

서울 도시녹지 가치 추정:

위계선형모형을 적용한 주택특성가격 분석*

Estimating Values of Urban Green Space in Seoul: Application of Hierarchical Linear Regression Model on Hedonic Housing Price Analysis

정혜경** · 윤성도*** · 김태균**** · 김승규*****

Hye Kyung Jung · Seong Do Yun · Tae-kyun Kim · Seung Gyu Kim

요약: 도시민의 도시녹지 생태서비스에 대한 수요가 늘어남에 따라 이들에 대한 접근성이나 경관에 대한 가치 추정 또한 꾸준히 이어지고 있다. 본 연구는 서울의 이질적 자연 환경 즉, 한강, 일반산림, 북한산에 대한 가치를 추정하기 위하여 서울의 대표적 주거 형태인 아파트에 대한 실거래가격을 취득하여 주택특성가격분석을 시행하였다. 과정에서 집합건물의 특성상 동일한 위치 정보와 동일한 주택특성을 가진 다수의 거래자료로 인하여 거래가격에는 공간종속성, 설명변수에는 위계적 구조가 발생하였다. 이의 해결을 위해 공간시차 변수 추가, 동일 주택 특성별 데이터 그룹화, 위계선형모형의 적용이 고려되었고, 주택 특성별 그룹화 거래자료에 2수준 임의절편 선형모형을 적용할 때 주택특성가격모형 오차항의 공간종속성이 통계적으로 존재하지 않는 수준으로 감소함을 확인하였다. 따라서 집합주택 거래자료를 이용한 주택특성가격 모형의 추정에서 대용량 거래건수로 인해 공간계량모형의 적용이 불가할 경우 대안적으로 고려할 가치가 있는 것으로 보인다. 추정결과를 살펴보면 북한산 조망에 대해서는 양의 경관가치가 추정되었지만 일반 산림에 대해서는 나타나지 않았다. 한강에 대해서는 다른 도시녹지에 비해 상대적으로 큰 조망가치가 계측되었다.

핵심주제어: 도시녹지, 위계선형모형, 주택특성가격, 녹지접근성, 조망가치

Abstract: Attempts have been made to estimate the values of urban green space as the demand for ecological services increases among urban residents. In order to estimate the non-use value of the heterogeneous green space of Seoul—namely, the Han River, the urban forest, and Bukhansan Mountain—we acquired the actual transaction price for apartments—the main housing type in Seoul—and conducted a hedonic price analysis. Due to the nature of collective buildings, there were a number of transaction records with the same location information and the same housing characteristics. This resulted in a spatial autocorrelation in the transaction price and a hierarchical structure in the explanatory variables. To manage them, spatial lag variables, data grouping by the same housing characteristics, and the application of the hierarchical linear model were considered. Among these models, the spatial autocorrelation in the regression residuals decreased significantly when a two-level random intercept linear model was applied to the grouped transaction data. In case of estimation of

* 이 논문은 2017학년도 경북대학교 복원학술연구비에 의하여 연구되었음.

*** 주저자, 경북대학교 농업경제학과 박사후연구원

*** 공동저자, 미시시피주립대학교 농업경제학과 조교수

*** 공동저자, 경북대학교 농업경제학과 교수

***** 교신저자, 경북대학교 농업경제학과 부교수

the hedonic housing price model using the transaction data of collective housing in Korea, the method presented above is might be worth considering as an alternative if spatial econometric models cannot be directly applicable due to the large number of transactions. The results show that housing prices in Seoul are positively associated with views of Bukhansan Mountain, but not with other urban forests. For the Han River, relatively large view values were measured compared to those of other urban green spaces.

Key Words: Access to Green Space, Urban Green Space, Hierarchical Linear Model, Hedonic Housing Price, View Value

I. 서론

삶의 질에 대한 관심이 증가하고, 쾌적한 주거환경을 선호하게 됨에 따라 주거환경 중 산림, 하천, 공원 등 자연경관에 대한 접근성과 조망이 중요한 요소로 부각되고 있다. 동일 지역에 위치하더라도 조망이 우수한 곳에 위치한 주택일수록 부동산 가격이 높게 형성된다(이동일 외, 2010; 오규식·이왕기, 1997). 그러나 도시녹지는 소위 전형적인 공공재의 특성을 가지기 때문에 이러한 국가 생태자원의 보존 및 확보를 위해서는 이들의 가치를 일반 대중에게 용이하게 전달하기 위한 객관적 화폐가치로의 환산 작업이 필요하다(오치옥 외, 2019). 이들 가치는 환경재로서 시장의 균형가격이 존재하지 않기 때문에 화폐가치 추정을 위해 여러 가지 비시장재(non-market goods)에 대한 평가기법이 고안되어 왔다. 이들 평가 기법은 크게 진술선호법(stated preference method)과 현시선호법(revealed preference method)으로 구분될 수 있는데, 진술선호법은 설문 등을 통해 가상적 시장에 기반을 두어 환경재의 가치를 직접적으로 진술하도록 유도하는 방법이다. 진술선호법에는 가상가치평가법(contingent valuation method, CVM), 선택실험법(choice experiment, CE) 등이 대표적이다. 현시선호법은 추정의 대상이 되는 환경재와 관련된 시장이 존재하는 재화의 실제 시장자료에 기반을 두어 환경재의 가치를 간접적으로 추정하는 방법으로, 특성가격법(hedonic price method), 여행비용법(travel cost method), 회피행동분석법(avert behavior method) 등이 있다. 도시녹지에 대한 가치 추정은 이러한 두 가

지 방법론의 적용이 모두 가능하나 진술선호법은 환경재의 질적·양적 변화에 따른 가상적 상황에 대한 경우에 좀 더 적합하고, 현시선호법은 주택시장에서 반영되어 있는 현재 도시녹지 상태(status quo)에 대한 가치 평가 시 특별히 가상상황에 대한 진술을 요구하지 않고 관련된 거래시장을 통해 가치를 이끌어낼 수 있는 장점이 있다.

특성가격법은 주로 주택가격에 대해 적용되는데, 주택은 주택 자체의 특성뿐만 아니라 그 위치가 고정되기 때문에 입지 및 주변 환경 관련 변수에 따라 가격에 영향을 받게 된다. 따라서 주택가격 분석 시 주택들이 가지는 이러한 공간적 특성을 어떻게 반영할지 고려가 필요하다(권오상, 2007). 공간적 특성으로 말미암아 나타나는 공간자기상관은 인문사회적 또는 자연적 현상들이 지리적 공간상에서 갖는 상호의존성 및 상호작용을 말한다. 이는 공간상에 분포하고 있는 실체(spatial entities)들이 위치의 유사성이 높아짐에 따라 이들이 갖는 값의 유사성도 높아지는 현상을 말한다(Anselin and Bera, 1998). 이로 인하여 주택특성가격법(hedonic housing price method)을 단순선형회귀식을 사용하여 분석할 경우 전통적인 계량경제학적 관점에서는 소위 BLUE(Best Linear Unbiased Estimator)의 조건을 만족하더라도 종속변수 즉, 주택 가격의 공간종속성으로 인하여 추정식 오차항에 공간자기상관이 발생하게 될 가능성이 존재한다. 즉, 오차항에 존재하는 공간자기상관은 잔차제곱의 합(residual sum of squares)이 과소 추정될 수 있어 계수 추정에 대한 제1종 오류(Type 1 error)의 증가로 이어질 수 있다(Davis, 1986). 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 주요 변수에 공간자기상관이 존재할 경우 공간계량모형을 고려하게 된다.

한편, 서울과 같은 지역의 경우 아파트 및 주택 거래 건수가 많기 때문에 분석에 대용량 거래자료가 사용된다. 예를 들어, 본 연구를 위해 수집된 2016년 기준 연간 서울시 소재의 아파트 매매 거래는 11만 건을 상회한다. 문제는 Matlab, R, Stata 등의 공간계량분석이 가능한 상용화된 통계소프트웨어에서 11만 건 정도의 관측치를 기존의 공간계량경제학의 일반적 분석 방법론에 적용할 경우 프로그램 구동상, 특히 컴퓨터의 상주메

모리(Random-access memory)의 한계로 추정이 불가능하다는 점이다. 이는 공간상의 정보를 소위 공간가중행렬로 부르는 n 차 정방행렬(단, n 은 관측치 수)로 나타내게 되는데 공간시차(spatial lag)나 공간오차(spatial error) 모형 등 일반적인 공간계량경제학적 방법론의 추정에 있어서 10만 건이 넘는 공간에 대한 가중행렬의 역행렬은 다양한 알고리즘 차용에도 불구하고 계산이 용이하지 않기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 대용량 거래자료를 주택특성가격법을 적용하는 데 있어 공간자기상관 문제를 해결하기 위한 공간계량모형의 적절한 대안이 있는지에 대해 검토가 필요하였다.

통계청의 2018년 인구주택총조사에 따르면 서울은 전체 주거용 주택의 약 58.0%가 집합건물인 아파트 형태로 나타났다. 또한 아파트의 경우 국토교통부의 실거래가 취득이 용이하며, 네이버, 다음과 같은 부동산 정보업체가 수집하여 공개하는 포털 사이트를 통해 주택특성을 비교적 쉽게 취득할 수 있다. 반면, 주택의 경우 아파트와 거래시장이 분리되어 있을 뿐 아니라 자료의 취득이 어려운 단점이 존재하기 때문에 본 연구에서는 아파트 거래시장만을 이용하여 도시녹지의 가치를 추정하고자 하였다. 이러한 장점에도 불구하고 도시 전체의 개별아파트 가구의 위치 정보를 지오코딩(geocoding)을 통해 모두 취득하기는 실질적으로 불가능하므로 아파트 단지의 중심점(centroid)을 사용하게 된다(손철, 2003). 이로 인해 아파트 주변 환경에 대한 정보도 개별 아파트 가구가 아니라 아파트 단지를 중심으로 수집하기 때문에 자료에 위계(hierarchy)가 발생한다. 즉, 개별 아파트 거래를 자료의 단위로 사용하지만 아파트 단지 내 존재하는 같은 형태(평형)의 아파트 거래는 층수를 제외하고 모두 같은 특성을 공유하게 되기 때문이다. 따라서 서울의 대용량 아파트 거래자료를 이용한 주택특성가격 분석을 통한 도시녹지 가치의 추정에 있어 공간자기상관의 문제와 자료의 위계문제를 고려해야 하고 이들 문제에 대한 대안이 IV장에서 좀 더 자세히 후술된다.

산림청에 따르면, 산림에 대한 국민적 수요 증대로 삶의 질에 미치는

영향력이 확대되고 있다. 산림이 생산하는 재화와 유·무형의 서비스에 대한 국민 수요가 증가하고, 국민들은 일상을 보내고 싶은, 삶과 가까운 공간으로 산림을 인식하고 있는데, 문체부의 2016년 국민여가활동조사 결과에 따르면, 희망여가공간 1위가 산으로 나타났다. 또한, 산림은 사회적·경제적 가치의 선순환을 실현하기에 최적의 공간으로, 공공성, 공유성, 공동체를 그 특징으로 한다. 산림청은 숲 속의 대한민국 만들기를 주요 정책으로 추진중이며, 1인당 생활권 도시림 면적을 기준으로 2015년 9.91㎡/인에서 2022년 12㎡/인, 2030년 15㎡/인을 목표로 하고 있다.

국립공원은 생물다양성의 보고이자 문화유산과 수려한 자연경관을 가진 국가자산이며, 국민의 여가생활과 정서함양을 위한 쉼터 역할을 하고 있다. 생태학적, 경제적, 역사문화적 가치뿐만 아니라 기후변화에 대응하기 위한 지속적인 관리도 필요하다. 국립공원은 ‘자연공원법 제44조’에 설립근거를 두고 있으며, 총 22개의 국립공원 중에서 북한산국립공원은 서울시 및 경기도에 소재한 유일한 국립공원이며 1983년 4월 2일 국내 15번째 국립공원으로 지정되었다(국립공원관리공단, 2017). 연간 탐방객 수를 살펴보면, 북한산국립공원 탐방객 수는 전체 국립공원 탐방객 수 중 1~2위를 차지하고 있다. 북한산국립공원 탐방객 수는 2014년까지는 전체 국립공원 탐방객 수 중 1위로 나타났으나, 2015년부터 2019년까지는 2위를 차지하였다. 2019년 전체 국립공원 탐방객 수(43,184,247명) 중 한려해상 국립공원이 6,328,709명으로 1위, 북한산국립공원이 5,574,539명으로 2위로 나타났다(국립공원관리공단, 2020). 북한산국립공원이 위치하고 있는 서울과 경기도는 국내 9개 특·광역시와 8개 도 중에서는 인구가 가장 많으며, 인구밀도 또한 가장 높다.

한강은 서울을 대표하는 자연문화 유산일 뿐만 아니라 대형 시민공원으로 도심 속 쉼터이기도 하다. 한강의 면적은 총 39.8㎢로 서울시 총면적의 6.6%를 차지한다. 한강공원은 강북의 경우 독섬, 이촌, 망월, 난지 4개, 강남의 경우 광나루, 잠실, 잠원, 반포, 여의도, 양화, 강서 7개로 총 11개가 있다. 정책 당국은 ‘시민이 만족하고 행복한 한강공원’이라는 비전과 ‘보

전과 이용이 조화를 이루는 한강공원 관리'라는 정책목표를 가지고 '건강한 한강, 가까운 한강, 안전한 한강'을 추진과제로 삼고 있다. 따라서 서울시 아파트를 대상으로 일반산림, 북한산국립공원, 한강의 접근성 및 조망 가치를 추정하는 것은 향후 도시녹지의 조성과 관리에 관련된 정책 수립에 반드시 필요한 과정이라고 볼 수 있다.

II. 선행연구

먼저 녹지의 조망이 아파트 및 주택가격에 미치는 영향에 관한 국내의 선행연구를 살펴보면, 윤정중·유완(2001)은 경관자원(산, 하천, 공원)의 조망정도가 주택가격에 미치는 영향을 분석하기 위해 분당에 소재한 아파트(6,969호)를 대상으로 헤도닉 가격모형을 적용하였다. 분석 결과, 하천, 공원, 산 순으로 주택가격에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 김태운 외(2007)는 분당의 아파트(358개동, 912가구)를 대상으로 경관 특성 차이가 아파트가격에 미친 영향을 분석하였다. 그 결과, 개방된 조망이 제한된 조망의 아파트에 비해 가격비율이 산(7%), 하천(4%) 정도로 주택가격에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 황형기 외(2008)는 한강을 조망할 수 있는 아파트를 대상으로 한강조망이 주택가격에 미치는 영향을 분석하였으며, 경관조망이 가능한 경우 주택가격에 양의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 조용성·원제무(2010)는 한강을 조망할 수 있는 대단지 중 하나를 대상으로 하여, 세대별 일조율, 천공율, 한강 조망율 등 5개의 독립변수로 회귀분석을 통해 각 변수가 아파트가격에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 특수경관이 주택가격에 미치는 영향이 일조율이나 천공율에 비하여 상당히 클 수 있고 한강 조망 유무에 따른 주택 가격의 격차가 이미 시장에서 자연스럽게 형성되어 있음을 보여주었다. 이상필·고석찬(2011)은 헤도닉 가격모형을 이용하여 공원과 골프장 조망 여부가 아파트 가격에 영향을 미치는 것으로 분석하였다. 이희찬 외(2013)는 경인아라뱃

길이 지역 부동산 가격에 미친 영향을 분석하여 주택가격에 내재된 아라뱃길 조망권의 가치를 평가하였다. 2011년 실거래가 이루어진 4,207세대로부터 수집된 자료를 기반으로, 주거공간으로부터 아라뱃길까지의 거리와 아라뱃길의 조망권이 주택가격 형성에 있어 중요한 역할을 한다는 점을 밝혔다. 김근준·지규현(2019)은 서울시 은평뉴타운의 푸르지오아파트 단지의 1,107세대를 표본으로 아파트가격에 내재한 북한산의 조망경관 가치를 분석하였다. 헤도닉 가격모형을 이용한 분석결과, 북한산 조망경관 가치가 분양가격에 일정 정도 반영된 것으로 판단되나, 분양 이후 아파트 실거래가격에 미친 영향은 분양 당시 가격에 비해 매우 높아진 것으로 나타났다. 완전조망인 경우가 조망불가에 비해 연평균 2% 더 높게 상승한 것으로 확인되었다.

다음으로 녹지에 대한 접근성에 관한 연구를 살펴보면, 김용주·김규호(2007)는 대구시 공원녹지를 중심으로 헤도닉 가격모형을 이용하여 도시여가공간의 가치를 추정하였다. 300개의 아파트를 선정하여 분석한 결과 공원녹지환경의 한계잠재가격은 아파트가격의 약 4.1% 달하는 것으로 나타났다. 다수의 연구에서 공원 접근성은 아파트 가격에 양의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다(최종일·심성훈, 2002; 김용주·김규호, 2007; 김태운 외, 2007; 김희재·전명진, 2014; 서원석, 2019). 김태운 외(2007)의 연구에서는 산에 대한 도보접근성이 뛰어날수록 주택가격에 양의 영향력을 주는 것으로 나타났다. 김근준·지규현(2019)은 북한산과의 거리가 멀수록 단위면적당 아파트 분양가격이 하락하였음을 보여준다. 양성돈·최내영(2003)의 연구에서는 한강시민공원까지의 거리가 가까울수록 아파트 가격이 상승하였다. 한편, 김태운 외(2007)의 연구에서는 하천에 대한 도보접근성이 뛰어날수록 주택가격에 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이희찬 외(2013)는 주거공간에서 아라뱃길까지의 거리가 주택가격 형성에 있어 중요한 역할을 한다는 점을 밝혔다.

이상의 연구를 살펴보면 다양한 녹지에 대한 조망가치 추정을 위해 주택특성가격법이 활용되어 왔지만 특정 지역의 아파트 거래가를 이용하여

녹지나 수변공원 등 특정 지역에 존재하는 오픈스페이스에 대한 가치 추정에 국한되어 있음을 알 수 있다. 서울과 같은 대형 도시 전체에 존재하는 도시녹지에 대한 조망 가치 추정은 일반적으로 시도되어 오지 않았고 이는 자료의 구득과 처리, 분석의 어려움을 방증하고 있다고 볼 수 있다.

III. 지리정보시스템(GIS)을 이용한 자료 구축

본 연구에서는 도시내 일반 산림과 대표적 국립공원인 북한산, 그리고 한강을 대표적인 서울의 도시녹지를 제공하는 생태계서비스로 가정하고 이에 대한 접근성과 조망에 대한 자료를 구축하였다. 이를 위하여 GIS 기반 자료를 구축하였고 비오톱(biotope) 지도¹⁾를 활용하여 산림과 북한산, 한강 등의 GIS용 shapefiles을 추출한 후 <그림 1>과 같은 25cm급 항공 정사영상을 바탕으로 원격탐사(remote sensing)²⁾를 통해 확인하는 절차를 거쳤다. 즉, 비오톱 및 토지피복도와 고해상도 항공영상을 중첩하여 비오톱과 토지피복도의 불확실한 세부 항목에 대해 관찰 및 조사를 실시하였다. 예를 들어, 조림지역과 초본식생지의 산림·숲 여부를 판단하기 위해 원격탐사를 통해 구축한 자료를 활용하였다.

한편, 가시권분석은 특정 지점에서 보이는 지역과 보이지 않는 지역을 구분하는 것으로 일반적으로는 개발 주체를 기준으로 예상되는 가시권이 나 개발 주체에 따른 조망권 변화에 대한 예측에 유용하게 사용된다. 가시권분석은 경관평가의 객관적 자료구축, 지형경관의 해석 및 평가를 위한 지표 확보, 경관상 중요지역 추출을 위한 정량적 분석에 이용된다. 본 연

-
- 1) “비오톱”이란 특정한 식물과 동물이 하나의 생활공동체 즉 군집을 이루어 지표상에서 다른 곳과 명확히 구분되는 하나의 서식지를 말하며, “비오톱지도”란 지역 내 공간을 경계를 가진 비오톱으로 구분하여, 각 비오톱의 생태적 특성을 분류한 비오톱 유형과 비오톱의 보전가치 등급을 나타낸 지도를 말한다(국토환경정보센터, <http://www.neins.go.kr>).
 - 2) 원격탐사는 일차적으로 영상을 제공하여 대상지의 현황을 파악할 수 있는 자료를 제공하고, 이차적인 가공을 통해 토지피복도와 같은 광범위한 지역에 대한 정보를 수집·분석하여 사용자가 필요로 하는 자료를 생성하는 기법이다(이상범, 2008).

구에서는 원격탐사의 일환으로 주거지(아파트)에서 산림, 북한산, 한강에 대한 조망이 가능한지에 대한 객관적 자료구축을 위해 사용되었다. 분석 과정에서 서울시에 도시공원으로 등록되어 있는 공원들은 실제로 공원으로 유지·관리되고 있는 실제 공원과 명칭을 제외하고는 공원의 형상을 가지고 있지 않은 곳들이 혼재되어 있었다. 특히, 도시공원은 그 수가 많고 아파트 단지 내 협소한 놀이공원 등도 공원으로 등록되어 있는 등 대부분의 아파트 단지 중심에서 가시권역으로 나타나 조망권 변수로 사용하지 않았다.

가시권분석의 간략한 절차는 다음과 같다. 래스터(raster) 자료를 기반으로 수행되는 가시권분석을 위해서는 수치표고모델(digital elevation model, DEM)의 구축이 필수적이다. 산지 등 비도시의 경우 DEM을 통해 각 아파트 단지 중심점에서 보이는 지역(가시권역)과 보이지 않는 지역(비가시권역)으로 구분한다. 서울은 고층의 건물이 많은 도시이기 때문에 아파트뿐만 아니라 모든 건물의 고도 정보를 DEM에 추가하여 새로운 DEM을 생성하고 이를 통해 가시권역을 추출한다. 끝으로 가시권역에 대해 산림, 북한산, 한강에 관한 정보를 중첩하여 각 아파트 단지에서의 각 도시녹지에 대한 조망여부에 대한 터미변수를 만들게 된다. 이러한 과정에 6천여 개의 아파트 단지별 반복 작업이 필요하므로 ESRI ArcGIS에서 제공하는 모델빌더를 활용하여 자동화하였다. 따라서 조망권 변수는 개별 세대의 실제 조망권을 측정하는 것이 아니라 해당 아파트 단지에서의 조망 가능성을 이항변수화한 것에 불과하므로 해석에 주의가 필요하다.

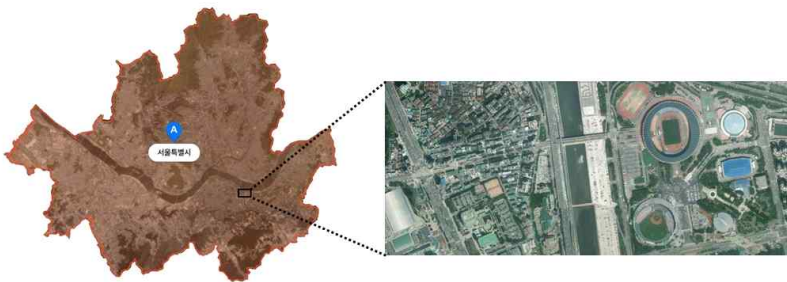
주택 거래 기록은 인터넷에 공개된 국가의 공적 자료를 통해 확인이 가능하며, 연도별 분기별 아파트 매매정보를 수집할 수 있다. 본 연구에 중요한 가격변수인 아파트 매매가격은 2016년 국토교통부 실거래가를 통해 수집하였다³⁾. 주택의 물리적 특성과 단지특성은 인터넷포털 기업인 다음의 부동산 단지 정보와 토지 및 건축물대장을 통해 수집하였다⁴⁾. 이 또한 6천

3) 국토교통부 실거래가 공개시스템, <http://rt.molit.go.kr>

4) 다음 부동산, <https://realty.daum.net>

여 개 아파트 단지에 대한 반복 작업의 어려움을 줄이고자 파이썬(Python) 코드로 웹스크래핑(Web Scraping)하였다. 사회적 환경 접근성은 단지에 근접의 지하철역, 버스정류장, 편의시설, 교육시설, 병원, 그리고 자연 환경 접근성 중 공원 접근성은 다음 부동산에서 반경 1km 이내 최근린 최대 5개까지만 자료를 제공하고 있어 최댓값이 모두 5로 나타나고 있다.

〈그림 1〉 고해상도 공간자료 활용



〈표 1〉 기술통계량

변수명		평균	표준편차	최솟값	최댓값
아파트 거래가격(만원)		47,653.36	31,426.62	700.00	770,000.00
가장 근접한 3개의 아파트단지 평균가격(만원)		44,580.02	23,745.44	9,575.00	313,635.70
주택 특성	전용면적(㎡)	78.11	28.46	11.96	317.36
	층	8.89	5.94	1.00	69.00
단지 특성	총세대수(세대)	1,008.24	1,110.71	4.00	6,864.00
	경과년수(년)	17.38	8.86	1.00	51.00
	시공순위 10위 이내 여부	0.27	0.44	0.00	1.00
	가구당 주차대수(대)	1.07	0.71	0.00	31.58
사회 환경 접근성	지하철역 접근성	2.41	1.55	0.00	5.00
	버스정류장 접근성	4.99	0.30	4.00	5.00
	편의시설 접근성	3.88	1.43	0.00	5.00
	교육시설 접근성	4.89	4.92	0.00	5.00
	병원 접근성	0.54	0.77	0.00	5.00
자연 환경 접근성	공원 접근성	4.21	1.23	0.00	5.00
	산림까지의 거리(m)	508.78	494.80	0.00	2,699.35
	북한산까지의 거리(m)	9,021.14	4,970.79	0.00	19,305.80
	한강까지의 거리(m)	4,442.00	3,568.45	73.15	15,239.64
조망권	일반산림 조망 여부	0.81	0.38	0.00	1.00
	북한산 조망 여부	0.33	0.47	0.00	1.00
	한강 조망 여부	0.07	0.25	0.00	1.00

조망여부는 일반산림 조망여부, 북한산 조망여부, 한강 조망여부를 선정하였으며, 조망이 있을 경우 1, 그렇지 않을 경우 0으로 처리하였다. 일반산림 조망여부는 북한산을 제외한 일반 산림·숲의 조망여부를 의미한다. 일반산림과 북한산 조망여부를 분리하여 변수화한 것은 북한산국립공원에 대한 조망 가치를 일반 숲이나 산림에 대한 가치와 비교하여 차별화된 가치를 추정하기 위함이다. 한강 조망여부는 북한산과 마찬가지로 서울의 대표적인 경관자원이므로 독립변수에 포함하였다. 산림·숲, 한강에 대한 가시권분석과 마찬가지로 각 아파트 단지에서 가장 가까운 숲과 한강, 그리고 북한산에 대한 거리는 ArcGIS 네트워크 분석을 이용하였다. 또한 공간중속성 검증 등을 위해 아파트단지 주소를 기반으로 지오코딩하여 좌표 자료를 수집하였다.

IV. 분석 모형

특성가격법은 Rosen(1974)에 의해 처음으로 이론적으로 확립된 이후 1970년대와 1980년대 집중적으로 관련 연구가 수행되었으며, 이후 많은 분야에서 다양하게 활용되고 있는 비시장재화 가치평가 모형이다(엄영숙·양병우, 2013; 김용주·김규호, 2007). “재화는 여러 가지 속성들의 집합으로 구성되며, 각 속성은 효용을 지니고 있고, 재화의 가치는 이 효용의 합에 의해 결정된다”는 Lancaster(1966)의 hedonic hypothesis에 기초한다(신승식, 1998). 특성가격함수는 경쟁적 시장에서 소비자들의 효용극대화과 공급자들의 이윤극대화의 상호작용에 의해 결정되기 때문에 소비자들과 생산자들의 행동을 모두 고려함으로써 헤도닉가격함수가 균형에 접근하는 과정을 설명할 수 있다(김용주·김규호, 2007).

아파트 거래가격에 로그를 취한 종속변수와 이에 영향을 미치는 요인들을 독립변수로 하는 반대수 함수(semi-log function) 형태의 특성가격함수는 식 (1)과 같다. 반대수 함수의 경우, 추정계수의 값이 해당 특성의 변

화에 따른 부동산 가격의 백분율 변화를 나타내기 때문에 추정결과와 해석이 단순하고 편리한 장점이 있다(이용만, 2008). 독립변수로 사용되는 요인들은 개별아파트 및 아파트 단지의 특성, 사회적 환경 및 도시녹지에 대한 접근성과 조망권으로 구성된다.

$$\ln P_i = f(I_i, C_i, S_i, E_i, L_i) \quad (1)$$

P_i : 아파트 거래가격

I_i : 개별 아파트 특성 (전용면적, 층)

C_i : 아파트 단지 특성 (총세대수, 경과년수, 시공사규모, 가구당 주차대수 등)

S_i : 사회 환경 접근성 (교통시설, 편의시설, 교육시설, 병원 등과의 접근성 등)

E_i : 자연 환경 접근성 (공원, 산림, 북한산, 한강까지의 거리)

L_i : 조망권 (산림, 북한산, 한강 조망 여부)

본 연구의 정책변수인 자연 환경 접근성과 조망권을 제외하고 본 연구에서 사용된 변수에 대한 선행연구를 각 특성별로 살펴보면 다음과 같다. 우선 아파트 면적이 아파트 가격에 유의한 양의 영향을 미치는 결과는 다수 연구에서 발표되었다. 양성돈·최내영(2003)과 서원석(2019)은 아파트 전용면적을, 윤정중·유완(2001), 김주영(2003), 오동훈·이찬범(2003), 김용주·김규호(2007), 김희재·전명진(2014), 최명섭·변세일(2016)은 아파트 평수를, 김성우·정건섭(2010b, 2010c)은 주택면적(전용면적+기타공용면적)을, 김태운 외(2007)와 문윤석 외(2009)는 단위면적을 변수로 사용하였으며, 해당 변수들은 모두 아파트 가격에 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 아파트 층은 아파트 층수와 로얄층 여부의 변수로 나눌 수 있다. 선행연구에서 아파트 층의 경우 양의 상관관계로서 입주자들이 높은 층을 선호함을 알 수 있다(문윤석 외, 2009; 김희재·전명진, 2014; 최명섭·변세일, 2016; 서원석, 2019). 또한, 로얄층 변수(로얄층 여부)도 아파트 가격과 양의 상관관계가 나타났다(윤정중·유완, 2001; 양성돈·최내영, 2003; 김태운 외, 2007; 문윤석 외, 2009).

총세대수는 아파트 가격에 유의한 양의 영향을 미치는 것으로 나타난다(김성우·정건섭, 2010a, 2010b, 2010c; 서원석, 2019). 아파트 단지규모가 아파트 가격에 양의 영향을 미치는 것으로 나타났는데(최종일·심성훈, 2002; 김용주·김규호, 2007; 최명섭·변세일, 2016), 아파트 단지규모가 클수록 편의시설 등이 잘 갖추어져 있으며 이와 같은 요인이 아파트 가격에 영향을 미칠 수 있기 때문으로 보인다. 최근에 준공된 아파트일수록 아파트 가격이 높으며, 건축연한이 오래될수록 아파트 가격에 음의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다(최종일·심성훈, 2002; 김주영, 2003; 김성우·정건섭, 2010a, 2010b, 2010c; 김희재·전명진, 2014; 서원석, 2019). 최명섭·변세일(2016)은 재건축 특성을 반영하기 위해 건설기간과 건설기간의 제곱항을 포함하였으며, 건축연도가 오래될수록 아파트가격을 낮추나, 어느 시점 이후에는 재건축 가능성이 높아져 아파트가격을 높이는 것으로 분석되었다. 김주영(2003), 김성우·정건섭(2010a, 2010b, 2010c)의 연구에서도 경과년수와 경과년수 제곱항을 함께 사용하고 있으며, 경과년수의 제곱은 아파트 가격에 양의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 건설사 지명도가 있을수록 주택가격에 양의 영향을 주는데 윤정중·유완(2001), 오동훈·이찬범(2003), 김태윤 외(2007)는 시공능력 순위 20위 이내 여부를, 김희재·전명진(2014)은 아파트 브랜드 선호도 설문조사에서 상위 10위 아파트 건설사 여부를 변수로 사용하였다. 양성돈·최내영(2003)의 연구에서는 세대당 주차장수의 부호가 양으로 변수값이 증가할 때 아파트 가격이 상승하는 것으로 나타났다. 한편, 김주영(2003)의 연구에서는 주차대수의 부호가 음으로 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

아파트를 대상으로 한 주택특성가격법을 사용한 대부분의 연구는 지하철역 접근성을 변수로 포함하고 있다. 다수 연구가 지하철역까지의 거리가 가까울수록 아파트 가격에 양의 유의한 영향을 미치고 있다(최종일·심성훈, 2002; 김주영, 2003; 오동훈·이찬범, 2003; 김성우·정건섭, 2010b, 2010c; 김희재·전명진, 2014; 최명섭·변세일, 2016; 서원석, 2019). 김근

준·지규현(2019)의 연구에서는 버스정류장과의 거리가 아파트 가격에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 한편, 김용주·김규호(2007)는 대중교통시설까지의 거리를 측정하는 데 있어서 지하철역과 버스정류장을 대중교통시설로 보고, 50m이내는 3점, 100m이내 2점, 500m이내 1점으로 하는 가변수를 사용하였고, 아파트 가격에 양의 유의한 영향을 나타내는 것으로 분석되었다. 오동훈·이찬범(2003)은 각 세대 입구에서 가장 가까운 대단위 상가와와의 거리가 가까울수록, 김용주·김규호(2007)는 근린 쇼핑센터까지의 거리가 가까울수록, 최명섭·변세일(2016)은 백화점과 거리가 가까울수록 아파트 가격에 양의 유의한 영향을 미침을 밝혔다. 김태운 외(2007)의 연구에서는 중심상업지와 거리에 따라 주택가격이 영향을 받는 것을 보여주었다. 한편, 최종일·심성훈(2002)에서는 근린 쇼핑센터까지의 거리 변수가 아파트 가격에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

최명섭·변세일(2016)은 종합병원과의 거리는 해당용도의 특성으로 인해 이와 가까울수록 아파트가격을 낮추는 것으로 나타났다. 이 연구에서 공간특성을 위한 거리는 서울시 연속지적도를 통해 도출하였기 때문에 해당부지가 병원으로 구분된 경우를 기준으로 거리를 산출하였다. 따라서 일반적인 상업시설 또는 오피스텔에 있는 소규모 개인병원과는 구분된다. 병원 접근성을 헤도닉 가격기법에서 독립변수로 채택한 경우는 많지는 않은 것으로 파악된다.

한편, 특성가격법은 주택 구성요소들의 이질성을 실증적으로 분석할 수 있는 적절한 수단으로 인식되고 있으나, 주택가격 추정에 있어 중요한 한계점을 갖는다. 주택은 정해진 토지를 바탕으로 생산되므로 토지와 같이 공간적으로 이동이 불가능하다. 입지적 고정성으로 주택시장은 공간적으로 제한을 가지며, 지역시장의 의미를 갖는다(하성규, 2006). 주택의 이러한 특징으로 인하여 주택시장에서 관찰된 가격정보는 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)과 이분산성(heterogeneity)을 갖는다. 기존의 연구 대부분이 OLS(ordinary least square)로 특성가격함수를 추정하고 있

기 때문에 대부분의 전통적 헤도닉 모형의 가격 추정에는 암묵적 문제를 내포하고 있다. 즉, 추정식의 잔차(residuals)가 독립적이며 정규분포를 따른다는 가정에 기초하지만, 공간자기상관이 발생할 경우 이러한 가정을 위반하게 되고, 왜곡된 추정결과를 낳을 수 있다(Gillen et al, 2001; 김성우·정건섭, 2010c).

공간자기상관의 존재를 탐색하는 방법으로 널리 사용되고 있는 지표 중 가장 단순한 형태인 Moran's I 공간자기상관 계수(Moran's I statistic of spatial autocorrelation, Moran's I)는 인접해 있는 공간단위(neighboring spatial units)에 높은 가중치를 부여하여 계산하는 상관계수(correlation coefficient)이다. 만일 인접한 공간단위일수록 유사한 값을 갖는 경우 Moran's I는 높은 정(+)의 공간상관(clustered)을 갖게 되며 인접한 공간일수록 서로 상이한 값들을 갖게 되면, Moran's I는 높은 음(-)의 공간상관(dispersed)을 갖게 된다. 만약 공간에서의 인접성이 상관관계가 없을 경우(Moran's I 값은 0)에는 공간자기상관이 존재하지 않으며(random), 이 경우 통상적인 계량모형으로도 공간자기상관의 문제가 발생하지 않는 경우라고 말할 수 있다. Moran's I는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$I = \frac{n \sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

여기에서 W 는 공간가중치행렬(spatial weights matrix)로서 w_{ij} 는 공간 단위 i 와 j 의 공간적 관계를 나타낸다. 예를 들어, 서로 이웃하고 있으면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 주는 인접성 기준의 가중치를 사용하거나 유클리드(Euclidean) 거리의 역수나 역수의 제곱 등의 거리 기준의 가중치를 사용한다(김성우·정건섭, 2010c). 주대각선 w_{ii} 의 경우 공간단위 i 자신을 의미하기 때문에 0의 값을 갖는다. 공간단위 i 의 값은 x_i 이며, $\bar{x}$ 는 변수 x 의 평균값이고, N 은 관측개체의 수이다. 다만, 공간가중행렬을 그대로 사용하여 Moran's I를 계산하게 될 경우 인접한 공간단위가 많아짐에 따라 비

례하여 가중치가 증가하므로 열(row)의 합이 1이 되도록 각 열의 합으로 열의 값을 나누는 행단표준화(row standardization) 후 계산한다.

아파트 단지의 중심점을 기준으로 각 아파트 단지 간의 거리 역수의 제곱을 사용하여 거리척도를 기준으로 한 공간가중치행렬을 사용해 개별 아파트거래 117,807건에 대한 거래가에 대하여 Moran's I를 계산하면 $0.604(z=2623.094, p=0.000)$ 로 공간자기상관계수의 크기와 통계적 유의성이 매우 높게 나온다. 이는 아파트 거래가가 지역적 편차를 가지고 형성되는 이유가 가장 큰 원인이지만 아파트 단지가 5,959개임을 감안하면 동일한 좌표에 평균 약 20건의 거래가 있기 때문에 비슷한 거래가격을 가진 동일 평형 아파트의 거래가 주변 아파트 단지에서 빈번하게 발생하는 것이 반영될 요인이 있다. 따라서 각 단지 내에 있는 서로 다른 면적을 가진 세대(평형별)수는 16,060개로 이를 기준으로 거래가 평균의 Moran's I를 계산하면 $0.491(z=348.189, p=0.000)$ 로 z값은 87% 감소했지만 여전히 높은 수준의 공간종속성을 보인다. 따라서 두 가지 형태의 자료 모두 공간계량모형의 적용이 필요하지만 전술된 바와 같이 개별가구의 거래건수로 인하여 불가능하다. 따라서 가장 근접한 3개의 아파트단지 평균 거래가격을 독립변수로 추가함으로써 공간자기회귀모형의 한 형태인 공간시차모형($y = \rho Wy + X\beta + \epsilon$)을 원용하였다(Grubestic and Rosso, 2014; Kim and Yoon, 2019).

한편, 아파트 거래가격, 개별아파트 특성은 개별거래 혹은 동일 평형의 거래마다 다르지만 아파트단지의 특성, 사회 및 자원환경 접근성, 조망권에 대한 변수는 아파트단지를 기준으로 생성된 변수이므로 2수준의 위계가 발생한다. 본 연구에서는 1차 수준의 계수는 고정되고 상수만 임의효과를 갖는 임의절편모형(Random intercept model, RIM)을 적용하였다(이대웅 외, 2015; 이희연·노승철, 2010; Brown and Uyar, 2004). 즉, 개별아파트 특성은 1수준의 독립변수로, 단지 기준의 변수들은 2수준의 독립변수들이며, 2수준의 독립변수는 1수준의 상수항에 영향을 미치도록 모형을 구성하였다.

$$\begin{aligned}\ln P_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_{1j}I_{ij} + \gamma_{ij} \\ \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}K_j + u_{0j}\end{aligned}\quad (3)$$

여기에서 i 는 개별거래나 평형별 거래단위를 나타내고 j 는 아파트 단지를 의미하므로 식 (3)의 첫 번째 수식은 소위 미시수준 모형으로 불리는 수준 1, 두 번째 수식은 소위 거시수준 모형으로 불리는 수준 2의 모형을 나타낸다. 식 (2)에서 아파트단지 수준의 변수는 K_j 로 나타내었고, γ_{ij} 은 $N(0, \sigma^2)$ 인 확률오차항을, β_{0j} 는 j 번째 그룹(단지)의 절편, γ_{00} 은 1수준 추정계수의 집단 간 평균, γ_{01} 은 1수준 독립변수와 2수준 독립변수 간 상호작용 효과를 나타낸다. 따라서 집단 간 평균적인 효과, 아파트 단지 수준의 특성 변수의 영향, 임의 효과인 u_{0j} 가 아파트 단지별 절편의 추정에 영향을 준다.

요약하면, 공간자기상관에 의한 추정 오류를 줄이고자 (1) <표 2>와 같이 개별가구를 그대로 관측치로 사용하거나 <표 3>과 같이 관측치를 평형별 평균을 계산해 사용한 경우, (2) 아파트 단지에 가장 가까운 3개의 아파트단지 평균 거래가격의 로그값($\ln(\text{공간시차})$), 즉 공간시차를 설명변수로 추가하거나 하지 않은 경우, 끝으로 (3) 통상최소제곱법(Ordinary least squares, OLS)을 사용하거나 위계선형모형의 일종인 임의절편모형(RIM)을 적용한 총 8가지 조합의 추정을 통해 식 (1)의 잔차와 식 (3)의 γ_{ij} 의 Moran's I 를 구하여 비교하고, 공간자기상관의 문제가 없는 모형 결과에 따른 조망권 등 주요 변수에 대한 추정계수에 대해 논의한다.

V. 분석 결과

<표 2>에는 아파트 개별가구의 거래를 그대로 관측치로 사용한 경우 4가지 조합의 추정치가 정리되어 있다. OLS로 $\ln(\text{공간시차})$ 를 포함하여 추정하였을 경우(모형 2) 수정된 결정계수(adjusted r-squared)는 0.835로

포함되지 않은 경우(0.737)(모형 1)에 비해 약 13% 또는 약 9.8%p 증가하는 것으로 나타났다. RIM으로 2수준의 위계를 감안할 경우(모형 3, 4) 5,959개의 단지에 평균 19.8개의 거래가 있었으며 단지별로 최소 1개 최대 517개의 거래량이 있었다. $\ln(\text{공간시차})$ 가 포함된 경우(모형 4)의 log likelihood는 110,579.46으로 포함하지 않은 경우(109,060.23)(모형 3)에 비해 약 14% 증가하였고, OLS와의 비교를 위한 likelihood-ratio(LR) 값은 $2.4e+05$ 에서 $1.9e+05$ 로 감소하지만 $\ln(\text{공간시차})$ 의 포함여부와 관계없이 통계적으로 유의하게 나타나 임의효과가 0이라는 귀무가설을 기각하여 RIM과 OLS간 유의미한 차이가 있음을 보여준다.

먼저 OLS를 적용한 추정결과(모형 1, 2)를 살펴보면, $\ln(\text{공간시차})$ 의 계수가 1% 유의수준에서 0.496으로 나타나 주변 단지의 가격이 개별 아파트 거래가에 높은 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 공간시차의 추가여부가 북한산 조망권을 제외한 다른 변수들의 부호와 통계적 유의성에 크게 영향을 미치지 않았다. RIM을 적용한 추정 결과(모형 3, 4)를 보면 $\ln(\text{공간시차})$ 계수(0.048)가 1% 수준에서 통계적으로 유의하였지만 OLS의 경우와 비교해서 1/10 수준으로 감소하여 RIM 추정으로 인하여 공간자기상관이 감소하고 있음을 간접적으로 보여준다. 추정계수가 부호가 바뀌는 경우는 없었지만 $\ln(\text{공간시차})$ 가 포함된 경우에 공원 접근성, 일반산림 조망, 한강 조망에 대한 추정계수가 통계적 유의성이 10% 수준에서 사라지는 것으로 나타났다. 일반적 인식으로 한강 조망권이 거래가에 미치는 높은 영향을 감안할 때 다소 받아들이기 어려운 결과이나 한강 수변의 높은 거래가의 아파트들이 군집되어 있어 $\ln(\text{공간시차})$ 추가로 인하여 조망권에 대한 효과가 공간시차로 흡수되는 것으로 해석될 여지가 있다. 또한 아파트 단지를 중심으로 가시권 분석이 되었기 때문에 개별 아파트의 실제 조망권이 반영되지 못한 결과일 수도 있다.

〈표 3〉에는 아파트 단지내 평형별 거래를 관측치로 사용한 경우 4가지 조합의 추정치가 정리되어 있다. OLS로 $\ln(\text{공간시차})$ 를 포함하여 추정하였을 경우(모형 6) 수정된 결정계수는 0.840으로 포함되지 않은 경우

(0.756)(모형 5)에 비해 약 11% 또는 약 8.4%p 증가하는 것으로 나타났다. RIM으로 2 수준의 위계를 감안할 경우(모형 7, 8) 5,959개의 단지에 평균 2.7개의 관측치로 실제 평균 19.8개의 거래건수에 비해 크게 줄어들었으며 단지별로 최소 1개, 최대 35개의 관측치가 나타났다. $\ln(\text{공간시차})$ 가 포함된 경우(모형 8)의 log likelihood는 7,014.746으로 포함하지 않은 경우(5,429.792)(모형 7)에 비해 약 29% 증가하였고, OLS 추정치와의 비교를 위한 likelihood-ratio(LR) 값은 18,897에서 12,293으로 감소하지만 $\ln(\text{공간시차})$ 의 포함여부와 관계없이 1% 수준에서 통계적으로 유의하게 나타나 RIM과 OLS간 유의미한 차이가 있음을 보여준다.

먼저 평형별 거래자료에 OLS를 적용한 추정결과(모형 5-8)를 살펴보면, $\ln(\text{공간시차})$ 의 계수가 1% 유의 수준에서 0.465로 나타나 개별가구에 대한 OLS 추정결과(모형 1-4)와 마찬가지로 주변 단지의 가격이 개별 아파트 거래가에 높은 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 공간시차의 추가가 추정치의 부호에는 영향을 미치지 않았지만, 버스정류장 접근성, 공원 접근성, 북한산 조망권에 대해서는 통계적 유의성을 감소시킨 반면 산림에 대한 접근성에 대해서는 통계적 유의성을 높이는 것으로 나타났다. RIM을 적용한 추정 결과(모형 7, 8)를 보면 $\ln(\text{공간시차})$ 계수(0.048)가 개별가구에 RIM을 적용했을 때와 마찬가지로 1% 수준에서 통계적으로 유의한 동일한 결과가 나왔으며 개별가구의 추정에서와 마찬가지로 RIM 추정으로 인하여 공간중속성의 문제가 감소하고 있음을 간접적으로 보여준다. $\ln(\text{공간시차})$ 의 포함여부에 따라 추정계수의 부호가 바뀌는 경우가 발생했고, $\ln(\text{공간시차})$ 의 포함이 공원 접근성에 대한 통계적 유의성을 증가시켰지만 한강 조망 여부는 통계적 유의성을 낮추는 방향으로 나타났다.

〈표 2〉 특성가격함수 추정 결과(개별가구)

변수명		OLS		RIM	
		모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
상수항		17.763*** (0.132)	13.136*** (0.106)	18.457*** (1.428)	13.764*** (1.084)
ln(공간시차)			0.496*** (0.002)		0.048*** (0.008)
주택 특성	전용면적(㎡)	0.011*** (0.000)	0.010*** (0.000)	0.008*** (0.000)	0.008*** (0.000)
	층	0.004*** (0.000)	0.004*** (0.000)	0.003*** (0.000)	0.005*** (0.000)
단지 특성	총세대수(세대)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
	경과년수(년)	-0.025*** (0.000)	-0.019*** (0.000)	-0.003** (0.001)	-0.009*** (0.001)
	경과년수×경과년수	0.001*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
	시공순위 10위이내 여부	0.148*** (0.002)	0.102*** (0.002)	0.228*** (0.011)	0.105*** (0.009)
	가구당 주차대수(대)	0.053*** (0.001)	0.030*** (0.001)	0.065*** (0.004)	0.029*** (0.003)
사회 환경 접근성	지하철역 접근성	0.038*** (0.001)	0.019*** (0.000)	0.048*** (0.003)	0.020*** (0.002)
	버스정류장 접근성	0.306*** (0.026)	0.143*** (0.021)	0.164 (0.285)	0.048 (0.202)
	편의시설 접근성	-0.027*** (0.001)	-0.005*** (0.000)	-0.047*** (0.003)	-0.004* (0.002)
	교육시설 접근성	-0.068*** (0.002)	-0.023*** (0.001)	-0.089*** (0.007)	-0.022*** (0.005)
	병원 접근성	-0.020*** (0.001)	-0.006*** (0.001)	-0.027*** (0.005)	-0.013*** (0.004)
자연 환경 접근성	공원 접근성	0.005*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.042*** (0.003)	-0.003 (0.002)
	산림까지의 거리(m)×10 ⁻³	0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	0.020** (0.010)	0.012* (0.007)
	북한산까지의 거리(m)×10 ⁻³	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.006*** (0.001)
	한강까지의 거리(m)×10 ⁻³	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.011*** (0.013)
조망권	일반산림 조망 여부	-0.006*** (0.002)	-0.006*** (0.002)	0.020** (0.010)	0.004 (0.007)
	북한산 조망 여부	0.008*** (0.002)	-0.002 (0.001)	0.046*** (0.009)	0.019*** (0.007)
	한강 조망 여부	0.049*** (0.003)	0.008*** (0.003)	0.090*** (0.017)	0.017 (0.013)

주: ***, **, *는 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함.

〈표 3〉 특성가격함수 추정 결과(아파트 평형별)

변수명		OLS		RIM	
		모형 5	모형 6	모형 7	모형 8
상수항		18.233*** (0.287)	13.837*** (0.238)	18.406*** (1.348)	13.810*** (1.014)
ln(공간시차)			0.465*** (0.005)		0.048*** (0.007)
주택 특성	전용면적(㎡)	0.011*** (0.000)	0.009*** (0.000)	0.008*** (0.000)	0.008*** (0.000)
	층	0.007*** (0.001)	0.007*** (0.000)	0.004*** (0.000)	0.003*** (0.000)
단지 특성	총세대수(세대)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
	경과년수(년)	-0.014*** (0.001)	-0.013*** (0.001)	-0.007*** (0.001)	-0.007*** (0.001)
	경과년수 × 경과년수	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
	시공순위 10위내 여부	0.147*** (0.006)	0.087*** (0.005)	0.182*** (0.011)	0.138*** (0.009)
	가구당 주차대수(대)	0.032*** (0.003)	0.016*** (0.002)	0.077*** (0.004)	0.030*** (0.003)
사회 환경 접근성	지하철역 접근성	0.042*** (0.002)	0.018*** (0.001)	0.047*** (0.003)	0.021*** (0.002)
	버스정류장 접근성	0.199*** (0.057)	0.068 (0.046)	0.191 (0.269)	0.045 (0.216)
	편의시설 접근성	-0.035*** (0.002)	-0.008*** (0.001)	-0.038*** (0.003)	-0.010*** (0.002)
	교육시설 접근성	-0.061*** (0.004)	-0.019*** (0.003)	-0.072*** (0.007)	-0.032*** (0.005)
	병원 접근성	-0.024*** (0.003)	-0.012*** (0.002)	-0.023*** (0.005)	-0.018*** (0.004)
자연 환경 접근성	공원 접근성	-0.006*** (0.002)	-0.003* (0.002)	-0.004 (0.003)	0.029*** (0.002)
	산림까지의 거리(m) × 10 ⁻³	-0.018 (0.006)	0.011** (0.005)	-0.029*** (0.009)	0.000*** (0.000)
	북한산까지의 거리(m) × 10 ⁻³	0.012*** (0.001)	0.007*** (0.000)	0.013*** (0.001)	0.000*** (0.000)
	한강까지의 거리(m) × 10 ⁻³	-0.033*** (0.001)	-0.013*** (0.001)	-0.035*** (0.002)	-0.000*** (0.000)
조망권	일반산림 조망 여부	0.005 (0.006)	0.002 (0.005)	0.015 (0.009)	0.008 (0.007)
	북한산 조망 여부	0.026*** (0.005)	0.009** (0.004)	0.040*** (0.009)	0.024*** (0.007)
	한강 조망 여부	0.090*** (0.010)	0.032*** (0.008)	0.077*** (0.017)	0.026* (0.013)

주: ***, **, *는 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함.

〈표 4〉는 〈표 2〉와 〈표 3〉의 8개 조합 추정식들의 잔차와 아파트 단지 중심점의 좌표를 토대로 개별 단지간의 거리의 역수의 제곱으로 구성된 공간가중행렬을 이용해 계산된 Moran's I의 결과이다. OLS의 결과를 살펴보면 아파트 개별세대 거래자료(모형 1, 2)나 평형별 평균자료(모형 5, 6)를 사용한 두 경우 모두 공간시차변수가 포함되지 않았을 때 가장 높은 Moran's I가 나타났다. 다만, 평형별 자료의(모형 1, 5) 경우 계수 자체의 크기는 0.520에서 0.411로 낮아져 평형별 평균자료의 사용으로 공간자기상관의 정도가 다소 감소한 것으로 나타났다. 그러나 공간시차변수가 포함된 경우라도 그 크기는 감소하였지만 통계적으로 1% 유의수준에서 여전히 잔차에 공간자기상관이 남아있는 것으로 나타났다. RIM으로 추정한 경우 공간시차변수가 포함되면 아파트 개별세대 자료나 평형별 자료를 사용한 경우 모두 1% 유의수준에서 그 수치는 크지 않지만 음(-)의 공간자기상관이 발생하였다. 그 수치에 있어서도 아파트 개별세대의 경우보다 평형별 평균 자료의 경우 절대값의 크기가 커져 RIM의 적용과 공간시차변수의 포함, 아파트 평형별 평균 자료의 사용이 양(+)의 공간자기상관을 음(-)의 공간자기상관의 방향으로 변화시키고 있는 것으로 추측할 수 있다. 끝으로 RIM을 적용하고 공간시차변수를 포함하지 않고 아파트 개별세대 자료를 사용한 경우(모형 3) 1% 유의수준에서 음(-)의 공간자기상관이 나타나는 반면, 평형별 평균 자료를 사용하였을 경우(모형 7) 부호는 음(-)으로 나타나지만 통계적으로 유의하지 않아 이 조합에 의한 추정식에서 공간종속성 문제가 해소된 것으로 나타났다. 따라서 공간자기상관 문제에 국한할 경우 인위적인 공간시차변수를 포함하지 않고 아파트 평형별 평균 거래자료를 취합하여 RIM으로 추정한 결과(모형 7)가 가장 신뢰할 만한 것으로 판단된다.

〈표 4〉 추정 결과별 Moran's I

관측치	OLS		RIM	
	공간시차변수 불포함	공간시차변수 포함	공간시차변수 불포함	공간시차변수 포함
아파트 개별세대 자료	모형 1: 0.520(0.000)	모형 2: 0.253(0.000)	모형 3: -0.003(0.000)	모형 4: -0.003(0.000)
아파트 평형별 평균 자료	모형 5: 0.411(0.000)	모형 6: 0.148(0.000)	모형 7: -0.002(0.289)	모형 8: -0.009(0.000)

주: 괄호 안은 p-value

〈표 3〉의 공간시차가 사용되지 않은 RIM 추정 결과(모형 7)에 대해 살펴보면 대부분의 경우 직관적인 예상에서 벗어나지 않고 있다. 먼저 전용면적이 크고 고층에 위치할수록 거래가가 높아진다. 또한 총세대수가 많고 시공순위가 높은 브랜드 아파트일수록 가격이 높아진다. 다만, 경과년수가 늘어남에 따라 아파트 노후화에 따른 가격 하락이 발생하지만 오히려 경과년수의 제곱항에 대해서는 양의 추정결과가 나타나 재개발 기대에 의한 거래가격 증가 등 현실을 잘 반영하고 있는 것으로 보인다. 가구당 주차대수가 아파트 거래가와 양의 상관관계가 나타났다. 지하철역 접근성은 거래가와 양의 상관관계를 보여 소위 역세권에 대한 프리미엄이 실증적으로 나타났지만, 버스정류장에 대해서는 그 가치가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 그러나 편의시설 접근성, 교육시설 접근성, 병원 접근성은 1% 유의수준에서 음의 상관관계가 나타나 이러한 시설들이 혼잡비용을 유발하고 있는 것으로 추정된다. 직관적인 기대와 다소 반대로 나타난 이유는 자료의 이질성과 수집 방법의 문제가 제기될 수 있다. 부동산 포털에서 제공하고 있는 단지 정보 중 편의시설의 경우 백화점이나 마트 등 상업시설의 규모가 구별되어 있지 않고, 교육시설도 마찬가지로 초등·중등·고등·대학교를 모두 동일하게 취급하고 있으며, 공원의 경우에도 어린이공원, 근린공원, 수변공원 등 규모나 질적 차이를 고려하지 않은 한계가 있다. 지하철역, 버스정류장, 병원 등의 경우는 비교적 동질적인 자료로 볼 수 있지만, 앞서 기술된 바와 같이 최대 5개까지의 최근린 시설을 제공하고 있기 때문에 버스정류장은 평균 4.99개, 교육시설은 4.89개, 공

원은 평균 4.21개가 존재하여 설명변수의 설명력이 결여되었을 가능성이 있다. 병원 접근성의 경우는 대학병원과 같은 종합병원 규모 이상을 대상으로 하기 때문에 상대적으로 동질적으로 판단되나 평균이 0.54개에 불과하며 비교적 낮은 표준편차로 인해 앞의 변수들과 유사한 이유로 추정계수의 신뢰성에 문제가 발생할 여지가 있다.

끝으로 자연환경에 대한 접근성과 조망권에 대한 추정결과를 살펴보면, 주거지역 근처에 산재하고 있는 공원에 대한 접근성은 통계적으로 유의한 영향을 주지 않은 것으로 나타난 반면, 일반 산림과 한강까지의 거리는 가까워질수록, 북한산에는 멀어질수록 아파트 거래가격이 상승하는 것으로 나타났다. 한강에 대한 접근성은 추정계수의 절대값이 산림에 비해 매우 큰 편은 아니지만 아파트에서 최근린(nearest) 산림, 최근린 한강까지의 평균 거리가 약 500m와 3.6km인 점을 감안하면 한강 접근성에 대한 높은 프리미엄을 유추할 수 있다. 한강에 대한 접근성은 한강시민공원까지의 거리가 가까울수록 아파트 가격이 상승하며(양성돈·최내영, 2003), 하천에 대한 도보 접근성(김태윤 외, 2007), 아라뱃길에 대한 접근성(이희찬 외, 2013) 등에 대한 선행연구와 일치한다.

흥미로운 점은 북한산에 대한 접근성은 오히려 음의 프리미엄을 가지는 것으로 나타나는 것인데, 최근린 일반산림은 주로 산책 등의 사용가치가 발생하지만 북한산국립공원의 경우 주변 주거지역의 시민들만 사용하는 것이 아니라 도시 전체의 공공재로서 사용되고 있어 주변 아파트 거주민에 대해서는 혼잡 비용이 발생하는 것으로 보인다. 다양한 혼잡 상황에 따른 불경제는 다수의 연구에서 규명된 바 있다. 김경환·이창무(2005)는 대도시 집중에 따른 사회비용 중의 하나인 한계혼잡비용을, 김승준(2016)은 지하철 혼잡의 사회적 비용, 이창로 외(2019)는 항만지역 화물차량이 야기하는 교통 혼잡 등에 따른 외부불경제 비용을 추정하였다. 특히 조망권에 대한 추정계수를 살펴보면 이러한 경향과 일관성이 있는 것으로 보인다. 즉, 일반산림에 대해서는 조망가치가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았지만 북한산국립공원에 대해서는 상당히 높은 수준의 조망가치가

추정된 것이다. 따라서, 도시내 산림에 대해서는 산책 등으로 이용하는 직접적 사용가치(direct use value)가, 도시 외곽의 북한산국립공원에 대해서는 조망 등 간접적 사용가치(passive use value)가 추정에 반영된 것으로 보인다.

한강에 대해서는 상대적으로 높은 수준의 직·간접적 사용가치가 모두 나타났다. 오동훈·이찬범(2003)의 경우도 한강조망이 아파트 가격에 양의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 황형기 외(2008)는 한강을 조망할 수 있는 아파트를 대상으로 분석한 결과, 경관조망이 가능한 경우 주택가격에 양의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 조용성·원제무(2010)는 한강 조망 유무에 따른 주택 가격의 격차가 이미 시장에서 자연스럽게 형성되어 있음을 보여주는 등 선행연구와 일치하는 결과를 나타낸다. 한강 또한 북한산 못지않게 인구의 외부 유입이 많은 공간임에도 불구하고 한강의 외부경제 효과가 혼잡에 따른 불경제보다 큰 것으로 보인다. 이는 한강시민공원 등 수변공원의 개발과 관리 수준이 북한산에 비해 우수하기 때문일 것으로 예상된다. 따라서 향후 북한산이 국립공원으로서의 위상을 유지하기 위해서는 조망가치뿐만 아니라 접근성에 대한 직접적 사용가치를 증대시키기 위한 노력이 수반될 필요가 있다.

VI. 결론

본 연구는 서울의 대표적인 도시녹지의 접근성과 조망의 가치를 추정하기 위하여 주택특성가격법을 적용하였다. 아파트 실거래가를 주된 자료로 사용하였고, 과정에서 종속변수와 특성가격추정식 잔차의 강한 공간자기상관, 자료구성의 위계가 발생하여 이의 해소를 위해 공간계량학적 방법론 차용, 관측치의 평형별 재구성, 위계선형모형을 실험적으로 적용하였다. 그 결과 8개 조합의 추정방법에 따른 계수의 결과가 통계적으로 강건한 상황에서 공간계량학적 방법론의 차용 즉, 공간시차변수의 추가 없이

도 자료의 재조합과 임의절편모형만으로 잔차에 발생한 공간자기상관 문제가 해소됨을 확인하였다. 일반적으로 공간시차변수의 도입은 양의 공간자기상관 문제를 해소하는데 일조하지만 본 자료의 경우에는 다른 고안된 방법론과 결합하여 시계열 자료에서의 오버슈팅현상과 같이 그 효과가 나타나 인공적인 음(-)의 공간자기상관을 초래하는 것으로 나타났다.

최종 선택된 모형 7의 추정 결과를 기준으로 도시녹지 접근성에 대한 평균적인 한계가치(marginal value)를 계산하면 다음과 같다. 서울시 아파트 평균 거래가격 47,653만원을 기준으로 최근린 일반산림에서 평균적으로 약 509m 떨어져 있는 아파트가 일반산림에 10% (약 51m) 가까워질 경우 거래가격이 약 0.1% (약 70만원) 증가한다. 마찬가지로 방법으로 북한산으로부터 평균 9,021m 떨어진 아파트가 10% (약 902m) 가량 가까워질 경우 2.62% (약 1,246원) 감소하며, 한강까지의 평균거리 4,442m에서 10% (444m) 가까워질 경우 1.55% (740만원) 증가하는 것으로 나타났다. 추정금액은 한계가치이기 때문에 직접적인 비교에는 주의가 따르지만 한강이 가장 큰 접근성의 가치가 있으며 북한산의 경우 접근성에 대한 부(-)의 가치를 가지며 그 크기는 일반산림에 비해 상당히 큰 것으로 보인다. 도시녹지 조망권에 대한 평균적인 한계가치의 경우 북한산국립공원의 조망이 있을 경우 그렇지 않은 경우에 비해 거래가격의 4% (약 1,906만원), 한강에 대한 조망의 경우 약 7.7% (약 3,336만원) 증가하는 것으로 나타났다. 한강에 대한 조망권이 있는 아파트가 북한산에 대한 조망권에 비해 드문 점을 감안할 때 현실을 반영한 합리적인 수치로 생각된다.

본 연구는 많은 후속 연구의 필요성을 내포하고 있다. 기존의 조망권 가치 분석에 있어 상대적으로 제한된 지역의 적은 수의 관측치에 의존한 주택특성가격법의 한계를 극복하고자 하였다. 그러나 서울시와 같이 넓은 범위의 많은 거래자료에 이용하여 조망권을 다루기 위해 실시한 아파트 단지 기준의 원격탐사로 인하여 개별세대 기준의 변수로서는 정확성이 매우 떨어진다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 조망의 질적 이질성에 대한 고려가 결여되어 있다. 그러나 이러한 느슨한 조망 기준으로 인하여 일반 산림, 북한산

국립공원, 한강에 대한 조망이 각각 평균 81%, 33%, 7%로 계측되어 현실에 비해 높은 수치의 변수를 사용함으로써 오히려 이에 대한 한계가치는 상대적으로 낮게 추정될 가능성이 있다. 따라서 일반적으로 환경재 가치에 대한 과다추정의 문제를 고려할 때 본 연구에서 계산된 한계가치는 도시 녹지에 대한 조망권의 보수적 수치로 받아들일 수 있는 장점이 있다. 또한, 근래의 서울시와 수도권 아파트 가격의 이상 급등이 사회적 이슈가 되고 있는 바, 동태적 시장의 변화를 고려하지 않은 본 연구는 거래가격 상승이 환경재 가치의 동반 상승으로 해석될 수 밖에 없는 한계가 존재한다. 그러나 2016년 거래자료의 사용이 다소 시의성을 떨어뜨리는 한계로 지적되는 동시에 근래의 부동산 시장 과열 전의 아파트 거래시장의 자료임을 고려할 때 최신 자료의 사용에 비해 오히려 보수적인 추정값으로 받아들일 수 있는 장점 또한 존재한다. 끝으로 서울 북한산국립공원과 같은 녹지에 대한 조망 가치를 추계하기 위해서는 서울뿐만 아니라 이에 대한 조망이 가능한 경기도 일대의 주택 시장 등을 대상으로 하여야 소위 행정구역을 중심으로 연구지역을 정하는 경계문제(boundary problem)를 극복할 수 있다.

■ 참고문헌 ■

- 국립공원관리공단, 2017, 『2017 국립공원기본통계』, 원주: 국립공원관리공단.
 _____, 2020, 『2020 국립공원기본통계』, 원주: 국립공원관리공단.
 권오상, 2007, 『환경경제학』, (제2판), 서울: 박영사.
 김경환·이창무, 2005, “도시규모와 교통혼잡비용,” 『지역연구』, 21(3), pp.75-97.
 김근준·지규현, 2019, “북한산 조망 경관이 아파트 실거래가격 차이에 미치는 영향,” 『부동산분석』, 5(2), pp.43-56, DOI: 10.30902/jrea.2019.5.2.43.
 김성우·정건섭, 2010a, “공간계량모형에서의 실제거리를 반영한 공간가중행렬에 관한 연구-부산아파트 실거래가를 중심으로,” 『주택연구』, 18(4), pp.59-80.
 _____, 2010b, “부산 아파트 실거래가를 이용한 전통적 헤도닉모형과 공간계량모형간의 적합도에 관한 비교 연구,” 『부동산학연구』, 16(3), pp.41-55.
 _____, 2010c, “주택정책을 위한 헤도닉 모형 평가에 관한 연구: 공간계량모형을 중심으로,” 『정책분석평가학회보』, 20(3), pp.115-134.

- 김승준, 2016, “서울시 지하철의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안,” 『서울연구원 정책 리포트 208』, pp.1-23.
- 김용주·김규호, 2007, “헤도닉 모형을 이용한 도시 여가공간의 가치추정: 대구광역시 공원녹지를 중심으로,” 『관광학연구』, 31(1), pp.265-286.
- 김주영, 2003, “위계적 선형모형을 이용한 주택가격 함수 추정,” 『국토계획』, 38(7), pp.223-234.
- 김태운·이창무·조주현·박한, 2007, “경관 특성 차이가 아파트가격에 미치는 영향: 주택 실거래가를 사용하여,” 『부동산학연구』, 13(3), pp.169-186.
- 김희재·전명진, 2014, “대기오염수준이 수도권 아파트 전세가격에 미치는 효과에 관한 연구: 공간헤도닉 가격모형 접근법 분석,” 『지역연구』, 30(2), pp.27-48.
- 문윤석·이정아·전진형·박호정, 2009, “도시 녹지경관의 경제적 가치평가: 독립공원을 중심으로,” 『한국조경학회지』, 37(2), pp.70-77.
- 서원석, 2019, “계약 및 비계약 헤도닉가격모형의 주택내재가치 비교연구,” 『국토계획』, 54(6), pp.80-88, DOI: 10.17208/jkpa.2019.11.54.6.80.
- 손철, 2003, “수치지도상의 공동주택위치 표현방법이 헤도닉 함수추정에 미치는 영향,” 『국토연구』, 38, pp.161-173.
- 신승식, 1998, “환경재의 가치추정방법 및 CVM과 Hedonic의 통신산업외부성 추정 적용에 관한 3논문,” 박사학위논문, 고려대학교 대학원, 서울.
- 양성돈·최내영, 2003, “한강시민공원이 주변 아파트가격에 미치는 영향에 관한 연구: 독섬지구 한강시민공원을 중심으로,” 『국토계획』, 38(3), pp.275-285.
- 엄영숙·양병우, 2013, “향토음식의 헤도닉가격과 속성가치 분석: 전주비빔밥을 사례로,” 『농업경영·정책연구』, 40(4), pp.966-986.
- 오규식·이왕기, 1997, “아파트 가격에 내재한 경관조망 가치의 측정,” 『국토계획』, 32(3), pp.139-151.
- 오동훈·이찬범, 2003, “한강수변 아파트 가격에 미치는 조망과 층별요인의 영향분석,” 『국토계획』, 38(5), pp.247-257.
- 오치욱·정해영·주우영, 2019, “생태계서비스지불제 도입을 위한 국립공원 사찰림 생태계서비스 가치 추정 연구,” 『환경정책』, 27(1), pp.217-241, DOI: 10.15301/jepa.2019.27.1.217
- 윤정중·유완, 2001, “도시경관의 조망특성이 주택가격에 미치는 영향,” 『대한국토계획학회지』, 36(7), pp.67-83.
- 이대웅·손주희·이소담·권기현, 2015, “대졸 청년층의 노동시장 성과 결정요인 분석: 위계선형모형(Hierarchical Linear Model)을 중심으로,” 『한국정책학회보』, 24(4), pp.125-154.
- 이동일·이경진·송명규, 2010, “생활환경 요소가 아파트가격에 미치는 영향 및 환경정책적 시사점,” 『환경정책』, 18(3), pp.99-129.

- 이상범, 2008, 『식생분석을 위한 고분광영상(Hyperspectral Image) 활용방안』, (KEI 기초연구: 2008-BA-06), 서울: 한국환경정책·평가연구원.
- 이상필·고석찬, 2011, “공원·골프장 조망이 아파트가격에 미치는 영향: 용인·분당·수원지역의 사례를 중심으로,” 『한국지역개발학회지』, 23(2), pp.173-194.
- 이용만, 2008, “헤도닉 가격 모형에 대한 소고,” 『부동산학연구』, 14(1), pp.81-87.
- 이창로·이슬이·박기호, 2019, “항만지역 화물차량이 야기하는 외부불경제 내부화 방안,” 『한국지방재정논집』, 24(2), pp.103-123, DOI: 10.22785/kalf.2019.24.2.103.
- 이희연·노승철, 2010, “위계선형모형을 이용한 인구이동 흐름 분석,” 『국토연구』, 67, pp.123-142, DOI: 10.15793/kspr.2010.67..008.
- 이희찬·차주영·박두호, 2013, “경인아라뱃길이 지역 부동산 가격에 미친 영향 분석,” 『한국수자원학회논문집』, 46(3), pp.277-285.
- 조용성·원제무, 2010, “특수경관이 아파트 거래가격에 미치는 영향: 잠실 리센츠 한강조망을 대상으로,” 『감정평가학논집』, 9(2), pp.61-71.
- 최명섭·변세일, 2016, “서울시 주택가격 추정모형의 예측력 비교,” 『서울도시연구』, 17(3), pp.75-89.
- 최종일·심성훈, 2002, “서울시 아파트 가격에 대한 대기질의 영향: 헤도닉 가격기법을 이용하여,” 『자원·환경경제연구』, 11(2), pp.261-278.
- 하성규, 2006, 『주택정책론』, 서울: 박영사.
- 황형기·이창무·김미경, 2008, “한강조망이 주택가격에 미치는 영향,” 『주택연구』, 16(2), pp.51-72.
- Anselin, L. and A. Bera, 1998, Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics, In A. Ullah and D. E. A. Giles (eds.). Handbook of applied economic statistics, (pp.237-289), New York: Marcel Dekker.
- Brown, K. and B. Uyar, 2004, “A hierarchical linear model approach for assessing the effects of house and neighborhood characteristics on housing prices,” Journal of Real Estate Practice and Education, 7(1), pp.15-24, DOI: 10.1080/10835547.2004.12091603
- Davis, J., 1986, Statistics and data analysis in geology, (2nd edition). New York: John Wiley and Sons,
- Gillen, K., T. Thibodeau, and S. Wachter, 2001, “Anisotropic autocorrelation in house prices,” Journal of Real Estate Finance and Economics, 23(1), pp.5-30.
- Grubestic, T. H. and A. L. Rosso, 2014, “The use of spatially lagged explanatory variables for modeling neighborhood amenities and mobility in older adults,” Cityscape, 16(2), pp205-214.
- Kim, S. G. and S. Yoon, 2019, “Measuring the value of airborne particulate matter

reduction in Seoul,” Air Quality Atmosphere and Health, 12(5), pp549-560,
DOI: 10.1007/s11869-019-00668-x.

Lancaster, K., 1966, “A new approach to consumer theory,” Journal of Political Economy, 74, pp.132-157.

Rosen, S., 1974, “Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition,” Journal of Political Economy, 82(1), pp.34-55.

국토교통부 실거래가 공개시스템, <http://rt.molit.go.kr>.

국토환경정보센터, <http://www.neins.go.kr>.

다음 부동산, <https://realty.daum.net>.

통계청, “2018년 인구주택총조사,” <https://kostat.go.kr>, 2019.8.29.

정혜경: 경북대학교 기후변화학과에서 박사학위 취득 후 경북대학교 농업경제학과 박사후연구원으로 연구중이다. 주요 연구 관심사는 비시장재화 가치평가 및 농업정책 분석에 있다(hkj1358@naver.com).

윤성도: 퍼듀대학교 농업경제학과에서 박사학위 취득 후 예일대학교 School of Forestry and Environmental Studies에서 Postdoctoral Research Associate로 근무하였다. 현재 미시시피주립대학교 농업경제학과 조교수로 재직 중이며, 주요 연구 분야는 계량 및 수리경제모형을 이용한 농업 및 해양 자원의 지속가능성이다(seong.yun@msstate.edu).

김태균: 아이오와주립대학교 경제학과에서 박사학위 취득 후 경북대학교 농업경제학과 교수로 재직중이다. 주요 연구 분야는 농업경영의 리스크 관리 및 비시장재화 가치평가이다(ttkim@knu.ac.kr).

김승규: 테네시대학교 농업경제학과에서 박사학위 취득 후 USDA Economic Research Service에서 Research Economist로 근무하였다. 경북대학교 농업경제학과 부교수로 재직 중이며, 주요 연구 관심사는 공간통계 및 공간계량학적 방법론을 적용한 비시장재화 가치평가 및 농업정책 분석에 있다(sgkimwin@knu.ac.kr).

투 고 일: 2020년 08월 03일

심 사 일: 2020년 08월 09일

게재확정일: 2020년 09월 04일