

지가변동과 토지거래량의 공간적 자기상관에 관한 연구

A Study on the Spatial Autocorrelation of Land Price Variation and Trading Volume

서수복*
Seo, Su-Bog

Abstract

It's known that if the distance of some places is near or some places have a spatial contact, both of the real estate market is affected each other by the spatial effect. However, Korea studies of the real estate market which reflect the spatiality is very localized, furthermore the study purpose is limited to estate use. In addition, research methods is ceased to validate the spatial autocorrelation validate or spatial regression model usefulness. Therefore, this study collected Land Price Change and Trading Volume that represent the move of the land market, validated the spatial autocorrelation, and has analyzed the spatial effects of land market through spatial regression models. As a result, it has been confirmed that Korean Land Market, not only in local market but also in whole market, is affected by the spatial relation. Diagnosis of land market needs to be explained by reflecting the spatial effects model. For this reason, after creating Weighted value to spatial weight matrix, proposed a policy direction which reflects it in the Public Land Evaluation Models and Individual Land Price Estimation System.

키 워 드 ▪ 토지시장, 공간적 자기상관, 공간회귀모형, 공간효과, 공간가중행렬

Keywords ▪ Land Market, Spatial Autocorrelation, Spatial Regression Model, Spatial Effect, Spatial Weights Matrix

I. 서론

부동산학이 풀어야 할 과제 중 하나가 부동산시장의 움직임에 관한 것이다. 부동산시장에서는 수요와 공급에 의해 가격과 거래량이 결정된다. 부동산시장의 움직임에 따라 주택이나 토지정책은 물론 국가의 경제정책 방향이 달라지기도 한다. 그러므로 부동산시장의 방향을 올바르게 예측하고 진단할 수 있는 방법의 고안이 부동산학의 과제라 할 수 있다.

부동산시장을 예측·진단할 수 있는 가장 중요한

변수는 가격과 거래량이다. 지금까지의 연구들은 주로 경제변수들에 의한 OLS 모형이나 물리적 특성자료에 의한 헤도닉 모형에 의해 부동산 가격이나 거래량 변동의 원인을 설명해 왔다. 특히 개별공시지가를 산정하기 위한 토지가격비준표의 경우는 토지의 물리적 특성만으로 헤도닉 모형에 의해 산출하고 있다. 그러나 이러한 모형들은 부동산시장의 움직임을 충분히 설명하지는 못한다. 더구나 사회구조가 복잡하게 얽히면서 부동산시장을 움직이는 변인이 사회·경제·지역적으로 다르게 나타나 국지화(localization)되고 있다는 것은 이미 알려진 사실이다. 이에 따라 오래전부터 부동산시장의 동질성과

* 동강대학교 국토공간정보연구소 책임연구원 (gcseo@hanmail.net)

이질성(heteroskedasticity)을 토대로 공간적인 특성을 부동산시장의 변인으로 추가하여 시장변동의 설명력을 높이려는 시도가 있어 왔다. 부동산시장은 사회·경제·물리적 요인뿐만 아니라 공간적으로 이웃하는 부동산끼리 주고받는 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation)에 의해 가격이나 수급량이 영향을 받는다는 것이다. 그러나 한국의 부동산시장을 공간적 동질성이나 이질성을 반영하여 공간효과를 설명하는 데 한계를 보이고 있다.

우리나라 부동산시장의 움직임에 공간효과를 반영하여 분석한 연구는 토지이용의 패턴(변병설, 2004; 최열 외, 2014), 근린상권(정대영 외, 2009), 오피스 시장의 가격과 임대료(김진 외, 2009; 박종기 외, 2011) 등의 분야에서 제한적으로 이루어지고 있다. 그 내용은 공간적으로 자기상관이 나타나고 있음을 실증하거나, OLS 모형보다 자기상관 회귀모형에 의한 설명력이 우수하다는 것을 실증한 연구가 대부분이다. 그러나 이러한 연구들은 전체 부동산시장을 대표하기 힘든 일부 지역시장이나 특정 용도에 한하여 공간적 자기상관의 존재를 확인하고 모형의 유용성을 주장하는데 그치고 있어 국가 정책으로 고려할 만한 결과를 얻지 못하고 있다. 한국 부동산시장의 움직임을 분석하기 위해서 공간적 자기상관을 고려하여야 한다는 주장을 일반화하기에 부족한 측면이 있는 것이다. 더구나 토지나 주택가격은 매우 국지적 변동성을 보이고 있는데도 그 수요와 공급정책 뿐만 아니라 과세를 위한 공적가격(공시지가, 주택공시가격 등)의 산정에서도 이를 전혀 고려하지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 우리나라 기초행정구역 전체를 대상으로 토지시장의 가격변동과 거래량이 공간적 자기상관을 가지는지 검증하고, 토지시장의 움직임을 설명하는 공간회귀모형의 구축을 통해 모형의 유용성과 공간효과를 확인하며 이를 통해 토지정책의 방향을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

연구방법은 전국 시·군·구를 단위로 ArcView GIS 프로그램을 이용하여 2013년 기준 공간자료를 구축하고 GeoDa에 의해 공간적자기상관분석과 공간회귀모형을 도출하여 이를 해석한다.

II. 이론적 배경과 선행연구

1 공간적 자기상관

특정 현상에 대한 지역 간 자료를 해석하는 경우 공간상에서 집중되거나 분산되는 일정한 공간패턴(spatial pattern) 즉 공간적 분포를 고려하여야 한다. 공간적 분포에 대해 관심을 가지는 이유는 어떤 공간의 현상은 그 공간의 특성뿐만 아니라 인접 지역과의 연계 및 인접지역 간의 연계로부터 일어나는 현상에 의해 영향을 받기 때문이다(Berry, 1971). Tobler(1970)의 지리학 제1법칙(the first law of geography)에 의하면 “공간상에 인접하는 것들은 서로 상관이 있되 멀리 있는 것보다 가까이 있는 것의 관련성이 더 높다(Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things)”는 것이다. 즉, 공간상의 한 위치에서 발생하는 사건과 그 주변지역에서 발생하는 사건과는 높은 상관관계를 보이는데 이는 공간상에 인접함으로서 나타나는 파급효과(spillover effect) 때문이다(이희연·노승철, 2012: 591). 이러한 공간현상을 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)이라 한다.

공간상에 나타나고 있는 이러한 공간효과¹⁾는 OLS 모형의 독립성 가정²⁾을 충족할 수 없게 만들기 때문에 전통적인 OLS 모형을 사용하기 어렵다. 이런 경우 공간자료가 가지고 있는 문제점들을 해결하기 위한 대안으로 각 지역별 특성을 통제할 수 있는 매개(설명)변수를 추가하거나(cross-regressive model), 구조적 변화를 고려한 공간회귀모형

(spatial regression model)에 의해 공간 그 자체를 설명변수로 반영하여 공간적 자기상관을 추가적으로 고려함으로써 모형의 추정결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있게 하여야 한다(이희연·노승철, 2012; 592). 이러한 공간회귀모형에는 공간자기회귀 종속 변수를 활용하는 공간시차모형(SLM; spatial lag model)과 공간자기회귀 오차를 사용하는 공간오차 모형(SEM; spatial error model)이 있다.

2. 부동산 시장에서의 공간적 자기상관

부동산시장이 다양한 요인에 의해 변동한다는 것은 널리 알려진 사실이다. 국가 경제상황은 물론 개인의 소득 및 사회적인 수요에 의해서도 가격은 변동한다. 특히 토지는 위치의 고정성으로 인해 그 토지를 둘러싸고 있는 동태적 주변 환경의 영향이 절대적인 것으로 보인다. 도시가 성장함으로써 도로, 학교, 도시계획시설은 물론 주거시설의 증가로 토지이용밀도를 변화시키게 된다. 결과적으로 지역 주변의 환경에 의해 토지가격이 변동하는 경향이 강하다. 대도시일수록 각 자산별로 특정 입지에 대한 선호가 상이하기 때문에 국지적으로 보다 작고 동질적인(Homogeneous) 하부시장을 형성하는 경향이 있고, 반면 각 하부시장은 수요와 공급요인들이 서로 다르기 때문에 자산 속성의 영향이 하부시장 사이에 이질적(Heterogeneous)일 수 있다(Vandell, 1995). 즉 부동산시장의 변동은 공간적인 상관성에 의해 많은 영향을 받는다고 보는 것이다.

그러나 지금까지의 지가나 주택가격을 추정하는 모형에서는 공간적 자료에서 발생할 수 있는 공간적 의존성(dependence)과 이질성을 무시하는(최열·이백호, 2006) 경향이 있고 특히 한국의 경우 이러한 공간효과를 고려하지 않은 결과로 부동산시장의 변동요인을 충분히 설명하지 못했다고 판단된다. 지

역적 부동산시장의 공간적 자기상관이 부동산가격이나 거래량에 공간효과를 야기한다는 논의에 기초하여 공간적 계량모형을 적용한 부동산시장의 재해석이 필요한 시점이다.

3. 선행연구

공간적 자기상관성은 자연과학뿐만 아니라 사회과학에서 연구방법으로 중요한 역할을 하고 있다. 부동산 분야 역시 공간적 자기상관을 반영한 모형(Spatial Autoregressive Model)에 의해 부동산시장을 설명하려는 연구가 다양한 방면에서 진행되고 있다. 그러나 한국에서는 연구범위가 지역적 또는 용도 등에 한정되거나 모형의 유용성을 검증하는데 치우쳐 있고, 부동산시장 움직임의 설명력을 높이려는 연구가 부진한 편이다.

주택이나 토지시장에 대한 공간적 자기상관성을 연구한 사례는 한국보다 외국의 선행연구에서 쉽게 찾을 수 있다. 주택시장에 관한 연구는 Dubin(1992), Conway(2010), Xin 외(2014) 등이 있다. 반면에 토지시장의 공간적 자기상관성을 확인하고 공간적 자기상관을 고려하여 시장을 진단하여야 함을 주장한 연구는 Liu 외(2006)와 Cellmer(2013)가 있다. Liu 외(2006)는 중국 강소성 상주시의 토지시장에서 수집한 8,379 건의 자료를 이용하여 토지가격이 공간적 클러스터를 이루는지 분석하였다. 분석결과 토지는 공간적으로 이질적인데 특히 상업용 토지가 중앙지역의 주거 및 산업용 토지보다 공간적 상관성이 높은 것으로 나타나 공간효과를 반영한 토지가격 예측을 주장하였다. Cellmer(2013)는 폴란드의 올슈틴(Olsztyn) 토지시장에서 공간적 회귀모형을 적용함으로써 거래가격을 예측하는 정확도가 향상됨을 실증하였다.

반면에 한국의 연구는 오피스시장의 임대료, 오

피스시장의 가격, 토지이용의 군집, 근린상권 등에서 공간적 자기상관성이 있거나 공간회귀모형이 시장변동을 더 잘 설명할 수 있다는 연구결과가 있다. 김진·서충원(2009)은 서울 오피스시장을 대상으로 임대료의 공간적 이질성을 통해 OLS의 공간적 자기상관 문제를 개선하는 방법론을 실증하였다. 전제시장을 단일방정식으로 하는 OLS 모형보다 공간시차를 포함하는 SLM(spatial Lag model), 공간잔차를 포함하는 SEM(spatial error model), 공간시차와 잔차를 모두 포함하는 GSAM(General Spatial Autocorrelation Model) 모형이 모두 모형적합도를 현저하게 개선시킴을 실증하고 모형에 공간잔차를 반영하여야 함을 제시하였다. 박종기 외(2011)는 오피스간 거리로 공간가중치행렬을 구축한 후 거래특성과 함께 오피스 매매가격을 결정하는 요인을 분석하였다. 분석결과 공간적자기상관의 존재가 확인되었으며 SLM 모형이나 SEM 모형이 OLS 모형보다 적합도가 더 우수하여 오피스 매매가격 모형은 공간효과를 반영하여 구축할 필요가 있음을 보여 주었다. 최열·이재송(2014)은 산업 및 용도지역 특성과 환경오염의 상관관계를 밝히기 위해 공간적 자기상관성을 고려한 공간회귀분석을 시행하여 일반회귀모형 보다 분석결과가 향상되는 것을 확인하였다. 정대영·손영기(2009)는 청주시 북대동 상권을 대상으로 국지적 상관지수를 이용하여 업종별 공간특성을 분석하였다. 이를 통해 업종간의 공간의존성과 공간상의 이질성을 확인하고 상권을 객관화하는데 기여하고자 하였다. 이밖에 손학기(2008)는 투기과열지역의 공간적 자기상관 패턴을 3가지로 모형화 하였다. 개별 부동산의 가격변동의 방향이 주변 부동산의 가격변동 방향과 동질적일 때 핫스팟(hotspot of house price volatility), 반대로 일정지역이 타 지역에 비해서 가격 하락 폭이 크고 개별 부동산의 가격변동 방향이 일정할 때 콜드스팟(coldspot of house price volatility), 가격

변동 폭이 타 지역과 비슷하거나 가격변동 방향이 일정하지 않을 때를 가격변동 무작위 패턴(random pattern of house price volatility)으로 정의하였다.

III. 분석 방법론 및 변수의 공간적 자기상관성

1. 분석 방법론

공간자료가 자기상관성을 갖고 있다면 공간효과를 통제하기 위해 공간적 자기상관성을 포함한 공간회귀모형(spatial regression model)을 추정함으로써 공간의 특정 현상이나 원인의 이해가 가능하다. 공간적 특성은 Anselin(2003, 2005)에 의해 개발되고 보급된 공간통계 프로그램 GeoDa를 이용하여 분석할 수 있다.

공간회귀모형을 추정하기 위해서는 먼저 기초분석을 통해 공간적 군집 가능성을 확인하여 지역분석의 기반을 마련하여야 한다. 다음으로 GIS와 분석모형을 연계하기 위해 지역적인 공간자료(속성)를 구축하고 공간적 인접성(spatial neighborhood)을 정의 한 후 GeoDa를 이용하여 지역 간 관계를 설정해 주는 공간가중행렬(Spatial Weights Matrix)을 구축한다. 공간자료의 자기상관성 측정은 Moran(1950)이 고안한 모란지수(Moran's I) 통계량이 가장 일반적으로 사용된다(이희연·노승철, 2012; 598). 모란지수는 공간가중행렬을 바탕으로 공간적 자기상관을 측정하는 방법으로 연구 대상지 내에서 유사한 값들의 전반적인 군집경향을 하나의 지표로 요약하여 나타낸다. 시각적으로는 Cluster Map을 구현하여 판단할 수도 있다.

모형은 OLS 모형과 공간시차모형(SLM; spatial lag model) 및 공간오차모형(SEM; spatial error model)을 추정하여 적합성 지수에 의해 최적을 판단한다. 모형의 선택과 적합성은 Lagrange

Multiplier(LM), 로그우도(Log likelihood), AIC(Akaike Information Criterion), SC(Schwarz Criterion)를 이용한다. 최종 모형에서의 공간적 파급효과는 ρ (공간시차모델)와 λ (공간오차모델)를 통해 해석할 수 있다.

본 연구는 Excel로 작성된 2차 자료를 ArcView에서 불러와 GIS 공간자료로 전환한 다음 GeoDa에 의해 우리나라 토지시장의 가격과 거래량 변동이 지역적인 의존성과 이질성에 의해 공간적 자기상관성을 갖고 있는지 검증한다. 토지시장이 공간적으로 자기상관성을 갖고 있다면 토지시장을 움직이는 변인과 공간가중행렬을 이용하여 최적 공간회귀모형

을 도출하고 공간효과를 확인한다.

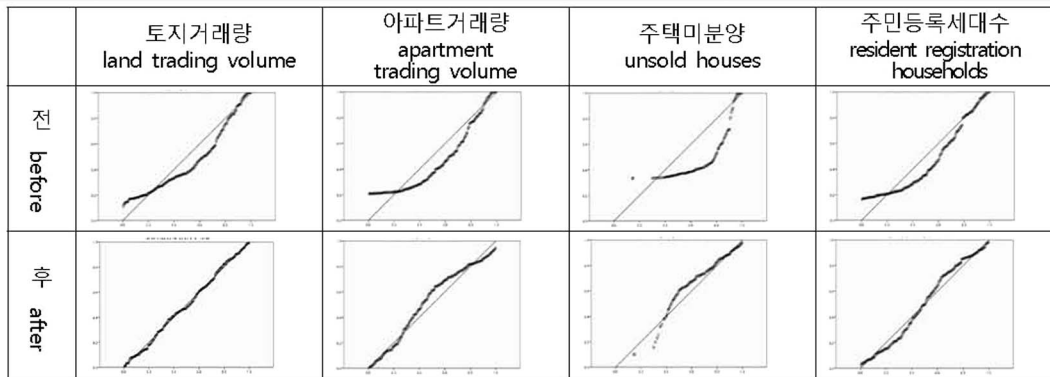
2. 분석자료 및 변수

우리나라 토지시장의 움직임을 설명하기 위한 공간적 분석 범위는 218개 시·군·구를 대상으로 하였다. 기초행정단위가 구(區)이지만 광역시로 분류되지 않은 수원시 등 12개 지역은 시(市) 단위의 자료를 이용하였고, 공간적으로 완전히 독립된 제주도, 울릉도, 진도, 완도 등 섬지역과 한 면만이 육지와 인접하여 인접성이 떨어지는 인천 강화군에서 경남 남해군 까지를 합하여 13개 지역을 분석에서

표 1. 분석변수 및 출처

Table 1. Analysis variables and sources

변수 variables	출처 source	변환 conversion	평균 average	표준편차 S. D.
지가변동률 (%) Variation rate of land price	온나라 부동산정보(http://www.onnara.go.kr)		1.047	.675
주택가격변동률 (%) Variation rate of housing price	국민은행 KB부동산(http://nland.kbstar.com)		.957	.684
토지거래량 (필지) land trading volume	국토교통 통계누리(http://stat.molit.go.kr)	LN	8.949	3.845
아파트거래량 (호수) apartment trading volume	국토교통 통계누리(http://stat.molit.go.kr)	LN	7.298	1.718
주택미분양 (호수) unsold houses	국가통계포털(http://kosis.kr/)	LN	3.370	2.564
주민등록세대수 resident registration households	국가통계포털(http://kosis.kr/)	LN	11.014	.949



주: X축은 관측누적확률, Y축은 기대누적확률

그림 1. 자연로그 변환 전후의 정규 P.P 도표

Fig. 1. Normal distribution P.P graph of before and after to natural logarithms conversion

제외하였다.

모형에 투입된 공간자료의 변수별 자료의 출처와 기술적 통계치는 표 1과 같다. 지가변동률은 시군구 지역별 2013년 평균 1.047% 변동하였고 주택가격변동률은 시군구 지역별 2013년 평균 0.957% 상승하였다. 종속변수는 지가변동률과 필지별 거래량이며, 시장의 움직임을 결정하는 독립변수는 주택가격변동률, 아파트거래량 호수, 주택미분양 호수, 주민등록세대수이다. 주택가격과 아파트 거래가 늘어나면 자연히 토지시장에 양(+)의 영향을 미칠 것이며, 주택미분양이 늘어나면 반대의 현상이 일어날 것이라는 것이 일반적 이론이다. 또한 주민등록세대수는 주택의 수요를 가늠할 수 있는 변수로이 또한 토지가격변동의 중요한 변인이다.

이상의 변수를 모형에 투입하게 된 가장 큰 이유는 토지시장을 움직이는 영향력이 큰 변인이기도 하지만, 연구자가 전국 공간을 충족할 수 있는 자료를 현실적으로 취득할 수 있는 한계가 여기까지였기 때문이다.

일부 변수는 정규성을 개선하기 위하여 자연로그(LN)로 변환하여 분석하였다. 그 결과 그림 1과 같이 정규성이 상당히 개선된 것을 확인할 수 있다.

3. 공간적 자기상관성 진단

공간적 자기상관모형을 추정하기 위해서는 먼저 공간자료가 자기상관성을 가지는지 확인하여야 한다. 만약 공간적 자기상관이 존재한다면 공간가중행렬(spatial weighted matrix)을 이용하여 공간효과를 통제할 필요가 있다. 공간가중행렬은 공간적 인접성(spatial neighborhood)을 어떻게 정의하여 측정하느냐에 따라서 공간가중행렬도 달라진다. 공간가중행렬은 공간 인접성(spatial contiguity)을 기준으로 행렬을 구축하는 방법과 공간거리(spatial

distance)를 기준으로 하는 방법이 있다.

GeoDa에서 공간의 인접성을 기준으로 행렬을 구축하는 방법은 두 지역이 변 또는 모서리를 공유하는 경우를 Queen contiguity 방식이라 하고 인접차수(The order of contiguity)에 따라 차수 1(지역과 직접 경계선을 공유하고 있는 지역만 선택하는 방법)과 차수 2(직접적으로 인접한 지역에 인접한 지역까지 선택하는 방법) 등으로 구분된다. Rook contiguity 방식은 두 지역의 경계선이 공유되는 경우이며, Bishop contiguity 방식은 두 지역의 모서리를 공유하는 경우이다.

공간 거리를 기준(Distance Weight)으로 하는 방법은 지역의 중심점(centroid)으로부터의 거리를 측정하여 인접지역으로 선택한다.³⁾

본 연구는 두 지역이 변과 모서리가 인접한 지역(Queen contiguity 방식)으로서 직접 경계선을 공유하는 경우(차수 1)와 인접한 지역에 인접한 지역까지 공유하는 경우(차수 2) 및 행정구역 간의 거리(spatial distance 방식) 등 3가지의 공간가중행렬을 산출하였다. 이는 공간적 인접성을 가장 잘 반영할 수 있는 경우를 찾아내기 위함이다.

공간가중행렬을 이용하여 공간적 자기상관성을 측정하는 방법은 Moran(1950)에 의해 제안된 I 지수(모란지수)가 보편적으로 이용된다. 모란지수는 공간 데이터의 자기상관성을 측정하기 위하여 고안된 통계량이며 전역적(global) 통계량과 국지적(local) 통계량으로 나누어진다.

전역적 모란지수(Global Moran's I)는 특정 공간 단위(spatial unit)의 속성 값과 그것의 공간시차⁴⁾와의 상관정도를 나타내 주는 통계치로서 유사한 값들의 전반적인 군집경향을 나타내는 지표이다. 지역 간의 인접성을 나타내는 공간가중행렬과 인접하는 지역들 간의 속성 데이터의 유사성(similarity)을 측정하는 것이다.⁵⁾

본 연구의 종속변수에 대한 전역적 모란지수의

표 2. 공간가중행렬의 전역적 모란지수

Table 2. Global Moran's I of Spatial weighted matrix

종속변수 dependent variable	Queen contiguity		spatial distance
	차수 1 The order of contiguity	차수 2 The order of contiguity	
지가변동률 Variation rate of land price	0.2787	0.1224	0.1909
토지거래량 land trading volume	0.2762	0.0608	0.1964

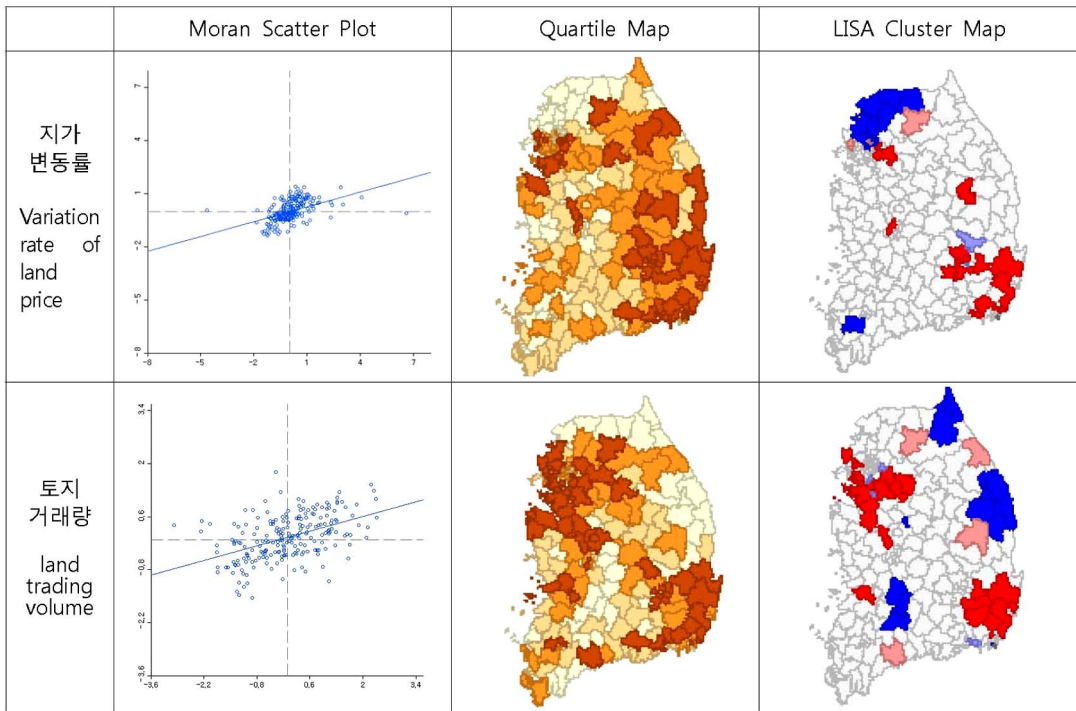
산출결과는 표 2와 같다. 지금까지 한국의 토지시장 관련 선행연구들은 대부분 공간행렬가중치를 거리에 의해 계산하고 있고 접면이 더 유의한 것인지에 대해 검토하지 않고 있다. 그래서 전역적 모란지수는 앞서 산출한 3가지 모든 경우에 대해 각각의 공간가중행렬을 지가변동률과 토지거래량에 연계하여 도출하고 비교하였다.

분석결과 지가변동률과 토지거래량은 공간가중행렬로 계산된 인접지역들의 영향력(공간시차)과 양(+)의 관계가 있는 것으로 나타나 공간적 패턴이 존재하는 것으로 판단된다. 그러나 공간가중행렬의 산출방법에 따라 모란지수가 다르게 나타났는데 그 중 Queen contiguity 방법의 차수 1에서 모란지수가 가장 높게 나타나 이 후의 분석은 이를 기준으로 한다.

한편, 전역적 모란지수는 전체 연구대상지에 대하여 공간적 자기상관 정도를 파악하는 데에는 유용하나 특정지역의 군집성을 분석하는 데에는 한계가 있다. 그래서 Anselin(1995)은 국지적 차원에서 공간적 연관성을 측정하기 위해 LISA(Local Indicator of Spatial Association) 지표를 개발하였다. 국지적 모란지수(Local Moran's I)는 인접지역 간 속성값의 수치적 유사성을 근거로 정(+)의 공간적 상관이 형성되는 핫스팟(hot spot)과 반대의 콜드스팟(cold spot) 군집을 탐색해 공간적 군집 패턴을 세부적으로 나타내는 통계량으로 어떤 특정 지역들이 전체 지역의 공간적 자기상관에 얼마나

영향을 미치고 있는지 파악할 수 있다. 국지적 측정방법은 모란 산포도(Moran scatter plot)를 통해 공간적 연관성 유형을 네 가지로 구분하여 시각화가 가능하다.⁶⁾

그림 2는 표 2의 전역적 모란지수를 시각적으로 이해하기 쉽게 표현한 모란 산포도(Moran Scatter Plot)와 분위수 지도(Quantile Map) 및 국지적 모란지수(LISA)의 Cluster Map이다. 모란 산포도(Moran scatter plot)를 보면 종속변수와 공간시차 변수 간에 양(+)의 관계가 나타나고 있음을 알 수 있다. 모란지수 값은 0.2787과 0.2762로 높은 편이다. 따라서 지가변동률과 토지거래량의 분포는 모두 공간적 자기상관성을 갖고 있다고 말할 수 있다. 분위수 지도(Quantile Map)를 보면 지역적인 공간 분포의 특징이 더욱 잘 나타나 있다. LISA Cluster Map에서도 국지적으로 공간적 연관성 유형(높거나 낮은 지역끼리 군집)이 뚜렷하게 발견된다. 지가변동률이나 토지거래량의 모란지수는 통계적으로 유의할 뿐만 아니라 시각적으로도 이를 확인할 수 있어, 토지시장에 국지적 뿐만 아니라 전국적으로 공간적 자기상관이 존재한다고 결론을 내릴 수 있다. 또한 지가변동과 거래량 간에도 클러스터 지역에서 상당한 차이가 발견된다. 이러한 결과로 보아 토지시장에 대한 지가변동과 거래량을 설명하고 예측하기 위해서는 공간적 자기상관을 고려한 모형의 추정 필요함을 알 수 있다.



주: LISA Cluster Map의 붉은색은 HH유형, 푸른색은 LL유형

그림 2. 종속변수의 공간적 자기상관

Fig. 2. Spatial autocorrelation of dependent variable

IV. 토지시장 공간회귀모형의 추정과 해석

공간가중행렬을 산출하고 모란지수를 통하여 공간적 자기상관을 확인하였으므로 지가변동모형과 토지거래량 변동모형을 도출한다. 모형은 전통적인 OLS 모형, 공간시차모형, 공간오차모형을 각각 도출하여 적합도에 의해 최적 모형을 결정하고 결과를 토대로 한국 토지시장의 변동요인과 공간적 관련성을 설명하기로 한다.

공간시차모형(SLM)은 공간적 의존성 즉 공간시차변수(spatial lag variable)를 하나의 설명변수로 회귀모델에 포함하여 공간적 자기상관성을 갖고 있는 데이터의 문제를 해결하고 추정 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위한 모형이다. 데이터가 공간적 의

존성으로부터 영향을 받는 주변지역으로부터의 파급효과를 공간시차 변수로 반영하는 것이다. 공간시차모형은 종속변수가 공간적 자기상관을 가지고 있는 경우 OLS 회귀모형의 대안적 모형으로 사용된다. Anselin(1988)은 종속변수에서 공간적 종속성이 존재한다면 공간시차모형을 이용하는 것이 바람직하다고 하였다.

공간오차모형(SEM)은 오차에서 공간적 자기상관성이 존재하는 경우 OLS 회귀모형의 대안으로 오차의 공간적 자기상관성을 통제하기 위해 오차의 공분산을 회귀모형 내에 고려한 모형이다. 일반적으로 오차에서 자기 상관성이 발견되었다면 관측되지 못한 설명변수가 오차에 포함되어 있다고 해석을 내린다. 이런 오차의 공간적 자기상관성을 통제할

표 3. 지가 변동 공간회귀모형

Table 3. Spatial Regression Model of land price Variation

	일반선형모형 OLS Model	공간시차모형 Spatial Lag Model	공간오차모형 Spatial Error Model
R-squared	0.21866	0.30193	0.31437
Log likelihood	-196.495	-187.409	-186.444
AIC	404.990	388.817	484.890
SC	425.297	412.509	405.197
ρ (Rho)		0.37288**	
λ (Lambda)			0.42261**
CONSTANT	-0.42621	-0.74195	-0.06485
아파트 거래량 apartment trading volume	0.13343**	0.11233**	0.13545**
주택미분양 호수 unsold houses	-0.04049 *	-0.03689**	-0.03812 *
주민등록 세대수 resident registration households	-0.28412**	-0.23293 *	-0.32961**
주택가격 변동률 Variation rate of housing price	0.04081**	0.02631**	0.03192**
토지 거래량 land trading volume	0.41769**	0.36368**	0.43355**
Breusch-Pagan test	25.7755 **	35.5512 **	38.2052 **
Moran's I(error)	5.1731 **		
Lagrange Multiplier(lag)	20.2447 **		
Robust LM (lag)	0.1585		
Lagrange Multiplier(error)	22.3339 **		
Robust LM (error)	2.2477		
Likelihood Ratio Test		18.1732 **	20.1009 **

주: *($p \leq 0.05$), **($p \leq 0.01$)

수 있다는 점에서 공간오차모형의 장점을 갖는다.

1. 지가 변동 공간회귀모형

지가변동률을 종속변수로 한 토지시장의 가격변동모형은 표 3과 같다. 모형은 Log likelihood, AIC, SC 통계량에서 OLS 모형보다는 공간시차모형, 시차모형보다는 공간오차모형이 우수하고 설명력도 높다. OLS 모형의 모란지수 검정에서도 통계적으로 유의하므로 모형에 공간시차 항이 필요함을 알 수 있다. 또한 Likelihood Ratio Test가 유의하므로 공간효과를 적용함으로써 모형의 적합도가 높아진 것을 알 수 있다. 그러나 오차항에 이분산성

이 남아 있다.

공간시차모형과 공간오차모형의 모델 선택에 대한 통계치는 LM-Lag(공간시차모형)와 LM-Error(공간오차모형)인데 표 3은 Lagrange Multiplier 통계치에서 두 모델 모두 유의하고, Robust LM 통계치에서 모두 유의하지 않으므로 두 모형 중 신뢰성이 더 높은 모형을 판단하기 어렵다. Log likelihood, AIC, SC 통계량으로는 공간오차모형이 우수하다고 할 수 있으나 두 모형 모두 해석의 인용에는 문제가 없는 것으로 판단한다.

지가변동을 나타내는 공간오차모형에 의하면 모든 변수가 지가를 설명하는데 통계적으로 유의하다. 아파트 거래량과 주택가격 변동률 및 토지거래량은

각각 LN 값의 13.545%, 3.192%, 43.355% 만큼 지가변동률에 영향을 미치고, 주택미분양 호수는 LN 값의 -3.812% 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀방향은 기존 이론과 일치한다. 그러나 주민등록 세대수의 회귀방향이 음(-)으로 도출된 것은 이례적이라 할 수 있다.

공간효과를 나타내는 ρ 와 λ 는 통계적으로 유의하므로 한국의 지가는 공간적 과급효과에 의해 인접지역에 가까이 있을수록 해당 지역도 그 영향력을 받아 지가가 높아진다고 할 수 있다. 공간시차 모형에서의 지가변동은 이웃하는 주변지역 지가변동평균의 약 37.3% 정도 영향을 받는다고 해석할

수 있다.

다음으로 모형 간에 크기가 다른 회귀계수에 대한 이해가 필요하다. 표 3의 OLS 모형에서는 다른 공간회귀모형보다 대부분의 변수가 그 영향력이 과소 추정되거나 과대 추정되었음을 발견 할 수 있다. 이는 공간효과에 의해 지가가 결정되는 부분을 전통적 OLS모형이 잘못 추정한 결과 때문이라고 볼 수 있다. 즉 공간효과에 의해 변동하는 가격변동이 다른 변수에 전가됨으로서 모형의 설명력을 의심받는 것이다. 이로써 한국 토지시장의 가격변동을 진단하기 위한 모형의 추론에서는 반드시 공간효과를 적용하여야 함을 알 수 있다.

표 4. 토지거래량 공간회귀모형

Table 4. Spatial Regression Model of land volume Variation

	일반선형모형 OLS Model	공간시차모형 Spatial Lag Model	공간오차모형 Spatial Error Model
R-squared	0.66039	0.68269	0.77856
Log likelihood	-108.392	-101.392	-76.0481
AIC	228.785	216.785	164.096
SC	249.092	240.476	184.403
ρ (Rho)		0.13810**	
λ (Lambda)			0.71343**
CONSTANT	4.33679**	3.06299**	2.50206**
지가 변동률 Variation rate of land price	0.18613**	0.18049**	0.15331**
주택가격 변동률 Variation rate of housing price	0.02146 *	0.02036**	0.00508
아파트 거래량 apartment trading volume	0.07918	0.05755	0.06607**
주택미분양 호수 unsold houses	0.03776**	0.03526**	0.02862**
주민등록 세대수 resident registration households	0.33577**	0.35493**	0.50565**
Breusch-Pagan test	1.9682	1.0484	2.1262
Moran's I(error)	8.1224 **		
Lagrange Multiplier(lag)	13.4506 **		
Robust LM (lag)	1.1569		
Lagrange Multiplier(error)	57.8184 **		
Robust LM (error)	45.5247 **		
Likelihood Ratio Test		14.0002**	64.6888**

주: *($p \leq 0.05$), **($p \leq 0.01$)

2. 토지거래량 변동 공간회귀모형

표 4는 토지거래량을 종속변수로 한 토지시장의 거래량모형이다. Log likelihood, AIC, SC 통계량을 보면 토지거래량에 공간시차를 고려한 공간시차모형은 OLS 모형보다 크게 우수하다고 볼 수 없으나 공간오차를 고려한 공간오차모형은 적합도가 현저하게 우수하다. 오차항의 공간적 자기상관의 검정에서도 정규성을 갖는다. 또한 모란지수 검정도 통계적으로 유의하여 공간적 자기상관이 확인되고 있다. 공간효과를 나타내는 공간시차모형의 ρ 와 공간오차모형의 λ 도 모두 통계적으로 유의하다. 공간시차모형과 공간오차모형의 모형선택 통계치는 LM-Lag 값이 통계적으로 유의하지 않고 LM-Error 값이 유의하게 나타나 공간오차모형이 토지거래량을 설명하는 모형으로 적합하다. 또한 Likelihood Ratio Test에서도 공간오차모형에서 적합도가 개선되었음을 나타내고 있다. 이상의 결과로 보아 토지거래량은 공간효과를 고려한 공간오차모형에 의해 설명되어지는 것이 타당한 것으로 판단한다.

공간오차모형에서 토지거래량에 영향을 미치는

변수는 주택가격변동률을 제외하고 모든 변수가 통계적으로 유의하다. 다만 이례적인 경우로 주택미분양 호수가 토지거래량에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

모형의 공간효과로 보아 OLS 모형의 오차에는 본 연구에서 투입한 변수로 한국의 토지시장을 충분히 설명할 수 없는 부분이 포함되어 있다. 즉 오차에 숨어 있는 토지거래량 변동의 원인을 공간효과로 투입하여 모형을 설정하여야 함을 말해준다. 공간오차모형에 공간효과를 투입함으로써 변수별 회귀계수에 상당한 변동이 있는 것을 발견할 수 있다. 주민등록 세대수는 OLS 모형에서 과소 추정되었고 공간효과를 적용한 후에는 그 영향력이 더 커져 주민등록 세대수가 토지거래량의 중요한 변수임을 알 수 있다. 즉 OLS모형에서는 주민등록 세대수 LN 값의 33.577% 만큼 토지거래량의 LN 값에 영향을 미치지만, 공간오차모형에서는 이보다 큰 50.565% 만큼 영향을 미친다는 것이다. 반면에 나머지 변수는 OLS 모형에서 과대 추정되어 공간효과를 모형에 반영하지 않는다면 변수의 역할이 과대평가되는 우를 범할 수 있다. λ 의 크기로 보아

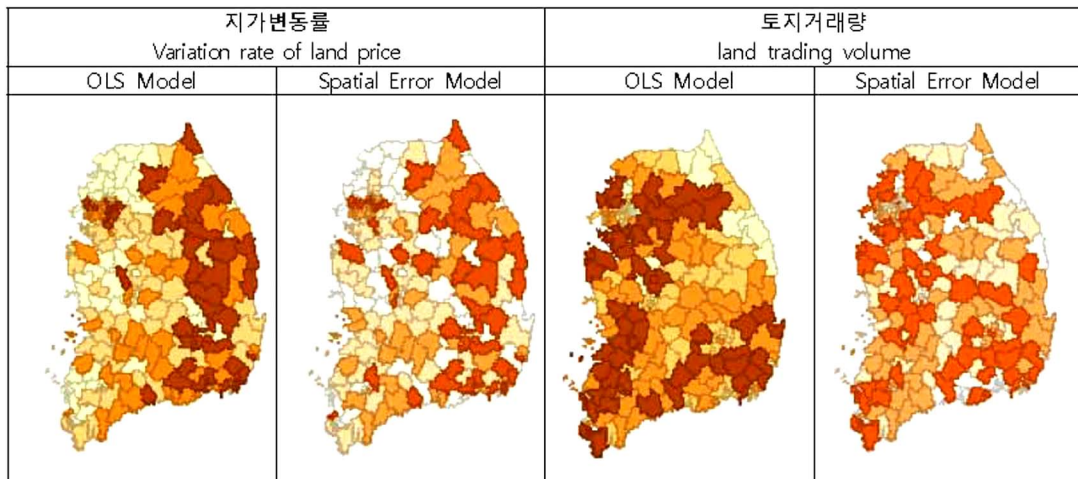


그림 3. 잔차의 분위수 공간분포

Fig. 3. Quartile spatial distribution of residual

과대 추정된 상당한 부분이 토지거래량의 공간효과인 것으로 추정되기 때문이다.

이상의 결과로 보아 한국 토지시장의 거래량변동을 진단하기 위해서는 모형에 공간효과를 적용하여 추론할 필요가 있다.

3. 잔차분석에 의한 설명력 검증

모형에 공간효과를 고려함으로써 OLS 모형의 잔차가 해소된 정도는 잔차를 이용하여 Map을 그려 시각적으로 확인할 수 있다. 그림 3에 공간효과를 고려하기 전의 OLS 모형과 후의 공간오차모형의 공간분포를 나타낸 것이다.

OLS 모형에서는 잔차의 공간분포가 (+)로 클러스터한 부분들이 뚜렷하게 나타나고 있는 반면에 공간오차모형에서는 뚜렷하게 나타나지 않고 있어 공간시차변수가 투입됨으로서 공간적 자기상관성이 보정되었음을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구는 토지시장의 핵심 변수인 토지가격변동률과 토지거래량을 이용하여 토지시장에 대한 공간적 자기상관성을 검증하고 공간회귀모형을 통해 공간효과를 확인하였다.

분석결과, 한국의 토지시장은 공간적으로 상관되는 공간효과에 의해 서로 영향을 받아 가격과 거래량이 결정되는 메커니즘을 가지고 있다는 것이 실증되었다. 공간적 효과가 지역적으로 다르게 나타나고 있음은 물론 가격변동의 클러스터 지역과 거래량의 클러스터 지역도 서로 다른 것으로 나타났다. 이는 한국의 토지시장이 공간적 자기상관성에 의해 서로 영향을 받고 있다는 것을 의미한다. 또한 그 영향의 클러스터는 공간에 따라 다름을 알 수 있었

다. 토지 정책에서 지역적 하부시장을 고려하여야 함을 의미하며, 앞으로의 시장변동을 판단하는 지표로 공간효과를 포함하여야 함을 말해 준다.

아울러 연구결과로부터 한국 토지시장에 대한 정책적 방향이 될 만한 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 부동산가격 결정이론에 공간효과를 추정하는 방법을 고안하고, 국가의 토지평가 모형에 공간효과를 투입하는 방안을 모색하여야 한다. 기존의 이론서는 부동산의 물리적 특징과 사회·경제·법률·정치적 요인을 중심으로 설명하고 있다. 본 연구의 결과 공간효과를 고려하지 않음으로서 다른 변수들이 과대 추정되는 것이 확인되었다.

둘째, 공간가중행렬에 대한 가중치 즉 공간효과를 개별공시지가 산정을 위한 토지가격비준표에 반영하여야 한다. 서수복·곽성남(2014)의 연구에 의하면 토지가격비준표를 작성하기 위한 토지가격 헤도닉 모형(Hedonic Price Model)의 설명력이 현저히 낮아 토지가격비준표가 비현실적이라는 것이다. 그 이유는 모형에 투입된 변수가 토지의 물리적 특성만을 나타내는 경우가 대부분이고 인접성을 반영할 수 있는 시설과의 거리나 도로 접면의 변수가 가변수와 뒀으로서 변수의 수는 많으나 통계적 유의도는 물론 모형의 설명력을 떨어뜨리고 있기 때문이다. 만약 이러한 거리나 접면을 나타내는 변수들의 수를 대폭 축소하고 표준지를 중심으로 한 공간가중행렬을 구축하여 이를 가중치로 활용한다면 토지가격비준표가 매우 심플해지고 정확도가 높아질 것으로 예상된다. 본 연구결과 시설거리나 도로 접면의 성격을 가진 공간효과가 토지시장의 상당부분을 설명하고 있음이 확인되었기 때문이다.

셋째, 지가관련 정책에 가격과 거래량의 공간효과를 고려할 필요가 있다. 가격과 거래량은 서로 상관관계가 높다는 것이 일반 이론이나 본 연구에서의 가격과 거래량 변동에 관한 클러스터는 공간

적으로 매우 다른 것으로 나타났다.

본 연구는 기존 연구와 달리 기초행정단위 전체의 공간자료를 분석하여 토지시장의 공간효과를 실증함으로써 토지정책에 대한 방향을 제시하였다는 점에서 차별성을 갖는다. 그러나 공간적으로 완전한 자료가 없어 모형에 투입된 변수가 제한적이었다는 한계를 갖으며 차후 시공간적 연구가 필요하다.

- 주1. 공간자료가 가진 특성으로 인해 나타나는 공간적 의존성(spatial dependence)과 지역적으로 서로 다른 입지적 특성으로 인하여 나타나는 공간적 이질성(spatial heterogeneity)으로 구분.
- 주2. 종속변수의 관측치나 오차는 서로 독립적이고, 잔차는 공간상에서 서로 상관되어 있지 않아야 한다.
- 주3. 거리는 공간 데이터에서 각 지역 행정구역의 중심 간 거리를 측정한다. GeoDa는 자동적으로 중심 간 거리를 계산하여 행렬을 만들며 임계거리(Threshold Distance)의 최소값이 자동적으로 생성된다.
- 주4. 인접해 있는 지역의 공간단위들이 가지는 값의 평균치(정진성·황의갑, 2010).
- 주5. 값은 -1과 1 사이의 값이며 -1은 완전한 음의 자기상관관계가 있다. 1에 가까울수록 높은 유사한 값들을 갖고 있는 지역들이 공간적으로 밀접해 있는 경향이 강하고, -1에 가까울수록 높은 값과 작은 값을 가지는 지역들이 규칙적으로 섞여서 분포하는 공간패턴이라 볼 수 있다. 임의적이고 독립적인 분포가 나타나면 0에 가까운 값을 가진다(이희연, 2012; 598).
- 주6. 높은 값 주변에 높은 값이 존재하는 HH유형(high-high), 낮은 값 주변에 낮은 값이 존재하는 LL유형(low-low), 높은 값 주변에 낮은 값이 존재하는 LH유형(low-high), 낮은 값 주변에 높은 값이 존재하는 HL유형(high-low)이다. 따라서 국지적인 차원에서 공간적 군집은 주로 HH와 LL유형을 말하며, LH와 HL은 공간적 이례지역이라고 볼 수 있다.

인용문헌

References

1. 김진·서충원, 2009, “오피스 임대료 추정에 있어서 공간자기상관에 관한 연구”, 「국토계획」, 44(2): 95-110.
2. 박종기·이상경·강승일, 2011, “오피스 가격 결정요인에 관한 연구(거래특성과 공간자기상관을 중심으로)”, 「부동산연구」, 21(3): 91-108.
3. 서수복·곽성남, 2014, “오피스 가격 결정요인에 관한 연구(거래특성과 공간자기상관을 중심으로)”, 「부동산연구」, 21(3): 91-108.
4. 손학기, 2008, “투기과열지역의 공간패턴 모형화”, 「대한지리학회지」, 43(1): 104-116.
5. 이희연·노승철, 2012, 고급통계분석론, 서울: 법문사.
6. 정대영·손영기, 2009, “공간자기상관기법을 이용한 근린상권의 공간특성분석”, 「한국지형공간정보학회지」, 17(1): 141-148.
7. 정진성·황의갑, 2010, “살인범죄의 원인에 대한 거시적 분석: GIS를 활용한 공간회귀모델링”, 「형사정책」, 22(1): 157-184.
8. Jung, J.S. & Hwang, E.G., 2010, “Macro-Level Spatial Autocorrelation in Estimation of Office Rentals in Seoul”, *Journal of Korea Planners Association*, 44(2): 95-110.
9. Kim, J. & Shu, C.W., 2009, “A Study on the Spatial Autocorrelation in Estimation of Office Rentals in Seoul”, *Journal of Korea Planners Association*, 44(2): 95-110.
10. Park, J.K., Lee, S.K., Kang, S.I., 2011, “Determinants of Office Prices(Focus on Transaction Factors and Spatial Autocorrelation)”, *Korea Real Estate Review*, 21(3): 91-108.
11. Seo, S.B. & Gwak, S.N., 2014, “A Study on the Adequacy of Standard Comparison Table of Land Price by Hedonic Price Model”, *Journal of Korea Planners Association*, 49(5): 187-204.
12. Sohn, H.G., 2008, Modeling Spatial Patterns of an Overheated Speculation Area, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(1): 104-116.
13. Lee, H.Y. and Rho, S.C., 2012, *Theory for Advanced Statistical Analysis*, Seoul: Bubmunsu.
14. Jung, D.Y. & Son, Y.G., 2009, “A Analysis on the Spatial Features of the Neighborhood Trade Area using Positive Spatial Autocorrelation Method”, *Journal of The Korea Society For Geospatial Information System*, 17(1): 141-148.
15. 정진성·황의갑, 2010, “살인범죄의 원인에 대한 거시적 분석: GIS를 활용한 공간회귀모델링”, 「형사정책」, 22(1): 157-184.
16. Jung, J.S. & Hwang, E.G., 2010, “Macro-Level Spatial Autocorrelation in Estimation of Office Rentals in Seoul”, *Journal of Korea Planners Association*, 44(2): 95-110.

- Study on the Cause of Homicide Rate: Nationwide Analysis Using Spatial Regression Model", *Korean Journal Of Criminology*, 22(1): 157-184.
8. 최열·이백호, 2006, "공간자기상관과 주변 용도지역에서 접근성을 고려한 주거지 내 지가 추정에 관한 연구", 「국토계획」, 41(5): 45-61.
 - Choi, Y. & Lee, B.H., 2006, "A Study on the Estimation of Land Price Considering Characteristic of the Adjacent Land Use and Spatial Autocorrelation in Residential Zone", *Journal of Korea Planners Association*, 41(5): 45-61.
 9. 최열·이재송, 2014, "공간회귀모형을 이용한 산업 및 용도지역 특성과 환경오염과의 상관관계 분석", 「국토계획」, 49(1): 247-261.
 - Choi, Y. & Lee, J.S., 2014, "Correlates between Industries and Zoning Characteristics and Environmental Pollution Employing Spatial Regression Model", *Journal of Korea Planners Association*, 49(1): 247-261.
 10. Anselin, L., 1988, *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
 11. Anselin, L., 1995, "Local Indicators of Spatial Association: LISA", *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
 12. Anselin, L., 2003, *GeoDa™ 0.9 User's Guide*, Center for Spatially Integrated Social Science.
 13. Anselin, L., 2005, *Exploring Spatial Data with GeoDATM: A Workbook*, Center for Spatially Integrated Social Science.
 14. Berry, B.J.L., 1971, "Problems of data organization and analytical methods in geography", *Journal of the American Statistical Association*, 66: 510-523.
 15. Cellmer, R., 2014, "Use Of Spatial Autocorrelation To Build Regression Models Of Transaction Prices", *Real Estate Management and Valuation*, 21(4): 65-74.
 16. Conway, D., Li, C.Q., Wolch, J., Kahle, C., Jerrett, M., 2010, "A spatial autocorrelation approach for examining the effects of urban green space on residential property values", *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 41(2): 150-169.
 17. Dubin, R., 1992, "Spatial autocorrelation and neighborhood quality", *Regional Science and Urban Economics*, 22: 433-452.
 18. Liu, Z.G., Li, M.C., Sun, Y., Ma, W.B., 2006, "Study on spatial autocorrelation of urban land price distribution in Changzhou city of Jiangsu Province", *Chinese Geographical Science* 16(2): 160-164.
 19. Moran, P., 1950, "Notes on continuous stochastic phenomena", *Journal of Royal Statistical Society(B)*, 10: 243-251.
 20. Tobler, W., 1970, "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46(2): 234-240.
 21. Vandell, K.D., 1995, "Market Factors Affecting Spatial Heterogeneity among Urban Neighborhood", *Fannie Mae, Housing Policy Debate*, 6(1): 103-139.
 22. Xin, L. & Zheng, S., 2014, "Spatial Analysis and Spatial House Price Index Construction: Evidence from Chengdu Housing Market", *Proceedings of the 17th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate* : 1207-1217.

Date Received 2014-08-31
 Reviewed(1st) 2014-09-30
 Date Revised 2014-10-05
 Reviewed(2nd) 2014-11-04
 Date Accepted 2014-11-04
 Final Received 2014-11-10