

도로 네트워크와 통행량 기반의 공간 접근성 지수가 주택 가격에 미치는 영향*

Impact of Spatial Accessibility Index, Based on Road Network and Actual Trips, on Housing Price

채정표** · 성현곤***

Chae, Jung Pyo · Sung, Hyungun

Abstract

This study aims to empirically identify the effect of spatial accessibility, based on travel, on housing prices in the Korean capital region. More specifically, it has two research purposes: First, investigating the effect of comprehensive spatial accessibility, based on road network and actual trips from origin to destination, on average apartment price (Korean Won per square meter) at the level of Eup, Myeon and Dong; Second, identifying better accessibility index between Hansen's and Kalogirou and Foley's ones. The former represents a road-based travel time decay function with destination trips, while the latter is a function with origin trips as well as destination ones.

The study employs spatial economic models considering spatial auto-correlative relationship as an appropriate methodology with such control independent indicators as population density, road density, educational environment and distances from CBDs. Analysis results demonstrate that spatial accessibility, based on road network and actual trips from origin to destination, has a statistically significant impacts on housing price in the region. Our empirical evidence proves that the Hansen index is more appropriate than the other in estimating housing price impacts.

키워드 접근성 지수, 주택가격, 공간적 자기상관, 공간계량모형

Keywords Accessibility Index, Housing Price, Spatial Autocorrelation, Spatial Economic Models

I. 연구의 배경 및 목적

다양한 주택유형 중 아파트는 보편적인 주거형태에 속하며, 높은 거래비중은 이를 대변한다. 따라서 아파트는 부동산시장의 상황을 가장 민감하게 반응하는 주택유형에 속하며, 부동산 가격안정과 활성화와 관련한 정책 수립 시 주요한 고려대상이 되어왔다(고종완, 2014). 이러한 주택가격이나 주택가격 변화율에 영향을

미치는 요인들에 관한 다양한 연구들이 있으며, 일반적으로 아파트는 인접 환경, 도로와의 접근성, 대중교통 등의 입지조건에 영향을 받는다. 즉, 아파트의 가치는 사회·경제적 환경에 따라 반응하지만 특히 주택이 위치한 지역적 특성과 같은 공간상에 내재된 여러 가지 요인들의 영향을 받는다. 하지만 기존 연구들에서 아파트 거래가격에 영향을 미치는 교통 접근성으로 버스정류장이나 철도역과의 물리적인 거리만을 살펴보는 데 국한되어 있다.

* 이 논문은 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2018R1A2A2A05023450).

** Assistant Researcher, Dept. of Road Transport, Korea Transport Institute (egk024@naver.com)

*** Associate Professor, Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University (Corresponding Author: hgsung@chungbuk.ac.kr)

따라서 본 연구에서는 수도권을 대상으로 자동차뿐만 아니라 버스와 같은 일부 대중교통까지 포괄적으로 볼 수 있는 도로 네트워크 기반의 공간 접근성 지수가 주택가격에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 이와 관련하여 두 가지 연구의 목적을 세울 수 있다. 첫째, 읍면동 단위의 공간 접근성이 아파트 거래가격에 영향을 미치는지 보고자 한다. 둘째, 본 연구에서 사용한 두 가지 공간 접근성 지수 중 어느 것이 보다 유의한 영향을 미치는지 보고자 한다. 이를 위해 수도권을 대상으로 행정동별 아파트의 평균 매매 거래가격을 추출하였고, ArcGIS와 R 프로그램을 통해 구축한 도로 네트워크를 사용하여 공간 접근성 지수를 산출하였다. 추가적으로 선행연구 고찰을 통해 인구밀도, 도로밀도, 교육환경 등 근린환경변수를 구축하였다.

II. 선행연구 고찰과 본 연구의 차별성

본 연구에서는 주택가격의 변화 및 상승에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구를 살펴보았으며, 특히 교통과 관련한 요인과의 관계를 다룬 연구를 중점적으로 고찰하였다.

먼저 서울시 아파트 매매시장을 상위그룹과 하위그룹으로 구별하여 각 그룹별로 영향을 받는 요인들을 실증하고자 한 연구에서는 공시지가 변동률, 역세권, 노후도, 아파트 거래량 추이, 개발호재 유무, 가구증가율이 상위그룹 가격변동에 영향을 미쳤고, 실전세가격 변동률, 주택보급률, 노후도, 가구증가율 등이 하위그룹에 영향을 미쳤다(고종완, 2014). 또한, 지역 간 차이를 살펴볼 수 있는 연구에서 주택시장 가격변화는 수도권 지역이 비수도권 지역에 비해 더 심하며, 고학력자가 많은 지역일수록 주택가격 변화가 더 크게 나타났다. 비수도권 중 지방중소도시에서는 재정자립도 및 지방세 총액이 높을수록 주택가격변화가 심하고 주택보급률이 높고 문화시설이 갖추어진 지역일수록 주택가격의 변화가 크지 않음을 알 수 있었다(김건규 외, 2010). 수도권을 대상으로 주택가격 변화율에 영향을 주는 요인을 밝히기 위해 다중회귀분석을 한 결과, 전세가격지수와 총 통화량, 건축허가면적과 주가지수, 3년 만기 회사채 수익률, 공원면적, 문화공간의 수 등이 주택가격 변화에 영향을 미쳤고(박주영, 2003), 수도권은 노인 인구와 1인 가구 비율이 주택가격 변화율에 영향을 미쳤지만 광역도시권은 인구의 순이동, 기업본사 수, 재정자립도, 문화시설 수 등이 수도권에 비해 주택가격 변화율에 유의한 영향을 미쳤다(이진성·김현숙, 2013).

특정 요인이 주택가격에 미치는 영향을 살펴보고자 한 연구에서 교육환경요소 중 사설학원 수, 교육예산 편성액, 명문대 진학률 등이 주택매매 가격에 유의한 영향을 미쳤으며(진영남·손재영, 2005), 아파트 개별특성과 단지특성이 아파트 가격에 미치는 영향에 대한 실증분석을 통해 해당 구의 공원 수, 교통여건, 문화시설 여건 등이 유의한 결과를 나타냈으며, 특히 교육의 질을 나

타내는 서울대 입학률과 학원의 수와 같은 변수가 가장 큰 영향을 미쳤다(이철순, 2006). 추가적으로 강남 3구(서초, 강남, 송파) 아파트를 대상으로 공간회귀모형을 했을 때, 아파트가 초·중·고등학교, 종합병원과 가까울수록 가격이 높게 나타남(김민성·박세운, 2014)에 따라 교육과 관련한 요인들이 주택가격에 유의한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한, 공원 면적과 문화공간 수와 같은 환경적인 변수들이 주택가격 변화율에 영향을 주며(김갑성·박주영, 2003), 주택면적과 총 세대 수, 역세권 여부, 재건축 여부가 아파트 가격에 유의한 영향을 미쳤다(김성우, 2010).

교통 관련 요인과의 관계를 살펴본 연구에서 버스정류장과 버스전용차로의 수, 반경 500m 이내의 역세권 지역은 아파트 가격에 유의한 영향을 미쳤다(성현곤, 2011). 또한, 서울 3대 고용중심지(CBD, 강남, 영등포)에 대해 주택가격에 대한 영향이 강남지역은 성장하는 반면, CBD는 감소하고 영등포는 뚜렷한 변화가 없는 것으로 나타났으며, 1993년과 2004년을 비교했을 때 주택가격에 대한 지하철 접근성의 영향력은 지속적으로 강화되었다(김진유·이창무, 2005). 뉴욕 버팔로 14개의 경전철 역 0.5마일 이내에 해당하는 주거용 건물에 대해 경전철 역과의 지리적인 직선 거리를 사용한 모델과 네트워크 상의 실제 거리를 사용한 모델 모두 부동산 가치를 상승시켰으며, 네트워크 거리에 의한 결과가 통계적으로 더 중요함을 보여주지만 직선 거리에 의한 결과가 효과는 더 컸다(Hess and Almeida, 2007).

이러한 연구들을 통해 철도역과의 근접성이 주거지역의 부동산 가치에 유의한 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다. 교통요인 중 고속도로와 관련한 연구에서 서울외곽순환고속도로 IC의 입지 및 이격거리에 따른 주변 반경 6km 이내의 아파트 가격에 미치는 영향에 대한 실증분석을 통해 고속도로 IC 입지에 따라 주변 아파트 가격에는 내측(서울지역)과 외측(경기지역) 간의 차이가 있으며, IC의 부정적 영향을 받는 2km(내측), 3km(외측) 이내를 제외하고는 이격거리가 멀어질수록 아파트 가격은 감소하는 것으로 나타났다(오흥운·김태호, 2009).

또한, 고속도로의 신설 및 확장을 교통관련 접근도로 여기고 이를 포함한 교통관련 변수가 도시 내의 주거입지 변화를 넘어 도시 성장에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보고자 하였고, 교통체계는 도시 성장에 유의한 효과가 나타났다(황의진, 2002). 이 연구에서 사용한 도시별 접근도 산출에 사용된 모형은 목적지로의 기회(opportunity), 즉 공급량(인구 및 통행시간)을 고려한다는 점에서 본 연구에서 목적별 통행량을 공급량으로 사용한 Hansen 지수(Hansen, 1959)에 의한 공간 접근성 지수와 유사한 의미를 가진다. 따라서 접근도가 도시 성장에 유의한 영향을 미쳤다는 결과에 따라 공간 접근성 지수가 주택가격에도 유의한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

기존 선행연구 고찰을 통해 다양한 요인들이 주택가격과 주택가격 변화율에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 이에 따라, 주택

가격에 영향을 미치는 교통 관련 요인으로 버스 전용차로의 수, 반경 500m 이내의 역세권 지역, 철도역 또는 고속도로 IC까지의 직선거리 등 물리적인 거리만을 사용한 것으로 나타났다. 또한, 고속도로의 신설 및 확장과 같은 물리적인 변화를 도시별 접근도로 사용한 연구에서는 접근도의 산출모형에 대한 투입변수가 다양하지 못한 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 지역 간 목적통행량과 실제 도로 네트워크에 따른 공간 접근성 지수가 주택가격에 미치는 영향을 실증하고자 한다는 점에서 기존 연구들과 차별화된다.

III. 연구의 범위 및 방법론

1. 연구의 범위

본 연구는 수도권 전체를 공간적 범위로 하며, 공간 접근성 지수 산출에 사용된 국가교통 DB(Korea Transportation Data-Base, KTDB)에서 제공하는 목적통행 OD 및 도로 네트워크 자료에 따라 2015년을 시간적 범위로 한다.

분석에 사용된 아파트 매매 실거래가는 국토교통부에서 제공한 자료를 사용하였으며, 읍면동 단위의 종합적인 교통 접근성이 주택가격에 미치는 영향을 보고자 하는 연구의 목적에 따라 읍면동 별로 평균 거래가격을 추출하였다. 또한, 아파트 매매 실거래가 자료의 한계 및 공간적 자기상관성에서 누락되는 섬 지역을 포함한 일부 지역을 제외한 1090개 읍면동에 대해 분석을 수행하였다.

2. 공간 접근성 지수 산출

공간 접근성 지수 산출을 위해 먼저 ArcGIS의 Network Analysis를 통해 출발지와 목적지를 읍면동 단위로 지정하고 도로 네트워크의 속성값에 가중치를 두어 OD Matrix를 구축하였다. ArcGIS의 Network Analysis는 경로 찾기, 이동방향 찾기, 서비스 영역 분석과 같은 네트워크 기반의 공간분석을 제공하는 방법(Esri)으로, OD Matrix 구축을 위해 먼저 출발지와 목적지를 부여하고자 하였으며, 전국 읍면동 shape file을 point 단위로 변환하여 지정해주었다. 다음으로 국가교통DB(KTDB)에서 제공된

도로 네트워크에 포함된 각 도로의 연장과 설계속도를 토대로 출발지와 목적지 간 최단시간을 계산한 후 OD Matrix를 구축하였다. 최단시간에 의한 OD Matrix 구축 과정에서 사용된 최단시간은 도로연장을 설계속도로 나눈 소요시간을 의미하며, 누락된 설계속도는 도로등급별로 평균 설계속도로 추가하여 진행하였다. 직선거리에 의한 OD Matrix보다 네트워크 거리에 의한 OD Matrix를 택한 이유는 통계적으로 더 유의하며(Hess and Almeida, 2007), 실제로 목적에 따라 통행이 이루어지는 도로 네트워크를 반영한 결과가 의미 있을 것으로 판단되었기 때문이다.

다음으로 R의 Spatial Accessibility package를 통해 공간 접근성 지수를 산출하였다. 수요량과 공급량에 해당하는 통행량은 귀가, 귀사, 통근, 쇼핑, 업무, 여가, 기타, 배웅, 등교, 학원의 목적 통행량에서 해당 지역으로의 순수한 통행량만을 알아보기 위해 이미 발생한 통행에 대한 복귀를 하는 파생적인 수요에 해당하는 귀가와 귀사를 제외한 목적에 대한 총합이다. 통행량의 총합을 행정동별로 추출하여 공간 접근성 분석을 수행하였다. 목적별 통행량의 요약통계량은 <표 1>에서 제시되어 있다. 통근 목적에 대한 통행량의 평균은 10357.3으로 가장 많은 것을 알 수 있다.

공간 접근성 측정 함수로는 Hansen의 추정식과 Kalogirou and Foley(2006)의 추정식을 사용하였다. 먼저 Hansen의 추정식은 다음과 같다.

$$A_i = \sum_j \left(\frac{O_j}{d_{ij}^a} \right)$$

- A_i : i 지역의 접근성
- O_j : j 지역의 공급량(j 지역에서 발생한 도착통행량)
- d_{ij} : 지역 간의 거리
- a: 지역 간의 거리에 영향을 미치는 상수

이 함수는 목적지, 즉 접근성을 측정하고자 하는 지역의 흡인력과 통행의 방해로 인한 흡인력의 감소 사이의 관계에 대한 직관적인 논의에 의해 개발되었다(Hansen, 1959). 이는 목적지에 대해 사람들이 얼마나 접근이 용이한가를 측정하는 거리근접성에 기초한 공간적 접근성이다. 즉, 접근성 측정 지역(i)과 타 지역(j)

Table 1. Summary statistics of travel volume by trip purpose

| Trip Purpose | mean | Std. Dev. | Min | Max |
|--------------|----------|-----------|--------|----------|
| Commute | 10357.3 | 14180.05 | 79.898 | 194117.7 |
| Business | 3730.406 | 5844.617 | 23.657 | 69927.73 |
| Shopping | 2019.852 | 2911.774 | 0 | 27462.79 |
| Leisure | 3262.793 | 4105.823 | 2.958 | 48320.76 |
| Education | 5611.469 | 5296.962 | 0 | 54898.44 |
| etc. | 4266.113 | 3576.83 | 0 | 32610.55 |

간의 거리가 멀수록 접근성은 감소하지만, 타 지역(j)에서 발생하여 측정 지역(i)로 도착하는 통행량(j 지역의 공급량)이 클수록 해당 목적에 대한 접근성은 증가할 수 있다는 것을 의미한다. 이 방법은 목적을 갖고 통행을 하는 사람이 주변에 그 목적을 충족시킬 수 있는 통행이 가능한 지역이 얼마나 많이 분포하는가에 따라 결정된다는 것을 전제로 하며, 사람 개개인이 목적별 통행을 할 수 있는 시간과 장소가 달라질 수 있음 간과하고 있다는 한계가 있다(김현미, 2008). a 는 두 지역 간의 거리에 영향을 미치는 상수 또는 거리저항계수를 의미하며, 값이 주어지지 않는다면 1로 결정된다. 본 연구에서는 고려하지 않았다. Hansen 함수는 측정 지역으로의 도착통행량인 공급량만을 고려한 중력모형에 속하며, 측정 지역(i)에서 발생한 출발통행량인 수요량까지 고려한 Kalogirou and Foley의 Spatial Accessibility Measure(SAM) 추정식은 다음과 같다.

$$A_i = \sum_j \left(\frac{O_j}{D_i^* d_{ij}^2} \right)$$

- A_i : i 지역의 접근성
- O_j : j 지역의 공급량(j 지역에서 발생한 도착통행량)
- D_j : i 지역의 수요량(i 지역에서 발생한 출발통행량)
- d_{ij}^2 : 지역 간의 거리

이는 주어진 장소에 대한 접근성은 앞서 제시된 Hansen 함수와 마찬가지로 공급량이 클수록 증가하고, 해당 장소에서 목적지까지의 거리가 멀어질수록 감소한다는 개념에 기반을 둔다(Kalogirou and Foley, 2006). 즉, 측정 지역으로의 통행량이 증가할수록 접근성 지수가 증가한다는 의미이다. 하지만 측정 지역(i)에서 타 지역(j)으로 발생한 출발통행량인 수요량이 증가한다면 오히려

측정 지역의 접근성은 감소한다는 점에서 차이가 있다. 두 가지 함수에 대한 공간 접근성 지수의 읍면동별 분포는 <그림 1>과 같다. Hansen 함수에 의한 분포는 접근성 측정 지역으로의 도착통행량만을 고려하는 공급측면(흡인력), 즉 고용 중심지 경향의 접근성을 의미하며, Kalogirou and Foley의 Spatial Accessibility Measure(SAM) 함수는 접근성 측정 지역에서 발생하는 출발통행량까지 포함하는 출발지 기반의 접근성을 의미하며, Hansen 함수를 사용했을 때보다 공간 접근성 지수가 감소하는 지역이 발생할 수 있다.

3. 변수의 선정과 요약통계량

선정된 변수들과 관련 요약통계량은 <표 2>에 제시되어 있다. 종속변수인 아파트 거래가격은 로그선형으로 변환하였고, 이는 설명변수 1단위 변화에 대한 아파트 거래가격의 백분율 변화로 해석할 수 있으며, 평균은 2.575이다. 주택시장에는 수요측면의 요인과 공급측면의 요인이 다양한 경로를 통해 영향을 미치므로 두 가지 모두를 고려해야 한다(최영상·백인걸, 2018). 이에 따라 수요측면의 요인으로는 공간 접근성 지수와 기존 연구를 참고하여 주택가격에 영향을 미치는 근린환경속성을, 그리고 공급측면의 요인으로 한국감정원에서 제공하는 주택가격지수, 아파트 매매거래건 수, 지가지수를 추가하였다. 주택가격지수는 주택매매 가격을 기준시점인 2017년 11월을 100인 수치로 하여 조사시점인 2015년 기준의 가격을 환산한 값을 의미하며, 지가지수는 기준시점인 2016년 12월을 100인 수치로 보았을 때, 기준시점 대비 지가 상승분을 반영한 2015년 기준의 환산된 지수를 나타낸다.

주요 설명변수인 공간 접근성 지수는 Hansen의 함수식과 Kalogirou and Foley의 함수식에 의한 두 가지 변수로 구성되며, 각각의 평균은 6.990과 3.972로 나타났다.

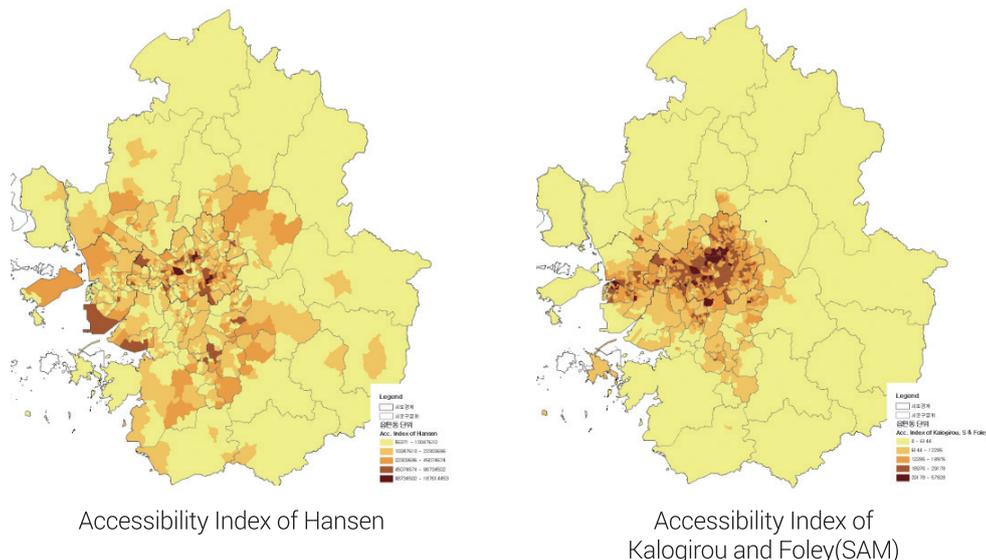


Figure 1. Spatial accessibility index distribution

Table 2. Summary statistics

| Variable | | mean | Std. Dev. | Min | Max | VIF | |
|-----------------------|--|-------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| Dependent Variables | Log-Price (KWR 10,000) | 2.575 | 0.195 | 1.924 | 3.140 | n.a. | |
| | Accessibility Index of Hansen | 6.990 | 0.431 | 4.743 | 8.273 | 2.07 | |
| | Accessibility Index of Kalogirou and Foley (SAM) | 3.972 | 0.397 | 0 | 4.762 | 3.05 | |
| | Housing Price Index | 1.985 | 0.008 | 1.963 | 2.000 | 2.94 | |
| | Number of Apartment Transactions (number) | 3.661 | 0.345 | 2.294 | 4.155 | 1.50 | |
| | Land Values Index | 1.991 | 0.004 | 1.983 | 2.008 | 1.33 | |
| Independent Variables | Pop. Density (person/m ²) | 0.007 | 0.006 | 0 | 0.023 | 2.20 | |
| | Road Density (meter/m ²) | 0.003 | 0.002 | 0 | 0.012 | 1.72 | |
| | Neighborhood Environment Characteristics | City Hall Station | 4.244 | 0.343 | 2.669 | 4.874 | 4.45 |
| | | Gangnam Station | 4.234 | 0.310 | 2.864 | 4.896 | 4.08 |
| | | Yeouido Station | 4.238 | 0.329 | 2.963 | 4.889 | 4.22 |
| | Log-Distance to School (meter) | Elementary | 6.159 | 0.874 | 2.382 | 9.376 | 2.14 |
| | | Middle | 6.513 | 0.909 | 3.183 | 9.411 | 2.61 |
| | | High | 6.690 | 0.987 | 0.968 | 9.754 | 2.39 |
| | Subway (number/person) | Density | -17.76 | 4.868 | -20.72 | -6.615 | 1.21 |

Note: n.a. is "not available", and pop. is "population", respectively.

근린환경속성에서 로그 변환된 인구밀도의 평균은 0.007, 도로 밀도의 평균은 0.003으로 나타났다. 서울 3대 고용중심지인 도심, 강남, 여의도(이주립·구자훈, 2008)에 대해 각각의 도시철도역까지의 거리를 측정하였고, 로그 변환된 값의 평균은 4.244, 4.234, 4.238로 나타났다. 선행연구에서 교육환경요소가 주택가격에 유의한 영향을 미침(진영남·손재영, 2005)에 따라 각 읍면동의 중심점에서 가장 가까운 초·중·고등학교까지의 거리를 각각 추출하였고, 로그 변환된 값의 평균은 각각 6.159, 6.513, 6.690으로 나타났다. 철도접근성과 주택가격과의 관계를 다룬 다양한 연구에 따라 도시철도 접근성을 변수로 추가하고자 하였고, 수도권외의 경우 면적당 철도역 수보다 인구 당 철도역 수가 행정동 간의 차이를 보다 확연하게 보여줄 수 있음에 따라, 1인 당 도시철도역 수를 추출하여 도시철도역 밀도로 사용하였다. 도시철도역 밀도의 로그 변환된 값의 평균은 -17.76으로 나타났다. 본 연구에서 사용된 도로밀도, 고용 중심지까지의 거리 및 도시철도역 밀도 등은 단순히 해당 지역에서 교통 접근성과 관련된 물리적인 수치만을 의미하지만, 공간 접근성 지수는 목적에 따른 실제 통행량과 도로 네트워크를 고려한 포괄적인 교통 접근성 및 흡인력을 의미한다는 점에서 차별성을 가진다.

주택가격에 영향을 미치는 공급측면의 요인으로 사용된 주택가격지수, 아파트 매매거래건 수, 그리고 지가지수의 로그 변환된 값의 평균은 각각 1.985, 3.661, 1.991로 나타났다.

또한, 최종 모형에 선정된 설명변수들의 다중공선성을 분석한 결과, 분산팽창계수(VIF)는 4.45를 최대값으로 가졌으며, 이는 심각한 다중공선성을 보이지 않는 것으로 나타났다. 일반적으로

VIF의 값이 5 또는 10이 넘는 경우 다중공선성이 존재한다고 판단하여 회귀모형의 결과에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(성현곤, 2015).

4. 공간계량모형 선정

아파트와 같은 주택유형은 특정지역에 개발되면 세대 간의 물리적 특성이 비슷하고, 지역 내에 구축된 문화시설 및 생활편의 시설 등을 공유하기 때문에 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)이 발생한다(조미정·이명훈, 2015). 이러한 공간적 자기상관을 검정하는 대표적인 방법으로는 본 연구에서 사용한 Moran' I검정과 Lagrange Multiplier(LM)검정이 있다.

Moran' I검정은 인접해 있는 공간단위들의 값을 비교하여 계수를 산출하여 공간적 자기상관을 파악한다. 인접한 공간들이 서로 영향을 많을수록 Moran' I의 계수가 높게 나타나며, 반대의 경우 부정적 공간적 자기상관을 갖게 된다. 추정식은 다음과 같다.

$$I = \frac{n \sum \sum W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{W \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

n: 지역단위수

X_i: i지역의 속성, X_j: j지역의 속성

\bar{X} : 지역속성의 평균, W_{ij}: 공간가중치

Moran I 검정에 앞서 공간상에 분포한 지역간의 관계를 나타

내는 공간가중행렬(spatial weight matrix)을 구성한다. 이는 주로 인접성척도(contiguity)와 거리척도(distance measure)를 기준으로 하며, 공간 인접성을 어떻게 정의하느냐에 따라 Rook, Bishop, Queen 방식이 이용된다(이희연·노승철, 2013). 본 연구에서는 공간가중치를 대각선까지 부여하는 Queen 방식을 통해 공간가중행렬을 구성하고자 했고, 이는 공간적으로 이웃하는 지역에 대해 0 또는 1로 나타낸다. 또한, 각 행의 합이 1이 되도록 가중치를 조정하는 행 표준화(row-standardization) 과정을 통해 최종적인 공간가중행렬을 구성하였다.

공간계량모델은 앞서 구성된 공간가중행렬을 일반선형회귀모델에 부가하여 확장된 형태로, 공간적 자기상관성을 가진 종속변수를 활용하는 공간시차모델(spatial lag model, SLM)과 공간자기회귀의 오차를 활용하는 공간오차모델(spatial error model, SEM)로 구분된다. 이 중 어떠한 공간계량모델을 선정할지에 대해 종속변수와 오차항의 공간적 종속성의 존재여부는 LM검정의 통계치를 사용한다.

IV. 분석결과와 해석

수도권의 아파트 거래가격에 대한 자기상관성을 추정한 결과

Moran I의 값이 0.884로, 강한 양의 자기상관성을 보여주고 있다. 그러므로 공간계량모델의 적용이 필요함을 시사한다. 적합한 공간계량모델을 선정하기 위하여 LM검정을 수행하였다. LM검정에 따라 SLM과 SEM 모두 통계적으로 유의하여 Robust LM검정을 추가로 진행하였고 그 결과는 <표 3>과 같다.

Robust LM검증에 따라 공간시차모델(SLM)이 적합한 것으로 나타났으며, 공간시차모델(SLM), 공간오차모델(SEM), 그리고 LM검증에 의해 통계적으로 유의한 것으로 나타난 일반공간모델(SAC)의 공간회귀분석 결과는 <표 4>와 같다. Robust LM검증에서 선택된 SLM모델의 공간회귀결과에 따라 설명하면 다음과 같다. 먼저 공간 접근성 지수 중 Hansen 함수를 사용한 공간 접근성

Table 3. Lagrange multiplier

| Test Type | Value |
|------------------|-----------|
| LM(lag) | 582.7*** |
| Robust LM(lag) | 40.245*** |
| LM(error) | 543.14*** |
| Robust LM(error) | 0.6798 |
| LM(SARMA) | 583.38*** |

Note: *, p<0.1, **, p<0.05, ***, p<0.01

Table 4. Analysis results on spatial regression models

| Variable | SLM | | SEM | | SAC | | |
|--|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|--------|
| | estimate | z-value | estimate | z-value | estimate | z-value | |
| Accessibility Index of Hansen | 0.024*** | 3.629 | 0.032*** | 4.234 | 0.017*** | 2.939 | |
| Accessibility Index of Kalogirou and Foley (SAM) | -0.006 | -0.732 | -0.007 | -0.620 | -0.006 | -0.777 | |
| Control Variables | Housing Price Index | -2.045*** | -4.620 | -5.391 | -6.297 | -1.346*** | -3.955 |
| | Number of Apartment Transactions | -0.005 | -0.762 | -0.019 | -1.424 | -0.005 | -0.956 |
| | Land Values Index | -0.661 | -1.152 | -1.520 | -1.216 | -0.369 | -0.888 |
| | Population Density | -0.160 | -0.305 | 0.152 | 0.239 | -0.260 | -0.586 |
| | Road Density | 2.266* | 1.699 | 1.191 | 0.773 | 2.247** | 1.973 |
| | Distance to City Hall Station | -0.001 | -0.103 | -0.044 | -1.227 | 0.003 | 0.334 |
| | Distance to Gangnam Station | -0.122*** | -7.088 | -0.365*** | -10.063 | -0.067*** | -4.395 |
| | Distance to Yeouido Station | 0.016 | 1.261 | 0.022 | 0.607 | 0.013 | 1.432 |
| | Distance to Elementary School | 0.008 | 1.010 | 0.003 | 0.476 | 0.009 | 1.170 |
| | Distance to Middle School | -0.008 | -0.976 | -0.006 | -0.800 | -0.008 | -1.046 |
| Distance to High School | -0.008 | -1.146 | -0.004 | -0.579 | -0.008 | -1.245 | |
| Subway Density | 0.002** | 2.142 | 0.003** | 2.452 | 0.002** | 2.061 | |
| Intercept | 6.571*** | 4.858 | 17.867*** | 6.631 | 4.032*** | 3.805 | |
| Model Statistics | ρ (Rho) | 0.680*** | | | | 0.825*** | |
| | λ (Lambda) | | | 0.715*** | | -0.383*** | |
| | AIC | -2669.3 | | -2661.8 | | -2680.0 | |
| | Log Likelihood | 1351.662 | | 1347.876 | | 1358.000 | |

Note: *, p<0.1, **, p<0.05, ***, p<0.01

근성이 증가할수록 아파트 거래가격은 상승하는 것으로 나타났으나, 반면에 Kalogirou and Foley의 함수를 사용한 공간 접근성 지수는 통계적으로 유의하지 않았다. 도시경제학이론에 따르면 고용 중심지와 가까울수록 해당 지역의 근접성이 높는데, 이는 공간적으로 종합적인 상호작용을 고려하는 공간 접근성 지수에도 적용된 결과임을 알 수 있다. 즉, 접근성을 측정하고자 하는 지역으로 유입되는 통행량인 공급량만을 고려한 Hansen에 의한 공간 접근성 지수가 높을수록 해당 지역의 흡인력이 좋은 것을 의미하며, 이는 주택가격에도 유의한 영향을 미친 것으로 나타났다.

근린환경속성에서 인구밀도는 통계적으로 유의하지 않은 반면, 도로밀도가 높을수록 아파트 거래가격이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 도로 교통 접근성이 가격에 영향을 미친 것으로, 도로 네트워크에 의한 공간 접근성 지수와 유의한 결과가 나온 것을 대변한다고 할 수 있다. 또한, 서울 3대 고용 중심지에 대한 근접성을 평가하는 변수에서 시청역과 여의도역과의 거리는 통계적으로 유의하지 않은 반면, 강남역과의 거리가 가까울수록 아파트 거래가격이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 부도심으로서의 입지를 다진 강남역의 영향력이 보다 우수하게 작용하고 있음을 알 수 있으며, 시청과 영등포보다 강남에 대한 접근성이 주택가격에 미치는 영향력이 지속적으로 강화되어 왔다는 연구결과(김진유·이창무, 2005)를 뒷받침한다. 또한, 중·고등학교까지의 거리가 가까울수록 주택가격이 증가하는 것으로 나타났으나 선행연구와는 다르게 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 이는 개별 아파트에서 학교까지의 거리를 변수로 사용한 기존 연구에서와는 달리 본 연구의 분석단위인 읍면동 단위의 중심점에서 가장 가까운 학교까지의 거리를 변수로 사용함에 따라 실질적인 접근성 지표가 아니기 때문으로 풀이된다. 반면에, 1인 당 도시철도 역 수가 많을수록 아파트 거래가격이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 도로 교통에 의한 근접성뿐 아니라 철도 근접성 역시 가격에 유의한 영향을 미친다는 것을 알 수 있고, 이와 관련된 많은 선행연구들을 뒷받침하는 결과이다.

주택가격에 영향을 미치는 공급측면의 요인 변수들을 살펴보면, 주택매매가격을 기준시점(2017.11)을 100인 수치로 환산한 값인 주택가격지수가 높을수록 아파트 거래가격은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 아파트 매매 가격이 높은 행정동일수록 주택가격의 백분율 증가는 오히려 감소함을 의미한다. 그리고 서울 아파트 매매가격이 2014년부터 상승세로 지속하였다는 점에서 시점별 매매가격 지수가 높은 행정동에서는 상대적 가격 증가율은 낮음을 의미한다고 볼 수 있다.

V. 요약 및 결론

주택가격은 주택이 위치한 지역적 특성에 따라 여러 가지 요인들의 영향을 받는다. 하지만 기존 연구들에서는 아파트 거래가격

에 영향을 미치는 교통 접근성으로 물리적인 거리만을 다루어왔다. 따라서, 본 연구는 아파트 거래가격에 대해 공간 접근성 지수 및 근린환경속성이 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 공간 접근성 지수는 측정 지역으로 유입되는 통행량만을 고려하는 고용 중심지 경향의 방법과 측정 지역에서 유출되는 통행량까지 고려하는 출발지 기반의 인구중심의 방법으로 대별하여 추출하였다. 추가적으로 기존 연구들에서 사용된 주택가격과의 관계가 통계적으로 유의한 근린환경속성변수들을 함께 분석에 사용하였다. 또한, 주택유형 중 아파트의 특성 상 한 곳에 개발되면 지역적 특성이 비슷하고, 지역 내 다양한 시설을 공유함에 따라 공간적 자기상관성이 있다고 판단되어 분석방법으로는 공간계량모형을 선택하였다.

분석에 들어가기에 앞서 두 가지 연구의 목적을 세웠으며, 분석결과로 이에 대한 결론을 내리고자 한다. 먼저, 아파트 거래가격과 관련한 여러 가지 요인에 관한 연구가 많은데 과연 읍면동 단위에서 실제 도로 네트워크와 통행량을 고려한 공간 접근성 지수가 아파트 거래가격에 유의한 영향을 미치는지를 실증하고자 하였다. 분석결과, 접근성 측정 지역으로 유입되는 공급량인 도찰통행량만을 고려한 Hansen의 추정식을 통한 공간 접근성 지수가 증가할수록 아파트 거래가격이 증가하는 것으로 나타났다.

두 번째로, 접근성 측정 지역에서 유출되는 수요량인 출발통행량까지 고려한 공간 접근성 지수가 아파트 거래가격에 유의한 영향을 미치는지 실증하고자 하였다. 분석결과 통계적으로 유의하지 않게 나타났으며, 이는 주택의 수요량 보다는 주택의 공급량이 보다 더 주택가격과의 관계를 설명하기에 보다 더 적합한 것을 알 수 있다. 즉, 주택시장과 관련하여 정책을 수립할 때 어느 지역에 보다 많은 인구가 거주하여 잠재적 통행량이 발생하는가(수요측면)보다는 고용이 집중되는 중심지를 고려하는 측면이 보다 중요할 수 있음을 시사한다.

인용문헌 References

1. 고종완, 2014. "서울시 아파트 매매시장 유형별 가격변동 영향요인 분석", 『부동산학보』, 58: 116-127.
Ko, J.W., 2014. "An Analysis of Determinants of Housing Price Change by Types of Apartment Purchase Market in Seoul", *Korea Real Estate Academy Review*, 58: 116-127.
2. 김갑성·박주영, 2003. "주택가격변화율의 지역적 차이분석", 『지역연구』, 19(1): 47-61.
Kim, K.S. and Park, J.Y., 2003. "Articles: The Spatial Pattern of Housing Prices; Seoul and New Towns", *Journal of the Korean Regional Science Association*, 19(1): 47-61.
3. 김건규·송호창·이주형, 2010. "전국 지역별 주택가격변동 영향요인에 관한 연구", 『부동산·도시연구』, 3: 101-115.

- Kim, G.G., Song, H.C., and Lee, J.H., 2010. "A Study on the Determinants of the Change Rate of Housing Price by Areas", *Review of Real Estate and Urban Studies*, 3: 101-115.
4. 김민성·박세운, 2014. "지하철 접근성이 아파트가격에 미치는 영향에 관한 연구", 한국경영학회 제16회 경영관련학회 통합학술대회, 대구: 호텔인터불고 대구, 2912-2931.
Kim, M.S. and Park, S.U., 2014. "A Study on the Effect of Subway Accessibility on Apartment Price", Paper presented at the 16th KASBA Annual Meeting, Daegu: Hotel Inter-Burgo DAEGU, 2912-2931.
5. 김성우, 2010. "공간계량모형에 따른 주택가격 추정에 관한 연구", 「한국공공관리학보」, 24(3): 119-137.
Kim, S.W., 2010. "A Study on Estimation of House Price by Spatial Metering Model", *Korean Public Management Review*, 24(3): 119-137.
6. 김진유·이창무, 2005. "어메니티요소가 주택가격에 미치는 영향력의 시계열적 변화", 「국토계획」, 40(1): 59-74.
Kim, J.Y. and Lee, C.M., 2005. "Dynamics of Amenity Effects on Housing Price", *Journal of Korea Planners Association*, 40(1): 59-74.
7. 김현미, 2008. "자녀 연령별 여성의 도시기회 접근성의 시·공간적 구축성에 관한 연구", 「대한지리학회지」, 43(3): 358-374.
Kim, H.M., 2008. "Women's Spatial-temporal Entrapment in Access to Urban Opportunities by Child Age", *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(3): 358-374.
8. 박주영, 2003. "주택가격변동률의 영향인자 분석: 수도권을 대상으로", 박사학위논문, 연세대학교.
Park, J.Y., 2003. "The Spatial Patterns of Housing Price in Submarket: the Seoul Metropolitan Areas", Thesis (master's), Yonsei University.
9. 성현곤, 2011. "대중교통 중심의 개발(TOD)이 주택가격에 미치는 잠재적 영향", 「지역연구」, 27(2): 63-76.
Sung, H.G., 2011. "A Study on Estimating the Potential Impacts of Transit-oriented Development on Housing Price", *Journal of the Korean Regional Science Association*, 27(2): 63-76.
10. 성현곤, 2015. "Stata를 활용한 통계이론 및 실습", 청주: 충북대학교 출판부.
Sung, H.G., 2015. *Statistical Theory and Practice Using Stata*, Cheongju: Chungbuk National University Department Press.
11. 오홍운·김태호, 2009. "고속도로 인터체인지 이격거리와 주변 아파트 가격의 관계연구: 서울외곽순환고속도로 영향권을 중심으로", 「대한교통학회지」, 27: 89-96.
Oh, H.U. and Kim, T.H., 2009. "A Study over the Relationship between Apartment Prices and Distances from Expressway Interchanges: In the Case of the Seoul Beltway", *Journal of Korean Society of Transportation*, 27: 89-96.
12. 이주림·구자훈, 2008. "다가구 매입임대주택에 대한 주변지역 주민인식 및 전세가격 영향 분석", 「국토계획」, 43(1): 111-122.
Lee, J.L. and Koo, J.H., 2008. "Effect of Public Rental Multi-family Housing on Resident's Perception and Housing Rent", *Journal of Korea Planners Association*, 43(1): 111-122.
13. 이진성·김현숙, 2013. "지역별 주택가격 변동률에 영향을 미치는 요인 규명에 관한 연구", 「부동산학보」, 55: 266-278.
Lee, J.S. and Kim, H.S., 2013. "Study on Influential Factors toward Housing Price Volatility by Region", *Korea Real Estate Academy Review*, 55: 266-278.
14. 이철순, 2006. "아파트 특성요인이 아파트가격에 미치는 영향", 「주택금융월보」, 28: 2-19.
Lee, C.S., 2006. "Influence of Apartment Characteristics on Apartment Price", *Housing Finance Monthly*, 28: 2-19.
15. 이희연·노승철, 2013. 「고급통계분석론: 이론과 실습」, 고양: 문우사.
Lee, H.Y. and Noh, S.C., 2013. *Advanced Statistical Analysis: Theory and Practice*, Goyang: Moonwoosa.
16. 조미정·이명훈, 2015. "근린생활환경이 노후 공동주택 가격에 미치는 영향 연구", 「국토계획」, 50(4): 23-47.
Cho, M.J. and Lee, M.H., 2015. "Effects of Regional and Neighborhood Living Environment to the Prices of Aged Apartments", *Journal of Korea Planners Association*, 50(4): 23-47.
17. 진영남·손재영, 2005. "교육환경이 주택가격에 미치는 효과에 관한 실증분석: 서울시 아파트시장을 중심으로", 「주택연구」, 13: 125-148.
Jin, Y.N. and Son, J.Y., 2005. "Education and Housing Prices: Evidence from Seoul Apartment Market", *Housing Studies Review*, 13: 125-148.
18. 최영상·백인걸, 2018. "기대주택가격의 결정 요인 및 가구특성별 분석: "2017년 주택금융 및 보금자리론 실태조사"를 중심으로", 「주택금융리서치」, 2018(3): 14-31.
Choi, Y.S. and Baek, I.G., 2018. "Determinants of Expected House Prices and Analysis by Household Characteristics Focusing on 'Housing Finance and Bogeumjariat Research of 2017'", *Housing Finance Research*, 2018(3): 14-31.
19. 황의진, 2002. "교통시설건설이 도시성장에 미치는 영향분석", 「국토계획」, 37(2): 159-172.
Hwang, E.J., 2002. "A Study on the Urban Growth According to Transportation Construction", *Journal of Korea Planners Association*, 37(2): 159-172.
20. Hansen, W.G., 1959. "How Accessibility Shapes Land Use", *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2): 73-76.
21. Hess, D.B. and Almeida, T.M., 2007. "Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-area Property Values in Buffalo, New York", *Urban Studies*, 44(5-6): 1041-1068.
22. Kalogirou, S. and Foley, R., 2006. "Health, Place and Hanly: Modeling Accessibility to Hospitals in Ireland", *Irish Geography*, 39(1): 52-68.

Date Received 2018-04-27
 Reviewed(1st) 2018-07-03
 Date Revised 2019-01-17
 Reviewed(2nd) 2019-02-02
 Date Accepted 2019-02-02
 Final Received 2019-03-21