

공간통계기법을 이용한 서울시 아파트 실거래가 변인의 시공간적 이질성 분석

An Analysis on the Spatio-temporal Heterogeneity of Real Transaction Price of Apartment in Seoul Using the Geostatistical Methods

김정희*

Kim, Jung Hee

要 旨

본 연구에서는 아파트 실거래가와 이에 영향을 미치는 변인들의 공간적 이질성을 시공간적인 측면에서 탐색하는데 초점을 두었다. 아파트 실거래가에 영향을 미칠 것으로 사료되는 독립변수로서 교통 및 지역적 특성과 교육여건, 인구·경제적 특성을 고려하였다. 따라서 전역적인 측면과 국지적인 측면에서 독립변수의 영향력과 공간상의 분포패턴을 분석하였으며, 종속변수인 아파트 실거래가의 시공간적인 변화패턴을 살펴보았다. 먼저, 분석모형 구축을 위해 일반최소제곱분석과 지리가중회귀분석을 수행하여 보다 효율적이고 적합한 모형을 채택하였다. 2010년과 2013년의 모형 분석결과는 유사한 패턴을 보이며, 두 시기 모두 지리가중회귀모형이 일반최소제곱모형보다 더 설명력이 있는 모형인 것으로 분석되었다. 둘째, 채택된 지리가중회귀모형을 이용하여 독립변수의 시공간적 이질성을 파악하기 위해 Local R^2 를 이용하여 국지적 분석을 수행하였다. Local R^2 값은 지역별로 상이하게 나타났으며 이는 공간상의 이질성이 존재함을 보여주는 것으로 판단할 수 있다. 셋째, 지리가중회귀분석 시 종속변수로 사용했던 아파트 실거래가의 시기별/전용면적별 공간분포를 살펴보기 위해 크리깅분석을 실시하였다. 이를 통해 아파트 실거래가와 같은 공간데이터에 영향을 미치는 외부적 환경도 지역별 이질성이 크기 때문에 공간적 편차가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과를 바탕으로 보다 미시적인 주택하위시장분석을 수행할 수 있고, 부동산정책을 수립하는데 근간이 될 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : 아파트 실거래가, 일반최소제곱분석, 지리가중회귀분석, 크리깅

Abstract

This study focused on exploring real transaction price of apartment and spatial and temporal heterogeneity of the variables that influence real transaction price of apartment from the spatial and temporal perspective. As independent variables that are considered to influence real transaction price of apartment, transport, local characteristics, educational conditions, population, and economic characteristics were taken into account. Accordingly, the influence of independent variables and spatial distribution pattern were analyzed from the global and local aspects. The spatial and temporal changing patterns of real transaction price of apartment which is a dependent variable were analyzed. First, to establish an analysis model, OLS analysis and GWR analysis were conducted, and thereby more efficient and proper model was selected. Secondly, to find spatial and temporal heterogeneity of independent variables with the use of the selected GWR model, Local R^2 was used for local analysis. Thirdly, to look into spatial distribution of independent variables, kriging analysis was carried out. Therefore, based on the results, it is considered that it is possible to carry out more microscopic housing submarket analysis and lay the foundation for establishing a policy on real property.

Keywords : Real Transaction Price of Apartment, OLS, GWR, Kriging

1. 서 론

일반적으로 토지나 주택을 포함한 부동산 가격은 거

래가격과 부동산이 갖는 특성들에 대한 관측치를 통해 설명되고 추정된다. 기존의 관련 연구들은 회귀분석과 같은 전통적 헤도닉가격함수(Hedonic price function)

Received: 2016.11.10, revised: 2016.12.06, accepted: 2016.12.20

* 정희원 · 남서울대학교 GIS공학과 강사(Member, Instructor, Dept. of GIS Engineering, Namseoul University, bear3638@daum.net)

를 이용하여 실증적 분석을 수행해왔다(Seo, 2003; Ko et al., 2011). 이들 연구는 아파트 가격에 영향을 미치는 주택특성, 단지 특성, 환경적 특성 등을 이용하여 상관분석이나 회귀분석을 통해 관련 변수를 추출하고 그 영향력을 계량화하는 것에 초점을 맞춰 연구되었다. 전통적 헤도닉 가격함수는 부동산의 특성이 주변지역이나 공간에 의해 변하지 않고 항상 고정화되어 있다는 전제에서 출발한다. 이는 국지적 부동산시장의 공간적 실체를 고려하지 않아 발생하는 문제점에 직면하며 신뢰성에 의문을 제기하게 되었다. 다시 말해 전역적 변수가 국지적인 측면에서도 적합한가에 대한 의문이 발생할 수밖에 없다는 뜻이다. 따라서 이에 대한 대안으로 주택시장이 단일의 실체가 아닌 공간적 이질성을 감안한 지리가중회귀분석을 이용한 연구가 대두되고 있다(Kim, 2005; Kang, 2010; Son, 2010; Jung and Lee, 2015). 이러한 분석방법을 적용한 연구들은 지가나 실거래가를 종속변수로 하여 이에 영향을 미치는 독립변수인 특정 시설과의 접근성을 고려하여 공간상의 관계가 고정적이지 않다는 결과를 도출하였다. 이는 전역적 맥락이 아닌 국지적 맥락에서 공간자료를 분석하려는 시도가 있었으나 연구대상지역이 소규모이거나 단일시점의 실증분석이 대부분이어서 모형을 일반화하기에는 어려움이 있었다. 또한 공시지가자료나 매매시세자료를 사용하여 실질적인 가격의 변동과는 괴리감을 보여주는 측면이 있다. 따라서 본 연구에서는 아파트의 실거래가격과 그에 영향을 미치는 변수들을 토대로 시계열분석 및 횡단분석을 수행하여 보다 실질적이고 일반화시킬 수 있는 모형을 구축하고자 한다.

2. 연구방법 및 절차

본 연구의 주된 내용은 아파트 실거래가격의 변동요인이 시공간적으로 어떠한 차이가 있는지를 공간통계기법을 이용하여 분석하는데 있다. 이를 위해 먼저, 서울시를 대상으로 아파트 실거래가격을 종속변수로 하여 관련 독립변수와의 관계를 분석하고자 한다. 종속변수인 아파트 실거래가는 국토교통부의 실거래가 공개시스템을 이용하여 연구의 시간적 범위인 2010년과 2013년의 개별 아파트 가격을 수집하여 단위면적별로 가공처리하였다. 수집한 자료는 GIS DB로 구축하기 위해 1:5,000 수치지형도상의 아파트 레이어를 토대로 결합하였으며, 지도상에 없는 아파트는 주소정보를 토대로 지오코딩(geocoding)을 통해 추가 입력하였다. 본 연구에서 사용된 독립변수는 선행연구를 토대로 부동산 가격을 결정하는 주요 요인인 교통 및 지역적 특성과

교육여건, 인구·경제적 특성을 대표할 수 있는 변수로 선정하였다(Kang, 2010; Jung and Lee, 2015). 선정된 독립변수 중 교통 및 지역적 특성, 교육여건의 개별 변수는 주소정보를 기반으로 점(point)사상으로 구축 후, near 함수를 이용하여 주변 아파트로부터의 직선거리(m)를 계산하여 데이터로 입력하였다. 인구·경제적 특성의 개별 변수는 통계청자료를 활용하여 입력하였다. 이와 같이 구축된 독립변수는 다중공선성(multicollinearity)의 문제를 줄이기 위해 분산팽창계수(VIF; variance inflation factor)를 토대로 최종 선정되었다(Table 1).

둘째, 아파트 실거래가격에 영향을 미치는 독립변수들을 이용하여 설명력이 높은 모형을 구축하기 위해 일반최소제곱(OLS; ordinary least squares)분석과 지리가중회귀(GWR; geographically weighted regression) 분석을 실시하여 통계량을 비교하고자 한다. 추출된 변수를 토대로 공간적 상이성을 분석하기 위해 ArcGIS 10.3의 Geostatistical analyst를 이용하여 GWR모형을 구축한다(Eq. (1)). 이는 특정 위치에 대한 독립변수의 국지적 분석이 가능하다는 것을 의미한다(Fotheringham et al., 2002).

$$\hat{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \epsilon_i \quad (1)$$

where, \hat{y}_i denotes the predicted value, β_0 denotes a constant, β_k denotes a local regression coefficient, (u_i, v_i) denotes a single geographic location, x_{ik} denotes independent variables, ϵ_i denotes an error.

Table 1. Summary of variables

Type	Variables	
Dependent variable	Real transaction price of apartment (ten thousand won/m ²)	
Independent variable	Transportation and local factor	Distance to metro station(m)
		Distance to commercial facility(m)
		Distance to cultural facility(m)
		Distance to park(m)
	Educational factor	Distance to middle school(m)
		Distance to high school(m)
Pop-econom ic factor	Population(person)	
	No. of ind. establishments(number)	
	No. of workers(person)	

셋째, 시기별 실거래가 데이터가 지리공간상에서 어떠한 형태로 분포하는지를 모형화하기 위해 크리깅(kriging) 보간법을 사용한다(Kim, 2014). 이는 관측값을 중심으로 관측되지 않는 지점의 값을 평균 국지편차에 대한 계산을 토대로 예측하는 기법으로, 아파트 실거래가격의 특성상 거래가 없는 시기의 아파트에 대한 가격을 예측하여 공간상의 분포패턴을 도출하기 위한 것이다.

3. 연구모형 정립 및 분석결과

3.1 일반최소제곱모형과 지리가중회귀 모형 비교 분석

먼저 일반최소제곱모형에서 회귀계수를 살펴보면, 아파트 실거래가격이 높을수록 상업시설·중학교까지의 직선거리, 도소매업체 종사자수가 증가하며, 지하철역·문화시설·공원·고등학교까지의 거리가 가깝고, 인구수가 비교적 적은 지역인 것으로 나타났다(Table 2). 또한 적용된 독립변수간의 강한 상관성으로 인해 유의하

지 않은 개별인자의 유무를 파악하기 위해 산출한 분산팽창계수는 독립변수 모두 10이하로써 다중공선성은 없는 것으로 나타났다. 모형의 적합도 판단을 위해 R² 값, AIC, Moran's I를 산출하여 비교분석하였고, 일반최소제곱모형의 등분산성 여부를 파악하기 위해 Koenker 통계치를 계산하였다. 2010년의 지리가중회귀모형의 R²값은 0.65로 산출되었으며, 일반최소제곱모형의 0.21보다 높은 수치를 보여 설명력이 높은 것으로 나타났다. 두 개 이상의 모형을 비교하여 적합도를 판단하는 AIC(Akaike's information criterion)지수는 낮을수록 적합도가 좋다는 것을 의미하는데 이 지수 역시 지리가중회귀모형이 29,113으로 낮게 나타났다. 분석대상의 전역에 대한 공간적 자기상관의 경향을 파악하는 전역적 Moran's I값을 측정하여 공간적 군집성향을 판단하였다. Moran's I값은 -1~1까지의 분포를 보이는데, 일반적으로 1에 가까울수록 군집성향이 높은 것으로 간주한다. 공간적 군집성향을 분석한 결과, 2010년의 Moran's I값은 지리가중회귀모형에서 0.11로 일반최소제곱모형에서의 0.48보다 낮게 나타나 공간적

Table 2. Analysis results of OLS and GWR model

Year	Independent variable	OLS	GWR				VIF
			Min	Max	Mean	S.Dev.	
2010	Distance to metro station	-0.115461	-0.406035	0.184607	-0.066614	0.074986	1.081538
	Distance to commercial facility	0.067424	-0.136286	0.155277	0.002828	0.048411	1.132942
	Distance to cultural facility	-0.021860	-0.062498	0.15379	0.015251	0.053193	1.084419
	Distance to park	-0.027813	-0.19632	0.171096	-0.012695	0.05745	1.051727
	Distance to middle school	0.007504	-0.203019	0.150103	0.004151	0.055989	1.160181
	Distance to high school	-0.048220	-0.158374	0.101918	-0.039938	0.049795	1.120470
	Population	-0.000202	-0.0073	0.01322	0.002207	0.003729	1.153769
	No. of ind. establishments	-0.066321	-0.185247	0.035191	-0.06041	0.040999	3.656285
	No. of workers	0.006864	-0.002813	0.016164	0.006906	0.004132	3.331693
	R2	0.214436	0.659160				-
	AIC	30816.673	29113.712				
	Moran's I	0.484747	0.11629				
Koenker statistic	57.964743	-					
2013	Distance to metro station	-0.102432	-0.346324	0.12471	-0.063974	0.06499	1.087066
	Distance to commercial facility	0.070300	-0.103622	0.16573	0.007709	0.047165	1.129356
	Distance to cultural facility	-0.026130	-0.057066	0.136422	0.004444	0.041346	1.086113
	Distance to park	-0.014574	-0.176336	0.158994	-0.005427	0.047536	1.050135
	Distance to middle school	0.010071	-0.143502	0.103914	-0.002633	0.048076	1.168434
	Distance to high school	-0.034738	-0.113796	0.054563	-0.026924	0.038985	1.137253
	Population	-0.000706	-0.006899	0.012625	0.001606	0.003207	1.109042
	No. of ind. establishments	-0.033162	-0.135833	0.015965	-0.040186	0.034571	3.648360
	No. of workers	0.004498	-0.001781	0.01525	0.005378	0.004273	3.410092
	R2	0.209187	0.687580				-
	AIC	30936.404	28958.932				
	Moran's I	0.545419	0.105708				
Koenker statistic	62.325056	-					

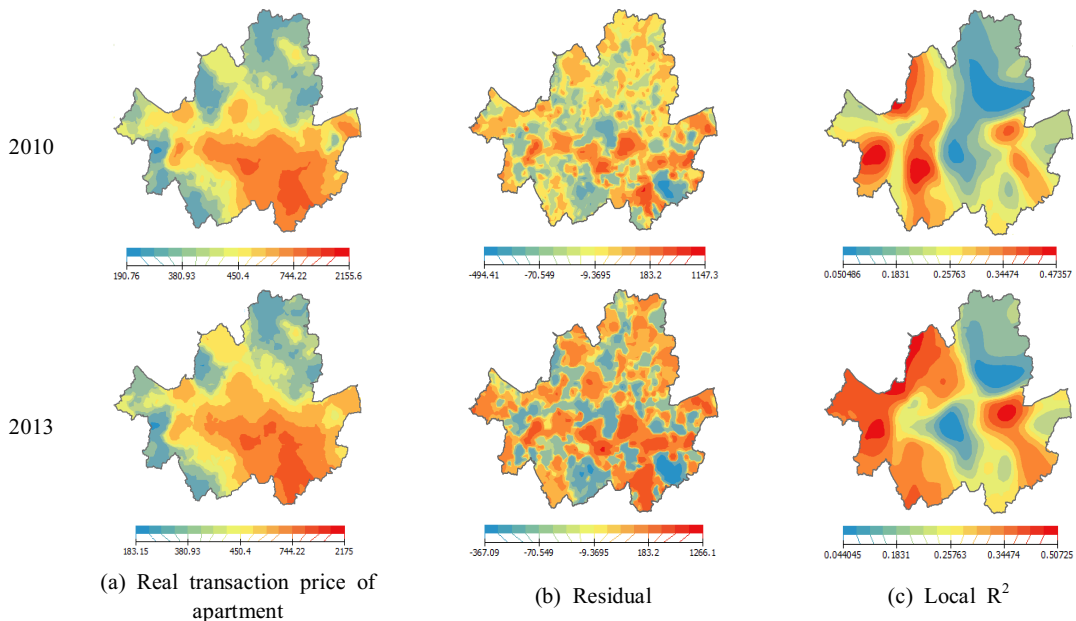


Figure 1. The spatial distribution of residual and local R^2 of real transaction price of apartment

자기상관이 줄어드는 것으로 나타났으며, 2013년에도 0.54에서 0.10으로 유사한 패턴을 유지하였다. Koенker 통계치는 62.32로 통계적으로 유의한 값을 보였다. 이는 종속변수와 독립변수간의 관계가 공간별로 상이하다는 것을 의미하며 이질성분석에 적합한 지리가중회귀분석을 수행하는데 근간을 제공한다. 2010년과 2013년의 모형 분석결과는 유사한 패턴을 보이며, 두 시기 모두 지리가중회귀모형이 일반최소제곱모형보다 더 설명력이 있는 모형인 것으로 분석되었다. 이러한 비교분석을 토대로 인과관계 분석 시 지리가중회귀분석이 보다 더 효율적이고, 설명력이 있는 것으로 판단되었다.

3.2 시공간적 패턴분석

지리가중회귀모형의 수행결과, 종속변수인 아파트 실거래가와 이에 영향을 미칠 것으로 사료되는 독립변수의 국지적 설명력의 변화패턴을 시공간적으로 도출하였다.

두 시기별 아파트 실거래가와 예측치의 잔차의 지역적 분포패턴, 독립변수의 지역별 설명력을 추정할 수 있는 Local R^2 의 시기별 비교값은 Fig. 1과 같다. 2010년의 경우, 아파트 실거래가는 서초구 반포동, 강남구 개포동·압구정동·대치동·도곡동 일대와 송파구 잠실동, 용산구 용산5가동, 영등포구 여의도동 일대에서 높은 것으로 나타났으며, 서대문구 연희동, 은평구 불광동·역촌동, 서대문구 연희동, 금천구 시흥동일대에서 낮은

거래가격이 형성되는 것을 알 수 있다. 실거래가와 예측치의 차이를 나타내는 잔차도를 살펴보면, 과대추정을 의미하는 부(-)의 잔차값은 강남구 압구정동·개포동 일대와 서초구 반포동, 송파구 잠실동, 용산구 이촌동, 양천구 목동, 영등포구 여의도동으로 전통적으로 고가의 아파트가 다수인 지역에서 나타났다. 반면 과소추정을 의미하는 정(+)의 잔차값은 중구 필동을 비롯한 관악구 남현동, 도봉구쌍문동, 강서구 화곡동 등의 비교적 낮은 아파트 실거래가가 형성되는 지역을 중심으로 나타났다. 이러한 추세는 정도의 차이는 있으나 2013년에도 유사한 패턴으로 이루어졌다. 종속변수에 대한 독립변수의 국지적 설명력의 차이를 나타내는 Local R^2 값은 0.05에서부터 0.47로 지역별로 상이하게 나타났으며 이는 공간상의 이질성이 존재함을 보여주는 것으로 판단할 수 있다. 도봉구, 강북구, 성북구일원에서는 독립변수들의 설명력이 낮은 것으로 나타났으며, 영등포구, 동작구, 양천구 일대에서는 비교적 높은 설명력을 보이고 있다. 2013년에는 Local R^2 값이 0.50으로 국지적 설명력이 다소 상승하였으며, 은평구, 강서구, 광진구 일대를 중심으로 설명력이 높은 것으로 나타났다.

지리가중회귀분석 결과를 토대로 아파트 실거래가에 영향을 미치는 변인인 독립변수의 회귀계수를 이용하여 공간상에 나타나는 영향력의 패턴 비교분석하였다 (Figs. 2 and 3). 먼저 지하철역까지의 거리는 2010년의 경우 아파트실거래가격에 전반적으로 부(-)의 영향

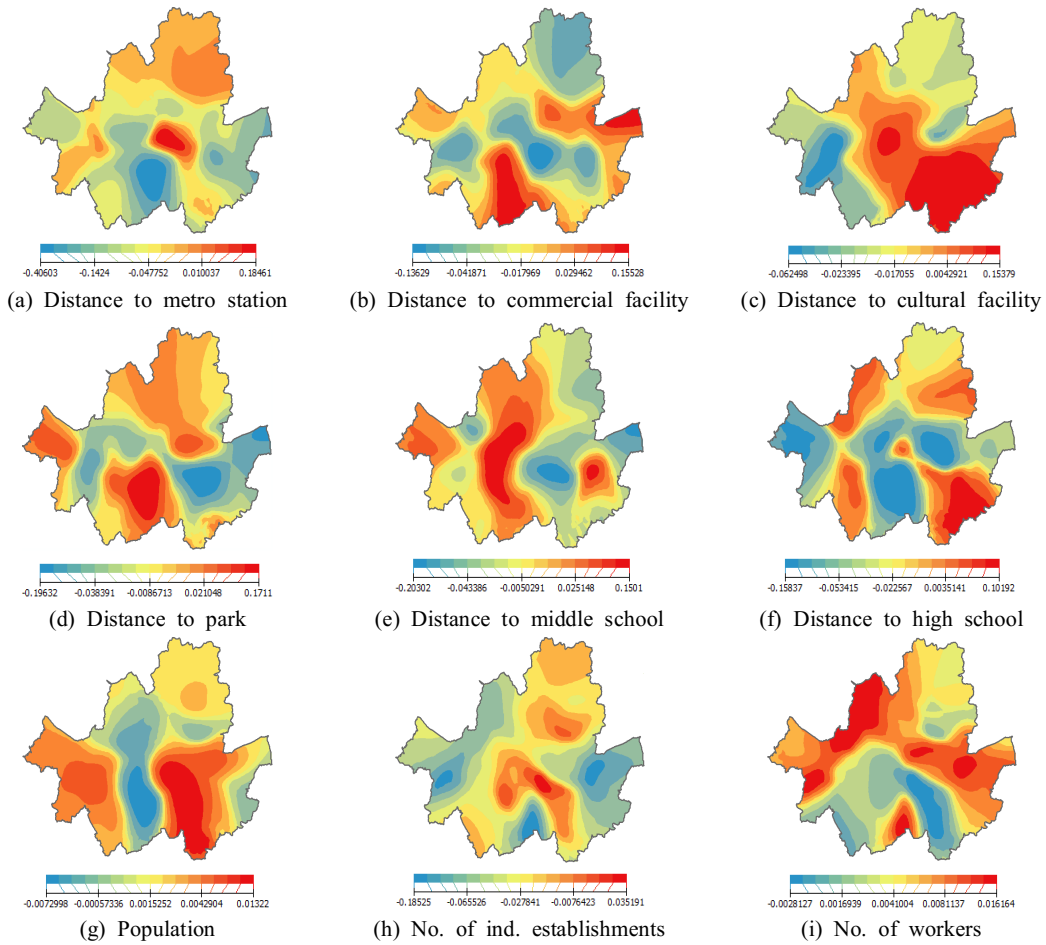


Figure 2. The spatial distribution of the GWR model coefficients in 2010

을 미쳐 거리가 멀어질수록 실거래가격은 낮게 나타나는 경향을 가지고 있다. 그러나 국지적으로는 이질적인 양상을 보이는데 용산구 한남동, 성동구 옥수동 일대와 강남구 압구정동일대는 지하철역까지의 거리가 멀어져도 실거래가격은 상승하는 추세를 보였다. 이 지역은 주변지역에 비해 상대적으로 고가의 아파트가 많은 지역으로 대중교통과의 접근성을 크게 고려하지 않기 때문인 것으로 사료된다. 상업시설과의 거리는 2010년의 경우 종로구, 중구, 용산구와 같은 도심지역과 양천구에 위치한 아파트는 상업시설과의 접근성이 좋을수록 가격이 높게 나타나는 반면, 영등포구, 동작구, 관악구 일대에 위치한 아파트는 상업시설과의 거리가 증가할수록 실거래가격이 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 도심지역에 있는 아파트일수록 백화점, 대형마트, 시장과의 접근성을 중요하게 여기는 경향이 있는 것으로 판단된다. 이러한 추세는 2013년에도 정도의 차이는 있으

나 유사하게 나타나고 있다.

문화시설과의 거리는 용산구와 강남구·서초구·송파구 일대의 아파트 실거래가는 거리가 증가할수록 가격이 높게 형성되는 것으로 나타나 주거 선호시 문화시설과의 접근성을 중요하게 고려하지 않는 양상을 보였다. 2013년에는 회귀계수의 평균값이 0.015에서 0.004로 작아지며 전반적으로 아파트 실거래가에 미치는 영향력이 감소하는 추세를 보이고 있다. 공원까지의 거리는 전반적으로 가까울수록 아파트 실거래가격이 높은 것으로 나타났으며, 이는 주거 선택시 주변지역의 쾌적한 환경을 선호하기 때문일 것으로 사료된다. 2010년의 경우 강남구·송파구·강동구의 강남지역과 양천구일대를 중심으로 공원과 접근성이 좋을수록 실거래가격이 상승하는 것으로 나타났다. 이러한 추세는 2010년에는 평균 회귀계수값이 -0.012에서 2013년에는 -0.005로 나타났으며 공원까지의 거리가 주변아파트 실거래가격

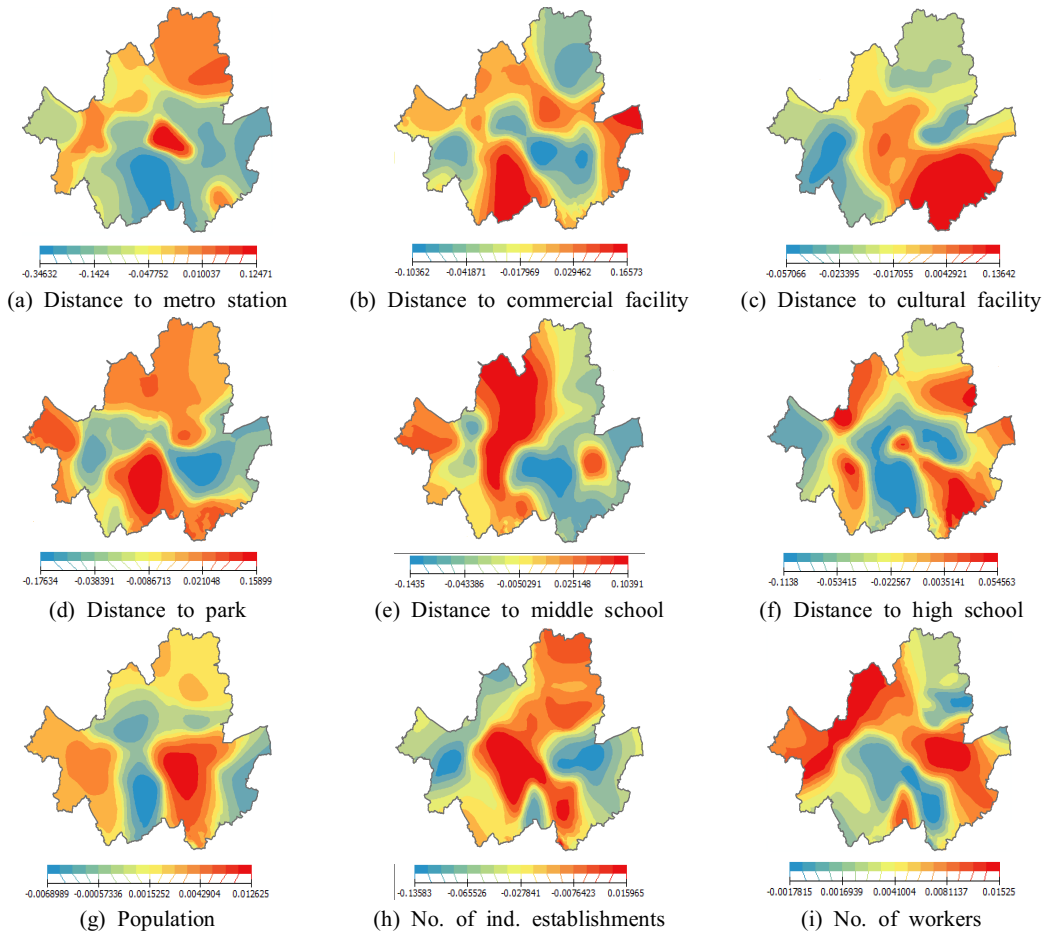


Figure 3. The spatial distribution of the GWR model coefficients in 2013

에 미치는 영향력이 감소되는 상황이다.

교육여건으로 고려한 중·고등학교까지의 거리는 서로 다른 양상을 보이고 있다. 중학교까지의 거리는 증가할수록 아파트 실거래가격이 높게 나타나며, 이와는 반대로 고등학교까지의 거리가 가까울수록 아파트 실거래가격이 상승하는 것으로 나타났다. 아파트 실거래가에 대한 인구·경제적 특성변수의 영향력은 도소매업체 종사자수를 제외하고는 부(-)의 관계를 보이는 것으로 분석되었다. 그러나 공간상의 국지적 분포패턴은 서로 다르게 나타나는 경향이 있다. 상업중심지역과 경제활동인구가 상대적으로 많은 지역에서 아파트 실거래가격이 높게 나타나는 경향이 있음을 유추해 볼 수 있다. 이들 변수의 변화패턴을 살펴보면 인구수의 평균 회귀 계수값은 2010년 0.002에서 2013년 0.001로, 도소매업체수는 2010년 -0.06에서 2013년 -0.04로 나타났고, 도소매업체 종사자수의 평균 회귀계수값은 2010

년 0.006에서 2013년 0.005로 다소 감소하는 추세를 알 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 일반최소제곱분석의 결과는 아파트 가격의 국지적 차이를 보여주지 못하는 한계가 있으며, 각 설명변수의 모형 설명력 역시 지리가 중회귀분석에 비해 낮게 나오는 경향이 있었다. 따라서 지리가중회귀분석을 통해 아파트 실거래가에 영향을 미치는 다양한 변인들의 이질성을 국지적 차원에서 분석하였으며 시기별로 다른 양상의 분포패턴을 보이는 것으로 파악되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 아파트 실거래가와 이에 영향을 미치는 변인들의 공간적 이질성을 시공간적인 측면에서 탐색하는데 초점을 두었다. 아파트 실거래가에 영향을 미

칠 것으로 사료되는 독립변수로서 교통 및 지역적 특성과 교육여건, 인구·경제적 특성을 고려하였다. 따라서 전역적인 측면과 국지적인 측면에서 독립변수의 영향력과 공간상의 분포패턴을 분석하였으며, 종속변수인 아파트 실거래가의 시공간적인 변화패턴을 살펴보았다. 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

먼저, 분석모형 구축을 위해 일반최소제곱분석과 지리가중회귀분석을 수행하여 보다 효율적이고 적합한 모형을 채택하였다. 모형의 적합도 판단을 위해 R^2 값, AIC, Moran's I를 산출하여 비교분석하였다. 그 결과 2010년의 지리가중회귀모형의 R^2 값은 0.65로 산출되었으며, 일반최소제곱모형의 0.21보다 높은 수치를 보여 설명력이 높은 것으로 나타났다. AIC지수는 지리가중회귀모형이 29,113으로 일반최소제곱모형의 30,816보다 낮게 나타났다. 공간적 근집성향을 파악하기 위해 추출한 Moran's I값은 지리가중회귀모형에서 0.11로 일반최소제곱모형에서의 0.48보다 낮게 나타나 공간적 자기상관이 줄어드는 것으로 나타났으며, 2013년에도 0.54에서 0.10으로 유사한 패턴을 유지하였다. 2010년과 2013년의 모형 분석결과는 유사한 패턴을 보이며, 두 시기 모두 지리가중회귀모형이 일반최소제곱모형보다 더 설명력이 있는 모형인 것으로 분석되었다.

둘째, 채택된 지리가중회귀모형을 이용하여 독립변수의 시공간적 이질성을 파악하기 위해 Local R^2 를 이용하여 국지적 분석을 수행하였다. 종속변수에 대한 독립변수의 국지적 설명력의 차이를 나타내는 Local R^2 값은 2010년에는 0.05에서부터 0.47로 지역별로 상이하게 나타났으며 이는 공간상의 이질성이 존재함을 보여주는 것으로 판단할 수 있다. 도봉구, 강북구, 성북구 일원에서는 독립변수들의 설명력이 낮은 것으로 나타났으며, 영등포구, 동작구, 양천구 일대에서는 비교적 높은 설명력을 보이고 있다. 2013년에는 Local R^2 값이 0.50으로 국지적 설명력이 다소 상승하였으며, 은평구, 강서구, 광진구 일대를 중심으로 설명력이 높은 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 아파트 실거래가와 같은 공간데이터는 공간적 의존성과 공간적 이질성을 가지고 있기 때문에 국지적 특성을 잘 반영할 수 있는 지리가중회귀분석이 더 적합한 모형임을 알 수 있었다. 또한 이에 영향을 미치는 외부적 환경도 지역별 이질성이 크기 때문에 공간적 편차가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과를 바탕으로 보다 미시적인 주택하위 시장분석을 수행할 수 있고, 부동산정책을 수립하는데 근간이 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5 B5A07041497)

References

1. Fotheringham, A., Brunson, C. and Charlton, M., 2002, Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships, John Wiley & Sons, UK, pp. 3-15.
2. Jung, H. J. and Lee, J. Y., 2015, Analysis of Eunpyeong new town land price using geographically weighted regression, Journal of Korea Spatial Information Society, Vol. 23, No. 5, pp. 65-73.
3. Kang, C. D., 2010, GWR approach for real estate appraisal: the case of Seoul apartment, Korea Real Estate Review, Vol. 20, No. 2, pp. 107-132.
4. Kim, I. H., 2005, Exploring spatial heterogeneity in the land price function using GWR, Master's thesis, Seoul National University, Korea.
5. Kim, J. H., 2014, Analysis of pattern change of real transaction price of apartment in Seoul, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 22, No. 1, pp. 63-70.
6. Ko, H. J., Yun, K. B., Shim, Y. J. and Hwang, H. Y., 2011, Impact analysis of an eco-park on the adjacent apartment unit price by using the hedonic model - with a focus on the Cheongju Wonheung-ee park and adjacent apartments, Journal of the Korean Housing Association, Vol. 22, No. 5, pp. 47-57.
7. Seo, K. C., 2003, The measurement of spatial variation by nonparametric hedonic method in the estimation of real estate price - the case of western Busan metropolitan city, Journal of the Korean Regional Development Association, Vol. 15, No. 2, pp. 183-204.
8. Son, J. W., 2010, Analysis of spatial variation by GWR method in estimating land price, Master's thesis, Yonsei University, Korea.