space in Large-scale Residential Complex by Multi Dimensional Scaling -Focused on the Haeundae New town in Busan-, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 34, No. 1, pp. 333-340.
13. Kim, K. H., Shon, D. W. and Lee, D. H., 2014, Journal of The Urban Design Institute of Korea, Vol. 15, No. 5, pp. 161-171.
14. Lee, H. S., Kim, J. W. and Choo, S. H., 2014, Analyzing Pedestrian Characteristics Using the Seoul Floating Population Survey: Focusing on 5 Urban Communities in Seoul, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 32, No. 4, pp. 315-326.
15. Lee, J. W., Kim, H. Y. and Jun, C. M., 2015, Journal of The Urban Design Institute of Korea, Vol. 16, No. 2, pp. 123-140.
16. Lee, K. M. and Jung, C. M., 2014, The Effect of Time Period Pedestrian Volume on Store Location -Focused on the Suwon's Retail Stores and Restaurants-, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 30, No. 8, pp. 48-55.
17. Li, G. and Weng, Q., 2007, Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, No. 2, pp. 249-267.
18. Lim, D. H., Park, C. H. and Koo, J. H., 2014, A Study on Relationship Between Physical Components of Public Open Space Owned by Private Sector and Behavior Types of User -Focused on the Teheran-Road District Unit Plan Area in the Gangnam-Gu, Seoul-, Journal of The Urban Design Institute of Korea, Vol. 15, No. 4, pp. 79-90.
19. Lwin, K. K. and Murayama, Y., 2011, Modelling of urban green space walkability: Eco-friendly walk score calculator. Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 35, No. 5, pp. 408-420.
20. Oyeyemi, A. L., Sallis, J. F., Deforche, B., Oyeyemi, A. Y., De Bourdeaudhuij, I. and Van Dyck, D., 2013, Evaluation of the neighborhood environment walkability scale in Nigeria, International Journal of Health Geographic, Vol. 12, No. 16, pp. 1-16.
21. Seoul Metropolitan Government, 2015, Seoul open data plaza, <http://data.seoul.go.kr/>
22. Ministry of Environment, 2015, Environmental space information service, <http://egis.me.go.kr/>
23. Statistics Korea, 2015, Statistical Geographic Information Services, <http://sgjis.kostat.go.kr/>