

토지이용 접근성과 중심성의 토지가격 효과 연구*

- 서울시를 사례로 -

강 창 덕**

The Effects of Land Use Accessibility and Centrality on Land Price in Seoul*

Chang-Deok Kang**

요약 : 도시경제에서 차지하는 토지이용의 중요성에도 불구하고 이에 대한 접근성과 중심성 효과 연구는 많지 않다. 이 연구는 총 5개의 지표를 이용하여 주거, 상업, 업무, 산업용 토지이용에 대한 접근성과 중심성을 측정하고 2010년 서울시 표준지 공시지가에 대한 효과를 다층회귀모형으로 분석하였다. 분석 결과를 보면, 첫째, 주거용 건축물 연면적을 반영한 Reach, Closeness, Straightness는 모두 토지가격을 높였다. 단, Gravity Index와 Betweenness는 통계적으로 유의하지 않았다. 주거용 토지에 대한 접근성과 출발지와 도착지를 오가는 길목의 주거용 건축물 집중은 주거지 이동의 특성을 감안할 때 가격효과가 없는 것이다. 둘째, 상업용과 업무용 건축물 연면적으로 계산한 Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, Straightness는 모두 통계적으로 유의미하면서 토지가격을 높이는 효과를 냈다. 이는 주거용에 비해 비주거용 건축물에 대한 접근성과 중심성이 토지가격에 미치는 효과가 다양함을 보여준다. 셋째, 산업용 건축물 연면적으로 계산한 5개의 지표는 모두 토지가격을 내리는 효과를 주었다. 산업용 건축물의 부정적 외부효과 때문이다. 끝으로, 토지 가격에 대한 상업용 건축물의 효과가 가장 크게 나타났다. 이는 도시공간 구조상 소비 기능의 중요성이 날로 커짐을 의미한다. 앞으로 이러한 연구 결과를 적절히 반영한다면 보다 적절한 토지이용과 교통 정책의 구상과 실행이 가능할 것이다.

주제어 : 토지이용 접근성, 중심성, 토지가격, 다층회귀모형, 서울시

ABSTRACT : We have less understanding of land use accessibility and centrality and their effects on the property market in urban studies. This study aims to measure the land use accessibility and centrality and isolates their effects on the land price in Seoul, 2010. The accessibility and centrality indices contain Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, and Straightness. The indices were calculated by street network attributes and building volume of each use. Thus, we could measure the spatial pattern of the accessibility and centrality. The model obtains the different response of land price to the indices. The model outputs confirm that Reach, Closeness, and Straightness for residential buildings tend to increase land price while five indices for commercial and office buildings all generate positive effects on the price. The non-residential buildings conferred the premium in land price. The indices for industrial buildings, however, were negatively associated with the land price due to the

* 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5A8022992).

** 중앙대학교 도시계획·부동산학과 부교수(Associate Professor, Department of Urban Planning and Real Estate, Chung-Ang University).
E-mail: cdkang@cau.ac.kr, Tel: 02-820-5959

negative externality of the buildings. This study suggests that access to the commercial buildings has generated remarkable effects on the parcel price in the neighborhood. The results provide insightful policy implication for delving into urban spatial structure and designing public policy. The urban policy should take into account the interaction among the density of land use, urban form, and network features.

Key Words : land use accessibility, centrality, land price, multilevel regression analysis, Seoul City

I. 서론

도시공간구조는 크게 토지이용과 교통망으로 구성되어 있다. 교통문제, 환경문제, 에너지 위기, 기후 변화 등 대도시 문제가 토지이용과 교통망의 상호작용 속에서 발생한다는 점에서 토지이용과 교통망 특성을 입체적으로 이해하고 그에 대한 정책적 처방을 모색하는 것이 전 세계적인 추세이다. 이러한 거대한 흐름은 도시경제, 도시공간구조, 교통, 도시 디자인 등 기존 전문 분야의 연구 성과에 바탕을 두고 있으며 갈수록 토지이용, 가로망 특성, 도시 형태를 전일적(holistic)으로 바라보는 연구로 진화하고 있다.

문제의 진단과 개선을 위해 중요한 것은 정교한 측정을 통한 계량화이다. 도시공간구조에 대한 계량화를 통해 도시문제에 대한 이해가 깊어져 다각적인 해결방안의 모색이 가능하다. 또한, 정책적 노력에 대한 평가도 얻을 수 있다. 토지이용과 교통망 상호간 관련성을 계량적 접근으로 이해하려는 대표적인 노력은 접근성(accessibility)과 중심성(centrality)의 측정이다. 접근성은 차량 이동성을 높이는 교통 정책이 문제 해결에 한계를 보이지 않자 등장한 개념이다. 즉, 차량의 속도를 높이는

정책보다는 토지이용과 교통을 함께 고려하여 출발지에서 목적지에 쉽게 도착하도록 만드는 정책으로 전환된 것이다. 이를 위한 방법은 크게 두 가지이다. 하나는 출발지와 목적지 사이의 공간적 근접성(proximity)을 높이는 것이다. 또 다른 하나는 출발지와 목적지 사이의 이동 속도를 높이는 것이다. 접근성 중심의 시각은 대중교통망 확충을 통해 이동속도를 높이는 방법으로 시각을 바꾸었다는 것이 중요한 특징이다(Cervero, 2005; Handy, 2005; Rodrigue et al., 2009). 교통망의 중심성 또한 도시공간구조 특성을 측정하는 중요한 접근방법이다.¹⁾ 중심성 측정은 교통 네트워크상 결절과 연결선의 상호 관련성을 동시에 고려하여 계량화한다는 장점이 있다(Newman, 2010). 또한, 도시공간상에서 중심성은 경제활동의 입지 결정, 토지이용의 변화, 도시개발과 성장 등을 설명하는 핵심적인 요인이다(Porta et al., 2009). 그간의 연구 성과의 주요 초점은 중심성의 측정을 통한 교통 네트워크 특성 파악과 더불어 중심성의 부동산 가격과 교통 흐름에 대한 파급 효과 분석이었다.

접근성과 중심성으로 분석한 연구 결과는 중요한 정책적 시사점을 제시한다. 첫째, 토지이용과 교통을 연계하려는 신도시주의(New Urbanism)

1) 중심성에 대한 논의는 물리학과 사회과학에서 활발하게 진행되고 있다. 중심성은 네트워크내에서 개체가 갖는 권력 또는 영향력을 포괄적으로 의미한다(이수상, 2012).

의 원리 가운데 각 토지 용도의 혼합에 대한 시장의 반응을 부동산 가격 분석을 통해 알 수 있다. 둘째, 각 토지이용과 교통의 연관성을 다각적으로 제시하여 보다 나은 정책적 선택을 도울 수 있다. 특히, 도시공간구조상 접근성과 중심성의 부동산 가격 효과 분석은 공간구조적 특성의 경제적 가치를 측정할 수 있는 적절한 방법이다. 다양한 도시 문제를 개선하기 위한 노력은 공간구조의 변화를 초래한다. 따라서 그 정책적 노력에 대한 시장의 반응을 부동산 가격 효과를 통해 규명할 수 있는 것이다.

이 연구는 새로운 모형과 분석틀을 제시하기보다는 기존에 통용되고 있는 네트워크 접근성과 중심성에 토지이용 특성을 반영한 새로운 방법을 응용하여 실증분석을 진행한다. 실증 연구는 서울시 토지이용에 대한 접근성과 중심성이 토지가격에 미치는 영향을 계량모형을 통해 분석한다. 이를 위해 먼저, 기존 선행연구를 검토하였으며, 연구 방법과 연구자료를 구체적으로 제시하였다. 그 다음 분석 대상 토지의 토지이용 접근성과 중심성 공간분포 특성을 살펴보고 분석 모형의 결과를 해석하였다. 끝으로, 결론과 정책적 시사점을 논의하였다.

II. 기존 연구 검토

이 연구는 접근성, 중심성, 그리고 부동산 가격에 대한 효과 등에 대한 기존 연구를 검토하여 모형의 구성과 해석에 활용하고자 한다. 선행 연구를 접근성 연구, 네트워크 중심성 연구, 접근성과 중심성의 부동산 가격효과 연구 등으로 나누어 전반적인 연구 흐름을 짚어보고자 한다.

도시연구에서 접근성(accessibility)은 특정한

출발지로부터 특정한 목적지까지 얼마나 쉽게 도달할 수 있는가를 계량화한 것이다(Hanson and Schwab, 1987). 그동안 접근성 연구는 도심으로부터 거리, 출발지에서 도착지까지 직선거리와 네트워크 거리 등 단순한 거리의 측정으로부터 그래프 이론, 중력 접근성, 효용 접근성 등 보다 엄밀한 공식을 사용하여 접근성을 측정하는 노력도 진행되어 왔다(Hansen, 1959; Ingram, 1971; Bhat et al., 2000). 이 가운데 Gravity Indices가 비교적 보편적으로 사용되는 지표인데, 교통거리와 마찰계수를 목적지의 특성과 결합한 것이 특징이다.

네트워크 중심성 분석은 도시공간구조를 이해하기 위한 또 다른 시도이다. 특히, 출발지와 목적지 사이의 통근 네트워크 분석이 주된 연구 주제였다. 이러한 접근 방법은 물리학과 사회학의 연구방법을 도시공간구조를 진단하는 데 활용한 융복합의 영역이다. 이미 1990년대 초 네트워크 접근방법에 의한 도시공간구조 분석이 적실함이 증명되었고 최근까지 미국, 독일, 이탈리아를 중심으로 네트워크 중심성이 지역별 접근성 차이를 포착하는 데 효과적임이 밝혀졌다(Caschili and De Montis, 2013; Reggiani et al., 2011; Patuelli et al., 2010; Montis et al., 2010). 아울러 네트워크 중심성 가운데 Betweenness는 교통 흐름 패턴을 이해하고 향후 변화를 예측하는 데 크게 기여하였다(Puzis et al., 2013).

단핵도시에서 발전한 다핵도시 시각은 도시의 복잡한 현실을 이해하고 예측하는 데 많은 한계가 있다는 비판을 받으면서 교통망 특성과 도시공간구조를 긴밀하게 연관지어 보는 연구들이 등장하였다. 이러한 시각은 보다 정교한 공간 네트워크 분석 기법과 지표의 개발로 진화되어 왔다(Crucitti and Porta, 2006). 그동안 여러 연구는 네트워크

분석이 도시 현상을 설명하는 데 매우 중요한 변수임을 확인하고 있다. 예를 들어, 공간 네트워크 특성은 유동인구의 증감과 상점과 서비스업체의 입지에 결정적인 영향을 준다(Porta et al., 2005; Sevtsuk, 2010). 이러한 연구가 크게 활성화되는 또 다른 배경은 발전 단계상 성장을 넘어 성숙에 이른 대도시에서 가구와 기업은 다른 가구와 경제 활동에 대한 직선거리가 아니라 교통망의 네트워크 거리를 놓고 장소를 선택하고 있다는 점이다. 이에 따라 교통 네트워크와 토지이용의 특성간 관련성에 대한 경험연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 대표적인 연구를 보면, Wang(1998)의 연구는 Lowry-Garin모형을 바탕으로 인구와 고용의 밀도 변화를 네트워크의 국지적 연결 특성으로 설명하였다. 또한 Wang and Guldmann(1996)은 토지이용 집중도는 도로망의 연결 변화에 따라 달라짐을 입증하였다. 이후 시-공간 접근성(space-time accessibility)과 도로망 밀도 지수(road network density index) 등 다양한 지리정보를 통해 도시 공간구조 특성을 계량화하고 이를 실증연구에 활용하는 방향으로 발전하고 있다(Miller, 1999). 최근 도로망 또는 가로망 분석에서 공간구문론 접근법이 보다 활발하게 응용되고 있으며, 그 대표적인 연구는 가로망의 각 지점에서 다양한 활동에 대한 연결성을 측정하는 접근방법이다.

그간의 연구를 전체적으로 보면, 도시공간구조 진단을 위한 접근성과 중심성을 인구, 고용 등과 연관지어 보는 연구는 상대적으로 많은 편이었다. 그러나, 토지이용, 도시형태, 가로망 구조와 함께 고려하면서 분석한 연구는 많지 않다.

앞에서 논의한 도시공간구조를 측정한 접근성과 중심성은 부동산 가격에도 영향을 준다. 이에 대한 기존 연구를 간략하게 보면, 일자리에 대한

공간적 접근성이 높을수록 주택 가격이 상승하였다(Srouf et al., 2002). 수요와 공급지점의 특성을 모두 감안한 보다 세련된 접근성 개념을 적용한 연구에서는 상점에 대한 접근성이 큰 단독주택의 가격은 높아졌다고 보고하였다(Song and Sohn, 2007). 또 다른 연구는 엔트로피 기반 접근성 개념으로 측정한 결과 상업과 대학에 대한 높은 접근성은 단독주택 가격에 유리하게 작용하였으나 유치원부터 고등학교까지 포함한 각급 학교와 공업지대에 대한 접근성은 주택 가격을 낮추는 효과를 냈다(Franklin and Waddell, 2003). 일반적으로 일자리에 대한 접근성이 높아지면 주택가격은 상승하지만, 이러한 관계는 국지적 시장마다 다르게 나타날 수 있다(Cervero, 2005; Adair et al., 2000). 가로망의 연결성을 접근성 특성의 하나로 본다면, 보행자에게 유리한 환경과 결합하면서 연결도가 높은 가로망이 주택가격을 높였다(Matthews and Turnbull, 2007). 또한, 도시 이점과 매력이 극대화된 도심과 일자리에 대한 접근성이 주택 가격 변화에 모두 긍정적인 영향을 준 것으로 밝혀졌다(Osland and Thorsen, 2008).

연구에 따라 접근성의 하위 개념으로 보는 교통 네트워크 중심성도 부동산 가격에 영향을 주는 중요한 요소이다. 한 연구에 따르면, 도로망의 Betweenness가 달라지면 주택 임대료와 인구 집중도가 달라진다(Barthelemy and Flammini, 2009). Closeness를 전체 네트워크상 통합도(Integration)로 본 실증 연구는 전체 네트워크상 Closeness가 높으면 주택 가격이 높지만 500미터 이내의 Closeness가 높아지면 오히려 가격을 떨어짐을 밝혔다. 반면 Betweenness는 약하게 가격을 높였다(Chiaradia et al., 2013).

토지이용 접근성과 중심성의 토지가격 효과 분

석에서 일반적으로 부동산 또는 토지 가격에 영향을 미치는 변수를 통제해야 한다. 기존 연구가 제시한 부동산 가격을 변화시키는 주요 변수는 크게 인근 지역의 부동산 개발, 인구 및 가구, 주택, 교통, 학교 접근성 특성 등이다(강창덕, 2012a). 전반적으로 부동산 가격 연구에서 도시 교통망 또는 가로망 특성과 목적지의 토지이용 특성을 함께 고려한 변수의 효과를 엄밀하게 분석한 연구는 많지 않다. 부동산의 가격은 부동산 자체의 특성, 인근의 토지이용 특성, 그리고 가로망의 영향에 의해 크게 달라진다는 점에서 도시의 교통 네트워크와 인근 토지이용 특성을 모두 고려한 변수의 효과를 분석함으로써 보다 풍부한 도시공간구조, 부동산 가격, 그리고 감정평가 연구가 가능할 것이다.

지금까지 검토한 기존 연구 대비 이 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 토지이용에 대한 접근성과 중심성을 측정하였다는 점이다. 기존 연구는 대체로 일자리 전체 혹은 산업별 일자리에 대한 접근성을 부동산 가격의 설명요인으로 분석하였다. 반면에 이 연구는 주거, 상업, 업무, 산업 등 토지이용에 대한 접근성과 중심성을 미시수준의 자료를 통해 측정하였다. 둘째, 용도별 건축물 연면적을 이용해 Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, 그리고 Straightness 등 중심성 측정의 목적지에 대한 매력도(건축물 연면적)를 반영하였다. 기존 연구에서 중심성은 대체로 출발지와 목적지 간 거리를 측정하여 계산하였지만 이 연구는 목적지의 매력도를 반영하여 보다 현실적인 중심성 지표를 제시하였다. 셋째, 토지이용 접근성과 중심성 분석에서 출발지와 목적지 사이의 직선 거리가 아니라 네트워크 거리를 측정하여 사용하

였다. 직선거리의 경우 정교한 가로망 네트워크 자료가 필요하지 않아 측정이 쉽지만 현실의 교통 흐름을 반영하지 못하는 단점이 있다. 이 연구는 정교한 서울시 가로망 네트워크 자료를 확보하고 출발지와 목적지 간 네트워크 거리를 측정하여 보다 현실적인 분석을 제공하고 있다. 끝으로, 이 연구는 총 5개의 토지이용 접근성과 중심성 지표를 측정하여 보다 다각적인 도시공간구조를 진단하고 있다. 토지이용의 각기 다른 특성을 반영하는 접근성과 중심성 측정을 통해 보다 입체적으로 도시공간구조를 포착할 수 있다.

Ⅲ. 연구방법과 연구자료

1. 연구방법

1) 토지이용 접근성과 중심성 지표

이 연구의 방법은 크게 토지이용 접근성과 중심성 진단과 다층회귀모형(Multilevel Regression Model)이다. MIT City Form Lab이 개발한 Urban Network Analysis로 계산한 토지이용 접근성과 중심성 5개 지표의 구체적인 의미와 산식을 제시하면 <표 1>과 같다. 아울러 각 지표의 반경을 500m로 설정한 후 측정하였다. 반경을 500m로 정한 이유는 이 연구에서 보행자가 가로망을 따라 이동하는 상황을 가정하였기 때문이다.²⁾ 총 5개의 지표는 2개의 접근성 지표(Reach와 Gravity Index)와 3개의 중심성 지표(Betweenness, Closeness, Straightness)로 구분된다. 먼저, Reach는 출발 지점을 중심으로 교통 네트워크를 따라 일정한 반경 거리안에 있는 목적지 건축물 연면적을 합하여 계

2) 분석상 반경 기준은 가정에 의해 달라질 수 있다. 이 연구는 보행자 입장을 가정하였으나 운전자의 입장을 강조하는 경우 반경은 더 넓어질 수 있다.

〈표 1〉 토지이용 접근성과 중심성 측정 지표 개요

	수식 설명	수식
Reach	교통 네트워크상 일정 반경 내 건물 연면적의 합	$\text{Reach}^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} W[j]$
Gravity Index	일정 반경내 건물 연면적의 합을 거리조락함수로 나누어 계산	$\text{Gravity}^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{\epsilon^{\beta \cdot d[i,j]}}$
Betweenness	두 지점 사이 이동시 최단경로 총수로 특정지점을 지나는 경로 수를 나눈 후 목적지 건물 연면적을 곱한 후 합산하여 계산	$\text{Betweenness}^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} \cdot W[j]$
Closeness	일정한 반경내 각 거리별 건축물 연면적이 얼마나 되는지 측정	$\text{Closeness}^r[i] = \frac{1}{\sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} (d[i,j] \cdot W[j])}$
Straightness	일정한 반경내에서 직선거리를 네트워크 거리로 나눈 값에 건물 연면적을 곱한 후 그 합으로 계산	$\text{Straightness}^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j]$

주 : G: i지점에서 반경 r이내에 도달할 수 있는 다른 건물의 수(r= 500m)

d[i, j]: 출발지 건물 i와 목적지 건물 j사이의 최단 네트워크 거리(m)

δ[i, j]: 출발지 건물 i와 목적지 건물 j사이의 직선 거리(m)

n_{jk}[i]: 특정 지점 i를 지나가는 두 지점 j와 k의 최단 경로의 수

n_{jk}: 두 지점 j와 k의 최단 경로의 총수

베타(β): 거리조락계수(0.00217)

W(j): 목적지 건물 j의 연면적(m²)

출처 : Sevtsuk and Mekonnen(2012)를 참고하여 필자 재정리

산한다. 기존 연구는 Reach가 높을수록 상점 입지 확률이 높음을 입증하였다(Sevtsuk, 2010). 다음 Gravity Index는 1959년 Hansen에 의해 처음 도입되었으며 연구와 실무에 널리 사용되는 접근성 지표 가운데 하나이다. 이 방법에서 접근성은 목적지 매력도(연면적)가 높을수록 커지고 네트워크 거리가 멀어질수록 감소한다고 가정한다. 따라서 이 연구에서 목적지 건물의 연면적을 거리조락

계수로 나누어 측정하였다(Hansen, 1959). 이 지표에서 거리조락계수는 기존 연구 성과에 의해 도로 거리(m) 기준 0.00217로 하였다(Handy and Niemeier, 1997).³⁾ 이미 여러 실증연구는 이러한 접근성 개념을 토지이용과 지대의 공간 분포, 상점 입지 선택, 일자리 공간 분포 등에 대한 연구에 적용하였다(Hansen, 1959; Huff, 1963; Waddell and Ulfarsson, 2003). 다음으로 Betweenness는

3) Handy and Niemeier는 연구에서 거리조락계수를 mile기준 0.1813으로 제시하였다. 이를 m단위로 환산하면 0.00217이다. 거리조락계수는 도시별로 다를 수 있으므로 향후 서울시나 국내 도시에 맞는 계수 추정도 중요한 연구과제이다.

일정한 반경 거리내에서 출발지와 목적지 사이 이 동시 최단경로 총수로 특정지점을 지나는 경로 수를 나눈 후 목적지 건물 연면적을 곱한 후 합산하여 계산한다. 이미 기존 연구에서 Betweenness가 높은 지점에 상점이 입지할 가능성이 높음을 확인하였다(Sevtsuk, 2010). 또 다른 중심성 지표인 Closeness는 일정한 반경 거리내에서 특정한 지점을 중심으로 다른 건축물이 얼마나 가까이 자리잡고 있는지를 나타낸다. 좀 더 구체적으로 보면, Closeness는 출발지와 목적지 간 네트워크 거리에 목적지 건축물의 연면적을 곱하여 합한 후 그 결과값의 역수로 측정한다. 결국 두 지점간 상대적 거리도 반영한 것이다. 여기서 주의할 점은 이 연구의 Closeness는 일반적인 개념과 다르다는 점이다.⁴⁾ 즉, 일반적인 중심성 지표인 Closeness는 네트워크 전체를 대상으로 계산하는 반면, 이 연구는 500m 반경내의 Closeness를 계산하였다. 따라서, 500m 반경내 각 거리와 연면적을 곱한 후 합한 값이 커질수록 Closeness값은 작아진다. 따라서 이 연구의 Closeness값을 일반적인 Closeness값과 반대로 해석해야 한다.⁵⁾ 끝으로, Straightness는 출발지와 목적지 간 직선거리를 같은 지점 간 네트워크 거리로 나눈 값에 목적지 건축물의 연면적을 곱한 후 그 결과값을 합하여 측정한다. 같은 면적을 가정할 때 네트워크 거리가 직선거리에 얼마나 근접하는지 보여준다. 따라서 Straightness가 크다는 것은 같은 목적지 연면적을 가정할 때 두 지점 간 직선거리에 네트워크 거리가 근접할수록 네트워크상 연결성이 높음을 의미한다(Porta et al., 2009; Conroy-Dalton, 2003).

2) 다층 회귀분석

이 연구는 다양한 지리정보 자료를 이용하여 토지이용 접근성과 중심성이 토지 가격에 미치는 영향을 분석하고 있다. 일반적으로 분석 자료의 특성을 감안하여 분석 방법을 선택한다. 다음 연구 자료 개요에서 설명하겠지만 이 연구는 필지 단위와 집계구 단위의 자료를 모두 혼용하고 있어 이에 적합한 연구방법이 필요하다. 자료 구조가 일반적인 회귀분석의 가정에 맞지 않기 때문이다. 이 연구에서 선택한 방법은 다층회귀분석(Multilevel Regression Analysis)이다.

간략하게 구상하고 있는 다층모형을 소개해 보면, 첫째, 이 연구에서 미시 수준의 자료는 토지 가격, 토지이용 접근성과 중심성을 나타내는 5개의 지표, 토지 특성, 교통 및 입지 특성 등 각 필지 단위의 정보이다. 반면, 집계구 단위의 자료는 토지이용 특성, 인구 밀도, 고용 밀도 등이다. 둘째, 다층모형은 단순히 자료의 집계 단위가 다르다고 해서 무조건 적용하는 방법은 아니다. 따라서 통상 집단내상관(Intraclass Correlation, 이하 ICC)을 사전에 검증한 후 그 값이 0.05보다 클 경우 한정하여 다층 모형을 채택한다. 여기서 ICC는 서울시 집계구내 분산값을 집계구간 분산값으로 나누어 계산한다(Rabe-Hesketh and Skrondal, 2008). 셋째, 이 연구에서 사용한 다층모형의 추정식은 식 (1)과 같다. 이 식에서 P_{ij} 는 각 용도의 토지가격이며, β_k 은 k 변수의 계수($k=1,2,3,\dots,m$), R_{ij} 는 필지 단위 토지이용 접근성과 중심성(5개 지표) 특성, L_{ij} 는 집계구 단위 토지이용 특성, S_{ij} 는 필지단위 토지 특성, T_{ij} 는 필지단위 교통입지 특성,

4) 기존의 사회연결망과 가로망 네트워크 연구로부터 도입된 일반적인 Closeness는 출발지와 목적지 간 전체거리 총합의 역수로 계산한다(이수상, 2012; Wang et al., 2011).

5) 모형 결과는 이러한 점을 고려하여 음수의 계수를 양수의 계수로 바꾸어 해석하였다.

H_{ij} 는 집계구 단위 사회 경제 특성을 의미한다. 이 식에서 μ_{0j} 와 ϵ_{ij} 는 각각 상위 단위(집계구)와 하위단위(필지)의 잔차를 나타낸다(노태욱·강창덕, 2009; 이희연·노승철, 2012).

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

2. 연구 자료 개요

이 연구는 서울시 표준지 공시지가, 건축물 대장, 도로 및 가로망 자료, 집계구 조사자료, 기타 공간정보를 동원하여 진행하였다. 이 연구의 자료 출처와 주요 정보는 <표 2>와 같다. 먼저, 이 연구

에서 모형의 종속변수는 토지 가격이다. 따라서 2010년 서울시 표준지 공시지가 자료를 통해 토지 가격과 토지 특성(용도, 면적, 토지 특성)을 얻었다. 토지 용도는 주택용지, 업무용지, 상업용지, 주상복합용지에 한정하여 분석하였다.⁶⁾ 토지 특성은 평지여부, 형상, 도로입면 등으로 구분하여 설명변수로 삼았다. 표준지 공시지가 자료는 크게 두 가지 측면에서 이 연구에 적합하다. 첫째, 공시지가 자료는 거시경제변수보다 입지 특성을 반영하고 있다. 둘째, 토지 실제이용을 통제하면서 토지 가격 효과를 분석할 수 있다. 다음으로 이 연구에서 중요한 자료는 2009년 서울시 건축물 대장 자료이다. 이 자료에서 각 주소별 주거, 상업, 업무, 산업용 건축물의 연면적을 토지이용 접근성과

<표 2> 연구 자료의 출처와 주요 정보

자료	출처	주요 정보
서울시 표준지 공시지가 자료	국토해양부, 2010년	주소, 가격, 용도
서울시 건축물 대장 자료	서울시, 2009년	주소, 용도, 연면적
서울시 도로 및 가로망 자료	서울시, 2009년	위치, 도로 구분
서울시 집계구 조사 자료	통계청, 2010년	인구, 고용 정보
기타 공간자료	서울시	도심, 부도심, 지하철역, 버스 정류장, 상권, 학교, 공원 등

<표 3> 건축물 용도 구분과 세부 용도

구분	세부 용도
주거	단독주택, 공동주택
상업	제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설, 판매시설, 숙박시설, 운동시설, 관광휴게시설, 위락시설, 문화 및 집회시설, 자동차관련시설
업무	일반업무시설
산업	공장, 창고시설, 운수시설, 위험물 저장 및 처리시설
기타	위 구분에 속하지 않는 모든 시설

주: Brueggeman and Fisher(2011), Song and Sohn(2007), 강창덕(2012b)의 기준을 참고하여 연구자가 분류

6) 연구 대상 토지 용도에서 산업용지를 제외한 이유는 서울에서 산업용지가 차지하는 비중이 상대적으로 낮기 때문이다. 향후 연구 지역을 다양하게 확장한다면 산업용지에 대한 연구도 필요할 것이다.

중심성 계산에 사용하였다.⁷⁾ 이를 위해 서울시 건축물 대장에서 각 세부용도를 주거, 상업, 업무, 산업용 건축물 등의 범주로 분류하였다. 구체적인 내용은 <표 3>에 제시하였다. 토지이용 접근성과 중심성을 측정하기 위해 각 용도별 건축물 연면적과 더불어 상세한 도로 및 가로망 공간 정보가 필요하다. 이를 연구자가 기존 지도 자료의 중심선을 만드는 작업을 통해 확보하여 사용하였다. 아울러 각 토지가 자리잡은 지역의 특성을 통제하기 위해 서울시 2010년 집계구 자료에서 인구밀도와 고용 밀도를 계산하였다.⁸⁾ 끝으로, 분석모형에서 각 토지의 교통입지특성을 통제하기 위해 도심과 부도심, 인근 도로, 지하철 역, 버스 정류장, 가로망, 상권, 학교, 공원 등에 대한 직선거리를 지리정보 프로그램으로 측정하였다.

IV. 토지이용 접근성과 중심성의 분포 특성과 토지 가격 효과

1. 서울시 토지이용(상업) 접근성과 중심성의 공간 분포 특성

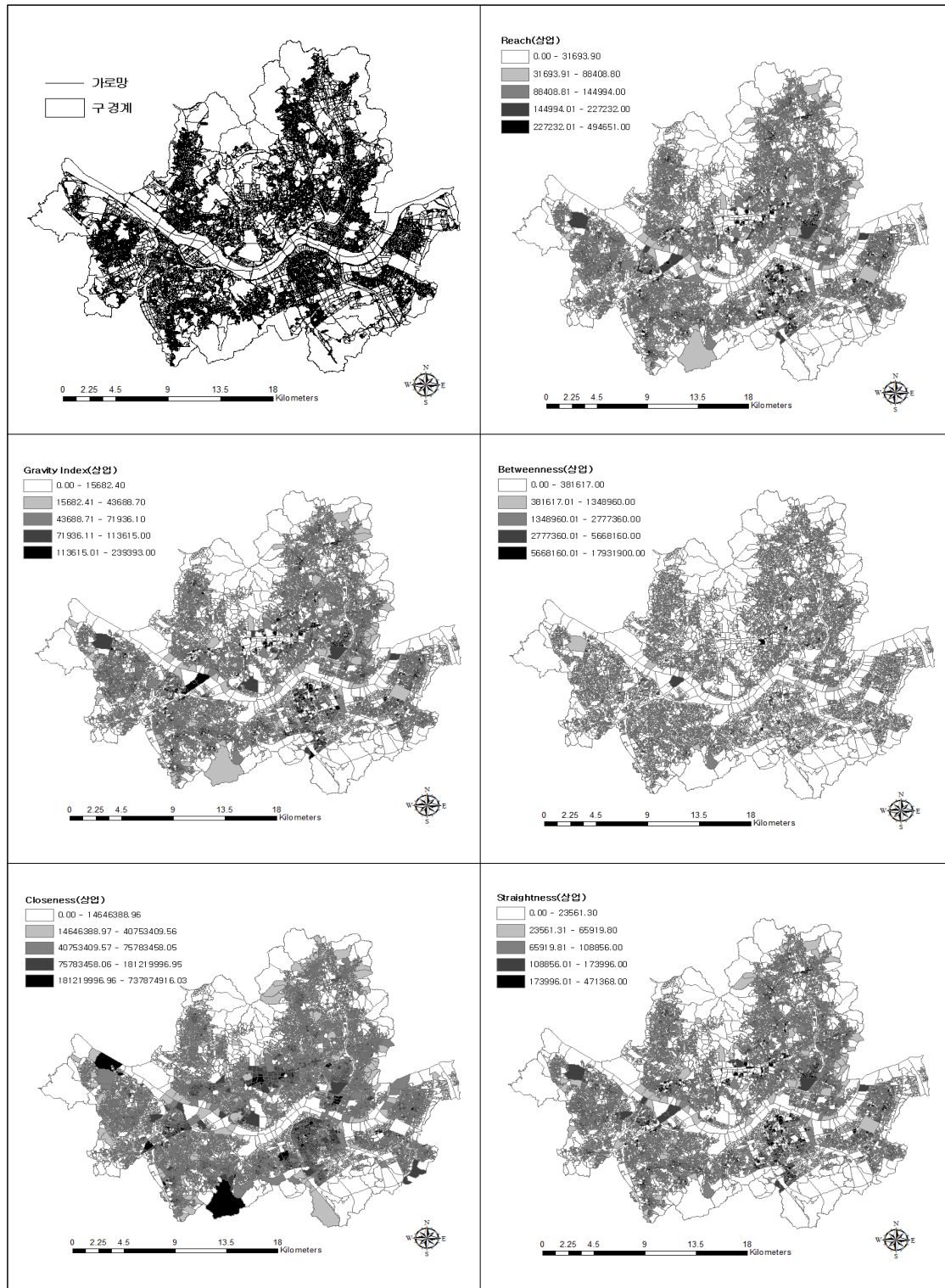
이 연구는 토지 필지 사례별로 각각 토지이용 접근성과 중심성을 계산하였다. 이미 제시한 바와 같이 토지이용은 주거, 상업, 업무, 산업으로 구분하였다. 여기서는 상업용 토지이용에 대한 접근성과 중심성 측정 결과를 제시하고자 한다.⁹⁾ <그림 1>에서 서울시 가로망과 구 경계 지도를 제시한 후 Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness,

Straightness를 차례로 보여주고 있다. 토지이용 접근성과 중심성은 각 토지 필지별로 계산되지만 이를 지도로 표현할 경우 식별성이 매우 떨어진다. 따라서 서울시 2010년 집계구 단위로 토지이용 접근성과 중심성의 평균값을 계산하여 지도로 표현하였다. 여기서 주의할 점은 각 토지 필지를 중심으로 500m반경의 가로망 네트워크를 기준으로 계산하였다는 점이다. 또한, Closeness의 경우 거리와 연면적 곱을 합산한 값의 역수인 원래 계산 결과를 표시할 경우 지도에 나타내기 어려울 정도로 작은 숫자이므로 거리와 연면적 곱의 합산 결과를 지도에 표시하였다. 상업용 부동산에 대한 Reach값은 대체로 도심, 강남구, 영등포구를 중심으로 높았다. 이는 이 지역에 연면적이 큰 상업용 건축물이 집중되어 있기 때문이다. Gravity Index는 앞의 Reach와 유사한 패턴을 보이면서도 국지적으로 차이를 보였다. 거리조락계수를 적용하여 국지적으로 다른 패턴을 보이는 것이다. Betweenness는 앞의 두 접근성 측정치보다 국지적 집중 패턴을 보이고 있으며, Closeness는 도심과 강남구의 집중패턴이 두드러지게 나타났다. 집계구 평균이므로 일부 외곽 지역에서는 높게 나타나기도 하였다. 끝으로, Straightness는 Reach와 Gravity Index와 유사하면서도 일부 국지적 차이를 보이고 있다.

7) 각 용도는 Song and Sohn(2007)과 Brueggeman and Fisher(2011) 등 기존 문헌을 참고하여 분류하였다.

8) 통계청 집계구는 서울시 동 행정구역보다 작은 단위이며, 통계값을 집계하기 위해 설정한다(통계청, 2014).

9) 지면의 한계로 인해 상업용 토지이용의 접근성과 중심성만 제시하였다. 지도상 공간 패턴이 유사하게 보이나 각 계산방식이 다르므로 결과치는 국지적으로 차이가 있다.



〈그림 1〉 서울시 상업용 토지이용 접근성과 중심성 측정 결과

2. 토지이용 접근성과 중심성의 토지가격 효과 모형 결과와 해석

1) 모형 개요

이 연구는 도시 네트워크 공간구조가 토지가격에 미치는 효과를 찾기 위해 앞에서 제시한 자료를 토대로 모형을 만들었다. 이 연구에서 사용하는 자료의 단위는 크게 토지 필지와 집계구로 나뉘어진다. 분석모형에서 종속변수는 토지가격이며, 독립변수는 크게 필지 단위인 도시 네트워크 공간구조 특성, 개별 토지 특성, 교통입지 특성 등과 집계구 단위인 토지이용 특성과 사회경제 특성으로 나누어 구성하였다. 도시 네트워크 공간구조 특성은 크게 Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, Straightness 등 총 5개로 구분하였다. 개별 토지이용 특성은 토지용도, 면적, 평지여부, 형상, 도로 입면 등이다. 교통입지 특성은 각 필지에서 교통망과 상권, 학교, 공원 등에 대한 거리를 측정한 것이다. 전체 모형에서 종속변수와 독립변수의 값이 크게 달라 해석의 일관성이 없는 경우가 있으므로 선형의 변수 관계를 만들기 위해 종속변수인 토지가격과 더미변수를 제외한 독립변수 모두를 로그 값으로 전환하였다. 이를 보이기 위해 모형 결과에서 해당 변수에 log를 표시하였다. 분석에 사용한 개별 필지 수는 26,394개이고 집계구 수는 9,017개였다. <표 5>부터 <표 8>까지 모형 1에서 20까지 보면 전체적으로 ICC값이 0.60~0.62이므로 다중회귀모형은 적합하다. 아울러 전체 결정계수는 0.72~0.74이며, 집계구 내 결정계수는 0.74, 집계구 간 결정계수는 0.59~0.62

로 나타났다. 다중공선성 정도를 나타내는 VIF은 5 미만으로 엄격하게 한정하여 모형을 구성하고 그 결과를 얻었다.

2) 기술 통계

이 연구의 분석 모형에 대한 기본 정보인 기술 통계를 보면 <표 4>와 같다. 먼저, 종속변수인 토지 가격은 평방미터당 최소 27만원에서 최대 6,230만원이었다. 토지이용 접근성과 중앙성 특성은 주거, 상업, 업무, 산업 용도별로 각기 다르게 나타났다. 이는 총 5개 지표의 측정방법이 다르기 때문이다. 토지이용 특성에서 부동산개발밀도는 ha당 최소 2,525㎡에서 최대 6,370,454㎡까지 다양하였다. 토지이용혼합지수는 그 계산 방식에 의해 0~1 사이였다. 0에 가까울수록 단일의 토지용도가 많고 1에 가까울수록 다양한 토지가 혼합되어 있음을 의미한다. 아울러 개별 토지 특성은 면적을 제외하고 모두 더미변수로 처리하였다.¹⁰⁾ 교통입지 특성을 보면, 각 필지는 도심, 부도심, 상권, 공원, 지하철역, 학교, 버스정류장, 도로, 가로망 순으로 멀리 떨어져 있다. 인구 밀도는 ha당 0.053명에서 1,203명, 고용 밀도는 ha당 0.1명에서 2,125명까지 다양하게 분포하고 있다.

3) 모형 결과와 해석

이 연구에서 모형은 주거, 상업, 업무, 산업 등 4개의 토지이용 용도에 대한 총 5개의 지표를 각각 별도 적용하였으므로 모형은 모두 20개이다.¹¹⁾ 모형에서 각 토지이용 용도별 총 5개의 지표만 다를 뿐 그 외의 독립변수는 모두 같다. <표 5>, <표

10) 이 연구에서 평지변수는 평지인 경우 1, 그 외는 0이다. 형상 변수는 정방형은 1, 그 외는 0값을 부여하였다. 아울러 도로입면 변수의 경우 광대세각, 광대소각, 광대한면 등은 1, 그 외는 0으로 처리하였다. 이에 따라 <표 4> 기술 통계에서 최소값은 0, 최대값은 1이 된다.

11) 5개의 지표 가운데 상관성이 낮은 지표의 조합으로 모형을 구성할 수도 있다. 그러나, 이 경우 연구자의 자의성이 개입할 수 있어 지표를 각각 나누어 분석하였다.

〈표 4〉 기술 통계

변수	시례수	평균	표준편차	최소값	최대값
토지가격	26,394	3,786,021	3,712,738	270,000	62,300,000
토지이용 접근성과 중심성					
토지이용 접근성					
Reach(주거)	26,394	317,937.3	939,709.5	0	17,500,000
Gravity Index(주거)	26,394	158,167	459,057	0	14,200,000
Reach(상업)	26,394	154,065	131,808	0	1,653,815
Gravity Index(상업)	26,394	78,192	68,161	0	772,946
Reach(업무)	26,394	64,300.43	151,248.4	0	1,530,842
Gravity Index(업무)	26,394	31,914	75,809	0	806,986
Reach(산업)	26,394	6,035.88	34,003.04	0	1,020,661
Gravity Index(산업)	26,394	2,966	17,929	0	823,070
토지이용 중심성					
Betweenness(주거)	26,394	10,300,000	55,300,000	0	3,930,000,000
Closeness(주거)	26,394	0.0000202	0.0000624	0	0.0066786
Straightness(주거)	26,394	237,899	726,726	0	17,000,000
Betweenness(상업)	26,394	2,799,177	6,452,786	0	212,000,000
Closeness(상업)	26,394	0.0000002	0.0000085	0	0.0013067
Straightness(상업)	26,394	118,142.1	101,307	0	1,398,910
Betweenness(업무)	26,394	410,717	1,779,785	0	74,700,000
Closeness(업무)	26,394	0.0000013	0.0000228	0	0.0017209
Straightness(업무)	26,394	49,298	115,657	0	1,167,215
Betweenness(산업)	26,394	32,470.4	557,125.5	0	64,300,000
Closeness(산업)	26,394	0.000012	0.000096	0	0.0070991
Straightness(산업)	26,394	4,641,845	27,012.61	0	959,421.8
토지이용 특성					
부동산개발밀도 (㎡/ha)	26,394	14,278.47	92,539.12	2,525	6,370,454
토지이용혼합지수	26,394	0.444	0.209	0	1
개별토지 특성					
다세대용지(다세대 1, 그 외0)	26,394	0.096	0.295	0	1
단독주택용지(단독 1, 그 외0)	26,394	0.409	0.492	0	1
연립주택용지(연립 1, 그 외0)	26,394	0.012	0.107	0	1
아파트용지(아파트 1, 그 외0)	26,394	0.008	0.09	0	1
주상복합용지(주상복합 1, 그 외0)	26,394	0.178	0.383	0	1
업무용지(업무 1, 그 외0)	26,394	0.034	0.181	0	1
상업용지(상업 1, 그 외0)	26,394	0.262	0.44	0	1
면적(㎡)	26,394	347,714	2,217,759	2.4	148,581
평지(평지 1, 그 외0)	26,394	0.816	0.387	0	1
형상(정방향 1, 그 외0)	26,394	0.173	0.378	0	1
도로입면 (광대세각, 소각, 한면 1, 그 외0)	26,394	0.131	0.338	0	1
교통입지 특성					
도심에 대한 거리(m)	26,394	7,985,675	3,866,486	40,34	17,866.6
부도심에 대한 거리(m)	26,394	4,283,796	2,265,969	29,496	12,317.47
도로에 대한 거리(m)	26,394	37,697	30,128	0.003	444,424
지하철역에 대한 거리(m)	26,394	527,525	442,366	1.102	5,550.35
버스정류장에 대한 거리(m)	26,394	113,874	76,22	0.991	1,550.22
가로망에 대한 거리(m)	26,394	19,553	37,624	0.002	1,984.91
상권에 대한 거리(m)	26,394	787,015	531,862	2.473	5,147.55
학교에 대한 거리(m)	26,394	318,184	168,062	4.422	2,772.91
공원 접근성(m)	26,394	628,443	414,664	3.824	4,468.23
사회경제 특성					
인구밀도(명/ha)	26,394	270,277	176,782	0.053	1,203,516
고용밀도(명/ha)	26,394	132,602	192,897	0.1	2,125.82

변수	모형 6		모형 7		모형 8		모형 9		모형 10	
	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z
Fixed Effects										
토지이용 접근성과 중심성										
log(Reach)	0.040	0.000								
log(Gravity Index)			0.047	0.000						
log(Betweenness)					0.007	0.000				
log(Closeness)							-0.022	0.000		
log(Straightness)									0.042	0.000
토지이용 특성										
log(부동산개발밀도)	0.027	0.000	0.035	0.000	0.027	0.000	0.033	0.000	0.025	0.000
토지이용혼합지수	-0.100	0.000	-0.084	0.000	-0.101	0.000	-0.081	0.000	-0.109	0.000
개별토지 특성										
단독주택용지	-0.033	0.000	-0.033	0.000	-0.033	0.000	-0.032	0.000	-0.033	0.000
연립주택용지	0.113	0.000	0.113	0.000	0.113	0.000	0.113	0.000	0.113	0.000
아파트용지	0.311	0.000	0.315	0.000	0.312	0.000	0.307	0.000	0.313	0.000
주상복합용지	0.257	0.000	0.252	0.000	0.256	0.000	0.259	0.000	0.255	0.000
업무용지	0.572	0.000	0.571	0.000	0.571	0.000	0.575	0.000	0.570	0.000
상업용지	0.518	0.000	0.515	0.000	0.516	0.000	0.521	0.000	0.516	0.000
면적	0.000001	0.086	0.000001	0.066	0.000001	0.080	0.000001	0.105	0.000001	0.080
평지	0.045	0.000	0.049	0.000	0.044	0.000	0.051	0.000	0.043	0.000
형상	-0.003	0.405	-0.002	0.508	-0.003	0.398	-0.003	0.439	-0.003	0.402
도로입면	0.329	0.000	0.330	0.000	0.329	0.000	0.328	0.000	0.329	0.000
교통입지특성										
log(도심에서 거리)	-0.064	0.000	-0.060	0.000	-0.064	0.000	-0.063	0.000	-0.064	0.000
log(부도심에서 거리)	-0.072	0.000	-0.076	0.000	-0.072	0.000	-0.074	0.000	-0.072	0.000
log(도로에 대한 거리)	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000
log(지하철역에 대한 거리)	-0.083	0.000	-0.086	0.000	-0.083	0.000	-0.085	0.000	-0.083	0.000
log(버스 정류장에 대한 거리)	-0.032	0.000	-0.030	0.000	-0.032	0.000	-0.032	0.000	-0.031	0.000
log(가로망에 대한 거리)	-0.025	0.000	-0.027	0.000	-0.026	0.000	-0.025	0.000	-0.025	0.000
log(상권에 대한 거리)	-0.094	0.000	-0.101	0.000	-0.093	0.000	-0.098	0.000	-0.092	0.000
log(학교에 대한 거리)	0.014	0.001	0.013	0.002	0.014	0.000	0.015	0.000	0.013	0.001
log(공원 접근성)	-0.037	0.000	-0.039	0.000	-0.037	0.000	-0.038	0.000	-0.037	0.000
log(도로와 가로망의 밀도)	-0.0001	0.078	-0.00001	0.656	-0.0001	0.070	-0.00004	0.190	-0.0001	0.054
사회경제 특성										
log(인구밀도)	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000
log(고용밀도)	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
상수	16.606	0.000	16.948	0.000	16.599	0.000	16.657	0.000	16.576	0.000
Random Effects										
ICC	0.60		0.61		0.60		0.61		0.60	
결정계수										
집계구 내	0.74		0.74		0.74		0.74		0.74	
집계구 간	0.61		0.61		0.61		0.61		0.61	
전체	0.73		0.73		0.73		0.73		0.73	
사례수	26,394									
집계구 수	9,017									

변수	모형 16		모형 17		모형 18		모형 19		모형 20	
	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z	계수	P > Z
Fixed Effects										
토지이용 접근성과 중심성										
log(Reach)	-0.012	0.000								
log(Gravity Index)			-0.014	0.000						
log(Betweenness)					-0.002	0.000				
log(Closeness)							0.006	0.000		
log(Straightness)									-0.012	0.000
토지이용 특성										
log(부동산개발밀도)	0.045	0.000	0.042	0.000	0.045	0.000	0.044	0.000	0.045	0.000
토지이용혼합지수	-0.026	0.141	-0.050	0.005	-0.026	0.138	-0.035	0.052	-0.023	0.201
개별토지 특성										
단독주택용지	-0.029	0.000	-0.031	0.000	-0.029	0.000	-0.029	0.000	-0.029	0.000
연립주택용지	0.112	0.000	0.113	0.000	0.112	0.000	0.113	0.000	0.112	0.000
아파트용지	0.300	0.000	0.301	0.000	0.300	0.000	0.300	0.000	0.301	0.000
주상복합용지	0.263	0.000	0.262	0.000	0.263	0.000	0.262	0.000	0.263	0.000
업무용지	0.579	0.000	0.580	0.000	0.580	0.000	0.579	0.000	0.580	0.000
상업용지	0.525	0.000	0.525	0.000	0.526	0.000	0.525	0.000	0.526	0.000
면적	0.000001	0.293	0.000001	0.216	0.000001	0.295	0.000001	0.275	0.000001	0.304
평지	0.063	0.000	0.057	0.000	0.063	0.000	0.061	0.000	0.064	0.000
형상	-0.003	0.401	-0.003	0.450	-0.003	0.399	-0.003	0.423	-0.003	0.400
도로입면	0.329	0.000	0.329	0.000	0.329	0.000	0.329	0.000	0.330	0.000
교통입지 특성										
log(도심에서 거리)	-0.063	0.000	-0.063	0.000	-0.063	0.000	-0.064	0.000	-0.063	0.000
log(부도심에서 거리)	-0.081	0.000	-0.078	0.000	-0.081	0.000	-0.079	0.000	-0.081	0.000
log(도로에 대한 거리)	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000	-0.018	0.000
log(지하철역에 대한 거리)	-0.089	0.000	-0.088	0.000	-0.089	0.000	-0.088	0.000	-0.089	0.000
log(버스 정류장에 대한 거리)	-0.032	0.000	-0.033	0.000	-0.032	0.000	-0.032	0.000	-0.032	0.000
log(가로망에 대한 거리)	-0.026	0.000	-0.025	0.000	-0.026	0.000	-0.026	0.000	-0.026	0.000
log(상권에 대한 거리)	-0.103	0.000	-0.103	0.000	-0.103	0.000	-0.103	0.000	-0.102	0.000
log(학교에 대한 거리)	0.015	0.000	0.014	0.001	0.015	0.000	0.014	0.001	0.015	0.000
log(공원 접근성)	-0.038	0.000	-0.039	0.000	-0.038	0.000	-0.038	0.000	-0.039	0.000
log(도로와 가로망의 밀도)	-0.00002	0.509	0.000	0.285	0.000	0.497	-0.00002	0.572	-0.00002	0.487
사회경제 특성										
log(인구밀도)	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000
log(고용밀도)	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
상수	17.076	0.000	17.030	0.000	17.074	0.000	17.073	0.000	17.077	0.000
Random Effects										
ICC	0.60		0.60		0.60		0.60		0.60	
결정계수										
집계구 내	0.74		0.74		0.74		0.74		0.74	
집계구 간	0.62		0.61		0.62		0.62		0.62	
전체	0.74		0.73		0.74		0.74		0.74	
사례수	26,394									
집계구 수	9,017									

6), <표 7>, <표 8>은 모형 결과를 제시하고 있다. 모형 결과의 해석은 앞에서 제시한 식 (1)을 기준으로 제시하였다. 모형의 결과에 대한 해석은 10% 유의수준을 기준으로 진행하였다.

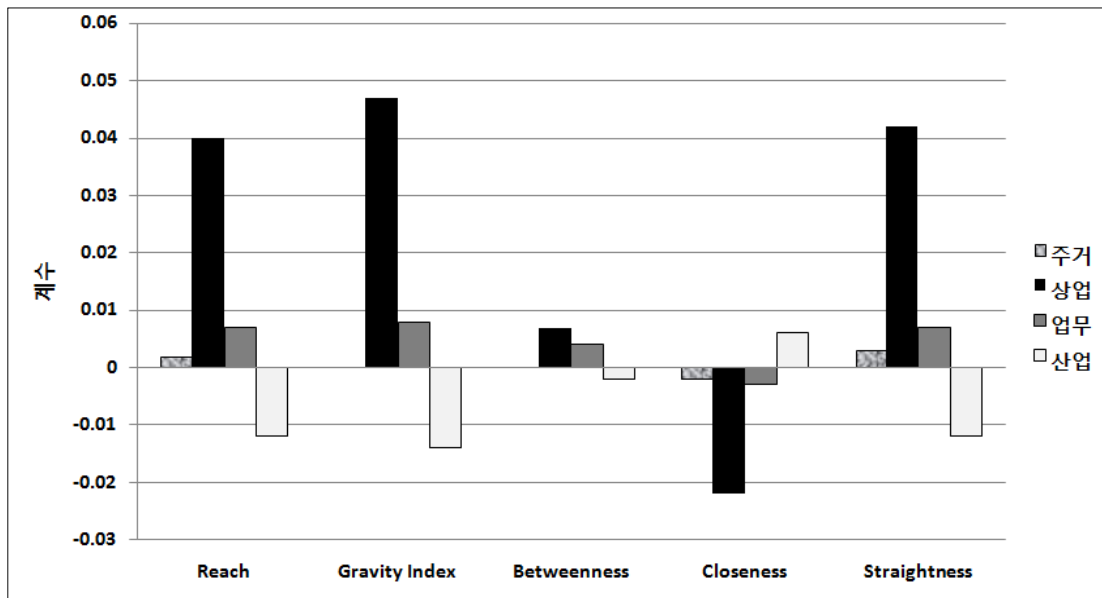
(1) 토지이용 접근성과 중심성 특성

이 연구는 서울시 건축물의 용도를 주거, 상업, 업무, 산업 등으로 구분하고 총 5개의 지표를 통해 접근성과 중심성을 측정하였다. 먼저, 모형 1에서 5가지 주거용 건물 연면적을 기준으로 측정한 5개의 지표 가운데 Gravity Index와 Betweenness를 제외하고 Reach, Closeness, Straightness만 통계적으로 유의하였다. Reach와 Straightness의 값이 높을수록 토지가격은 높았다. Closeness는 음의 부호이지만 계산 방식으로 보면, 분모인 반경 500m 이내 거리와 연면적 곱이 커질수록 Closeness 값이 작아진다. 따라서 인근 지역에 도착지 건물에 대한 네트워크 거리를 반영하지만 결국 인근 지역에 건축물 연면적이 집중되어 있을수록 가격이 높았다.¹²⁾ 이러한 결과의 원인을 도시경계원리로 비추어 본다면 토지 인근 지역의 주거용 토지이용 집중으로 인한 경쟁효과로 토지가격이 상승함을 알 수 있다. 그러나, 출발지와 도착지 사이의 주거지 집중과 주거지에 대한 접근성은 토지 가격에 대한 영향이 없었다. 이는 행태적 측면에서 주거지 출발과 도착 사이의 주거지는 현실적으로 크게 중요하지 않으며, 일정한 반경내에서 주거지가 공간적으로 널리 확산되어 있으므로 공간마찰계수가 큰 의미가 없었다. 모형 6에서 10가지 상업용 건물 연면적을 기준으로 측정한 5개의 지표는 모두 통계적으로 유의하였다. 그 결과를 앞의 해석

과 같은 논리로 보면, 인근 지역에 상업용 건축물 연면적이 집중되어 있고 접근하기 좋은 경우 토지가격이 높아졌다. 상업용 건축물은 생활에 필요한 다양한 상품과 서비스 구입을 위해 빈번한 목적지가 된다. 따라서 각 토지 필지로부터 가로망을 따라 반경 500m이내의 상업용 건축물에 대한 인근 주민과 방문객이 누리는 편리한 접근성이 토지 가격에 반영된 것으로 해석할 수 있다. 아울러 상업용 건축물은 다른 건축물에 비해 더 높은 임대료를 지불할 수 있는 기능이므로 이들이 가까이 자리잡은 지역의 토지 가격은 전반적으로 높을 것이다. 또한, 이러한 연구 결과는 모형 11에서 15까지 업무용 건물 연면적 5개의 지표에서도 유사하였다. 다만, 상업용 건축물에 비해 업무용 건축물에 대한 접근성과 중심성은 상대적으로 약하였다. 업무용 건축물은 출퇴근을 하는 사무직에 국한된 목적지이기 때문으로 볼 수 있다. 끝으로 모형 16에서 20까지를 보면, 앞의 결과와 반대로 산업용 건축물에 대한 접근성과 중심성은 모두 인근 지역의 토지가격을 낮추는 효과를 냈다. 공장과 창고 등 산업용 건축물이 많은 지역은 먼지, 소음, 빈번한 화물 차량 출입 등으로 인해 인근 지역의 토지 가격을 낮추는 효과를 내는 것으로 볼 수 있다. 기존 연구는 이러한 연구 결과를 지지하고 있다(Franklin and Waddell, 2003; Song and Sohn, 2007).

이상의 결과를 하나의 그림으로 요약하면 <그림 2>와 같다. 이 그림을 보면, 각 용도별 지표 가운데 상업용 건축물 연면적에 대한 접근성과 중심성이 가장 현저한 효과를 보이고 있다. 이러한 결과는 도시공간구조에서 상업용 토지이용의 효과가 가장 큼을 의미한다. 단기적으로 인근 지역의

12) Closeness 계산의 분모값을 지도로 표현한 결과 사례 필지 인근 지역에 각 용도별 건축물 연면적이 집중된 것으로 나타났다.



〈그림 2〉 토지이용 접근성과 중심성의 토지 가격 효과 요약

상업용 토지이용의 비중이 토지 가격에 영향을 주지만 장기적으로 높아진 토지가격으로 인해 인구 밀도, 고용밀도, 토지이용 집중도 등의 변화가 일어날 가능성이 크다.

(2) 토지이용 특성

이 연구에서 토지이용특성은 크게 부동산개발 밀도와 토지이용혼합지수로 분석하였다. 먼저, 부동산 개발 밀도가 높은 지역의 토지일수록 그 가격이 상대적으로 높다. 부동산개발밀도가 높은 지역은 개발수요가 상대적으로 집중되고 토지 공급은 적은 곳이기 때문으로 보인다. 반면 토지이용 혼합지수가 높은 지역일수록 토지 가격은 낮아졌다. 이러한 결과는 이미 선행연구에서 확인된 결과와 일치한다(Song and Sohn, 2007). 즉, 도시경제에서 단순히 토지이용의 혼합도가 높은 것보다는 상업이나 업무용 토지이용의 집중이 실질적으로 토지가격을 높이는 것이다.

(3) 개별토지 특성

모형에서 개별 토지 특성은 면적을 제외하고 모두 더미변수로 처리하여 분석하였다. 개별 토지 특성의 토지 용도에서 다세대용 토지가격을 기준으로 볼 때, 연립주택, 아파트, 주상복합, 업무, 상업용지인 경우는 상대적으로 토지가격이 높은 반면, 단독주택용지의 경우 상대적으로 토지가격이 낮은 것으로 나타났다. 또한, 토지 고저의 평지와 도로입면은 모두 토지 가격을 높였다. 반면, 면적과 형상은 통계적으로 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 다른 변수의 영향력이 강하게 토지 가격 차이에 작용하여 면적이나 형상의 설명력이 없음을 의미한다.

(4) 교통입지 특성

교통 입지 특성 가운데 도로와 가로망의 밀도를 제외한 모든 변수가 5% 수준에서 통계적으로 유의미하였다. 아울러, 시청, 부도심, 도로, 지하철

역, 버스 정류장, 가로망, 상권, 공원으로부터 멀어질수록 토지 가격은 하락하였다. 이러한 결과로 볼 때 2010년 서울시 토지 가격은 중심지와 주요 교통 결절점에 대한 접근성이 높으면 이로 인해 프리미엄이 발생하는 것으로 볼 수 있다. 아울러 주요 상권이나 공원에 대한 근접성도 높은 토지 가격과 연관되어 있음을 확인할 수 있다. 학교로부터 거리가 멀어질수록 토지가격은 상승하는 패턴을 보였다. 일반적으로 주거용 토지의 경우 학교로부터 멀어질수록 가격이 하락할 수 있지만 이 연구에서 주거용 토지 외의 토지도 분석에 포함되어 얻은 결과로 보인다.

(5) 사회경제 특성

사회경제 특성으로 인구밀도와 고용밀도를 통제하여 그 효과를 분석하였다. 전체 모형에서 인구밀도가 높은 지역의 토지 가격은 낮은 반면 고용밀도가 높은 지역의 토지 가격은 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존의 도시경제에서 경제활동이 많은 지역이 사람이 많이 사는 곳보다 지대가 높다는 이론과 일치한다.

V. 결론과 정책적 함의

이 연구는 토지이용에 대한 접근성과 중심성을 총 5개의 지표로 측정하고 2010년 서울시 표준지 공시지가에 대한 효과를 분석하였다. 분석 결과, 첫째, 주거용 건축물 연면적으로 계산한 Reach, Closeness, Straightness는 토지가격을 높였다. 단, Gravity Index와 Betweenness는 통계적으로 유의하지 않았다. 주거용 토지에 대한 접근성과 출발지와 도착지를 오가는 길목의 주거용 건축물 집중은 가격효과가 없음을 알 수 있다. 이는 주거지 출

발과 도착 사이에 자리잡은 주거지 규모는 토지 가격에 영향을 주지 않을 정도로 중요하지 않으며, 일정한 반경내에서 주거지는 공간적으로 넓게 분포하므로 거리조락계수를 고려한 접근성의 영향이 없음을 뜻한다. 둘째, 상업용과 업무용 건축물 연면적으로 계산한 Reach, Gravity Index, Betweenness, Closeness, Straightness는 모두 통계적으로 유의미하면서 토지가격을 높이는 효과를 냈다. 이 가운데 상업용 건축물에 대한 접근성인 Gravity Index 효과가 가장 컸고 그 다음은 중심성의 하나인 Straightness였다. 업무용 건축물에 대한 5개의 지표를 비교해보면, 서로 큰 차이를 보이지 않았다. 셋째, 산업용 건축물 연면적으로 계산한 5개의 지표는 모두 토지가격을 내리는 효과를 주었다. 대도시경제의 중심이 제조업에서 지식 집약형 산업과 소비기능으로 이동하면서 나타난 결과로 볼 수 있다. 뿐만 아니라 산업용 건축물로부터 소음과 먼지 등 외부 불경제가 발생하면서 토지에 대한 지불용의액이 낮아져 나타난 결과로 볼 수 있다. 끝으로, 토지 가격에 대한 상업용 건축물의 효과가 가장 두드러지게 나타났다. 이는 소비 기능을 강조하는 기존의 도시경제연구 결과를 지지하는 것으로 보인다.

이 연구의 결과는 일정한 정책적 시사점을 제시하고 있다. 첫째, 주거, 상업, 업무, 산업 등 총 4개의 용도 가운데 상업용도의 토지 가격 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 반면에 산업용도는 토지 가격을 낮추었다. 각 용도에 대한 접근성과 중심성이 토지 가격에 각기 다른 영향을 주기 때문에 도시공간상 인구와 경제활동의 입지, 도시개발 등도 각기 다르게 나타날 것이다. 따라서 토지이용과 교통을 연계한 정책은 각 용도별 파급 효과를 고려하여 진행되어야 한다. 아울러 산업용도의

경우 다른 용도와 일정한 공간적 간격을 두어 부정적 외부 효과를 줄여야 한다. 둘째, 총 5개의 지표의 토지 가격 효과를 비교해 보면, 접근성인 Reach와 Gravity Index, 중심성 가운데 Straightness의 영향력이 상대적으로 강하였다. 이를 풀어서 보면, 각 토지 필지를 중심으로 네트워크 거리 500m 이내에 각 토지이용이 많을수록 그리고 접근이 쉬울수록 가격이 높아졌다. 뿐만 아니라 직선거리에 비해 네트워크 거리가 가까운 곳에 더 많은 건축물이 있는 지역의 토지가격이 높았다. 이러한 연구 결과는 서울시 도시공간구조상에서 접근성이 중요함을 시사하는 것이며 중심성 측면에서는 인근지역에서 네트워크상 접근이 편리한 용도의 영향력이 큼을 확인하였다. 따라서 향후 정책은 네트워크 거리를 고려한 토지이용과 교통망의 배치를 적극 추진해야 한다. 끝으로, 이 연구에서 적용한 접근성과 중심성 분석은 서울시 도시공간구조의 역동적 변화를 추적할 수 있는 틀이다. 따라서 서울시가 보유한 자세한 정보를 토대로 도시공간의 접근성과 중심성 변화를 진단하고 발생하는 각종 문제와 연결하여 분석하는 노력이 필요하다. 아울러 이러한 접근방법은 서울시 정책의 성과를 평가하는 데 활용할 수도 있다.

향후 보다 발전된 연구 성과를 얻기 위해 이 연구의 한계를 개선할 필요가 있다. 먼저, 이 연구에서 토지이용 접근성과 중심성은 500m반경을 기준으로 측정하였다. 그러나 보다 현실적인 토지이용 접근성과 중심성 측정을 위해 다양한 반경을 기준으로 측정하고 그 효과를 검증하는 연구가 필요하다. 또한, 서울시의 거리조락계수를 정확하게 측정하는 작업과 계수 변화에 따른 접근성 변화 연구도 필요하다. 아울러 이 연구에서 사용한 토지가격은 감정평가가격이라는 한계가 있으나 실거

래 가격을 구하기 어려워 표준지 공시지가를 사용하였다. 앞으로 시장거래 상황을 반영할 수 있는 아파트 등 부동산 실거래가에 대한 영향을 실증적으로 검증할 필요가 있다. 향후 보다 풍부한 연구 성과와 이를 바탕으로 한 적실한 정책 실행이 중요한 과제로 떠오를 것이다.

참고문헌

- 강창덕, 2012a, “토지이용 변화가 지가 변화에 미치는 영향에 관한 연구: 서울시 강북지역을 사례로”, 부동산연구, 제22권 제2호: 57~81, 한국부동산연구원
- 강창덕, 2012b, “서울시 토지 이용과 밀도의 시·공간 변화연구 (1980~2007)”, 국토연구, 제72권: 17~39, 국토연구원.
- 국토해양부, 2010, 서울시 표준지 공시지가 자료
- 노태욱·강창덕, 2009, “도시환경이 주거용 토지가격에 미치는 영향에 관한 연구-서울시 강북지역을 중심으로”, 부동산학연구, 제15권 제1호: 81~101, 한국부동산연구원
- 서울특별시, 2009, 서울시 건축물 대장 자료
- 서울특별시, 2009, 서울시 도로 및 가로망 자료
- 이수상, 2012, 「네트워크 분석 방법론」, 서울: 논형
- 이희연·노승철, 2012, 「고급통계분석론」, 파주: 법문사
- 통계청, 2010, 서울시 집계구 자료
- _____, 2014, 통계청 홈페이지(kostat.go.kr, 2014. 9. 10)
- Adair, A., McGreal, S., Smyth, A., Cooper, J., and Ryley, T., 2000, “House Prices and Accessibility: The Testing of Relationships within the Belfast Urban Area”, *Housing Studies*, 15(5): 699~716.
- Barthélemy, M. and Flammini, A., 2009, “Co-evolution of Density and Topology in a Simple Model of City Formation”, *Networks and Spatial Economics*, 9(3): 401~425.
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., and Weston, L., 2000, *Urban Accessibility Index: Literature Review*, Austin: Texas, Department

- of Transportation.
- Brueggeman, W. and Fisher, J., 2011, *Real Estate Finance & Investments*, McGraw-Hill/Irwin.
- Caschili, S. and De Montis, A., 2013, "Accessibility and Complex Network Analysis of the U.S. Commuting System", *Cities*, 30: 4~17.
- Cervero, R., 2005, *Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21st Century*, Working Paper, UC Berkeley Center for Future Urban Transport.
- Chiaradia, A., Hillier, B., Schwander, C., and Barnes, Y., 2013, "Compositional and Urban Form Effects on Residential Property Value Patterns in Greater London", in *Proceedings of the ICE-Urban Design and Planning*, 166(3): 176~199.
- Conroy-Dalton, R., 2003, "The Secret Is To Follow Your Nose: Route Path Selection and Angularity", *Environment and Behavior*, 35(1): 107~131.
- Crucitti, P. L. V. and Porta, S., 2006, "Centrality in Networks of Urban Streets", *Chaos*, 16(1): 1~9.
- Franklin, J. P. and Waddell, P., 2003, "A Hedonic Regression of Home Prices in King County, Washington, Using Activity-specific Accessibility Measures", in *Proceedings of the Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Washington, DC.
- Handy, S., 2005, "Planning for Accessibility: In Theory and in Practice", in D. M. Levinson and K. J. Krizek (eds.), *Access to Destinations*, Elsevier, Oxford, UK.
- Handy, S. and Niemeier, A. D., 1997, "Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives", *Environment and Planning A*, 29: 1175~1194.
- Hansen, W. G., 1959, "How Accessibility Shapes Land Use", *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2): 73~76.
- Hanson, S. and Schwab, M., 1987, "Accessibility and Intraurban Travel", *Environment and Planning A*, 19(6): 735~748.
- Huff, D., 1963, "A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas", *Land Economics*, 39(1): 81~90.
- Ingram, D. R., 1971, "The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form", *Regional Studies*, 5(2): 101~107.
- Matthews, J. and Turnbull, G., 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.
- Miller, H., 1999, "Measuring Space-Time Accessibility Benefits Within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Methods", *Geographical Analysis*, 31: 187~212.
- Montis, A., Chessa, A., Compagna, M., Caschili, S., and Deplano, G., 2010, "Modeling Commuting Systems Through a Complex Network Analysis: A Study of the Italian Islands of Sardinia and Sicily", *Journal of Transport and Land Use*, 2(3/4): 39~55.
- Newman, M., 2010, *Networks: An Introduction*, Oxford University Press, Oxford.
- Osland, L. and Thorsen, I., 2008, "Effects on Housing Prices of Urban Attraction and Labor-market Accessibility", *Environment and Planning. A*, 40(10): 2490~2509.
- Patuelli, R., Reggiani, A., Nijkamp, P., and Bade, F., 2010, "The Evolution of the Commuting Network in Germany: Spatial and Connectivity Patterns", *Journal of Transport and Land Use*, 2(3/4): 5~37.
- Porta, S., Crucitti, P., and Latora, V., 2005, "The Network Analysis of Urban Streets: a Primal Approach", *Environment and Planning B*, 35(5): 705~725.
- Porta, S., Latora, V., Wang, F., Strano, E., Cardillo, A., Scellato, S., Iacoviello, V., and Messori, R., 2009, "Street Centrality and Densities of Retail and Services in Bologna, Italy", *Environment and*

- Planning B: Planning and Design*, 36(3): 450~465.
- Puzis, R., Altshuler, Y., Elovici, Y., Bekhor, S., Shiftan, Y., and Pentland, A., 2013, "Augmented Betweenness Centrality for Environmentally Aware Traffic Monitoring in Transportation Networks", *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 17(1): 91~105.
- Rabe-Hesketh, S. and Skrondal, A., 2008, *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, STATA Press.
- Reggiani, A., Bucci, P., and Russo, G., 2011, "Accessibility and Impedance Forms: Empirical Applications to the German Commuting Network", *International Regional Science Review*, 34(2): 230~252.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., and Slack, B., 2009, *The Geography of Transport Systems*, Routledge.
- Sevtsuk, A., 2010, *Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville*, Dissertation, Department of Urban Studies and Planning MIT, Cambridge, USA.
- Sevtsuk, A. and Mekonnen, M., 2012, "Urban Network Analysis: A New Toolbox for ArcGIS", *Revue Internationale de Géomatique*, 22(2): 287~305.
- Song, Y. and Sohn, J., 2007, "Valuing Spatial Accessibility to Retailing: A Case Study of the Single Family Housing Market in Hillsboro, Oregon", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 14(4): 279~288.
- Srour, I., Kockelman, K., and Dunn, T., 2002, "Accessibility Indices: Connection to Residential Land Prices and Location Choices", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1805(1): 25~34.
- Waddell, P. and Ulfarsson, G. F., 2003, "Dynamic Simulation of Real Estate Development and Land Prices within an Integrated Land Use and Transportation Model" in *82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC.
- Wang, F., 1998, "Urban Population Distribution with Various Road Network: A Simulation Approach", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25: 265~278.
- Wang, F., Antipova, A., and Porta, S., 2011, "Street Centrality and Land Use Intensity in Baton Rouge, Louisiana", *Journal of Transport Geography*, 19: 285~293.
- Wang, F. and Guldmann, J.-M., 1996, "Simulating Urban Population Density with a Gravity-based Model", *Socio-Economic Planning Sciences*, 30(4): 245~256.

원 고 접 수 일 : 2014년 6월 24일
1차심사완료일 : 2014년 8월 25일
최종원고채택일 : 2014년 9월 15일