pISSN : 1226-7147 eISSN : 2383-9171
https://doi.org/10.17208/jkpa.2018.02.53.1.153

Journal of Korea Planning Association Vol.53, No.1 (2018)
대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제53권 제1호 pp.153-177

경사도가 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구

- 서울지역 아파트 단지를 중심으로 -

A Study on the Effect of Slope on Housing Prices

- Focusing on Apartment Complexes in Seoul Area -

이 훈*
Lee, Hoon

Abstract

The location of an individual housing may be politically or socially affected, but mainly determined by accessibility to other facilities. These facts prove that accessibility has been the main subject in the previous studies on the housing prices determining factors so far. The purposes of this study are to test the hypothesis that the limitation of accessibility is caused by terrain in Seoul with many terrains and hills, and that these characteristics affect the price of residential houses. The research method is double-log hedonic price model that consists of five kinds of models and includes interaction terms between regional dummy variables and the slope variable. Especially, HCSE is adapted for reliability of the result of analysis. The empirical results of this study are as follows. First of all, the slope is a statistically significant factor that affects housing prices. Second, the slope is a factor that lowers housing prices by limitation of accessibility such as lowering walking convenience. Third, housing prices may rise because of the advantages such as good amenities that occur as the slope increases. The result of this study implies that the influence of the slope can vary depending on the demands for housing and the lifestyle of the residents in Seoul.

키 워 드 ▪ 경사도, 접근성, 주택가격, 헤도닉가격모델, 상호작용항
Keywords ▪ Slope, Accessibility, Housing Prices, Hedonic Price Model, Interaction terms

Ⅰ. 서 론

주택가격의 수준은 물리적·심리적 그리고 사회적·경제적 등 다양한 요인으로 결정되며, 특히 환경요소에 포함되는 특정시설물과의 접근성은 거주자의 높은 만족도 수준을 결정하게 되어 결국 해당 주택은 지속가능성을 유지할 수 있는 확률이 더 높아진다(최윤아·송병하, 2006). 주택가격결정요인과 관련한 해외 125편의 연구를 대상으로 주택가격을 설명하는 요인을 분석한 Sirmans et al.(2005)의 연구 결과에 따르면 주택의 개별요인, 그 다음으로 특정 시설과의 거리(distance)와 같은 접근성이 주요하게 연구되었다. 국내의 경우도 세대특성은 '규모', 단지특성은 '노후도', 입지특성은 '지하철까지의 거리', 환경특성은 '자연환경'에서 가장 높은 빈도를 보였다(조민서 외, 2011). 이처럼 국내·외 수많은 연구에서 주택가격결정요인 중 입지·접근성으로 대표되는 '주요 시설간의 거리'는 중요한 주

* Dept. of Urban Planning & Real Estate, Chung-Ang University (lhtong@naver.com)

택가격결정 요인으로 파악되고 있다. 하지만 우리나라의 지형적 특성을 고려한다면 과연 거리(distance)만으로 접근성의 가치를 추정하는 것이 적정한 방법인가에 대한 의문점이 발생한다.

우리나라 국토는 63.8%의 산림으로 구성되어있으며, 주택용지로 사용할 수 있는 대지는 3%정도만이 존재한다(국토교통부, 2016).[1] 이와 같이 평지로 된 택지공급이 근본적으로 제한된 상황아래 산업화에 따른 도시로의 인구 집중 현상이 나타나면서 도시 내 주택용 토지의 부족이 가속화되었다. 이에 정부는 넘쳐나는 인구에 따른 주거문제를 해결하기 위해서 1990년대부터 합동재개발방식의 도입으로 대규모의 고층, 고밀의 주거지를 구릉지 지역에 공급하였고, 결국 난개발의 형태로 나타나 현재는 대부분의 주택이 구릉지에 자리하게 되었다(정석 외, 1995). 이와 같이 부분별한 구릉지 주택의 공급은 도시에서 다양한 현상으로 나타나고 있다. 예를 들어 고·저차로 발생하는 접근성의 제한은 교통약자[2]를 포함한 일반인 그리고 차량의 이용까지 영향을 미치고 있으며, 이는 지역주민의 주거만족도를 낮추고 신체활동까지 제한하는 주요한 원인으로 나타나고 있다(Kawamura and Takechi, 1991; 강현미·박소현, 2009; 이슬기 외, 2013).[3]

정부정책 차원에서도 접근성 제한에 따른 중요성의 증가에 따라 2005년 「교통약자의 이동편의증진법」을 제정하였으며, 동일법 제25조 및 시행규칙 제11조에 따라 전국단위로 전수조사를 통하여 교통약자의 현황 및 이동 실태, 이동편의 시설의 설치 및 관리 현황 그리고 보행환경의 실태 등을 파악하여 정책에 반영할 수 있도록 노력하고 있다(오성훈·남궁지희, 2011). 또한 국내 언론에 따르면 경사도에 따른 접근성의 제한에 따라 아파트가격이 1억 원대 까지 하락한다고 기사화되기도 하였다.[4] 이처럼 경사도로 인하여 발생하는 접근성의 제한은 실생활 전반에 걸쳐 영향력이 있다는 다양한 분야의 관심에도 불구하고 주택가격결정요인에 대한 대부분의 기존 연구와 공동주택 평가에 관련한 실무에서의 접근성은 주요시설과의 거리(distance)를 기준으로 진행되어 왔다.[5] 따라서 본 연구는 기존의 거리에 따른 기준만으로는 주택가격에 내재된 접근성의 가치를 분석하는데 한계가 있을 것으로 판단하였으며, 다음과 같은 연구 질문을 제시하게 되었다.

경사도에 따른 접근성은 주택 가치에 어떠한 외부효과(external effect)를 갖는가?

경사도에 따른 접근성 제한이 실제 주택가격에 영향을 미치는가?

경사도 영향력의 크기와 외부효과는 지역별로 다르게 나타나는가?

이와 같은 연구 질문을 해결하기 위해서 경사도에 따른 접근성의 제한이 주택가격에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 실증연구가 요구된다. 따라서 본 연구의 목적은 경사도(rise/run;%)변수를 활용하여 서울시 전역의 아파트 단지를 대상으로 기존 연구의 '거리에 따른 접근성'과 '경사도에 따르는 접근성'의 영향력을 동시에 살펴본 후에 지역별로 나타나는 경사도의 영향력을 실증 분석하여 새로운 접근성 변수를 제안한다.

Ⅱ. 선행연구 검토 및 차별성

1. 경사도와 관련한 해외연구

경사도를 직접적으로 주택가격과 연관하여 추정한 연구는 많지 않다. 다만 San Diego의 TOD(transit-oriented development)에 대한 가격결정 요인을 연구한 Duncan(2010)은 경사도에 따른 제한성을 고려하였다. 이는 Cevero and Duncan(2003)의 경사도 측정방식을 차용하여 미

국 캘리포니아 주, San Diego에서 TOD로부터 콘도미디엄까지의 고저차를 이용한 경사도(rise/run;%)를 측정하고, 헤도닉위계선형모델로 주택가격결정요인을 분석하였다. 분석결과 경사도는 TOD 인근에서는 통계적으로 유의미하지 않는 수준에서 부(-)의 영향을 보이지만 거리가 멀어지면서 주택가격에 뚜렷한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 현상에 대해서 해당 지역은 차량이용이 많아 경사지의 주택은 접근성의 제한을 쾌적성(amenity)가치가 상쇄하기 때문에 경사도가 정(+)의 영향을 미치며, 역(station) 인근의 콘도미디엄에서만 경사도가 접근성을 제한하는 일종의 경계역할을 한다고 하였다.

도시계획 및 개발관점으로 지형이 미치는 접근성 제한과 관련한 연구 중에 Rose(1989)는 도시의 규모와 관련하여 자연지형물이 도시에 미치는 영향을 연구하였다. 자연지형물과 조닝 시스템(Zoning System)이 미국 내 도시 45개 지역에서 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 전체 도시간의 가격에서 평균 40%를 설명하는 것으로 나타났으며, 그중 75%는 자연적 제한이었으며 25%는 정부제한 요인으로 나타났다. 또한 Saiz(2010)는 GIS의 DEM을 활용하여 미국 전역을 대상으로 연구하였는데, 연구결과에 따르면 산이나 강 같은 자연적 장애물들이 주택공급의 차이를 설명한다고 하였으며, 자연 지형으로 인하여 건축이 어려운 지역은 신규건물이 덜 들어서게 되고 부족한 공급으로 건물가격이 오른다는 것을 주장하였다.

보행관점의 연구는 Cevero and Duncan(2003)의 연구가 있다. 해당 연구에 따르면 샌프란시스코 내의 가구활동데이터(BATS)를 기반으로 도로의 평균경사도(rise/run;%)를 측정 후, 경사도가 보행과 자전거 이용에 미치는 영향을 실증 분석하였다. 그 결과 도보에서 5% 유의수준 내에서 보행에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.[6]

Kang and Cevero(2009)는 국내의 청계천 개발을 기점으로 전·후로 나누어 토지가치에 미치는 영향을 연구하였다. 표준지공시지가를 평가하는 '지세'를 5점 척도로 하여 비주거용 토지와 주거용 토지가격에 대한 영향력을 추정하였다. 연구결과는 '지세'가 비주거용 토지에서 주거용 토지 보다 더 큰 영향을 미쳤다.

해외연구 결과에 따르면 세 가지 함의를 도출할 수 있다. 첫째, 국가 및 도시 특성에 따라 지형의 영향력이 다르게 나타난다는 것이다. 예를 들어 서울과 San Diego간의 도시 특성의 차이에 의해서 이용자가 느끼는 지하철의 효용은 이질적으로 나타날 것이며, 지하철에 대한 접근성의 영향력도 함께 다르게 나타날 것으로 예측할 수 있다.[7] 둘째, 지형은 주거용과 상업용 등 다양한 시설의 용도에 따라서 영향력에 차이가 발생한다는 것을 알 수 있으며, 세 번째로, 지형은 접근성을 제한하는 일종의 경계역할을 한다는 것이다.

2. 경사도와 관련한 국내유사연구

국내에서는 아직 경사도에 따른 접근성의 제한이 주택가격에 미치는 영향에 대한 연구는 진행되지 않고 있다. 다만, 지형에 따라 제한성이 발생된다는 시각으로 접근한 연구는 다양한 분야에서 다루어지고 있다. 이는 보행관점, 도시계획 및 부동산개발 관점, 기타 관점으로 분류될 수 있다.

보행관점에서 접근성의 제한이 미치는 영향에 관한 연구의 기본적인 가정은 지형의 기복이 커짐에 따라 부(-)의 영향력을 갖는다는 공통적인 개념으로 접근한다. 연구의 공간적 범위는 상업지역과 주거지역으로 재분류 된다. 먼저 상업지역에 관한 연구는 주로 유동인구의 보행량을 기준으로 입지의 우수성을 나타내는 방법으로 시도하였는데 그 결

과는 경사도가 높을 경우 통행량이 낮게 나타나며 반대로 상대적으로 낮은 곳은 보행량이 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 경사도는 직접적으로 보행에 영향을 미침으로서 상권의 범위 및 입지와 상권의 활성화에 지대한 영향이 있음을 알 수 있다(안영수 외, 2012; 윤나영·최창규, 2013; 임하나 외, 2016). 주거지역 범위 연구에서도 지역의 평균 경사도가 보행활동에 영향을 미치는 중요한 요소이며, 경사가 가파른 지역의 경우 주민들의 보행시간이 줄어들었다(이경환·안건혁, 2007). 또한, 경사가 심한 지역의 아파트는 도로와 연결되는 입구 설치에 제한과 외부와의 폐쇄적인 환경이 형성될 가능성이 있으며, 보행량에 주요한 영향을 미치는 교차로 밀도와 블록크기와 유사한 패턴을 보이고 있다고 평가되었다(박소현 외, 2008).

도시계획 및 개발 연구의 경우 강남 신시가지의 개발은 지형이 평탄한 지역부터 개발이 시작되었으며, 일정 이상의 경사에서는 개발이 지연되었다(권일·강병기, 1995; 권일·강병기, 1996). 토지의 가치평가 관점에서는 공시지가자료를 기반으로 감정평가 항목의 '지세'의 '저지, 평지, 완만한 경사, 급경사, 고지'를 활용하여 토지의 가치를 추정하는 방법이 주를 이루고 있으며(서경천·이성호, 2001a; 서경천·이성호, 2001b), 높은 지세가 토지가격에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 파악되었다(채미옥, 1998; 안혜진·이성호, 2002). 이외에도 건축 및 재난안전 그리고 역사적 관점에서도 지형에 의한 제한성을 인지하여 단지구조 및 계획요소, 교통약자의 이동의 제한성이 나타나고 역사학적으로도 지형에 따라 주거입지가 고려되는 것으로 나타났다(최임주, 2002; 김형진 외, 2009; 박지훈·김경진, 2012; 이소희 외, 2015).

지금까지의 선행연구에 따르면 지형적 특성으로 발생되는 경사도는 다방면적으로 부(-)의 영향을 미친다는 것을 짐작할 수 있으며, 동시에 목적시설물에 대한 접근성을 제한하게 되어 주택가격에도 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다.

3. 선행연구 종합 및 차별성

기존연구를 검토한 결과 선행연구결과를 주택시장에 그대로 접목하기에는 다양한 문제가 발생한다. 해외 선행연구의 경우 대중교통수단과 개인이동수단의 선호도와 국가 간의 문화 그리고 기후로 인한 차이가 발생할 수 있기 때문이다. 반면에 국내 연구의 경우는 지형에 따른 접근성에 대한 관점차이에 대한 문제가 발생한다. 도시계획 및 개발, 토지가치평가관련 연구에서는 표준지공시지가평가에서 활용되는 필지별 지형 및 지세에 따른 영향을 이용하였으며 보행관점에서의 경사도관련연구에서는 더미변수를 활용한 경사도 유·무와 연구대상지의 평균경사도 혹은 네트워크분석을 활용하여 지형의 특성이 생활에 미치는 영향에 관한 연구를 시도하였다. 다만, 선행연구에서는 지형의 특성을 측정하는 방법이 다양하게 적용되고 있으며, 그 공간적 범위는 국소적인 지역 혹은 개별필지를 대상으로 하고 있다. 미시적인 접근방법은 서울이라는 거대한 모집단을 대표할 수 없으며, 다양한 측정방법은 일반화의 어려움이 발생할 수 있다.

이에 따라서 지형의 특성이 주택가격에 어떠한 영향을 미치고 있는 것인지에 대한 궁극적인 연구질문과 함께 서울 시내 아파트 단지를 대상으로 공간적 범위의 확장과 일반화 된 측정방법이 요구된다. 더 나아가 해외 연구의 경우 지형이 주택가격에는 정(+)의 영향을 미친다는 사실은 본 연구의 가설과 반대로 나타나고 있다. 만일 해외의 경사도 변수와 국내의 경사도 변수가 부동산 가격에 미치는 영향력이 반대로 나타난다면 지역 별 혹은 국가 별로 지형의 특성의 의미가 다르다는 것을

추정할 수 있을 것이며, 그 결과에 따라 향후 후속 연구의 방향을 결정할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구는 토지의 지세를 포함한 기존 가치평가 관련 연구에서 종속변수로 사용된 표준지공시지가를 사용하지 않고 실거래가격을 종속변수로 사용하여 경사도가 실제 주택가격에 미치는 영향력을 실증분석 함으로써 엄밀한 차별성을 갖는다.

Ⅲ. 연구방법

1. 분석 모형

1) 헤도닉가격모형(Hedonic Price Model)

본 연구의 분석을 위한 모형으로는 기존 주택가격 연구와의 적합성을 위해 일반적으로 활용되고 있는 헤도닉가격모형(Hedonic Price Model)을 적용하였다. 주택은 다양한 내·외 구성요소들의 효용이 단일체로 합성된 것으로 소비자는 개별요소의 가치를 평가하여 주택의 잠재적 가격을 계산한다. 이에 학자들은 주택특성의 이질성에 많은 관심을 가져왔으며, Rosen(1974)에 의해 이론적 토대가 마련된 이후, 헤도닉가격모형은 주택가격 구성요소들의 이질성을 실증적으로 분석할 수 있는 분석도구로 인식되어 많은 연구에서 사용되고 있다(임재현, 1998; 김경환·손재영, 2011; 남형권·서원석, 2016). 헤도닉가격모형은 종속변수로 아파트 가격을 설정하고 독립변수는 개별 특성들의 양에 대해 회귀함으로 개별 속성의 잠재가격(implicit price)을 추정하며, 일반성 및 정규성을 발견하는 것을 목적으로 한다(서경천, 2003; 이용만, 2008; 서원석, 2010). 본 연구의 헤도닉가격모형을 함수식 형태로 나타내면 다음과 같다.

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

P는 주택매매가격이며, E_i, L_i, D_i, S_i는 개별특성의 벡터이다. 본 연구에서 아파트 가격결정요인 분석을 위해 단지특성(E_i), 접근성(L_i), 지역특성(D_i), 지형특성(S_i) 벡터로 구성하였으며, $f(x_i)$는 회귀식의 함수형태를 의미한다.

헤도닉가격모형을 활용한 연구는 선형(linear)함수와 비선형 함수형태인 준로그(semi-log), 이중로그(double-log) 그리고 박스콕스(Box-Cox) 함수로 주택가격을 추정한다. 상기 네 가지 함수형태 중에서 어떠한 형태를 선택하여 추정하는 것은 연구자의 자의적 선택에 따라 결정된다. 그 이유는 함수형태마다 장단점을 가지고 있기 때문이다. 예를 들어 박스콕스는 선형회귀분석에 비해 우월한 것으로 알려져 있다. 다만 활용에 있어 상대적으로 어려운 추정 및 비용에 대한 단점이 발생한다. 이에 반해서 더블로그함수의 경우 특별히 나쁜 지가추정치를 낳지 않으며 용이성과 예측력이 뒤지지 않는 점과 본 연구의 핵심 변수인 경사도의 단위는 백분율(percentage; %)이므로 다른 변수와의 원활한 해석을 제공하는 장점도 있다. 이에 본 연구에 가장 적합다고 판단된 더블로그를 적용한다(손재영·안홍기, 1994; 민웅기, 2006; 박운선·임병준, 2010; 김경환·손재영, 2011).[8] 더블로그함수는 종속변수와 독립변수를 자연로그로 변환한 함수이며, 선형함수보다 현실적인 추정방법으로 평가되고 있다. 또한, 주택개별특성과 주택가격사이에서 추정된 계수 값은 해당개별특성변수에 대한 가격탄력성(elasticity)을 의미하며, 각 변수의 단위가 상이한 경우에도 상호비교를 통하여 다양한 함의를 제공하기 때문에 이를 통한 간접적인 비교에 유용하다(이용만, 2008). 더블로그함수형태는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\log Y_i = \alpha + \beta_1 \log X_{1i} + \beta_2 \log X_{2i} + \epsilon$$

더블로그모형의 주의할 점은 독립변수에 더미변수(dummy variable)나 영(zero)값이 포함된 경우 log0이 정의되지 않기 때문에 자연로그를 사용할 수 없다. 이 경우에는 독립변수 한 단위 변동에 종속변수의 백분비 변동을 나타내는 준 탄력성(semi-elasticity)이 되며 더미변수의 계수 값에 역로그를 취해 해당 변수의 중앙값(median)을 구하여 해석해야 한다(Gujarati and Porter, 2009).

2) HCSE (heteroskedasticity consistent standard error)

선형회귀분석에서 오차에 대한 가정은 독립성(independence of error), 정규성 (normality), 등분산성(homoskedasticity), 다중공선선(multicollinearity)의 배제를 준수해야 하는데 이 중에서 종속변수 또는 독립변수를 로그(log)변환함으로써 비정규성, 이분산 그리고 비선형에 대한 위험을 감소시킬 수도 있는 방법도 있다(Gujarati and Porter, 2009; 이희연·노승철, 2013).[9] 이러한 방법에도 불구하고 이분산성 문제는 본 연구와 같이 횡단면(cross-sectional)자료를 활용한 연구에서 주로 발생한다(Schroeder et al., 1996). 등분산 가정이 위배되었을 때 이분산성에 의해 일반선형회귀모형은 편향(bias)되고 모수와 추정량에 일치성 문제가 발생하며, 일반선형회귀모형의 분산으로 기초한 t검정과 F검정에 의해 결국 신뢰할만한 연구결과를 기대하기 어렵게 될 수 있다(White, 1980; Gujarati and Porter, 2009). 하지만 대부분의 헤도닉특성가격모형을 활용한 연구에서는 회귀모형의 가정에서 이분산성 검토를 소홀히 하는 경향이 있다.[10]

이분산성을 해결하는데 이론적 기반이 구축된 WLS(weighted least squares)와 GLS(generalized least squares)를 활용하는 방법도 있으나 WLS는 이분산성의 구조에 적합하게 가중치를 설정하지 못하면 오히려 잘못된 결과를 나타낼 수 있으며, GLS도 이분산성의 함수구조에 대한 지식을 필요로 한다. 하지만 HCSE는 오차항의 이분산성을 알지 못할 때 활용이 가능하여 상대적으로 간편하게 이분산성의 부정적 영향을 효과적으로 회피할 수 있다. 또한 추정된 HCSE[11] 계수는 OLS에서 산출된 회귀추정 계수 값은 고정시키지만 표준오차와 t-value를 변화시킨다(Long and Erivin, 2000; Hayes and Cai, 2007). 이에 본 연구는 분석결과의 신뢰성을 위해 White 검정[12] 으로 이분산성을 검정하고 HC3[13] 를 활용하여 분석결과의 신뢰도를 높일 수 있도록 만전을 기한다.

3) 상호작용항 (Interaction Terms)

본 연구에서는 상호작용항(interaction terms)을 이용하여 지역별로 경사도가 주택가격에 미치는 영향력을 추정한다. 상호작용항은 다음과 같은 회귀식으로 표현된다.

$$Y = b_0 + (b_1 * X_1) + (b_2 * X_2) + (b_3 * X_1 * X_2) + e$$

b_0는 Y절편이고 b_1, b_2, b_3는 회귀계수 그리고 e는 잔차를 의미한다. $X_1 * X_2$는 상호작용 효과를 확인하기 위해서 투입된 변수로 X_1과 X_2를 곱해 준 값이다. 만일 b_3가 유의미하다면 상호작용 효과가 있다고 판단할 수 있으며, b_3는 참조변수와 더미변수(dummy)화 된 해당지역의 X_1의 영향력 차이를 나타낸다. 따라서 지역별로 나타나는 경사도의 영향력은 $b_1 - b_3$으로 해석할 수 있다(이유재, 1994; Jaccard and Turrisi, 2003).[14]

2. 변수 선정 및 측정

본 연구는 서울시 전역의 아파트단지를 연구대상으로 선정하였다.[15] 종속변수인 아파트가격은 국토교통부의 실거래가 공개시스템인 아파트 실거래가 조회를 통해 서울에서 2015년 1월~12월 사이에 거래된 매매 113,560건 중에서 자료구득이 가능한 아파트 단지를 1차적으로 추출하였으며, 보행 접근성과 아파트 단지의 입지 동일성을 고려하여 서울 시내의 지하철역을 기준으로 반경 800m이내[16]의 아파트 단지를 2차 추출하였다(Hess et al., 1999; CABE, 2007; 박소현 외, 2008; 오성훈·남궁지희, 2011). 개별 단지의 동일 평형별로 평균가격을 산출 후,[17] 최종적으로 1,690개 단지의 5,680개 평형별 아파트 평균가격을 추출하였다.

개별 아파트 단지의 속성자료는 '공동주택관리정보시스템', '서울부동산정보광장', '부동산114', 'KB부동산', 'NAVER부동산', 'Daum부동산'의 자료를 모두 열람하여 추출하였다.[18] 아파트 단지의 접근성 측정을 위해서 행정자치부 도로명주소안내시스템의 전자지도와 국립지리원의 KLIS(Korea Land Information System: 한국토지정보시스템) 연속지적 필지지도 그리고 연속수치지도(1:5000)를 활용하여 ArcMap으로 추출하였다. 표고(altitude)는 연속수치지도의 등고선을 이용하여 불규칙한 삼각격자망(TIN)을 생성한 후에 격자크기 10m×10m[19]의 DEM(Digital Elevation Model)데이터를 구축하였다(이희연·노승철, 2013).

아파트단지와 지하철역 간의 경사도(Slope)는 직선거리(distance; Run)와 해당 아파트단지의 중심점의 표고(altitude; Rise)를 활용하여 '백분율 경사도(rise/run;%)'로 측정하고 왕복이동특성을 감안하여 절댓값(absolute value)으로 변환하였다.[20] 단순화된 경사도 측정방법은 연속적으로 연결된 지형의 구간마다 변화되는 경사도의 정보를 누락시킬 가능성이 있다. 따라서 구간별로 변화하는 경사도를 평면거리에 대한 가중평균으로 측정하는 방법도 존재한다.[21] 하지만 본 연구에서 사용된 방법은 상대적으로 간편하게 측정이 가능하며 분석결과를 일반화 할 수 있는 강력한 장점이 있다.

지하철역의 기준점은 아파트 단지에서 가장 가까운 지하철역 입구로 설정하였다. 지하철역을 기준점으로 활용한 이유는 첫째, 대도시 내·외의 이동을 통해서 보행량을 상승시키는 역할을 한다.[22] 둘째, 주거입지선택에 주요 요인이다. 이에 따라 지하철역을 중심으로 혼합토지이용이 이루어져 지역민의 통행목적이 다양하게 나타나 주택 및 부동산 가치를 상승시키는 역할을 한다(2015서울유동인구조사, 2016).[23] 셋째, 이용객의 꾸준한 증가로 설명될 수 있다. 서울시 통계자료에 따르면 '지하철·철도'의 교통분담률[25]은 2014년 기준 39%로 1996년(29.4%) 이후 매년 꾸준히 상승하는 반면에 '승용차, 버스. 택시' 등 이외의 교통 분담률은 매년 감소하는 추세로 나타나 지하철역의 접근성은 매우 중요하게 평가 받고 있다. 또한 '2016 서울서베이'에 따르면 주거지를 선택할 때 우선적으로 고려하는 사항은 '지하철역 거리'와 '직장과의 거리'로 조사되었다.[24] 이는 서울에서 주거입지를 선택할 때 지하철역과 '직주근접'에 대한 여건이 중요하게 작용한다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 고용이 집중되는 서울의 3대 도심[25](한양도성, 영등포·여의도, 강남)간의 거리를 CBD, YBD, GBD 변수를 설정하였다(김진유·이창무, 2005). 기존 연구에서 주로 활용되는 주요 교통시설과의 접근성은 지하철역과 도로의 최단거리로 측정하였으며 도로의 기준은 행정안전부의 도로명주소의 도로별 구분에 따라 버스와 자동차의 통행이 가능한 '로' 이상으로 설정하였다.[26]

표 1. 변수의 정의
Table 1. Definition of Variables

Category		Variable	Unit	Description of variable
D.V		LN_Price	ln(10,000 won)	Average sales price of same exclusive area in 2015 transformed by natural log
C.V	Apartment Complex Characteristics	LN_Area	ln(m²)	Natural log of Square meters of floor space in the unit
		LN_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
	Location Characteristics	LN_CBD	ln(m)	Natural log of Distance to CBD
		LN_GBD	ln(m)	Natural log of Distance to YBD
		LN_YBD	ln(m)	Natural log of Distance to GBD
		LN_Hospi	ln(m)	Natural log of Distance to the nearest polyclinic designated by Ministry of Health and Welfare, 2015
		LN_Mart	ln(m)	Natural log of Distance to the Market; emart, lotte mart, home plus and Hanaro Club the biggest marts
		LN_Dept	ln(m)	Natural log of Distance to the nearest department store; Shinsegea, Lotte, Hyundai the biggest dept.
		LN_Edu	ln(m)	Natural log of Distance to the nearest elementary, middle and high schools
		LN_Road	ln(m)	Natural log of Distance to the nearest road above 2 lanes; so-called 'Lo' in Korean
		LN_SUB	ln(m)	Natural log of Distance to the nearest subway station
		LN_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 500m 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
	District Characteristics	NECA	Ref. Var.	Reference Variable. = Northeast(NE) of Seoul
		CCCA	Dummy	Center of Seoul(CC) =1, others=0
		NWCA	Dummy	Northwest(NW) of Seoul =1, others=0
		SWCA	Dummy	Southwest(SW) of Seoul =1, others=0
		SECA	Dummy	Southeast(SE) of Seoul =1, others=0
		Slope*CCCA	Interaction	Slope * Center of Seoul(CC)
		Slope*NWCA	Interaction	Slope * Northwest(NW) of Seoul
		Slope*SWCA	Interaction	Slope * Southwest(SW) of Seoul
		Slope*SECA	Interaction	Slope * Southeast(SE) of Seoul
T.V	Geo features	Slope	%	Percentage Slope(rise/run) between the Apt. complex and the nearest subway station

이외의 근린생활시설과 아파트 단지 간의 접근성에 관한 변수는 〈표 1〉과 같으며 주택가격 분석과 관련한 선행연구에서 다루어진 변수를 기초로 행정자치부 도로명 주소안내시스템의 전자지도와 KLIS의 연속지적 필지지도를 활용하여 각 좌표를 추출하여 아파트 단지의 중심점과의 최단 직선거리를 측정하였다.

아파트 브랜드 변수는 2015년 11월 10일 기준 브랜드스탁의 BSTI업종순위[27]를 근거로 상위 10위권 이내의 건설사를 활용하여 더미 변환하였다. 경과년수는 아파트의 경우 일정한 년 수가 지나면서 재건축을 효과로 주택가격이 급등하는 현상을 보인다. 이는 선형회귀모델을 그대로 적용하게 되면 추정결과에 문제가 발생한다(이상경·신우진, 2001). 따라서, 다항회귀(polynomial regression)를 활용하여 모델의 적합성을 높였다. 교육시설 접근성변수의 경우는 주거입지선택이 자녀의 교육을 목적으로 선택되어질 수 있으며, 학교 접근성은 교육의 질을 대표할 수 있다. 이에 단지별로 주변 초·중·고등학교와의 거리를 기준으로 설정하였다(최윤아·송병하, 2006; 김광영·안정근, 2010).[28]

백화점과 대형마트는 도시 내 소비생활을 위한 중요한 요소로 작용한다. 하지만 백화점은 가까울수록 정(+)의 효과가 대형마트는 가까울수록 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다(김희재·전명진, 2013). 이는 대형유통시설이 갖는 역할에 따라서 영향력이 다르게 나타나는 것을 의미하며 유통시설 주변의 교통정체로 인하여 주거환경으로 적합하지 않음을 의미한다. 본 연구에서는 백화점 변수는 총 32개로 구성된 서울시내 3대 백화점 (현대백화점, 신세계백화점, 롯데백화점)으로 수집하였으며, 대형마트는 2015년 기준으로 64개의 이마트, 롯데마트, 홈플러스 그리고 하나로클럽을 데이터로 구축하였다. 대형병원의 경우는 2015년에 보건복지부가 지정한 상급종합병원을 기준으로 서울시내 14개의 병원으로 선정하였다.[29] 또한 서울에서는 한강과의 인접성이 주택가격에 많은 영향을 미치게 된다(이성원·허식, 2011). 따라서, 본 연구에서도 한강을 기준으로 반경 500m 내·외의 아파트 단지를 더미(dummy)변수로 변환하여 그 영향력을 추정한다.[30]

공원은 녹지공간과 인접함으로 쾌적성과 같은 어메니티(amenity)로 주택가격에 프리미엄형성에 영향을 미친다(임보영·서원석, 2014). 이에 따라서 본 연구의 근린공원의 접근성 변수로 서울시내의 근린공원이 주택가격에 미치는 영향을 추정한다.[31]

혐오시설(undesirable facilities)은 해당 시설이 입지하여 주변지역에 부(-)의 영향을 가져오는 시설을 의미하며, 공익적인 측면으로 정(+)의 효과도 있지만 반대로 상대적으로 더 강한 부(-)의 영향으로 인해서 주민이 기피하는 쓰레기 매립장, 쓰레기 매립장, 핵폐기물처리시설, 주유소, 공장시설, 군부대시설, 정신병원 및 장애인시설 등이 있다(임윤택 외, 2002). 본 연구는 소음과 악취 그리고 위험성이 있는 시설을 선별하여 건축물 용도를 기준으로 공장, 석유판매소, 공해공장, 위험물저장처리시설을 유해시설로 정의하고 그 범위를 반경 200m로 설정하고 영향력을 추정하였다(김정태, 1996; 유승도 외, 1997; 윤인진 외, 2007).[32]

마지막으로 경사도의 영향력이 지역별로 다르게 나타나는 가설검증을 위한 지역구획 기준은 2030 서울도시기본계획의 5대 권역을 준용하였다.[33] 2030서울도시계획의 5대 권역은 지형, 교통 및 행정구역 등 다양한 지역 간 특성을 고려하여 구분되어 있으며(이진경, 2009), 이미 많은 연구에서 서울의 지역별 차이점을 추정하기 위한 기준으로 적용된 바 있다(이창효 외, 2009; 이석주·이주형, 2011; 김현태·남진, 2012; 이진경, 2013). 본 연구에서는 서울시 5대 권역을 더미(dummy)화 하여 경사도변수와 상호작용항(interaction terms)을 설

정하고 권역별 영향력을 추정한다.

IV. 실증분석

1. 기술통계 분석

경사도가 아파트가격에 미치는 영향력을 추정하기 위해 선별된 아파트는 2015년 기준, 서울시내 지하철역 반경 800m 이내의 1,690개 아파트단지의 5,680개의 평형별 개별아파트가 추출되었다. 본 연구의 주요변수인 경사도(Slope)의 분포는 〈표 2〉와 같이 평지(0%) 20.1%이고 경사지(+%)는 79.9%로 나타났다. 경사도의 범위는 0%~18.47%로 나타났다. 분위수별로 나누어 본 아파트 가격의 평균은 평지(0%)가 대체적으로 경사지(+%)의 아파트보다 높은 것을 알 수 있다. 다만 경사도 백분위 90% 이상의 경우 오히려 평지(0%)보다 가격이 높게 나타났다. 이는 다양한 이유가 있겠지만 높은 경사도로 인하여 조망가치와 같은 쾌적성(amenity)증가로 인하여 주택가격에 양(+)의 영향을 미치는 경우가 있을 것으로 추측된다. 즉, 경사도가 주택가격에 반드시 부(-)의 외부효과로만 나타나지 않음을 추측할 수 있다.

표 2. 경사도 및 아파트가격 백분위수
Table 2. Slope & Apt. price Percentiles

Percentile	Slope(%)	Mean	Std. Dev.
10	0.000	53536.85	25308.48
20	0.000		
30	0.296	48955.76	34117.06
40	0.554	51036.85	31504.78
50	0.797	46862.87	23751.25
60	1.214	52914.62	30255.44
70	1.800	47162.15	21895.51
80	2.699	49100.69	23040.86
90	4.518	55070.93	28086.23

표 3. 기술통계량
Table 3. Descriptive Statistics

Var.	Min.	Max.	Mean	Std.Dev.
Price	10000	396000	50910.41	26894.53
Area	13.51	244.66	85.69	23.63
HOUS	9.00	6864	560.12	751.78
P_LOT	0.00	3.72	1.14	0.33
Brand	0.00	1.00	0.32	0.47
Age	0.00	39.00	14.49	7.68
CBD	1198.63	17197.39	9521.73	3520.82
YBD	467.62	21967.72	10442.94	5460.91
GBD	341.07	22088.63	10905.88	815.67
Hospi	280.94	10213.89	2970.96	1953.94
Mart	71.50	4907.86	1276.00	815.67
Depart	167.19	9552.16	2405.52	1548.03
Edu	16.98	770.13	245.47	135.72
Road	17.97	1384.98	213.42	175.72
SUB	26.74	799.39	429.72	185.48
Park	29.58	2431.26	627.21	360.77
HAN_R	0.00	1.00	0.08	0.26
Un_Fac	0.00	1.00	0.98	0.14
CCCA	0.00	1.00	0.03	0.18
NWCA	0.00	1.00	0.12	0.32
SWCA	0.00	1.00	0.30	0.46
SECA	0.00	1.00	0.26	0.44
Slope* CCCA	0.00	16.60	0.08	0.78
Slope* NWCA	0.00	17.14	0.31	1.25
Slope* SWCA	0.00	10.19	0.39	1.17
Slope* SECA	0.00	9.39	0.33	0.95
Slope	0.00	18.47	1.66	2.30

〈표 3〉의 종속변수인 2015년 아파트 실거래가는 최저 1억 원부터 최고 39억 6천만 원이며, 평균은 5억 9백10만 원으로 나타났다. 아파트 가격의 극적인 차이는 지역적인 차이에서도 발생하지만 전용면적 또한 최소 13.51㎡부터 244.66㎡까지로 나타나 아파트 시장의 다양성과 그 규모를 가늠할 수 있다. 또한 아파트 단지의 총 세대수는 최대 6,864세대로 나타났으며, 가장 오래된 아파트는 준공 당해부터 39년의 범위를 나타내고 있다. 시설 접근성에 관한 변수는 평균값을 기준으로 백화점

은 2.4km, 대형마트는 1.27km, 교육시설은 0.25km, 근린공원 0.63km로 나타났다. 지하철역과의 거리와 도로와의 거리는 각각 26.74~799.39m, 17.97~1,384.98m로 나타났다.

2. 상관분석

본 연구에서 설정된 독립변수와 주택가격에 대한 Pearson's 상관분석을 실시하였다. 상관분석은 주택가격과 개별 독립변수 사이의 단순한 상관관계를 나타내는 장점이 있으나 다양한 변수의 파급효과를 고려할 수 없으며 동일한 변수일 경우에도 공간단위에 따라 상관계수가 변화될 수 있는 문제점을 염두에 두어야 한다(민인식·최필선, 2005; 이희연·노승철, 2015).

〈표 4〉에서 볼 수 있듯이 대부분의 변수가 유의미한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 다만 경사도(Slope)의 경우 본 연구의 가설과는 반대로 양(+)의 상관관계로 나타났는데 이는 다음과 같이 해석될 수 있다.

첫째, 다른 변수의 파급효과이다. 보행만족도에 관한 연구인 이수기 외(2016)의 경우에는 경사도(Slope)의 상관계수 값은 양(+)의 상관관계로 나타났지만, 회귀분석 결과 매우 유의미한 수준에서 경사도는 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.[34] 하지만 Duncan(2011)의 연구에서는 경사도의 상관관계는 양(+)의 상관관계로 그리고 분석결과 또한 주택가격에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같이 상관계수의 부호가 변화하는 이유는 상관분석만으로는 다른 변수가 미치는 효과까지 통제할 수 없기 때문이다.

둘째, 공간적 범위로 발생할 수 있다. 지역별 더미와 경사도의 상호작용항(Interaction terms)의 상관관계는 지역별로 그 부호가 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 지역별로 경사도의 영향력이 다르게 나타남을 추정할 수 있으며, 상관분석만으로는 잘못된 결론을 내릴 수 있다. 이처럼 지역별로 경사도의 영향력 추정이 요구되어 짐에 따라 본 연구에서는 지역을 5개 권역으로 나누어 분석을 실행한다.

표 4. 아파트가격과 상관분석
Table 4. Correlation analysis of APT Price

Category	Variables	Correlation Coef.
Apart-ment Complex Charact-eristics	LN_Area	.585**
	LN_HOUS	.301**
	P_LOT	.350**
	Brand	.334**
	Age	-.120**
Location Charact-eristics	LN_CBD	-.182**
	LN_GBD	-.651**
	LN_YBD	-.093**
	LN_Hospi	-.352**
	LN_Dept	-.261**
	LN_Mart	.081**
	LN_Edu	0.001
	LN_Road	-.097**
	LN_SUB	-.087**
	LN_Park	-.291**
	HAN_R	.125**
	Un_Fac	.052**
District Charact-eristics	CCCA	.084**
	NWCA	-.040**
	SWCA	-.201**
	SECA	.484**
	Slope*CCCA	.035**
	Slope*NWCA	-.044**
	Slope*SWCA	-.070**
	Slope*SECA	.330**
Geo features	Slope	.027*

*p<0.05, **p<0.01

3. 이분산 검정

본 연구의 추정결과의 신뢰성을 위해 White 검정을 실시하였다. White 검정은 쉽게 이분산성 검정을 할 수 있는 장점이 있지만 본 연구의 제곱항

(Age^2), 상호작용항(Slope*5대 권역)이 포함된 모형에서는 자유도를 빠르게 소모하게 되어 잘못된 이분산 검정이 될 수 있다(Gujarati and Porter, 2009).[35] 따라서 제곱항과 상호작용항을 제거한 모형(WMⅠ)과 포함한 모형(WM Ⅱ)으로 나누어 검정을 실시하였다. 그 결과 <표 5>의 WMⅠ·Ⅱ 두 모형 모두 등분산인 영가설(null hypothesis) 기각하여 이분산성의 존재를 추정할 수 있으며, 이에 따라 HC3를 적용하여 모형의 이분산성을 교정한다.

표 5. White's 이분산 검정 결과
Table 5. Result of White's heteroskedasticity test

	WM Ⅰ	WM Ⅱ
x^2	1867.01(174)	1937.41(252)
p> x^2	.000	.000

4. 추정결과

<표 6>에서 볼 수 있듯이 더미(dummy)처리된 변수와 다항회귀가 적용된 경과년수 변수를 제외한 모든 변수에 자연로그를 취하였다. 반면에 경사도(Slope)변수의 경우 자연로그를 사용하지 않은 이유는 본 연구에서 사용된 경사도(Slope;%)는 백분율(percentage;%)의 개념으로 기타 변수와 함께 탄력성으로 해석함과 동시에, 경사도가 영(zero)값을 포함하여 자연로그를 사용할 수 없기 때문이다.

분석모형은 경사도가 서울 전역에 미치는 영향 추정을 위한 모형(Ⅰ-1, Ⅰ-2, Ⅰ-3)과 지역별 특성을 감안한 서울시도시계획의 5대 권역을 더미로 활용한 ModelⅡ-1 그리고 5대 권역별로 다르게 나타나는 경사도의 영향력 추정을 위해 상호작용항(interaction terms)을 활용한 ModelⅡ-2로 구성되었으며, 이분산성 교정을 위해 HC3를 적용하여 분석을 실시하였다.[36]

ModelⅡ-1·2에서는 고용중심지와의 거리 변수(LN_CBD, LN_YBD, LN_GBD)와 5대 권역 더미 변수군 간에 꾸준한 다중공선성으로 인한 문제점이 의심되어 고용중심지와의 거리 변수 군을 제외하였다.[37] 이후 독립변수간의 다중공선성을 확인하는 VIF(분산팽창계수)는 모형 전체적으로 매우 낮은 수준(Min. 1.02~ Max. 2.72)으로 나타났다. 각 모형별로 수정된 R^2는 Ⅰ-1 = .545, Ⅰ-2 = .832, Ⅰ-3 = .850, Ⅱ-1 = .805, Ⅱ-2 = .812로 아파트가격을 구성하는 특성변수가 통제 될 때마다 상승하는 것을 알 수 있다. 다만 모형Ⅰ-3과 모형Ⅱ-1 간의 수정된 R^2의 계수 값 차이는 고용중심지와의 거리 변수간의 설명력 차이로 해석될 수 있다.

먼저 선행연구에서 다루어진 주택가격결정요인에 관한 변수들의 결과를 살펴보면, 아파트단지 특성(Apartment Complex Characteristics)은 모든 변수가 1% 유의수준에서 매우 유의미하게 나타났다. 해석은 전용면적이 넓을수록, 단지세대수가 많을수록, 세대 당 주차대수가 많을수록, 아파트 브랜드가 Top10에 포함 될수록 그리고 경과년수는 약 21년을 기점으로 재건축 효과로 하락하던 아파트 가격이 다시 상승한다는 것을 알 수 있다(이상경·신우진, 2001).[38]

다음의 입지특성(Location Characteristics)은 백화점 접근성변수를 제외한 모든 변수가 1% 유의수준에서 유의미하게 나타났으며, 접근성이 좋아질수록 아파트가격이 상승하는 요인은 GBD, YBD, 지하철역, 도로, 백화점, 교육시설, 공원, 종합병원(ModelⅡ)으로 나타났으며, 반대로 접근성이 좋지 않을수록 아파트 가격이 상승하는 요인은 대형마트[39]와 종합병원(ModelⅠ)[40], CBD[41]으로 나타났다. 또한 유해시설 더미변수의 경우는 200m밖의 경우 가격이 높게 나타나고(7~9%), 한강더미는 500m 이내의 경우 주택가격이 높은 수준

표 6. 실증분석결과
Table 6. Result of OLS (Double log)

Model	Ⅰ-1		Ⅰ-2		Ⅰ-3		Ⅱ-1		Ⅱ-2	
Variables	Coef.	HC3 Std.Err.	Coef.	HC3 Std.Err.	Coef.	HC3 Std.Err.	Coef.	HC3 Std.Err.	Coef.	HC3 Std.Err.
LN_Area	.765**	.017	.741**	.010	.745**	.010	.748**	.011	.750**	.011
LN_HOUS	.072**	.004	.086**	.003	.089**	.002	.083**	.003	.086**	.003
P_LOT	.248**	.019	.074**	.010	.064**	.010	.112**	.012	.109**	.012
Brand	.159**	.009	.063**	.006	.060**	.005	.070**	.006	.069**	.006
Age	-.044**	.002	-.038**	.001	-.037**	.001	-.039**	.001	-.040**	.001
Age^2	.002**	.000	.001**	.000	.001**	.000	.001**	.000	.001**	.000
LN_CBD			.067**	.007	.060**	.007				
LN_GBD			-.368**	.005	-.355**	.006				
LN_YBD			-.087**	.004	-.083**	.004				
LN_Hospi					.023**	.005	-.122**	.004	-.123**	.004
LN_Dept					-.010*	.004	-.040**	.005	-.041**	.005
LN_Mart					.017**	.004	.034**	.004	.034**	.004
LN_Edu					-.028**	.004	-.032**	.004	-.035**	.004
LN_Road					-.013**	.003	-.018**	.003	-.013**	.003
LN_SUB					-.052**	.004	-.045**	.005	-.047**	.005
LN_Park					-.043**	.004	-.064**	.004	-.059**	.004
HAN_R					.107**	.008	.157**	.011	.151**	.010
Un_Fac					.092**	.012	.067**	.015	.070**	.016
CCCA							.272**	.016	.347**	.019
NWCA							.099**	.008	.127**	.010
SWCA							.034**	.006	.037**	.007
SECA							.383**	.008	.337**	.010
Slope* CCCA									-.027**	.004
Slope* NWCA									-.009*	.003
Slope* SWCA									-.001	.003
Slope* SECA									.040**	.004
Slope	-.007**	.002	-.014**	.001	-.015**	.001	-.003*	.001	-.004*	.002
Intercept	6.926**	.079	10.728**	.074	11.100**	.085	8.875**	.075	8.837**	.075
Obs.	5680		5680		5680		5680		5680	
Adj. R^2	.545		.832		.850		.805		.812	

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$

(11~17%)으로 나타났다(김진유·이창무, 2005; 박운선·임병준, 2010; 김희재·전명진, 2013). 이와 같은 변수들의 분석 결과는 기존의 선행연구에서 알려진 바와 같이 나타났다.

본 연구의 주요변수인 경사도(Slope)는 전체 모형에 걸쳐서 아파트가격에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적인 경사도의 영향력은 다른 모든 상황이 같다고 가정 할 때, 경사도가 1% 상승 할 때 마다 주택가격이 서울 전체 모형인 ModelⅠ-1에서 －0.7%, ModelⅠ-2는 －1.4% 그리고 ModelⅠ-3의 경우에는 －1.5%으로 새로운 변수가 통제될 때 영향력은 더 강화되는 것으로

나타났다.

지역별 더미로 지역특성을 통제한 ModelⅡ-1의 경사도의 영향력은 -0.3% 으로 ModelⅠ-3보다 다소 약화되었으나,[42] 경사도가 주택가격에 미치는 영향력은 모형별로 통계적 유의성과 방향성에 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다. 즉, 경사도(Slope)는 서울 전체적으로 아파트 가격을 하락시키는 원인으로 추정될 수 있다. 또한 경사도(Slope)는 주요교통시설인 지하철역과 아파트 단지 간에 발생하는 거리 접근성과 관련하여 물리적 혹은 심리적으로 제한적(restrictive)역할을 하는 것으로 추정할 수 있다. 동시에 이 결과는 Duncan(2011)의 연구와 반대로 나타났는데, 이는 국가 또는 도시별로 다양한 주거수요가 나타나고 있음을 시사한다.

지역별로 나타나는 경사도의 영향력은 ModelⅡ-2의 개별 지역더미와 경사도간의 상호작용항으로 추정될 수 있다. 5대 권역별로 경사도의 영향력은 동북권(Slope:-0.4%), 서북권(Slope*NWCA:-1.3%), 도심권(Slope*CCCA:-3.1%), 동남권(Slope*SECA:+3.6%)으로 나타났으며, 서남권(Slope*SWCA: -0.5%)의 경우는 부(-)의 부호이지만, 통계적으로는 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이는 경사도가 동남권(강남 4구)에서는 주택가격에 강한 정(+)의 영향을 미치고 있으며, 반대로 이를 제외한 지역에서는 부(-)의 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 즉, 경사도(Slope)는 지역별로 미치는 영향력의 크기와 방향이 다르게 나타나고 있음을 추정할 수 있으며, 이와 같은 결과는 다음과 같이 설명 될 수 있다.

첫째, 주거환경에 대한 수요의 차이점이다. 경사도가 높은 지역이 갖는 상대적 장점인 조망가치 및 쾌적성 등 정(+)의 외부효과를 미치는 해당지역의 가격결정요인이 부각되어 다른 지역과 다른 영향으로 나타나는 것으로 판단될 수 있다.

둘째, 주요 이동수단의 차이점으로 볼 수 있다. ModelⅡ-1·2의 동남권(SECA; 0.383, 0.337)에 속하는 지역일 경우 주택가격이 (46.67% ~ 40.10%) 높은 것을 의미한다. 즉, 높은 주택가격과 관련하여 타 지역보다 고학력자 및 고소득자의 비율이 높아질 수 있다. 이에 따라 자가용 보유의 증가로 도보 및 대중교통보다 자가용 이용확률이 증가될 수 있다(이성우 외, 2004; 이혜승·이희연, 2009). 즉, 차량이동의 영향으로 인한 경사도의 접근성 제한이 상쇄되어 결국 양(+)의 영향을 미치는 것으로 추측될 수 있다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 아파트의 실거래 가격과 기존의 연구에서 증명된 변수를 활용하여 지형의 특성이 아파트 매매가격에 미치는 영향력에 대한 실증 분석하는 것을 목적으로 하였다. 이에 따라서 주요 교통시설인 지하철역과 아파트 단지 간에 발생하는 경사도(rise/run;%)를 활용하였으며, 동시에 분석결과의 신뢰성을 위해 HCSE(HC3)로 이분산 교정을 실시하였다.

분석결과에 따르면 본 연구의 주요변수인 경사도는 서울 전체모형에서 매우 유의미한 수준에서 부정적 외부효과(negative external effect)로 나타나며, 그 영향력은 아파트의 백분율(%)가격 대비 -1.5%까지 나타났다. 또한 지역을 통제한 모형(Ⅱ-1)에서도 경사도의 영향력이 다소 감소하였지만 여전히 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 권역별 경사도의 영향력을 추정한 상호작용항(interaction terms)이 포함된 모형(Ⅱ-2)에서는 한강 이북 지역의 경우 부(-)의 영향을 미치며, 동남권(강남 4구)에서는 뚜렷한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 추정되었다.

추정결과에 따라 주요변수인 경사도(Slope)의 특

징과 시사점은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 경사도(Slope)는 아파트가격결정요인으로 주택가격에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 이는 주요교통시설과의 접근성의 가치는 거리(distance)만으로 결정되지 않는다는 것을 의미하며, 주택과 주요시설 사이의 경사도로 인하여 발생되는 접근제한성과 함께 복합적으로 작용하여 주택가격에 영향력이 발휘된다는 것을 알 수 있다. 하지만 지금까지의 주택가격결정요인과 관련한 연구에서는 경사도를 활용한 연구가 전무한 실정이다. 이에 따라서 본 연구의 결과는 접근성과 관련한 새로운 관점을 제시함으로써 그 의의를 갖는다.

둘째, 경사도의 영향력 크기와 방향은 도시들 간에는 물론 같은 도시 안에서도 다르게 나타날 수 있다는 점이다. 본 연구를 통해 서울 내에서도 지역별로 영향력의 크기가 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 또한 경사도는 동남권(강남 4구)에서 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 한강 북부 지역에서는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 다음과 같이 추측될 수 있다. 지역 마다 주요교통시설과의 접근성보다 오히려 경사도가 높아짐에 따라 증가할 수 있는 조망가치와 같은 쾌적성(amenity)에 대한 선호로 인하여 주택가격이 증가할 수 있으며(Duncan, 2011), 반면에 대중교통시설과의 접근성이 더 중요한 지역에서는 경사도가 부(-)의 영향을 미칠 수도 있음을 의미한다. 즉, 주택가격과 관련된 지역민의 생활패턴과 지역기반시설 그리고 주요이동수단의 차이에 따라서 경사도가 갖는 의미가 다르게 해석될 수 있음을 시사한다.

마지막으로, 기존 공시지가와 관련한 선행연구와의 차이점이다. 연구대상이 토지와 주택인 차이로 상호간에 직접적인 비교는 어렵겠지만, 이는 부동산 감정평가에서의 평가방법과 연관하여 조심스럽게 접근해볼 수 있다.[43] 기존의 공시지가자료에 기반 한 국내 선행연구에서는 평지 이외의 기타지는 부동산 가치에 부(-)의 영향을 미치는 요인으로 평가되고 있다(채미옥, 1998; 서경천·이성호, 2001a; 서경천·이성호, 2001b; 안혜진·이성호, 2002). 반면, 본 연구는 접근성의 제한에도 불구하고 경사도가 주택가격에 부(-)의 영향과 정(+)의 영향을 미칠 수 있다는 것을 실증하였다.

즉, 본 연구는 경사도가 주택가격에 미치는 영향을 단면적(one-sided)이 아닌 양면적(two-sided) 시각으로 접근할 수 있는 기초적인 단초를 제공했다는 점에서 또 다른 의의가 있을 것이다.

본 연구는 주택가격결정요인과 관련한 연구에서 일반적으로 사용되어온 거리에 따른 접근성 개념을 벗어나 지형에 따른 경사도가 주택가격에 미치는 영향을 실증했다는 점에서 중요한 시사점을 제공하였다. 하지만 상기된 시사점에도 불구하고 다음과 같은 한계점이 존재한다.

본 연구의 한계점은 분석모형의 한계와 지역별 샘플 수의 부족으로 더욱 면밀하게 하부시장을 고려하지 못한 점 그리고 공간 효과와 시간 효과를 고려하지 못한 점으로 요약될 수 있다. 본 연구는 선형회귀분석을 적용한 전통적 헤도닉가격모형을 활용하였다. 헤도닉가격모형의 우수성에도 불구하고 분석방법에 관한 비판도 함께 존재한다. 특히, 주택시장은 입지의 고정성으로 인해 공간적 제한을 가지며, 동시에 하위시장을 형성하여 시간경과에 따라 하위시장별로 독립적으로 변화한다. 이에 헤도닉가격모형으로 다양한 공간적 특성과 주택시장의 시간에 따른 동태적 과정을 분석하기에는 부족한 분석으로도 평가된다(허세림·곽승준, 1997; 최창식·윤혁렬, 2004). 따라서 추후에는 본 연구의 한계를 기반으로 공간 효과와 시간 효과를 고려한 연구방법을 통해 주택하부시장별로 경사도가 미치는 영향이 다르게 나타나는 원인을 심도 있게 살펴봐야 할 것이다.

주1. 우리나라 절반의 인구가 밀집한 수도권의 경우도 주거지로 개발이 가능한 구릉지(해발 40~200m)가 전체 지형의 50.69%를 차지하고 있으며, 전체 지형 중 개발이 가능한 경사도 10°~30°사이의 경사지는 62.98%를 이루고 있으며, 서울의 경우에도 높은 산지와 낮은 구릉지는 서울전체 605㎢중 임야 160㎢를 제외한 나머지 면적 445㎢에 걸쳐 분포되어 있음(서울특별시, 2008).

주2. 교통약자란 노령자 및 어린이, 임산부 그리고 장애인과 비용부담으로 자유로운 이동에 제한을 받는 저소득층을 포함하며 2015년 '교통약자 이동편의 실태 조사'에 따르면 2014년 말 기준 12,985,611명(오성훈·남궁지희, 2011).

주3. 경사지에서의 접근성 해소를 위한 차량이용의 증가로 미세먼지 및 소음 발생을 초래할 수 있으며, 경사(Slope)에 따른 저항력 발생으로 연비저하와 자전거 이동의 어려움 그리고 보행자의 다양한 행위가 제한되고, 겨울철 빙판길로 인한 차량접근과 낙상사고발생 증가로 이어질 수 있음(박진호, 2000; 김형진 외, 2009; 지정현·박승하, 2009; 오성훈·남궁지희, 2011).

주4. 성동구 래미안 하이리버, 금호자이 1차, 금호자이 2차의 경우 해발 30~70m 사이에 위치하며 상기한 3개 아파트 단지는 2012년에 입주함. 주택가격은 경사(Slope)가 상대적으로 높은 아파트 단지와 낮은 아파트 단지와의 가격은 1억 원 차이남. 기사의 인터뷰에서 높은 경사지의 접근성의 부족으로 나타남(김사무엘, 2015.09.14.).

주5. 부동산 평가 실무에서「공동주택의 조사 및 산정지침」제11조(가격형성요인의 검토)에서 지정하는 외부요인, 건물요인 및 개별요인 중, 접근성, 자연환경, 혐오시설, 경제적·행정적 요인과 조망, 개방감, 일조, 채광을 포함함 위치 및 향별 효용을 검토항목을 제시하고 있지만 경사도로 인한 접근성의 제한은 언급되어 있지 않음.

주6. Cevero and Duncan(2003)은 경사도가 다른 지역에서의 미치는 영향력에 대한 의문점을 제기하여, 지역에 따라 경사도의 영향력이 다르게 나타날 수 있다고 추정할 수 있음.

주7. San Diego Trolley의 하루 평균 수송 인원은 10만명, 노선 총 연장 80㎞, 53개 역(station)으로 구성. 서울을 통과하는 지하철은 14개 노선과 총 361개 역, 서울시의 9개 노선의 일 평균 수송 인원 7,234,230명(서울통계, 2015년 기준).

주8. 표준지공시지가를 통한 개별지가산정을 위한 비준표 작성에서도 더블로그형태의 추정식을 사용하고 있음. 개별지가산정을 위한 비준표는 다중회귀모형을 분석틀로 사용하며 더블로그 추정식과 지가함수 추정결과가 설명변수 차이에 따른 가격증감 배율을 계산하는데 쓰임. 정확한 추정방법에 대한 다양한 연구가 제시되고 있지만 행정의 효율성과 인력의 제한, 적정성을 고려하여 현재까지도 이 작성기법을 적용하고 있음(손재영·안홍기, 1994, 채미옥, 2006).

주9. 로그(log)변환에 따른 선형회귀분석의 가정에 대한 위험 완화도 제한적일 수 있음. 잔차통계량과 정규확률점도표(P-P), 잔차산포도, 히스토그램 등을 활용한 다양한 검토가 필요함(김광영·안정근, 2010).

주10. 임재현(1998)은 1998년 당시 55개의 국내·외 주택특성가격이론을 이용한 논문을 분석한 결과, 다중공선성(multicollinearity)과 이분산(hetoroscedasticity) 문제를 다루지 않음을 지적함. 이분산성 문제가 발생하면 추정치는 비효율적으로 됨. 단, 본 연구자가 조사한 바에 따르면 헤도닉가격모형 연구에서 다중공선성 문제는 중요하게 다루며, 이분산성 문제는 소홀하게 다루어지고 있음.

주11. HCSE는 White(1980)에 의해 계량경제학자들에게 알려졌으며 이는 다시 HC0로 구체화됨. HCCM(heteroscedasticity consistent covariance matrix), Eicker-Huber-White standard errors 또는 White standard errors으로도 알려져 있음.

주12. 이분산의 검정에는 널리 활용되는 White검정 이외에도 상황에 따라 산포도를 활용한 방법과 Breusch-Pargan-Godfery, BPark, Glejser, Spearman 순위상관검정, Goldfeld-Quandt검정 등 활용가능. 본 연구에서 활용된 White 검정은 다양한 제약에 의존하지 않고 쉽게 시행 가능.

주13. HCSE는 추정 조건 및 방법에 따라 HC0, HC1, HC2, HC3, HC4 나누어짐, 본 연구에서 HC3를 적용하는 이유는 선행연구에서 그 우수성을 인정받음, Mackinnon and White(1985)과 Davidson and Mackinnon(1993)의 연구는 HC0 대신 HC2와 HC3가 더 효과적이라고 증명함. Long and Erivin(2000)은 일반선형회귀모형과 네 가지 HCSE추정방식을 비교분석하였는데, HC3가 가장 뛰어난 이분산성 해결능력을 보여주었으며, Crivari-Neto et al.(2005)의 시뮬레이션 결과에서도 HC3의 사용이 권장됨.

주14. 상호작용항은 $X_1 * X_2$에 의해 다중공선성과 척도 종속성의 문제가 발생함. 다만 독립변수가 더미변수일 경우 다른 변수에 평균변환이 필요 없음(이유재, 1994). 단, 더미변수일 경우에도 변수 간 다중공선성을 낮추기 위해 연속형변수에 평균집중화를 하도록 권장됨(Aiken et. al., 1991; Jaccard and Turrisi, 2003). 본 연구는 상호작용항의 최대 분산팽창지수(VIF) 2.725로 다중공선성 문제가 없다고 판단하여 평균집중화하지 않음.

주15. 서울시내의 아파트 단지는 4,214개 이며, 전체 1,524,297세대 임(서울시통계, 2015년 기준).

주16. 도시계획법에 지구상세계획지침에서 제시하는 역세권의 범위는 500m이며 다양한 국내·외 보행권역 및 역세권 연구에서는 400m, 500m, 600m, 800m, 1km, 1.4km 등 다양한 권역으로 설정됨. 지하철 주변에 주요 근린사업시설이 입지하여 지하철 이용객의 접근수단 분담율은 '도보 접근'이 다른 교통수단에 비하여 절대적으로 높은 67.59%를 차지함(김대웅 외, 2002). 또한 오성훈 외(2011)는 800m를 보도 약

10분 거리라고 함. 본 연구는 보행의 영향력 및 아파트 단지의 규모를 감안하고, 완충지역을 포함 800m를 보행권역으로 설정.

주17. 아파트 가격과 관련한 선행연구에서 사용한 방법으로 단지 내 동일평형 평방미터가격을 종속변수 선정하였음(Bea, et al., 2003; 정수연, 2006; 김광영·안정근, 2010; 박운선·임병준, 2010; 김정희, 2014; 강수진·서원석, 2015).

주18. 상이한 정보는 naver부동산을 기준으로 함.

주19. 산지관리법상 경사도 관련 법 규정에 따르면 산지관리법 시행규칙과 산림청 지침에서는 국립지리원에서 발행한 수치지형도를 사용할 시에 축적(1:5,000)과 격자크기(10m*10m)로 규정됨. 본 연구는 신뢰성을 위해 산림청 규정에 따름.

주20. 경사도(%)를 절댓값으로 변환한 이유는 기준점인 주요교통시설의 표고(altitude)가 해당아파트 단지의 기준점보다 낮은 경우 경사도는 음(-)의 값이 되는데, 주거목적의 아파트(주택)에서 주요교통지점의 이용은 왕복이동을 함. 이에 경사도를 절댓값으로 설정하였음. 엄밀한 경사도 추정을 위해 음과 양의 경사도로 나누어 추정해야하지만, 이는 본 연구의 목적범위를 벗어남.

주21. 삼척시 도시계획조례 제21조 제1항의 위임된 입목본수도 및 경사도 산정방법 중 '경사도 산정규칙' 참고. 이는 보다 엄밀한 지형의 경사도를 측정이 가능한 장점이 있지만, 동시에 서울과 같은 대도시의 대량으로 복잡한 경로에 따른 경사도를 일반화의 어려움이 발생하는 단점이 발생.

주22. '2015서울유동인구조사' 결과 상위 10위의 보행은 모두 지하철역 주변에 해당됨.

주23. 「2016서울서베이 도시정책지표조사」에 따르면, 주거지 선택 시 고려사항의 1위는 '경제적 여건(60.3%)'이 그 다음으로 '교통여건(37.5%; 교통이 편리한 곳, 직장과 가까운 곳)으로 나타남.

주24. 서울시 1일 교통수단별 통행현황에 따르면 2014년 기준 '지하철·철도'의 분담률은 39%이며, 1996년(29.4%) 이후 꾸준한 증가추세를 보임. 도로를 기반한 교통수단의 1996년~2014년 분담률은 승용차 24.6%~22.8%, 버스 30.1%~22.8%, 택시 10.4%~6.8%로 나타나 도로를 이용한 교통수단의 선호도는 감소하고 있음, 즉, 서울시내에서 지하철역의 중요성이 점차 확대되고 있음.

주25. 3대 고용중심점은 김진유·이창무(2005)의 연구방법 참고하여 설정함. 행정동의 고용밀도를 기반하여 CBD에서는 명동, GBD에서는 역삼1동, YBD는 여의도동의 중심점을 기준으로 하였음.

주26. 행정안전부 도로명주소의 도로별 구분기준으로 대로(8차로 이상), 로(2차로에서 7차로까지), 길('로'보다 좁은 도로)로 분류됨, 본 연구의 도로는 '로(路) 이상'(2차로 이상)으로 기준설정.

주27. BSTI(BrandStock Top Index)는 2006년 5월 19일 BM특허(제10-0583657호)를 획득한 브랜드가치 평가모델임, http://www.brandstock.co.kr/

주28. 김경민 외(2010)에 의하면 초등학교 학군의 영향력이 중·고등학교 학군보다 큰 것으로 나타남. 하지만, 본 연구는 서울시 전체를 대상으로 주택가격결정요소들이 미치는 영향을 추정하므로 지역별·개별세대의 특성으로 나타나는 학군수요를 배제하기 위해 초·중·고를 교육변수로 선정함. 또한, 특목고는 거주지와 상관없이 지원가능하며, 초중고 재학 중 전입전출에 대한 법적인 제한과 중고등학교 입학을 위한 최소거주기간 제한은 2000년 초반부터 사라짐.

주29. 상급종합병원은 보건복지부령 제3조의4에 의거, 종합병원 중, 전국 43개, 서울 14개 지정. 기간은 3년마다 재지정 및 지정취소 가능. 현 지정기간은 2015년 1월1일~ 2017년 12월 31일.

주30. ArcGIS의 버퍼링(buffering)옵션으로 반경500m로 설정 후 구득.

주31. 근린공원의 기준은「도시공원·녹지의 유형별 세부기준 등에 관한 지침」에 의거 도시공원 유형별 세부기준으로 분류된 근린공원을 추출함. 근린공원은 유치거리에 따라 그 규모가 제한되지만 최소 1만㎡의 공원을 의미함.

주32. 쓰레기매립지와 같은 대규모 유해시설의 영향력의 범위는 행정구역을 비롯해 반경 수 km까지 영향을 미칠 수 있으나(윤인진 외, 2007), 서울 시내의 소규모 유해시설의 영향력을 구분하기 위해서 그 범위를 반경 200m기준으로 더미변수로 추정하였음. 200m로 설정한 이유는 해당시설까지의 접근빈도가 많지 않으며, 매우 근접할 경우에 영향력을 미친다고 가정함. 김정태(1996), 유승도 외(2010)는 철도의 진동 및 소음이 200m까지 발생하는 점을 들어 유해시설로부터 발생하는 진동 및 소음과 유사할 것으로 판단하여 적용함.

주33. 5대 권역은 도심권(종로구, 중구, 용산구), 동북권(동대문구, 성동구, 광진구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구), 서북권(은평구, 서대문구, 마포구) 서남권(양천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 구로구, 금천구, 강서구), 동남권(강남구, 서초구, 송파구, 강동구)으로 되어있음.

주34. 경사도가 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구는 국내에서 전무함. 따라서 직접적인 비교는 힘들지만 보행만족도와 경사도의 상관관계를 살펴본 이수기 외(2016)를 참고하였음.

주35. 제곱항과 교차곱항이 검정모형에 포함될 경우 이분산 혹은 표기오차 또는 두 가지 모두에 관한 검정이 될 수 있음. 단, 모형 내 제곱항과 교차곱항이 없다면 White 검정은 순수한 이분산검정이 됨(Gujarati and Porter, 2009).

주36. 변수의 통계적으로 가장 적합한 모델을 산출하기 위해 적용하는 전진선택법(forward), 후진제거법(backward), 단계선정방법(stepwise)를 모두 확인하여 변수를 선정하였음(ModelⅠ-3 기준). 분석모형에서 다른 모델보다 더블로그가 모형적합성과 결정계수 모두 가장 높게 나타남.

Model	$adj.R^2$	F	$sig.$
Classic	.745	869.017	.000
Semi-log	.818	1342.082	.000
Inv.semi-log	.757	985.829	.000
Double-log	.851	1703.822	.000

주37. 5대 권역 더미변수와 고용중심지와의 거리 간의 다중공선성은 (8.55~5.05)로 나타남. VIF 10 이하일 때 다중공선성 문제가 없다고 판단하지만, 엄밀한 기준(VIF 5이하)과 독립변수간의 상관관계가 0.5이상일 때 다중공선성을 의심할 수 있음. 5대 권역 더미변수와 고용중심지와의 거리를 회귀분석을 실시한 후, 지역더미의 계수 값과 유의확률의 변화가 발견되었으며 해당 변수들 간의 상관분석 결과 최대 0.69로 다중공선성이 지속적으로 의심되어 고용중심지와의 접근성 변수를 제거하였음. 단, VIF 10기준으로 두 변수군 사이에 다중공선성 문제가 없다고 가정할 경우, 고용중심지와의 접근성 변수를 투입한 경우에도 경사도의 영향력은 유의미한 수준에서 –1.0%로 경사도는 부(-)의 영향을 미쳤음.

주38. 변수 2차 함수를 사용한 Age²는 1차 함수의 비선형 함수이므로 회귀분석의 다중공선성 가정에 위배되지 않음(Gujarati and Poter, 2009).

주39. 백화점의 경우는 가까워질수록, 마트의 경우 멀어질수록 가격이 상승하는 경향을 보임(김희재·전명진, 2013).

주40. 박운선·임병준(2010)은 서울 전체적으로는 종합병원과 근접할수록 가격이 하락한다고 하였으며, 서원석·안태선(2010)은 수도권에서 병원과 근접하면 가격이 상승하였음. 또한, 1,000세대 대형아파트 단지의 가격결정요인을 연구한 김광영·안정근(2010)에 따르면 종합병원과의 접근성은 유의하지 않게 나타남.

주41. CBD와 접근성은 서울이 다핵도시로 바뀌어 도심 접근성보다 부도심(GBD, YBD)의 접근성이 더 중요해지고 있음을 의미함.

주42. 이는 5개 권역의 지역특성이 통제되면서 여타 독립변수들의 계수 값이 변화하는 현상과 동일한 맥락으로 파악될 수 있음.

주43. 부동산 감정평가에서는 토지특성조사의 지세를 판단하여 토지의 내재된 가치를 평가하는 항목이 존재함. 부동산 감정 전문가는 도로 또는 주위의 지세를 기준으로 저지, 평지, 완경사, 급경사, 고지로 나누어 평가함. 특히, '저지, 평지, 고지'는 본 연구에서의 경사도 개념과 유사함.

인용문헌
References

1. 강수진·서원석, 2016. “지하철 노선 및 역사특성이 아파트 매매가격에 미치는 영향 분석”, 「국토연구」, 89: 149-162.
   Kang, S. J. and Seo, W. S., 2016. “Investigating Impacts of Subway Line and Station Features on Apartment Resale Prices”, *The Korea Spatial Planning Review*, 89: 149-162.
2. 강현미·박소현, 2009. “구릉지 아파트단지의 보행환경 특성에 관한 연구”, 「계획계」, 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 Planning & Design*, 25(6): 187-196.
3. 권일·강병기, 1995. “신시가지 토지이용변화의 발생순서에 관한 실증적 연구(Ⅰ)”, 「국토계획」, 30(4): 93-109.
   Kwon, L. 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.
4. 권일·강병기, 1996. “신시가지 토지이용변화의 발생순서에 관한 실증적 연구(Ⅱ)”, 「국토계획」, 31(2): 47-59.
   Kwon, L. and Kang, B. K., 1996. “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.
5. 국토교통부, 2016. 「2016 국토의 계획 및 이용에 관한 연차보고서」, 세종.
   Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016. *2016 Annual report on the planning and use of the land*, Sejong.
6. 김경민·이의준·박대권, 2010. “초・중・고등학교 수요가 서울시 구별 아파트 가격에 미치는 영향”, 「국토연구」, 65: 99-113.
   Kim, K. M., Lee E. J. and Park, D. K., 2010. “Influence of Elementary and Secondary Schools Demand on Apartments Prices of Each Borough in Seoul”, *The Korea Spatial Planning Review*,

65: 99-113.
7. 김경환·손재영, 2011. 「부동산경제학」, 서울: 건국대학교출판부.
Kim, K. H. and Son, J. Y., 2011. Real Estate Economics, Seoul: *Konkuk univ. publishing department*, 156-198.
8. 김광영·안정근, 2010. "서울시 1,000세대 이상 대규모 아파트단지의 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.
9. 김대웅·유영근·최한규, 2002. "지하철 도보역세권 설정방법과 적용에 관한 연구", 「국토계획」, 37(5): 177-186.
Kim, D. O., Ryu, Y G., and Choi, H. G., 2002. "A Study on the Setting up Method of Subway Access/Egress Area by Walking and its Application", *Journal of Korea Planning Association,* 37(5): 177-186.
10. 김정태, 1996. "고속철도소음의 전파특성", 한국소음진동공학회 학술대회논문집, 부산: 부산대해양과학연구소.
Kim, J. T., 1996. "Noise Propagation Characteristics for High speed Train in Outdoors", Paper presented at Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, Busan: Pusan National Univ. Marine Research Institute.
11. 김정희, 2014. "서울시 아파트 실거래가의 변화패턴 분석", 「한국지형공간정보학회지」, 22(1): 63-70.
Kim, J. H., 2014. "Analysis of Pattern Change of Real Transaction Price of Apartment in Seoul", *Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information Science*, 22(1): 63-70.
12. 김진유·이창무, 2005. "어메니티요소가 주택가격에 미치는 영향력의 시계열적 변화", 「국토계획」, 40(1): 59-74.
Kim, J. Y. and Lee, C. M., 2005. "Dynamics of Amenity Effects on Housing Price", *Journal of Korea Planning Association*, 40(1): 59-74.
13. 김현태·남진, 2012. "서울시 가구특성에 따른 생활권별 주택 점유형태 및 유형 선택에 관한 연구", 「서울도시연구」, 13(2), 155-173.
Kim, H. T. and Nam, J., 2012. " A Study on the Choice of Housing Tenure and Housing Types According to Household Characteristics of Life Zones in Seoul", *Seoul Studies,* 13(2): 155-173.
14. 김형진·김영석·김상진·박찬규, 2009. "경사지 아파트의 계획 특성에 관한 연구", 「대한건축학회연합논문집」, 11(1): 27-36.
Kim, H. J., Kim, Y. S., Kim, S. J., and Park, C. K., 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.
15. 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*, 53: 114-128.
16. 남형권·서원석, 2016. "교육시설 인접성이 아파트 가격에 미치는 공간적 영향분석", 「부동산연구」, 26(2): 97-109.
Nam, H. G. and Seo, W. S., 2016. "Dynamic Impacts of Saptial Proximity of School on Apartment Resale Prices", *Korea real estate research institute*, 26(2): 97-109.
17. 민웅기, 2006. "공시지가에 영향을 미치는 토지특성에 관한 연구-전주시 덕진구를 중심으로", 「주거환경」, 4(1): 99-113.
Min, W. K., 2006. "A Study of a land special quality effect on Posted Land Price - Focused on Duckjin-Gu in Jeonju City", *Journal of The Residential Environment Institute of Korea*, 4(1): 99-113.
18. 민인식·최필선, 2015. 「STATA 기초 통계와 회귀

분석」, 서울: 지필미디어.
Min, I-S. and Choi, P-S., 2015. *STATA Statistics and Regression Analysis,* Seoul: JiPhil media.
19. 박소현·최이명·서한림, 2008. "주거지 물리적 보행환경의 특성차이에 관한 연구", 「계획계」, 24(2): 215-226.
Park, S. H., Choi Y. M., and Seo H. L., 2008. "Characteristic Differences of Pedestrian Environments in Residential Neighborhoods - A Case Study of Gahoe, Sungsan, Shiheong, Sanggye, Gaepo, and Hangdang", *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 24(2): 215-226.
20. 박운선·임병준, 2010. "헤도닉 가격모형을 활용한 아파트 가격결정요인 분석",「대한부동산학회지」, 28(2): 245-271.
Park, W. S. and Rhim, B. J., 2010. "A Study on the Factors Affection Apartment Price by Using Hedonic Price Model", *Korean Journal of Real Estate*, 28(2): 245-271.
21. 박지훈·김경진, 2012. "시대변천에 따른 주거지 입지환경 변화 연구-대전분지의 청동기시대와 원삼국시대를 사례로", 「한국지형학회지」, 19(2): 99-111.
Park, J. H. and Kim K. J., 2012. "Study on changes of environment of location of dewelling site based on change of period-Cases of Daejeon Basin in the Bronze Age and the Proto Three Kingdoms Period", *Journal of the Geomorphological Association,* 19(2): 99-111.
22. 박진호, 2000. "경사부하가 차량 개발에 미치는 영향-연비를 중심으로", 한국자동차공학회 학술강연 논문집, 대전: 한국과학기술원.
Park, J. H., 2000. "An Effect of Road Grade Resistance on the Development of a Vehicle-from the Standpoint of Fuel Economy", Paper presented at Academic lecture on Korean Society of Automotive Engineers, Deajoen: KAIST.
23. 서경천·이성호, 2001a. "지가의 공간적 변동에 따른 입지지대의 분석에 관한 연구", 「국토계획」, 36(1): 55-71.
Seo, K. C. and Lee, S. H., 2001a. "The Analysis of Location Value and Spatial Variation of Land Prices", *Journal of Korea Planning Association*, 36(1): 55-71.
24. 서경천·이성호, 2001b. "공간적 자기회귀모델과 토지시장분할에 의한 효율적 지가추정에 관한 연구", 「국토계획」, 36(4): 77-94.
Seo, K. C. and Lee, S. H., 2001b. "The Efficient Estimation of Land Value using Spatial Autoregressive Model and Land Market Segmentations", *Journal of Korea Planning Association*, 36(4): 77-94.
25. 서경천, 2003. "부동산 가격 추정에 있어서 비모수적 헤도닉 방법을 도입한 공간적 변동성 측정', 「한국지역개발학회지」, 15(2): 183-203.
Seo, K. C., 2003. "The Measurement of Spatial Variation by Nonparametric Hedonic Method in the Estimation of Real Estate Price - The Case of Western Busan Metropolitan City", *Journal of The Korean Regional Development Association*, 15(2): 183-203.
26. 서원석, 2010. "박스콕스 모형을 이용한 주변지 환경이 주택 매매가격에 미치는 영향 연구". 「국토계획」, 45(2): 179-191.
Seo, W. S., 2010. "Effects of Surrounding Land Environments on Housing Resale Prices using Box-Cox Model", *Journal of Korea Planning Association*, 45(2): 179-191.
27. 서원석·안태선, 2010. "신도시 인접개발 특성이 아파트가격에 미치는 영향", 「부동산학연구」, 16(3): 57-70.
Seo, W. S. and An, T. S., 2010. "The Impact of New Town Adjacent Development on Apartment Prices", *Journal of the Korea Real Analysis Association*, 16(3): 57-70.
28. 손재영·안홍기, 1994. "box-cox 변형을 이용한 지가함수의 추정", 「한국개발연구」 16(2): 21-49.
Son, J. Y. and, Ahn, H. K., "Estimation of land use function using box-cox transform", *Korea Development Institute*, 16(2): 21-49.
29. 서울시정개발연구원, 1995.「구릉지 재개발 아파트

의 대안적 형태 개발」. 서울.
Seoul Development Institute, 1995. *Proposed Policy Guidelines for Hillside Housing Redevelopment*. Seoul.
30. 서울특별시, 2008.「구릉지에 적합한 재개발 정비 모델 연구」, 서울.
Seoul Metropolitan Government, 2008. *Study on redevelopment maintenance model suitable for hilly area*, Seoul.
31. 서울특별시, 2015.「2015 서울 유동인구조사 보고서」, 서울.
Seoul Metropolitan Government. 2015. *2015 Seoul floating population Report*. Seoul.
32. 서울특별시, 2016. 「2016 서울서베이」, 서울
Seoul Metropolitan Government, *2016 Seoul Survey*, Seoul.
33. 안영수·장성만·이승일, 2012. "GIS 네트워크분석을 활용한 도시철도역 주변지역 상업시설 입지분포 패턴 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 - Focused on Sillim Station of Seoul Subway Line 2", *Journal of Korea Planning Association*, 47(1): 199-213.
34. 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.
35. 오성훈·남궁지희, 2011. 「보행도시 좋은 보행환경을 위한 12가지 조건」, 안양: 건축도시공간연구소.
Oh, S-H. and Namgung, J-H., 2011. *Walking City 12 conditions for good walking environment*. Anyang: Institute of Architectural Urban Space.
36. 유승도·신동석·설증민·강대준·박준철·이재인, 1997. "경부선 철도진동의 특성과 영향범위. 소음·진동", 7(4): 597-604.
You, S. D., Shin, D. S., Seol, J. M., Kang, D. J., Park, J. C., and Lee, J. I., 1997. "Characteristic and Propagation of Railroad Vibration in Kyoungbu Line", *Journal of KSNVE*, 7(4): 597-604.
37. 윤나영·최창규, 2013. "서울시 상업가로 보행량과 보행 환경 요인의 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.
38. 윤인진·박성훈·진영선·배은식·박규홍, 2007. "쓰레기 매립지와의 거리에 따른 매립지 수용의 결정요인 및 중요도 변화 분석",「서울도시연구」, 8(4): 53-71.
Yoon, I. J., Park, S. H., Jin, Y. S., Bea, E. S., and Park, K. H., 2007. "A Study on Determinants in Accepting Landfill Location and Their Changing Significance by Distance to Landfill Location", *Seoul Studies*, 8(4): 53-71.
39. 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 - A Case study of 40 Areas in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 42(6): 105-118.
40. 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.
41. 이석주·이주형, 2011. "서울시 아파트 전세가격 결정요인의 권역별 특성에 관한 연구",「한국생태환경건축학회 논문집」, 11(4): 19-27.
Lee, S. J. and Lee, J. H., 2011. "A Study on Characteristics of Determining Factor of Rental

Price of Apartment by Sub-regions in Seoul", *The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 11, (4): 19-27.

42. 이성우·지우석·조중구, 2004. "조건부 로짓모형을 이용한 도시와 농촌의 통근 행태 비교, 1990-2000", 농촌경제, 27(4): 29-53.
Lee, S. W., Ji, W. S. and Cho, J. G., 2004. "Comparison of Commuting Behavior between Urban & Rural Areas using Conditional logit mode, 1990-2000", *Rural Economy*, 27(4): 29-53.

43. 이성원·허식, 2011. "서울시 주거용지 가격의 분위회귀분석", 「산업경제연구」, 24(2): 591-612.
Lee, S. W. and Lee, S. H., 2011. "Quantile Regression Analysis on the Residential Land Values in Seoul", *Journal of Industrial Economics and Business*, 24(2): 591-612.

44. 이소희·구신회·전영우·박영진, 2015. "도로경사와 연령별 보행속도 차이를 고려한 자연재난 대피소의 입지분석", 「한국지형공간정보학회지」, 23(2): 69-77.
Lee, S. H., Goo, S. H., Chun, Y. W., and Park, Y. J., 2015. "The Spatial Location Analysis of Disaster Evacuation Shelter for Considering Resistance of Road Slope and Difference of Walking Speed by Age - Case Study of Seoul, Korea", *Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information Science*, 23(2): 69-77.

45. 이수기·고준호·이기훈, 2016. "근린환경특성이 보행만족도에 미치는 영향 분석", 「국토계획」, 51(1): 169.
Lee, S. G., Ko, J. H. and Lee, G. H., 2016. "An Analysis of Neighborhood Environment Affecting Walking Satisfaction", *Journal of Korea Planning Association*, 51(1): 169-187.

46. 이슬기·이우성·백수경·정성관·박경훈, 2013. "근린생활권의 물리적 환경이 신체활동 목적의 공원이용에 미치는 영향", 「국토계획」, 48(7): 5-21.
Lee, S. G., Lee, W. S., Baek, S. K., Jung, S. G., and Park, K-H., 2013. "The Influence of Neighborhood-based Physical Environment on Park Usage for Physical Activity - Focused on Changwon-si in Korea", *Journal of Korea Planning Association*, 48(7): 5-21.

47. 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 Analysis Association*, 14(1): 81-87.

48. 이진경, 2009. "가구소득대비 부담가능주택 특성분석", 「국토계획」, 44(7): 97-108.
Lee J. K., 2009. "Characteristics of the Affordable Housing Based on Disposable Income of Households in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 44(7): 97-108.

49. 이진경, 2013. "서울시 5대 생활권별 정비사업구역내 거주민 주택유형선택 요인분석", 「부동산연구」, 23(1): 97-112.
Lee, J. K., 2013. "The Househoder's Preference for Housing Type in Redevelopment and Reconstruction Area of Seoul", *Korea real estate research institute*, 23(1): 97-112.

50. 이창효·김진하·남진, 2009. "서울시 주거환경의 평가와 주택가격과의 정합성 분석", 「국토계획」, 44(3): 109-123.
Yi C. H, Kim J. H and Nam J., 2009. "Analysis of Conformability between Evaluation of Residential Environment and Housing Price in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 44(3): 109-123.

51. 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 lntergrated Public Transit System in Seoul Metroplitan City", *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(3): 323-338.

52. 이희연·노승철. 2013, 「고급통계분석론: 이론과 실습」, 고양: 문우사.
Lee, H. Y. and No, S. C., 2013. *Advanced statistical analytics: Theory and practice [Second*

Edition], Goyang: Munusa.

53. 임보영·서원석, 2014. “대규모 도심공원 개발여건 변화에 따른 아파트가격의 시기별 영향 분석-서리풀 공원을 중심으로”, 「지역연구」, 30(3): 53-70.
Im, B. Y. and Seo, W. S., 2014. “Analysis of Influence of Apartment Price on the Change of Urban Park Development Conditions”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 30(3): 53-70.
54. 임윤택·유완·김갑성, 2002. “환경혐오시설의 입지 선정모형”, 「국토계획」, 37(6): 77-86.
Leem, Y. T, Yu,, W., and Kim, K. S., 2002. “A Location-Allocation Model for Environmentally Obnoxious Facilities”, *Journal of Korea Planning Association*, 37(6): 77-86.
55. 임재현, 1998. “주택특성가격이론의 발전 모색”, 「한국행정학보」, 32(1): 247-261.
Lim, J. H., 1998. “Toward Development of Hedonic Price Theory”, *Korean Public Administration Review*, 32(1): 247-261.
56. 임하나·이수기·최창규, 2016. “서울시 토지이용 혼합유형과 보행량의 연관성 실증분석”, 「국토계획」, 51(7): 21-38.
Im, H. N., Lee, S. G., and Choi, C. G., 2016. “Empirical Analysis of the Relationship between Land Use Mix and Pedestrian Volume in Seoul, Korea”, *Journal of Korea Planning Association*, 51(7): 21-38.
57. 정수연, 2006. “교육요인이 서울아파트가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 「국토계획」, 41(2): 153-166.
Jung, S-Y., 2006. “Impact of Educational Variable on Apartment Price in Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 41(2): 153-166.
58. 조민서·정삼화·김태훈, 2011. “특성가격모형의 분석결과를 종합한 주택가격 결정요인에 관한 연구”, 「주택연구」, 19: 49-78.
Jo, M. S., Jung, S. H., and Kim, Y. H., 2011. “A Study on Characteristics of Determining Housing Price Based on the Results of Hedonic Price Model”, *Korean Association for Housing Policy Studies*, 19: 49-78.
59. 지정현·박승하, 2009. “오르막 경사에서 직립자세 유지 및 이동 관련 어포던스의 발달단계적 분석”, 「한국스포츠심리학회지」, 20(2): 1-14.
Ji, J. H. and Park, S. H., 2009. “A stepwise analysis of the maintenance of upright posture and the related possibility in uphill slope”, *Korean Journal of Sport Psychology*, 20(2): 1-14.
60. 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.
61. 최윤아·송병하, 2006. “공동주택가격에 영향을 미치는 주거환경 요소의 중요도 평가에 관한 연구”, 「계획계」, 22(11): 115-124.
Choi, Y. A., Song, B. H., 2006. “A Study on Evaluating The Importance of The Residential Environment Factors Influencing The Price of Apartment House”, *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 22(11): 115-124.
62. 최임주, 2002. “아파트단지 경사도에 따른 외부공간 구성의 시기별 특성에 관한 연구-70 년대 이후 부산시내 경사지에 건설된 주공아파트를 중심으로”, 「계획계」, 18(2): 119-126.
Choi, I. J., 2002. “A Study on the Time-variant Characteristics of the Organization of Outdoor Space Affected by Site slope in Apartment Housing”, *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 18(2): 119-126.
63. 최창식·윤혁렬, 2004. “지하철 건설이 아파트가격에 미치는 공간적 영향분석”, 「서울도시연구」, 5(4): 1-12.
Choi, C. S. and Yun, H. R., 2004. “Spatial Impact Analysis of the Seoul Subway Line 7 on Apartment Properties”, *Seoul Studies*, 5(4): 1-12.
64. 허세림·곽승준, 1997. “한국주택시장에서의 주택가격지수 산출방법에 관한 연구”, 「주택연구」, 5(1): 1-18.
Hur, S. L. and Kwak, S. J., 1997. “Constructing

Housing Price Index in Korea", *Korean Association for Housing Policy Studies*, 5(1): 4-18.

65. Aiken, L. S., West, S. G., & Reno, R. R., 1991. *Multiple regression: Testing and interpreting interactions* London: Sage.

66. Bae, C. C., Jun, M., and Park, H., 2003. "The impact of seoul's subway line 5 on residential property values", *Transport Policy*, 10(2): 85-94.

67. CABE(Commission for Architecture and the Built Environment), 2007. *Paved with Gold: the value of urban design*, London.

68. Cervero, R.· Duncan, M., 2003. "Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area", *American Journal of Public Health*, 93(9): 1478-1483.

69. Cribari-Neto, F., Ferrari, S. L., and Oliveira, W-A. 2005. "Numerical evaluation of tests based on different heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimators", *Journal of Statistical Computation and Simulation,* 75(8), 611-628.

70. Damodar N. Gujarati and Dawn C. Porter, 2009. 「Gujarati의 계량경제학 5/E」, 박완규·홍성표 역, 서울: 지필미디어.
Damodar N. Gujarati and Dawn C. Poter, 2009. *Basic Econometircs,* Translated by Park, W-G., Hong, S-P.. Seoul: Jiphil media.

71. Duncan, M., 2011. "The impact of transit-oriented development on housing prices in San Diego, CA", *Urban studies,* 48(1): 101-127.

72. Hayes, A. F., and Cai, L, 2007. "Using heteroskedasticity-consistent standard error estimators in OLS regression: An introduction and software implementation", *Behavior research methods*, 39(4), 709-722.

73. 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.

74. Jaccard, J. and Turrisi, R., 2003. *Interaction effects in multiple regression,* London: Sage.

75. Kang, C-D. and Cervero, R., 2009. "From elevated freeway to urban greenway: land value impacts of the CGC project in Seoul, Korea", *Urban Studies*, 46(13): 2771-2794.

76. Kawamura, K., Tokuhiro, A., Takechi, H., 1991. "Gait analysis of slope walking: a study on step length, stride width, time factors and deviation in the center of pressure", *Acta Medica Okayama,* 45(3): 179-184.

77. Long, J. S. and Ervin, L. H., 2000. "Using heteroscedasticity consistent standard errors in the linear regression model", *The American Statistician*, 54(3): 217-224.

78. Rose, L. A., 1989. "Urban land supply: Natural and contrived restrictions", *Journal of Urban Economics*, 25(3): 325-345.

79. Rosen, S., 1974. "Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition", *Journal of political economy*, 82(1): 34-55.

80. Saiz, A., 2010. "The geographic determinants of housing supply", *The Quarterly Journal of Economics*, 125(3): 1253-1296.

81. Schroeder, L. D., Sjoquist, D. L., and Stephan, P. E., 1996. *Understanding regression analysis: An introductory guide,* London: Sage.

82. Sirmans, S., Macpherson, D., and Zietz, E., 2005. "The composition of hedonic pricing models", *Journal of real estate literature*, 13(1), 1-44.

83. White, H., 1980. "A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity, *Journal of the Econometric Society*, 817-838.

84. 김사무엘, 2015.09.14. "'오르막 때문에'…길 하나 사이두고 집값 '1억' 차이", 머니투데이.
Kim, S., 2015, Sep 14. 'Because of uphill' ... The housing price 'one hundred million' difference across a road, *MoneyToday.*

Date Received	2017-09-20
Reviewed(1st)	2017-11-27
Date Revised	2018-01-11
Reviewed(2nd)	2018-01-24
Date Accepted	2018-01-24
Final Received	2018-01-30