한국지리정보학회지 9권 3호 : 67~81(2006)

GIS와 통계의 결합에 의한 부동산가격의 탐색적 분석
- 헤도닉 가격 기법을 중심으로 -

서경천[1※]

Exploratory Analysis of Real Estate Price using Tight Coupling with GIS and Statistics
- Focusing on Hedonic Price Method -

Kyung-Chon SEO[1※]

요 약

본 논문에서는 전통적 헤도닉 모델에서 나타나는 공간적 문제들을 극복하기 위한 하나의 분석적 대안을 제시한다. 도시 전체를 대상으로 하는 포괄적 모수 추정방법에서 일어나는 문제점을 극복하기 위해 중첩되는 주변지역의 개념을 도입하였고 헤도닉 모델을 효율적으로 수행하기 위해 GIS와 통계의 긴밀한 연결을 위한 서드파티 프로그램을 개발하였다. 그리고 이것을 활용하여 부동산 가격에 영향을 미치는 입지변수들의 공간적 변동을 분석하였다.

사례지역에 대해 분석한 결과, 도심의 영향력이 도시전체에 영향을 미치는 것이 아니라 도심에 영향을 받는 하부지역에만 나타나며 다른 입지변수들의 계수도 공간에 따라 차이가 있음을 보여준다. 지리정보시스템과 통계의 긴밀한 연결은 부동산가격 분석에 있어서 효율적으로 탐색할 수 있는 강력한 도구를 제공한다.

주요어 : 헤도닉 모델, 지리정보시스템, 통계, 긴밀한 연결, 중첩되는 주변지역

ABSTRACT

The present study suggests an analytical method to overcome the spatial problems that traditional hedonic methods have. The concept of overlapping neighborhoods is introduced in order to solve the problems of global parameter estimate methods that treat the whole city by the gross. Moreover, a 3rd party program for the tight coupling of GIS and statistics is developed in order to explore hedonic methods efficiently. By using these, this study analyses the spatial variation of location variables that affect the real estate price.

The results show that the influences of urban centers do not reach to the whole city, but only to the catchment areas of them. And the coefficients of location variables are different

2006년 5월 22일 접수 Received on May 22, 2006 / 2006년 7월 14일 심사완료 Accepted on July 14, 2006
1 동명대학교 건축대학 부동산개발학과 Dept. of Real Estate Development, Tongmyong University
※ 연락저자 E-mail: kcseo@tu.ac.kr

depending on the space. The tight coupling of GIS and statistics offers a powerful tool in analysing the real estate price efficiently.

KEYWORDS : Hedonic Model, GIS, Statistics, Tight Coupling, Overlapping Neighborhoods

서 론

경제 분석에서 지리적 공간과의 통합이 중요한 것은 2가지 원인에 근거한다. 하나는 많은 지역 경제변수들이 지리적 공간에서 측정되기 때문에 지리적 공간에 영향을 받게 된다는 것이고 다른 하나는 지역 경제변수의 값들이 공간상에서 일정한 행태의 공간적 패턴을 보인다는 것이다. 그러나 지역 경제변수 값의 공간분포는 전통적으로 지역 경제분석에서 고려되지 않고 무시되었다. 특히 지역 경제분석의 한 분야인 부동산 가격을 분석하는데 사용되는 헤도닉 가격기법도 동일한 공간적 문제를 가지고 있다.

주택이나 토지에 대한 가격추정에서 입지영향을 고려하는 것이 중요함에도 불구하고 이전까지의 경험적 연구에서는 공간개념이 없는 통계적 도구를 대부분 사용하였다. 하지만 근자에 이르러 지리정보시스템이 도입되고 이를 활용한 많은 공간분석이 시도되고 있고 부동산가격을 추정하는 헤도닉 모델에서도 이러한 연구동향들이 서서히 전개되고 있다.

본 논문에서는 전통적 헤도닉 모델에서 이러한 공간적 문제들로 인해 나타나는 여러 가지 문제점을 인식하고 이 문제점을 극복하기 위하여 주변지역의 중첩을 이용한 하나의 분석적 대안을 제시하고자 한다. 특히 GIS와 통계적 기법을 통합하고 헤도닉 모델을 이용한 탐색적 분석을 통하여 부동산가격에 영향을 미치는 입지변수들의 공간적 변동성을 분석하고자 한다.

기존연구고찰

1. 전통적 헤도닉에 대한 기존연구고찰

전통적인 효용극대화 이론에서, Rosen은 헤도닉 가격 함수가 존재함을 역설하였고 공급자의 제공함수와 소비자의 입찰가격함수, 그리고 헤도닉 가격의 상호관련성에 대해 기초적 개념을 제공하였다. Rosen에 의하면 서로 다른 생산자와 기호와 수입이 같지 않은 소비자가 존재함에 있어서, 헤도닉 가격 함수는 소비자의 입찰과 공급자의 공급에 의해 시장을 명백히 하는 함수(market-clearing function)로서 한계 속성 가격을 보여준다(Rosen, 1974). 헤도닉 가격 모델은 이질적 상품의 가격을 회귀시킴으로써 구축된다. 즉, 회귀에서 측정된 계수들은 헤도닉 가격이며 특성들의 시장에서의 내재된 가치로서 해석될 수 있다. 이러한 헤도닉 모델은 주택 경제학에서 다양한 목적으로 광범위하게 사용되고 있다.

일반적으로 부동산 가격을 분석함에 있어서 부동산에 영향을 미치는 요소는 접근성, 주변지역의 특성, 구조적 특성으로 나눌 수 있으며 이를 부동산 가격에 의해 회귀함으로써 구할 수 있다. 하지만 접근성과 주변지역의 특성은 위치와 매우 관련이 많기 때문에 입지적 특성과 구조적 특성으로도 재분류할 수 있다(Olmo, 1995). 이 중에서 입지는 부동산가격에 영향을 미치는 가장 중요한 결정요인이라는 것에 공간을 연구하는 학자들은 동의하고 있다.

하지만 도시 토지시장과 주택시장에서 위치의 내재된 가치를 결정하는 것은 아주 어려운 문제이다. 이는 부동산의 가치가 주변의 다양한 외부환경변수, 구조적 변수 그리고 위치적 변수들에 의해 영향을 동시적으로 받기 때문이

다. 그 중에서도 부동산의 위치 속성들에 대한 정보는 관찰하기 어려울 뿐만 아니라 계량화시키기도 쉽지 않다. 왜냐하면 수많은 외부의 효과들이 주어진 위치에 있는 토지의 필지에 작용하기 때문에 그 많은 변수들을 전부 고려할 수 없을 뿐만 아니라 이를 수치화하는데 많은 문제점이 있다는 것이다(Timothy 등, 2003).

헤도닉 가격분석을 위해 입지특성을 모델링하는 두 가지 방법이 많은 연구들에서 시도되었다. 첫째는 관찰하고자 하는 부동산을 고정시켜 놓고 입지를 모델링하기 위해 교통, 상업적 활동, 여가활동 등과 같은 특성들로부터 거리를 차별화함으로써 입지특성의 차이점을 부여하는 방법이다. 공간적 패턴을 모델상에 명확히 포함시키는 것이다. 예를 들면, 잠재적 외부성 또는 주요 도시의 결절점으로부터 거리에 대한 함수를 이용하는 형태이다. 이러한 방법은 부동산의 가격은 도시전체를 통하여 공간적으로 일정하다는 가정에 근거한다. 즉, 도시전체지역에서 입지 또는 구조변수의 계수들이 동등하게 적용되는 포괄적 모수 추정치(global parameter estimates)가 된다.

많은 연구들이 이러한 방법을 이용하여 유용한 결론에 도출하기도 하였지만 어떤 학자들의 연구에서는 이러한 방식에서 일어나는 문제점을 제기하고 있다. 이는 근린지역 또는 하부시장의 존재가능성에 따라 입지의 영향이 달라진다는 것이다.

Bender와 Hwang의 연구에서는 시카고 전체지역에 대해 헤도닉 회귀를 추정하였을 때, 예상되는 음(-)의 계수가 아닌 양(+)의 계수가 나타남을 발견하였다. 이는 근린지역으로 세분화하지 않았기 때문에 나타나는 현상으로 이해하였으며 실제로 그 연구지역을 시카고의 고용중심에 영향을 받는 하부지역(catchment area)으로 세분하였을 때 예상되는 음의 계수를 발견할 수 있었다(Bender와 Hwang, 1985). 또한 Palmquist의 연구에 의하면 부동산 가격에 영향을 주는 많은 공간적 영향들은 단지 작은 지리적 공간상에서만 영향을 미치게 된다고 하였다(Palmquist, 1992).

두 번째는 주변지역 또는 하부시장지역을 선택하여 이를 고립된 섬처럼 취급하는 방법이다. 많은 연구자들은 대도시지역 부동산 평가에 있어서는 부동산의 특성이나 그 부동산의 주변지역 또는 하부시장의 특성에 따라 서로 다른 효과를 발생시키므로, 이러한 특성에 따라 차별화하는 것이 당연하다고 주장하고 있다. Straszheim은 부동산의 특성들과 위치에 따른 가격에서의 변동은 오히려 도시부동산시장의 근본적인 특성이라고 언급하면서 이를 옹호하고 있다(Straszheim, 1975). 또한 Galster는 위치의 고정성과 다차원적 이질적 상품이라는 부동산 고유의 특성으로 인하여 일반적인 재화와는 달리 지역하부시장을 형성하며 주변지역과 상호작용하는 성질을 가지고 있다고 설명하고 있고 Evans는 개별 부동산은 서로 다른 입지를 가지며 이러한 입지의 차이가 부동산시장을 분할한다고 주장한다(Galster, 1996; Evans, 1995).

이러한 모델은 주변지역간에는 어떠한 상호작용도 없는 것으로 가정하는 것이다. 예를 들어 미국의 경우 주변지역에 대한 정보로서 센서스자료를 사용하였다면 센서스 트랙이 주변지역의 경계로 취급되고 범죄정보를 사용하고자 한다면, 범죄기록이 만들어지는 최소단위지역이 주변지역의 경계로 간주된다. 이러한 주변지역 또는 하부시장지역의 개념도 많이 사용되고 있다. 그러나 실제로 부동산에서의 주변지역은 그 부동산이 위치하고 있는 지점을 중심으로 생각하여야 한다. 즉 어느 블록이나 동(洞)의 경계에 위치한 특정부동산은 그 블록이나 동의 반대편에 위치한 지역보다는 인접하는 블록이나 동의 주변지역의 환경을 공유하는 확률이 훨씬 높게 된다.

이를 해결하기 위한 방법으로 Strange는 각 부동산은 특정 거리내에 모든 부동산들을 포함하는 그 자신의 주변지역을 가지는 중첩되는

주변지역(overlapping neighborhoods) 모델을 제시하였다. 이는 주변의 서로 다른 2개의 부동산의 주변지역은 부분적으로 겹쳐지기 때문에 특정부동산의 주변지역은 겹쳐지지 않는 다른 부동산 특성들 사이에서의 몇 가지 변화에 반응하여 변할 수 있다는 개념을 모델화하였다(Strange, 1992). 그리고 Dubin도 고정된 주변지역의 경계의 개념은 도시지역의 정확한 특성을 설명할 수 없다는 것에서 변동가능한 주변지역(sliding neighborhood)의 개념의 도입이 필수적이라 하였다(Dubin, 1998).

2. 공간통계와 GIS를 이용한 헤도닉 가격 논문 고찰

최근 몇 년 동안에 지리정보시스템의 출현으로 인하여 다양한 공간통계방법들을 이용하여 부동산 가격에서의 입지의 영향 특히, 국지적인 입지 영향에 세밀하게 감응할 수 있게 되었다. 즉 입지의 영향을 측정하기 위해 좌표(x,y)를 이용하여 공간을 탐색하는 방법으로서 많은 부동산 분석에서 여러 가지 방법이 모색되고 있다.

첫 번째로 부동산분석에 있어서 공간추정인자를 이용한 방법이다. 이는 공간상의 (x,y)좌표를 이용하여 모델내에 수용하지 못한 입지의 영향을 내면화하는 방법으로서 가중치 행렬을 이용한 SAR(Simultaneous Auto-Regression), CAR(Conditional Auto-Regression) 그리고 크리깅(kriging)기법에 근거한 GLS(Gereralized Least Square) 등이 있다. 공간추정인자 방법은 주변지역에 대하여 거리를 감안한 공간이동평균방식을 취한 가격을 모델내에 도입함으로써 반영되지 못했던 국지적으로 영향을 미치는 입지 영향인자들의 대리인자로서 유용하게 사용되었다. 사용된 공간추정인자(spatial estimator)는 헤도닉 모델에서 제기되었던 공간적 문제 즉, 공간적 자기상관 오차를 제거하는데 도움을 주는 것으로 많은 논문에서 주장하고 있다(Pace와 Barry, 1997; Pace와 Gilley, 1997; Basu와 Thibodeau, 1998). 그러나 공간추정인자의 사용은 필수적으로 대량의 데이터를 처리하는데 상당한 컴퓨터 처리능력을 요구하였을 뿐만 아니라 공간추정인자는 오직 공간적 문제를 해결하는 매개체 역할을 하였을 뿐 여전히 포괄적 모수추정의 한계를 벗어나지 못하고 있다.

공간통계와 관련한 두 번째 방법은 공간상의 (x,y)좌표를 직접적으로 이용하여 부동산 가격을 추정하는 방법이다. Jackson은 이러한 방법을 이용하여 밀워키 주택시장 연구를 수행하였다. 그는 개별필지의 크기와 입지를 연동하여 좌표(x,y)에 기초한 고차다항식 개념을 적용하였다(Jackson, 1979). 좌표를 이용하여 입지에 대한 부동산가격을 추정한 논문은 이외에도 다른 논문에서도 발견되고 있다(Olmo, 1995; Timoty 등, 2003). 이 방법은 특정 변수의 계수를 일정한 것으로 가정한 방법에 비해서는 계수의 변동 가능성을 모델내에 수용하였다는 점에서는 상당히 유연적이라고 할 수 있지만 특정 지역에 미치는 특정 변수의 영향을 해석하는 데에는 상당한 어려움이 있다.

헤도닉 모델과 관련하여 GIS를 이용한 방법으로서는 접근성 변수의 추출과 관련된 논문들이 다수가 있다. GIS는 입지변수와 접근성변수들의 측정을 크게 향상시킬 수 있는 유용한 도구이다. 앞선 연구에서 문제로 인식되었던 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)의 문제들도 입지변수의 측정문제가 한 원인으로 작용한다고 보았는데 이러한 문제들은 GIS를 이용하면 해결할 수 있을 뿐만 아니라 분석능력을 크게 향상시킬 수 있다고 주장하였으며 실제로 이를 이용한 많은 연구들이 수행되어지고 있다. 다시 말하면, GIS의 공간분석 능력은 이전까지 고려할 수 없었던 많은 주변지역의 요인들을 측정할 수 있는 유용한 도구로서 인식되고 있다(손철, 2002, Wyatt, 1997). 하지만 Rosiers 등이 퀘벡시를 대상으로 34개의 주변지역 변수들과 19개의 접근성 변수들을 GIS를

이용하여 추출한 주택가격 분석 논문에 의하면 비록 GIS를 이용한 입지변수들이 분석에서 유용한 기술적 도움을 주고 있으나 여전히 공간적 자기상관성의 문제가 나타나고 있음을 상기시키고 있다(Rosiers 등, 2000).

분석의 틀

1. 개념설정과 분석과정

본 논문에서는 먼저 도시전체지역에서의 일반성(generality) 또는 정규성(regularity)을 발견하고자 하는 포괄적 모수추정방법의 한계를 극복하기 위하여 각 공간에 따른 모수의 변동가능성을 부여하고자 한다. 왜냐하면 기본적으로 위치의 고정성을 가지는 부동산 가격 분석에 있어서 모수 추정치가 변할 것이라는 주장에는 다음과 같은 이유가 있다. 첫 번째로 추정하고자 하는 지역에서 추출된 샘플자료의 임의성 때문에 모수추정치는 변화할 수 있으며, 두 번째로 설명변수와 의존변수간의 관계가 본질적으로 공간에 따라 다양하다는 것이다. 즉 공간적 위치가 바뀜에 따라 사람들의 기호 또는 태도가 바뀌며 동일한 자극을 주더라도 지역에 따라 다른 반응이 나타난다는 것이다. 셋째, 적절하다고 생각되었던 설명변수들이 공간이 바뀜에 따라 유의한 변수가 되는가 하면 경우에 따라서는 유의하지 않은 변수로 나타나게 되어 설정의 오류(specification error)가 나타날 수 있다.

모수의 변동가능성을 허용하기 위한 주요한 방안으로써 본 논문에서는 중첩되는 주변지역(overlapping neighborhood)의 개념을 도입한다. 그리고 이 개념을 실제 분석에서 활용하기 위해서는 필수적으로 공간좌표가 도입되어야 한다. 그림 1에서 나타난 바와 같이 중첩되는 주변지역의 개념은 (i)지점에서의 주변지역과 (i+1)지점에서의 주변지역은 완전히 다른 지역으로 분리된 것이 아니라 서로 중첩되어 특정지역을 교집합으로 소유할 수 있는 개념이다. 이 개념은 특정 필지에 영향을 주는 주변지역의 개념은 고정된 것이 아니라 각 필지의 공간입지에 따라 변화될 수 있다는 가능성을 수용한다. 즉, 전체지역에 대한 단일분석이 아닌 국지적 지역을 대상으로 반복적 분석을 시도하여 공간차이에 따른 모수의 변동성을 허용하도록 하는 것이다. 이것은 전체지역을 대표하는 모수추정치의 일반성보다는 국지적 공간에서의 특이성(place specificity)을 포착하는데 상당히 유용한 분석방법이다.

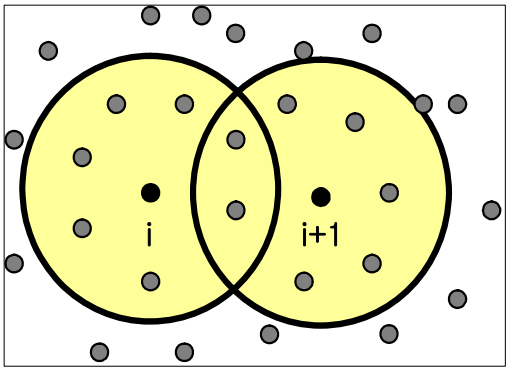


FIGURE 1. 중첩되는 주변지역의 개념

본 논문에서 제시한 분석개념은 기존의 논문들과 비교하여 방법적인 측면에서 상당한 차이를 가진다. 선행 논문들은 입지변수의 변동가능성을 살펴보기 위해 공간좌표(x,y)를 이용하였다. 식 1과 같이 변수들 중 특정 변수(S_i)에 대하여 좌표에 고차다항식을 이용하여 계수의 변동성을 파악하고자 하였다. 하지만 본 논문에서는 식 2와 같이 각 관찰지역에서의 주변지역을 설정하기 위해 공간좌표를 이용하게 된다. 공간좌표를 설명변수에 투입하는 방법은 좌표값의 변화에 의해 각 계수의 값에 영향을 줌으로서 차별화하는 반면에 여기에서 제시한 방법은 계수가 일정한 형태의 모델을 수용하지만 특정 필지에 영향을 주는 주변지역은 위치에 종속적이라는 사실에 착안하여 특정필지에서의 주변지역의 변동을 허용하는 것으로써 주

변지역에 속하는 필지샘플의 임의성에 의해 각 위치의 영향을 차별화하는 것이다.

$$P = \alpha + \sum_{k=1}^{p} \beta_k S_k + \sum_{l=1}^{q} \beta_l S_l g^j\{x, y\} \quad (1)$$

n = p + q : 가격에 영향을 미치는 변수의 총 개수
p : 입지영향을 고려하지 않은 변수
q : 입지영향을 고려한 변수
S : 변수(구조적 변수 + 입지 변수)
β : 계수
$g^j\{x, y\}$: 좌표 x,y의 j차 다항식

$$P_{(i)} = neighbor_{(i)}\left[\alpha + \sum_{k=1}^{n} \beta_k S_k\right] \quad (2)$$

$neighbor_{(i)}$: 필지(i)의 주변지역에 속한 샘플

이 방법은 또 하나의 장점이 있다. 부동산 가격분석에서 나타나는 공간적 자기상관의 문제들은 주로 도시전체지역이나 범위가 상대적으로 큰 지역을 대상으로 한 분석에서 주로 나타나는 현상이다. 따라서 국지적인 공간으로 축소시키게 되면 이 문제가 어느 정도 해소될 수 있다. 즉 보다 복잡한 분석절차를 거치는 공간통계적 방법인 SAR, CAR, Kriged GLS 등의 방법을 쓰지 않아도 분석의 신뢰성은 떨어지지 않는다는 경험적 결과가 있다. Basu와 Thidodeau가 미국 달라스 대도시를 8개의 하부시장으로 나누어 공간통계방법인 Kriged EGLS(estimated generalized least squares)와 전통적인 OLS 회귀방법을 이용하여 분석한 결과, 공간적 자기상관이 없는 2개의 하부시장에 대하여는 OLS방법이 Kriged EGLS 방법보다 나은 결과를 보여주고 있음을 확인하였다(Basu and Thibodeau, 1998).

분석과정은 그림 2와 같다. 첫째, 주변지역의 범위를 설정한다. 둘째, 설정된 주변지역에 따라 특정 필지(i)를 중심으로 설정된 주변지역에 해당하는 주변 필지의 해당여부를 검색하여 추출한다. 셋째, 추출된 필지들을 대상으로 헤도닉 모델을 이용하여 분석한다. 넷째, 분석된 결과를 데이터베이스에 저장한다. 다섯째, 다음 필지(i+1)를 중심으로 하여 설정된 주변지역에 해당하는 주변 필지의 해당여부를 검색하는 등 각 필지에 대하여 둘째에서 넷째과정을 반복하도록 한다. 그리고 분석된 내용은 분석결과가 저장된 데이터베이스와 분석에 사용된 부동산 공간객체 자료와의 연결을 통해 맵(Map)상에서 보여줄 수 있다.

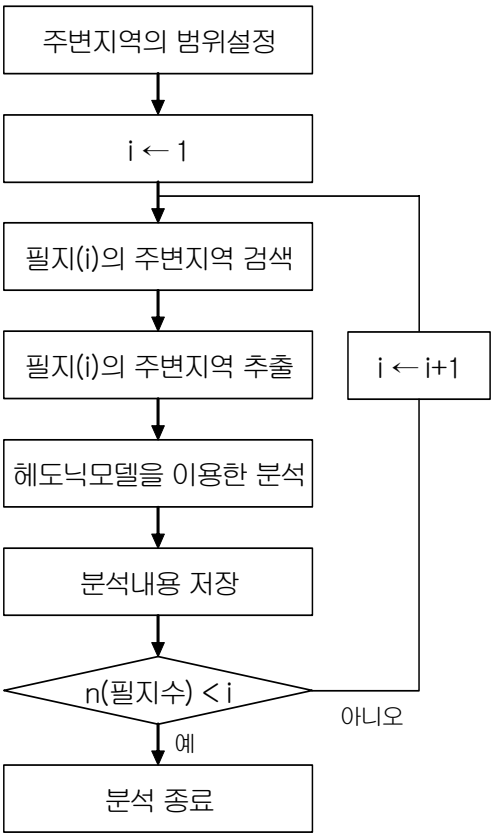


FIGURE 2. 분석의 흐름도

2. 지리정보시스템과 통계의 긴밀한 연결

본 논문에서 제시한 방법을 구체적으로 수행하기 위해서는 필수적으로 GIS와 통계가 연동되어지게 된다. 선행논문들에서는 일반적으로 각 필지별 좌표를 추출하기 위해서 또는 접근성 변수를 효율적으로 추출하기 위해서 지리정보시스템 또는 CAD시스템을 이용하였고 실제적 분석과정에 있어서는 SAS 또는 SPSS 등과 같은 통계프로그램을 이용하였다. 즉, 지리정보시스템과 통계프로그램은 부동산 분석을 위한 프로세스에서 부분적으로 그 역할 담당하는 느슨한 형태의 연결(loose coupling)을 통해 분석이 시도되었다. 하지만 본 논문에서 지향하는 분석개념으로서는 이러한 느슨한 형태의 연결은 비효율적인 과정을 거칠 뿐만 아니라 많은 분석적 노력을 필요로 하게 된다. 따라서 지리정보시스템과 통계프로그램의 긴밀한 형태의 연결(tight coupling)을 시도하여 이를 극복하고자 하였다.

지리정보시스템과 통계프로그램의 긴밀한 연결을 위해 본 논문에서는 지리정보시스템으로는 ArcGIS 9.1을 사용하였고 통계프로그램으로는 Matlab 6.5와 J.P. LeSage의 'Econometrics Toolbox'을 이용하여 분석하였다. 긴밀한 연결을 위한 방법을 활용하기 위해서 부동산가격 분석을 위한 모델을 Matlab의 COM Builder를 이용하여 COM objects(DLLs)로 전환하였고 생성된 COM objects을 이용하여 ArcGIS와 통합하고 일련의 분석과정을 자동화할 수 있도록 ArcGIS의 ArcObjects 객체를 활용한 서드파티 프로그램을 Visual Basic 6.0으로 개발하였다.

사례지역 및 분석자료

연구의 목적을 수행하기 위해 사례지역의 범위를 설정하고 사례지역내에서의 필요한 자료를 수집하였다.

사례지역의 공간적 범위는 부산광역시의 2개의 도심을 포함한 서부산권이다. 도심이 자리잡고 있는 부산진구(부전동)와 중구(남포동)를 비롯하여 북구, 사상구, 사하구, 서구, 동구 등 7개의 행정구가 여기에 해당한다. 그리고 이 지역 중에서 주거·상업·공업지역에 속하는 시가화 구역만을 한정하였기 때문에 서부산권에 해당하는 강서구는 사례지역대상에서 제외시켰다.

이 연구에서 사용된 자료는 2000년도 표준지 공시지가자료로서 표준지 2607개를 대상으로 하였다. 이 자료는 개별 필지별로 지목, 용도지역, 토지이용상황, 고저, 형상, 접면도로 등의 토지특성과 당해연도의 단위면적당 토지가격 등을 포함하고 있다. 이러한 비공간 속성자료를 활용하여 지번도(1:3000)을 활용하여 각 필지의 위치를 캐드 프로그램을 활용하여 입력하고 이를 ArcGIS를 이용하여 공간상의 (x,y)좌표를 포함한 공간자료를 구축하였다.

본 논문을 위하여 주변지역 특성변수들에는 도심 접근성변수, 초등학교 접근성변수, 중·고등학교 접근성변수 그리고 지하철 접근성변수를 사용하였다. 도심 접근성변수는 두 도심의 그 당시의 최고지가 지점을 중심으로 각 필지까지의 거리를 사용하였고 초등학교, 중·고등학교, 지하철 변수는 가장 가까운 해당 시설까지의 거리를 추출하였다. 거리는 유클리드 거리에 의한 직선거리를 사용하였다. 그리고 공간적 변동성을 탐색하고자 하는 본 연구의 목적을 위해서 토지의 구조적 속성은 제외하고 접근성 변수만을 분석에 투입하였다.

헤도닉 모델을 이용한 탐색적 분석

1. 전체사례지역의 탐색

우선 헤도닉 모델을 이용한 전체사례지역의 탐색을 위해서 저자가 개발한 서드파티 프로그램을 ArcGIS에 이식시켜 실행하였으며 그 결과를 통계전문 프로그램인 SPSS 실행결과와

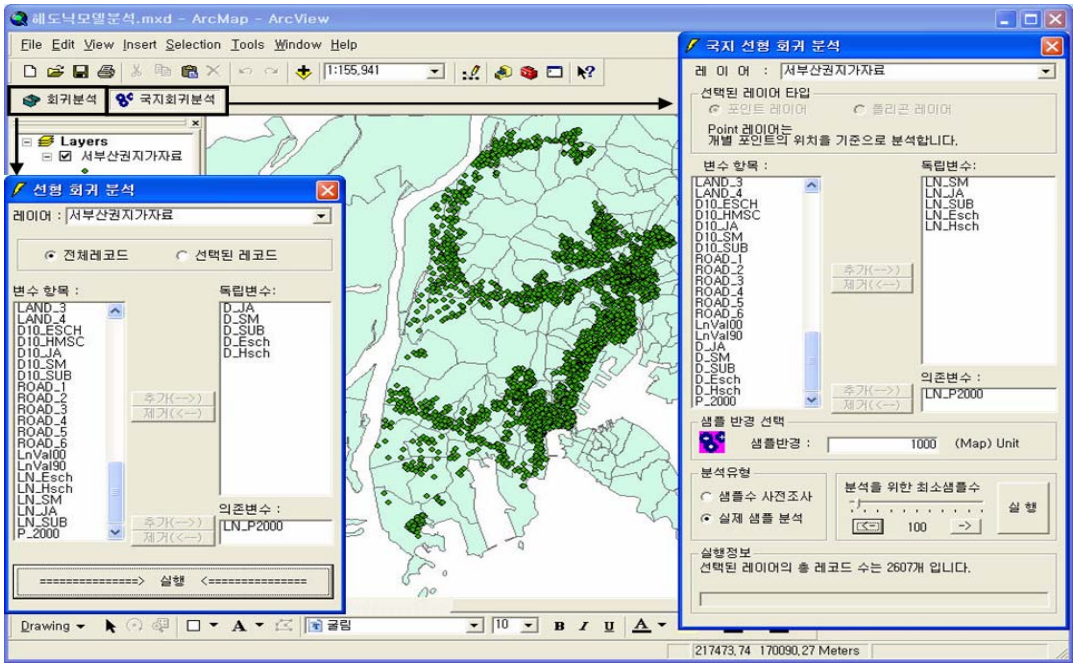


FIGURE 3. 본 연구를 위해 개발한 서드파티 프로그램과 사례지역

비교하였는데 실행결과의 차이를 보이지 않음으로써 본 프로그램의 결과치에 대한 신뢰가 있음을 확인하였다.

분석방법은 부동산가격분석에서 일반적으로 가장 많이 쓰는 헤도닉 모델로서 선형모델과, 준로그모델, 역준로그모델, 그리고 이중로그모델을 사용하여 그 결과를 그림 4와 표 1에 나타내었다.

유의성 측면에서 살펴보면, 선형 모델과 준로그 모델은 모든 접근성 변수에 대하여 유의한 것으로 나타났으나 역준로그와 이중로그 모델은 중·고등학교 접근성 변수는 부동산 가격에 영향을 미치지 않는 변수로 분석되고 있다. 이는 모델형식에 따른 함수의 설정오류가 나타날 수 있음을 의미하는 것이라 할 수 있다.

설명력 측면에서 살펴보면, 이중로그 모델의 설명력이 가장 높은 것으로 나타났으며 선형모델이 가장 설명력이 떨어지는 결과를 보이고 있다. 하지만 이러한 설명력의 단순한 비교는 종속변수의 분산이 다르기 때문에 그 수치만으로 단순비교는 의미가 없다. 본 논문에서는 이중로그모델을 이용하여 각 변수들의 공간적 변동성을 살펴보고자 하는데 이는 전체지역에서 무의미한 중·고등학교 접근성 변수가 보다 작은 공간단위로 분석되는 주변지역의 범위에서는 어떻게 변할 것인가를 탐색해 볼 수 있을 뿐만 아니라 유의한 변수에 대해서도 다양한 변동과정을 살펴볼 수 있기 때문이다.

결과를 분석하는데 있어서 본 논문은 헤도닉 모델의 탐색적 분석을 시도하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에 각 헤도닉 모델의 각 변수에 대한 계수의 해석보다는 주로 계수의 변동에 따른 공간적 패턴의 변화를 초점을 맞추어서 전개하였다.

TABLE 1. 전체사례지역에 대한 헤도닉 모델의 결과

변 수	선형모델	준로그모델	역준로그	이중로그모델
상수	2139.5 (22.0)**	14.321 (328.8)**	12107.5 (24.8)**	7.5316 (90.2)**
도심(중구)	-69.8 (-7.6)**	-0.039 (-9.4)**	-667.2 (-21.0)**	-0.2889 (-20.5)**
도심(부산진구)	-65.7 (-6.7)**	-0.031 (-7.1)**	-642.2 (-21.7)**	-0.2736 (-20.8)**
지하철	-340.7 (-8.2)**	-0.237 (-12.7)**	-323.7 (-10.5)**	-0.2618 (-19.1)**
초등학교	953.5 (5.5)**	0.201 (2.6)**	337.6 (7.2)**	0.0831 (4.0)**
중・고등학교	-516.0 (-4.0)**	-0.264 (-4.5)**	18.2 (0.4)	0.0109 (0.6)
R^2	0.097	0.162	0.298	0.363
adj R^2	0.096	0.160	0.297	0.362

주 1) ** 유의수준 1%에서 유의함을 나타냄. ()안은 t값임
2) 선형모델과 역준로그 모델의 계수단위는 (천)임

(a) 선형모델 (b) 준로그 모델

(c) 역준로그 모델 (d) 이중로그 모델

FIGURE 4. 전체사례지역에 대한 헤도닉 모델의 결과

2. 주변지역 범위설정에 의한 국지적 탐색

주변지역의 범위의 설정에 대하여는 여러 가지 논란이 있을 수 있다. Crecine 등은 어느 주택의 주변지역은 그것이 위치한 토지이용블록으로 정의하였고, Rueter는 어느 주택의 150feet와 300feet내에 있는 토지이용을 주변지역으로 보는 등 공간적 측면에서는 아직까지도 작위적으로 해석되고 있다(Crecine 등, 1967; Rueter, 1973).

본 논문에서도 주변지역의 범위에 대해서 작위적으로 정의하며 개념적 측면에서는 중첩되는 주변지역을 도입하였다. 여기에서는 공간적 측면에서는 각 필지의 중심으로부터 1,500m를 주변지역으로 정의하고자 한다. 주변지역이 부동산 가격에 상호영향을 미치는 범역은 지역의 물리적, 사회·경제적 다양성에 의해 일률적으로 정의할 수 없겠지만 여기에서는 역세권의 반경으로 일반적으로 정의되는 범역인 반경 400m와 800m까지는 영향이 활발히 일어나는 것으로 생각되나 그 800m에서 1,500m정도에서는 그 영향이 급격하게 쇠퇴하는 것으로 판단하여 그 범역을 설정하였다. 그리고 이를 보완하고 통계의 신뢰성을 확보하기 위하여 여기에서 정의된 주변지역 반경내에서의 샘플 수가 200개 이상인 곳에 대해서만 분석을 시도하였다.

먼저, 주변지역을 1,500m로 설정한 후 각 샘플지역의 범역에 따른 샘플 수를 분석한 결과는 그림 5와 같다. 전체 2607개의 필지 중 1501개가 개별 필지를 중심으로 주변지역의 반경에 만족하였다. 위치를 살펴보면, 주로 2개의 도심으로 나타나는 부산진구와 중구를 중심으로 그 지역을 연결하는 동구 그리고 서구일부지역만이 이러한 조건에 만족하는 것으로 나타나고 있으며 이 필지들을 중심으로 한 주변지역만이 분석대상에 포함된다.

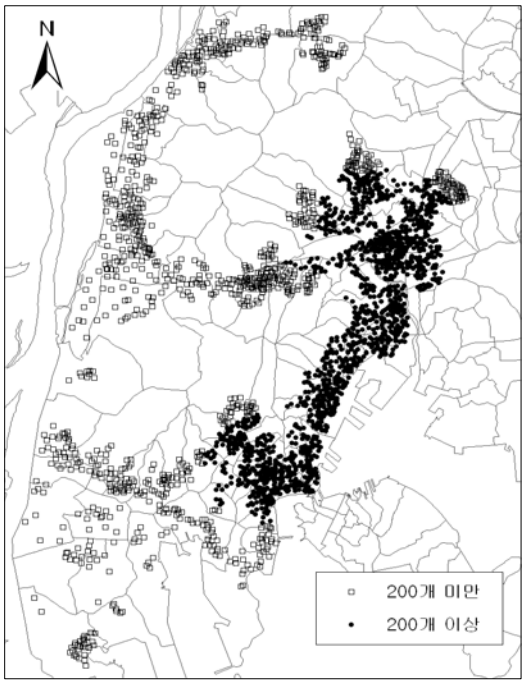


FIGURE 5. 각 필지의 주변지역 샘플수

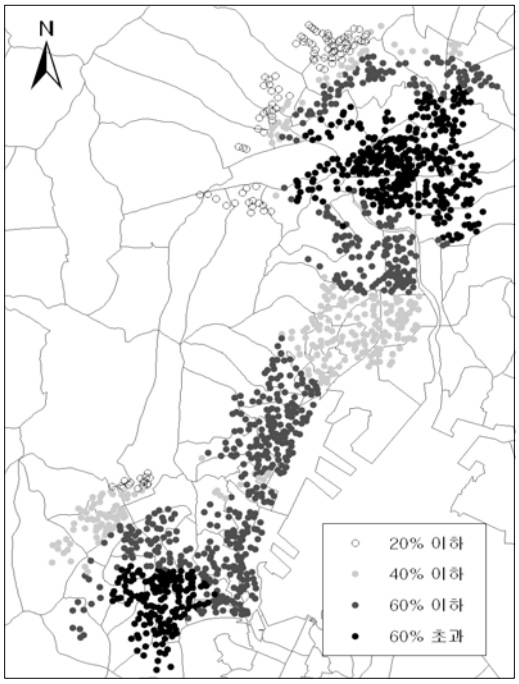


FIGURE 6. 설명력 변동

각 주변지역에 대한 이중로그 모델을 분석한 결과 중 설명력에 대한 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 설명력도 공간이 바뀜에 따라 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 2도심에 해당하는 부전동과 남포동지역이 설명력이 높게 나타나고 있으며 이 지역을 중심으로 거리가 멀어짐에 따라 설명력도 점차 낮아지는 추세이다. 즉 도심에 가까울수록 모델에 투입된 접근성 변수들이 부동산가격에 많은 영향력을 나타내고 있으나 점차 멀어질수록 부동산가격에서 차지하는 영향력이 상대적으로 줄어들며 여기에서 투입되지 않은 다양한 인자들에 의해 영향을 받게 될 것이라는 것을 추측할 수 있다.

도심(남포동) 접근성 변수의 변동을 분석한 결과를 그림 7에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 지역에서 그 영향에 대한 유의성이 나타나는 것이 아님을 알 수 있다. 중앙동에 가까운 지점에서 5%의 유의수준에서 유의성이 있을 뿐만 아니라 부동산가격에 대한 접근성 변수의 탄력성도 상당히 높게 나타나는 것으로 파악되었다. 그리고 동구 수정동부터는 이 변수에 대한 유의성이 없었으며 범천동에 이르러서 또 다시 유의성이 발견되고 또 다른 도심인 부전동지역에서도 그 현상이 보이고 있으나 부동산가격에 대한 그 변수의 탄력성은 다소 낮게 나타났다.

그림 8에 있는 도심(부전동) 접근성 변수의 변동의 결과에서도 동구 수정동부터 유의성이 없어졌으나 다른 도심과 그 주변에도 영향이 미치는 등 두 도심이 상대적으로 비슷한 결과를 나타내고 있다. 본 결과를 해석해보면, 2개의 도심 사이의 어느 지역에서 도심 접근성의 영향력이 단절되는 결과를 보이고 있는 것으로 볼 때, 도심의 영향력은 도시지역 전체에 대하여 동일하게 나타나지 않으며 오히려 도심의

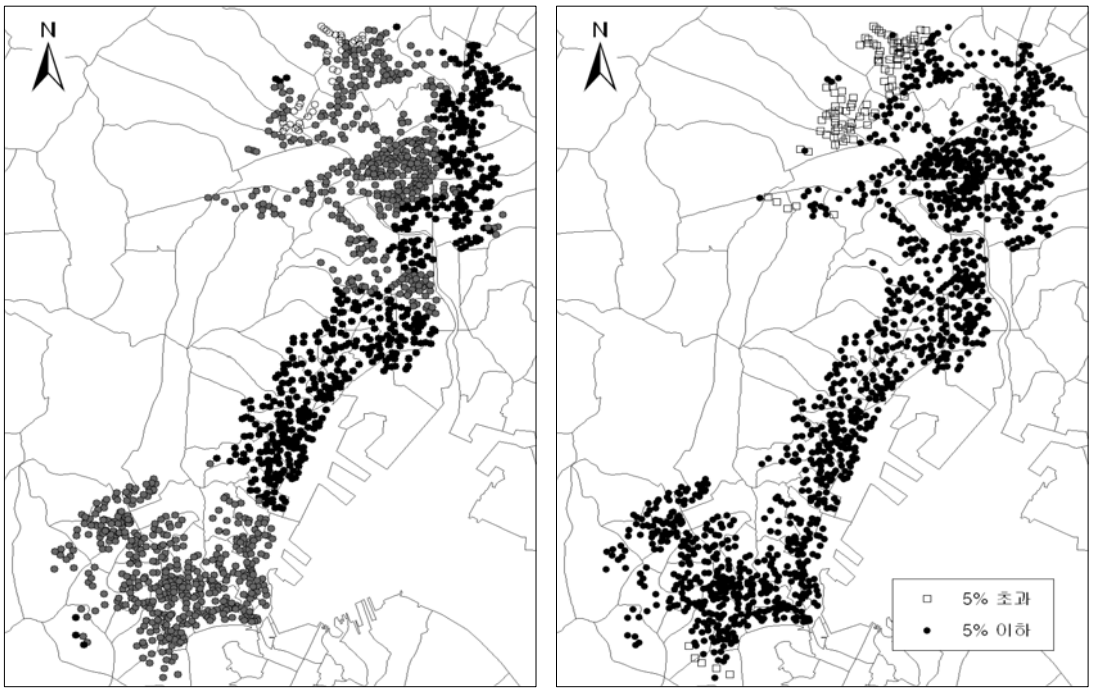
(a) 계수 변동 (b) 유의성 변동

FIGURE 8. 도심(부전동) 접근성 변수의 분석결과

영향력은 제한적으로 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 비록 한 도심의 접근성의 영향이 다른 도심에서 유의하게 나타나는 것은 반드시 그것의 영향 때문이 아니라 부동산 분석에서 생략된 다른 영향력을 이 변수가 대체한 결과일 가능성도 배제할 수 없다.

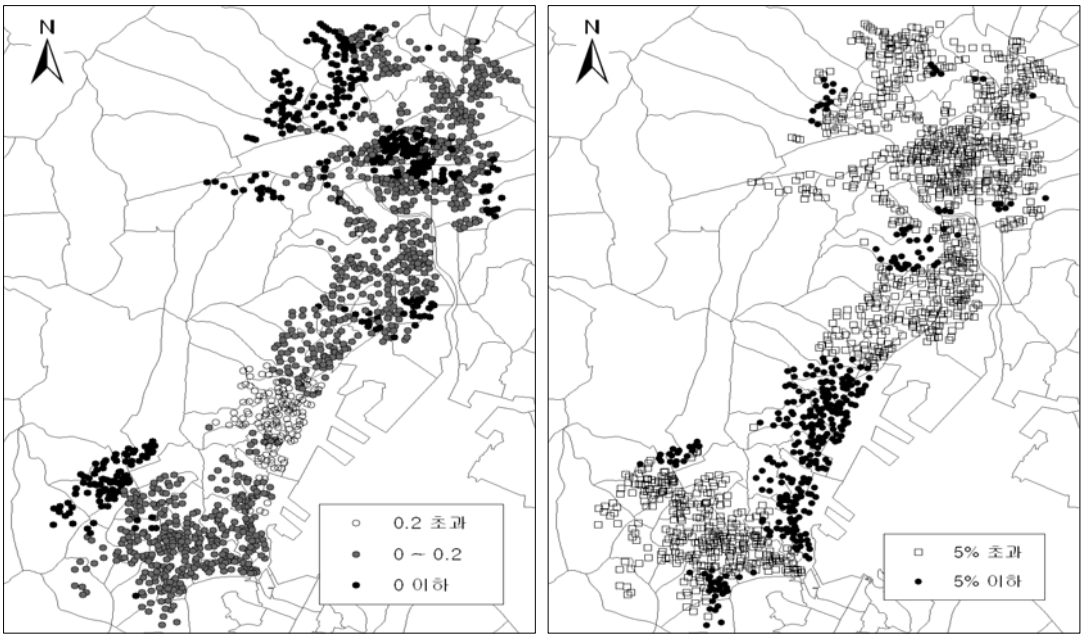
지하철 접근성 변수의 분석결과를 그림 9에서 살펴보면, 초읍동·부암3동·당감동 등 지하철을 도보로 쉽게 이용하기 어려운 지역을 제외하고는 대부분이 5% 유의수준에서 유의하였다. 그리고 지역에 따라서 계수의 변동도 다양하게 나타나고 있다. 지하철접근성에 대한 부동산가격의 탄력성이 상대적으로 높은 지역은 동구지역과 부산진구의 전포동과 양정동으로 도심에 비해 높았다.

초등학교 접근성 분석결과에 관한 그림 10을 살펴보면, 도심지역에서는 대부분 5% 유의수준에서 유의하지 않은 것으로 분석되고 있다. 유의한 결과를 나타내는 지역은 동구에는 초량동, 영주동과 수정동 일부지역이, 부산진구에는 부암동·당감동 일부지역, 서구에는 대신동 일부지역 등에만 유의하였다. 서부산권 전체지역을 대상으로 한 헤도닉 모델에서는 초등학교가 유의한 변수였으나 국지적으로 나누어 분석한 결과로는 의미가 상당히 다양하게 나타나고 있다. 특히 유의한 결과를 나타내고 있는 초량동·영주동·수정동의 경우에는 초등학교가 부동산가격에 부정적인 영향을 주는 것으로, 부암동·당감동·대신동 일부지역에 대해서는 오히려 초등학교의 접근성이 부동산가격에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 파악되어 각 지역에 따라 다른 양상을 보이고 있는 것으로 나타난다. 이러한 특성은 그 지역이 지니고 있는 여러 가지 원인들을 들 수 있겠지만 대신동의 경우를 예로 든다면 부산에서는 예전부터 주거환경이 좋은 것이었음을 감안해 볼 때 주거친화적인



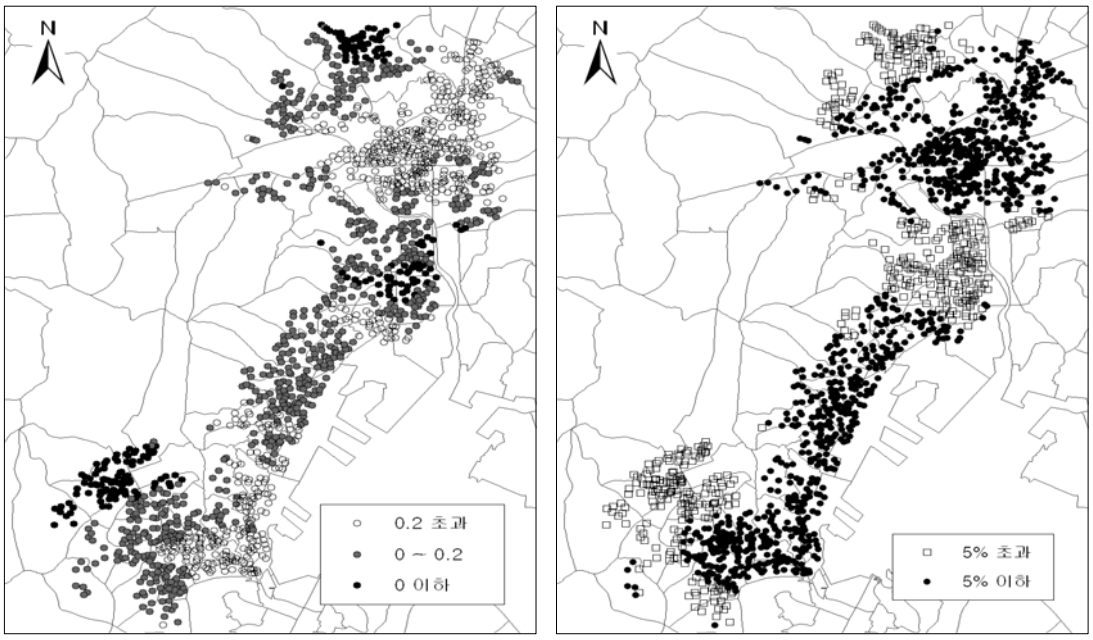
(a) 계수 변동 (b) 유의성 변동

FIGURE 9. 지하철 접근성 변수의 분석결과



(a) 계수 변동 (b) 유의성 변동

FIGURE 10. 초등학교 접근성 변수의 분석결과



(a) 계수 변동 (b) 유의성 변동

FIGURE 11. 중·고등학교 접근성 변수의 분석결과

환경을 지닌 곳은 초등학교에 대하여 긍정적인 것으로 그렇지 않은 곳은 부정적인 영향이 나타날 수 있음을 추측해 볼 수 있을 것이다.

중·고등학교 접근성의 결과를 그림 11에서 살펴보면, 도심뿐만 아니라 동구의 대부분의 지역에서 유의한 것으로, 그 밖의 일부지역에 대해서는 유의하지 않았다. 특히 중·고등학교 접근성이 부동산가격에 긍정적으로 미치는 (-) 값을 가지는 지역이 대부분 유의하지 않은 것으로 분석된 반면 부정적인 값을 가지는 일부 지역에 대하여는 유의하게 나타나는 것을 볼 때, 분석된 지역에서는 대체로 부동산가격에 부정적인 영향을 주는 요인으로 보인다.

전체사례지역에서는 이 변수가 유의하지 않은 변수로 결과를 도출하였음에도 이를 국지적으로 분석해 본 결과를 살펴보면 지역에 따라서 유의한 변수로 해석되어지는 등 지역에 따른 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 이 변수에 대해 부동산가격에 부정적인 영향을 받는 지역과 아무런 영향도 받지 않는 지역이 혼재됨으로 인해 부정적인 영향을 받는 지역의 영향들이 상쇄되어 전체사례지역에 대해서는 유의하지 않는 변수를 가져오게 됨을 알 수 있다. 전체사례지역에서는 이 변수에 대한 국지적 특이성을 제대로 반영하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다.

결 론

지역과학분야에서 부동산 가격분석을 통한 지역연구가 활발히 진행되고 있다. 부동산 가격분석을 위해서는 예측 모델의 선택뿐만 아니라 변수 측정방법의 문제, 모델 적용상의 문제들이 많은 과제로 대두되었고 이를 해결하기 위해서 여러 가지 연구방법들이 계속적으로 제시되고 있다. 본 논문도 이와 같은 연구의 한 부분으로서 부동산 가격이 공간에 종속되어있음으로 인한 여러 가지 문제점과 이를 극복하기 위한 분석방법을 제시하였고 사례지역을 통해 분석결과를 보여주었다. 이를 요약하면 다음과 같다.

부동산 가격에 미치는 여러 인자들의 영향이 그 지역의 특성에 따라 다양하게 반응할 수 있다는 것이다. 따라서 전체지역을 대상으로 한 단순한 포괄적 모수의 형태로서는 공간적 특이성을 정확하게 반영할 수 없기 때문에 국지적인 공간탐색이 필요하다는 것을 제시하였고 변동가능한 주변지역의 개념을 도입하여 극복할 수 있음을 확인하였다. 실제로 사례지역에 대해 분석한 결과, 입지변수들에 대한 계수의 크기가 공간상에서 다양하게 나타나고 있으며 특히, 도심의 영향력이 도시전체에 영향을 미치는 것이 아니라 도심을 포함한 특정한 하부지역에만 그 영향이 있었으며 영향력의 정도도 공간에 따라 차이가 있음을 보여주었다.

분석과정측면에서 일반적으로 이전의 대부분의 연구들이 연구지역을 미리 설정하고 그 지역의 샘플을 수집한 후 그 샘플이 그 지역을 대표한다는 가정에 의해 논의를 전개하였는데 이에 대한 하나의 주의를 상기시킨다. 국소적인 차원에서는 그 계수의 변동이 약하기 때문에 결과에 큰 영향을 미칠 가능성은 미약하지만 광범위한 지역을 분석하는데 있어서는 이러한 문제가 발생할 수 있기 때문에 세심한 주의가 필요하다. 즉, 공간적 특이성의 존재를 인정하여 분석의 목적에 따라 다양한 분석방법을 도입할 필요가 있다.

부동산 분석에 있어서 지리정보시스템과 통계의 긴밀한 연결을 통하여 각기 GIS와 통계분석만으로는 힘들었던 부분들을 자동화함으로써 공간분석을 이용한 부동산가격분석에 강력한 도구를 제공해 주고 있다. 여기서 개발된 프로그램을 사용하기 위해 본 논문에서는 주변지역의 범위는 1.5km로, 샘플수를 어느 정도 제한하였으나 연구의 목적에 따라 주변지역 범위와 샘플 수를 얼마든지 다양화하여 분석할 수 있는 유연성을 제공하고 있기 때문에 부동산 가격평가를 위한 컴퓨터 기반의 대량평가

(CAMA: Computer-Assisted Mass Appraisal)를 수행함에 있어서 각 지역별 인자들의 영향을 공간적으로 탐색하기 위한 유용한 방법의 하나로서 제시될 수 있다. 그러나 아직까지 GIS를 이용한 부동산 평가기법이 초보적인 수준에 머무르고 있으며 이에 대한 연구의 부족으로 의해 주변지역의 정의가 연구자의 작위성이 존재한다는 것은 아쉬운 부분이다. 부동산에서의 GIS를 이용한 다양한 평가기법과 주변지역에 대한 보다 다양한 연구가 필요하리라 생각된다. KAGIS

참 고 문 헌

손철. 2002. 헤도닉 모델 추정시 GIS공간분석기능에 의해 생성된 근린변수의 기여도에 관한 연구. 한국GIS학회지 10(2):215-232.

Crecine, J.P., O.A. Davis and J.E. Jackson. 1967. Urban property markets: Some empirical results and their implication for municipal zoning. The Journal of Law&Economics 10:79-99.

Dubin, R.A. 1998. Spatial Autocorrelation: A Primer. Journal of Housing Economics 7:304-327.

Basu, S. and T.G. Thibodeau. 1998. Analysis of Spatial Autocorrelation in House Prices. The Journal of Real Estate Finance and Economics 17(1):61-85.

Bender, B. and H.S. Hwang. 1985. Hedonic Housing Price Indices and Secondary Employment Centers. Journal of Urban Economics 17:90-107.

Evans, A.W. 1995. The Property Market: Ninety Per Cent Efficient. Urban Studies 32(1):5-29.

Galster, G. 1996. William Grigsby and the analysis of housing sub-markets and filtering. Urban Studies 33(10):1797-1805.

Jackson, J.R. 1979. Intraurban Variation in the Price of Housing. Journal of Urban Economics 6:464-479.

Olmo, J.C. 1995. Spatial Estimation of Housing Prices and Locational Rents. Urban Studies 32(8):1331-1344.

Pace, R.K. and R. Barry. 1997. Fast Spatial Estimation. Applied Economic Letters 4:337-441.

W. Gilley. 1997. Using the Spatial Configuration of the Data to Improve Estimation. Journal of the Real Estate Finance and Economics 14:333-340.

Palmquist, R.B. 1992. Valuing Localized Externalities. Journal of Urban Economics 31:59-68.

Rosen, S. 1974. Hedonic Prices and Implicit Markets. Journal of Political Economics 82:35-55.

Rosiers, F.D., A. Lagana., M. Theriault and M. Beaudoin. 1996. Shopping centres and house values: an empirical investigation. Journal of Property Valuation & Investment 14(4):41-62.

Rueter, F.D. 1973. Externalities in urban property markets: an empirical test of the zoning ordinance of Pittsburgh. Journal of Law&Economics 16:315-350.

Strange, W. 1992. Overlapping neighborhoods and Housing Externalities. Journal of Urban Economics 32:17-39.

Timothy, J.F., D.F. David and F.M. Gordon. 2003. Modeling Spatial Variation in Housing Prices: A Variable Interaction Approach. Real Estate Economics 32(4):623-646.

Wyatt, P.J. 1997. The development of a GIS-based property information system for real estate valuation. International Journal of Geographical Information Science 11(5):435-450. KAGIS