



서울시 도시형태 관련 지표가 토지가격에 미치는 영향 - 도시형태학적 접근방법을 중심으로 -

Effects of Urban Form Indicators on Land Prices in Seoul, Republic of Korea - An Urban Morphometric Approach -

강창덕*
Chang-Deok Kang

■ Abstract ■

Urban forms have a significant effect on the quality of life, mobility patterns, land use, development and real estate prices as well as society, economy and environment. In spite of the significance, few studies have examined the effects of urban form indicators on real estate prices. This study measured twenty urban form indicators on five categories for Seoul in order to evaluate urban forms and the effects were investigated by land prices. The multi-level regression model was used to identify the effect on residential and non-residential land prices. As a result, residential and non-residential land prices were high in the cases of buildings with high density, street with excellent networks, higher building-to-land ratio, affordable clearance to next buildings and better land shapes. On the other hand, the prices were low in the cases of many neighboring parcels, overabundant buildings along street networks and distant clearance to next buildings. This study presented a model for urban forms to understand the change in urban space structures and anticipate the effect on land prices.

Keywords: Urban form, Land prices, Multi-level regression, Seoul

* 중앙대학교 도시계획부동산학과 교수 | Professor, Department of Urban Planning and Real Estate, Chung-Ang University | odkang@cau.ac.kr |

1. 서론

도시공간구조와 시민의 삶 또는 활동 사이의 관계를 이해하는 것은 도시연구와 계획뿐만 아니라 부동산 연구에서 핵심적인 주제이다. 그동안 다양한 연구에도 불구하고 도시공간구조의 복잡성 때문에 여전히 지속적이고 체계적인 연구가 필요하다(Sevtsuk, 2010). 기존 연구는 제인 제이콥스의 통찰력을 바탕으로 도시공간구조를 도시형태(urban form)의 관점에서 측정하고 그 영향을 다각적으로 규명해 왔다. 이는 학술적 관심을 넘어 지속가능한 도시를 만들고자 하는 정책적 노력에도 필요한 영역이 되었다(Barke, 2018). 도시형태는 이미 여러 분야의 관심사이다. 예를 들어, 경제학은 밀도의 중요성에 주목하였고, 사회과학에서 공간이동과 지속가능성, 인구/가구의 공간분포, 자연과학에서 에너지 소비와 생물다양성 등의 주제와 도시형태는 서로 긴밀히 연계하면서 연구되어 왔다(Fleischmann et al., 2021). 도시의 물리적 형태와 특징은 도시의 사회, 경제, 환경뿐만 아니라 삶의 질, 이동 패턴, 부동산 가격 등에 중대한 영향을 준다(Oliveira and Medeiros, 2016). 이에 따라 복잡한 도시공간의 물리적 특성을 엄밀한 방법으로 진단하고 설명하는 도시형태학(urban morphology)이 발전하였다.

이 연구에서 도시형태는 도시공간의 물리적 특성 혹은 도시의 공간적 배치양상을 의미한다. 따라서 도시형태는 가로망의 패턴, 건물의 위치와 규모 등 건조환경(built environment) 전반을 포괄한다(한국도시설계학회, 2014). 특히, 이 연구는 최근에 다양한 자료를 일관되고 다각적인 양적 분석

방법으로 도시형태 지표를 계산하는 도시형태학적 접근방법(urban morphometric approach)을 채택하고 있다(Venerandi et al., 2022a). 이 접근방법의 두드러진 장점은 도시형태 측정에 대한 기존 연구를 바탕으로 일관된 단위로 측정하기 위해 '테셀레이션(tessellation)'을 만들어 건물과 가로망의 공간적 분포 양상, 가로망의 연결성, 건물과 건물의 공간적 관계, 건물과 가로망의 연결도, 건물의 집중도 등을 종합적이고 다각적으로 측정할 수 있다는 것이다(Venerandi et al., 2022b). 이미 다수의 연구는 도시형태가 공공보건, 사회정의, 경제, 기후변화와 에너지 소비 등 다양한 영역에 중대한 영향을 준다는 점을 밝혀냈다.

도시/부동산 연구와 관련된 학계와 실무분야의 동향은 도시형태의 측정과 영향 분석이 갈수록 더욱 중요하고 엄밀한 분석이 가능함을 보여준다. 첫째, 도시 인프라의 물리적 패턴, 건조환경과 경로의 연결성, 공공공간 등과 같은 도시형태는 도시민의 정주와 이동의 제약조건이자 환경이기 때문이다(Sevtsuk, 2010). 아울러 도시형태는 시민과 기업의 선택을 반영하는 동시에 정부에 의해 조절될 수 있는 영역이다. 둘째, 역사적으로 도시연구와 계획에서 어떤 도시형태를 갖춘 도시가 좋은가에 대한 지속적인 논의가 있었고, 도시형태가 낳은 사회적, 공간적 결과를 깊이 이해하기 위해 도시형태에 대한 엄밀하고 체계적인 측정의 중요성은 더욱 커지고 있다. 셋째, 최근 도시형태 관련 다양한 빅데이터를 얻을 수 있고 고급의 공간 분석 기법이 발전하면서 이론적, 실무적 차원에서 도시형태에 대한 다각적이고 종합적인 연구와 정책 활용이 가능하게 되었다. 이와 같이 도시

형태가 지속가능한 도시조성과 도시활력 증진에 중요한 요소로 등장하면서 정부의 깊은 관심과 더 나은 도시를 만들기 위한 다각적인 노력이 진행 중이다. 이러한 일련의 변화는 부동산 시장과 가격에서 중대한 영향을 줄 전망이다. 도시형태에 대한 수요 변화로 인해 부동산의 수요가 달라지고 도시 형태 관련 정책에 따라 부동산 공급도 영향을 받을 것이다. 더 나아가 부동산의 가치 평가에도 도시형태는 중요한 요소로 자리잡고 있다(Schirmer and Axhausen, 2015).

이 연구의 목적은 서울시 도시형태를 다각적으로 측정하고 그 영향을 토지가격을 통해 분석한 후 그 시사점을 찾는 것이다. 부동산 가격에 감가상각되는 건물보다는 토지의 입지와 인근 토지의 분포 양태가 절대적인 영향을 준다. 따라서 이 연구는 도시형태와 토지가격의 연관성을 체계적이고 종합적으로 분석하고자 한다. 이 연구의 의의는 첫째, 도시공간구조와 인간활동의 이해가 도시연구와 정책에서 중요한데 바로 도시공간구조를 계량화하는 방법이 도시형태라는 것이고 토지가격은 인간활동의 공간적 분포 양상을 잘 보여준다는 점이다. 둘째, 도시형태의 경제적 가치를 토지가격을 통해 측정할 수 있다는 것이다. 이는 부동산 가치의 추정, 감정평가 등 부동산 발전에 기여할 수 있다. 셋째, 도시형태가 부동산 시장에 미치는 영향을 측정함으로써 부동산 가치평가에 대한 시야를 확장할 뿐만 아니라 부동산 시장의 변화를 설명하고 예측하는 데 활용할 수 있다는 점이다.

II. 선행연구 고찰

이 연구는 크게 ① 도시형태 측정 연구, ② 도시형태가 부동산 가격에 미친 영향 연구를 바탕으로 진행한다. 선행연구 고찰은 기존 연구의 동향과 핵심 결과를 살펴봄으로써 전반적인 연구 구상과 연구의 차별성을 도출하는 데 활용하였다.

1. 도시형태 측정 연구

도시형태 측정에 대한 연구의 흐름은 크게 도시형태의 개념과 측정, 측정 방법의 진화로 압축할 수 있다. 도시형태가 무엇인지에 대한 정의는 다양하다. 그 가운데 가장 대표적이고 포괄적인 정의는 “도시형태는 도시 내에서 시각적으로 인식되는 건물, 가로망, 그린벨트, 각종 시설 등 자연적, 인위적 요소이며 인간의 활동과 사회적 상호작용에 근본적인 영향을 주는 공간적 특성”이다(Kropf, 2014). 그동안 여러 연구들은 도시형태의 대한 개념 정립을 하면서 이를 질적 혹은 양적으로 측정하고 도시연구와 정책에 활용하였다.

이러한 도시형태의 측정은 거시적, 미시적 차원뿐만 아니라 도시형태 측정의 단위(건물, 건물부지, 가로망 등) 측면에서 다양하게 발전해 왔다. 거시적 차원에서 여러 연구들은 접근성과 이동성을 인구와 토지이용의 밀도, 토지이용 다양성, 가로망 네트워크와 대중교통 네트워크로 측정하였다(Ewing and Cervero, 2010). 미시적 차원의 측정은 도시설계부문에서 발전하였다. 예를 들어, 건물의 기하학적 특성과 수목의 분포, 가로망

의 물리적, 구조적 특성과 더불어 최근에는 건물의 형태와 소매점에 대한 사람들의 이동분포 등으로 도시형태를 측정하는 데 이르고 있다(Harvey and Aultman-Hall, 2016). 관련 연구가 진행되면서 도시형태의 거시적 특성은 5D로 압축되고 이후 이러한 측면에서 변수를 측정한 응용연구도 활발하게 진행되고 있다(Kang, 2018). 여기서 5D는 density(밀도), diversity(다양성), design(디자인), destination accessibility(목적지에 대한 접근성), distance to transit(대중교통에 대한 거리)의 첫 자를 따서 만든 개념이다. 이러한 거시적 단위 측정은 그 장점에도 불구하고 가로망과 같은 보다 미시적 단위의 도시형태를 측정하기 어렵다는 한계가 있다. 이에 따라 지리정보자료를 통해 미시적 수준의 도시형태 측정이 발전하였다. 물론 이전에도 지리정보를 활용한 도시형태 연구가 일부 있었으나, 최근으로 올수록 더욱 두드러지게 나타났다. 구체적인 대표적 연구는 미국 뉴욕을 사례로 가로망과 건물 발자국(building footprint) 자료를 통해 휴먼 스케일 수준에서 건물과 가로망의 연관성, 건물의 물리적 배치와 모양 등 도시형태를 측정하였다(Purciel et al., 2009).

도시형태는 블록, 건물, 가로망 등 다양한 대상에 대한 측정으로 더욱 확장하면서 발전하고 있다(Schirmer and Axhausen, 2015). 블록(block)은 일정한 필지나 가로망에 의한 구획을 의미한다. 블록은 국지적 상황에 따라 크고 작음이 결정되고 필지와 가로망의 공간적 배치를 반영하므로

도시형태 측정의 대상이 되어 왔다. 건물은 필지 위에 개발 혹은 토지이용을 보여주고 건물 높이 정보까지 확보할 수 있는 경우 도시활동의 집중도와 공간적 패턴을 추적하는 데 활용할 수 있다. 가로망은 오래전부터 도시 공간의 물리적 배치와 기능을 파악하는 데 필요한 대상이었다. 특히, 앞에서 언급한 블록과 건물 공간 정보와 결합하여 분석하면 도시형태를 입체적, 체계적으로 포착할 수 있다. 이러한 이유로 이 연구도 건물, 가로망 지리정보와 더불어 블록과 유사한 개념인 건물 테셀레이션(tessellation)을 분석대상으로 삼는다.

지리정보 가운데 폴리곤의 형태인 건물은 면적, 둘레, 높이 등의 정보를 얻을 수 있다. 이에 더하여 바운딩 박스(bounding box)나 건물을 둘러싸는 가상적 도형인 Convex Hull을 만들 수 있다.¹⁾ 이와 같은 정보는 도시형태 측정에서 각종 지표를 계산하거나 압축성을 계산하는 데 활용된다. 또한, 건물 관련 정보는 바닥면적 대비 연면적 비율 계산, 연면적의 추정 등으로 확대하여 응용할 수 있다(Schirmer and Axhausen, 2015). 아울러 건물이 인근의 건물에 비해 얼마나 멀리 있는 지도 측정할 수 있다. 블록은 건물을 Voronoi 다이어그램으로 처리하여 얻을 수 있는 테셀레이션으로 만들어 건물 면적에 대비 블록의 면적이나 가로망에 면한 건물의 배치 등을 측정할 수 있다. 가로망과 같은 선형 지리정보의 경우 가로망의 길이, 선형의 정도, 건물과 블록 등과의 연계성 등을 계산할 수 있다.

도시형태 측정에서 개별적인 분석대상을 넘어

1) 바운딩 박스와 Convex Hull 개념은 “도시형태 분석의 기본 골격”에서 자세히 설명한다.

서는 근린지역 단위의 분석도 중요하다. 개별 분석대상은 근린지역내 다른 분석대상과 일정한 연관성이 있기 때문이다. 더구나 지리정보 자료가 집계되어 있는 행정구역 경계를 넘어 도시형태가 형성되므로 이에 대한 분석이 보다 현실적이다 (Guo and Bhat, 2007). 근린지역 단위의 분석은 크게 밀도, 동질성, 네트워크 구조, 국지적 접근성, 도심 등으로 구분할 수 있다. 여기서 밀도의 경우 접근가능한 일정한 거리내에 건물 등이 밀집해 있는지 측정하는 것이다. 대체로 직선거리보다는 네트워크 거리로 접근성을 측정하고 그 일정한 거리 내의 건물 밀도를 계산하는 것이 보다 잘 현실을 반영한다. 그동안 도시연구에서 일정한 특성의 동질성은 지역을 구분하는 기준이었다. 따라서 건물이나 토지이용의 혼합도를 측정하여 다양성 혹은 동질성 정도로 도시형태를 추정할 수 있다.

가로망을 중심으로 측정하는 네트워크 구조도 대표적인 도시형태 측정이다. 그동안 그래프 이론은 도시연구뿐만 아니라 사회학, 경제학, 생물학의 분야에서도 활용되었다. 도시연구에서 네트워크 구조를 측정하는 지표로 교차점 밀도, 가로망 밀도, 보행자 경로 등이 있다(Dill, 2004). 국지적 접근성은 다양한 자료와 방법을 통해 여러 측면에서 측정이 가능하다. 예를 들어, 일정한 구역내 주요 목적지와 대중교통 이용지점에 대한 거리측정뿐만 아니라 보행자와 자전거 이용자를 위한 가로망 연결도 측정도 가능하다(Dill, 2004; Randall and Baetz, 2001). 비교적 최근에는 가로망과 건물, 토지이용, 인구 및 고용 등을 동시에 고려한 접근성 측정도 가능해졌다. 대표적인 방

법은 특정 지점으로부터 일정한 반경내 인구, 고용, 건물 연면적, 토지이용별 면적을 가중치로 하여 도시공간구조의 중심성과 접근성을 측정한다 (Sevtsuk and Mekonnen, 2012). 도시형태 측정의 흐름 가운데 도시의 중심, 즉 도심으로부터 거리를 측정하여 활용하는 방법도 있다. 도시경계가 증명하듯 도심은 접근성이 가장 우수한 장소이므로 사람의 활동과 도시 기능의 분포는 도심으로부터 거리와 매우 긴밀한 연관성을 가지기 때문이다.

다양한 측면에서 도시형태를 측정하는 지표를 일정한 유형화도 가능하다(Fleischmann et al., 2021). 예를 들어, 각 지표의 특성을 토대로 dimension, shape, spatial distribution, intensity, connectivity, diversity로 구분할 수 있다. 이러한 구분이 상호 배제적이지 않은 데 그 이유는 개별 지표의 계산방법은 여러 범주에서 두루 활용되는 경우도 많기 때문이다. 비교적 최근에 주목받는 도시형태 진단 소프트웨어는 Python momepy 라이브러리이다. 이 라이브러리는 기존에 상당히 발전한 가로망 연결성(street connectivity) 측정에 더하여 도시형태를 dimension, shape, spatial distribution, intensity, diversity 등 다양한 측면에서 종합적이고 일관된 프레임으로 진단하는 장점이 있다 (Fleischmann et al., 2021). 이미 momepy로 측정한 도시형태는 비공식 정주패턴 진단(Mottelson and Venerandi, 2020), 건물의 높이 예측(Milojevic-Dupont et al., 2020), 기후변화 대응을 위한 해변 가로망 분류(Dal Cin et al., 2020) 등에 활용되어 학계에서 검증을 받았다.

이러한 도시형태에 대한 계량적 측정과 발전은 최근 도시형태학적 접근방법(urban morphometric approach)로 수렴되면서 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다. 구체적인 예로, 최근 도시연구에서 주목받고 있는 단기임대주거시설인 Airbnb가 어떤 도시형태의 특성을 가진 지역에 집중되는지에 대한 연구이다. 측정한 도시형태 지표를 바탕으로 도시지역을 유형화한 이 연구에 의하면, Airbnb는 대체로 건물의 집중도가 높고 건물 부지의 모양이 다양한 지역에 집중된 반면, 건물 부지의 형태와 가로망 길이와 넓이가 전체적으로 비슷한 지역의 경우 상대적으로 집중도가 낮았다(Venerandi et al., 2022a). 또 다른 연구는 도시형태 지표를 측정하고 코로나 확진과 사망의 연관성을 살폈다. 이 연구는 코로나 확진과 사망의 사례 수는 건물 밀도가 낮고 가로망 연결도가 낮을 수록 많다는 것을 발견하였다(Venerandi et al., 2022b).

2. 도시형태가 부동산 가격에 미치는 영향 연구

도시형태와 부동산가격의 연관성에 대한 연구는 대체로 개별적, 산발적으로 진행되어 왔다. 이는 특정한 도시형태가 부동산 가격 변화에 어떤 영향을 주었는지 보는 정도에 그쳤다는 의미이다. 오랫동안 도시경제연구는 도시공간구조의 특성이 부동산 가격에 영향을 준다는 점을 입증했다. 구체적으로 여러 연구는 도시공간구조를 도시형태 측면에서 포착하고, 그 영향을 부동산 가격을 통해 규명하고자 하였다. 이러한 흐름 속에서 부동산 가격에 영향을 줄 수 있는 대표적인 도

시형태는 토지이용 패턴, 교통 인프라, 밀도, 건조 환경(built environment)의 특징으로 요약할 수 있다(Jones and MacDonald, 2004). 인근 지역 수준에서 인구 밀도, 토지이용의 다양성, 도시설계, 대중교통에 대한 접근성 등은 부동산 가격에도 일관된 영향을 준다(Ewing and Cervero, 2010). 예를 들어, 인구 밀도가 높은 곳에서 부동산 개발이 활발하게 일어나고 토지가격도 높다(Guan and Rowe, 2018). 또한, 국지적인 거주민 밀도가 높을수록 주택 가격도 높았다. 구체적으로 밀도가 10% 높아지면 단위면적당 주택 가격은 1.3%에서 2%까지 올라갔다(Fesselmeyer and Seah, 2018). 아울러 토지이용의 다양성이 높은 지역의 주택가격이 더 비싼 것으로 나타났다. 도시형태를 보다 다각적으로 측정하여 분석한 연구는 주택 가격에 미치는 영향을 종합적으로 보여준다. 도시형태 측면에서 주택가격을 높이는 요인은 연결성이 긴밀한 가로망, 낮은 밀도, 다양한 토지이용, 공원과 소매시설에 대한 접근성, 편리한 보행로 등이다(Song and Knaap, 2003). 도시형태 가운데 토지이용 다양성은 주택 가격의 하락 정도와 주택 시장의 침체 장기화에 깊이 연관되어 있는 것으로 밝혀졌다(Dong and Andrew Hansz, 2016).

이미 여러 연구는 지하철, 버스 등 대중교통에 대한 접근성과 부동산 가격의 연관성을 분석해 왔다. 특히, 대중교통에 대한 접근성은 미시적 수준의 도시형태와 결합하면서 그 효과는 크게 달라진다. 구체적으로 미국의 경우 보행자에게 편리한 가로망을 갖춘 지하철역 인근지역의 부동산 가격이 높았다(Duncan, 2011). 또한, 지하철역 인근

지역의 토지이용 혼합도가 높을수록 주택가격도 비쌌다(Atkinson-Palombo, 2010). 지하철역에 대한 접근성이 주는 이익은 지하철역에 도달할 수 있는 인근 가로망을 따라 발생하며 지하철 운행 빈도에 의해 크게 달라진다. 한 연구는 지하철 운행 빈도가 많고 지하철역으로 가는데 이용하는 가로망이 직선에 가까울수록 인근 지역 토지가격에 더 많은 프리미엄이 나타남을 포착하였다(강창덕, 2021). 또한, 건물의 용도와 연면적을 가로망 연결 특성과 함께 분석했을 때도 주택가격에 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉, 가로망과 더불어 상업용, 주거용 건물이용도가 집중된 지역일수록 주택 가격이 높았다(Kang, 2019).

부동산을 둘러싼 인근지역의 특징을 접근성과 토지이용 다양성으로 측정한 연구는 상업용 건물에 가깝고 가로망의 연결성이 높을수록 인근지역의 주택가격이 높음을 입증하였다(Matthews and Turnbull, 2007). 보다 다각적으로 측정한 가로망 접근성은 기존에 거리로 측정한 접근성보다 주택가격에 대한 설명력이 높고 긍정적 영향을 주었다. 가로망 자체의 특성을 주관적 인지와 객관적 계량화로 측정하여 주택 가격에 대한 영향을 분석한 결과, 이러한 두 가지 형태의 가로망 측정은 주택의 구조적 특성을 압도하는 설명력을 보였다. 이 연구는 보다 편리한 가로망 디자인과 그에 대한 인지가 주택가격에 프리미엄을 발생시킨다는 점을 밝혔다(Qiu et al., 2022). 더불어 도로 네트워크 중심성도 인근지역 주택 가격에 긍정적 영향을 준다(Chakrabarti et al., 2022). 건물과 가로망을 프랙탈 지수로 측정한 연구는 건물 형태가 다양하고 복잡할수록 토지가격과 비례하는 관

계를 보였으며, 가로망의 복잡성은 토지가격에 부정적 영향을 준 것으로 나타났다(Ayazli, 2019).

이 연구의 초점인 도시형태와 연관성있는 연구를 살펴보면 이 연구의 위상과 차별성을 구상하는데 도움이 된다. 여기서 서울시 사례에 한정하여 토지이용, 토지이용규제, 공간구분론 등과 토지 가격간의 관련성에 대한 핵심 연구를 중심으로 살펴보고자 한다. 먼저, 그동안 서울시 지가를 대상으로 한 연구는 사회경제적 요인이라는 거시적 수준에서 대지특성이라는 필지수준의 특성까지 반영한 지가결정요인 분석을 진행해 왔다(유완·조응래, 1990). 이후, 도심과 부도심에 대한 거리, 고용접근성 등을 설명변수로 하여 토지가격에 대한 영향을 분석한 연구가 이어졌다(채미옥, 1998). 기존 연구는 인근지역의 토지이용과 이에 대한 접근성이 토지가격에 영향을 준다는 점을 입증하였다. 예를 들어, 상업지역, 한강과 부도심에 대한 거리는 고가의 토지에 영향을 크게 준 것으로 나타났다(이성원·허식, 2011). 또한, 상업용과 업무용 토지이용에 대한 접근성이 좋을수록 토지가격은 높았고 주거용에 대한 접근성은 미약한 가격 프리미엄 효과를 냈다. 뿐만 아니라 산업용 토지이용에 대한 접근성은 토지가격에 부정적 영향을 주었다(강창덕, 2014). 아울러 대중교통과 토지이용이 만나는 역세권 내의 토지이용도 지가변화에 유의미한 영향을 준다. 구체적으로, 역세권 내의 상업용과 업무용 토지이용 비율이 높고 용적률이 높을수록 지가도 높았다(유승환·강준모, 2012). 한편, 단순히 토지이용보다는 구체적인 경제활동이 지가 변동에 중요하다는 연구도 있다. 서울시 특화 산업의 입지계수와 지가 변동의 연관성을 분

석한 연구는 특화산업의 산업집적도가 높을수록 지가도 높아짐을 입증하였다(이승윤 · 임병인, 2021).

토지이용규제도 서울시 토지가격에 중요한 영향 요인이다. 예를 들어, 개발용도 규제가 강화될 경우 지가는 상승하는 효과가 일어난다(최막중, 2001). 엄밀하게 보면, 토지이용규제의 성격에 따라 토지가격에 미치는 영향도 다르다. 구체적으로 서울시 자치구별 지가변화에 부동산 시장 안정 정책은 유의미한 영향을 주었으나 토지거래허가 제와 투기 지역 지정 등과 같은 규제는 통계적으로 유의미한 영향을 주지 않았다(김주영, 2005).

공간구문론(space syntax)으로 가로망 구조를 진단하고 토지가격에 대한 영향을 본 기존 연구는 격자형 가로망이 인근 지역 주택가격에 긍정적 영향을 주었음을 밝혔다(Matthews and Turnbull, 2007). 아울러 서울시를 대상으로 한 연구는 가로망의 통합도와 접근성이 높을수록 지가가 높았다(임현식 외, 2002). 또한, 인접 중앙성과 사이 중앙성이 높을수록 주거용보다 비주거용 토지가격이 높음을 발견하였다(강창덕, 2015). 이러한 가로망 특성과 토지 가격의 관련성은 국지적 맥락에 따라 다양하게 나타나기도 한다(김혜영 · 전철민, 2012).

이 연구의 주안점인 도시형태학적 접근방법과 기존의 서울시 토지가격에 대한 토지이용, 토지이용규제, 공간구문론 등의 접근방법을 비교해보면, 이 연구는 다음과 같은 의미를 갖는다. 첫째, 기존 연구는 대체로 거시적 성격의 변수 중심으로 진행되어 왔다. 반면, 이 연구의 도시형태학적 접근방법은 건물, 건물 테셀레이션, 가로망 등과 같

은 미시적 공간단위를 중심으로 도시형태를 측정한다. 기존 연구에서 본격적으로 분석하지 못한 건물과 가로망의 공간적 배치 양상을 측정하고 이에 대한 시장의 경제적 평가를 살펴본다. 둘째, 도시형태학적 접근방법을 본격적으로 적용하여 dimension, shape, spatial distribution, intensity, connectivity 등 총 5개 범주, 20개 관련 지표를 측정하고, 주거용과 비주거용 토지가격에 대한 영향을 측정하였다. 미시적 공간단위의 특성을 종합적이고 다각적으로 계량화하는 시도를 하고 있다. 이는 앞으로 토지가격에 영향을 줄 수 있는 미시공간적 특성을 포착한다는 데 의의가 있다.

3. 연구의 의의와 차별성

기존 연구에 비해 이 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 도시형태와 부동산 가격의 연관성에 초점을 둔 기존 연구는 도시형태를 산발적으로 측정하여 그 영향을 살펴보고 있다. 이 연구는 도시형태를 크게 총 5개 범주, 총 20개의 지표로 측정하고 그 영향을 토지가격을 통해 종합적이고 체계적으로 분석한다. 이 때, 자료 집계단위를 고려하여 다층헤도닉모형을 적용하였다. 둘째, 그동안 도시형태가 부동산가격에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 주택가격에 한정되었다. 이 연구는 주거용과 비주거용 토지로 나누어 각 용도별 영향을 비교·분석하였다. 셋째, 건물과 가로망을 대상으로 미시공간적 특성을 본격적으로 측정하고 토지가격에 대한 영향을 살펴봄으로써 토지에서 더 나아가 부동산 가격에 대한 영향요인에 대한 이해를

확장하고 있다.

III. 연구 자료와 연구 방법

1. 연구자료와 변수 개요

이 연구의 주요 자료는 2020년 서울시 표준지 공시지가 자료, 2020년 서울시 전자지도 자료, 서울시 집계구 인구(2020년)와 고용(2019년) 자료, 기타 서울시 공간정보 자료이다. 2020년 서울시 표준지 공시지가 자료는 이 연구 모형의 종속변수인 토지가격뿐만 아니라 개별 토지의 특성도 제공한다.²⁾ 주거용 토지가격모형에서 용도는 단독주택, 연립주택, 아파트, 다세대 등으로 구분하고 더미변수로 처리하여 분석하였다. 주거용 토지가격 모형에서 용도 더미변수의 준거집단은 다세대용도이다. 비주거용 토지가격모형에서 산업용도가 준거집단이고 상업용도와 업무용도를 더미변수로 만들어 변수로 삼았다. 모형에서 면적은 로그로 전환하였고, 평지변수는 평지인 경우를 1, 그 외의 경우는 0으로 처리하였다. 형상은 정방형만 1, 나머지 0으로 하였다. 도로입면은 광대세각, 광대소각, 광대한면을 1, 나머지는 0으로 만들었다.³⁾

2020년 행정안전부 전자지도는 도시형태의 측정대상인 건물과 가로망 지도를 제공한다. 이

연구는 건물자료를 이용하여 건물 테셀레이션 지도도 만들어 분석에 활용하였다. 확보한 자료로 도시형태를 측정하는 구체적인 과정은 해당 부분에서 설명한다. 2020년 국토교통부 건축데이터 개방에서 얻은 건축물자료를 이용하여 개발밀도와 토지이용혼합을 계산하였다. 이 자료에서 제공하는 건축물별 연면적을 합산한 후 집계구 면적으로 나누어 개발밀도를 계산하고, 집계구별 토지이용혼합은 주거, 상업, 업무, 산업, 기타용도를 기준으로 엔트로피 지수를 이용해 추정하였다. 이 지수가 0에 가까우면 단일용도가 많음을 의미하고, 1에 가까우면 토지이용혼합도가 높음을 뜻한다.

기타 통제변수로 통계청 집계구 자료로부터 얻은 인구(2020년), 고용(2019년) 자료로 각각의 밀도를 계산하였다.⁴⁾ 여기서 밀도는 집계구별 인구수와 고용자수를 집계구 면적으로 각각 나누어 계산하였다. 또한, 2020년 서울시 도시기본계획에서 보듯이 도심(시청역)과 부도심(청량리역, 용산역, 강남역, 영등포역, 월드컵경기장역)을 기준으로 각 개별토지로부터 직선거리를 측정하였다. 아울러 도로와 가로망, 상권, 학교, 공원에 대한 직선거리 등을 설명변수로 삼았다. 또한, 지하철역과 버스정류장 위치 자료, 공원 위치 자료, 학교 위치 자료, 한강 위치 자료를 활용하여 개별 필지로부터 각각에 대한 직선거리를 측정하였다. 이를 요약하면 <표 1>과 같다.

2) 공시지가보다 토지 실거래가가 연구에 적합하다는 시각도 있을 수 있다. 하지만 주소를 알 수 있는 토지 실거래가 자료를 구할 수 없는 현실에서 용도별 비교를 위해 불가피하게 공시지가를 분석에 활용하였다.

3) 일반적으로 더미변수의 경우 특정한 변수를 준거집단으로 선택해야 한다. 이 연구는 선행연구를 참고하여 준거집단을 설정하였다. 가급적 연구에 관심이 있는 변수는 모형에서 독립변수로 삼아 그 계수를 확인하였다.

4) 2019년 집계구 고용자료를 분석하는 이유는 2020년에 가장 가까운 자료이기 때문이다.

〈표 1〉 연구 자료의 출처와 주요 내용

자료	출처	주요 내용과 연도
서울시 표준지 공시지가 자료	국토교통부 (2020b)	주소, 가격, 용도, 2020년
서울시 건물 지도	행정안전부, 전자지도(2020)	건물 지리정보, 2020년
서울시 가로망 지도	행정안전부, 전자지도(2020)	가로망 지리정보, 2020년
서울시 건축물 자료	국토교통부, 건축데이터개방 (2020a)	건물별 용도와 연면적, 2020년
서울시 집계구 조사 자료	통계청, 집계구 자료(2020)	인구(2020), 고용(2019)
서울시 학교 자료	한국콘텐츠미디어, 전국 학교 자료(2019)	초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교 위치(2019)
기타 공간자료	서울시 (서울토피스, 2020; 서울통계서비스, 2017; 서울특별시, 2006)	지하철역(2020), 버스정류장(2020), 공원(2020), 한강 지리정보

2. 연구 방법

이 연구는 서울시의 도시형태를 다각적으로 측정하고 토지가격에 대한 영향을 분석한다. 도시형태는 건물, 건물 테셀레이션, 가로망 등을 각각 혹은 연계하여 분석한다. 그 다음 토지가격에 대한 영향을 다층회귀모형을 적용하여 주거용과 비주거용 토지로 나누어 살펴본다.

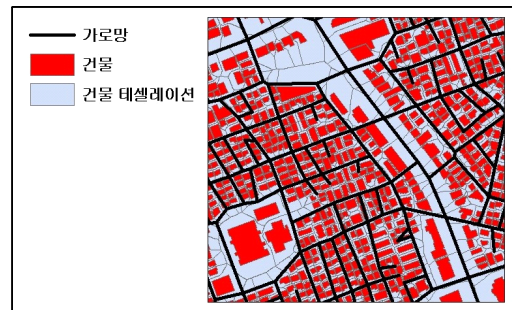
1) 도시형태 분석의 기본 골격

이 연구는 서울시 건물, 건물 테셀레이션, 가로망을 대상으로 dimension, shape, spatial

distribution, intensity, connectivity 등 5개의 대분류, 총 20개의 세부 지표로 진단하였다.⁵⁾ 분류, 세부 지표와 설명, 분석 대상 등은 〈표 2〉와 같다. 이 연구에서 각 도시형태는 파이썬 momepy 라이브러리를 활용하여 측정하였다. 건물, 건물 테셀레이션, 가로망은 각각 아래 〈그림 1〉과 같다. 여기서 건물 테셀레이션은 개별 건물을 둘러싼 필지를 의미한다. 이러한 건물 테셀레이션을 설정하는 접근방법은 도시형태를 일관되게 측정할 수 있다는 장점이 있다(Fleischmann et al., 2020).

〈표 2〉 Dimension 관련 지표 수식과 설명

도시형태 지표	수식	설명
Area_B (건물)	B_{area}	각 건물의 면적(B_{area})
Area_T (건물 테셀레이션)	T_{area}	각 건물 테셀레이션의 면적(T_{area})
Length (가로망)	L_{street}	가로망의 길이(L_{street})



〈그림 1〉 건물, 건물 테셀레이션, 가로망의 개념

5) 이 연구에서 도시형태의 범주와 각 지표의 명칭은 원문 그대로 사용하고자 한다. 아직 국내 학계에서 통일된 명칭이 없기 때문이다. 아울러 이 연구는 Fleischmann et al.(2021)과 Fleischmann et al.(2022)에서 그간의 도시형태 측정을 종합적으로 검토하고 선정한 대표적인 지표를 활용하였다.

(1) Dimension

Dimension은 분석 대상의 면적이나 길이를 측정하는 도시형태의 기본 분석이다. 이 연구에서는 건물의 면적(Area_B), 건물 테셀레이션의 면적(Area_T), 가로망의 길이(length)를 dimension을 보여주는 지표로 삼았다.⁶⁾ 이는 각 분석대상의 기본적인 정보를 보여준다(Araldi and Fusco, 2019). <표 2>는 dimension 관련 지표의 수식과 설명이다.

(2) Shape

Shape는 분석대상의 모양을 수치화한 것이다. 이 연구에서 구체적인 shape 지표는 equivalent rectangular index, elongation, convexity, linearity 등이다. 먼저, equivalent rectangular index는 이상적 형태로 균일면적 사각형(bounding rectangle)을 상정하고 이에 비해 실제 모양이 얼마나 다른지 측정한다. 직사각형에 가까울수록 그 값이 크다(Basaraner and Cetinkaya, 2017).

Elongation은 바운딩 박스의 폭을 길이로 나누어 계산한다. 여기서 바운딩 박스는 건물 등 물리적 실체를 담는 사각 모양이며 <그림 2>와 같다. Elongation의 값은 0과 1 사이이며, 1이면 사각 혹은 원형이고 1로부터 감소할수록 좀 더 긴

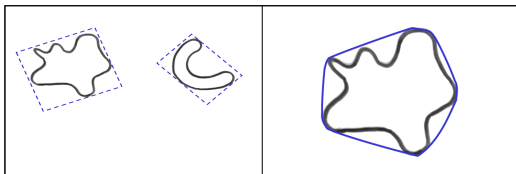
모양임을 나타낸다.

Convexity는 건물 테셀레이션 폴리곤이 convex hull 모양에 비해 얼마나 다른지를 측정한다(Basaraner and Cetinkaya, 2017). 여기서 convex hull은 개별 건물을 담는 가장 작은 단위의 모양이며 <그림 2>와 같다.

Linearity는 직선거리 대비 실제거리로 측정하여 가로망이 직선에 얼마나 가까운지를 측정한다(Araldi and Fusco, 2019). <표 3>은 shape 관련 지표의 수식과 설명이다.

(3) Spatial distribution

Spatial distribution은 물리적 실체의 공간 분포를 진단한다. Shared wall ratio는 건물 둘레에서 인접 건물로 향한 면이 차지하는 비율이다(Boccalatte et al., 2022). Neighbors는 인접한 이웃단위(건물 테셀레이션)의 수를 의미한다(Hermosilla et al., 2012). Covered area는 해당 건물 테셀레이션과 이웃한 건물 테셀레이션의 총면적이며, neighbor distance는 근처 개별 건물에 대한 평균 거리이다(Schirmer and Axhausen, 2015). 예를 들어, 일정한 구역내에 A, B, C 건물이 있는 경우 A를 기준으로 A-B, A-C 사이 거리의 평균을 의미한다. Mean interbuilding distance는 인접한 테셀레이션의 건물에 대한 평균 거리를 측정한다(Caruso et al., 2017). 예를 들어, 일정한 구역내에 A, B, C 세 개의 건물이 있는 경우, A-B, A-C, B-C 사이 거리의 평균이다. Building adjacency는 일정



<그림 2> 바운딩 박스(왼쪽)와 Convex Hull(오른쪽)의 개념

6) 최종 분석모형에서 건물과 건물 테셀레이션 면적 지표는 다중공선성 문제로 인해 제외하였다.

〈표 3〉 Shape 관련 지표 수식과 설명

도시형태 지표	수식	설명
Equivalent rectangular index (건물)	$\sqrt{\frac{A}{A_{MBR}}} \cdot \frac{P_{MBR}}{P}$	해당 폴리곤의 면적(A)과 둘레(P), 균일면적 사각형의 면적(A_{MBR})과 둘레(P_{MBR})로 계산
Elongation (건물)	$\frac{p - \sqrt{p^2 - 16a}}{4}$ $\frac{p - \sqrt{p^2 - 16a}}{2 - \frac{p - \sqrt{p^2 - 16a}}{4}}$	해당 폴리곤의 면적(a)과 둘레(p)를 이용하여 계산
Convexity (건물 테셀레이션)	$\frac{area}{convex\ hull\ area}$	해당 폴리곤의 면적(area)과 해당 폴리곤을 둘러싸는 convex hull의 면적(convex hull area)으로 계산
Linearity (가로망)	$\frac{l_{euclidean}}{l_{segment}}$	가로망의 직선길이($l_{euclidean}$)와 가로망의 실제거리($l_{segment}$)를 이용하여 계산

한 반경내 건물의 수를 다 넓은 반경내 건물의 수로 나누어 계산한다. 이는 곧 건물의 밀집도를 표현한다. Street profile은 건물과 가로망의 입지 특성을 동시에 측정한다(Araldi and Fusco, 2019). 세부적으로 width, width deviation, openness로 측정한다.

그 의미를 각각 보면, width는 일정한 가로망에서 있는 건물간의 간격 정도를 측정하고, width deviation는 width의 표준 편차이다. Openness는 가로망을 따라 얼마나 건물이 있는지를 보여준다. 가로망을 따라 늘어선 건물이 많을수록 이 값도 크다. 〈표 4〉는 spatial distribution 관련 지표의 수식과 설명이다.

(4) Intensity

Intensity는 covered area ratio로 측정했는데 그 의미는 건물바닥 면적을 테셀레이션(토지) 바닥 면적으로 나누어 계산한 비율이다(Schirmer and Axhausen, 2015). 이는 건물 바닥면적이 각 토지를 얼마나 차지하고 있는 지 보여주는 지표이다. 우리 기준으로 보면 건폐율과 유사하다.

(5) Connectivity

Connectivity는 크게 node degree, closeness, meshedness로 나누어 측정하였다. Node Degree는 연결성을 측정하는 하나의 지표이며 네트워크상 각 노드에 연결된 엣지(연결선)의 수를 뜻한다(Rodrigue, 2020). Closeness 그래프의 노드와 다른 모든 노드 사이의 최단 경로 길이 합계의 역수로 계산되는 네트워크의 중심성 측정값이다(Kuby et al., 2005; Porta et al., 2006). 따라서 노드가 중앙에 있을수록 각기 다른 노드에 가까이 위치함을 의미한다. Meshedness는 가로망의 연결도를 측정하며, 가로망 노드가 서로 긴밀하게 연결되어 있으면 1에 가깝고, 연결되어 있지 않을수록 0에 가깝다(Levinson et al., 2017). Closeness와 meshedness는 기존 연구를 참고하여 보행자 이동 반경인 800미터를 기준으로 측정하였다(Lang et al., 2020). 〈표 5〉는 intensity와 connectivity 관련 지표의 수식과 설명이다.

2) 연구 방법

이 연구는 서울시 도시형태를 다양한 지표로

〈표 4〉 Spatial distribution 관련 지표 수식과 설명

도시형태 지표	수식	설명
Shared wall ratio (건물)	$\frac{P_{shared}}{P}$	인접한 건물을 향한 벽의 둘레(P_{shared})를 건물의 전체 둘레(P)로 나누어 계산
Neighbors (건물 테셀레이션)	$\sum T_n$	인접한 이웃단위(건물 테셀레이션, T_n)의 총수
Covered area (건물 테셀레이션)	$A + \sum_{j \in neighbor} A(j)$	건물 테셀레이션 면적(A)과 인접한 건물 테셀레이션 면적의 합
Neighbor distance (건물)	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dist_i = \frac{dist_1 + dist_2 + \dots + dist_n}{n}$	근처 개별 건물에 대한 평균 거리. 예를 들어, 일정한 구역내에 A, B, C 건물이 있는 경우 A를 기준으로 A-B, A-C 사이 거리의 평균
Mean interbuilding distance (건물)	$\frac{1}{N_{neigh}} \sum_{j \in neighbor} d(j)$	인접한 테셀레이션의 건물에 대한 평균 거리를 측정. 일정한 구역내에 A, B, C 세 개의 건물이 있는 경우, A-B, A-C, B-C 사이 거리의 평균
Building adjacency (건물)	$\frac{N_{neigh, join}}{N_{neigh}}$	일정한 반경내 건물의 수($N_{neigh, join}$)를 더 넓은 반경 내 건물(N_{neigh})의 수로 나누어 계산
Width (건물, 가로망)	$(S_{PB} - S_{built}) / L_{street}$	일정한 보행자 시각권의 면적(S_{pb})에서 각 건물의 면적(S_{built})을 빼고 이를 가로망 길이(L_{street})로 나누어 계산
Width deviation (건물, 가로망)	—	Width의 표준편차
Openness (건물, 가로망)	N_{build} / L_{street}	건물의 수(N_{build})를 가로망 길이(L_{street})로 나누어 계산

〈표 5〉 Intensity와 connectivity 관련 지표 수식과 설명

도시형태 지표	수식	설명
Covered area ratio (건물, 건물 테셀레이션)	$\frac{covering\ object\ area}{covered\ object\ area}$	건물 바닥면적(covering object area)을 테셀레이션 바닥면적(covered object area)으로 나누어 계산
Node degree (가로망)	$\sum L_n$	노드(점)에 연결된 엣지(연결선, L_n)의 총수
Closeness (가로망)	$\frac{n-1}{\sum_{v=1}^{n-1} d(v, u)}$	v와 u 사이의 최단 네트워크 거리인 $d(v, u)$ 와 u에 도달하는 데 필요한 연결점의 수인 n을 이용하여 계산
Meshedness (가로망)	$\frac{e-v+1}{2v-5}$	e는 연결선의 수인 e와 연결점의 수인 v를 이용하여 계산

측정하고 그 영향을 토지가격을 통해 분석한다. 이 연구에서 활용하는 자료 구조는 크게 토지 필지수준과 집계구 수준이다. 따라서 이러한 자료

집계 수준에 맞는 분석방법이 필요하다. 일반적으로 집계수준이 다른 자료를 분석하는 데 적합한 방법은 다중회귀모형이다. 이 방법은 잔차의 무

작위 분포를 가정하는 일반회귀모형의 한계를 보완할 수 있다. 아울러 이 방법은 공간자료의 공간적 자기상관성을 통제할 수 있는 장점도 있다 (Fotheringham et al., 2003). 다만, 자료 집계 수준이 다르다고 하여 무조건 다층회귀모형을 적용하는 것은 아니다. 일반적으로 집단내상관(intraclass correlation, ICC)을 계산한 후 그 값이 0.05보다 큰 경우에 다층회귀모형을 사용한다(Rabe-Hesketh and Skrondal, 2008).

이 연구에서 사용한 다층헤도닉가격모형의 추정식은 다음 (식 1)과 같이 표현할 수 있다. 이 식에서 P_{ij} 는 토지가격이며, R_{ij} 는 도시형태 특성, L_{ij} 는 개발밀도와 토지이용 혼합 특성, S_{ij} 는 개별 토지 특성, T_{ij} 는 교통 및 입지특성, H_{ij} 는 인구와 고용밀도를 표시한다. 이 식에서 μ_0 와 ϵ_{ij} 는 각각 집계구와 필지 수준의 잔차를 나타낸다. 이 연구에서 모형의 함수식을 로그-로그 모형으로 채택한 이유는 독립변수의 단위가 각기 달라도 해석이 쉬

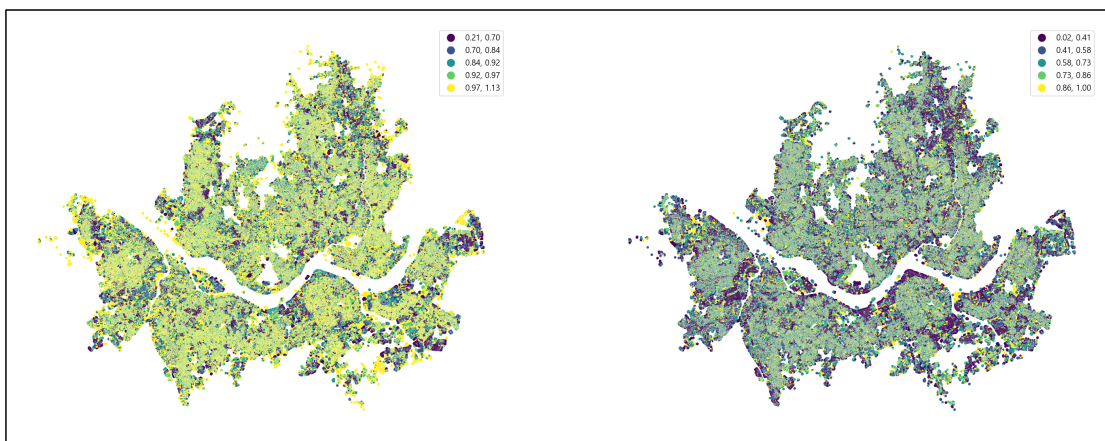
울 뿐만 아니라 계수를 독립변수의 변화에 대한 종속변수(토지가격)의 민감도인 탄력성으로 볼 수 있기 때문이다(오예지·강창덕, 2020).

$$P_{ij} = \gamma_{00} + \beta_1 R_{ij} + \beta_2 L_{ij} + \beta_3 S_{ij} + \beta_4 T_{ij} + \beta_5 H_{ij} + \mu_{0j} + \epsilon_{ij} \quad (\text{식 1})$$

IV. 분석 결과

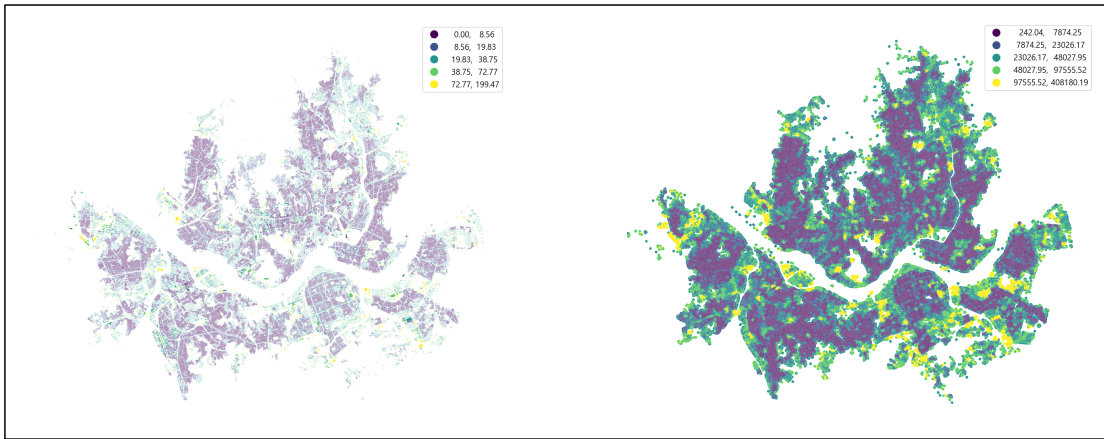
1. 도시형태의 측정결과

다음 세 개의 그림은 2020년 서울시 도시형태 측정 결과의 공간 분포를 일부 보여주고 있다.⁷⁾ 먼저, 〈그림 3〉은 dimension 부문 가운데 equivalent rectangular index와 elongation의 측정 결과이다. 〈그림 4〉는 spatial distribution 부문 가운데 neighbor distance와 covered area 값의



〈그림 3〉 Equivalent rectangular index와 elongation의 공간 분포

7) 한정된 지면으로 인해 측정된 총 20개의 지표 가운데 대표적인 지표의 공간분포만 보여주었다.



〈그림 4〉 Neighbor distance와 covered area의 공간 분포

공간적 차이를 보여준다. 〈그림 5〉는 spatial distribution 부문 가운데 width, width deviation, openness 측정값을 공간적으로 보여주고 있다. 전반적으로 국지적인 토지 이용과 가로망의 특성에 따라 공간적으로 각기 다르게 분포하고 있음을 알 수 있다.

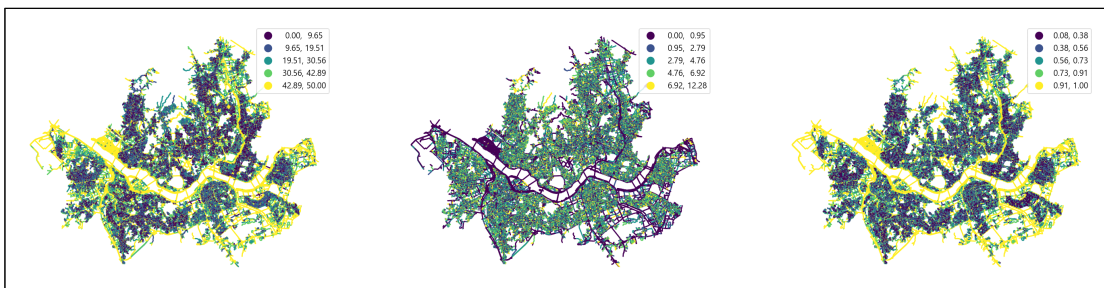
이 연구에서 경험 분석을 하기 전에 기술통계를 〈표 6〉과 같이 제시하였다. 그 결과를 보면, 주거용 토지가격모형의 사례 수는 13,208개이며, 비주거용 토지가격모형의 사례 수는 7,980개이다. 연구모형의 종속변수인 주거용 토지가격은 m^2 당 최소 약 1백만 원에서 최대 약 2천 1백만 원

이었다. 비주거용 토지가격은 m^2 당 최소 약 72만 원에서 최대 약 1억 9천만 원이었다. 독립변수의 각 범주인 도시형태 관련 지표, 개발밀도, 토지이용 혼합, 개별토지 특성, 교통입지 특성, 인구와 고용 밀도의 개별 변수의 기술통계는 이 연구에서 채택한 자료의 전반적인 현황을 보여주고 있다.

2. 분석 결과와 해석

1) 도시형태 지표의 영향 분석

서울시 도시형태가 토지가격에 미치는 영향을 크게 주거용 토지와 비주거용 토지로 나누어 살펴



〈그림 5〉 Width, width deviation, openness의 공간 분포

〈표 6〉 기술통계

변수	사례수	평균	표준편차	최소값	최대값
주거용 토지가격(원)	13,208	3,592,414	1,472,421	1,080,000	21,300,000
비주거용 토지가격(원)	7,980	11,000,000.00	10,800,000.00	721,000	199,000,000
도시형태 관련 지표					
Convexity	21,188	0.94	0.04	0.56	1.00
Neighbors	21,188	0.08	0.03	0.00	0.22
Covered area	21,188	5,837.70	10,860.34	380.32	384,106.60
Covered area ratio	21,188	0.40	0.15	0.00	0.88
Equivalent rectangular index	21,188	0.96	0.06	0.43	1.08
Elongation	21,188	0.73	0.18	0.04	1.00
Shared wall ratio	21,188	0.00	0.01	0.00	0.38
Neighbor distance	21,188	9.38	9.49	0.37	127.26
Inter building distance	21,188	10.57	7.28	1.73	74.52
Building adjacency	21,188	1.00	0.01	0.77	1.00
Length	21,188	68.78	57.93	9.54	3,621.10
Linearity	21,188	0.96	0.12	0.00	1.00
Width	21,188	20.06	16.16	0.00	50.00
Width deviation	21,188	3.02	2.59	0.00	11.89
Openness	21,188	0.56	0.25	0.11	1.00
Node degree	21,188	3.15	0.98	1.00	15.00
Closeness	21,188	0.00	0.00	0.00	0.00
Meshedness	21,188	0.19	0.03	0.00	0.32
개발 밀도					
부동산 개발 밀도	21,188	1.52	5.97	0.00	604.80
토지이용 혼합					
토지이용 혼합도	21,188	0.45	0.23	0.00	0.97
주거-비주거 토지 균형도	21,188	1.00	0.03	0.00	1.00
개별 토지 특성					
상업용도	7,980	0.85	0.36	0.00	1.00
업무용도	7,980	0.13	0.33	0.00	1.00
공업용도	7,980	0.02	0.15	0.00	1.00
단독주택	13,208	0.70	0.46	0.00	1.00

〈표 6〉 Continued

변수	사례수	평균	표준편차	최소값	최대값
아파트	13,208	0.03	0.17	0.00	1.00
연립주택	13,208	0.02	0.15	0.00	1.00
다세대주택	13,208	21,188.00	0.15	0.36	1.00
면적	21,188	752.81	5,287.21	3.30	237,830.70
평지	21,188	0.80	0.40	0.00	1.00
형상	21,188	0.16	0.37	0.00	1.00
도로입면	21,188	0.16	0.37	0.00	1.00
교통입지 특성					
시청에서 거리(m)	21,188	7,902.43	3,863.31	22.99	18,336.50
부도심에서 거리(m)	21,188	4,237.73	2,197.80	37.96	12,452.88
도로에 대한 거리(m)	21,188	26.29	23.07	0.01	669.39
가로망에 대한 거리(m)	21,188	32.38	62.69	0.01	1,333.95
지하철역에 대한 거리(m)	21,188	514.64	379.41	16.00	3,393.00
버스 정류장에 대한 거리(m)	21,188	114.82	73.27	3.00	2,822.00
초등학교에 대한 거리(m)	21,188	391.01	194.38	16.17	3,774.73
중학교에 대한 거리(m)	21,188	534.85	269.41	16.57	3,591.53
고등학교에 대한 거리(m)	21,188	680.68	365.46	16.57	4,825.83
대학교에 대한 거리(m)	21,188	1,344.71	928.80	23.70	7,726.96
공원 접근성(m)	21,188	441.87	377.02	0.06	3,685.05
한강에 대한 거리(m)	21,188	4,047.21	2,770.53	30.79	15,821.87
인구와 고용밀도					
인구밀도(명/㎡)	21,188	0.01	0.02	0.00	0.24
고용밀도(명/㎡)	21,188	0.01	0.05	0.00	2.57

보았다. 주거용과 비주거용 토지가격에 대한 모형결과는 〈표 7〉과 〈표 8〉에 각각 제시하였다. 주거용 토지 모형에서 토지 필지 수는 13,208이며, 집계구 수는 7,944이다. 집단내상관(ICC)값을 보여주는 Rho는 0.80으로 모형 적용의 판단 기준인 0.05보다 크므로 다층회귀모형을 적용하는 것이 적합함을 알 수 있다. 전반적인 결정계수는

0.56으로 나타났다. 아울러, 집계구내 결정계수는 0.33, 집계구간 결정계수는 0.58이다. 비주거용 토지 모형에서 분석할 필지 수는 7,980이며, 집계구 수는 3,344이다. Rho는 0.48이므로 역시 다층회귀모형이 적합하였다. 전반적인 결정계수는 0.53, 집계구내 결정계수는 0.47, 집계구간 결정계수는 0.53이다. 다중공선성 문제

〈표 7〉 주거용 토지가격 모형 결과

변수	계수	P> Z	VIF
Fixed effects			
도시형태 관련 지표			
Log(convexity)	0.126	0.00	1.17
Log(neighbors)	-0.063	0.00	4.38
Log(covered area)	-0.011	0.00	6.74
Log(covered area ratio)	0.093	0.00	5.53
Log(equivalent rectangular index)	0.022	0.27	1.46
Log(elongation)	0.004	0.48	1.40
Log(shared wall ratio)	0.033	0.03	1.01
Log(neighbor distance)	0.094	0.00	5.61
Log(inter building distance)	-0.018	0.00	3.32
Log(buidling adjacency)	0.384	0.00	1.03
Log(length)	0.005	0.23	4.52
Log(linearity)	0.038	0.00	1.11
Log(width)	0.013	0.00	1.71
Log(width deviation)	-0.008	0.00	1.86
Log(openness)	-0.016	0.01	4.37
Log(node degree)	0.039	0.00	1.25
Log(closeness)	-0.049	0.00	2.01
Log(meshedness)	0.146	0.00	1.37
개발 밀도			
Log(부동산 개발 밀도)	0.064	0.00	1.40
토지이용 혼합			
토지이용 혼합도	0.162	0.00	1.32
주거-비주거 토지 균형도	-0.195	0.00	1.07
개별 토지 특성			
단독주택	0.005	0.13	1.44
연립주택	-0.002	0.82	1.21
아파트	0.116	0.00	3.31
Log(면적)	0.034	0.00	5.21
평지	0.097	0.00	1.31
형상	0.008	0.02	1.12

〈표 7〉 Continued

변수	계수	P> Z	VIF
도로입면	0.093	0.00	1.47
교통입지 특성			
Log(시청에서 거리)	-0.134	0.00	1.91
Log(부도심에서 거리)	-0.030	0.00	1.41
Log(도로에 대한 거리)	-0.034	0.00	1.43
Log(가로망에 대한 거리)	0.031	0.00	2.18
Log(지하철역에 대한 거리)	-0.065	0.00	1.87
Log(버스 정류장에 대한 거리)	-0.014	0.00	1.09
Log(초등학교에 대한 거리)	0.015	0.00	1.07
Log(중학교에 대한 거리)	0.024	0.00	1.28
Log(고등학교에 대한 거리)	-0.019	0.00	1.36
Log(대학교에 대한 거리)	0.031	0.00	1.43
Log(공원 접근성)	-0.005	0.13	1.74
Log(한강에 대한 거리)	-0.176	0.00	1.25
인구와 고용밀도			
Log(인구밀도)	-0.009	0.00	3.82
Log(고용밀도)	0.005	0.00	3.68
상수	17.431	0.00	
Random effects			
ICC		0.80	
결정계수			
집계구 내		0.33	
집계구 간		0.58	
전체		0.56	
사례 수		13,208	
집계구 수		7,944	

주 : VIF, variance inflation factor; ICC, intraclass correlation.

가 있는지를 측정하는 VIF(variance inflation factor)로 보면, 모든 결과에서 그 최대값이 9.13이므로 다중공선성 문제는 없는 것으로 볼 수 있다.⁸⁾ 〈그림 6〉은 이 연구의 주 관심사인 개별 도시형태 변수의 토지가격에 대한 영향을 요약하여 보여

8) 연구 모형에서 개발밀도, 토지이용혼합, 인구와 고용밀도는 그 성격이 각기 다르고 독립변수의 다중공선성을 측정하는 VIF값이 10 이하이므로 상관관계는 약한 것으로 보이므로 연구 모형에서 모두 분석하였다.

〈표 8〉 비주거용 토지가격 모형 결과

변수	계수	P> Z	VIF
Fixed effects			
도시형태 관련 지표			
Log(convexity)	0.137	0.07	1.22
Log(neighbors)	-0.109	0.00	3.88
Log(covered area)	0.035	0.00	4.06
Log(covered area ratio)	0.135	0.00	3.80
Log(equivalent rectangular index)	0.181	0.00	1.14
Log(elongation)	0.019	0.10	1.09
Log(shared wall ratio)	0.050	0.07	1.05
Log(Neighbor distance)	0.126	0.00	4.29
Log(inter building distance)	-0.027	0.04	3.24
Log(building adjacency)	1.178	0.00	1.06
Log(length)	-0.055	0.00	3.25
Log(linearity)	0.050	0.06	1.08
Log(width)	0.003	0.55	1.45
Log(width deviation)	-0.008	0.10	1.49
Log(openness)	-0.056	0.00	2.88
Log(node degree)	0.070	0.00	1.42
Log(closeness)	-0.096	0.00	2.31
Log(meshedness)	0.250	0.00	1.40
개발 밀도			
Log(부동산 개발 밀도)	0.214	0.00	1.37
토지이용 혼합			
토지이용 혼합도	0.165	0.00	1.09
주거-비주거 토지 균형도	-0.211	0.55	1.05
개별 토지 특성			
상업용도	0.304	0.00	6.35
업무용도	0.348	0.00	6.26
Log(면적)	-0.007	0.24	2.99
평지	0.238	0.00	1.04
형상	-0.015	0.22	1.06

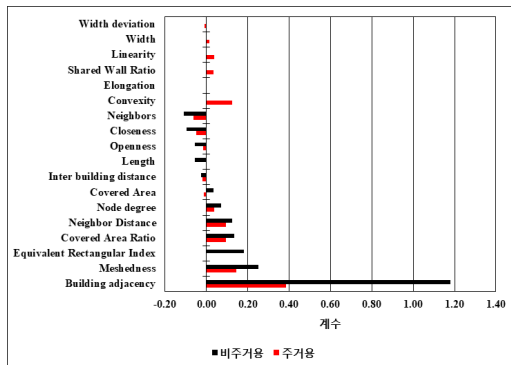
〈표 8〉 Continued

변수	계수	P> Z	VIF
도로입면	0.284	0.00	1.57
교통입지 특성			
Log(시청에서 거리)	-0.263	0.00	1.93
Log(부도심에서 거리)	-0.024	0.01	1.23
Log(도로에 대한 거리)	-0.055	0.00	1.43
Log(가로망에 대한 거리)	0.041	0.00	2.02
Log(지하철역에 대한 거리)	-0.145	0.00	1.40
Log(버스 정류장에 대한 거리)	-0.059	0.00	1.21
Log(초등학교에 대한 거리)	0.067	0.00	1.16
Log(중학교에 대한 거리)	0.067	0.00	1.25
Log(고등학교에 대한 거리)	0.000	0.98	1.26
Log(대학교에 대한 거리)	0.041	0.00	1.53
Log(공원 접근성)	0.002	0.78	1.27
Log(한강에 대한 거리)	-0.115	0.00	1.24
인구와 고용밀도			
Log(인구밀도)	-0.024	0.00	3.25
Log(고용밀도)	0.010	0.02	3.18
상수	17.384	0.00	
Random effects			
ICC		0.48	
결정계수			
집계구 내		0.50	
집계구 간		0.47	
전체		0.53	
사례 수		7,980	
집계구 수		3,344	

주 : VIF, variance inflation factor; ICC, intraclass correlation.

주고 있다. 5% 수준에서 통계적으로 유의미한 변수의 계수만 표현하였다. 모형의 결과를 보면, 첫째, building adjacency, meshedness, covered

area ratio, neighbor distance, node degree 순으로 주거용과 비주거용 토지가격 모두에 긍정적 영향을 주었다. 특히, 이 변수는 모두 비주거용



〈그림 6〉 도시형태 관련 지표가 주거용과 비주거용 토지가격에 미치는 영향 비교

토지가격에 더 긍정적인 영향을 미쳤다. 이 가운데 건물의 밀집도를 측정하는 building adjacency는 주거용 토지가격보다 비주거용 토지가격에 현저하게 큰 긍정적 영향을 주었다. 이는 비주거용과 주거용 건물의 상대적 밀집도가 클수록 토지가격에 대한 지불용의액이 클 수 있음을 시사한다. 비주거용 토지의 경우 다양한 업무용과 상업용 건물이 밀집하는 경우 업무 효율성과 상권 집중에 의한 소비자의 이동 편리성이 토지 가격에 반영되는 것으로 보인다. 아울러 주거용 토지의 경우 주택의 밀집에 의한 규모의 경제와 편리성이 토지가격에 긍정적 영향을 미치는 것으로 추정된다. 그 다음으로 가로망 연결의 긴밀한 정도를 반영하는 meshedness와 node degree의 영향이 강했다. 건물의 밀집도와 더불어 긴밀하게 연결된 가로망과 각 노드에 연결된 가로망이 많아 이동의 편리성이 클수록 토지 가격도 비쌌다. 또한, covered area ratio와 neighbor distance에서 보듯, 토지의 배치 측면에서 토지의 바닥면적에서 건물의 바닥면적이 크지만 이웃한 건물과 일

정한 거리를 유지하는 것이 토지 가격을 높임을 알 수 있다. 대지의 면적에 비해 건물 면적이 클수록 임대료를 더 많이 받을 수 있고 활용가능한 공간이 넓어서 나온 결과로 보인다. 뿐만 아니라 이웃 건물과 더 가까운 경우 소음이나 프라이버시 침해 등이 발생할 수 있으므로 일정한 가격이 토지가격에 유리한 조건임을 알 수 있다.

둘째, 두 용도의 토지가격에 neighbors, closeness, openness, inter building distance 등의 순으로 부정적 영향을 주었다. 즉, 인근에 이웃(건물 테셀레이션)이 많고, 국지적 가로망 중심성이 크고, 가로망을 따라 건물이 많고, 일정 구역 내 모든 건물 상호간의 평균 거리가 멀수록 두 용도의 토지가격은 낮았다. 이러한 결과는 이웃에 필지가 많거나 가로망에 다수의 건물이 들어서 있는 경우는 주거용과 비주거용 토지가격에 유리한 조건이 아님을 말해준다. 아울러 국지적 수준의 가로망 중심정보보다는 meshedness의 영향처럼 가로망의 연결성이 가격을 높이고, 일정 구역내 건물들이 서로 멀리 자리잡은 경우는 토지가격이 낮음을 알 수 있다. 해당 건물 테셀레이션과 이웃한 건물 테셀레이션 면적의 합인 covered area는 비주거용에 긍정적 영향을 주었으나 주거용에는 부정적 영향을 주는 상반된 효과를 냈다. 비주거용 토지의 경우 자체 면적과 인접한 건물의 면적 합이 클수록 업무효율성과 상권의 형성이 활발하다고 볼 수 있으므로 토지가격을 높이는 것으로 보인다. 반면, 주거용 건물의 경우 인근에 큰 건물이 많을수록 소음, 혼잡, 프라이버시 침해 등 부정적 효과가 발생하여 낮은 토지가격으로 나타나는 것으로 볼 수 있다.

셋째, 비주거용 토지가격에만 통계적으로 유의미한 영향을 변수는 equivalent rectangular index 와 length이다. 건물의 모양이 균일면적 사각형에 가까운지를 보여주는 equivalent rectangular index는 긍정적 영향을 준 반면, 인근 가로망의 길이를 측정하는 length는 부정적 영향을 미쳤다. 이 결과는 건물의 모양이 직사각형에 가까울수록 상업과 업무용 건물이 잘 보이고 이용 효율성이 높아짐을 반영한다. 아울러 앞의 가로망 연결성 부분과 연결하여 유추해 보면, 긴 가로망보다는 짧은 가로망의 긴밀한 연결이 비주거용 토지가격에 유리한 조건임을 알 수 있다. 건물의 모양이 긴지 아닌지를 보여주는 Elogation 지표는 주거용과 비주거용 토지가격에 통계적으로 유의미하지 않았다. 다른 지표의 영향력이 압도한 결과로 해석할 수 있다.

넷째, 주거용 토지가격에만 통계적으로 유의미하게 영향을 준 변수도 있다. Convexity, linearity, shared wall ratio, width 순으로 긍정적 영향을 주었으나 width deviation은 약하게 부정적 영향을 준 것으로 나타났다. 이는 주거용 건물의 모양이 원형에 가깝고, 근처 가로망이 직선에 가깝고, 인근 건물을 향한 면이 길고, 가로망을 따라서 있는 건물 사이 간격이 클수록 주거용 토지가격이 높음을 시사한다. 이러한 결과를 비주거용의 경우와 비교해 보면, 비주거용 건물은 직사각형이 유리한 조건이지만 주거용의 경우 둥근 모양을 선호함을 알 수 있다. 또한, 주거용 토지는 비주거용 토지에 비해 가로망의 직선 여부, 이웃 건물을 향한 면의 길이, 건물간 간격 등이 그 가격을 좌우하는 요인이라는 점을 알 수 있다. 이러한 결

과는 토지 용도에 따라 가격에 프리미엄을 발생시키는 공통된 요인도 있으나 각 용도별로 각기 프리미엄 발생요인이 다를 수 있다는 것을 시사한다.

2) 기타 통제변수에 대한 해석

기타 통제변수도 주거용과 비주거용 토지가격에 영향을 주었다. 먼저, 개별 토지 특성에서 주거용 토지가격의 경우 다세대주택에 비해 아파트가 고평가되고 있는 것으로 나타났으며, 비주거용 토지가격의 경우 산업용 토지에 비해 업무용도, 상업용도 순으로 고평가됨을 알 수 있다. 또한, 주거용 토지가격에 면적, 평지, 형상, 도로입면 변수 모두 긍정적 영향을 준 반면, 비주거용 토지가격에서 평지와 도로입면만 긍정적 영향을 주었다. 개발밀도와 토지이용 혼합 측면에서, 개발밀도가 높고 토지이용이 다양할수록 주거용 토지가격이 비쌌지만, 주거-비주거 용도가 균형개발되는 경우 주거용 토지가격은 낮았다. 비주거 토지가격에서는 개발밀도가 높고 토지이용 혼합도가 높으면 그 가격 수준도 높았다. 주거-비주거 용도의 균형개발 정도는 통계적으로 유의미하지 않았다. 일반적으로 비주거용 토지는 특정지역에 집중하는 성향 때문으로 보인다. 교통입지 특성 측면에서 주거용과 비주거용 토지가격은 시청, 부도심, 도로, 지하철역과 버스 정류장, 한강으로 멀어질수록 하락했다. 아울러 가로망, 초등학교, 중학교, 대학교로부터 멀어지면 각각의 토지가격이 오르는 관계를 보였다. 고등학교에 대한 거리는 상반된 영향을 주었다. 즉, 고등학교로부터 멀어질수록 주거용 토지가격은 하락했으나, 비주거용 토지 가격에 대해 통계적으로 유의미하지 않았

다. 두 용도별 가격에 대해 공원에 대한 접근성은 통계적 유의미성은 없었다. 인구밀도와 두 토지 가격은 부의 관계를 보이지만 고용밀도는 양의 관계를 보였다. 이는 인구가 집중되어 있는 주거지역보다 고용이 집중되어 있는 비주거지역의 가격이 높음을 의미한다.

V. 결론

이 연구는 서울시 도시형태를 측정하고 그 영향을 토지가격을 통해 살펴보았다. 주요 연구 결과를 요약하면, 첫째, 건물의 밀집도가 높고, 인근에 긴밀하게 연결된 가로망이 많고, 대지면적에서 건물 면적이 차지하는 비율이 높고, 인근 건물에서 일정한 거리를 유지하는 경우 주거용과 비주거용 토지가격에 프리미엄이 발생하였다. 둘째, 인근에 건물 부지가 많고, 국지적 가로망 중심성이 높고, 가로망을 따라 다수의 건물이 들어서 있고, 일정구역내 건물간 상호 거리가 멀면 두 용도의 토지가격이 낮았다. 셋째, 건물 모양이 직사각형에 가까우면 비주거용 토지가격에 프리미엄이 발생했지만 원형에 가까우면 주거용 토지가격이 상승하는 다른 효과를 보였다. 넷째, 가로망이 직선에 가깝고, 인근 건물을 향한 건물 측면이 길고, 가로망을 따라 서 있는 건물의 간격이 크면 주거용 토지가격이 높았다.

이 연구의 핵심적인 모형 결과는 다음과 같은 시사점을 준다. 첫째, 이 연구는 종합적이고 체계적인 접근방법을 통해 크게 주목받지 못한 도시형태의 경제적 가치를 토지가격을 통해 평가하였

다. 입지의 의미를 보다 다양하고 체계적으로 확장하여 부동산 가격에 영향을 주는 요인을 엄밀하게 측정하고 그 영향을 규명했다. 이는 부동산 가치 추정에 대한 새로운 측면을 조명했다는 의미가 있다. 둘째, 이 연구에서 시도한 총 5개의 범주, 20개의 도시형태 값이 주거용과 비주거용 토지가격에 각기 다른 영향을 준다는 것을 계량모형 결과로부터 확인하였다. 이는 도시형태의 변화와 지속가능하고 활기찬 도시를 만들기 위한 다양한 정책적 노력이 토지와 같은 부동산 가격에 실질적인 영향을 줄 수 있다는 것을 시사한다. 아울러 어떤 도시형태에 대해 얼마나 지불용의액이 형성되는지도 포착하였다. 이러한 결과는 도시형태에 대한 시장의 평가를 파악하여 보다 나은 도시형태를 선택하는 데 기초자료가 될 수 있을 것이다. 셋째, 이 연구에서 측정한 도시형태는 이미 기존연구에서 제시한 바와 같이 도시활력 증진, 기후 변화 대응, 도시공간구조의 예측 등에 활용되고 있고 지속가능한 도시 형성을 위해 중요한 정책으로 자리잡고 있다. 이러한 흐름속에서 도시형태에 대한 분석과 영향 분석은 향후 부동산 시장의 변화와 자산 가치 평가에 크게 기여할 것이다. 넷째, 두 용도의 토지가격에 대한 도시형태 영향을 분석한 결과는 인간의 활동과 선호, 정부 정책이 궁극적으로 이를 반영하는 도시형태를 만들고 결국 토지가격에 영향을 준다는 점을 시사한다. 따라서 이 연구의 분석방법은 시민이 선호하고 정책이 만들어 낸 주거환경, 비주거용 공간구조를 포착하는 데 활용할 수 있을 것이다. 아울러 의도적인 도시형태의 변화가 부동산 시장과 가격에 미치는 영향을 체계적으로 규명하는 데 일조할 것으로 기대

한다.

끝으로, 이 연구의 한계와 향후 연구과제를 제시하면서 마무리하고자 한다. 첫째, 이 연구는 2020년 자료를 활용하여 서울시 도시형태를 측정하고 토지가격을 통해 그 영향을 살펴 보았다. 장기 시계열 자료를 확보할 수 있다면, 시공간 측면에서 도시형태가 토지가격에 미치는 역동적인 영향을 보다 입체적으로 조명할 수 있을 것이다. 둘째, 이 연구에서 시사하는 바와 같이 도시형태는 부동산의 수요와 공급에도 영향을 미칠 것이다. 따라서, 관련 자료를 확보하여 도시형태가 부동산에 대한 선호와 부동산 개발(구시가지 개발과 신도시 개발)에 미치는 효과도 포착할 수 있을 것이다.

ORCID ID

강창덕 <https://orcid.org/0000-0003-3935-9945>

참고문헌

1. 강창덕, 2014, 「토지이용 접근성과 중심성의 토지 가격 효과 연구: 서울시를 사례로」, 『서울도시연구』, 15(3):19-40.
2. _____, 2015, 「가로망 공간구조 특성이 토지가격에 미치는 영향」, 『서울도시연구』, 16(4):85-107.
3. _____, 2021, 「서울시 지하철에 대한 가로망 접근성의 토지가격 효과 연구」, 『부동산분석』, 7(2):1-24.
4. 국토교통부, 2020a, 「건축데이터개방」, 세종: 국토교통부.
5. 국토교통부, 2020b, 「서울시 표준지 공시지가 자료」, 세종: 국토교통부.
6. 김주영, 2005, 「규제정책이 서울시 지가변화에 미치는 영향력 분석」, 『서울도시연구』, 6(3):47-58.
7. 김혜영 · 전철민, 2012, 「공간구문론 및 지리적 가중 회귀 기법을 이용한 지가분석」, 『한국지리정보학회지』, 15(2):35-45.
8. 서울토피스, 2020, 『서울토피스정류장 자료』, 서울: 서울특별시.
9. 서울통계서비스, 2017, 『서울시 지하철 자료』, 서울: 서울특별시.
10. 서울특별시, 2006, 『2020년 서울도시기본계획』, 서울: 서울특별시.
11. 오예지 · 강창덕, 2020, 「서울시 복합용도개발에 대한 접근성이 토지가격에 미치는 영향 분석: 유형별 광역 효과와 국지 효과 비교를 중심으로」, 『서울도시연구』, 21(3):23-41.
12. 유승환 · 강준모, 2012, 「역세권 공간구조특성이 지가에 미치는 영향요인분석」, 『대한토목학회논문집 D』, 32(1D):61-69.
13. 유완 · 조응래, 1990, 「지가평가모형의 개발」, 『국토계획』, 25(1):9-20.
14. 이성원 · 허식, 2011, 「서울시 주거용지 가격의 분위 회귀 분석」, 『산업경제연구』, 24(2):591-612.
15. 이승운 · 임병인, 2021, 「서울 특화산업이 지가변동에 미치는 영향 분석: 서울시 25개 자치구를 대상으로」, 『서울도시연구』, 22(3):1-13.
16. 임현식 · 김영옥 · 반영운, 2002, 「도시공간구조와 지가의 상호관련성에 관한 연구: 인사동 지역을 중심으로」, 『대한건축학회 논문집-계획계』, 18(7):133-140.
17. 채미옥, 1998, 「접근성 및 입지요인을 고려한 서울시 지가의 공간적 분포특성」, 『국토계획』, 33(3):95-114.
18. 최막중, 2001, 「용적률 및 개발용도 규제의 변화가

- 주택가격과 지가에 미치는 영향에 관한 이론적 분석, 『국토계획』, 36(3):87-99.
19. 통계청, 2020, 『서울시 집계구 자료』, 대전: 통계청.
20. 한국도시설계학회, 2014, 『도시설계의 이해』, 서울: 한국도시설계학회.
21. 한국콘텐츠미디어, 2019, 『전국 학교 주소록』, 서울: 한국콘텐츠미디어.
22. 행정안전부, 2020, 「전자지도」, 세종: 행정안전부.
23. Araldi, A. and G. Fusco, 2019, "From the street to the metropolitan region: Pedestrian perspective in urban fabric analysis," *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(7):1243-1263.
24. Atkinson-Palombo, C., 2010, "Comparing the capitalisation benefits of light-rail transit and overlay zoning for single-family houses and condos by neighbourhood type in metropolitan Phoenix, Arizona," *Urban Studies*, 47(11): 2409-2426.
25. Ayazli, I. E., 2019, "An empirical study investigating the relationship between land prices and urban geometry," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(10):457.
26. Barke, M., 2018, "The Importance of Urban Form as an Object of Study," In V. Oliveira, editor, *Teaching Urban Morphology*, Cham, Switzerland: Springer.
27. Basaraner, M. and S. Cetinkaya, 2017, "Performance of shape indices and classification schemes for characterising perceptual shape complexity of building footprints in GIS," *International Journal of Geographical Information Science*, 31(10):1952-1977.
28. Boccalatte, A., M. Thebault, C. Ménézo, J. Ramousse, and M. Fossa, 2022, "Evaluating the impact of urban morphology on rooftop solar radiation: A new city-scale approach based on Geneva GIS data," *Energy and Buildings*, 260: 111919.
29. Caruso, G., M. Hilal, and I. Thomas, 2017, "Measuring urban forms from inter-building distances: Combining MST graphs with a local index of spatial association," *Landscape and Urban Planning*, 163:80-89.
30. Chakrabarti, S., T. Kushari, and T. Mazumder, 2022, "Does transportation network centrality determine housing price?," *Journal of Transport Geography*, 103:103397.
31. Dal Cin, F., M. Fleischmann, O. Romice, and J. P. Costa, 2020, "Climate adaptation plans in the context of coastal settlements: The case of Portugal," *Sustainability*, 12(20):8559.
32. Dill, J., 2004, "Measuring network connectivity for bicycling and walking," In Proceedings of the 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, DC.
33. Dong, H. and J. Andrew Hansz, 2016, "The geography of the recent housing crisis: The role of urban form," *Housing Policy Debate*, 26(1): 150-171.
34. Duncan, M., 2011, "The impact of transit-oriented development on housing prices in San Diego, CA," *Urban Studies*, 48(1):101-127.
35. Ewing, R. and R. Cervero, 2010, "Travel and the built environment," *Journal of the American Planning Association*, 76(3):265-294.
36. Fesselmeyer, E. and K. Y. S. Seah, 2018, "The effect of localized density on housing prices in Singapore," *Regional Science and Urban Economics*, 68:304-315.
37. Fleischmann, M., A. Feliciotti, O. Romice, and S. Porta, 2020, "Morphological tessellation as a way of partitioning space: Improving consistency in urban morphology at the plot scale," *Computers, Environment and Urban Systems*,

- 80:101441.
38. Fleischmann, M., A. Feliciotti, and W. Kerr, 2022, "Evolution of urban patterns: Urban morphology as an open reproducible data science," *Geographical Analysis*, 54(3):536–558.
39. Fleischmann, M., O. Romice, and S. Porta, 2021, "Measuring urban form: Overcoming terminological inconsistencies for a quantitative and comprehensive morphologic analysis of cities," *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(8):2133–2150.
40. Fotheringham, A. S., C. Brunsdon, and M. Charlton, 2003, *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
41. Guan, C. H. and P. G. Rowe, 2018, "In pursuit of a well-balanced network of cities and towns: A case study of the Changjiang delta region in China," *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(3): 548–566.
42. Guo, J. Y. and C. R. Bhat, 2007, "Operationalizing the concept of neighborhood: Application to residential location choice analysis," *Journal of Transport Geography*, 15(1):31–45.
43. Harvey, C. and L. Aultman-Hall, 2016, "Measuring urban streetscapes for livability: A review of approaches," *The Professional Geographer*, 68(1):149–158.
44. Hermosilla, T., L. A. Ruiz, J. A. Recio, and M. Cambra-López, 2012, "Assessing contextual descriptive features for plot-based classification of urban areas," *Landscape and Urban Planning*, 106(1):124–137.
45. Jones, C. and C. MacDonald, 2004, "Sustainable urban form and real estate markets," In *Proceedings of the 11th European Real Estate Society Conference*, Milano, Italy.
46. Kang, C. D., 2018, "The S + 5Ds: Spatial access to pedestrian environments and walking in Seoul, Korea," *Cities*, 77:130–141.
47. _____, 2019, "Effects of spatial access to neighborhood land-use density on housing prices: Evidence from a multilevel hedonic analysis in Seoul, South Korea," *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(4):603–625.
48. Kropf, K., 2014, "Ambiguity in the definition of built form," *Urban Morphology*, 18(1):41–57.
49. Kuby, M., S. Tierney, T. Roberts, and C. Upchurch, 2005, *A Comparison of Geographic Information Systems, Complex Networks, and Other Models for Analyzing Transportation Network Topologies*, NASA/CR–2005–213522, Washington, DC: NASA.
50. Lang, W., E. C. M. Hui, T. Chen, and X. Li, 2020, "Understanding livable dense urban form for social activities in transit-oriented development through human-scale measurements," *Habitat International*, 104:102238.
51. Levinson, D. M., W. Marshall, and K. Axhausen, 2017, *Elements of Access*, 1st ed. Middletown, DE: Create Space Independent Publishing Platform.
52. Matthews, J. W. and G. K. Turnbull, 2007, "Neighborhood street layout and property value: The interaction of accessibility and land use mix," *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 35(2):111–141.
53. Milojevic-Dupont, N., N. Hans, L. H. Kaack, M. Zumwald, F. Andrieux, D. B. Soares, S. Lohrey, P. P. Pichler, and F. Creutzig, 2020, "Learning from urban form to predict building

- heights,” *PLOS ONE*, 15(12):e0242010.
54. Mottelson, J. and A. Venerandi, 2020, “A fine-grain multi-indicator analysis of the urban form of five informal settlements in East Africa,” *Urban Science*, 4(3):31.
 55. Oliveira, V. and V. Medeiros, 2016, “Morpho: Combining morphological measures,” *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(5): 805–825.
 56. Porta, S., P. Crucitti, and V. Latora, 2006, “The network analysis of urban streets: A primal approach,” *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(5):705–725.
 57. Purciel, M., K. M. Neckerman, G. S. Lovasi, J. W. Quinn, C. Weiss, M. D. M. Bader, R. Ewing, and A. Rundle, 2009, “Creating and validating GIS measures of urban design for health research,” *Journal of Environmental Psychology*, 29(4):457–466.
 58. Qiu, W., Z. Zhang, X. Liu, W. Li, X. Li, X. Xu, and X. Huang, 2022, “Subjective or objective measures of street environment, which are more effective in explaining housing prices?,” *Landscape and Urban Planning*, 221: 104358.
 59. Rabe-Hesketh, S. and A. Skrondal, 2008, *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, 2nd ed. College Station, TX: Stata Press.
 60. Randall, T. A. and B. W. Baetz, 2001, “Evaluating pedestrian connectivity for suburban sustainability,” *Journal of Urban Planning and Development*, 127(1):1–15.
 61. Rodrigue, J. P., 2020, *The Geography of Transport Systems*, London, UK: Routledge.
 62. Schirmer, P. M. and K. W. Axhausen, 2015, “A multiscale classification of urban morphology,” *Journal of Transport and Land Use*, 9(1):101–130.
 63. Sevtsuk, A., 2010, *Path and place: A study of urban geometry and retail activity in Cambridge and Somerville, MA* (Doctoral dissertation). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
 64. Sevtsuk, A. and M. Mekonnen, 2012, “Urban network analysis,” *Revue Internationale de Géomatique*, 22(2):287–305.
 65. Song, Y. and G. J. Knaap, 2003, “New urbanism and housing values: A disaggregate assessment,” *Journal of Urban Economics*, 54(2): 218–238.
 66. Venerandi, A., A. Feliciotti, M. Fleischmann, K. Kourtit, and S. Porta, 2022a, “Urban form character and Airbnb in Amsterdam (NL): A morphometric approach,” *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 23998083221115196.
 67. Venerandi, A., L. M. Aiello, and S. Porta, 2022b, “Urban form and COVID-19 cases and deaths in greater London: An urban morphometric approach,” *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 23998083221133397.

논문 접수일: 2022년 8월 27일

심사(수정)일: 2022년 10월 28일

게재 확정일: 2022년 11월 15일

국문초록

도시형태는 도시의 사회, 경제, 환경뿐만 아니라 삶의 질, 이동패턴, 토지이용과 개발, 부동산 가격 등에 중요한 영향을 준다. 그 중요성에도 불구하고 도시형태 지표가 부동산가격에 미치는 영향에 대한 연구는 많지 않았다. 이 연구는 서울시를 대상으로 5개 범주, 총 20개의 지표로 도시형태를 측정하고 그 영향을 토지가격을 통해 규명한다. 다층회귀모형을 통해 주거용과 비주거용 토지가격에 대한 영향을 포착하였다. 그 결과를 보면, 건물의 집중도가 높고, 가로망 연결성이 우수하고, 토지에서 건물이 차지하는 면적이 넓고, 이웃 건물과 일정거리를 두고, 필지의 모양이 좋으면 주거용과 비주거용 토지가격이 높았다. 반면, 근처에 건물 필지가 많고 가로망을 따라 많은 건물이 들어서 있고, 일정구역내 건물간 거리가 먼 경우 두 용도의 토지가격은 낮았다. 이 연구의 과정과 모형결과는 향후 도시형태를 통한 도시공간구조의 변화를 이해하고 부동산 가격에 대한 영향을 설명하고 예측하는 데 기여할 것이다.

주제어 : 도시형태, 토지 가격, 다층회귀모형, 서울