

공간구문론 및 지리적 가중회귀 기법을 이용한 지가분석*

김혜영¹ · 전철민^{1*}

Land Value Analysis Using Space Syntax and GWR*

Hye-Young KIM¹ · Chul-Min JUN^{1*}

요약

요 약

대부분의 지가분석 연구들은 접근성 변수로서 단순 직선거리를 사용하고, 분석방법으로는 OLS를 사용하는 것을 볼 수 있다. 그러나 단순한 거리개념의 접근성을 밀집된 도시지역에 적용시키는 것은 도로 네트워크의 특성을 반영하지 못하는 한계가 있으며, 또한 일반데이터를 위한 분석방법인 OLS는 공간데이터가 가진 공간효과를 고려하지 못하는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 개선된 접근성 변수의 개발과 공간효과를 반영한 분석기법에 초점을 두어 지가를 분석하였다. 이를 위해 첫째, 접근성 변수인 도로는 단순한 거리가 아닌 도로네트워크 형태를 고려한 기법인 space syntax를 도입하였다. 둘째, 공간효과를 고려한 GWR을 OLS와 비교하여 분석하였다. 셋째, MAUP 이론을 고려하여 크기가 다른 grid-cell을 이용한 공간단위를 설정하였으며, 이를 강남구에 적용하였다. 더 나아가 각 cell별로 OLS를 통해 독립변수들의 전반적인 영향력을 해석하고, 각 계수들을 국지적인 분석과 도식화가 가능한 GWR을 통해 표현하였다. 분석결과, 접근성 변수는 지가분석에 유의한 결과를 보였으며 GWR이 OLS보다 개선되었고, 공간단위설정에 따라 결과 값이 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 지가, 공간구문론, 지리적 가중회귀, 공간효과, 공간단위설정문제

ABSTRACT

Existing studies on land values tend to show the use of simple euclidean distances as the accessibility variable and OLS as the analysis method. However, applying such euclidean distance-based accessibility to dense CBD areas has limitations in the incorporating the characteristics of network structure whereas using OLS, the typical

2012년 3월 5일 접수 Received on March 5, 2012 / 2012년 4월 5일 수정 Revised on April 5, 2012 / 2012년 4월 18일 심사완료 Accepted on April 18, 2012

* 본 연구는 공간정보 전문인력 양성사업과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2009-413-D00001).

1 서울시립대학교 공간정보공학과 Dept. of Geoinformatics, University of Seoul

* Corresponding Author E-mail : cmjun@uos.ac.kr

method for non-spatial data, tends to exclude spatial effects of spatial data. In this study, we analyzed land values focusing on the revised accessibility variables and the analytical technique that can include spatial effects. First, we adopted space syntax theory in order to consider not simple shortest distances along the streets but distances based on street network structure. Second, we compared OLS with GWR that includes spatial effects. Third, we used different size grid-cells for the spatial units considering MAUP theory and applied them to Gangnam-gu area. Each cell was analyzed for overall influence of independent variables using OLS, and coefficients were presented by GWR which enables local analysis and visualization. As a result, we found that suggested accessibility variables have a meaningful effects for land value analyses, and we were able to verify that GWR produces improved results compared to OLS. Also, we observed that the resulting values vary depending on the sizes of spatial units.

KEYWORDS : *Land Value, Space Syntax, GWR, Spatial Effects, MAUP*

서론

도시공간은 복합적인 요인으로 이루어졌으며 도시내부에서도 서로 다른 고유한 공간을 형성하고 있다. 이에 많은 연구자들은 공간구조를 분석하기 위해 지가를 사용하고 있다. 지가가 도시구성 요소들 간의 상호관계를 포괄하는 결정체이며, 도시의 사회·경제적 특성을 함축적으로 표현해 주면서 도시공간이 가지는 종합적인 성격을 내포하는 단일지표이기 때문이다(민웅기, 2007).

하지만 대부분의 지가분석 연구들은 공간데이터분석에 일반데이터를 통한 분석방법을 그대로 적용하고 있어 공간데이터가 가지는 공간효과(spatial effects)를 외면하고 있다. 이 공간효과는 공간적 의존성(spatial dependence)과 공간적 이질성(spatial heterogeneity)으로 구별한다(Anselin, 1988). 공간적 의존성은 종속변수끼리 상관관계를 가지게 되는 경우로 공간단위가 인접해 있을수록 연관성이 더 강하게 나타나는 것을 말한다(이성우, 2006). 특히, 공간적 의존성의 존재는 공간단위를 어떻게 정의하여 데이터를 수집하고 구축하느냐에 따라 분석결과가 달라질 수 있다는 MAUP(Modifiable Areal Unit Problem)

이론과 관련된다(Openshaw, 1984). 또한 공간적 이질성은 종속변수의 결정에 미치는 영향이 공간에 균일하게 나타나지 않는 것을 말한다. 즉, 도시공간의 특성이 공간마다 다름에도 불구하고 동이나 구와 같이 전체를 단일한 방법으로 분석하면 오차를 증가시키는 문제가 발생하는 것이다. 지가분석에 공간데이터 사용이 보편화되면서 이러한 공간효과를 고려하기 위한 관심이 커지고 있다.

또한 지가분석은 입지의 중요성을 강조하고 도시지가가 접근성에 의해 결정된다는 허드(Richard M.Hurd)를 비롯한 여러 이론들에 의해 접근성이 중요한 요소로 여겨진다. 기존 연구들은 접근성변수를 도심·부도심과 같이 특정지역으로의 접근을 택하였다. 이는 내재적으로 도시공간이 단핵이라는 것을 가정하는 것이며, 대체로 의미 없는 결과를 보여주면서 문제가 제기되었다. 이후 지가분석의 영향력을 높이하고자 특정시설로의 접근을 사용하기 시작했지만 단순한 직선거리 개념에 그쳤다.

따라서 본 연구의 목적은 적절한 접근성 변수를 제시하고, 공간효과를 고려하여 지가를 분석하는 것이다. 이를 위해 첫째, 접근성변수는 단순한 거리가 아닌 도로네트워크 형태를 고려한 공간구문론(space syntax)을 도입한다. 둘째, 공간효과를 고려한 지리적 가중회귀(GWR

: Geographically Weighted Regression)를 전역적회귀(OLS : Ordinary Least Square)와 비교하여 분석한다. 셋째, 강남구에 MAUP 이론을 고려하여 크기가 다른 grid-cell로 공간단위를 설정한다. 더 나아가 각 cell별로 OLS를 통해 독립변수들의 전반적인 영향력을 해석하고, 각 계수들을 국지적인 분석과 도식화가 가능한 GWR을 통해 표현하는 것이다.

선행연구 고찰

본 연구는 지가분석을 위해 두 가지에 초점을 두었다. 첫째, 적절한 접근성변수로 space syntax를 도입하고자하였다. 둘째, 공간효과를 고려한 분석방법 중 주목 받고 있는 GWR을 사용하고자하였다.

첫 번째로 최근 space syntax에 의해 산출된 공간구조속성이 통행량이나 지가 등과 밀접한 관계를 갖는다는 연구들이 진행되었다. Hillier *et al.*(1987)와 Peponis *et al.*(1990)는 공간구조속성 중 통합도(integration)가 물리적, 인지적 접근성과 밀접한 상관성이 있다는 것을 입증하였다. 김영옥(2003)은 인사동 지역의 보행자 및 차량통행량이 통합도와 상관성이 있음을 증명하였다. 지가와 관련하여 임현식 등(2002)는 인사동을 대상으로 축선도(axial map)에 상응하는 공시지가의 평균값과 공간구조속성들의 상관관계에서 전체통합도(global integration)가 가장 관련 있음을 보였다. 문종민(2004)도 서울 도심지역의 토지이용, 입지강도, 공시지가와의 상관관계에서 전체통합도가 관련이 높다고 보였다. 이 연구들은 단일요소간의 상관성 검증에 그쳤지만, 접근성변수로 주목받기 시작했다.

지가분석을 위해 통합도를 독립변수들 중 하나로 사용한 연구로 정찬희 등(2010)는 재산세, 도심·부도심·일반상업과 공시지가의 관계에서 통합도를 추가하여 다중회귀분석의 설명력을 향상시킨다고 확인하였다. 또한 이인혜(2010)는 토지특성조사항목의 변수들과 공간구조속성들 중 변수 설명력의 유효성을

고려하여 지가산정모형을 도출하였다. 이와 같이 space syntax가 지가분석을 위한 독립변수로도 유용한 것을 보였으며, 특히 공간구조속성 중 전체통합도가 접근성변수로 지가와 가장 관련 있다는 결과를 도출하였다. 따라서 본 연구는 공간구조속성 중 전체통합도를 사용하여 토지이용, 밀도 등의 요소를 함께 분석하였다.

두 번째로 GWR은 공간데이터를 다루는 다양한 분야에서 측정문제에 관심을 두고 사용되기 시작하였다. GWR 방법을 사용하여 지가를 분석한 사례는 많지 않으며, GWR이 OLS보다 유용함을 증명하고자 이 둘을 비교하는 연구가 진행되어왔다. Farber and Yeates(2006) 등은 GWR이 OLS보다 통계적 설명력이 높고, 공간적 이질성 패턴을 명확하게 보여주고 있음을 증명하였다. 또한 정우화(2009)는 대중교통이용자의 체류공간분포를 인구, 주택, 사업체수, 종사자수와 동별로 분석하였고, 조동기(2009)는 건강 관련 삶의 질 지수를 노령인구비율, 조이혼율, 병상수, 재정자주도와 시별로 분석하였다. 지가를 분석하기 위해 사용된 사례로 손지원(2010)은 서울 주거지역의 표준지에서 주변 특성시설과의 거리를 분석하였다. 강찬덕(2010)은 아파트 실거래 가격을 주택, 교통 및 입지, 교육, 사회경제 특성과 분석하였다. 이 연구들은 OLS와 GWR을 모형의 부합도, 공간적 자기상관 측정, 분산분석 등의 방법을 통하여 비교하였으며, 이에 대한 결과로 GWR이 OLS보다 향상된 것을 보여주었다. 또한 GWR을 통해 국지적으로 일어나는 속성들을 도식화하여 설명하였다. GWR은 OLS보다 유용한 결과 값을 보이며 도식화가 가능하다는 장점이 있지만, GWR과 OLS는 분석방법의 특성이 다르기 때문에 함께 사용하는 것이 좋다. 따라서 본 연구는 지가를 분석하기 위해 OLS와 GWR을 비교하고, OLS를 통한 전반적인분석과 GWR을 통해 도식화하여 국지적으로 분석하였다.

이론적 고찰

1. Space Syntax

Space syntax는 영국 런던대학교의 힐리어(Hillier and Hanson, 1984; Hillier 1996; Hillier 2007) 교수 연구팀에서 개발하였으며 공간구조형태를 객관적으로 분석하는 이론 및 일련의 방법을 말한다. 즉, depth를 기본인자로 이용하여 인간이 공간을 인지하고 사용하는 행태에 대한 이해를 기반으로 각 공간의 상대적인 접근성을 정량적으로 해석하는 방법이다. Depth는 특정 공간에서 다른 공간으로 이동할 때 거치게 되는 최소한의 축선(axial line)의 수, 상대적인 거리의 기본단위를 말한다.

Space syntax를 활용하여 도로망을 포함한 오픈스페이스의 체계에 따른 공간구조속성을 정량적으로 계산하기 위해서는 그림 1과 같이 축선도(axial map)를 작성해야한다. 축선도는 분석범위내의 모든 공간을 포함하는 '최소한의 개수로 최대한 긴 직선'의 축선들로 이루어진다. 축선도를 작성하면 해당 축선을 지나가는 도로의 수에 따라 속성 값이 산출된다. 이는 depth를 바탕으로 모든 공간으로의 깊이의 합인 Total depth를 구할 수 있다.

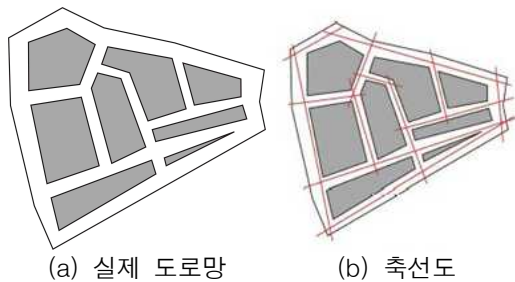


FIGURE 1. 축선도(axial map) 작성

이런 공간의 수와 Total depth를 기본으로 공간구조상의 중심은 분석대상지역의 전체 공간에서의 접근성에 의해 계산하며 이 접근성을 전체통합도(global integration)라 정의한다. 전체통합도는 분석대상 범위내의 축선도

에 표현된 모든 축선들을 기점이자 종점으로 가정했을 때, 한 축선에서 다른 모든 축선으로의 공간depth를 기준으로 계산한다. 이는 특정 단위공간이 전체공간구조상 접근성이 크다는 것을 의미한다.

2. GWR

GWR은 국지적인 공간지역 회귀모델의 집합체를 나타내는 것으로서 각 공간마다 회귀계수 값을 기술하는 회귀분석 방법이다(Fotheringham *et al.*, 2002). 회귀계수가 공간적으로 다르다는 것을 전제로 연구지역에서 회귀분석의 중심점을 선정하고 중심점으로부터 기준거리 내에서 회귀분석을 시행한다. 즉, GWR의 회귀계수는 상수가 아니라 거리의 영향에 의해 각 지리적 위치 i 지점에 따라 구해진다.

GWR은 전역적회귀식에 좌표(u_i, v_i)를 부여하여 식 (1)과 같이 확장된 식으로 정리할 수 있다. 이는 분석이 주어진 위치에 대해 이루어지고 그 위치에 대해서만 의미하여 국지적분석이 가능하다.

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

‘지리학 제1법칙’에 기초하여 회귀계수 β_k 는 위치에 따라 가중치가 부여된다. 위치 i 의 특정 범위내의 주변 값들과 근린가중치 행렬 $W(i)$ 을 바탕으로 추정 식 (2)에 의해 회귀계수가 결정된다.

$$\hat{\beta}(i) = (X^T W(i) X)^{-1} X^T W(i) Y \quad (2)$$

근린가중치 행렬 $W(i)$ 의 각 요소는 가중합수인 커널(kernel)에 따라 계산된다. 커널은 일반적으로 가우스 형태를 사용하며 그림 2와 같이 여러 회귀점을 할당하고 각 회귀점을 기준으로 일정한 거리 내의 사례에 대한 가중치를 준다. 가중치 w_{ij} 는 회귀점에서 주변의 데

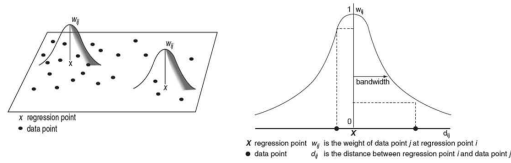


FIGURE 2. 커널(kernel) 함수
(출처: Fotheringham *et al.*, 2002)

이터 점과의 거리 d_{ij} 차이에 따라 결정되며, 인접할수록 큰 값을 부여한다. 이러한 커널함수를 사용하면 연속적이면서도 부드러운 모습을 띄는 가중치 값들을 얻을 수 있게 되고 실제의 현상을 잘 반영한다고 볼 수 있다. 커널은 fixed kernel과 adaptive kernel방식이 있다. 가중치를 만드는 대역폭(bandwidth)이 고정되어 있는 경우는 fixed kernel이고, 사례수에 따라 다른 대역폭을 적용하는 경우는 adaptive kernel이다. 대역폭이 적정 대역폭보다 작으면 추정치를 구하는 사례가 충분하지 않은 기울기가 가파른 그래프 형태를 가진다. 반면에 적정 대역폭보다 커지면 기울기가 완만한 그래프로 공간적 변이를 고려하지 않는 OLS 방법에 근사하게 된다.

데이터 구축

1. 대상지 및 공간단위

본 연구는 서울의 부도심 역할을 담당하고 있는 강남구를 대상지로 선정하였다. 강남구는 토지구획정리사업이 실시된 계획된 지역으로 도로망이 규칙적으로 잘 발달되었다. 현재 강남구 면적은 39.55km²이며 균형 있는 토지이용과 편리한 입지적 조건을 갖추고 있다. 강남구 행정동은 계속적으로 변화하였고 행정경계가 주로 도로나 하천과 같은 경계에 의해 분할되어있다. 이에 원활한 데이터 구축을 위해 본 연구에서는 행정구역이 아닌 cell로 공간단위를 설정하였다.

또한 공간단위는 MAUP 이론 중 스케일효과(scale effects)를 고려하여 그림 3과 같이

150m, 300m, 600m 크기의 grid-cell로 분할하였다. 이는 각각 2,112개, 528개, 132개의 cell을 생성하였다. 평균면적 1.8km²인 22개의 행정동에 비하여 작은 공간단위로 더 세부적인 분석결과를 보이고자하였으며, 각각 다른 cell 크기로 MAUP 이론이 존재하는 결과를 살펴보고자 하였다.

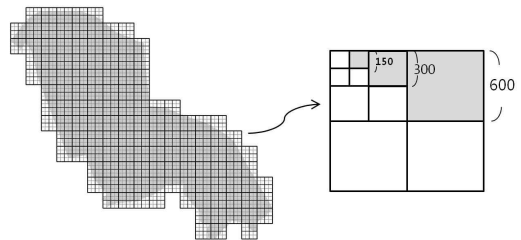


FIGURE 3. 공간단위 설정

2. 데이터 구축 및 가공

지가는 일반적으로 접근성과 입지가 좋고 밀도가 높을수록 상승되며 토지용도에 따라 차이가 나타난다. 이를 고려하여 지가에 대한 독립변수들은 도로, 역세권거리 그리고 주거시설과 상업·업무시설, 문화·교육시설, 기피시설의 연면적으로 설정하였다. 또한 분석에 앞서 종속변수인 지가에 대한 각 독립변수와의 결과를 다음과 같이 가정하였다. 첫째, 지가는 도로의 접근성이 좋고 주거, 상업·업무, 문화·교육시설들의 연면적이 증가할수록 상승할 것이다. 둘째, 지가는 기피시설의 연면적이 증가하고 역세권에서 거리가 멀어질수록 하락할 것이다. 다음과 같이 지가를 분석하기 위해 7개의 데이터를 구축 및 가공하였다.

1) 지가

종속변수인 지가는 2006년도 서울시의 수치지적도와 개별공시지가를 연결하여 구축하였다. 이를 공간단위인 cell별로 가공하기 위해 지가 가중평균을 사용하였다. 각 cell안에 차지하는 필지의 비중이 다르기 때문에 차지하는 비중을 고려하지 않고 단순히 cell안에

포함하고 있는 필지의 평균값으로 부여한다면 그만큼의 잘못된 값이 나올 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 cell에 값을 부여하기 위해 각 cell안에 차지하는 필지비중에 따라 가중치를 부여한 지가 가중평균값인 식 (3)을 사용하였다.

$$y = \sum_{i=1}^k (w_i \times x_i) / \sum_{i=1}^k w_i \quad (3)$$

y : 지가 가중평균
 w_i : 필지의 면적
 x_i : 필지의 지가
 k : cell안의 총 데이터 개수

2) 도로

독립변수 중 도로는 도로의 형태를 파악하기 위해 2009년도 서울시 KOTI의 도면자료를 사용하였다. 본 연구에서는 space syntax 이론을 도입하여 그림 4와 같이 축선도를 작성하고 공간구조속성들 중 전체통합도를 사용하였다.

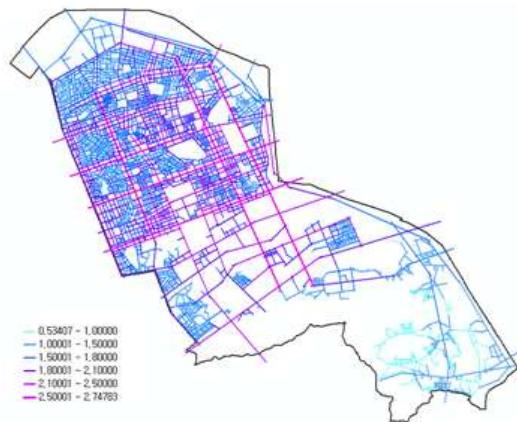


FIGURE 4. 강남구 축선도

강남구 축선은 2,318개로 이루어졌으며, 전체통합도의 평균값은 1.5366, 최대값은 2.7478, 최소값은 0.5341이다. 그림 4의 축선도와 같이 전체통합도 값은 축선들에 포함되고 있으며, 붉은색 계열은 전체통합도가 높

다는 것을 의미한다. 따라서 cell별로 식 (4)처럼 축선길이의 비중에 따른 전체통합도 가중평균값을 사용하여 가공하였다.

$$y = \sum_{i=1}^k (w_i \times x_i) / \sum_{i=1}^k w_i \quad (4)$$

y : 전체통합도 가중평균
 w_i : 축선의 길이
 x_i : 전체통합도 값
 k : cell안의 총 데이터 개수

3) 시설

각 4가지 시설들은 건축물자료에서 면적을, 건축물대장에서 용도와 층을 사용하여 구축하였다. 주거시설은 11,679개이며 평균연면적은 1,421㎡, 최대, 최소연면적은 각각 238,936㎡, 24㎡이다. 상업·업무시설은 8,604개이며 평균연면적은 1,662㎡, 최대, 최소연면적은 각각 356,691㎡, 28㎡이다. 문화·교육시설은 797개이며 평균연면적은 2,813㎡, 최대, 최소연면적은 각각 247,852㎡, 7㎡이다. 기피시설은 87개이며 평균연면적은 2,635㎡, 최대, 최소연면적은 각각 48,013㎡, 13㎡이다. 시설들은 각 cell별로 식 (5)처럼 연면적을 가공하였다.

$$y = \sum_{i=1}^k (w_i \times x_i) \quad (5)$$

y : 시설의 연면적
 w_i : 건물의 면적
 x_i : 건물의 층
 k : cell안의 총 데이터 개수

4) 역세권거리

역세권범위는 일반적으로 거리에 의해서 정해지며, 도시계획법에서는 반경 500m를 역세권의 범위로 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 지하철역에서 반경 500m씩 증가시켜 역세권범위를 설정하였으며, 역세권범위에 포함되는 면적들은 지하철역에서의 거리 값을 가지고 있다. 이를 각 cell별로 값을 부여하기 위해 역세권거리 가중평균을 식 (6)과 같은

식으로 계산하였다.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^k (w_i \times x_i)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (6)$$

y : 역세권거리 가중평균
 w_i : 역세권 면적
 x_i : 역세권 거리
 k : cell안의 총 데이터 개수

결과비교 및 분석

1. OLS와 GWR 비교

GWR 분석결과가 OLS보다 공간효과를 더욱 잘 설명해준다는 것을 확인하기 위해서는 평가과정을 거쳐야한다. 이에 본 연구에서는 모형의 부합도, 잔차의 자기상관을 측정하는 방법을 사용하였다. 또한 cell 크기별로 비교하여 MAUP 이론의 결과도 살펴보았다.

1) 모형의 부합도

모형의 부합도를 판단하기 위해 결정계수 R^2 값과 AIC지수를 사용하였다. AIC(Akaike Information Criterion)는 GWR에서 설정되는 회귀점으로부터 어느 정도의 대역폭에 있는 사례를 선택할지, 그리고 OLS에 비해 GWR 방법이 모형을 개선하는지를 판단하기 위해 사용한다. AIC지수는 Akaike(1974)가 제안하였으며 각 모형들을 비교하기 위해 사용되기 때문에 AIC값의 절대량은 의미가 없고 AIC값이 낮으면 더 나은 모형이라 평가할 수 있다. 또한 일반적으로 비교되는 두 모형에서 AIC값의 차이가 4보다 작은 경우 두 모형은 사실상 차이가 없는 것으로 본다 (Carlton and Fotheringham, 2009).

TABLE 1. 모형의 부합도 결과 비교

Cell 크기	OLS		GWR	
	R^2	AIC	R^2	AIC
150*150	0.668	66,158	0.792	65,217
300*300	0.757	16,304	0.860	16,060
600*600	0.741	4,062	0.840	4,010

먼저, 표 1의 R^2 값에서 OLS보다 GWR이 개선된 것을 볼 수 있다. 또한 대체로 cell 크기가 커질수록 R^2 값이 증가하고 있다. 일반적으로 MAUP 이론을 적용한 결과들은 공간단위가 커질수록 변수 간의 결정계수 값이 커진다고 보였다. 하지만 이 결과들과 다르게 본 연구에서는 큰 차이는 없지만 300m cell의 결정계수가 더 크게 나왔다. 이는 변수들 평균값에서 종속변수인 지가의 증가폭에 비해 각 시설들의 연면적이 크게 증가하여 600m cell에 대한 영향력이 작아졌다고 본다.

두 번째로, AIC지수는 모든 cell에서 GWR 모형이 개선된 값을 보여주고 있다. 또한 cell 크기가 작을수록 AIC지수의 차이 값이 커지고 있는 것을 볼 수 있다.

2) 잔차의 자기상관

모형의 부합도에서 각 결정계수의 값들은 0.66 이상으로 작은 것은 아니지만 공간적 자기상관이 문제가 될 수 있기 때문에 확인할 필요가 있다. 이를 위해 자기상관 분석방법 중 Moran's I의 결과를 비교하였다. 높은 지수일수록 군집으로 간주되기 때문에 잔차의 Moran's I가 높을수록 공간효과가 크게 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 잔차의 Moran's I가 낮을수록 좋은 모형이라고 볼 수 있다.

TABLE 2. Moran's I 결과 비교

Cell 크기	OLS		GWR	
	Moran's Index	Z-score	Moran's Index	Z-score
150*150	0.491	31.459	0.382	24.471
300*300	0.393	12.471	0.236	7.521
600*600	0.232	3.835	0.189	3.111

표 2에서 OLS와 GWR을 비교해보면 모든 cell 크기에서 GWR모형의 Moran's I가 더 작은 것을 볼 수 있다. 또한 cell의 크기가 커

질수록 Moran's I도 작아지는 것을 볼 수 있다. 즉, 잔차의 Moran's I를 통해서도 OLS보다 GWR이 공간효과를 고려하고 있어 더 나은 모형임을 보였다. 또한 cell 크기가 커질수록 공간효과의 영향을 덜 받는 것을 볼 수 있었다.

2. OLS 결과분석

OLS를 사용하여 각 cell 크기별로 지가분석에서 독립변수들의 전반적인 영향력과 설명력을 해석하였다. 각 변수들의 수치단위가 다르기 때문에 OLS 분석결과 중 표준화계수를 살펴보았다(표 3).

기피시설과 역세권거리의 일부분을 제외하고 모든 변수들은 0.01 수준에서 유의한 값을 보였다. 지가에 대한 변수의 영향력들은 상업·업무시설, 주거시설의 연면적, 도로의 순으로 나타났다. 도로와 주거, 상업·업무, 문화·교육시설의 연면적은 클수록 지가가 상승하는 정(+)의 값을 보였지만, 역세권거리는 역에서 멀어질수록 하락하는 부(-)의 값을 가지고 있다.

독립변수 간의 다중공선성은 VIF값이 10 이상이거나 공차한계가 0.1 이하이면 다중공선성으로 심각한 문제가 있음을 의미한다. 또한 VIF값이 1보다 꽤 크거나 공차한계가 0.2 정도라면 의심해봐야 한다. 따라서 본 연구에서는 독립변수 간의 다중공선성의 문제가 없는 것으로 파악된다.

TABLE 3. Cell별 OLS 결과

변수	Cell 크기	비표준화 계수	표준화 계수	공선성	통계량
		B	베타	공차 한계	VIF
상수	150	713,704.7			
	300	172,293.2			
	600	175,816.4			
도로	150	712,772.3	.241**	.758	1.32
	300	829,681.6	.263**	.671	1.49
	600	760,825.1	.198**	.631	1.58

주거 시설	150	51.858	.365**	.905	1.11
	300	14.716	.345**	.858	1.17
	600	4.494	.365**	.817	1.22
상업 업무 시설	150	75.669	.468**	.875	1.14
	300	23.482	.504**	.848	1.18
	600	6.115	.471**	.790	1.27
문화 교육 시설	150	156.653	.233**	.975	1.03
	300	39.560	.174**	.924	1.08
	600	11.437	.152**	.810	1.24
기피 시설	150	21.804	.010	.995	1.01
	300	-25.242	-.024	.986	1.01
	600	-16.356	-.043	.974	1.03
역세 권 거리	150	-231.946	-.099**	.864	1.16
	300	-140.790	-.063**	.803	1.25
	600	-197.149	-.093	.712	1.40

** 상관계수 0.01 수준(양쪽)에서 유의

3. GWR 결과분석

국지적분석방법인 GWR은 ArcGIS 10.0을 사용하여 각 변수들의 결정계수 및 회귀계수 값을 cell별로 도식화하여 영향력을 나타내었다. 먼저, 지가에 대한 결정계수는 150, 300, 600m인 grid-cell 크기에 대해 각각 0.792, 0.86, 0.84이지만, 국지적으로 도식화하면 그림 5와 같이 다른 값을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 전반적인 결정계수는 300m 크기의 cell이 컸지만, 지역별로 살펴봤을 때 cell의 크기가 커질수록 결정계수가 향상되고 있는 것과 지역별 영향력이 완만해지는 것을 볼 수 있었다. 그리고 국지적인 분석으로 지가의 회귀식에 대한 결정계수가 0.6 이하로 영향력이 작은 지역들은 지가에 미치는 다른 영향변수들을 고려해야 할 필요도 볼 수 있다.

또한 지가에 대한 각 독립변수들의 회귀계수 영향력은 그림 6과 같이 나타났으며, 독립변수들의 영향력들도 지역적으로 다른 것을 볼 수 있다. 더 나아가 같은 변수라도 GWR을 통해 변수의 영향력이 일부지역에선 정(+)의 관계와 부(-)의 관계가 다르게 나타난 것을 볼 수 있었다.

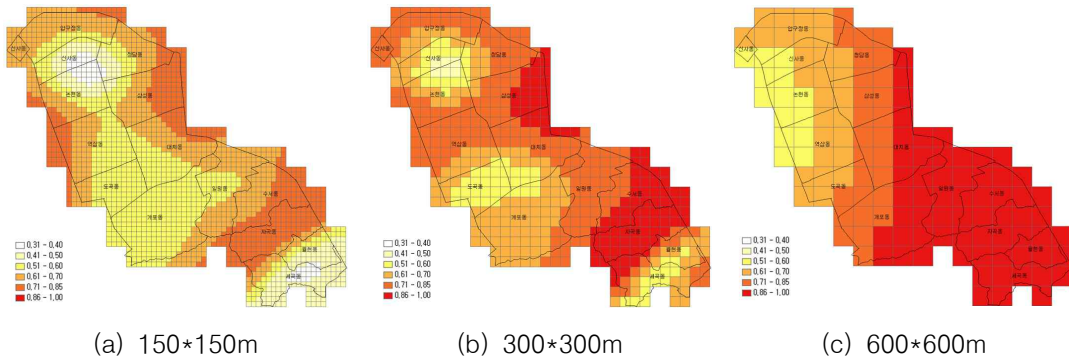


FIGURE 5. Cell별 결정계수

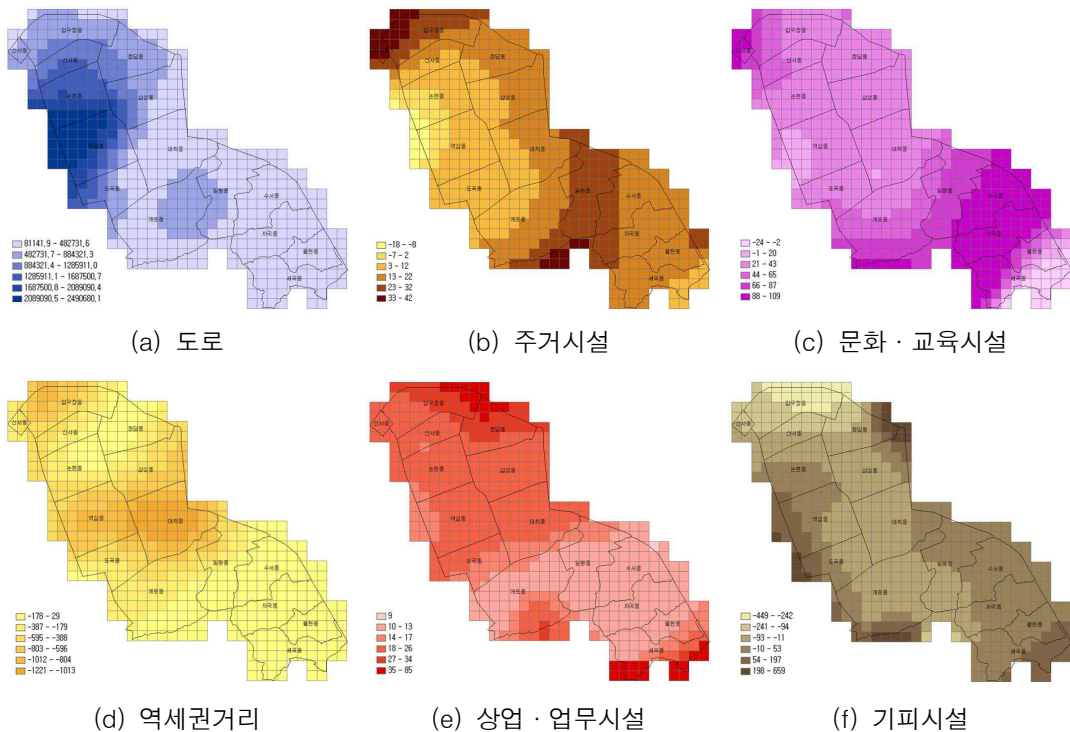


FIGURE 6. 300*300m cell의 회귀계수

결론

본 연구는 지가를 분석하기 위해 두 가지에 초점을 두었다. 첫째는 적절한 접근성변수를 찾는 것이고, 둘째는 MAUP 이론에 따른 공간단위와 공간효과를 고려하기 위한 분석방법

을 적용하는 것이다.

따라서 연구지역인 강남구를 크기가 다른 grid-cell로 공간단위를 설정하고, 종속변수인 지가를 접근성, 토지이용, 밀도 등을 고려하여 도로, 역세권거리 그리고 주거, 상업·업무, 문화·교육, 기피시설의 연면적에 대한 변수들과

분석하였다. 특히, 도로는 도로네트워크 형태를 고려한 space syntax 이론을 도입하여 공간구조속성 중 전체통합도를 사용하였다. 또한 공간효과를 고려하기 위해 GWR 분석방법을 사용하였으며 OLS와 비교하여 분석하였다.

분석결과, 접근성변수인 도로는 space syntax를 도입하여 지가분석에 유의한 결과를 보였다. 또한 OLS와 GWR을 비교분석하여 공간효과가 존재하는 것과 GWR 분석방법이 OLS보다 개선된 것을 보아 GWR이 공간효과를 고려한 분석방법임을 확인할 수 있었다. 하지만 OLS와 GWR은 분석결과에 대한 특성이 다르기 때문에 병행하여 분석하는 것이 좋다고 본다. OLS는 전역적 분석방법으로 공간효과를 고려하지 못하지만, 전반적인 독립변수들의 영향력들을 파악할 수 있다. GWR은 국지적인 분석이 가능하며 도식화하여 나타낼 수 있어서 지역별로 회귀계수의 영향력을 파악할 수 있지만, 변수들의 유의성이나 표준화계수들에 대한 결과를 볼 수 없었다. 또한 크기가 다른 cell별로 분석하여 MAUP 이론과 같이 공간단위설정에 따라 결과 값이 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구는 시가지 특성을 고려하여 지가를 분석하였으며 향후 외곽지 등 특성이 다른 지역에 적용할 필요가 있다. **KAGIS**

참고문헌

- 강찬덕. 2010. GWR 접근법을 활용한 부동산 감정평가 모형 연구 : 서울시 아파트를 사례로. 부동산연구 20(2):107-132.
- 김영옥. 2003. Space Syntax를 활용한 공간구조속성과 공간사용패턴의 상호관련성 연구. 국토계획 38(4):7-17.
- 문종민. 2004. 공간구조를 고려한 도심지역의 업종별 입지특성에 관한 연구. 세종대학교 대학원 석사학위논문. 75쪽.
- 민웅기. 2007. 지가변동에 따른 도시공간구조 분석. 전주대학교 대학원 박사학위논문. 181쪽.
- 손지완. 2010. GWR 방법을 통한 지가추정의 공간적 변동성 분석. 연세대학교 대학원 석사학위논문. 60쪽.
- 이성우. 2006. 공간계량모형응용. 박영사. 422쪽.
- 이인혜. 2010. Space Syntax를 활용한 공간구조특성의 지가산정방식 도입에 관한 연구. 세종대학교 대학원 석사학위논문. 70쪽.
- 임현식, 김영옥, 반영운. 2002. 도시공간구조와 지가의 상호관련성에 관한 연구 : 인사동 지역을 중심으로. 대한건축학회 논문집 18(7): 133-140.
- 정우화. 2009. 서울시 대중교통 이용자의 체류공간 분포에 관한 연구. 경희대학교 대학원 석사학위논문. 64쪽.
- 정찬희, 윤재훈, 최무혁. 2010. 대규모 도심·부도심정책이 도시공간발달에 미친 영향에 관한 연구 : 부도심계획 공간구조분석 및 각 생활권중심지구와의 접근성과 지가의 비교를 중심으로. 대한건축학회 논문집 26(11): 245-255.
- 조동기. 2009. 건강 관련 삶의 질의 사회인구학적 상관요인에 대한 공간분석. 한국인구학 32(3):1-20.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic control 19(6):716-723.
- Anselin, L. 1988. Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 304pp.
- Carlton, M. and A.S. Fotheringham. 2009. Geographically weighted regression : white paper. <http://ncg.nuim.ie/ncg/GWR/>

- GWR_WhitePaper.pdf.
- Farber, S. and M. Yates. 2006. A comparison of localized regression models in a hedonic price context. *Canadian Journal of Regional Science* 3:405–420.
- Fotheringham, A.S., C. Brunson and M. Charlton. 2002. *Geographically Weighted Regression: the Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley and Sons Ltd, England. 282pp.
- Hillier, B. 1996. *Space is the Machine*. Cambridge University Press.
- Hillier, B. 2007. *Space is the Machine*. Cambridge University Press. 368pp.
- Hillier, B. and J. Hanson. 1984. *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press. 293pp.
- Hillier, B., R. Burdett, J. Peponis and A. Penn. 1987. Creating life: or, does architecture determine anything?. *Architecture and Behaviour* 3(3):233–250.
- Openshaw, S. 1984. The modifiable areal unit problem. *Concepts and Techniques in Modern Geography* 38. Norwich : Geo Books.
- Peponis, J., C. Zimring and Y.K. Choi. 1990. Finding the building in wayfinding. *Environment and Behaviour* 25(5):555–590. **KAGIS**