



주택하부시장에 따른 경사도의 차별적 영향

Differential Effects of the Slope According to Housing Submarkets

이훈* · 이동성** · 남형권***

Lee, Hoon · Lee, Dong-Sung · Nam, Hyung-Kwon

Abstract

This is a follow-up study that attempts an in-depth examination of the two-sided characteristics of the slope in each housing sub-market in Seoul. Therefore, to understand the changes in the influences of the slope in urban housing sub-markets based on apartment price range by regions and to discover previously unobserved implications, quantile regression (QR) that can help analyze the characteristics of conditional quantiles was adopted. To ensure the validity of QR analysis and to test the differences in the influences of the slope depending on housing prices, heteroscedasticity, normality, and outlier tests were performed on the data. In addition, slope equality, symmetric quantiles, and Wald tests were performed on the estimated results; it was observed that each quantile coefficient of the slope was not the same but asymmetrical. To understand the impacts of the slope by quantiles and regions, QR was performed by dividing the data into Model , which covers the entire region of Seoul, and Model , which consists of five areas. From the estimations, it was confirmed that the effects of the slope were statistically significant and occurred heterogeneously according to housing prices and regions. Thereafter, the implications of the slope on the social classes and settlement environments of the different regions were presented based on the results, along with the limitations of this study.

주제어 경사도, 지형 장벽, 주택가격, 분위수회귀분석, 상호작용항

Keywords Slope, Topographic Barrier, Housing Price, Quantile Regression Analysis, Interaction Terms

1. 서론

도시의 지형은 거시적 관점에서 국가와 도시의 성장에 지대한 영향을 미치며, 미시적 관점에서는 도시가 공간으로서 정체성을 확립하는 시점부터 도시의 구성요소와 시민의 삶은 지형의 영향에서 자유로울 수 없게 된다(Taylor, 1968; Eschman and Marcus, 1972; Church and Marston, 2003).

상기한 이유로 도시계획가를 포함한 인문·사회 그리고 공학 등 다양한 분야에서 도시의 지형과 시민의 삶 사이의 관계 개선을 위

한 다양한 시도가 이루어져 왔다. 인류의 지속적인 노력은 기술과 법·제도의 발전으로 이어져 왔으며, 도시가 지닌 지형의 고유한 영향력의 크기를 조절할 수 있는 상태에 이르게 되었다. 하지만 도시의 지형을 개선·유지하기 위해 지출되어야 하는 천문학적인 경제적 비용으로 인하여, 여전히 도시의 지형은 우리의 삶에 다양한 영향을 미치고 있다(Detwyler and Marcus, 1972).

그렇다면 지형과 관련하여 우리나라 도시의 주거환경은 어떠한 영향을 받고 있는가? 우리나라의 국토는 약 65%가 산지로 구성되어 있으며, 도로와 하천 그리고 농경지를 제외하면 가용택지

* Senior Researcher, SH Urban Research Institute (First Author: lhtong@naver.com)

** Project Leader, Spatial Information Industry Promotion Institute (ds.lee@spacen.or.kr)

*** Associate Researcher, Korea Housing Institute (Corresponding Author: hknam05@khi.re.kr)

는 약 3%만 남게 된다. 서울만 하더라도 전체면적 605km² 중 임야면적 160km²을 제외한 나머지 445km²가 모두 구릉지로 이루어져 있다(서울특별시, 2008; 국토교통부, 2016). 이러한 국내의 지형 특성을 고려하여 서울을 대상으로 경사도가 주택가격에 미치는 영향 연구를 시도한 이훈(2018)이 있다. 이 연구의 결과에 따르면 경사도는 주택가격에 평균적으로 부(-)의 영향을 미치지 만, 지역에 따라서는 부(-)의 영향과 정(+)의 영향이 분리되어 나타났다. 이러한 경사도의 양면성(two-sided)은 일정한 기준으로 구분된 주택하부시장의 특성에 따라서 경사도의 영향의 크기와 방향이 다양하게 나타날 수 있음을 의미한다. 특히 지형의 특성이 반영된 경사도는 지역 간에 이질성을 갖는 특징이 있으므로, 경사도의 영향은 지역별 주택하부시장에 따라서 다른 크기와 방향으로 나타날 가능성이 농후하다(서울특별시, 2008; 이훈, 2018). 따라서 본 연구에서는 지역의 구분과 주택의 시장가치가 반영된 주택가격으로 구성된 주택하부시장에 초점을 두고 경사도가 주택가격에 미치는 영향에 관하여 접근하려 한다. 이와 같은 연구 배경을 바탕으로 다음과 같은 연구질문을 제시할 수 있다.

Q1: 경사도는 주택가격 수준에 따라서 차별적인 영향을 미치는가?

Q2: 경사도의 영향은 주택가격 수준에 따라서 지역별로 이질적으로 나타나는가?

상기한 연구질문을 해소하기 위해 본 연구의 목적은 다음과 같이 설정될 수 있다. 첫째, 경사도와 관련한 선행연구를 검토하여 경사도가 갖는 의미를 정립한다. 둘째, 실증분석을 위해서 주택가격 구성요소의 이질성 분석에 적합한 분위수회귀분석(Quantile Regression Analysis)을 채택함으로써, 가격에 따른 주택하부시장별로 차별적으로 나타나는 경사도의 영향을 살펴본다. 셋째, 기존 연구에서 관찰되지 못한 새로운 시사점을 발굴한다. 마지막으로 경사도 영향에 관한 기존 연구를 확장하는 두 번째 시도라는 점에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다.

II. 이론 및 선행연구 고찰

1. 주택의 장소성과 이질성

도시를 도시민의 편안한 휴식과 독립적인 개인 생활이 보장된 기본적인 주거 차원에서 바라본다면, 도시는 공간(space)으로, 주택은 장소(place)로 구분될 수 있다. 여기에서 장소는 도시민의 경험과 생활이 뿌리내리는 곳으로 단순히 물리적·지질학적 공간이 아닌 복합적으로 개별 시민의 문화적 가치와 다양한 상징성이 장소성(placeness)으로 구체화 되어 드러나는 곳이라는 의미에서 주택의 중요성을 찾을 수 있다(Carter et al., 1993; 이석환·

황기원, 1997).

다만, 시민 개개인에게 중요한 요소인 주택은 일반적인 재화와는 다르게 부증성, 고정성, 권리소유성, 다양성 등과 같은 고유한 특성으로 개별주택마다 독특한 이질성을 갖는다(이상규, 2016). 주택의 이질성은 물리적·환경적·사회적 특성이 복합적으로 작용하여 나타나는데, 주택의 고유한 특성 간에 발생하는 효용성은 서로 대체될 수 없게 된다. 비록 아파트와 같이 동일한 건축자재로 주택이 구성될지라도 위치에 따른 주요시설물과의 접근성, 자연·사회·인문 환경 그리고 일정 시간 동안 축적된 주변의 사회적 자본 등 다양한 영향들이 하나로 점철되어 결국 개별주택의 이질성으로 발현된다. 하지만 다시금 주택의 이질성은 주택의 고정성과 비가역성으로 인하여 제한적인 개별 시장을 이루게 되어, 사회 유사 그룹끼리 분류된 주택하부시장을 형성하게 된다(허재완, 1993).

본 연구의 공간 배경인 서울은 약 1억 8천만 평의 규모와 약 1천만 명의 인구가 다양한 계층으로 구성되어 삶을 영위하는 공간이다. 이처럼 거대한 도시에서 특정 요소가 주택에 어떠한 영향을 미치는가에 관한 연구를 시도할 때에는 더욱 구체적인 주택시장의 특성을 고려해야 할 필요가 있다. 만일, 도시 내 주택 특성의 다양성을 고려하지 못한 경우에는 이질적인 개별 주택시장의 특성을 파악할 수 없기 때문이다(Kaplan et al., 2016).

이러한 주택의 이질성으로 인하여 나타나는 주택구성요소의 차별적 영향에 대해서 다양한 연구가 진행되어 왔다. Sirmans et al.(2005)는 헤도닉 가격 모델을 적용한 125개 연구를 기반으로 주택가격결정요인과 관련한 연구에 대한 메타분석을 실시하였는데, 일부 동일한 주택 특성의 효과가 긍정과 부정으로 구분되어 나타나는 현상을 보였다. 예를 들어, 주택의 방 개수는 주택가격에 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 있다. 하지만 이 연구에 따르면 방 개수를 변수로 활용한 40건의 선행연구 중, 절반의 수준에서는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났고, 나머지는 유의미하지 않거나 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 동일요소에 대한 부정적 특성과 긍정적 특성이 양분되어 나타나는 경우는 다양한 외부요인에서도 드러나고 있다. 종합병원과 일반의원이 주택가격에 미치는 영향의 방향이 다르게 나타날 수 있으며, 유통시설로서 유사한 특성을 지닌 백화점과 대형마트 그리고 고등교육시설인 대학교와 고등학교와 같은 중등교육시설 사이에서도 주택가격에 미치는 영향이 상이하게 나타났다(박운선·임병준, 2010; 김소연·김영호, 2013).

상기 연구결과는 거주자마다 추구하는 주택수요의 다양성으로 설명될 수 있다. 최막중·임영진(2001)에 의하면 고소득층의 경우 쾌적성을 저소득층은 경제성 그리고 청년층의 경우에는 접근성을 선호하는 것으로 나타나 가구의 특성에 따라서 선호하는 주거요소에 차별적인 특성이 있음을 주장하였다. 유사한 연구로 AHP 분석을 통한 가구 특성별 주거입지를 연구한 박원석(2014)에 따

르면 연령대별로 30대는 교통 접근성, 40대는 안정성, 50대는 자연환경을 중요한 주거입지요인으로 나타났다. 이와 함께 소득수준에 따른 분류에서는 고소득 가구의 경우 교육시설, 자가용 교통 여건, 생활편의를 중요하게 여겼으며, 저소득가구의 경우 주택의 시세차익과 대중교통 접근성이 중요한 요인으로 나타났다. 즉, 주택의 이질성은 개별주택이 지닌 주요 특성이 갖는 내·외부 환경에 따라 다르게 작동되어, 결과적으로 특정변수의 영향에 대한 불확실성으로 발현될 수 있는 것이다. 만일 모든 요소의 특성이 주택시장에서 동일하게 나타난다면, 공간의 이질성과 구조의 동일성, 그리고 주택 수요자의 소득과 자산에 제한성이 없다는 다양한 가정이 훼손될 경우에만 성립될 수 있다(Zietz et al., 2008).

지금까지 논의된 사항을 종합하면, 개개인에게 장소(place-ness)로서 구별되는 주택에 내재된 주택가격 구성요소의 한계 값과 비율은 주택에 대한 수요의 다양성에 따라서 상이할 수 있으며, 이를 바탕으로 주택가격에 내재된 구성요소의 분포는 주택의 가격수준마다 다르게 나타날 수 있음에 도달하게 된다(Malpezzi, 2002; Zietz et al., 2008).

2. 경사도의 양면성 논의

본 절에서는 경사도가 주택가격에 미치는 긍정적인 측면과 부정적 측면에 관한 기존 연구를 살펴보고, 주택의 이질성과 함께 경사도의 양면성을 종합하여 본 연구의 차별성에 관한 근거를 제시한다.

이훈(2018)에서 제기된 경사도가 주택가격에 미치는 양면적인 특성은 다양한 도시를 대상으로 하는 연구에서 상충되어 나타나고 있다. 부동산 가격에 대한 경사도의 부정적인 특성에 관한 연구는 기존의 국내 공시지가 데이터를 기반으로 토지의 고저를 이용한 연구가 집중적으로 진행되었다. 서울시 지가의 공간적 분포의 특성을 연구한 채미옥(1998)은 토지의 고저 변수의 지가설명력이 14%(adj R²)로 나타났으며 경사를 갖는 비평지는 지가에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 부산시를 배경으로 도심의 지가형성요인을 추정한 안혜진·이성호(2002)는 평지의 경우 고지대비 추정 가격이 1.2~1.6배 높게 나타났다. 더불어 청주시 노후 단독주택지 지가형성요인을 연구한 안유정·이만형(2008)에 따르면 토지의 고저특성을 GIS로 고도값을 추출하여 분석한 결과 통계적으로 유의미한 수준에서 부정적 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 경사도의 영향은 노후된 주택에도 발생하는 것을 알 수 있다. 즉, 경사를 갖는 토지¹⁾의 부정적 영향은 지역과 대상을 가리지 않고 주택에 부정적인 요인으로 일반화되어 해석되고 있는 모습을 보이고 있다.

토지가격을 종속변수로 한 분위수회귀분석을 이용한 경우에도 토지의 고저특성을 이용하는 연구가 진행되었다. 2008년 표준지

공시지가를 활용한 이성원·허식(2011)의 연구결과에 따르면 지형지세 항목 중 평지는 비평지에 비해서 접근성과 건축의 용이성으로 인하여 저분위에서 지가가 약 10% 이상 높게 추정되었으나, 토지의 가격이 고분위로 갈수록 평지와 비평지 간의 가격의 격차는 점차 줄어드는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 상대적으로 우수한 입지를 갖는 고분위 토지의 경우에는 평지와 비평지 사이에 부정적인 영향이 상쇄되어 나타난 것으로 주장하였다. 이외에도 2013년 표준주택특성자료를 활용하여 서울시 단독주택의 가격형성요인을 연구한 양승철(2014)에서도 평지와 비평지 더미변수를 적용한 결과 모든 분위에서 통계적으로 유의미한 영향이 발생하였으며, 비평지가 평지 대비 주택가격에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 추정모형을 서울시 전체와 강남지역 그리고 강북지역으로 구분하여 분석하였는데 서울시 전체와 강북지역의 경우 평지의 영향이 고분위로 갈수록 감소하였으며, 강남지역의 경우에는 평지의 긍정적 영향이 감소하다가 주택가격이 고분위에서 증가되는 성향이 나타났다. 특히 고저 변수가 저분위 주택에서 더욱 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 저가주택 거주자의 경우 접근성을 더욱 중요시하기 때문이라고 주장하였다.²⁾

지금까지 검토된 토지의 지형·지세 중 고저가 부동산 가격과 관련하여 부정적으로 평가받는 이유는 개발관점과 주거관점으로 구분될 수 있다. 먼저 개발관점에서는 토지의 개발에 따른 유용성이 낮아지게 되며, 토지의 평탄화, 절삭 등 토지개발·개발에 추가적인 비용을 초래하므로 해당 비용만큼 토지의 가치가 감가되기 때문이며(노용호 외, 2011), 주거관점에서는 주택에 대한 접근성에 저항이 발생하는 요소로 해석되고 있는 것을 요약될 수 있다. 다만 기존의 연구는 가격수준에 따라서 나타나는 지형의 부정적인 영향 여부와 분위수별로 그 정도의 차이를 설명할 수 있었지만, 경사도의 긍정적인 면을 검토하지 못한 한계가 있다.

경사도의 부정적인 특성과는 반대로 경사도의 긍정적인 측면이 강조되는 연구는 다음과 같이 분류될 수 있다. 첫 번째로 조망권의 증대로 나타날 수 있다. 경사도는 토지의 상대적인 높이의 차이를 내포하고 있으므로, 주택이 상대적으로 높은 경사지에 자리 잡고 있을 경우 평지의 주택보다 조망권확보가 유리하다(Sander and Polasky, 2009; Wen et al., 2012). 조망권의 확보는 주택가격에 긍정적인 영향을 미치기도 하는데, 분위회귀분석으로 홍콩의 주택가격결정요인을 살펴본 Mak et al.(2010)은 주택가격이 고분위(upper-quartile)로 이동할수록 시각적 요소인 경관의 영향력이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 Duncan(2011)은 외곽의 경사지 주택의 경우 조망권 확보가 유리하기 때문에 쾌적성에 대한 가치의 증대로 경사도가 주택가격에 긍정적인 영향이 발생한다고 주장하였다. 국내에서도 주택의 조망권이 갖는 주택가격에 대한 긍정적인 효과와 이익은 다양한 연구에서 발견할 수 있다(윤정중·유완, 2001; 김태운 외, 2007). 두 번째는

녹지공간의 접근성 증대이다. 녹지공간은 시각적 및 심리적으로 안정감을 제공하게 되어 상대적으로 높은 주거 만족도를 느낄 수 있다(조성희·강해경, 2000). 특히 대부분의 공원이 구릉지에 위치한 서울은 경사도가 높아질수록 녹지가 증가하게 되어 풍부한 녹지공간의 확보가 가능하다(Davies, et al., 2008; 윤현준, 2015). 세 번째는 물리적·제도적인 주택공급의 제한으로 인한 주거밀도의 감소로 설명될 수 있다. 일반 산지가 아닌 주택공급이 가능한 지역에서는 경사도가 높아질수록 토지면적의 기하급수적인 감소로 이어지고 이와 함께 도시경관 등과 관련한 주택공급에 대한 행정적 제한으로 인해 오히려 저밀도의 쾌적한 환경이 조성되어 주택의 가치상승으로 나타날 수 있다(Petty, 1970; Glaeser et al., 2005; Davies et al., 2008; Saiz, 2010). 상기한 경사도의 긍정적인 측면에 관한 연구의 특징을 살펴보면, 경사도는 조망권과 자연환경 접근성 그리고 주거밀도의 감소 등 다양한 요소가 복합적으로 융합되어 결과적으로 주거환경의 '쾌적성(amenity) 증대'로 나타나 주거 만족도를 높이는 역할을 하고 있음을 알 수 있다(조성희·강해경, 2000). 과거에는 주택공급을 통한 기본적인 삶의 질 추구를 위하여 주택의 양적 공급에 치우쳐진 형태였지만, 시민 소득수준의 점진적인 향상과 도시성장이 맞물리면서 자연환경·경관과 조망은 물론 심리적 쾌적성까지 주거환경에 대한 수요는 다양화되어 나타나고 있는 것이다. 특히 서울과 같이 인구밀도가 높은 대도시의 경우 쾌적성에 대한 수요는 지속적으로 증가되고 있다(김형돈, 2001; 최막중·임영진, 2001; Yoon, 2017).

3. 기존연구의 한계점과 차별성

지금까지 논의된 주택의 이질성과 경사도의 양면적 특성을 종합적으로 고려할 경우 경사도의 영향이 주택가격수준에 따라 차별적으로 나타나는 원인은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫 번째, 주택가격결정요인의 복잡성에 기반하여 경사도의 영향력 크기가 이질적으로 나타날 수 있다. 주택의 장소성은 보행 접근성, 개발 가치 및 거주 쾌적성 등 다양한 요소가 모두 고려된 복잡계로 구성되어 있으며, 주택의 이질성으로 입지, 지역 및 규모 등에 따라서 다양한 하부시장을 구성하기 때문이다(최막중·고진수, 2006). 두 번째, 주택 소비자의 주거소요가 다양화되어 나타나고 있다. 국민 소득수준의 향상으로 삶의 질 개선에 대한 수요가 점차 강화되어 나타나고 있으며, 기존의 부모와 자녀로 이루어진 전통적인 세대구성에서 비롯된 단순화된 주거소요는 고령화와 청년층의 세대 분리 등 인구구조의 변화로 인하여 파편화(fragmentation)되어 나타나고 있다(변미리 외, 2008; 이재수·양재섭, 2013; 천현숙 외, 2016). 이러한 세대구성의 변화는 세대별 소득의 변화와 주거 선호도의 다양화로 연계되어 지역 간 (between)은 물론이며 지역 내(within)에서도 주택가격 수준에

따라서 경사도의 효과가 다르게 나타날 수 있음을 추정할 수 있다.

선행된 연구와 대비하여 본 연구의 차별성은 두 가지로 요약될 수 있다. 첫 번째, 분위회귀분석을 이용하여 가격수준별 주택하부시장에서 나타나는 지형의 영향을 주요시설과 주택 사이의 접근성 개념이 내재된 경사도로 추정하는 것이다. 지금까지 분위회귀를 이용하여 지형의 영향을 추정한 연구의 범위는 공시지가 자료에 개별특성에 포함된 획지조건의 지형지세를 활용하여 단일 필지를 대상으로 하는 제한적인 특성이 발견되었다(이성원·허식, 2011; 양승철, 2014).³⁾ 이외에도 아파트를 대상으로 분위회귀분석을 시도한 연구의 경우에도 지형의 특성을 고려하지 않았으며, 만일 아파트와 관련하여 지형의 영향이 고려된 연구라도 주택하부시장별로 나타나는 경사도의 이질적인 영향에 대한 추정을 시도하지 못한 한계점을 갖는다(임재만, 2010; 김진희, 2014; 이훈, 2018). 두 번째, 본 연구에서는 서울 전체 및 5대 권역을 대상으로 주택가격 분위별 주택하부시장에 따라서 나타나는 경사도의 영향을 추정하기 때문에 다양한 현상을 추정할 수 있다. 가격에 의한 주택시장의 분리는 가구의 소득수준에 따라서 다른 주택을 소유하고 있음을 의미하며, 해당 주택의 특성에 대한 선호도에 따라서 수요함수와 주택가격결정요인의 내재가격도 다르게 나타난다(임재만, 2010). 즉, 주택가격이 왜곡되지 않고 해당주택에 대한 수요를 반영한다면 주택의 가격수준은 해당 주택의 환경 및 품질 그리고 거주자의 소득과 상당한 관계를 갖는다(김중수, 1984; Glaeser et al., 2005; 김순용·박헌수, 2015). 따라서 다양한 주택가격 수준에서 나타나는 경사도의 영향력의 크기와 방향으로 시민의 계층별 주거환경에 미치는 영향을 일정 부분 설명할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

III. 연구방법

1. 분석 모형

1) 헤도닉가격모형

주택의 시장가격은 해당 주택이 갖는 이질적인 구성요소를 바탕으로 주택구입자의 소득 등 다양한 제약이 고려된 상태에서 공급자와의 상호 극대화된 효용이 만나는 균형지점인 잠재적 가격으로 설명될 수 있다(Rosen, 1974). 본 연구에서는 잠재가격을 추정할 수 있는 헤도닉가격모형(hedonic price model)을 분석 모형으로 적용하였다. 다음은 본 연구에서 적용된 헤도닉가격모형의 일반적인 함수형태로 종속변수(P)는 아파트 단지 평균가격, 단지특성(E), 입지특성(L), 지역특성(D), 지형특성(S) 개별특성의 벡터로 구성되어 있다.

$$P = f(x_i) = f(E_i, L_i, D_i, S_i) \quad (1)$$

이는 다시 기본적인 선형 헤도닉 방정식(linear hedonic price equation)으로 표현될 수 있다. 함수의 α 는 절편(intercept)이며, x_i 는 주택매매가격에 영향을 미치는 특성들로 구매자의 지불 의사(WTP) 가격의 합이라고 할 수 있다. ϵ 는 특성변수들로 설명되지 않는 오차항을 의미하며, β_i 는 추정하는 회귀계수 값으로 주택특성요인이 한 단위 변화할 때 주택가격의 변화량을 의미한다.

$$\ln P = \alpha + \ln \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i + \epsilon \quad (2)$$

$$WTP = \beta_i = \frac{\delta P}{\delta x_i}$$

본 연구에서는 종속변수와 독립변수에 자연로그를 취한 비선형 함수형태인 더블로그(double-log)모형을 사용하였는데, 그 이유는 선형함수보다 우수한 추정력과 변수 간의 해석이 용이하기 때문이다. 특히 더블로그는 추정된 계수 값이 주택특성요인에 대한 가격탄력성(elasticity)을 의미하게 되어, 핵심 변수인 경사도(%)와 여타 독립변수가 종속변수인 주택가격에 미치는 영향력 비교를 원활하게 할 수 있다는 장점이 있기 때문이다(이용만, 2008).⁴⁾

2) 분위수 회귀

Ordinary Least Squares(OLS) 추정량은 관측가능한 독립변수와 종속변수의 평균적인 관계만으로 표현될 수 있기 때문에, 쉽게 유용한 결과를 도출할 수 있는 장점이 있다(Gujarati and Porter, 2009; 양승철, 2014). 하지만 서울과 같은 거대도시(megacity)의 주택시장은 물리적·입지적 조건에 따라서 주택 간의 가격 격차가 상대적으로 크게 나타나 이질적인 현상이 더욱 두드러지게 나타나는 특징이 있다(Hill and Schotz, 2018). 이러한 서울의 아파트 가격은 다양한 수준과 분포로 나타날 수 있으며, 특히 이질적인 특성으로 가격 격차가 큰 주택시장에서는 주택가격수준에 따라 주택가격특성요인의 영향이 분리(segmentation)되어 나타날 수 있다(박운선·임병준, 2010; 양승철, 2014). 이러한 주택시장의 특성으로 종속변수의 조건부 평균함수를 바탕으로 잔차의 제곱합을 최소화하는 OLS에 의한 선형회귀분석은 가격수준에 따라 발생하는 이질적인 독립변수의 영향력을 추정하는 분석방법으로는 적절하지 못하다(김희호·박세운, 2013).

본 연구에서는 Koenker and Bassett(1978)에 의해서 소개된 분위수회귀(quantile regression, 이하 QR)를 분석방법으로 도입한다. OLS에 기반한 헤도닉가격추정은 조건부 평균을 바탕으로 추정하므로 주택가격 분포를 완전히 특성화할 수 없으므로 편향된 결과를 도출할 수 있다. 하지만 QR은 원하는 조건부 τ -분위에서 가중된 절대편차(weighted absolute deviation)의 합을 최소화하는 모수를 추정하는 기법으로, 평균이 아닌 조건부 분위에서의 특성을 적절하게 분석할 수 있다. QR의 이러한 장점

은 이질적으로 구분된 주택시장을 분석을 시도한 다양한 연구에서 확인되었다(McMillen, 2008; Zietz et al., 2008; Mak et al., 2010; Liao and Wang, 2012).

주택의 이질성으로 인한 이상치(outlier)의 발생은 OLS 헤도닉가격모형의 강건성(robustness)을 담보할 수 없지만, QR은 종속변수의 정중앙 값인 중위수(median)를 활용하는 특징으로 이상치(outlier)의 영향을 덜 받기 때문에 정보의 손실이 적어 효율적인 추정이 가능하다. 또한 준 모수적 접근방법에 따라 추정되기 때문에 회귀오차의 모수적 분포에 대한 다양한 가정에서 자유로울 수 있으므로, 본 연구와 같이 횡단면(cross-sectional)자료를 적용할 때 발생할 수 있는 이분산(heteroskedasticity)문제의 해결 그리고 선택편의(selection bias)에 대한 위험의 감소와 같은 장점이 있다(Schroeder et al., 1996; Koenker, 2005; 양승철, 2014; Zhang, 2016).

헤도닉가격모형이 적용된 QR의 모형은 다음과 같다.

$$y_i = \beta_\tau X_i + u_{\tau i} \quad (3)$$

$$Q_\tau(y_i | X_i) = \beta_\tau X_i (i=1, 2, \dots, n)$$

위의 모형에서 y_i 는 종속변수를 의미하고 X_i 는 독립변수, β_τ 는 τ 분위의 계수 값을 그리고 $u_{\tau i}$ 는 해당 분위의 오차항이다. $Q_\tau(y_i | X_i)$ 는 X_i 가 있는 조건에서 종속변수 y_i 의 τ 번째 조건부 분위를 의미하며, 모든 i 에 대해서 $Q_\tau(y_i | X_i) = 0$ 을 가정한다.

$$\hat{\beta}_\tau = \arg \min \left[\sum_{y_i \geq \beta_\tau X_i} \tau |y_i - \beta_\tau X_i| + \sum_{y_i < \beta_\tau X_i} (1-\tau) |y_i - \beta_\tau X_i| \right] \quad (4)$$

QR의 계수 값인 $\hat{\beta}_\tau$ 는 분위수를 추정하기 위한 기울기이며, 상기된 함수를 최소화하여 구할 수 있다. 여기에서 $0 < \tau < 1$ 으로, 종속변수의 예측값이 관측값보다 작으면 $(1-\tau)$ 가중치를 부여하고, 크거나 같으면 τ 가중치를 부여한다. 만일 분위가 0.5인 중위수(median)인 경우에는 양의 잔차와 음의 잔차 모두 동일한 대칭적인 가중치가 부여되고, 이외의 분위인 경우에는 각각 다른 비대칭적인 가중치가 적용된다. 이러한 특성으로 QR을 헤도닉 가격모형에 적용하면 설정된 주택가격의 분위마다 변화하는 특성변수의 반응을 고려하여 분위수별 계수 값을 추정할 수 있다(임재만, 2010; 김진희, 2014). 본 연구에서는 회귀계수의 대한 표준 오차 추정을 부트스트랩(bootstrap replication)을 활용한다. 부트스트랩은 부동산 가격의 오차항에서 흔히 발생하는 이분산성 및 비정규 분포를 나타낼 경우 효율적으로 추정이 가능하게 하기 때문이다(Ebru and Eban, 2011; Kim et al., 2015).⁵⁾

3) 분위별 지역 경사도

본 연구에서는 지역별 경사도의 특성을 반영하기 위해서 상호작용항(interaction terms)을 도입하여 경사도와 지역 간의 상호작용 효과(interactive effects)를 추정한다. 더미를 활용하여 특정 조건을 갖는 지역 간의 차이를 비교하는 접근방법은 다양한 연구에서 시도되었다. 특히 특정한 성격의 지역 더미의 적용은 완전한 공간자기상관성을 해결할 수 없지만, 명확한 특성으로 지역구분이 가능할 때 공간적 이질성에 관하여 포착이 가능하므로 지역에서의 변수 특성을 파악하는데 있어 충분한 위치효과 모델을 구축할 수 있는 장점이 있다(Fik et al., 2003; Diewert and Shimizu, 2019). 따라서 본 연구의 주요 모형인 QR에 상호작용항을 적용한다.

상호작용항을 적용하여 특정 변수의 분위별 영향력 추정에 관한 연구는 이미 다양한 분야에서 시도된 바 있다(Grether and Mieszkowski, 1974; Fik et al., 2003; Saha and Su, 2012). 본 연구의 상호작용항 적용 방법은 2030서울도시기본계획의 서울 5대 권역을 더미로 변환 후, 이와 함께 경사도 변수와 곱하여 참조권역(reference area) 대비 경사도의 영향력 크기와 방향을 추정한다. 더불어 QR을 도입하기 때문에 서울 전체 및 지역별로 동일한 분위의 가격의 아파트에 대한 경사도의 변화하는 영향의 크기와 방향을 쉽게 식별이 가능하다는 장점도 있다. 경사도와 권역더미의 상호작용항은 다음과 같다.

$$P_i = \beta_0 + \sigma D_i + \beta_1 S_i + \gamma(D_i \times S_i) + e_i \tag{5}$$

$$E(P_i) = \begin{cases} (\beta_0 + \sigma) + (\beta_1 + \gamma) S_i & \text{when } D_i = 1 \\ \beta_0 + \beta_1 S_i & \text{when } D_i = 0 \end{cases}$$

위의 모형에서 S는 경사도 변수를, D는 권역더미를 의미한다. 본 연구는 QR을 적용하기 때문에 해당 분위(θ)에서 나타나는 특정권역(D_θ=1)에서의 부분 효과(partial effect)는 (β_{1θ}+γ_θ)으로 해석이 가능하며, 참조권역(D_θ=0)의 아파트 가격에 경사도가 미치는 부분 효과는 β_{1θ}으로 해석한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial E(P_i)}{\partial S_i} = \begin{cases} \beta_{1\theta} + \gamma_{\theta} & \text{when } D_{i\theta} = 1 \\ \beta_{1\theta} & \text{when } D_{i\theta} = 0 \end{cases} \tag{6}$$

다수의 연구에서 상호작용항을 적용하는 데 있어, 독립변수의 평균집중화를 통하여 변수 간에 발생하는 다중공선성과 해석의 용이성 그리고 척도의 종속성을 확보한다(Hayes, 2015).⁶⁾ 하지만 본 연구에서는 경사도 변수를 평균집중화(mean-centering)하지 않는다. 왜냐하면 경사도는 평지인 경우에는 0값(zero-value)을 의미하므로 평지에서 경사도 한 단위가 증가할 때 주택가격에

미치는 영향에 대한 추정이 가능하게 되기 때문이다.

2. 자료 및 변수의 선정

본 연구의 공간범위와 대상은 서울시의 아파트이며, 서울시의 아파트 자료를 구축하기 위해서 국토교통부 실거래가 공개시스템의 2015년 1~12월 사이에 서울에서 거래된 2,356개 단지의 113,560건 아파트 실거래 자료를 활용하였다.⁷⁾

먼저 실거래 자료에는 존재하였지만 아파트 단지의 기본정보를 '공동주택관리정보시스템', '서울부동산정보광장', '부동산114', 'KB부동산', 'NAVER부동산', 'Daum부동산'에서 구득이 불가능하거나 상기 언급된 정보 제공처 간의 기본정보가 상이한 단지를 일차적으로 제외하였다.

다음으로 본 연구의 대상이 될 수 있는 지하철역 입구 반경 800m 이내의 아파트 단지를 선정하였다. 연구대상을 지하철역 입구 반경 800m로 선정한 이유는 첫째로 본 연구의 경사도는 주택까지의 보행 접근성을 제한하는 특성을 고려한 변수로 보행으로 접근이 가능한 한계거리를 고려하였다. 도시계획법 지구상세계획지침의 역세권은 500m이지만 다양한 국내·외 연구의 역세권은 400m~1,400m 범위로 나타났으며, 보행한계 거리는 800m~1,000m(10min) 범위로 나타났다(Hess et al., 1999; Frank, 2004; 박소현 외, 2008; 오성훈·남궁지희, 2011). 둘째, 서울의 지형적 특성을 고려하였다. 본 연구에 적합한 경사도를 위해서는 기준점 간에 접근성의 제한이 지속적으로 발생하는 패턴이 요구되는데, 지하철역과 아파트 단지 사이의 평균 고·저차를 100m 단위로 측정된 결과 800m 범위에서 우상향하는 것으로 나타났다. 이에 따라서 보행접근성 및 지형 특성을 함께 고려할 때 반경 800m는 연구에 적합한 공간범위로 판단하였다(Figure 1) 참조). 더불어 지하철역 입구를 기준점으로 선정한 이유는 지하철 입구의 경우 지상에 위치하므로 특정 지역에서 가장 낮은 고도에 위치한 점과 지하철역의 경우 높은 도보 접근성과 보행량, 교통분담률과 이용률 그리고 주거입지선택에 영향을 주요한 요인으로 작용할 수 있기 때문이다.⁸⁾

종속변수인 아파트 가격은 지하철 입구 기준 반경 800m 이내

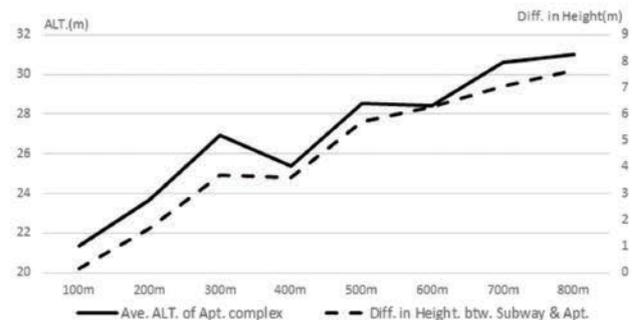


Figure 1. Difference in height of apartment complexes and subway stations by distance

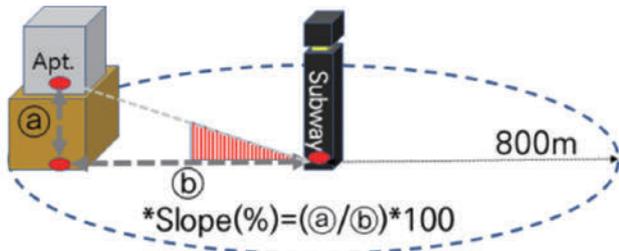


Figure 2. Conceptual diagram of the slope

의 아파트의 실거래 데이터를 이용하였으며, 최종적으로 1,690개 단지의 5,680개 평형별 아파트 평균가격을 추출하였다(이훈, 2018).⁹⁾

본 연구의 주요 변수인 경사도는 보행접근성이 고려된 측정방안으로 <Figure 2>와 같이 지하철역 입구로부터 아파트 단지의 중심점 직선거리(distance: run)와 해당 아파트 단지의 표고(altitude: rise)를 활용한 ‘백분율 경사도(rise/run, (%))’로 정의하였으며,¹⁰⁾ 주거지에 대한 왕복이동특성을 감안하여 절대값(absolute value)이 적용되었다(이훈, 2018). 본 연구의 경사도가 백분율 경사도(Rise/Run, (%))로 측정된 이유는 건축·토목 및 감정평가에서 의미하는 토지개발적 관점의 기울기 측정이 아닌 두 지점의 이동 간에 발생할 수 있는 접근성 제한을 정의하기 위한 기울기를 의미하기 때문이다. 보행관점의 경사도는 보행자의 보행활동에 제한적 역할을 하게 되면서, 주거지역에서는 보행 이용시간의 감소로 건강에 부정적인 영향을 미치고, 상업지역에서는 상업시설에 대한 접근성을 제한하게 되어 상권 활성화에 부정적인 영향으로 나타내게 된다(이경환·안건혁, 2007; 윤나영·최창규, 2013; 윤용석, 2013). 이와 함께 경사도로 인한 보행의 접근성 제한은 주택가격에도 부정적인 영향으로 나타날 수 있다(Petty, 1970; Duncan, 2011; 이훈, 2018). 또한 본 측정방안은 특정 시설과의 보행접근성의 제약이 고려된 것으로 Cervero and Duncan(2003)·Duncan(2011)·이훈(2018; 2019)에서 유효하게 적용된 방법이기도 하다. 본 연구의 경사도의 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다, 첫째, 지하철역과 아파트 단지 간의 완만한 경사도를 산출할 수 있는 단위의 적합성, 둘째, 지리정보시스템을 활용하여 지표 고도값만 있으면 쉽게 측정이 가능한 측정의 용이성, 셋째, 측정된 백분율 비율의 역함수(arctan)로 간편한 단위변환의 활용성, 마지막으로 누구나 쉽게 인지 가능한 범용성을 고려하였다. 더불어 본 경사도 측정방법은 국내·외 연구에서 활용된 바가 있기 때문에 기존 연구 결과와 비교 가능한 장점도 있다.

경사도의 측정에 중요한 요소인 지표면의 고도(altitude)값은 국토지리정보원이 제공하는 연속수치지형도(1:5,000)의 등고선 데이터로 Triangle Irregular Network(TIN)을 생성하고, 서울시 전역을 Raster 형태인 Digital Elevation Model(DEM)을 10m×10m 격자로 분할하여 구축하였다.

경사도 변수 이외의 통제변수는 단지특성·입지특성·지역특성 벡터로 구분하였다. 단지의 특성은 개별 아파트의 전용면적, 단지의 규모로 세대수, 가구당 주차대수, BSTI 상위 10위 건설사 브랜드, 노후도로 구성하였으며, 국내 아파트의 경우 재건축으로 인하여 일정 시간 이후 급격한 가격상승 효과를 통제하기 위하여 재건축 변수에 관한 2차 다항식을 적용하였다(이상경·신우진, 2001). 그리고 입지특성에서는 우선 거주민의 소비환경을 위하여 3대 백화점과 4대 대형마트와의 접근성 변수를 투입하였다, 백화점과 대형마트는 유사한 유통시설이지만 이용자인 대상에 따라서 시설이 주택가격에 미치는 영향이 상이하게 나타난다고 알려져 있다(김희재·전명진, 2013; 김소연·김영호, 2013). 의료를 위한 접근성은 2015년 보건복지부 지정 14개 상급종합병원으로 선정하였으며, 교육시설 접근성은 초·중·고등학교와의 거리로 설정하였다(김광영·안정근, 2010). 이외에도 도로 접근성 및 지하철역 접근성 및 쾌적한 환경을 위한 근린공원과 한강 접근성 그리고 유휴시설 인접성 변수는 이훈(2018)에서 적용된 기준으로 설정하였다. 마지막으로 지역특성은 지형 및 교통·행정구역 등 다양한 지역 간 특성이 고려되어 많은 연구에서 활용되는 「2030서울도시 기본계획」의 5대 권역을 기준으로 구분하였다(<Table 1> 참조).

IV. 실증분석

1. 기초통계

<Table 2>는 본 연구에서 적용된 5,680개 아파트 데이터의 종속변수인 아파트 가격 및 개별 설명변수의 평균과 아파트 가격의 분위수 경계값을 기준으로 한 기초통계를 나타낸 것이다. QR은 분위수가 되는 지점에서 회귀분석을 수행하기 때문에 종속변수의 개별 분위수 경계값을 기준으로 95% 신뢰구간에 포함된 아파트의 평균값을 제시하였다(Zietz et al., 2008).¹¹⁾

전체 아파트의 평균가격은 2015년도 기준으로 평균 50,910.42만원이며, 최저 10,000만 원~최대 396,000만 원으로 서울시내 아파트 간의 격차가 상당한 것으로 알 수 있다, 더불어 아파트 가격의 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)는 각각 3.01, 19.69로 좌측으로 치우친 분포로 나타났다. 이는 q90에서의 급격한 가격의 상승으로 나타나는 것으로 부동산의 전형적인 특징으로 볼 수 있다(이성원·허식, 2011; Kim et al., 2015). 개별변수의 평균값을 보면 평균면적은 85.09m²이며, 최소 13.51m²~최대 244.66m²으로 면적에서도 아파트 간의 상당한 격차가 있는 것을 알 수 있다. 지하철역과의 거리는 최소 26.74m~최대 799.39m로 본 연구에서 설정한 보행접근가능 거리인 반경 800m 안에 포함된 것을 알 수 있다. 특징적인 점은 q10에 속하는 아파트의 경우 지하철역과의 평균 거리가 799.39m로 q20의 487.70m과 상당한 차이가 있다는 점이다. 아울러 고분위로 이동할수록 지하철역과의 평균 거

Table 1. Definition of variables

Variable	Unit	Description of variable
Price	ln (10,000 won)	Averaged sales price in 10,000 won unit of same exclusive area in 2015 transformed by natural log
Area	ln (m ²)	Natural log of Square meters of floor space in the unit
Hous	ln (number)	Natural log of Total number of households in apt. complex
P_lot	Number	Number of parking lots / Total number of households in Apt. complex
Brand	Dummy	Popularity of Apt. complex by BSTI, 1=Popularity (Top10), 0=Unpopularity (others)
Age	Year	Age of Apt. complex after completion
Age ²	Year (squared)	Age of Apt. complex squared after completion
Hosp1	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest polyclinic designated by Ministry of Health and Welfare, 2015
Dept	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest department store; Shinsegea, Lotte, Hyundai the biggest dept.
Mart	ln (m)	Natural log of Distance to the Market; emart, lotte mart, home plus and Hanaro Club the biggest marts
Edu	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest elementary, middle and high schools
Road	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest road above 2 lanes; so-called 'Lo' in Korean
Subway	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest subway station
Park	ln (m)	Natural log of Distance to the nearest neighborhood park area over 10,000 square meters
Han_r	Dummy	Distance to the central line of the Han river; 0=beyond a 500m radius, 1=within a 500 m radius
Un_fac	Dummy	Distance to the nearest factory, petroleum store and storage facility of hazard goods; 0=within a 200 m radius, 1=beyond a 200 m radius
CCA	Dummy	Center of Seoul (CC)=1, others=0
NWA	Dummy	Northwest (NW) of Seoul=1, others=0
NEA	Dummy	Northeast (NE) of Seoul=1, others=0
SWA	Dummy	Southwest (SW) of Seoul=1, others=0
SEA	Ref.	Reference Variable = Northeast(NE) of Seoul
Slope*CCA	Interaction	Slope * Center of Seoul (CC)
Slope*NWA	Interaction	Slope * Northwest (NW) of Seoul
Slope*NEA	Interaction	Slope * Northeast (NE) of Seoul
Slope*SWA	Interaction	Slope * Southwest (SW) of Seoul
Slope	%	Percentage Slope (rise/run) between the Apt. complex and the nearest subway station

Note: The composition of variables applied to QR in this study is the same as Lee (2018), therefore, this table is a revision of the contents of Lee (2018)

리가 감소하는 패턴을 뚜렷하게 보이고 있는데, 이를 통하여 서울의 아파트 가격의 분포가 지하철역에 대한 접근성 중심으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 본 연구의 핵심 변수인 경사도는 분위수가 증가하면서 증가하거나 감소하는 패턴보다는 아파트 가격 전체 분위수에서 비교적 균일한 경사도의 분포를 보여주고 있다.

권역별로 특성을 확인하기 위해서 <Table 3>에 권역별 변수의 평균과 경사도의 분위별 평균을 제시하였다. 권역별로 볼 경우 아파트 가격은 최대 72,627만 원(SEA)부터 최소 40,860만 원(NEA)으로 나타났다. 이외에도 아파트의 노후도, 백화점 접근성, 공원 접근성 등 이질적인 특성이 권역별로 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 특히 경사도의 경우 <Table 2>의 분위수 간에 균일하게 나타난 점과 다르게 권역 내·외로 이질적인 특징을 보이고 있다. 이훈(2018)에서 주장된 바와 같이 경사도가 주택

가격에 미치는 평균적인 영향이 서울 전역 및 지역별로 방향과 크기가 상이하게 나타난 점을 함께 고려하면, 본 연구에서 시도되는 아파트 가격의 분위 수 구분에 따른 경사도 영향의 추정은 기존 연구와 다른 시사점이 제시될 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

2. 자료에 대한 검정

본 연구에서는 OLS를 기반한 헤도닉가격모델과 QR을 활용하여 주택가격과 주택 특성 간의 관계를 살펴본다. 다만 QR을 실행하기 전에 횡단면 데이터를 활용하는 OLS에서 일반적으로 발생하는 문제점으로 지적되는 이분산성, 정규성 및 이상치에 대한 검토가 필요하다. 만일 OLS모델에서 등분산성 및 정규성을 만족하지 않을 경우에는 QR적용이 타당한 것으로 판단할 수 있다

Table 2. Quantiles of individual variables, 5680 obs.

Variable	Mean	Min	Max	Low quantiles			Median quantiles			High quantiles		
				q10	q20	q30	q40	q50	q60	q70	q80	q90
Dependent variable (10,000 won)												
Price	50910.42	10000.00	396000.00	28766.97	32800.00	36063.16	39488.75	43461.46	48500.00	54961.17	64240.00	79747.32
95% conf. interval	-	-	-	29172.15	33178.26	36506.80	39900.00	44000.00	49224.74	55982.62	65226.09	82000.00
	-	-	-	28440.32	32436.23	35676.19	39076.90	42922.95	47691.51	54000.00	63007.13	78093.55
Apt. complex characteristics (m², number, years)												
Area	85.69	13.51	244.66	70.65	76.48	77.95	79.46	81.79	90.16	95.55	98.91	94.04
Hous	560.12	9.00	6864	418.81	329.19	423.51	502.40	503.18	609.42	556.12	551.90	787.19
P_lot	1.14	0.00	3.72	0.99	1.02	1.08	1.09	1.12	1.13	1.18	1.22	1.23
Brand	0.32	0.00	1.00	0.18	0.16	0.15	0.30	0.37	0.33	0.39	0.47	0.48
Age	14.49	0.00	39.00	17.27	15.75	14.20	14.42	14.03	14.22	13.11	12.83	14.88
Neighbourhood characteristics (m, dummy rate)												
Hospit	2970.96	280.94	10213.89	4103.40	3882.87	3298.57	3030.86	2710.72	2688.72	2624.56	2314.66	2114.54
Depart	2405.52	167.19	9552.16	2866.16	2954.05	2503.26	2500.19	2173.53	2357.59	2321.28	2201.39	1843.76
Mart	1276.00	71.50	4907.86	1226.85	1161.68	1174.70	1141.88	1129.97	1295.51	1245.99	1431.49	1578.27
Edu	245.47	16.98	770.13	231.64	230.18	253.44	230.14	236.13	265.24	250.04	275.88	231.03
Road	213.42	17.97	1384.98	229.42	250.09	197.77	207.98	194.35	203.41	215.33	189.18	150.90
Subway	429.72	26.74	799.39	487.70	441.65	446.24	459.29	428.83	438.41	429.18	419.75	394.08
Park	627.21	29.58	2431.26	689.62	712.26	735.59	642.42	697.39	593.26	637.73	627.25	467.11
Han_r	0.08	0.00	1.00	0.07	0.02	0.03	0.09	0.08	0.11	0.07	0.14	0.18
Un_fac	0.98	0.00	1.00	0.98	0.97	0.96	0.99	0.99	0.94	0.99	0.97	1.00
Distribution of regional classification (dummy rate)												
CCA	0.03	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.04	0.08	0.03
NWA	0.12	0.00	1.00	0.16	0.10	0.13	0.15	0.14	0.13	0.20	0.11	0.09
NEA	0.29	0.00	1.00	0.43	0.42	0.43	0.37	0.29	0.27	0.28	0.17	0.07
SWA	0.30	0.00	1.00	0.40	0.37	0.33	0.31	0.35	0.31	0.23	0.25	0.11
SEA	0.26	0.00	1.00	0.01	0.10	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.40	0.70
Terrain characteristics (%)												
Slope	1.66	0.00	18.47	1.51	1.58	1.60	1.97	1.57	1.54	1.85	1.68	1.54

Table 3. Average value of variables by region

Var.	Total	CCA	NWA	NEA	SWA	SEA
Price	50910.42	58872.04	46678.51	40860.40	42737.15	72627.81
Area	85.69	86.36	86.11	83.84	84.42	88.98
Hous	560.12	673.89	445.49	582.95	485.74	657.40
P_lot	1.14	1.15	1.15	1.10	1.12	1.20
Brand	0.32	0.47	0.35	0.27	0.29	0.38
Age	14.49	11.51	12.16	14.32	14.25	16.37
Hospit	2970.96	2391.27	3315.07	3528.56	2778.56	2482.49
Dept	1276.00	2821.29	3477.90	2097.68	2675.89	1911.90
Mart	2405.52	1043.45	1378.84	996.80	1341.78	1498.22
Edu	245.47	246.37	233.74	249.63	241.56	250.40
Road	213.42	188.94	182.17	265.84	207.62	177.83
Subway	429.72	381.64	435.85	420.06	457.43	411.74
Park	627.21	523.14	750.56	700.50	637.90	490.04
Han_r	0.08	0.12	0.17	0.06	0.07	0.06
Un_fac	0.98	0.95	1.00	0.98	0.95	1.00
Slope	1.66	2.59	2.72	1.86	1.30	1.26
Q1	1.47	0.00	2.84	1.42	1.13	1.08
Q2	1.53	3.41	2.93	1.67	1.13	0.81
Q3	1.40	0.72	2.64	1.60	1.16	0.75
Q4	1.54	5.84	2.95	1.36	1.21	1.02
Q5	1.82	2.21	2.70	2.37	1.22	1.22
Q6	1.76	3.46	2.89	1.94	1.22	1.12
Q7	1.88	2.97	2.55	2.49	1.72	0.90
Q8	1.85	2.78	2.83	2.21	1.57	1.14
Q9	1.78	1.99	2.68	2.22	1.52	1.55
Q10	1.58	1.00	1.41	3.88	1.79	1.46
obs.	5680	182	655	1664	1706	1473

(Ebru and Eban, 2011).

<Table 4>의 Model I·II는 각각 <Table 7>과 <Table 9>의 일반 OLS를 기반한 검정결과를 제시하였으며, WM I 은 노후도

Table 4. Results of heteroscedasticity, normality and outliers test

Test	Criteria	WM I	Model I	Model II
White's	χ^2	2144.26***	2038.52***	2219.46***
Jarque-Bera	χ^2	-	7.17**	14.87***
Robust outliers	Cook's D >1	-	0.00%	0.00%
BACON outliers	p=0.15~0.50	-	0.00%	0.11%

*p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01

의 2차 다항(Age²) 및 경사도와의 상호작용항을 제외한 모형을 의미한다(Gujarati and Porter, 2009). White의 이분산성 검정과 정규성 여부를 검정하는 Jarque-Bera 통계량은 각각 등분산 및 정규분포 귀무가설을 기각하였다. 더불어 OLS의 결과의 이상치(outlier) 영향 여부를 확인하기 위해서 Robust 회귀분석을 실시하였다(임재만, 2010).

분석결과 모형에서 이상치가 발생하지 않는 것으로 나타났는데, 이는 본 연구에서 OLS를 활용하기 때문에 사전에 이상치를 엄밀하게 제거한 데이터를 활용하였기 때문이다.¹²⁾ 따라서 추가적인 데이터의 이상치 여부를 검증하기 위해서 다변량 데이터에서 이상치 식별이 가능한 blocked adaptive computationally efficient outlier nominators(BACON) 알고리즘의 임계값을 다양화하여(p=0.15~0.50) 적용한 결과 Model I 은 0개(0.00%)로 나타났지만 상호작용이 적용된 Model II에서 6개(0.11%)의

이상치가 식별되는 것으로 나타나 본 연구에서의 QR적용은 타당한 것으로 판단할 수 있다(Billor et al., 2000; Weber, 2010; Guochang, 2015).

3. 서울전체모형 추정결과

본격적으로 QR 결과를 살펴보기 전에 상이한 조건부 분위별로 추정계수의 이질성을 확인하기 위해서 부트스트랩을 이용한 Wald 검정을 실시한 결과를 <Table 5>에 제시하였다(Cameron and Trivedi, 2010).

첫 번째 검정은 전체 분위(q10~q90)를 대상으로, 두 번째는 q25와 대칭되는 q75 그리고 마지막으로 q10과 대칭되는 q90와의 동일성을 검정하였다(Sahin, 2014; 권오식·김도한, 2014). 검정결과 아파트브랜드와 교육시설 접근성을 제외하고 개별변수의 분위별 추정계수는 대부분 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 특히 경사도의 경우 세 가지 검정에서 분위별로

Table 5. Estimated coefficient difference test for quantiles (Model I)

Restr. value	q10 to q90	q25-q75	q10-q90	VIF
Apt. complex characteristics				
Area	4.60***	0.16	15.70***	1.09
Hous	1.44	0.80	7.60**	1.33
P_lot	4.25***	0.32	0.04	1.50
Brand	0.64	0.27	0.70	1.26
Age	2.05**	13.84***	9.91***	14.26
Age ²	4.44***	23.98***	22.19***	14.08
Neighbourhood Characteristics				
Hospi	6.13***	8.38***	36.61***	1.40
Depart	6.44***	5.99**	36.94***	1.65
Mart	2.82***	1.24	0.13	1.28
Edu	1.39	0.19	0.09	1.04
Road	1.14	2.82*	3.58*	1.25
Subway	2.21**	0.02	0.02	1.13
Park	4.48***	5.94**	0.72	1.21
Han_r	1.75*	8.43***	4.37**	1.05
Un_fac	2.18**	2.4	7.86***	1.05
Distribution of regional classification				
CCA	3.87***	3.81*	0.30	1.18
NWA	16.13***	106.27***	78.77***	1.62
NEA	33.67***	173.37***	165.12***	1.95
SWA	14.75***	110.78***	54.03***	1.76
Terrain characteristics				
Slope	1.76*	8.39***	6.45**	1.26

*p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01

모두 차이가 있는 것으로 나타나 주택가격수준에 따라 경사도의 영향이 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다.

<Table 7>은 서울시 전체를 대상으로 한 모델(Model I)로 이분산성이 고려된 OLS(HC3)¹³⁾와 QR추정결과를 나타내고 있다.¹⁴⁾ Model I에서의 QR적용의 타당성 검증을 위하여 모형전체를 대상으로 Koenker and Bassett(1982)가 제안한 분위수 전반에 걸친 회귀계수의 동일성 검정(slope equality test)과 Newey and Powell(1987)의 대칭성 검정 (symmetric quantiles test)을 실시하였다.¹⁵⁾ 두 검정결과 모두 1% 유의수준에서 귀무가설이 기각되어 분위별 회귀계수는 동일하지 않으며, 동시에 비대칭적인 것으로 나타나 QR의 적용은 타당한 것을 알 수 있다(Sahin, 2014).

OLS의 결과를 살펴보면 모형의 적합도를 알 수 있는 *adj. R²*가 80.5%로 나타났으며, 독립변수의 다중공선성은 재건축에 따른 가격상승을 고려한 노후도에 관한 2차 다항을 제외한 VIF(분산팽창계수) 평균 1.33(Min 1.04~Max 1.95)으로 나타나 안정적인 수준으로 확인되었다(<Table 5> 참조).¹⁶⁾ 모든 독립변수는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 특성요인별로 구분할 경우 단지특성 중 전용면적, 아파트 단지 규모, 세대당 주차대수가 정(+의 영향을 미치고, 노후도는 약 19.5년 이후 정(+의 영향으로 변환되어 재건축 효과가 반영되어 있음을 알 수 있다(이상경·신우진, 2001). 입지특성의 경우 근접할수록 정(+의 영향을 미치는 시설은 대형병원, 백화점, 교육시설, 지하철, 공원, 한강(dummy)으로 나타났으며, 반대로 대형마트, 유휴시설 및 도로(dummy)는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구의 핵심 변수인 경사도는 모든 조건이 동일한 경우 경사도가 1% 증가할 때 서울 전체 아파트 가격이 평균적으로 0.3% 하락하는 것으로 나타났다. OLS의 경우 전체적으로 독립변수는 아파트 가격에 미치는 영향은 기존 연구인 이훈(2018)의 내용과 동일한 결과인 것을 확인할 수 있다.

다음으로 <Table 7>의 QR에서 추정된 계수 값을 살펴보면 경사도를 제외한 모든 독립변수가 아파트 가격에 미치는 영향의 부호는 OLS 추정 결과와 동일한 것으로 나타났지만, 다양한 검정을 통하여 살펴본 것처럼 분위별로 추정된 변수의 이질적인 특성이 나타났다. 해석의 편의를 위해서 이들의 영향력 강도(strength)의 변화를 중위수(q50)를 기준으로 다섯 가지 패턴(low-mid-high, low-high-mid, low-high-low, high-mid-low, irregular)으로 구분하여 <Table 6>에 제시하였다.

첫 번째 패턴은 가격이 고분위로 갈수록 해당 변수의 영향력이 강화되어 나타나는 전용면적, 단지규모, 노후도, 대형 병원, 백화점, 한강 접근성, 유휴시설 등이 해당된다. 첫 번째 패턴의 경우 고분위에 해당하는 고가 아파트에 거주자의 경우 건강을 더 중시하며, 쾌적한 환경과 편의성을 더욱 중요하게 여기는 것으로 추정가능하다. 더불어 유휴시설의 경우에도 고분위수로 이동하면

Table 6. Pattern of QR coefficient value (Model I)

FID	Pattern	Independent values
1	Low-mid-high	Area, hous, age, age ² , hospi, depart, han_r, un_fac, NWA, NEA, SWA
2	Low-high-mid	Edu, park
3	Low-high-low	P_lot, mart, subway, CCA
4	High-mid-low	Brand, road
5	Irregular	Slope

서 부(-)의 영향력이 강화되는 점은 고가 아파트의 경우 쾌적한 환경이 매우 중요한 요소임을 알 수 있다.

두 번째 패턴에는 중위수까지 영향력이 상승하다가 고분위에서는 다소 감소되는 특징이 있다. 공원접근성의 경우 비교적 뚜렷하게 q30~q50 사이에서 중요한 요인으로 나타나지만, 오히려 고분위로 갈수록 그 영향력의 크기는 다소 감소되는 특징을 보인다. 이러한 특징은 공원의 접근성이 중위가격의 주택보다 중요한 요소가 아니기보다는 고가 아파트의 경우 대단지 내 우수한 조정 시설로 인한 보행전용 도로와 높은 녹지율 등 쾌적한 환경으로 인하여, 오히려 일정규모의 근린공원의 영향력이 다소 감소될 수 있다(최윤아·송병하, 2007). 교육시설 접근성도 유사한 패턴을 보이는데 특정 분위수(p30·p40·q80)에서 취학자녀로 인하여 수요가 집중적으로 발생하는 것으로 추정될 수 있다(김희호·박세운, 2013; 김진희, 2014).

세 번째 패턴은 저분위부터 영향력이 증가하면서 중위수를 고점으로 이후에 감소하는 특징을 보인다. 이러한 패턴을 보이는 변수는 세대당 주차대수, 대형마트 접근성, 지하철역 접근성이 해당된다. 이 요인은 수요가 높은 시설이면서 거점방식으로 도시에 분포되어 있는 공통점이 있다. 특히 마트 접근성은 q10에서 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났는데, 저분위 아파트의 입지 특성상 대형마트 접근성이 불리한 조건에 있는 것으로 추정할 수 있다. 지하철역의 경우에도 저소득층은 접근성을 중시하지만 경제적인 여유가 부족하고 고소득층은 대중교통 접근성을 우선적으로 고려하지 않는 특성으로 해석될 수 있다(이주석, 2008; 성형근, 2012). 세대당 주차대수의 경우에는 영향력이 고분위로 이동할수록 낮아지는 패턴을 볼 수 있다. 특히 고가의 아파트일수록 세대당 주차대수의 영향력이 감소하는 것을 보이는데, 일반적으로 고가주택의 고소득일 확률이 높게 되어 잦은 차량운행으로 더 많은 주차 면을 확보해야 할 것 같지만 오히려 세대당 주차대수의 영향력이 더 낮게 나타났다(이혜승·이희연, 2009). 이러한 현상은 고분위의 노후도 영향력의 크기와 2차 다항을 통해 추정된 가격상승 시점이 21.5년으로 나타난 점을 고려할 때, 고분위 아파트의 경우 재건축 시기에 도래한 노후된 아파트로 추정될 수 있다. 이는 네 번째 패턴에 해당되는 도로접근성과 동일한 맥락으로 해석이 될 수 있는데, 도로의 접근성은 저분위에서 중요하

게 나타났지만 고분위로 갈수록 도로 접근성의 영향력이 하락하는 것으로 나타났다.

본 연구의 주요변수인 경사도의 경우에는 저분위와 중분위 그리고 고분위에서 영향이 이질적인 특징이 나타났다(Figure 3) 참조). 경사도의 평균적인 영향을 추정하는 OLS의 경우 유의수준 5%에서 0.2%의 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 경사도의 영향의 크기와 방향은 q10~q50 사이에서 유의확률의 차이가 있지만 -0.3%~-0.5% 사이의 영향력을 보이면서 q60~q80에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 다만 고분위로 갈수록 경사도의 부정적 영향력이 약화되면서 결국 q90에서는 10% 유의수준에서 정(+)의 영향으로 변환되었다.

서울 전역에서의 분위별 경사도의 영향을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 저분위의 아파트일 경우 경사도의 부정적 특성이 강하게 발생한다. 중위수 이하의 아파트일 때 경사도의 부정적 영향이 뚜렷하게 나타나는 성향은 특히 q20~q40에서 여타 분위보다 강하게 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 신혼부부나 고령자 등 교통약자가 휠체어, 유모차 및 자전거를 이용할 경우 경사도의 영향을 더 민감하게 받을 수 있다. 또한 상대적으로 소득이 낮은 가구일 경우 경제적인 이유로 외부 활동을 위한 이동수단으로 비용이 발생하는 교통수단보다 보행을 선택할 가능성이 클 수 있으며, 이때 경사도는 물리적 접근성의 제한으로 작용하게 되어 해당 아파트는 저평가될 수 있다(오성훈·남궁지희, 2011; 이경환 외, 2014). 둘째, 고가주택(q90)의 경우 경사도가 정(+)의 영향으로 나타나고 있는 점이다. 고가주택의 경우 경사도가 긍정적인 영향을 미치는 경우는 미국의 San Diego 지역의 경사도를 연구한 Duncan(2011)이 주장한 바와 같이 경사도의 영향이 긍정적인 어메니티 가치의 역할을 하는 것으로 추정이 가능하다. 예를 들어 경사도로 발생하는 접근성의 제한은 여전히 존재하지만 개인 이동수단으로 해소되고, 경사도가 존재하는 지역의 특성인 녹지나 산지 그리고 조망 등 주거에 적합한 쾌적한 환경이 주택가격에 긍정적으로 나타날 수 있음을 의미한다. 셋째, q60~q80 분위에서 경사도의 영향이 통계적으로 유의미하지 않은 점이다. 중분위 이하에서는 경사도의 영향이 뚜렷한 부(-)의

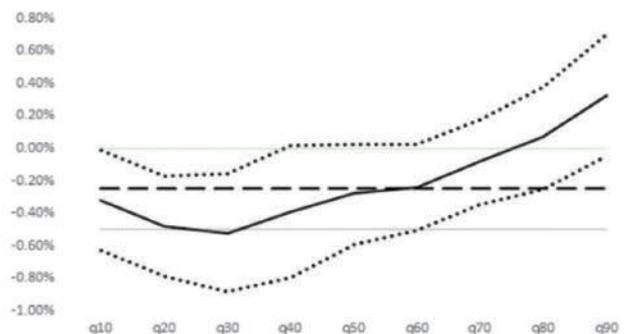


Figure 3. Effect of the slope by different quantile levels of housing price

Table 7. Results of OLS model and QR general model (Model I)

Variable	OLS (HC3)	Low quantiles			Median quantiles			High quantiles		
		q10	q20	q30	q40	q50	q60	q70	q80	q90
Area	0.748*** (0.011)	0.701*** (0.013)	0.712*** (0.013)	0.733*** (0.012)	0.757*** (0.013)	0.761*** (0.015)	0.733*** (0.015)	0.725*** (0.013)	0.751*** (0.014)	0.786*** (0.017)
Hous	0.083*** (0.003)	0.076*** (0.003)	0.080*** (0.004)	0.082*** (0.003)	0.084*** (0.003)	0.084*** (0.003)	0.085*** (0.003)	0.084*** (0.003)	0.088*** (0.004)	0.094*** (0.006)
P_lot	0.112*** (0.012)	0.077*** (0.019)	0.102*** (0.019)	0.124*** (0.014)	0.133*** (0.017)	0.143*** (0.015)	0.141*** (0.014)	0.135*** (0.015)	0.095*** (0.013)	0.072*** (0.018)
Brand	0.070*** (0.006)	0.074*** (0.008)	0.074*** (0.008)	0.069*** (0.007)	0.065*** (0.008)	0.069*** (0.008)	0.062*** (0.008)	0.065*** (0.008)	0.069*** (0.007)	0.064*** (0.008)
Age	-0.039*** (0.001)	-0.033*** (0.001)	-0.033*** (0.002)	-0.035*** (0.002)	-0.034*** (0.002)	-0.037*** (0.002)	-0.038*** (0.002)	-0.040*** (0.002)	-0.040*** (0.002)	-0.043*** (0.003)
Age ²	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
Hospi	-0.122*** (0.004)	-0.082*** (0.006)	-0.099*** (0.006)	-0.107*** (0.005)	-0.107*** (0.006)	-0.109*** (0.006)	-0.113*** (0.005)	-0.118*** (0.005)	-0.128*** (0.005)	-0.137*** (0.008)
Depart	-0.040*** (0.005)	-0.003 (0.007)	-0.017*** (0.006)	-0.026*** (0.006)	-0.035*** (0.007)	-0.044*** (0.006)	-0.046*** (0.005)	-0.050*** (0.006)	-0.054*** (0.006)	-0.064*** (0.007)
Mart	0.034*** (0.004)	0.004 (0.006)	0.024*** (0.007)	0.027*** (0.006)	0.025*** (0.005)	0.023*** (0.005)	0.021*** (0.004)	0.019*** (0.004)	0.018*** (0.005)	0.007 (0.007)
Edu	-0.032*** (0.004)	-0.024*** (0.005)	-0.025*** (0.005)	-0.033*** (0.005)	-0.032*** (0.006)	-0.027*** (0.005)	-0.027*** (0.005)	-0.026*** (0.005)	-0.035*** (0.006)	-0.026*** (0.007)
Road	-0.018*** (0.003)	-0.019*** (0.004)	-0.016*** (0.004)	-0.017*** (0.004)	-0.012** (0.005)	-0.011** (0.005)	-0.011*** (0.004)	-0.006 (0.005)	-0.005 (0.004)	-0.008* (0.005)
Subway	-0.045*** (0.005)	-0.034*** (0.006)	-0.046*** (0.006)	-0.046*** (0.006)	-0.049*** (0.006)	-0.046*** (0.006)	-0.050*** (0.006)	-0.050*** (0.007)	-0.050*** (0.005)	-0.033*** (0.007)
Park	-0.064*** (0.004)	-0.044*** (0.007)	-0.061*** (0.007)	-0.071*** (0.005)	-0.068*** (0.006)	-0.064*** (0.006)	-0.055*** (0.005)	-0.054*** (0.006)	-0.054*** (0.005)	-0.051*** (0.005)
Han_r	0.157*** (0.011)	0.142*** (0.013)	0.142*** (0.014)	0.136*** (0.015)	0.150*** (0.014)	0.160*** (0.013)	0.174*** (0.015)	0.189*** (0.016)	0.186*** (0.016)	0.189*** (0.018)
Un_fac	0.067*** (0.015)	0.028 (0.023)	0.024 (0.027)	0.038* (0.020)	0.037 (0.026)	0.019 (0.028)	0.036** (0.016)	0.052*** (0.013)	0.067*** (0.014)	0.108*** (0.018)
CCA	-0.110*** (0.017)	-0.074*** (0.020)	-0.088*** (0.023)	-0.080** (0.033)	-0.106*** (0.030)	-0.137*** (0.023)	-0.162*** (0.024)	-0.189*** (0.031)	-0.148*** (0.036)	-0.049 (0.046)
NWA	-0.283*** (0.010)	-0.204*** (0.013)	-0.203*** (0.013)	-0.225*** (0.015)	-0.272*** (0.016)	-0.312*** (0.016)	-0.346*** (0.017)	-0.377*** (0.015)	-0.371*** (0.013)	-0.370*** (0.017)
NEA	-0.383*** (0.008)	-0.278*** (0.010)	-0.295*** (0.008)	-0.314*** (0.013)	-0.361*** (0.014)	-0.400*** (0.014)	-0.439*** (0.014)	-0.480*** (0.012)	-0.480*** (0.011)	-0.483*** (0.013)
SWA	-0.349*** (0.008)	-0.278*** (0.011)	-0.288*** (0.010)	-0.296*** (0.013)	-0.332*** (0.014)	-0.362*** (0.014)	-0.390*** (0.013)	-0.417*** (0.012)	-0.419*** (0.010)	-0.403*** (0.014)
Slope	-0.002** (0.001)	-0.003* (0.002)	-0.005*** (0.002)	-0.005*** (0.002)	-0.004** (0.002)	-0.003* (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.003* (0.002)
Cons.	9.257*** (0.075)	8.657*** (0.096)	8.905*** (0.099)	9.061*** (0.095)	9.069*** (0.114)	9.167*** (0.109)	9.377*** (0.112)	9.528*** (0.102)	9.639*** (0.099)	9.576*** (0.113)
Adj. R ²	0.805									
Pesudo R ²		0.528	0.519	0.5227	0.531	0.546	0.564	0.583	0.603	0.630
Slope equality test		χ^2 value [Pr > χ^2] = 1196.848 [0.000]								
Symmetric quantiles test		χ^2 value [Pr > χ^2] = 206.055 [0.000]								
Obs.	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680

*p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01

Note: Standard deviations are shown in parentheses

영향으로 나타났지만, 고분위로 이동할수록 점차 약화되면서 q90에서는 유의미한 정(+)의 영향으로 나타났다. 이는 서울 전체를 대상으로 상대적으로 높은 가격대를 이루고 있는 중·고 분위의 주택에서는 경사도의 평균적인 영향이 정(+)과 부(-)로 뚜렷하게 구분되어 나타나지 않기 때문에 경사도가 갖는 변동을 충분히 설명될 수 없음을 추정할 수 있다.

다음 절에서는 이러한 의구심을 해소하기 위해서 대상 공간범위의 수준을 낮추어 권역별로 나타나는 경사도의 영향에 관한 분석을 시도한다.

4. 5대 권역모형 추정결과

이미 모형의 타당성을 Model I에서 충분히 검토하였지만 상호작용항의 추가로 추정 결과에 변화가 있을 것으로 예측되므로 Model II의 타당성을 재검토한다. 먼저 독립변수의 다중공선성은 아파트 단지의 재건축 효과를 추정하기 위한 노후도에 대한 2차 다항식을 제외한 나머지 변수의 VIF가 평균 2.42(Min 1.05~Max 9.21)로 독립변수 간 다중공선성에는 문제가 없는 것으로 나타났다.¹⁷⁾ Model II의 이분산성과 정규성 그리고 이상치는 이미 <Table 3>에서 제시한 바와 같이 귀무가설이 모두 기각되었으며, 더불어 Model II의 분위별 독립변수 추정계수의 차이를 통계적으로 검정하기 위하여 Model I과 동일한 조건부 분위에서의 부트스트랩을 적용한 Wald 검정을 실시하였다(<Table 8> 참조).

검정결과 독립변수의 분위 간 차이는 q10~q90에서 단지규모, 한강인접성에서 Model I과 차이가 발견되었지만 전체적으로 Model I과 동일하게 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 경사도 상호작용항의 경우에는 세 가지 Wald 검정에서 모두 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타나, 경사도의 영향이 5대 권역별로 아파트 가격수준에 따라 이질적으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

<Table 9>는 지역별 경사도의 영향을 추정하기 위하여 Model I에서 서울 5대 권역과 경사도의 상호작용항을 추가한 Model II의 추정결과이다. Model II는 권역별 상호작용항이 추가되어 *adj. R²*는 81.2%로 Model I 비해서 다소 개선되었으며, 경사도와 지역별 상호작용항을 제외한 분위별 추정계수는 전체적으로 Model I과 동일한 패턴을 보이고 있다(<Table 9> 참조).¹⁸⁾ QR 모형 적용의 타당성 검증을 위한 Model II 전체에 대한 회귀계수의 동일성 검정(slope equality tes)t과 대칭성 검정(symmetric quantiles test) 결과 모두 1% 유의수준에서 귀무가설이 기각되었다. OLS의 권역별 경사도의 부분 효과(partial effect)는 동남권(slope) +3.6%, 도심권(slope*CCA) -3.0%, 서북권(slope*NWA) -1.2%, 동북권(slope*NEA) -0.3%, 서남권(slope*SWA) -0.4%로 5대 권역 중에서 고가주택시장으로 구분되는 동남권은 경사도가 정(+)의 영향이 나타나고, 이외의 권역

Table 8. Estimated coefficient difference tests for quantiles (Model II)

Restr. value	q10 to q90	q25-q75	q10-q90	VIF
Apt. complex characteristics				
Area	2.5**	0.22	12.75***	1.09
Hous	2.71***	2.85*	12.18***	1.34
P_lot	4.81***	1.18	0.30	1.50
Brand	0.67	0.01	0.86	1.27
Age	1.67	10.08***	9.97***	14.37
Age ²	4.23***	24.62***	21.98***	14.18
Neighbourhood characteristics				
Hospi	5.50***	14.06***	35.74***	1.40
Depart	4.76***	20.16***	21.26***	1.66
Mart	3.39***	2.31	0.04	1.29
Edu	0.87	1.04	0.03	1.05
Road	1.94*	3.16*	2.39	1.27
Subway	3.78***	0.16	0.54	1.14
Park	3.50***	0.59	4.35**	1.22
Han_r	0.88	9.08***	1.63	1.08
Un_fac	1.99**	4.58**	5.06**	1.05
Distribution of regional classification				
CCA	5.02***	12.24***	0.01	1.78
NWA	16.56***	98.78***	51.82***	2.84
NEA	40.82***	220.57***	180.23***	2.77
SWA	17.64***	99.17***	53.17***	2.66
Terrain characteristics				
Slope*CCA	5.60***	16.54***	16.54***	2.61
Slope*NWA	9.03***	46.80***	46.80***	4.73
Slope*NEA	23.81***	93.74***	93.74***	6.44
Slope*SWA	11.09***	66.23***	66.23***	3.77
Slope	19.24***	86.63***	55.29***	9.21

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

에서는 영향력 크기에 차이가 있지만 부(-)의 영향이 나타났다. 이 결과는 이훈(2018)이 주장한 바와 같이 동남권의 경우 상대적으로 높은 소득으로 인하여 경사도의 부정적인 효과가 특정한 주거수요와 자가용 등 보행 이동수단의 대체(substitution)로 상쇄 효과가 발생하여, 부정적인 영향이 긍정적인 영향으로 변환될 수 있음을 추정할 수 있다.

<Figure 4>는 권역별 아파트 가격의 조건부 분포를 통한 권역별 경사도의 부분 효과(partial effects)를 선형 도표로 나타낸 것이다.¹⁹⁾ 서울 전체를 대상으로 한 Model I에서 경사도는 고분위로 이동할수록 부정적인 영향이 긍정적인 영향으로 변환되는 뚜렷한 특징이 나타났다. 하지만 공간 범위를 권역수준으로 축소한

Table 9. Results of OLS model and QR interaction model (Model II)

Variable	OLS (HC3)	Low quantiles			Median quantiles			High quantiles		
		q10	q20	q30	q40	q50	q60	q70	q80	q90
Area	0.750*** (0.011)	0.706*** (0.014)	0.722*** (0.013)	0.735*** (0.014)	0.749*** (0.013)	0.758*** (0.014)	0.738*** (0.013)	0.734*** (0.015)	0.749*** (0.016)	0.789*** (0.017)
Hous	0.086*** (0.003)	0.076*** (0.004)	0.079*** (0.003)	0.084*** (0.003)	0.087*** (0.003)	0.090*** (0.004)	0.089*** (0.003)	0.088*** (0.004)	0.090*** (0.004)	0.094*** (0.006)
P_lot	0.109*** (0.012)	0.062*** (0.019)	0.087*** (0.018)	0.125*** (0.016)	0.134*** (0.014)	0.148*** (0.017)	0.134*** (0.016)	0.121*** (0.017)	0.099*** (0.016)	0.075*** (0.020)
Brand	0.069*** (0.006)	0.077*** (0.007)	0.070*** (0.008)	0.066*** (0.007)	0.064*** (0.008)	0.060*** (0.008)	0.062*** (0.008)	0.066*** (0.008)	0.070*** (0.008)	0.067*** (0.008)
Age	-0.040*** (0.001)	-0.034*** (0.002)	-0.035*** (0.002)	-0.035*** (0.002)	-0.036*** (0.002)	-0.038*** (0.002)	-0.039*** (0.002)	-0.041*** (0.002)	-0.041*** (0.002)	-0.044*** (0.003)
Age ²	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
Hospi	-0.123*** (0.004)	-0.084*** (0.007)	-0.102*** (0.006)	-0.103*** (0.005)	-0.106*** (0.005)	-0.111*** (0.006)	-0.119*** (0.005)	-0.126*** (0.005)	-0.130*** (0.006)	-0.138*** (0.007)
Depart	-0.041*** (0.005)	-0.014** (0.007)	-0.023*** (0.006)	-0.024*** (0.006)	-0.033*** (0.006)	-0.041*** (0.006)	-0.043*** (0.006)	-0.048*** (0.006)	-0.058*** (0.007)	-0.062*** (0.007)
Mart	0.034*** (0.004)	0.005 (0.007)	0.022*** (0.006)	0.026*** (0.005)	0.024*** (0.007)	0.021*** (0.007)	0.020*** (0.005)	0.016*** (0.005)	0.016*** (0.005)	0.007 (0.006)
Edu	-0.035*** (0.004)	-0.026*** (0.005)	-0.034*** (0.005)	-0.036*** (0.005)	-0.036*** (0.005)	-0.032*** (0.005)	-0.032*** (0.005)	-0.032*** (0.005)	-0.033*** (0.005)	-0.027*** (0.008)
Road	-0.013*** (0.003)	-0.016*** (0.004)	-0.009** (0.004)	-0.014*** (0.004)	-0.010** (0.004)	-0.009* (0.005)	-0.007 (0.005)	-0.003 (0.004)	-0.005 (0.005)	-0.008 (0.005)
Subway	-0.047*** (0.005)	-0.026*** (0.007)	-0.051*** (0.006)	-0.048*** (0.005)	-0.050*** (0.007)	-0.053*** (0.008)	-0.049*** (0.007)	-0.049*** (0.006)	-0.049*** (0.006)	-0.032*** (0.007)
Park	-0.059*** (0.004)	-0.033*** (0.006)	-0.052*** (0.006)	-0.060*** (0.006)	-0.058*** (0.006)	-0.059*** (0.006)	-0.051*** (0.005)	-0.050*** (0.006)	-0.054*** (0.005)	-0.052*** (0.006)
Han_r	0.151*** (0.011)	0.148*** (0.010)	0.146*** (0.011)	0.136*** (0.015)	0.141*** (0.012)	0.153*** (0.015)	0.163*** (0.014)	0.174*** (0.015)	0.176*** (0.015)	0.176*** (0.019)
Un_fac	0.070*** (0.016)	0.040* (0.023)	0.032 (0.025)	0.042** (0.019)	0.051** (0.024)	0.057** (0.028)	0.046** (0.020)	0.055*** (0.015)	0.065*** (0.018)	0.101*** (0.016)
CCA	0.010 (0.021)	-0.005 (0.039)	0.060 (0.046)	0.066* (0.034)	0.053** (0.026)	0.023 (0.024)	-0.045* (0.026)	-0.075** (0.031)	-0.068* (0.036)	-0.001 (0.034)
NWA	-0.210*** (0.012)	-0.136*** (0.017)	-0.130*** (0.013)	-0.145*** (0.017)	-0.154*** (0.017)	-0.200*** (0.022)	-0.251*** (0.019)	-0.297*** (0.020)	-0.317*** (0.016)	-0.343*** (0.023)
NEA	-0.337*** (0.010)	-0.214*** (0.012)	-0.217*** (0.010)	-0.245*** (0.012)	-0.271*** (0.013)	-0.320*** (0.019)	-0.380*** (0.017)	-0.437*** (0.015)	-0.465*** (0.015)	-0.476*** (0.019)
SWA	-0.300*** (0.010)	-0.226*** (0.014)	-0.220*** (0.013)	-0.233*** (0.011)	-0.244*** (0.013)	-0.280*** (0.018)	-0.328*** (0.017)	-0.367*** (0.016)	-0.389*** (0.014)	-0.383*** (0.017)
Slope*CCA	-0.066*** (0.005)	-0.067*** (0.011)	-0.092*** (0.011)	-0.087*** (0.009)	-0.085*** (0.009)	-0.076*** (0.007)	-0.064*** (0.006)	-0.054*** (0.007)	-0.044*** (0.006)	-0.046*** (0.005)
Slope*NWA	-0.048*** (0.004)	-0.068*** (0.008)	-0.075*** (0.006)	-0.068*** (0.005)	-0.071*** (0.006)	-0.061*** (0.006)	-0.049*** (0.005)	-0.039*** (0.005)	-0.028*** (0.005)	-0.013* (0.007)
Slope*NEA	-0.039*** (0.004)	-0.069*** (0.008)	-0.077*** (0.005)	-0.068*** (0.005)	-0.063*** (0.006)	-0.051*** (0.005)	-0.037*** (0.004)	-0.024*** (0.005)	-0.009* (0.005)	-0.004 (0.005)
Slope*SWA	-0.040*** (0.004)	-0.062*** (0.009)	-0.069*** (0.007)	-0.062*** (0.006)	-0.061*** (0.006)	-0.050*** (0.006)	-0.038*** (0.005)	-0.027*** (0.004)	-0.015*** (0.004)	-0.013*** (0.005)
Slope	0.036*** (0.003)	0.062*** (0.008)	0.067*** (0.005)	0.058*** (0.005)	0.058*** (0.005)	0.047*** (0.005)	0.034*** (0.004)	0.024*** (0.003)	0.014*** (0.003)	0.011*** (0.003)
Cons.	9.174*** (0.075)	8.567*** (0.099)	8.898*** (0.097)	8.875*** (0.095)	8.923*** (0.112)	9.062*** (0.112)	9.277*** (0.100)	9.490*** (0.095)	9.640*** (0.103)	9.558*** (0.115)
Adj. R ²	0.812									
Pesudo R ²		0.543	0.535	0.538	0.545	0.557	0.572	0.589	0.608	0.634
Slope equality test	χ^2 value [Pr > χ^2]=1310.955 [0.000]									
Symmetric quantiles test	χ^2 value [Pr > χ^2]=242.100 [0.000]									
Obs.	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680	5680

*p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01

Note: Standard deviations are shown in parentheses

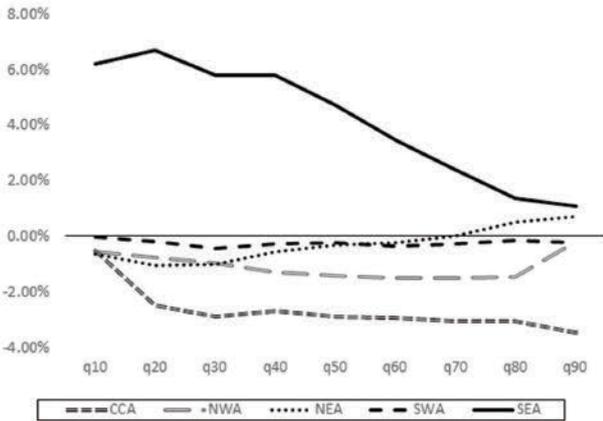


Figure 4. Partial effects of the slope by district at different quantile levels of housing price

Model II에서는 이러한 특징이 권역별로 저·중·고 분위에 따라서 경사도의 영향의 크기에 분명한 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

다음으로 해석의 용이성을 위해 저·중·고 분위로 구분하여 분위별 흐름을 살펴보고 이후에 이질적인 동남권(SEA)의 특징적인 면을 살펴본다.

첫 번째로 동남권(SEA)을 제외한 나머지 4개 권역의 경우 중분위 구간(median quantiles: q40~q60)일 때 조건부 평균을 기반한 OLS 추정결과와 비슷한 수준으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 경사도의 영향력이 권역별로 정도의 차이는 있지만, 동일한 권역 내(within)에서 평균적인 가격 범위의 아파트에 전역적으로 유사한 영향을 미치고 있음을 의미한다. 이러한 패턴은 본 연구를 포함하여 QR을 적용한 임재만(2010)·이성원·허식(2011)·김진희(2014) 등에서 추정된 결과처럼, 지하철역 접근성, 난방연료, 브랜드, 남향주택 등 주거환경을 구성하는 요인 중 대중성이 강한 요인에서 공통으로 나타나는 특징으로 요약될 수 있다. 이에 경사도는 중분위 범위에서 특정한 주거수요와 무관하게 시민의 생활 속에 깊숙이 관여하고 있음을 알 수 있다. 더불어 Model I 과 같이 공간범위를 서울 전체 대상으로 추정한 경우 경사도의 영향력의 크기가 분위별로 분명한 차이가 나타났지만, 권역을 구분한 Model II의 경우에는 권역별 지역 주택하부시장으로 구분되어 경사도의 효과가 유사하게 나타났다.

두 번째로 저분위 구간(low quantiles: q10~q30)의 경우 q10에서 경사도의 영향이 차상위 분위(q20)에 비해서 상당부분 약화되어 나타난다. 이 특징은 Model I 과 Model II의 모든 권역에서 동일하게 나타나고 있는 패턴으로, 심지어 정(+)의 영향이 강하게 나타나는 동남권(SEA)의 경우에도 q10의 경사도 영향력은 차상위 분위보다 다소 낮게 나타나고 있다. 앞서 <Table 2>와 <Table 3>에서 살펴본 바와 같이 q10의 경우 병원 및 지하철역과의 거리 등 주요 시설과의 접근성이 불리한 입지에 위치한 점과 물리적 특성인 아파트의 높은 노후도 그리고 낮은 가구당 주차장 비율 등을 복합적으로 고려할 때, q10 집단 내에 거주하는 가구의

경우에는 상대적으로 열악한 주거환경 속에 거주하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 주택가격결정요인의 추정계수를 상위 분위와 비교할 때 아파트 브랜드와 도로 접근성의 영향력이 매우 강하게 나타난 점은 q10의 해당하는 가구와 상위 분위의 가구 간에 선호하는 주거환경이 매우 이질적인 것을 알 수 있다.

만일 q10의 구간에 저소득층 가구가 거주할 확률이 크다고 가정할 경우, 이들의 제한된 소득으로 인하여 다수가 선호하는 지하철역 접근성과 같은 도시자원 이용의 배제와 쾌적한 주거환경 그리고 그에 따르는 삶의 질에 대한 개선을 기대할 수 없는 상황에 있다면, 경우에 따라서 주거환경을 통한 삶의 질 및 쾌적성 개선이 차선책(second best)으로 고려될 수 있다. 즉 경사도가 갖는 부정적인 영향의 중요성이 차상위 분위보다 감소되어 나타날 수 있음을 추정할 수 있다. 더욱이 서울과 같이 구릉지로 이루어진 도시일 경우에 경사도의 효과 중 하나인 접근성의 제한이 소득 수준과 그에 따르는 도시자원의 수요를 바탕으로 주택가격에 미치는 영향이 일정부분 제한되어 반영될 수 있음을 의미한다.

세 번째로 고분위(high quantiles: q70~q90)의 경우에는 q70~q80에서 중분위와 유사한 특징을 유지하는 모습을 보이지만 q90에서 갑작스럽게 경사도의 효과가 매우 다채롭게 변환되는 것을 확인할 수 있다. 경사도의 영향력 크기의 기준점을 0.00%로 설정할 때, q90에서의 권역별 효과는 강화(CCA, SWA)와 약화(NWA) 그리고 양(+)화(NEA)로 구분될 수 있다. 먼저 강화(reinforcement) 현상이 나타나는 도심권과 서남권은 최고가 아파트(q90)의 경우에 평지의 아파트와 구릉지의 아파트 간에 지형에 의한 가격 격차가 더욱 강하게 나타나고 있다. 경사도의 부정적 영향이 뚜렷하게 나타나는 도심권은 한양도성을 중심으로 북악산, 인왕산, 남산, 낙산이 도심을 둘러싼 분지의 형태이며, 서울의 역사문화중심지로서 서울시 조례를 통한 용적률의 제한과 같은 제도적인 측면에서 행정적 제한이 발생한다. 이와 함께 전통적으로 상업·업무기능이 강화된 도심권은 평지의 주거용지가 부족한 특징이 있다(서울특별시, 2008). 이러한 특징은 <Figure 4>에서 확인할 수 있듯이 도심권의 저분위·중분위 집단부터 q90까지 경사도의 영향이 지속적으로 강화되어 나타나고 있다. 이 결과는 Davies et al.(2008)와 Duncan(2011)처럼 경사도의 긍정적 가치가 특정 집단에 집중되기보다는 도심권역 안에서 정비되지 못한 구릉지역의 접근성의 제한과 개발가능성의 저하 등 행정 및 물리적 영향이 전역적으로 분포되어 나타나고 있는 것으로 파악된다(Saiz, 2010; Glaeser, 2011). 특히 건축양식부터 공급되는 편의시설 등이 일부 획일화된 아파트에서 이러한 특징이 나타난 점은 적어도 도심권역에서는 평지와 구릉지 간에 강한 대치적 상황에 있음을 알 수 있다.

반대로 서북권(NWA)에서는 경사도 효과가 약화(weakening)되어 나타났다. 여기에서 고민이 필요한 부분은 “왜, 특정 주택 하부시장에서만 경사도의 부정적인 효과가 감소 또는 긍정적 영

향으로 변화되어 나타났는가?”이다. 다양한 원인이 지목될 수 있겠지만, 동일한 권역의 $q_{10} \sim q_{80}$ 범위에서 도로를 이용한 차량 및 보행 접근성이 유사한 수준임을 가정할 때, 경사도의 부정적 영향은 고분위로 이동할수록 강화되는 특징으로 나타날 수 있다. 하지만 권역 내 특정 지역에서 정비사업으로 인하여 접근성의 제한이 비약적으로 개선될 때는 평지와 구릉지 간의 격차가 일정부분 해소가 가능한 것으로 추측된다(이성원·허식, 2011). 예를 들어 서북권의 경우 마포생활권과 은평뉴타운은 구릉지임에도 불구하고 2000년 중반부터 대규모로 신규 아파트가 공급되면서 해당지역의 고가 지역주택시장을 형성하고 기존의 기반시설이 지속적으로 개선되어왔다. 이에 따라서 비록 구릉지임에도 불구하고 차량 및 보행 접근성이 자연스럽게 개선되면서 경사도의 부정적 영향이 상당 수준 감소되어 인근 산·한강 조망과 같이 구릉지역의 긍정적인 효과와 상충되어 나타날 수 있는 것이다. 이러한 특징은 경사도의 부(-)의 영향이 정(+)의 영향으로 변환된 동북권의 경우와 연계되어 해석이 가능한데, 동북권 경사지의 고가 아파트일 경우 한강 수변 및 우수한 도심 접근성 등 주거환경의 잠재력이 서북권의 사례보다 더 크기 때문에 나타난 현상으로 평가될 수 있다.

마지막으로 동남권(SEA)의 경우 경사도의 영향이 전체 분위에 걸쳐서 정(+)의 효과로 나타남과 동시에 분위기를 거듭해가면서 급격하게 약화되는 패턴을 보여 나머지 4개 권역의 그것과 매우 이질적인 것으로 나타났다. 이러한 동남권의 이질적인 특징의 원인은 다음과 같이 추정될 수 있다.

첫째, Model II의 동남권(SEA)과 도심권(CCA)은 서울의 중추적인 도심지라는 공통점이 있음에도 불구하고 경사도의 영향이 상호 극단적인 차이를 보이고 있다. 물론 변수의 구성과 표본의 제한으로 본 연구에서만 한정되어 나타나는 특징으로 지적될 수도 있지만, 두 지역은 핵심 도심이라는 공통점 이외에도 발생 원인이 자생적 발생과 토지구획정리사업이라는 상호 극명한 차이를 가지고 있다. 이 차이는 다양한 가설을 축진시킬 수 있는데, 그중에서도 경사도의 부정적인 영향의 크기는 생활권 범위와 연계되어 접근할 수 있다. 예를 들어 신시가지의 경우 대규모 개발을 통하여 1990년대부터 위계가 낮은 분구개념이 사라지고 생활권 범위가 확장되고 있지만, 기성시가지인 도심권은 역사주거지에서 근린편의시설을 공유하는 생활권으로 그 범위가 약 100m로 일반적인 근린생활권보다 작은 규모인 인보구 단위로 축소되어 나타난다(박소현 외, 2006; 이종화·구자훈, 2009). 즉, 지형이 보행에 미치는 영향에 관한 다양한 연구에서 주장된 바와 같이 생활권의 규모가 보행권역 내로 한정되는 점과 경사도는 보행에 부정적인 영향을 미치는 점을 동시에 고려할 때, 경사도는 지역의 생활권 규모의 축소로 연계될 수 있으며, 생활권의 축소는 다양한 집적시설의 입지를 제한하기 때문에 주택가격에 긍정적이지 못한 영향으로 나타날 수 있다(안영수 외, 2012). 반대로 동남권의

경우와 같이 개발 및 정비사업을 통한 기반시설의 개선은 경사도의 부정적 영향의 감소로 보행에 기반한 생활권이 확대되고, 다양한 집적시설에 대한 접근성의 개선은 자연스럽게 경사도가 주택가격에 미치는 부정적인 영향을 감소시킬 수 있음을 추정할 수 있다.

둘째, 도시개발과정에서 원인을 찾을 수 있다. 과거 강남지역 신시가지 개발의 경우에도 지형적 요인이 영향을 미치게 되었다. 시기별로 보면 1980년대까지 표고 60m 이하·경사도 20도 이하의 평탄하고 개발이 용이한 지역이 먼저 개발되었으며, 이보다 급한 경사지나 표고 60m 이상의 개발 잠재력이 낮은 지역은 개발이 지연되면서 두 지역 사이에 토지이용이 성숙되는 시기가 상이하게 나타나게 되었다(권일·강병기, 1995; 1996). 이에 기존 아파트 집단은 낮은 경사도의 넓고 평탄한 구릉지 위에 자리 잡게 되었으며, 개발 잠재력이 낮은 표고 60m 이상의 지역에는 신규 아파트 집단이 위치하게 된 것이다. 이러한 개발과정은 높은 구릉지의 신규 아파트 집단이 자연스럽게 기존의 평탄한 구릉지 위의 우수한 기반시설을 공유할 수 있게 하였고, 동시에 주요 상업 시설과 주거시설 간의 공간 분리를 가능하게 하여 경사지에 쾌적한 주거환경이 조성된 것으로 추정된다. 설령 신규 아파트가 경사도의 부정적인 영향권에 포함되더라도 Duncan(2011)·이성원·허식(2011)·이경환 외(2014)·이훈(2018) 등에서 지적된 바와 같이 비교적 높은 소득수준으로 인하여 자가용 이동에 관한 확률이 높을 수 있음을 고려할 때, 경사도의 부정적인 영향의 감소가 강화될 수 있다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 이훈(2018)에서 제기된 주택하부시장별로 나타나는 경사도의 양면적(two-sided) 특성을 살펴보기 위하여 조건부 분위별 분석이 가능한 분위수 회귀(QR)를 채택하여 지역별 주택가격수준에 따른 주택하부시장에서 경사도 영향의 변화를 파악하고, 기존에 관찰되지 못한 시사점을 발굴하기 위해서 시도되었다.

QR 적용의 타당성 확보와 경사도 영향의 주택가격수준에 따른 차이를 검정하기 위해서 자료에 대한 White's test, Jaque-Bera, Robust 회귀분석 및 BACON Outliers 검정과 추정된 결과에 대한 slope equality test 및 symmetric quantiles test 그리고 개별변수의 분위별 Wald 검정을 실시하였으며, 검정결과 경사도의 영향은 통계적으로 지역별 주택가격수준에 따라서 이질적인 특징이 있음을 확인하였다.

분석모델의 구성은 공간단위변화에 따른 경사도의 영향을 추정하기 위해서 서울전체모형(Model I)과 5대 권역모형(Model II)으로 구분하여 접근하였다.

본 연구의 주요 시사점은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 도시 내 경사도의 영향은 주택가격에 전역적으로 발생함

과 동시에 주택가격수준에 따라서 이질적인 특징을 갖는 것을 확인하였다. 본 연구에서 추정된 결과는 경사도 효과가 특정한 집단에서만 나타나는 현상이 아닌 서울 전역에 발생하고 있으며, 동시에 가격수준별로 이루어진 다양한 주택하부시장에서 이질적으로 발현되고 있다는 본 연구의 가설을 뒷받침한다. 더불어 경사도의 영향은 전 분위에 걸쳐 도시민의 삶에 깊숙이 관여될 수 있는 점과 경사도의 긍정적 또는 부정적 효과는 가구의 특성 및 대상 그리고 지역에 따라서 이질적으로 파편화되어 나타날 수 있음을 의미한다.

둘째, 경사도의 부정적인 영향은 저 분위 구간에서 뚜렷하게 나타나고 있는 점이다. 이는 단일 도시 내에서 주택가격의 수준이 가구의 소득수준과 비례한 것으로 가정할 때, 경사도가 높은 주택에 거주하는 저소득 가구에게 경사도는 강한 부정적 효과로 나타날 수 있음을 의미한다.²⁰⁾ 저 분위 구간에서 나타나는 경사도의 강한 부정적 성향은 도시의 지속가능성과 연계하여 중요한 시사점이 될 수 있다. 생애주기에 따른 소득수준을 고려할 때 저렴한 주택에 대한 수요(needs)는 미취학 아동이 있는 청년·신혼부부 및 고령가구 등 주요 교통약자와 저소득 계층에서 유효하게 나타날 수 있다(정희수·권혁일, 2004). 이미 언급된 바와 같이 접근성의 제약은 삶의 질 수준과 연계될 수 있으며, 자연적으로 발생한 경사도는 쉽게 개선될 수 없다. 만일 특정 가구가 경제적인 이유로 경사도의 부정적 영향이 낮은 다른 지역으로 주거의 이동이 제한될 경우, 그 가구는 해당 지역에 머무를 수밖에 없으며, 결국 거주기간 동안 경사도의 부정적인 영향이 누적되어 가구 구성원의 생활방식에 녹아들 수 있다(정승진·양동양, 1986; 강현미·박소현, 2009). 여기에서 우리가 잊지 말아야 할 점은 서울은 구릉지로 이루어진 도시라는 점과 이러한 현상은 특정 개인이 아닌 서울 전역에 분포된 특정 계층에게 집단화되어 발생할 수 있다는 점이다. 이처럼 경사도의 부정적인 영향이 저분위 구간에서 뚜렷하게 나타난 점은 경사도에 의한 접근성 제한을 바탕으로 저소득층의 삶의 질에 악영향을 미칠 수 있으며, 이들의 주거환경을 고려할 때 접근성으로 인한 공간적 불균형 현상이 강화될 수 있음을 예측할 수 있다. 상기된 논점으로 미루어 볼 때 서울시에서 청년·신혼부부를 대상으로 집중적으로 공급하는 역세권 중심의 공공 임대주택 정책은 도시의 지리적 불균등 발전의 필연성을 감화시킬 수 있는 적절한 정책으로 평가될 수 있다. 다만, 쉽게 극복할 수 없는 도시의 지형적 특성을 고려할 경우, 역세권 공공임대주택 정책을 왕성한 활동성을 보이는 젊은 층에만 집중하기보다는 거동이 어려운 노인을 포함한 지형적 경계 밖에 거주하는 사회적 배려계층에게도 역세권 주택 정책대상을 보다 확대 적용하여 소득으로 인한 삶의 질의 격차를 조금이나마 해소할 수 있도록 개선될 필요가 있다.

셋째, 경사도의 긍정적인 영향은 특정 지역의 고가 아파트 집단에서 발생한다는 점이다. 이러한 특징은 개발로 인한 기반시설

의 개선된 규모의 차이로 해석될 수 있다. 대규모 개발이 이루어진 지역의 경우 주택 및 근린시설에 대한 보행 및 차량 접근성이 개선되면서 경사도의 부정적 요인의 영향이 감소되고, 긍정적 요인인 쾌적성이 더욱 강화될 수 있다. 하지만 개별 아파트 단지 규모로 시행된 재개발·정비사업의 경우에는 건축·토목공학으로 아파트 단지 내 이동성과 쾌적성은 개선될 수 있을지 모르지만, 외부환경과의 접근성은 폐쇄적으로 나타나 경사도의 부정적인 영향은 잔존될 수 있다(박소현 외 2008; 강현미·박소현, 2009; 김형진 외, 2009). 즉, 대규모 개발을 통한 기반시설 및 획지의 확장은 지역 전체의 지형적 형질(topographical features of areas)을 변화시킬 수 있으며, 지역 단위로 광범위하게 경사도의 부정적 영향을 긍정적 영향으로 변환시킬 수 있음을 추정할 수 있다. 따라서 경사도가 갖는 부정적 효과인 접근성 제한을 상쇄하기 위해서는 넓은 도로와 평평한 보행로 그리고 다양한 집적시설이 입지 가능한 획지의 확장이 유효한 방안으로 검토될 수 있을 것이다. 다만 개발로 인한 경사도의 부정적 영향이 감소할 수 있다는 가설이 지지될 때, 기반시설의 개선이 갖는 부정적인 영향도 함께 경계할 필요성이 있다. 자생적으로 형성된 구릉지 위 저층 주거지의 골목길은 도시의 모세혈관의 역할을 하며, 도시 구성원을 연결하고 사회적 자본을 유지하는 데 중요한 역할을 하고 있기 때문이다(정재용, 2011). 다시 말해 대규모 개발로 지어진 대단지 아파트는 도시의 사회 공간적 계층화를 고착화하여 도시 형태의 견고성을 약화하는 부정적인 영향이 지적될 수 있다(Gelézeau, 2007). 이처럼 도시는 공간별로 이질성이 강하고 쉽게 변화될 수 없는 지형을 바탕으로 구성된 하나의 생태계이므로, 개발 또는 재생 그리고 존치와 같이 단일 목적의 솔루션으로 문제를 해결할 수 없는 복잡성을 갖는다. 따라서 도시의 지속가능성을 재고하기 위해서 주택정책을 도입하기 전에 선행적으로 지형에 대한 계층별 주거만족도나 지역의 주택소요를 파악한 후에 개선 가능한 정책을 전개하는 방안이 요구된다.

본 연구에서는 다양한 접근방법을 통하여 지형적 특성을 반영하기 위해서 엄밀한 연구를 시도하였으나 다음과 같은 한계점을 갖는다. 먼저 공간단위 수정가능성 문제(Modifiable Areal Unit Problem, MAUP)가 지적될 수 있다(Openshaw and Taylor, 1981). 공간을 다루는 연구는 선택된 공간의 규모(scale)와 구획(dividing)을 어떻게 정의하느냐에 따라서 다양한 결과로 나타날 수 있음을 의미한다(김감영, 2011). 이러한 문제는 주택시장권역과 주택하부시장을 구분하는 방법으로 구체화될 수 있는데, 인트라맥스(intramax)알고리즘을 활용하여 주택시장권역 구분에 관한 연구를 시도한 박천규 외(2014)에 따르면 서울의 기능측면의 부동산하부시장은 8개로 구분되어 나타났으며, 구분된 주택시장의 경계는 산지나 간선도로 등에 의해 지형적으로 구분되어 있음을 주장하였다. 이와 함께 「2030 서울생활권계획」의 경우에도 도시 내 지역의 지형적 특성이 반영되어 116개 지역생활권으로 분

류되었다. 박천규 외(2014) 및 서울생활권계획을 본 연구와 연계할 경우에 지역시장권역과 주택하부시장의 구분과 깊은 관련성이 있을 수 있다. 또한 본 연구는 서울에 국한된 실증분석을 시행하였기 때문에 공간 범위가 서울이 아닌 타 도시로 확장될 경우, 경사도의 영향이 도시별로 상이하게 발생할 가능성이 농후하다. 따라서 향후 연구에서는 도시 공간의 확장과 함께 주택하부시장을 보다 낮은 수준으로 구분하고 개별 공간 단위에서 발생하는 경사도의 영향을 심층적으로 살펴볼 필요성이 있다. 이외에도 본 연구에서는 서울시 1,690개 단지의 평형별 아파트 가격을 기준으로 주택하부시장을 구분하는 방안을 채택함으로써 지역별 표본 구성비를 세밀하게 분류하지 못한 점과 지역별 특성을 통계하기 위해서 공간을 5대 권역으로 구분하였으나 공간 객체 간의 의존성과 상호작용인 공간자기상관성을 더욱 엄밀하게 고려하지 못한 점이 본 연구의 한계점으로 지적될 수 있다.

- 주1. 「표준지공시지가 조사·평가 업무요령」에 따르면 부동산 감정평가 시에 간선도로 또는 주위의 지형·지세를 기준으로 「저지, 평지, 완경사, 급경사, 고지」로 구분하여 토지특성을 평가함.
- 주2. 이외에도 토지가 아닌 공동주택을 대상으로 한 분위수회귀가 적용된 연구는 임재만(2010), 김진희(2014) 등의 연구가 진행되었지만 아파트와 관련하여 분위수회귀분석으로 지형의 특성을 반영한 연구는 발견되지 않았음.
- 주3. 비록 공시지가의 지형지세는 전문가의 평가로 이루어지지만, 평가자의 주관적 목적에 의한 것으로 객관성을 담보하기 어렵다는 평가를 받고 있음(김기평, 2009; 이화순·고준환, 2013).
- 주4. 헤도닉 가격 모형은 선형함수와 비선형함수 형태인 semi-log, Box-Cox 함수 등으로 추정하는 방법이 있으나, 분석형태는 연구자 자의적으로 선택되는 경향이 있음.
- 주5. 부트스트랩 적정 반복 횟수에 관하여 50~500회 범주에서 다양한 의견이 있으나, 대부분의 연구에서는 50~200회가 일반적으로 표준오차 추정에 적합한 것으로 알려져 있음(Mooney et al., 1993). 따라서 본 연구의 표준오차 추정은 부트스트랩에 관한 선행연구를 참고하여 실용적 범주에 속하는 100회 반복을 실시함(Pattengale et al., 2000; Cameron and Trivedi, 2010; 이상원·하식, 2011; 권오식·김도한, 2014).
- 주6. 상호작용항의 독립변수에 대한 평균집중화에 다중공선성 해결에 대한 학자들의 의견은 양분되어 논란이 있음(Aiken and West, 1991; Hayes, 2015; Iacobucci et al., 2016).
- 주7. 2015년 자료를 활용한 이유는 이훈(2018)의 연구결과와 비교 가능한 연계성 및 기존 연구의 확장성 그리고 자료구축에 소요되는 시간 및 비용을 단축하기 위함. 더불어 한국부동산원 제공 서울지역 공동주택 실거래가 2015년 1월과 12월 지수의 격차는 5.1로 급격한 가격상승이 이루어지지 않은 점도 함께 고려함(참고: 연도별 1월/12월 지수격차 '16(5.4), '17(7.2), '18(11.7), '19(10.0), '20(22.0) (2017년 11월=100 기준)).
- 주8. '서울시 교통수단별 통행현황'에 따르면 지하철·철도 부담률은 1996년 29.4%이었으며, 이후 2014년까지 39%까지 상승함. 이외의 버스, 택시 승용차는 1996년 대비 각각 7.3%p, 3.6%p, 1.8%p 감소됨. 더불어 2016년에 발표된 서울서베이에 따르면 주거지 선택 시 우선적으로 고려되는 사항은 교통여건(37.5%)이었으며, '2015 서울유통인구조사'에 따르면 보행량의 상위 10위는 모두 지하철역으로 나타남.
- 주9. 다만 아파트의 특성상 개별주택이 단일 구조로 클러스터를 이루어 하나

- 의 단지에 위치하기 때문에 개별 실거래가 자료를 그대로 적용하기에는 통계적인 문제 발생됨. 본 연구에서는 51,475호의 개별 아파트를 사용하지만 1,690개 아파트 단지로 이루어져 있으므로 클러스터링 존재 가능성 있어, 이러한 문제는 OLS회귀분석에 필요한 독립 관측치 가정을 위반하게 되어 편향된 추정결과로 나타날 가능성이 발생함(Duncan, 2011). 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제를 최소화하고자 단지 내의 개별 아파트 면적을 유형별로 분류하고, 이를 바탕으로 해당 평형의 평균가격을 산출하여 독립된 평형별 아파트 특성을 반영함(이훈, 2018). 국토교통부의 실거래가 자료는 전용면적을 소수점 둘째 자리까지 제공하므로 소수점까지 동일 평형인 경우 동일한 평형의 아파트로 분류하였음.
- 주10. 경사도는 감정평가분야, 건축·토목 분야 그리고 보행분야 등에서 지형·지세를 상태를 정의하기 위해서 사용되지만 분야별로 경사도의 의미와 목적이 상이하게 나타남. 감정평가의 경우 지형·지세를 의미하는데 이는 토지의 기울기 및 고저를 평가자의 관점으로 기록되며, 건축·토목의 경우에는 비교적 명확한 기준으로 측정된 토지의 기울기로 공사의 난이도를 정함. 다만 보행의 경우 수평이동에 변화하는 높이 변화의 비율로 이동 간 발생할 수 있는 보행 접근성의 제한성을 의미함.
- 주11. 예를 들어 분위수 0.5의 아파트 가격은 43,461만 원이고, 이 분위수 95% 신뢰구간은 44,000만 원에서 42,929만 원 사이의 가격 범위를 포함하며, 이 아파트 가격 범위에 있는 아파트의 평균 전용면적은 81.79m², 단지규모는 503.18세대, 지하철역까지의 평균 거리는 428.83m를 의미함.
- 주12. 이훈(2018)은 OLS의 통계적 오류를 최소화하고자 스튜던트 잔차, 표준화 잔차, Cook's d를 활용하여 원데이터(raw data)의 특이치를 최대한 억제함.
- 주13. 추정결과와 해석은 주요 변수인 경사도, 세대당 주차대수, 경과년수 그리고 더미를 제외한 모든 독립변수에 자연로그를 취하였기 때문에 double-log 함수일 경우 독립변수가 1% 변화할 때 아파트 가격의 변화율을 의미한다. 경사도(slope)의 경우에는 평지를 의미하는 '0'값과 경사도 자체가 백분율(percentage, %)을 의미하기 때문에 자연로그를 취하지 않았으며, 해석은 double-log 함수와 동일한 접근이 가능함(Gujarati and Porter, 2009).
- 주14. 여기에서 분위수회귀분석의 모형설명력은 Pseudo R²로 나타냈는데, 이는 독립변수로 상수(intercept)만을 포함한 제한된 모델(restricted model)을 추정한 계수 값으로 전체 독립변수가 포함되는 전체 모델(unrestricted model)을 나누어 그 감소비율로 추정된 값임(김진희, 2014).
- 주15. 회귀계수의 동일성 검정(slope equality test)과 대칭성 검정 (symmetric quantiles test) 모두 분위의 수를 10개를 기준으로 실시하였으며, 동일성 검정의 귀무가설은 분위수별 추정계수가 같다는 것을 의미하며, 대칭성 검정은 모두 귀무가설을 1% 유의수준에서 기각되는 것으로 나타남.
- 주16. 다항회귀모형(polynomial regression model)의 경우 비선형 함수로써 선형회귀분석의 중요 가정한 독립변수 간의 다중공선성 문제에 위배되지 않음(Gujarati and Porter, 2009).
- 주17. 다만, 지역별 경사도 추정을 위해서 추가된 평균집중화를 하지 않았음에도 불구하고 경사도의 VIF값이 9.21으로 나타남. 상호작용항의 독립변수에 대한 평균집중화에 다중공선성 해결에 대한 학자들의 의견은 양분되어 논란되어 나타남(Aiken and West, 1991; Hayes, 2015; Iacobucci et al., 2016). 하지만 Hayes(2015)에 따르면 상호작용효과를 검정하는 경우에 다중공선성은 전혀 문제가 되지 않음을 강력하게 주장하였음. 더불어 본 연구에서 상호작용항으로 발생하는 분산팽창계수(VF)의 수준은 일반적인 연구에서 허용하는 범위 내(VF<10)에 위치하므로, 상호작용항을 적용하면서 발생하는 다중공선성의 문제는 본 연구 범위 내에서 논외로 함.
- 주18. 도로접근성(road)변수에서 Model I 과 Model II의 유일한 차이점이 발견되는데 Model I에서는 q60 유의수준 1%에서 부(-)의 영향으로 나타났지만, Model II에서는 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로

나타남.

- 주19. Model II 에서 추정된 상호작용항 계수를 해석하는 데 주의가 요구됨. 먼저 주요 관심 변수인 경사도는 참조권역인 동남권(SEA)의 경사도의 주 효과가 되어 경사도가 한 단위 증가할 때 변화하는 가격 변화율을 의미함. 그리고 권역별 상호작용항의 경우에는 통계적으로 유의하면 경사도의 효과가 권역에 따라서 달라진다는 것을 의미하며, 추정된 개별 권역 상호작용 계수는 동남권(SEA) 경사도 추정계수와외의 거리로써 부분 효과(partial effect)로 해석(Aiken and West, 1991; Saha and Su, 2012). 더불어 권역별 더미는 해당권역의 주 효과로 평지(0%)일 경우 동남권과의 차이 여부를 의미하기 때문에 권역별 더미의 유의성은 권역별로 나타나는 경사도의 효과 판단에 영향을 미치지 않음(Kaufman, 2018).
- 주20. 소득과 주택자산의 관계가 반드시 비례한 것은 아님. 노영훈·김현숙(2005)의 분위별 분석에 따르면 추정소득 1분위에 해당하는 가구 중 약 10%가 주택자산가격 5분위에 포함되어 있었으며, 반대로 추정소득 5분 위 중 약 14%가 주택자산가격 1분위에 해당하는 것으로 나타남.

인용문헌
References

1. 강현미·박소현, 2009. “구릉지 아파트단지의 보행환경 특성에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집』, 25(6): 187-196.
Kang, H.M. and Park S.H., 2009. “Characteristics of Walking Environment in Apartment Complexes on Hilly Sites - Focusing on the Mobility of Residents on Wheels”, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 25(6): 187-196.
2. 국토교통부, 2016. 『2016 국토의 계획 및 이용에 관한 연차보고서』, 세종.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016. *2016 National Land Planning and Utilization Annual Report*, Sejong.
3. 권오식·김도한, 2014. “금융시스템 구조변화와 경제발전의 관계 및 시사점”, 『BOK 이슈리뷰』, 2014(5).
Kwon, O.S. and Kim, D.H., 2014. “Relationship and Implications of Structural Changes in The Financial System and Economic Development”, *BOK Issue Review*, 2014(5).
4. 권일·강병기, 1995. “신시가지 토지이용변화의 발생순서에 관한 실증적 연구(I)”, 『국토계획』, 30(4): 93-109.
Kwon, I. and Kang, B.K., 1995. “The Development Sequence of a newly Developed Urban Area, in the Case of Kangnam, in Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 30(4): 93-109.
5. 권일·강병기, 1996. “신시가지 토지이용변화의 발생순서에 관한 실증적 연구(II)”, 『국토계획』, 31(2): 47-59.
Kwon, I. and Kang, B.K., 1995. “The Conditional Factors of a Parcel Affect the Parcel Development Timing in a Newly Developed Urban Area, in the case of Kangnam, Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 31(2): 47-59.
6. 김강영, 2011. “공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정가능성 문제(MAUP)의 영향”, 『대한지리학회지』, 46(2): 197-211.
Kim, K.Y., 2011. “Effects of the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) on a Spatial Interaction Model”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 46(2), 197-211.
7. 김광영·안정근, 2010. “서울시 1,000세대 이상 대규모 아파트

단지의 아파트가격 결정요인에 관한 연구”, 『한국주거학회논문집』, 21(6): 81-90.
Kim, K.Y. and Ahn, J.K., 2010. “Determinant Factors for the Apartment Unit Prices of Large Scale Apartment Complexes over 1,000 Households in Seoul Metropolitan Area”, *Journal of The Korean Housing Association*, 21(6): 81-90.

8. 김기평, 2009. “공시지가산정에서의 토지특성조사에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
Kim, K.P., 2009. “Study on the Specialization of Land Quality in Korean Official Land Pricing System”, Master’s Dissertation, University of Seoul.
9. 김소연·김영호, 2013. “주거지 인문환경의 공간 속성을 고려한 주택 가격 결정 모형: 서울시 아파트를 대상으로”, 『한국지도학회지』, 13(3): 41-56.
Kim, S.Y. and Kim, Y.H., 2013. “A Study on the House Price Determinants Model Considering Spatial Attributes of Residential Environment: The Case of Apartment in Seoul”, *Journal of the Korean Cartographic Association*, 13(3): 41-56.
10. 김순용·박현수, 2015. “소득 및 가격 탄력성을 이용한 지역 및 소득계층별 주택수요에 관한 연구”, 『서울도시연구』, 16(2): 71-86.
Kim, S.Y. and Park, H.S., 2015. “Analysis of Elasticity of Housing Demand by Regional and Income Level in Korea”, *Seoul Studies*, 16(2): 71-86.
11. 김중수, 1984. “주택보급현황과 당면과제: 주택수급결정요인을 중심으로”, 『정책연구시리즈』, 84-03.
Kim, J.S., 1984. “Housing Supply Status and Challenges: Focusing on Housing Supply and Demand Determinant”, *Policy Research Series*, 84-03.
12. 김진희, 2014. “우리나라 아파트 특성이 가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 경기대학교 대학원 박사학위논문.
Kim, J.H., 2014. “Characteristics of Apartments Affecting The Price: Comparitive Analyses of Hedonic and Quantile Regression Model”, Ph.D. Dissertation, Kyonggi University.
13. 김태윤·이창무·조주현·박한, 2007. “경관 특성 차이가 아파트 가격에 미치는 영향-주택실거래가를 사용하여”, 『부동산학연구』, 13(3): 169-186.
Kim, T.Y., Lee, C.M., Cho, J.H., and Park, H., 2007. “Differential Values of Categorical Landscape in Apartment Price”, *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, 13(3): 169-186.
14. 김형돈, 2001. “개별주택의 쾌적성이 아파트 가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집』, 10: 168-169.
Kim, H.D., 2001. “A Study on the Effect of the Comfort of Individual Housing on Apartment Prices”, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 10: 168-169.
15. 김형진·김영석·김상진·박찬규, 2009. “경사지 아파트의 계획 특성에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집』, 11(1): 27-36.
Kim, H.J., Kim, Y.S., Kim, S.J., and Park, C.G., 2009. “A Study on the Design Characteristics of the Hillside Apartment”, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 11(1): 27-36.
16. 김희재·전명진, 2013. “어메니티 요소가 수도권 아파트 전세가격에 미치는 효과 분석에 관한 연구”, 『부동산학보』, 53: 114-128.

- Kim, H.J. and Jun, M.J., 2013. "An Analysis on Effect of Amenity on the Apartment Rents in the Seoul Metropolitan Region", *Korea Real Estate Academy Review*, 53: 114-128.
17. 김희호·박세운, 2013. "서울 주택가격의 결정요인: 분위수 회귀분석" *주택연구*, 21(2): 141-168.
- Kim, H.H. and Park, S.U., 2013. "Determinants of House Prices in Seoul: Quantile Regression Approach", *Housing Studies*, 21(2): 141-168.
18. 노영훈·김현숙, 2005. 「소득과 주택자산 소유분포에 관한 연구」, 세종: 한국조세재정연구원.
- Noh, Y.H. and Kim, H.S., 2005. *A Study on the Distribution of Income and Housing Asset Ownership*, Sejong: Korea Institute of Public Finance.
19. 노용호·박정화·백일현, 2011. 「감정평가론」, 서울: 부연사.
- Roh, Y.H., Park, J.H., and Back, I.H., *Appraisal Theory*, Seoul: Buyeonsa.
20. 박소현·최이명·서한림, 2008. "주거지 물리적 보행환경의 특성 차이에 관한 연구", *대한건축학회논문집*, 24(2): 215-226.
- Park, S.H., Choi, Y.M., and Seo, H.L., 2008. "Characteristic Differences of Pedestrian Environments in Residential Neighborhoods", *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 24(2): 215-226.
21. 박운선·임병준, 2010. "헤도닉 가격모형을 활용한 아파트 가격 결정요인 분석", *대한부동산학회지*, 28(2): 245-271.
- Park, W.S. and Rhim, B.J., 2010. "A Study on the Factors Affecting Apartment Price by Using Hedonic Price Model", *Journal of the Korea Real Estate Society*, 28(2): 245-271.
22. 박원석, 2014. "대구, 경북 가구의 가구특성별 주거입지 선호요인 분석" *한국경제지리학회지*, 17(4): 702-717.
- Park, W.S., 2014. "Analysis of Residential Location Preference Factors by Characteristics of Households in the Case of Daegu-Gyeongbuk Households", *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 17(4): 702-717.
23. 박천규·김태환·전성애·김영미·전성제, 2014. "주택시장의 미시적 동태분석을 위한 기반구축: 주택시장권역 구분과 활용방안", *국토정책 Brief*, 1-8.
- Park, C.G., Kim, T.H., Jeon, S.A., Kim, Y.M., and Jeon, S.J., 2014. "Building the Foundation for Micro-Motor Analysis of the Housing Market", *KRIHS Policy Brief*, 1-8.
24. 변미리·신상영·조권중·박민진, 2008. 「서울의 1인가구 증가와 도시정책 수요연구」, 서울: 서울연구원.
- Byun, M.R., Sin, S.Y., Cho, K.J., and Park, M.J., 2008. *Single Person Household and Urban Policy in Seoul*, Seoul: Seoul Institute.
25. 서울특별시, 2008. 「구릉지에 적합한 재개발 정비모델」, 서울: Seoul Metropolitan Government, 2008. *Redevelopment Maintenance Model Suitable for Hilly Areas*, Seoul.
26. 성현곤, 2012. "주거입지선택에서의 대중교통 접근성과 직주균형의 구조적 관계가 가구수준의 통행행태에 미치는 영향", *국토계획*, 47(4): 265-282.
- Sung, H.G., 2012. "Impacts of the Structural Relationship for Transit Accessibility and Jobs-Housing Balance in Residential Location Choice on Travel Behavior at the Household Level", *Journal of Korea Planning Association*, 47(4): 265-282.
27. 안영수·장성만·이승일, 2012. "GIS 네트워크분석을 활용한 도시철도역 주변지역 상업시설 입지분포패턴 추정 연구", *국토계획*, 47(1): 199-213.
- An, Y.S., Jang, S.M., and Lee, S.I., 2012. "A Study on the Distribution Pattern of Commercial Facilities around a Subway Station Using GIS Network Analysis", *Journal of Korea Planning Association*, 47(1): 199-213.
28. 안유정·이만형, 2008. "지형적 요인이 노후단독주택지의 지가에 미치는 영향분석: 청주사례", *대한건축학회 논문집*, 24(6): 265-272.
- Ahn, Y.J. and Lee, M.H., 2008. "The Impact of Topographical Factors on Land Price of Dilapidated Residential Complex: The Case of Cheong-ju", *Journal of The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 24(6): 265-272.
29. 안혜진·이성호, 2002. "부산시 도심일대의 지가형성요인분석에 관한 연구", *도시연구보*, 12: 1-11.
- Ahn, H.J. and Lee, S.H., "A Study on the Factors Affecting Land Prices in the Central Area of Pusan", *Urban Research Institute*, 12: 1-11.
30. 양승철, 2014. "분위회귀분석을 적용한 단독주택의 가격형성요인에 관한 연구: 서울시 소재 단독주택을 대상으로", *대한지리학회지*, 49(5): 690-704.
- Yang, S.C., 2014. "A Study on the Single-Family House Price Determinants Analyzed by Quantile Regression: In Case of Locating Single Family Houses in Seoul", *Journal of the Korean Geographical Society*, 49(5): 690-704.
31. 오성훈·남궁지희, 2011. 「보행도시: 좋은 보행환경을 위한 12가지 조건」, 안양: 건축도시공간연구소.
- Oe, S.H. and Namgung, J.H., 2011. *Pedestrian City: 12 Guidelines for Better Pedestrian Environment*, Anyang: Architecture & Urban Research Institute.
32. 유상규, 2016. "아파트가격에 미치는 거시경제변수에 관한 연구", 대구대학교 대학원 박사학위논문.
- Yoo, S.K., 2016. "A Study on Macroeconomic Variables Affecting the Price of Apartments", Ph.D. Dissertation, Daegu University.
33. 윤나영·최창규, 2013. "서울시 상업가로 보행량과 보행 환경요인의 관련성 실증 분석", *국토계획*, 48(4): 135-150.
- Yun, N.Y. and Choi, C.G., 2013. "Relationship between Pedestrian Volume and Pedestrian Environmental Factors on the Commercial Streets in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 48(4): 135-150.
34. 윤용석, 2013. "도로 경사도에 의한 역세권 주거지의 상업화 특성 분석-서울시 5개 사례를 중심으로", *대한건축학회연합논문집*, 15(5): 137-146.
- Yun, Y.S., 2013. "The Commercialization Characteristics of Low Rise Residential Districts in Inner-city Railway Station Area by the Road Gradient-Focused on 5 Cases in Seoul", *Journal of The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 15(5): 137-146.
35. 윤정중·유완, 2001. "도시경관의 조망특성이 주택가격에 미치는 영향" *국토계획*, 36(7): 67-83.

- Yoon, J.J. and Yu, W., 2001. "The Influence of Landscape Outlook Characteristics", *Journal of Korea Planning Association*, 36(7): 67-83.
36. 윤현준, 2015. 「도시는 무엇으로 사는가」, 서울: 을유문화사.
Yoon, H.J., 2015. *What Does a City Live on*, Seoul: Eulyu Cultural History.
37. 이경환·김태환·이우민·김은정, 2014. "가구통행실태조사 자료를 이용한 근린환경과 보행통행의 상관관계 연구", 「서울도시연구」, 15(3): 95-109.
Lee, K.H., Kim, T.H., Lee, W.M., and Kim, E.J., 2014. "A Study on Effects of Neighborhood's Environments on Residents' Walking Trips Using Household Travel Diary Survey Data in Seoul", *Seoul Studies*, 15(3): 95-109.
38. 이경환·안건혁, 2007. "커뮤니티의 물리적 환경이 지역 주민의 보행 시간에 미치는 영향", 「국토계획」, 42(6): 105-118.
Lee, K.H. and Ahn, K.H., 2007. "The Correlation between Neighborhood Characteristics and Walking of Residents", *Journal of Korea Planning Association*, 42(6): 105-118.
39. 이상경·신우진, 2001. "재건축 가능성이 아파트 가격에 미치는 영향", 「국토계획」, 36(5): 101-110.
Lee, S.K. and Shin, W.J., 2001. "The Effect of Reconstruction Probability on Apartment Price", *Journal of Korea Planning Association*, 36(5): 101-110.
40. 이석환·황기원, 1997. "장소와 장소성의 다의적 개념에 관한 연구", 「국토계획」, 32(5): 169-184.
Lee, S.H. and Hwang, K.W., 1997. "The Ambiguous Concepts of Place and Placeness", *Journal of Korea Planning Association*, 32(5): 169-184.
41. 이성원·허식, 2011. "서울시 주거용지 가격의 분위회귀분석", 「산업경제연구」, 24(2): 591-612.
Lee, S.W. and Heo, S., 2011. "Quantile Regression Analysis on the Residential Land Values in Seoul", *Journal of Industrial Economics and Business*, 24(2): 591-612.
42. 이용만, 2008. "연구노트: 헤도닉 가격 모형에 대한 소고", 「부동산학연구」, 14(1): 81-87.
Lee, Y.M., 2008. "A Review of the Hedonic Price Model", *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, 14(1): 81-87.
43. 이재수·양재섭, 2013. "서울의 1인 가구 특성과 거주 밀집지역 분석을 통한 주택정책 방향 연구", 「국토계획」, 48(3): 181-193.
Lee, J.S. and Yang, J.S., 2013. "A Study of the Characteristics and Residential Patterns of Single-person Households and Their Policy Implications in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 48(3): 181-193.
44. 이종화·구자훈, 2009. "생활권 개념의 변화에 따른 주거지 계획의 시기별 특성 변화: 국내 신도시 및 신시가지 계획을 중심으로", 「한국주거학회논문집」, 20(4): 79-88.
Lee, J.H. and Koo, J.H., 2009. "An Analysis of the Characteristics of the Transition Trend of the Multi-family Housing Theory by Planning Community Units: Focused on the New Town Planning in Korea", *Journal of the Korean Housing Association*, 20(4): 79-88.
45. 이혜승·이희연, 2009. "서울시 대중교통체계 개편 이후 통근 교통수단 선택의 차별적 변화", 「대한지리학회지」, 44(3): 323-338.
Lee, H.S. and Lee, H.Y., 2009. "Differential Changes in Commuter's Mode Choice after the Intergrated Public Transit System in Seoul Metropolitan City", *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(3): 323-338.
46. 이화순·고준환, 2013. "개별공시지가 산정을 위한 토지고저결정 실태 및 개선방안", 「한국지적학회지」, 29: 53-62.
Lee, H.S. and Koh, J.H., 2013. "A Study on the Improvement Measures and Actual Situation of Determination of Parcel's Height Land for Calculation of Publicly Notified Individual Land Price", *Journal of the Korean Society of Cadastre*, 29: 53-62.
47. 이훈, 2018. "경사도가 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구: 서울지역 아파트 단지를 중심으로", 「국토계획」, 53(1): 153-177.
Lee, H., 2018. "A Study on the Effect of Slope on Housing Prices: Focusing on Apartment Complexes in Seoul Area", *Journal of Korea Planning Association*, 53(1): 153-177.
48. 이훈, 2019. "경사도가 공동주택 가격에 미치는 영향 연구: 서울 사례를 중심으로" 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
Lee, H., 2019. "A Study on the Influence of Slope on Apartment Housing Prices: Focusing on the Case of Seoul", Ph.D. Dissertation, Chung-Ang University.
49. 임재만, 2010. "서울시 아파트 가격분위별 가격결정요인의 변동 추이에 관한 연구", 「국토연구」, 67: 41-56.
Lim, J.M., 2010. "Trends of Determinants of Housing Price in Seoul, Korea: A Quantile Regression Analysis", *The Korea Spatial Planning Review*, 67: 41-56.
50. 정승진·양동양, 1986. "구릉지 불량주택지구 주거실태와 그 개선에 관한 연구-경관을 중심으로", 대한건축학회 학술대회, 서울: 중앙대학교.
- Chung, S.J. and Yang, D.Y., 1986. "Study on The Residential Environment of Squatter Areas on The Hill and Its Improvement", Paper presented at the Architectural Institute of Korea Conference, Seoul: Jung-Ang University.
51. 정재용, 2011. "서울시 구릉지 주거지의 도시조직 특성에 관한 연구", 「서울도시연구」, 12(1): 181-202.
Jeong, J.Y., 2011. "A Study on the Characteristics of Urban Tissue of Hillside Residential Area in Seoul", *Seoul Studies*, 12(1): 181-202.
52. 정희수·권혁일, 2004. "생애주기가 주택소비에 미치는 영향에 관한 연구", 「주택연구」, 12(1): 5-25.
Jeong, H.S. and Kwon, H.I., 2004. "A Study on Family Life Cycle and Housing Consumption", *Housing Studies*, 12(1): 5-25.
53. 조성희·강혜경, 2000. "주거환경 구성요소에 대한 거주자들의 태도에 관한 연구", 「한국주거학회논문집」, 11(1): 45-56.
Cho, S.H. and Kang, H.G., 2000. "Residents' Attitudes for the components of Home Environment", *Journal of the Korean Housing Association*, 11(1): 45-56.
54. 채미옥, 1998. "접근성 및 입지요인을 고려한 서울시 지가의 공간적 분포특성", 「국토계획」, 33(3): 95-114.
Chae, M.O., 1998. "Spatial Distribution of Land Prices and Its Determinants in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 33(3): 95-114.
55. 천현숙·이길제·김준형, 2016. 「주택과 출산 간의 연계성에 관한 거시-미시 접근」, 세종: 한국보건사회연구원·국토연구원.

- Chun, H.S., Lee, G.J., and Kim, J.H., 2016. *The Macro- and Micro-level Analysis of the Effect of Housing Conditions on Fertility*, Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs-Korea Research Institute for Human Settlements
56. 최막중·고진수, 2006. "주택유형 간 유동성 차이에 관한 연구: 단독주택과 아파트의 매매사례를 중심으로", 「국토계획」, 41(3): 83-93.
- Choi, M.J. and Ko, J.S., 2006. "Liquidity by Housing Type: The Case of Single-Family and Multi-Family Housing in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 41(3): 83-93.
57. 최막중·임영진, 2001. "가구특성에 따른 주거입지 및 주택유형 수요에 관한 실증분석", 「국토계획」, 36(6): 69-81.
- Choi, M.J. and Lim, Y.J., 2001. "Empirical Analyses of the Relationships between Household Characteristics and Preference of Residential Location and Housing Types", *Journal of Korea Planning Association*, 36(6): 69-81.
58. 최윤아·송병하, 2007. "공동주택 가격요인의 특성에 관한 연구", 「한국주거학회논문집」, 18(2): 75-82.
- Choi, Y.A. and Song, B.H., 2007. "A Study on The Characteristics of the Price Factors in Apartment Houses", *Journal of the Korean Housing Association*, 18(2): 75-82.
59. 허재완, 1993. 「도시경제학」, 서울: 법문사.
- Hur, J.W., 1993. *Urban Economics*, Seoul: Bobmunsa.
60. Aiken, L.S. and West, S.G., 1991. *Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions*, London: Sage.
61. Billor, N., Hadi, A.S., and Velleman, P.F., 2000. "BACON: Blocked Adaptive Computationally Efficient Outlier Nominators", *Computational Statistics & Data Analysis*, 34(3): 279-298.
62. Cameron, A.C. and Trivedi, P.K., 2010. *Microeconometrics Using Stata (Vol. 2)*. College Station, TX: Stata Press.
63. Carter, E., Donald, J., and Squires J., 1993. *Space and Place: Theories of Identity And Location*, London: Lawrence & Wishart Ltd.
64. Cervero, R. and Duncan, M., 2003. "Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area", *American Journal of Public Health*, 93(9): 1478-1483.
65. Church, R.L. and Marston, J.R., 2003. "Measuring Accessibility for People with Adisability", *Geographical Analysis*, 35(1): 83-96.
66. Davies, R.G., Barbosa, O., Fuller, R.A., Tratalos, J., Burke, N., Lewis, D., and Gaston, K.J., 2008. "City-wide Relationships between Green Spaces, Urban Land Use and Topography", *Urban Ecosystems*, 11(3): 269.
67. Detwyler, T.R., Marcus, M.G., and Van Dusen, P., 1972. *Urbanization and Environment: the Physical Geography of the City*, Belmont: Duxbury Press.
68. Diewert, W.E. and Shimizu, C., 2019. "Residential Property Price Indexes: Spatial Coordinates versus Neighbourhood Dummy Variables", Discussion Paper, University of British Columbia.
69. Duncan, M., 2011. "The Impact of Transit-Oriented Development on Housing Prices in San Diego, CA", *Urban studies*, 48(1): 101-127.
70. Ebru, Ç. and Eban, A., 2011. "Determinants of House Prices in Istanbul: A Quantile Regression Approach", *Quality & Quantity*, 45(2): 305-317.
71. Eschman, D.F. and Marcus, M.G., 1972. *The Geologic and Topographic Setting of Cities*, Belmont, Calif: Duxbury Press.
72. Fik, T.J., Ling, D.C., and Mulligan, G.F., 2003. "Modeling Spatial Variation in Housing Prices: A Variable Interaction Approach", *Real Estate Economics*, 31(4): 623-646.
73. Frank, L.D., 2004. "Economic Determinants of Urban Form: Resulting Trade-Offs between Active and Sedentary Forms of Travel", *American journal of preventive medicine*, 27(3): 146-153.
74. Gelézeau, V., 2007. 「아파트 공화국: 프랑스 지리학자가 본 한국의 아파트」, 길혜연 역, 서울: 후마니타스.
- Gelézeau, V., 2007. *Séoul, Ville Géante, Cités Radieuses*, Translated by Gil, H.Y. Seoul: Humanitas.
75. Glaeser, E.L., Gyourko, J., and Saks, R.E., 2005. "Why Have Housing Prices Gone up?", *American Economic Review*, 95(2): 329-333.
76. Glaeser, E., 2011. 「도시의 승리」, 이진원 역, 서울: 해냄.
- Glaeser, E., 2011. *Triumph of The City*, Translated by Lee, J.W. Seoul: Hainaim.
77. Grether, D.M. and Mieszkowski, P., 1974. "Determinants of Real Estate Values", *Journal of Urban Economics*, 1(2): 127-145.
78. Gujarati, D.N. and Porter, D.C., 2009. 「Gujarati의 계량 경제학 5/E」, 박완규·홍성표 역, 서울: 지필미디어.
- Gujarati, D.N. and Porter, D.C., 2009. *Basic Econometrics*, Translated by Park, W.G. and Hong, S.P., Seoul: Jiphil Media.
79. Guochang, Z.H.A.O., 2015. "Can Money 'Buy' Schooling Achievement? Evidence from 19 Chinese Cities", *China Economic Review*, 35: 83-104.
80. Hayes, A.F., 2015. 「PROCESS macro를 이용한 매개분석·조절분석 및 조절된 매개분석」, 이형권 역, 파주: 신영사.
- Hayes, A. F., 2013. *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-based Approach*, Translated by Lee, H.K., Paju: Shinyoungsa.
81. Hess, P., Moudon, A., Snyder, M., and Stanilov, K., 1999. "Site Design and Pedestrian Travel", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1674: 9-19.
82. Hill, R. J. and Scholz, M., 2018. "Can geospatial data improve house price indexes? A hedonic imputation approach with splines", *Review of Income and Wealth*, 64(4), 737-756.
83. Iacobucci, D., Schneider, M.J., Popovich, D.L., and Bakamitsos, G.A., 2016. Mean Centering Helps Alleviate "Micro" but Not "Macro" Multicollinearity, *Behavior Research Methods*, 48(4): 1308-1317.
84. Kaplan H.D., Holloway R.S., and Wheeler O.J., 2016. 「도시지리학 3/E」, 김학훈·이상율·김감영·정희선 역, 서울: 시그마프레스.
- Kaplan H.D., Holloway R.S., and Wheeler O.J., 2016. *Urban*

- Geography, 3rd Edition*, Translated by Kim, H.H., Lee, S.Y., Kim, K.Y., Jeong, H.S., Seoul: Sigma Press.
85. Kaufman, R.L., 2018. *Interaction Effects in Linear and Generalized Linear Models: Examples and Applications using Stata*, California: SAGE Publications.
 86. Kim, H., Park, S.W., Lee, S., and Xue, X., 2015. "Determinants of House Prices in Seoul: A Quantile Regression Approach", *Pacific Rim Property Research Journal*, 21(2): 91-113.
 87. Koenker, R. and Bassett Jr, G., 1978. "Regression Quantiles", *Econometrica*, 46(1): 33-50.
 88. Koenker, R. and Bassett Jr, G., 1982. "Robust Tests for Heteroscedasticity Based on Regression Quantiles" *Econometrica*, 50(1): 43-61.
 89. Koenker, R., 2005. *Quantile Regression (Econometric Society Monographs; No. 38)*, Cambridge: Cambridge University Press.
 90. Liao, W.C. and Wang, X., 2012. "Hedonic House Prices and Spatial Quantile Regression", *Journal of Housing Economics*, 21(1): 16-27.
 91. Mak, S., Choy, L., and Ho, W., 2010. "Quantile regression estimates of Hong Kong real estate prices", *Urban Studies*, 47(11): 2461-2472.
 92. Malpezzi, S., 2002. "Hedonic Pricing Models: A Selective and Applied Review." in *Housing Economics: Essays in Honor of Duncan Maclellan*, edited by Kenneth Gibb and Anthony O'Sullivan, Wisconsin: the University of Wisconsin.
 93. McMillen, D.P., 2008. "Changes in the Distribution of House Prices over Time: Structural Characteristics, Neighborhood, or Coefficients?", *Journal of Urban Economics*, 64(3): 573-589.
 94. Mooney, C.Z., Mooney, C.F., Mooney, C.L., Duval, R.D., and Duvall, R., 1993. *Bootstrapping: A Nonparametric Approach to Statistical Inference (No. 95)*, Sage.
 95. Newey, W.K. and Powell, J.L., 1987. Asymmetric Least Squares Estimation and Testing, *Econometrica*, 55(4): 819-847.
 96. Openshaw, S. and Taylor, P.J., 1981. "The Modifiable Areal Unit Problem." in *Quantitative Geography: A British View*, edited by Wrigley, N. and Bennett, R.J., 60-69, London: Routledge and Kegan Paul.
 97. Pattengale, N.D., Alipour, M., Bininda-Emonds, O.R., Moret, B.M., and Stamatakis, A., 2010. "How Many Bootstrap Replicates are Necessary?", *Journal of Computational Biology*, 17(3): 337-354.
 98. Petty, J.A., 1970. "Factors Influencing Recreational Land Values near Lakes", Doctoral Dissertation, Texas Tech University.
 99. Rosen, S., 1974. "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, 82(1): 34-55.
 100. Saha, S. and Su, J.J., 2012. "Investigating the Interaction Effect of Democracy and Economic Freedom on Corruption: A Cross-Country Quantile Regression Analysis", *Economic Analysis and Policy*, 42(3): 389-396.
 101. Sahin, A., 2014. "Stock Market Returns and Oil Prices Relationship Revisited", Paper presented at Quo Vadis Social Sciences: Artvin Coruh University International Congress on Social Sciences, Turkey: Artvin.
 102. Saiz, A., 2010. "The Geographic Determinants Of Housing Supply", *The Quarterly Journal of Economics*, 125(3): 1253-1296.
 103. Sander, H.A. and Polasky, S., 2009. "The Value of Views and Open Space: Estimates from a Hedonic Pricing Model for Ramsey County, Minnesota, USA", *Land Use Policy*, 26(3): 837-845.
 104. Schroeder, L.D., Sjoquist, D.L., and Stephan, P.E., 1996. *Understanding Regression Analysis: An Introductory Guide*, London: Sage.
 105. Sirmans, S., Macpherson, D., and Zietz, E., 2005. "The Composition of Hedonic Pricing Models", *Journal of Real Estate Literature*, 13(1): 1-44.
 106. Taylor, T.G., 1968. *Urban Geography 2nd Ed*, Methuen: London.
 107. Weber, S., 2010. "Bacon: An Effective Way to Detect Outliers in Multivariate Data Using Stata (and Mata)", *The Stata Journal*, 10(3): 331-338.
 108. Wen, H.Z., Li, X.N., and Zhang, L., 2012. "Impacts of the Urban Landscape on the Housing Price: A Case Study in Hangzhou", *Geographical Research*, 31(10): 1806-1814.
 109. Yoon, H., 2017. "Transforming the Economic Value of Hillside Housing—A Case Study of Seoul, South Korea", *Urban Forestry & Urban Greening*, 24: 35-44.
 110. Zhang, L., 2016. "Flood Hazards Impact on Neighborhood House Prices: A Spatial Quantile Regression Analysis", *Regional Science and Urban Economics*, 60: 12-19.
 111. Zietz, J., Zietz, E.N., and Sirmans, G.S., 2008. "Determinants of House Prices: A Quantile Regression Approach", *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 37(4): 317-333.

Date Received	2021-07-05
Reviewed(1 st)	2021-08-05
Date Revised	2021-11-07
Reviewed(2 nd)	2021-11-21
Date Accepted	2021-11-21
Final Received	2021-11-29