



서울시 POI 빅데이터를 활용한 도시활력과 영향요인 분석*

Analysis of Urban Vitality and Its Determinant Factors Using POI Bigdata in Seoul, Korea

조월**·이수기***

Cao, Yue · Lee, Sugie

Abstract

According to an urban theorist, Jane Jacobs, urban vitality only promotes regional economic development but also improves street safety and enhances the sense of community through human contact. In this context, the purpose of this study is to analyze the relationship between various neighboring environments influencing urban vitality based on Jane Jacobs' theory using global positioning system-based de facto population data and point-of-interest (POI) big data. Based on the dependent variables from the de facto population data to represent urban vitality, the relationships between urban vitality and surrounding physical environments were analyzed using the POI data. In addition, the interaction effect of independent variables on urban vitality was analyzed. The results show that urban vitality is highly associated with POI-based land-use variables and other physical environmental factors. In addition, the factors affecting urban vitality are different from the commercial and residential areas. In particular, the level of de facto population in the residential area is more likely to be associated with neighborhood service facilities, such as education, transportation, sports, and leisure. Next, the building coverage ratio is negatively associated with the number of the de facto population regardless of land use zones. This finding indicates that various neighborhood open spaces are crucial in urban vitality. In addition, the density of the total floor area of a building has a positive impact on the de facto population but is only significant in the commercial area. Finally, this study recommends policy implications to promote urban vitality in residential and commercial zones.

주제어 도시활력, 생활인구, 관심지점, 공간 디자인 네트워크 분석

Keywords Urban Vitality, De Facto Population, Point-Of-Interest (POI), Spatial Design Network Analysis

1. 서론

도시활력(urban vitality)은 도시의 중요한 요소일 뿐만 아니라 도시의 지속가능성을 평가하는 지표 중 하나이다(He et al., 2018). 도시 지역에서의 높은 활력 수준은 도시에서 거주하는 사람들의 삶의 질을 높일 뿐만 아니라, 해당 지역의 지속가능한 발

전을 가능하게 한다는 점에서 중요하다(Lopes and Camanho, 2013). 도시활력의 중요성은 20세기 초부터 여러 도시 이론가에 의해 강조되었다. 그중에서 대표적인 학자인 제인 제이콥스는 도시활력의 정의를 주로 가로공간의 측면에서 제시하였다(Jacobs, 1961). 제이콥스는 뉴욕시 그리니치 빌리지(Greenwich Village)를 면밀하게 관찰하여 도시활력은 가로공간의 활력과 밀접

* 이 논문은 2020년 대한국토·도시계획학회 추계학술대회에서 발표한 논문을 수정·보완하여 작성하였음.

** Master's Degree, Department of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (First Author: tracy0703@hanyang.ac.kr)

*** Professor, Department of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (Corresponding Author: sugielee@hanyang.ac.kr)

한 관련이 있음을 보였다. 따라서, 도시활력을 증대시키려면 사람들이 자주 마주칠 수 있도록 오래된 건물, 짧은 블록, 높은 밀도, 적절하게 높은 토지이용 혼합도가 필요하다고 주장하였다(Jacobs, 1961). 유사한 맥락에서 Montgomery(1998)는 휴먼스케일(human scale), 혼합된 토지이용, 도로의 연결성이 도시활력에 중요하다고 하였다. 또한, Gehl(2011)은 사람들의 일상생활을 관찰함으로써 보행과 오픈 스페이스와 같은 개방공간이 도시활력에 중요한 영향을 미친다고 주장하였다. 그러나 이들의 주장은 대부분 정성적 접근방법에 의해 제시된 이론으로 실증연구가 부족하다고 할 수 있다.

최근 도시활력을 측정할 수 있는 다양한 유형의 데이터가 활용 가능해짐에 따라 도시활력을 정량적으로 분석하려는 연구가 다수 수행되었다(Lu et al., 2019; Moghadam et al., 2014; Yue et al., 2019). 기존 연구는 도시활력을 측정하기 위해 대부분 전통적인 설문조사 방법을 사용하여 사람들의 주관적인 인지 수준이나 유동인구 자료를 분석에 활용하고 있다. 여러 선행연구에서 유동인구와 지역상권의 매출과 같은 지표를 활용하였지만, 이러한 자료는 비공개되어 있는 자료가 많고 쉽게 접근이 가능하지 않다는 단점이 있다.

한편, 최근 도시 빅데이터의 축적과 활용가능성의 증가로 다양한 빅데이터가 도시활력을 측정하는 데 사용되고 있다. 특히, 도시활력을 미시적 단위에서 측정하고 분석할 수 있는 방법이 개발되고 있다. 대표적으로 스마트폰 GPS에 기반한 생활인구 자료와 Point-of-Interest(POI) 빅데이터를 들 수 있다. 특히, POI 빅데이터는 인터넷 웹 기반의 지도서비스를 통해 제공되는 자료로 가정·생활시설, 식·음료시설, 은행 및 금융시설, 오락시설 등 다양한 종류의 시설 위치자료를 포함하고 있기 때문에 토지이용 특성을 분석하는 데 많이 사용되고 있다(Huang et al., 2020; Kang et al., 2020; Li et al., 2020; Tang et al., 2018; Wu et al., 2018b; Yue et al., 2017). 나아가 POI 빅데이터는 전통적인 토지이용 데이터보다 수평과 수직 방향의 건물용도 다양성을 보다 더 잘 대표할 수 있다는 장점이 있다(Yue et al., 2017).

이러한 배경에서, 본 연구의 목적은 서울시를 대상으로 평일, 주말, 일주일(전체) 생활인구 자료를 활용하여 도시활력에 영향을 미치는 물리적 환경요인을 주거지역과 상업지역으로 나누어 분석하고 도시활력 증진을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다. 우선, Jacobs(1961)가 제시한 도시활력의 개념에 기반하여 도시활력을 해당 도시공간에서 사람들이 집중하는 정도로 정의하였으며, 이에 따라 2018년 집계구 단위의 낮 시간대의 생활인구 자료를 활용하여 도시활력을 측정하였다. 또한, 해당 건축물의 시설 이용을 미시적으로 측정하기 위해 카카오 지도(Kakao Map) 웹에서 API를 이용하여 POI 자료를 수집하여 활용하였다. 나아가 주거지역과 상업지역을 구분하여 도시활력에 영향을 미치는 물리적 환경 요인의 차이를 확인하고자 하였다. 나아가 본 연구는 도

시활력을 측정하고 모니터링하기 위한 POI 자료의 활용방안뿐만 아니라 서울시 주거지역과 상업지역의 도시활력 영향요인을 도출하고 도시활력 증진을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 하였다.

II. 선행연구 고찰

1. 도시활력의 개념

도시활력에 대한 개념은 다양한 분야에서 서로 다른 정의를 가지고 있다(Yang et al., 2021). 우선 '도시활력'과 관련하여 제인 제이콥스는 그녀의 기념비적 도서인 「미국 대도시의 죽음과 삶」에서 도시활력을 사회, 경제활동을 충족시킬 수 있는 도시의 중요한 요소로 간주하며, 도시공간에서 물리적 환경의 중요성을 강조하였다(Jacobs, 1961). 제이콥스는 높은 밀도, 작은 블록구조, 혼합적 토지이용, 오래된 건물 등이 도시의 활력에 영향을 미치는 중요한 물리적 환경요인으로 제시하였다. 이러한 물리적 환경요인은 해당 공간에서 시간대별로 사람이 많이 모일 수 있도록 하는 요소로 볼 수 있으며, 도시활력은 사람들이 모일 때 생기는 것으로 이해할 수 있다.

다른 한편으로, 케빈 린치(Kevin Lynch)는 그의 저서인 「A Theory of Good City Form」에서 도시활력은 인간의 기본적인 생명과 생태와 관련된 기능이라고 언급하였다(Lynch, 1981). Lynch(1981)가 제시한 도시활력은 생명을 유지할 수 있는 자양물(sustenance), 주거 환경에서 재난이나 질병으로부터 지켜줄 수 있는 안전(safety), 인간의 요구와 생태환경의 조화(consonance) 등 세 가지 핵심 요소를 가지고 있는 개념이다. 린치의 도시활력은 생명현상과 지속가능한 유지 측면에 더 초점을 두고 있는 개념으로 제이콥스의 개념과는 차이가 있다. 이외에도 여러 연구에서 도시활력을 설명하고 있다. 예를 들면, 다양한 상업 및 오락시설이 제공하는 기회와 보행인구가 밀집한 지역의 특성(Maas, 1984), 다양한 활동과 만남이 일어나는 장소의 특성(Montgomery, 1998), 도시공간에서 사람과 그 주변 실체(surrounding entities) 간의 상호작용(Chhetri et al., 2006) 등으로 설명되고 있다.

2. 빅데이터를 이용한 도시활력 측정

Markusen(2003)은 도시활력의 개념적 모호성에 대해 지적하면서 도시활력에 대한 개념은 다양한 차원이 있고, 그 측정기준에 대한 구체성이 결여되어 있다는 점에서 한계가 있다고 주장하였다. 그럼에도 불구하고, 비교적 최근에는 도시활력과 관련된 다양한 유형의 도시 빅데이터가 축적되고 있고 활용도 가능해졌다. 그동안 도시 빅데이터를 활용하여 도시활력을 객관적으로 측정하기 위한 다양한 시도가 있었다. 예를 들면, 와이파이 핫스팟과 신용카드 매출자료(Kim, 2018), 야간조명(Jin et al., 2017; 정시운,

2020), 핸드폰 위치 데이터(Jin et al., 2017; Li et al., 2020), 음식 점시설(Wang et al., 2018; Ye et al., 2018; Zeng et al., 2018) 등이 있다. 구체적으로 Kim(2018)은 도시활력의 특성을 세 가지(사회적, 경제적, 가상) 측면으로 나누어 살펴보았으며, 신용카드 매출, 유동인구량, 그리고 와이파이 핫스팟의 분포가 도시활력을 대표할 수 있는 변수임을 강조하였다. 또한, Yue et al.(2019)은 음식점시설의 리뷰 수로 도시활력을 측정하였다. 이러한 측면에서 도시활력은 다양한 빅데이터를 통해 대리될 수 있는 차원을 가지고 있다는 것을 확인할 수 있다(정시운, 2020).

특히, 최근 스마트폰의 광범위한 사용과 위치정보 추적기술로 스마트폰 GPS 기반 생활인구 자료가 도시활력 측정에 활용되고 있다. 스마트폰 데이터는 많은 사용자를 포함하고 있고 넓은 공간적 범위를 고려할 수 있으며 다양한 시간대와 공간 스케일을 분석에 반영할 수 있다는 점에서 활용사례가 증가하고 있다(Jacobs-Crisioni et al., 2014; Jin et al., 2017; Li et al., 2020; Tang et al., 2018; Yue et al., 2017).

구체적으로, Jacobs-Crisioni et al.(2014)의 연구는 다양한 통신회사 핸드폰 기반 빅데이터를 통해 도시민들의 활동과 도시활력을 분석하는 데 적합하다고 하였다. Jin et al.(2017)은 Kevin Lynch와 Jane Jacobs의 이론을 기반으로 도시활력을 정의하였으며, 스마트폰 위치 데이터를 도시활력 분석에 활용하였다. Ying and Yin(2016)의 연구도 스마트폰 위치 데이터를 활용하여 가로활력에 영향을 미치는 요인을 탐구하였다. 또한, Li et al.(2020)과 Tang et al.(2018)의 연구도 스마트폰 기반 위치 자료를 활용하였으며, Geographically and Temporally Weighted Regression(GTWR) 방법을 사용하여 도시활력과 그 영향 요인 간의 관계를 분석하였다.

국내연구의 경우, 최근 스마트폰 기반 생활인구를 사용하여 도시활력을 측정하는 연구가 증가하고 있는 추세이다(오병삼, 2020; 이지혜·김형중, 2019; 정재훈·남진, 2019; 조월 외, 2021). 구체적으로 서울시를 대상으로 분석한 정재훈·남진(2019)의 연구는 2017년 스마트폰 기반 생활인구 빅데이터를 활용하여 424개 행정동 단위를 기준으로 생활인구의 시계열적 패턴을 공간적으로 분석하였다. 이와 유사한 연구로 이지혜·김형중(2019)은 주민등록인구와 생활인구 두 가지 데이터를 가지고 분석하였다. 분석 결과, 두 가지 데이터는 비슷한 패턴을 보이지만 특정 시간대나 특정 구역에서는 주민등록 인구와 생활인구 간의 차이가 많이 나타남을 확인하였다. 또한, 조월 외(2021)의 연구에서 2018년의 생활인구 자료를 활용하여 생활인구의 시간대별 혼잡수준에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 이러한 연구추세는 스마트폰 위치 기반 생활인구 자료가 실제 도시활력을 측정하는 데 더 적합한 지표로 볼 수 있다. 특히, 서울시의 경우에는 유동인구가 많고 관광객이나 방문인구도 많기 때문에 스마트폰 기반의 생활인구 데이터가 도시활력을 분석하는 데 적합하다고 볼 수 있다.

3. 도시활력의 영향요인

도시활력에 영향을 미치는 요인에 관한 연구는 주로 객관적인 물리적 환경 특성의 측면에서 이루어졌다(Bentley, 1985; Katz et al., 1994; Montgomery, 1998; Trancik, 1986). Jacobs(1961)는 사람들이 해당 공간에서 다양하게 활동함으로써 도시의 활력수준이 높아진다고 하였으며, 도시의 다양성이 도시활력을 유지하는 중요한 요소임을 제시하였다. 또한, Gehl(2011)은 코펜하겐(Copenhagen) 사례 연구에서 높은 수준의 접근성, 밀도, 건물 커버리지(building coverage) 등이 도시활력의 중요한 요소라고 주장하였다. 이는 도시활력이 사람들의 활동에 영향을 미치는 물리적 환경과 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

그동안 이루어진 도시활력과 관련된 실증연구는 대다수 제인 제이콥스의 개념을 이론적 토대로 하여 도시의 물리적인 환경이나 토지이용 혼합 정도가 유동인구나 매출과 같은 도시활력 대리변수에 미치는 영향을 살펴보았다(Lee et al., 2017; Sung and Lee, 2015; Sung et al., 2015; 김수현 외, 2015; 이주아·구자훈, 2013; 임하나 외, 2017). 구체적으로, 토지이용 특성(Wu et al., 2018b; 임하나 외, 2016), 공공시설의 접근성(이지운·최승담, 2018), 가로의 형태(Yue and Zhu, 2019), POI 특성(He et al., 2018; Liu et al., 2020; Yue et al., 2017), 교통환경 특성(Hasi-buan et al., 2014; Wu et al., 2018a; 곽초찬 외, 2018) 등이 도시활력과 밀접한 관련이 있음을 보이고 있다. 또한, 도로환경 특성에서 도로 네트워크에 의한 접근성도 도시활력과 밀접한 관련을 가질 수 있다. 이에 따라 도로 네트워크 특성에 초점을 둔 연구는 도로의 통합도(closeness), 통과도(betweenness), 연결성(connectivity) 등의 지표와 도시활력과의 관계를 분석하고 있다(Han and Zhu, 2019; Tang et al., 2018; Ye et al., 2018). 특히, 최근 POI 빅데이터를 활용한 도시활력의 관련연구는 POI 빅데이터가 전통적인 토지이용 데이터에 비해 더 효율적이고 정교한 토지이용 혼합도를 계산하는 데 유용함을 시사하였다(Louw and Bruinsma, 2006; Yue et al., 2017).

4. 선행연구의 한계점과 차별성

선행연구 고찰을 통해 도출된 도시활력 연구의 한계점은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 도시활력에 영향을 미칠 수 있는 가장 중요한 토지이용 변수는 대다수의 선행연구에서 건축물 DB 자료에 의존하고 있다. 건축물 DB자료는 건축물의 용도와 연면적을 제공하지만 건축물의 주 용도를 기준으로 구축되어 있고 누락된 자료가 다수 존재하는 한계를 가지고 있다(Yao et al., 2017). 특히, 복합용도 건물의 경우 주 용도로 자료가 구축되는 경우가 많아 토지이용 현황의 측면에서 부정확한 자료로 볼 수 있다. 이러한 측면에서 최근 연구는 건물의 다양한 용도를 비교적

정밀하게 대변할 수 있는 POI 데이터를 활용하고 있는 추세이다 (Jiang et al., 2015; Liu and Long, 2016; Yao et al., 2017). 따라서 본 연구는 POI 빅데이터를 활용하여 POI 시설 유형별 특성을 분석에 활용하였다.

둘째, 도시의 토지이용 특성에 따라 도시활력에 영향을 미치는 요인은 다를 수 있다(임하나 외, 2017). 그러나 대부분의 연구는 도시 전체 지역을 대상으로 하거나 특정지역에 한정하여 도시활력을 분석하였다. 본 연구는 도시활력과 도시활력에 영향을 미치는 요인이 주거지역과 상업지역에서 차이가 있을 것으로 판단하였다. 따라서 주거지역과 상업지역을 나누어 도시활력에 영향을 미치는 물리적 환경 요인을 파악하고 정책적 시사점을 도출하였다.

셋째, 도시활력을 측정하기 위해 유동인구를 분석한 연구들은 대부분 특정한 지점과 특정한 시간에서 측정된 보행인구 자료를 활용하고 있다. 이러한 유동인구 조사 자료는 일부 지점에 대해서만 자료가 구축되어 있어 서울시 전체 지역을 대상으로 분석하기에는 한계가 있다. 또한, 도시활력은 가로에서 통행하는 인구 뿐만 아니라, 해당 지역에서 머물고 있는 인구의 특성도 중요하다. 이러한 배경에서 본 연구는 스마트폰 기반 위치 자료로 구축된 서울시 생활인구 자료를 활용하였다.

마지막으로, 도시활력과 관련된 대부분의 선행연구는 변수들 간의 상호작용 효과를 고려하지 못한 한계를 가지고 있다. 이와 관련해 Yuan and Han(2019)은 기존 선행연구의 한계점으로 단일 설명변수에 초점을 두고 여러 변수들 간의 상호작용 효과를 고려하지 못하였음을 지적하였다. 따라서 본 논문은 상호작용 항을 변수로 추가하여 변수들 간의 상호작용 효과가 도시활력에 미치는 영향을 분석하였다는 점에서 차별성을 가지고 있다.

III. 연구의 방법

1. 분석변수와 자료 출처

본 연구의 공간적인 범위는 서울특별시 25개 자치구에 분포된 19,153개 집계구를 분석 단위로 사용하였다(〈그림 1〉 참조). 연구의 시간적 범위는 2018년 1월 1일 00시부터 2018년 12월 31일 24시까지 1년간 시간을 대상으로 하였다.

〈표 1〉은 분석에 활용된 종속변수와 독립변수 그리고 데이터 출처를 제시하였다. 연구의 종속변수는 생활인구 데이터를 이용하였다. 또한, 도시활력을 분석하기 위해 “생활시간조사 보고서”(통계청, 2020)를 참고하여 사람들이 주로 이동을 하고 있는 아침(09:00-11:59), 점심(12:00-13:59), 오후(14:00-17:59) 등 낮 시간대 생활인구만 고려하였다. 이에 따라 종속변수는 낮 시간대(9시-18시)의 일평균 생활인구 수로 설정하였다.

독립변수로는 서울 열린데이터광장, 도로명주소 DB, 카카오 맵의 자료를 활용하여 POI 시설 특성, 건물 특성, 도로 특성 등의

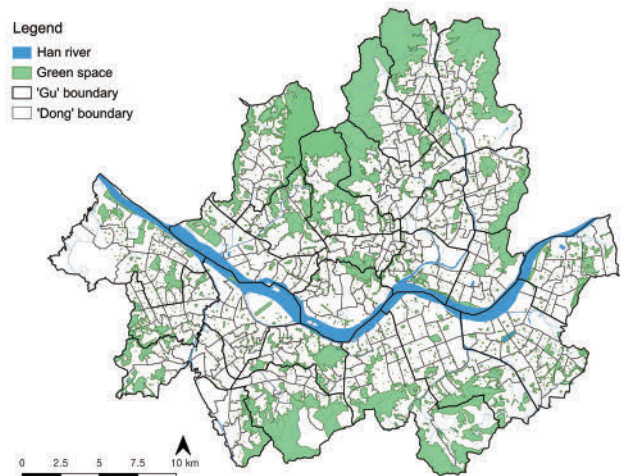


그림 1. 서울시 자치구 및 행정동 경계

Figure 1. The boundaries of administrative 'gu' and 'dong'

독립변수를 정하였다. 추가적으로 변수 간의 상호작용 효과를 보기 위해 상호작용 항을 변수로 추가하여 분석하였다. 데이터의 가공과 분석은 R 3.6.3, ArcGIS 10.4, QGIS 3.10.4를 활용하였다.

2. 변수 선정

도시활력에 대한 개념과 정의는 다양하지만 본 연구에서는 도시활력의 개념을 Jacobs(1961)가 제시한 개념을 바탕으로 “특정한 도시공간에서 사람들이 집중하는 정도”에 주목하였다. 따라서 종속변수로 서울시 각 집계구에 대해 낮 시간대의 일평균 생활인구 수를 활용하였다(〈표 1〉 참조). 평일과 주말의 일상 활동 방식이 다르다는 점을 고려하여 낮 시간대의 생활인구 수를 다시 평일과 주말로 구분하여 사용하였다. 그리고 평일과 주말의 차이에만 초점을 두는 것뿐만 아니라 일주일 전체 생활인구 분포 패턴에 영향을 미치는 물리적 환경 요인을 파악하기 위해 일주일 낮 시간대 생활인구 수를 추가하여 분석하였다.

독립변수 중 유형별 POI 시설은 도시활동과 관련되어 있으며 생활인구 분포에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수이다. POI 시설 특성 변수는 카카오 맵에서 API를 이용하여 POI 형태로 자료를 수집하였으며, 서울시 전체 650,126개의 POI 데이터가 분석에 활용되었다. POI 데이터는 점 형태로 표현되는 공간 데이터이며 시설물, 지하철, 호텔, 음식점 등의 시설이 좌표로 전자수치 지도에 표시되어 있다. 또한, POI 데이터는 전통적인 토지이용 데이터보다 건물 단위에서 수평과 수직 방향의 건물 용도를 더 세분화하여 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있다(Wu et al., 2018b; Yue et al., 2017).

본 논문에서 건물의 시설이용을 측정하기 위해 사용한 POI 시설의 종류와 비율은 〈표 2〉에 제시되었다. 기본적으로 카카오 맵에서 사용한 분류를 활용하였으며, 2020년 6월부터 8월까지 수집된 POI 데이터를 사용하였다. 〈표 2〉를 살펴보면, POI 빅데이터

표 1. 변수설명

Table 1. Description of variables

Variable	Description	Data source	
종속변수 Dependent variable	평일 일평균 생활인구(9-18시) Weekday average daily de facto population (9:00-18:00)	평일 낮 시간대의 일평균 생활인구 수 The average daily de facto population in the daytime hours of the weekdays	
	주말 일평균 생활인구(9-18시) Weekend average daily de facto population (9:00-18:00)	주말 낮 시간대의 일평균 생활인구 수 The average daily de facto population in the daytime hours of the weekends	
	일주일 일평균 생활인구(9-18시) A week total average daily de facto population (9:00-18:00)	일주일 낮 시간대의 일평균 생활인구 수 The average daily de facto population in the daytime hours of the week	
독립변수 Independent variable	음식점시설 밀도(개/km ²) Density of restaurant facilities (Num./km ²)	집계구별 총음식점시설 개수/집계구 면적 Total number of restaurant facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	가정·생활시설 밀도(개/km ²) Density of neighborhood living facilities (Num./km ²)	집계구별 총가정·생활시설 개수/집계구 면적 Total number of neighborhood living facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	교육·학문시설 밀도(개/km ²) Density of educational facilities (Num./km ²)	집계구별 총교육·학문시설 개수/집계구 면적 Total number of educational facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	교통·수송시설 밀도(개/km ²) Density of transportation facilities (Num./km ²)	집계구별 총교통·수송시설 개수/집계구 면적 Total number of transportation facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	금융·보험시설 밀도(개/km ²) Density of finance and insurance facilities (Num./km ²)	집계구별 총금융·보험시설 개수/집계구 면적 Total number of finance and insurance facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	문화·예술시설 밀도(개/km ²) Density of culture and art facilities (Num./km ²)	집계구별 총문화·예술시설 개수/집계구 면적 Total number of culture and art facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area	
	POI 시설 특성 POI characteristics	부동산시설 밀도(개/km ²) Density of real estate facilities (Num./km ²)	집계구별 총부동산시설 개수/집계구 면적 Total number of real estate facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
	독립변수 Independent variable	서비스·산업시설 밀도(개/km ²) Density of service and industrial facilities (Num./km ²)	집계구별 총서비스·산업시설 개수/집계구 면적 Total number of service and industrial facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		스포츠·레저시설 밀도(개/km ²) Density of sports and leisure facilities (Num./km ²)	집계구별 총스포츠·레저시설 개수/집계구 면적 Total number of sports and leisure facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		언론·미디어시설 밀도(개/km ²) Density of press and media facilities (Num./km ²)	집계구별 총언론·미디어시설 개수/집계구 면적 Total number of media facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		여행시설 밀도(개/km ²) Density of travel facilities (Num./km ²)	집계구별 총여행시설 개수/집계구 면적 Total number of travel facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		의료시설 밀도(개/km ²) Density of medical facilities (Num./km ²)	집계구별 총의료시설 개수/집계구 면적 Total number of medical facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		사회·공공시설 밀도(개/km ²) Density of social and public institutions (Num./km ²)	집계구별 총사회·공공시설개수/집계구 면적 Total number of social and public institutions facilities by jipgyegu/Jipgyegu total area
		건물 특성 Building characteristics	건물 바닥면적의 비 Ratio of building floor area
건물 연면적 밀도 Density of building total floor area	집계구별 건물 총연면적(m ²)/집계구 면적(m ²) Total building total floor area by jipgyegu/Jipgyegu total area		

(Continue on next page)

Variable	Description		Data source	
독립변수 Independent variable	총 통합도(Closeness) Total closeness	집계구별 총통합도 Total closeness by jipgyegu	도로명주소 DB (2018) Road name address DB (2018)	
	도로 특성 Road characteristics	총 통과도(Betweenness) Total betweenness		집계구별 총통과도 Total betweenness by jipgyegu
	평균 도로 폭(m) Average road width (m)	집계구별 총도로 폭(m)/도로 개수 Total width of road by aggregate (m)/ Number of roads		
상호작용 특성 Interaction characteristics	주거건물 연면적 대비 POI 개수의 비 Ratio of POIs in residential buildings	집계구별 총 POI 개수/주거건물 연면적(m ²) Number of POIs/Total floor area of residential buildings (m ²)	카카오 맵 (2020) Kaokao Map (2020)	
	상업건물 연면적 대비 POI 개수의 비 Ratio of POIs in commercial buildings	집계구별 총 POI 개수/상업건물 연면적(m ²) Number of POIs/Total floor area of commercial buildings (m ²)		
	기타건물 연면적 대비 POI 개수의 비 Ratio of POIs in other buildings	집계구별 총 POI 개수/기타건물 연면적(m ²) Number of POIs/Total floor area of other buildings (m ²)	도로명주소 DB (2018) Road name address DB (2018)	

표 2. POI 빅데이터의 종류
Table 2. Types of POI bigdata

Classification	Detailed facilities	Num. of facilities (%)
Restaurant	Korean food, western food, cafe, etc.	99,134 (15.2)
Neighborhood living	Furniture sales, PC room, clothes, mart, etc.	154,876 (23.8)
Education	Library, reading room facilities, private institutions, school, etc.	38,806 (6.0)
Transportation	Terminal, airports, intercity bus, etc.	27,948 (4.3)
Finance, insurance	Finance, banks, etc.	12,014 (1.8)
Culture, art	Performing art, museums, etc.	25,876 (4.0)
Real estate	Apartment, offitel, residential, etc.	97,581 (15.0)
Service, industry	Telecommunication, construction, architecture, factory	131,234 (20.2)
Sports, leisure	Golf club, basket ball club, hiking, etc.	14,591 (2.2)
Press, media	Broadcast stations, newspaper centers, media, etc.	1,952 (0.3)
Travel	Guest house, tourist attractions, etc.	7,595 (1.2)
Medical	Hospita, health clinic, etc.	26,184 (4.0)
Social and public institutions	Police agency, court, ministry of education, etc.	12,335 (1.9)

Source: Lu et al.(2019), Wu et al.(2018b), Yue et al.(2017)

의 경우 가정·생활, 서비스·산업, 음식점, 부동산 시설이 차지하는 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 또한, <그림 2>는 서울시 강남지역을 예시로 카카오 맵에서 제공하는 POI 시설의 종류와 공간적 분포를 나타낸 그림이다. 그림을 보면 한 건물에서 다양한 용도의 시설을 포함하고 있고, 이를 통해 POI 빅데이터는 해당 건물의 세부적인 토지이용 유형을 설명할 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 POI 빅데이터는 다양한 용도를 미시적인 수준에서 측정할 수 있지만 건물의 연면적을 고려할 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 이러한 한계점을 극복하기 위해 건축물 DB의 건축물 연면적 변수를 분석에 포함하였다. 건축물 특성 변수는 도로명주소에서 제공되고 있는 건축물의 데이터를 사용하였다. 건물의 1층 총면적을 해당 집계구의 면적으로 나누어 건물의 바닥면적 비를 계산하였으며, 건물의 연면적을 해당 집계구의 면적으로 나누어 건축물 연면적 밀도를 계산하였다.

도로 네트워크 특성의 경우는 도로명주소에서 제공되고 있는



그림 2. POI 종류와 공간적 분포(서울시 강남지역 예시)
Figure 2. POI types and spatial distribution (Example of Gangnam area in Seoul)

도로망 데이터를 활용하여 ArcGIS Spatial Design Network Analysis(sDNA) 방법론을 통해 추출하였다. sDNA 방법론은 전통적인 공간 구분론의 개념에 기초한 도시 네트워크 분석 도구이다(He et al., 2019). 도로망 특성을 측정하기 위해 <그림 3>과 <그림 4>같이 공간구분론 중에서 가장 대표적인 도로 네트워크의 통합도(closeness)와 통과도(betweenness)를 활용하였다(Hillier, 2012; Kang, 2017; Omer and Kaplan, 2017). 우선, 도로 네트워크 통합도는 네트워크상의 한 공간에 대해 다른 공간에서 쉽게 접근할 수 있는 정도를 의미한다. 한 공간(도로 세그먼트)의 통합도 값이 높을수록 해당 공간으로 쉽게 접근할 수 있다. 다음으로 통과도는 해당 도로를 사람들이 지나가게 될 확률을 의미하며, 통과도의 값이 높을수록 해당 도로를 지나갈 가능성이 높다는 것을 의미한다. 마지막으로 집계구 단위의 평균 도로 폭 변수를 추가하였다. 평균 도로 폭이 넓을수록 차량이나 유동인구의 활동이 활발하여 도시활력에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

추가적으로 본 연구에서는 Yuan and Han(2019)의 연구에서

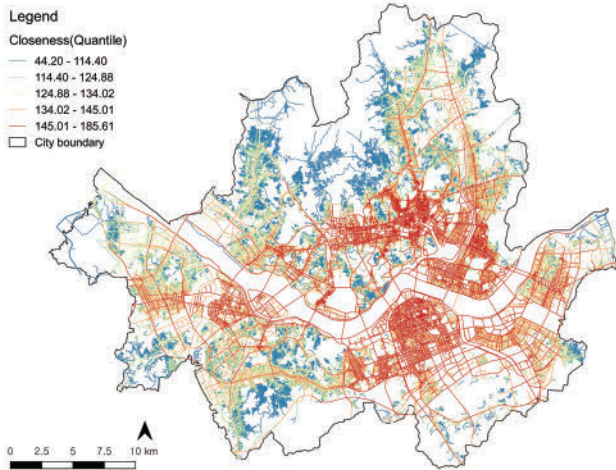


그림 3. 서울시 도로 네트워크 통합도(closeness)
Figure 3. Road network closeness in Seoul

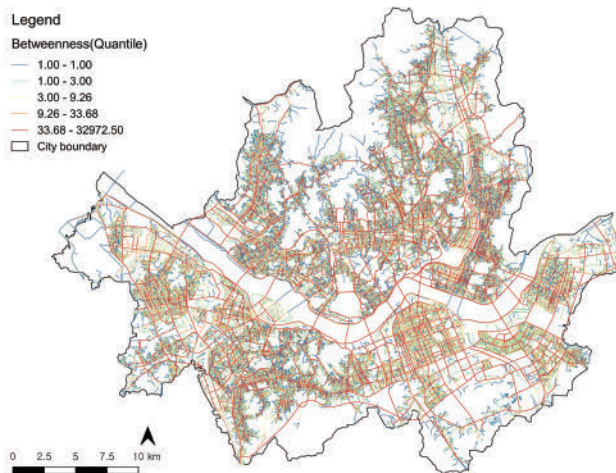


그림 4. 서울시 도로 네트워크 통과도(betweenness)
Figure 4. Road network betweenness in Seoul

사용한 상호작용 변수를 참고하여 POI 시설 특성 변수와 전통적인 토지이용 연면적 변수 간의 상호작용 항을 분석 모형에 추가하였다. 즉, 상호작용 효과를 분석하기 위해 총 POI 시설 개수를 해당 토지이용(주거, 상업, 기타) 연면적으로 나누어 변수로 활용하였다. 이는 토지이용 유형별 밀도에 따른 POI가 도시활력에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위함이다.

3. 분석과정 및 분석방법

본 연구는 집계구 단위의 스마트폰 기반 생활인구 빅데이터 자료를 활용하여 낮 시간대 도시활력에 영향을 미치는 요인들을 파악하였다. 우선, 독립변수의 다중공선성을 검증하기 위해 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)를 계산하였다. VIF 값은 모두 3 이하로 변수들 간 다중공선성 문제는 없는 것으로 확인되었다.

종속변수인 일평균 생활인구 수 변수는 연속형 변수이기 때문에 다중회귀 분석모형을 사용하였다. 평일 낮 시간대, 주말 낮 시간대, 일주일 전체 낮 시간대 모형으로 나누어 분석하였다. 또한, 주거지역과 상업지역의 차이를 고려하여 주거지역 모형과 상업지역 모형으로 나누어 분석하였다. 주거지역과 상업지역을 도출하기 위해 구체적으로 집계구 건축물 연면적을 주거, 상업, 기타 등 3가지 용도로 분류하였다. 다음으로 전체 건축물 면적 중 30% 이상을 차지하고 있는 용도를 해당 집계구의 주 용도로 판단하였다. 서울시 전체 19,153개 집계구를 기준으로 대부분의 집계구에 해당하는 16,978(88.6%)개가 주거지역에 해당하는 것으로 나타났다. 또한, 상업지역에 해당하는 집계구는 1,167(6.1%)로 나타났으며, 기타 지역에 해당하는 집계구가 1,008(5.3%)로 나타났다.

IV. 분석결과

1. 기술통계 분석

<표 3>은 기술 통계분석의 결과이다. 우선, 종속변수인 평일, 주말, 일주일 낮 시간대 일평균 생활인구 수의 평균값은 각각 4,226명, 1,603명, 5,828명으로 나타났다. 최솟값이 각각 5명, 1명, 6명으로 집계구별로 차이가 나는 것을 알 수 있다. 독립변수인 POI 시설의 각 종류별 평균 밀도를 보면 가정·생활시설, 부동산시설, 서비스·산업시설, 음식점시설 등이 다른 시설보다 밀도가 높게 나타났다.

다음으로 2018년 서울시 집계구별 건물 특성을 살펴보면 평균 건물 바닥면적 비와 연면적 밀도는 0.29, 1.76으로 나타났고, 최댓값은 0.97, 20.73으로 나타났다. 도로 네트워크 특성 중 도로의 총통합도(closeness)와 총통과도(betweenness)의 평균값은 각각 2,474와 4,258로 나타났다. 다음으로 도로의 평균 폭은 평균

표 3. 기술통계 분석 Table 3. Descriptive statistics

Variable	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.	VIF	
종속변수 Dependent variables	평일 일평균 생활인구(9-18시) Weekday average daily de facto pop. (9:00-18:00)	19,153	4,225.82	10,693.01	4.89	446,781.36	-
	주말 일평균 생활인구(9-18시) Weekend average daily de facto pop. (9:00-18:00)	19,153	1,602.55	3,037.89	0.77	85,080.59	-
	일주일 일평균 생활인구(9-18시) A week total average daily de facto pop. (9:00-18:00)	19,153	5,828.37	13,501.98	5.66	513,638.98	-
POI 시설 특성 POI facility character.	음식점시설 밀도(개/km ²) Density of restaurant facilities (Num./km ²)	19,153	187.54	358.61	0.00	11,070.42	2.10
	가정·생활시설 밀도(개/km ²) Density of neighborhood living facilities (Num./km ²)	19,153	354.28	521.17	0.00	14,270.86	2.44
	교육·학문시설 밀도(개/km ²) Density of educational facilities (Num./km ²)	19,153	97.79	177.02	0.00	6,317.88	1.24
	교통·수송시설 밀도(개/km ²) Density of transportation facilities (Num./km ²)	19,153	46.42	96.94	0.00	2,987.89	1.28
	금융·보험시설 밀도(개/km ²) Density of finance and insurance facilities (Num./km ²)	19,153	15.53	63.71	0.00	2,170.24	1.42
	문화·예술시설 밀도(개/km ²) Density of culture and art facilities (Num./km ²)	19,153	53.70	146.11	0.00	14,857.76	1.17
	부동산시설 밀도(개/km ²) Density of real estate facilities (Num./km ²)	19,153	304.43	259.36	0.00	3,880.66	1.45
	서비스·산업시설 밀도(개/km ²) Density of service and industrial facilities (Num./km ²)	19,153	222.76	411.00	0.00	10,012.96	1.98
	스포츠·레저시설 밀도(개/km ²) Density of sports and leisure facilities (Num./km ²)	19,153	28.70	68.28	0.00	1,267.90	1.50
	언론·미디어시설 밀도(개/km ²) Density of press and media facilities (Num./km ²)	19,153	2.89	16.91	0.00	564.68	1.07
	여행시설 밀도(개/km ²) Density of travel facilities (Num./km ²)	19,153	10.27	46.65	0.00	2,478.59	1.08
	의료시설 밀도(개/km ²) Density of medical facilities (Num./km ²)	19,153	52.86	143.12	0.00	2,552.99	1.64
	사회·공공시설 밀도(개/km ²) Density of social and public institutions (Num./km ²)	19,153	20.06	59.54	0.00	1,857.51	1.15
	건물 특성 Building character.	건물 바닥면적의 비 Ratio of building floor area	19,153	0.29	0.15	0.00	0.97
건물 연면적 밀도 Density of building floor area ratio		19,153	1.76	1.46	0.00	20.73	1.26
도로 특성 Road character.	총 통합도 Closeness	19,153	2,474.02	2,677.78	0.00	36,182.05	2.10
	총 통과도 Betweenness	19,153	4,257.65	18,769.22	0.00	647,209.94	1.35
	평균 도로 폭 Average road width	19,153	9.85	7.81	0.00	70.00	1.18
상호작용 특성 Interaction character.	주거건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in res. buildings	19,153	0.01	0.18	0.00	19.97	1.03
	상업건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in comm. buildings	19,153	0.01	0.09	0.00	9.64	1.00
	기타건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in other buildings	19,153	0.03	0.34	0.00	28.11	1.02

9.85미터로 나타났고, 최댓값은 70미터로 나타나 집계구간 도로 특성에서 차이가 있는 것을 알 수 있다. 도로 네트워크의 통합도와 통과도는 VIF 값이 모두 3 이하로 다중공선성이 나타나지 않았다.

2. 다중회귀분석 결과

다중회귀분석 모형을 이용하여 평일, 주말, 일주일 낮 시간대 일평균 생활인구 수에 영향을 미치는 요인을 전체지역을 대상으로 분석한 결과는 <표 4>와 같다. <표 4>를 살펴보면 각 모형의 설명력은 평일의 경우 약 46.2%, 주말의 경우 약 48.3%, 일주일 전체의 경우 약 47.9%로 높게 나타났다. 우선, 낮 시간대의 생활인구 수에 영향을 미치는 요인으로 POI 시설 특성 중 음식점시설, 교육·학문시설, 금융·보험시설, 언론·미디어시설의 밀도는 평일, 주말, 일주일 모형에서 모두 양(+)의 방향으로 나타났다. 반면, 부동산시설의 밀도는 모두 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 음식점시설의 밀도가 높을수록 사람들을 끌어들이는 경향이 강하기 때문에 낮 시간대의 생활인구 수에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 또한, 교육·학문, 금융·보험 그리고 언론·미디어시설도 마찬가지로 인구유입 시설에 해당하고 낮 시간대의 생활인구 수에 양(+) 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 특히, 평일의 경우 금융·보험 시설 밀도는 다른 시설에 비해 생활인구 수에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 나타났고, 언론·미디어 시설, 사회·공공시설 순으로 영향력이 높게 나타났다.

다음으로 평일과 일주일 모형에서 서비스·산업시설과 사회·공공시설의 밀도는 생활인구 수와 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 서비스·산업과 사회·공공시설의 밀도가 높은 지역일수록 평일 낮 시간대의 생활인구 수가 많은 것을 의미한다.

한편 가정·생활시설, 교통·수송시설, 여행시설, 의료시설의 밀도는 주말 낮 시간대 생활인구 수와 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 평일 모형과 차이가 있는데, 가정·생활시설, 교통·수송시설, 여행시설, 의료시설의 밀도가 높은 지역일수록 주말 낮 시간대 생활인구가 많은 것을 의미한다. 교통·수송시설은 터미널, 공항, 시외버스 등이 포함되어 있으며, 여행시설은 게스트하우스, 관광지 등이 포함되어 있다. 따라서 주말에는 사람들의 여가통행 수요가 증가하기 때문에 주말 낮 시간대 생활인구 수에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이외에는 스포츠·레저시설의 밀도는 모두 낮 시간대의 생활인구 수에 통계적으로 유의미한 영향을 가지지 않는 것으로 나타났다.

건물 특성 중 건물 바닥면적의 비는 모든 모형에서 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 반면, 건물 연면적 밀도는 평일과 일주일 모형에서 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 해당 집계구에 건물 바닥면적의 비가 높을수록 낮 시간대 생활인구 수가 적은 것을 의미한다. 그리고 건물 연면적

밀도는 높을수록 평일과 일주일 모형의 낮 시간대 생활인구 수가 높은 것으로 나타났다. 건물 바닥면적의 비가 높은 경우는 대형 건물이 들어가 있거나 소규모 건물의 경우에도 건물과 건물 사이의 공간이 좁은 것을 의미한다. 이런 경우 생활인구의 활동이 낮아 도시활력이 높지 않다. 반면, 건물 연면적의 밀도는 평일이나 일주일 전체 모형에서만 도시활력과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 특히, 상업지역의 경우 건물 연면적 밀도가 높은 지역은 일반적으로 도심지역을 의미하며 토지이용 시설이 다양하고 다양한 목적의 유동인구가 많기 때문에 판단된다.

도로 네트워크 특성의 경우, 통합도와 통과도, 그리고 평균 도로 폭 모두 모든 모형에서 양(+)의 방향으로 유의미하게 나타났다. 이는 도로 네트워크의 통합도와 통과도가 높을수록, 도로의 평균 폭이 넓을수록 해당 집계구에 낮 시간대 생활인구 수가 높다는 것을 의미한다.

토지이용 연면적과 POI 개수 사이 상호작용 효과 변수의 경우, 주거와 상업용도 연면적 대비 POI 개수의 비가 높을수록 생활인구 수와 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 주거나 상업 토지이용 밀도가 높은 지역에 POI 시설의 개수가 많을수록 생활인구 수가 높고 도시활력이 증가하는 것으로 볼 수 있다. 다른 한편으로, <표 5>와 <표 6>은 <표 4>의 모형에서 상호작용의 변수만 제외하고 주거지역과 상업지역으로 나누어 분석을 진행한 결과이다. 우선, 음식점과 금융·보험 시설의 밀도, 도로 네트워크의 통합도, 평균 도로 폭은 주거지역과 상업지역의 낮 시간대 생활인구 수에 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 반면, 건물 바닥면적의 비가 높을수록 모든 모형에서 낮 시간대 생활인구 수가 낮게 나타났다. 건물 바닥면적 비는 해당 집계구에 건물 바닥면적이 차지하는 비율과 토지 개발의 밀집도 정도를 반영한다. 따라서 저밀도의 과도한 평면적 토지 개발이 도시활력에 부정적 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

음식점과 금융·보험시설 밀도는 지역의 토지이용 특성과 상관없이 낮 시간대 도시활력에 큰 영향력 가지고 있는 것으로 나타났다. 도로 특성 변수 또한, 주거지역이나 상업지역 상관없이 생활인구 수와 양(+)의 방향으로 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타났다.

다음으로, 주거지역의 경우 상업지역과 비교할 때 모든 모형(평일, 주말, 일주일)에서 유형별 POI 시설 밀도가 생활인구를 통한 도시활력 수준에 더 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 상업지역의 경우 주거지역과 비교할 때 통계적으로 유의한 POI 시설 변수는 소수로 나타났다. 음식점, 가정·생활, 금융·보험 POI 시설 변수만 양(+)의 방향으로 유의하게 나타났다. 그러나 이들 변수의 비표준화 계수 값을 통해 살펴볼 때 이들 POI 시설이 상업지역에서 생활인구를 통한 도시활력에 미치는 영향력은 높은 것으로 나타났다.

또한, 일주일 모형을 보면 주거지역에서 문화·예술, 의료시설

표 4. 다중회귀분석 결과 (전체지역 모형)

Table 4. Multiple regression analysis results (total area)

변수 Variables	평일 생활인구 Weekday average daily de facto population		주말 생활인구 Weekend average daily de facto population		일주일 생활인구 A week total average daily de facto population		
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	
POI 시설 특성 POI Facility character.	음식점시설 밀도(개/km ²) Density of restaurant facilities (Num./km ²)	1.635***	6.315	0.786***	10.794	2.421***	7.459
	가정·생활시설 밀도(개/km ²) Density of neighborhood living facilities (Num./km ²)	-0.248	-1.289	0.244***	4.515	-0.004	-0.015
	교육·학문시설 밀도(개/km ²) Density of educational facilities (Num./km ²)	1.401***	3.470	0.372***	3.281	1.773***	3.504
	교통·수송시설 밀도(개/km ²) Density of transportation facilities (Num./km ²)	0.030	0.040	0.811***	3.853	0.841	0.896
	금융·보험시설 밀도(개/km ²) Density of finance and insurance facilities (Num./km ²)	25.579***	21.294	5.000***	14.805	30.579***	20.310
	문화·예술시설 밀도(개/km ²) Density of culture and art facilities (Num./km ²)	-0.404	-0.852	0.183	1.372	-0.221	-0.372
	부동산시설 밀도(개/km ²) Density of real estate facilities (Num./km ²)	-1.075***	-3.607	-0.475***	-5.665	-1.550***	-4.148
	서비스·산업시설 밀도(개/km ²) Density of service and industrial facilities (Num./km ²)	2.032***	9.247	-0.074	-1.205	1.958***	7.107
	스포츠·레저시설 밀도(개/km ²) Density of sports and leisure facilities (Num./km ²)	-1.862	-1.619	0.429	1.326	-1.433	-0.994
	언론·미디어시설 밀도(개/km ²) Density of press and media facilities (Num./km ²)	17.925***	4.563	2.163*	1.959	20.088***	4.080
	여행시설 밀도(개/km ²) Density of travel facilities (Num./km ²)	0.732	0.512	0.961**	2.392	1.694	0.945
	POI 시설 특성 POI Facility character.	의료시설 밀도(개/km ²) Density of medical facilities (Num./km ²)	0.471	0.821	0.679***	4.211	1.151
사회·공공시설 밀도(개/km ²) Density of social and public institutions (Num./km ²)		4.537***	3.928	0.493	1.519	5.030***	3.475
건물 특성 Building character.	건물 바닥면적의비 Ratio of building floor area	-11478.481***	-22.286	-3723.855***	-25.716	-15202.336***	-23.549
	건물 연면적 밀도 Density of building floor area ratio	363.404***	7.375	19.175	1.384	382.579***	6.194
도로 특성 Road character.	총 통합도 Closeness	1.309***	37.738	0.422***	43.227	1.731***	39.804
	총 통과도 Betweenness	0.096***	24.281	0.023***	20.969	0.120***	24.075
	평균 도로 폭 Average road width	126.149***	14.154	45.549***	18.177	171.698***	15.370
상호작용 특성 Interaction character.	주거건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in res. buildings	5824.239***	15.802	1465.052***	14.138	7289.291***	15.778
	상업건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in comm. buildings	10627.572***	14.777	1307.088***	6.464	11934.659***	13.239
	기타건물 연면적 대비 POI 개수 비 Ratio of POIs in other buildings	-433.352**	-2.283	-84.739	-1.588	-518.091**	-2.177
Num. obs.	19153		19153		19153		
F (24,19128)	684.79		745.635		732.47		
R-squared	0.462		0.483		0.479		

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

표 5. 다중회귀분석 결과(주거지역 모형)

Table 5. Multiple regression analysis results (residential area)

변수 Variables	평일 생활인구 Weekday average daily de facto population		주말 생활인구 Weekend average daily de facto population		일주일 생활인구 A week total average daily de facto population	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
음식점시설 밀도(개/km ²) Density of restaurant facilities (Num./km ²)	1.320***	11.476	0.553***	12.111	1.872***	11.844
가정·생활시설 밀도(개/km ²) Density of neighborhood living facilities (Num./km ²)	-0.284***	-3.368	0.020	0.608	-0.264**	-2.274
교육·학문시설 밀도(개/km ²) Density of educational facilities (Num./km ²)	0.691***	4.257	0.287***	4.459	0.978***	4.384
교통·수송시설 밀도(개/km ²) Density of transportation facilities (Num./km ²)	1.788***	6.008	1.023***	8.660	2.811***	6.871
금융·보험시설 밀도(개/km ²) Density of finance and insurance facilities (Num./km ²)	7.450***	12.368	1.996***	8.349	9.446***	11.407
문화·예술시설 밀도(개/km ²) Density of culture and art facilities (Num./km ²)	0.812***	2.611	0.520***	4.213	1.332***	3.116
POI 시설 특성 POI facility character.						
부동산시설 밀도(개/km ²) Density of real estate facilities (Num./km ²)	-0.055	-0.504	-0.135***	-3.111	-0.190	-1.265
서비스·산업시설 밀도(개/km ²) Density of service and industrial facilities (Num./km ²)	0.617***	5.792	0.038	0.889	0.654***	4.469
스포츠·레저시설 밀도(개/km ²) Density of sports and leisure facilities (Num./km ²)	1.489***	3.337	0.808***	4.563	2.297***	3.744
언론·미디어시설 밀도(개/km ²) Density of press and media facilities (Num./km ²)	1.926	1.330	-0.134	-0.233	1.792	0.900
여행시설 밀도(개/km ²) Density of travel facilities (Num./km ²)	0.216	0.312	0.258	0.939	0.474	0.498
의료시설 밀도(개/km ²) Density of medical facilities (Num./km ²)	2.469***	9.995	1.044***	10.647	3.514***	10.344
사회·공공시설 밀도(개/km ²) Density of social and public institutions (Num./km ²)	2.972***	5.685	0.865***	4.168	3.837***	5.339
건물 특성 Building character.						
건물 바닥면적의 비 Ratio of building floor area	-5447.205***	-27.248	-2406.219***	-30.324	-7853.423***	-28.574
건물 연면적 밀도 Density of building floor area ratio	-58.198***	-3.314	-69.555***	-9.978	-127.753***	-5.291
도로 특성 Road character.						
총 통합도 Closeness	0.541***	38.201	0.230***	40.915	0.771***	39.598
총 통과도 Betweenness	0.052***	20.447	0.019***	18.275	0.071***	20.148
평균 도로 폭 Ave. road width	37.861***	11.956	17.082***	13.591	54.943***	12.620
Num. obs.	16,978		16,978		16,978	
F (18,16959)	388.245		433.463		411.536	
R-squared	0.292		0.315		0.304	

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

표 6. 다중회귀분석 결과(상업지역 모형)
Table 6. Multiple regression analysis results (commercial area)

변수 Variables	평일 생활인구 Weekday average daily de facto population		주말 생활인구 Weekend average daily de facto population		일주일 생활인구 A week total average daily de facto population	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
음식점시설 밀도(개/km ²) Density of restaurant facilities (Num./km ²)	2.020**	2.120	1.120***	3.381	3.141**	2.484
가정·생활시설 밀도(개/km ²) Density of neighborhood living facilities (Num./km ²)	3.684***	5.485	1.200***	5.138	4.883***	5.480
교육·학문시설 밀도(개/km ²) Density of educational facilities (Num./km ²)	0.882	0.531	0.602	1.043	1.484	0.674
교통·수송시설 밀도(개/km ²) Density of transportation facilities (Num./km ²)	-1.446	-0.468	-0.611	-0.568	-2.057	-0.501
금융·보험시설 밀도(개/km ²) Density of finance and insurance facilities (Num./km ²)	14.440***	3.197	3.806**	2.424	18.245***	3.045
문화·예술시설 밀도(개/km ²) Density of culture and art facilities (Num./km ²)	-2.070*	-1.825	-0.456	-1.156	-2.526*	-1.678
POI 시설 특성 POI facility character.						
부동산시설 밀도(개/km ²) Density of real estate facilities (Num./km ²)	-3.440*	-1.897	-2.054***	-3.257	-5.495**	-2.283
서비스·산업시설 밀도(개/km ²) Density of service and industrial facilities (Num./km ²)	-0.122	-0.160	-0.943***	-3.547	-1.065	-1.050
스포츠·레저시설 밀도(개/km ²) Density of sports and leisure facilities (Num./km ²)	-7.201	-1.480	-1.525	-0.902	-8.726	-1.352
언론·미디어시설 밀도(개/km ²) Density of press and media facilities (Num./km ²)	19.744	0.878	2.364	0.302	22.109	0.741
여행시설 밀도(개/km ²) Density of travel facilities (Num./km ²)	-2.874	-0.694	-0.165	-0.115	-3.039	-0.553
의료시설 밀도(개/km ²) Density of medical facilities (Num./km ²)	-3.806*	-1.937	-1.085	-1.589	-4.892*	-1.876
사회·공공시설 밀도(개/km ²) Density of social and public institutions (Num./km ²)	1.950	0.244	-1.767	-0.635	0.183	0.017
건물 특성 Building character.						
건물 바닥면적의 비 Ratio of building floor area	-14119.505***	-5.505	-4479.510***	-5.023	-18599.015***	-5.465
건물 연면적 밀도 Density of building floor area ratio	3218.924***	5.968	882.775***	4.708	4101.698***	5.732
도로 특성 Road character.						
총 통합도 Closeness	2.294***	14.208	0.739***	13.162	3.033***	14.157
총 통과도 Betweenness	0.035***	2.984	0.001	0.217	0.035**	2.306
평균 도로 폭 Ave. road width	932.450***	10.354	327.344***	10.455	1259.794***	10.543
Num. obs.	1,167		1,167		1,167	
F (18,1148)	41.294		28.695		38.499	
R-squared	0.393		0.310		0.376	

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

밀도는 생활인구 수에 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났지만, 상업지역에서는 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 주거지역에서 가정·생활시설 밀도는 생활인구 수에 음(-)의 방향으로 나타났고, 상업지역에서는 양(+)의 방향인 것으로 나타났다. 또한, 교육·학문, 교통·수송, 서비스·산업, 스포츠·레저시설 밀도는 주거지역에서만 유의미한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 주거지역에서 도시활력 제고를 위해서는 교육·학문, 교통·수송, 서비스·산업, 스포츠·레저시설 밀도가 중요함을 시사한다.

마지막으로 주거지역에서 건물 연면적 밀도는 생활인구 수에 모두 음(-)의 방향으로 나타났고, 상업지역에서는 모두 양(+)의 방향으로 나타났다. 주거지역에서 건물 연면적 밀도가 높은 지역은 주거용도가 밀집되어 있기 때문에 낮 시간대 도시활력이 낮은 것으로 볼 수 있다. 반면에 상업지역의 경우 건물 연면적의 밀도가 높을수록 POI 시설도 많이 입지하고 사람들이 다양한 목적을 가지고 해당 공간을 이용하기 때문에 도시활력이 높다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 2018년 생활인구 자료를 토대로 평일, 주말, 일주일로 구분하여 낮 시간대 일평균 생활인구 수에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 나아가 주거지역과 상업지역으로 구분하여 주거지역의 활력과 상업지역의 활력에 영향을 미치는 요인의 차이를 확인하였다. 분석결과와 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 주거지역이나 상업지역의 구분 없이 전체 모형을 보면, 평일, 주말, 일주일 등 모든 모형에서 낮 시간대 생활인구 수에 긍정적인 영향을 미치는 POI 시설은 음식점, 교육·학문, 금융·보험, 언론·서비스 등으로 나타났다. 이러한 결과는 이들 POI 시설의 밀도가 높을수록 낮 시간대 생활인구 수가 늘어난 것을 의미한다. 주거지역과 상업지역 두 가지 모형으로 나누어 도출된 결과에서는 음식점과 금융·보험 POI 시설의 밀도가 지역에 상관없이 낮 시간대 생활인구 수에 긍정적인 영향을 가지는 것으로 나타났다. 주거용도와 상업용도가 혼합된 지역의 경우 생활인구 밀도를 통한 도시활력 강화가 필요한 지역이라면 음식점과 금융·보험 POI 시설의 입지가 도움이 될 수 있음을 시사한다.

둘째, 건물 바닥면적의 비는 주거지역과 상업지역에 관계없이 모든 모형에 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 해당 집계구에서 건물 1층 면적 비율이 높을수록 도시활력이 낮은 것을 의미한다. 이는 토지의 평면적 개발과 높은 건폐율 그리고 도로와 오픈 스페이스와 같은 공공용지의 부족은 도시활력에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 낮 시간대의 생활인구 수 증대를 통한 도시활력을 유지하기 위해서는 건축물 위주의 평면적 개발을 지양할 필요가 있음을 시사한다.

셋째, 도로 네트워크 특성의 경우 통합도, 통과도, 평균 도로

폭은 모든 모형에서 양(+)의 방향으로 유의미하게 나타났다. 이는 해당 지역의 도로 네트워크 통합도와 통과도가 높을수록, 도로의 평균 폭이 넓을수록 낮 시간대 생활인구 수가 더 많고 도시활력 수준도 더 높은 것을 의미한다. 이러한 분석결과는 도로 네트워크를 통한 해당 지역의 접근성 향상과 가로환경 개선이 도시활력에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

넷째, 본 논문에서는 추가적으로 용도별 건물 연면적 대비 POI 개수 변수인 상호작용 항을 추가하여 분석하였다. 결과적으로 주거연면적 또는 상업연면적 대비 POI 개수 비는 모든 모형에서 생활인구와 양(+)의 관계로 유의함을 확인하였다. 이는 주거지역과 상업지역에서 POI 개수가 많을수록 생활인구 증가를 통한 도시활력 수준이 높은 것을 의미한다. 따라서 주거와 상업을 중심으로 하는 지역에서 적절한 수준의 도시활력의 유지가 필요한 경우 근린생활에 필요한 POI 시설의 배치가 중요함을 시사한다.

다섯째, 주거지역과 상업지역으로 구분하여 분석한 결과 지역별로 도시활력에 영향을 미치는 요인이 조금씩 다른 것으로 나타났다. 구체적으로 상업지역에 비해 주거지역의 낮 시간대 생활인구는 POI 시설 밀도가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 예를 들어, 주거지역에서 문화·예술과 의료시설 POI 밀도가 높은 경우 생활인구 수도 높게 나타났지만, 상업지역에서는 반대로 나타났다. 또한, 교육·학문, 교통·수송, 서비스·산업, 스포츠·레저시설 POI 밀도도 주거지역에서 생활인구 수에 긍정적인 영향을 가지는 것으로 나타났지만, 상업지역에서 유의미하게 나타나지 않았다. 이는 근린지역의 토지이용의 특성에 따라 도시활력을 높이기 위한 접근방법이 달라야 함을 시사한다.

마지막으로, 건물 연면적 밀도의 경우 주거지역에서는 낮 시간대 생활인구 수와 부정적인 관계를 가지는 것으로 나타났다. 주거지역의 경우 해당 지역의 건물 연면적 밀도가 높다고 해서 도시활력 증가로 이어지지 않을 수 있음을 의미한다. 주거지역에서 건물 연면적 밀도가 높은 곳은 주로 고밀 아파트 단지가 개발된 곳이나 주거용도의 다세대·다가구 밀집지역으로 볼 수 있다. 이런 지역의 경우 주거와 근린생활 시설이 적절하게 혼합되어 있는 지역보다 낮 시간대 도시활력이 낮음을 시사한다. 반면, 건물 연면적 밀도의 경우 상업지역에서는 생활인구 수와 긍정적인 관계를 가지는 것으로 나타났다. 상업지역의 경우에는 가로공간과 오픈 스페이스의 확보뿐만 아니라 건축물의 연면적 밀도가 도시활력에 중요한 요인임을 알 수 있다. 또한, 주거지역과 상업지역의 구분 없이 건물 바닥면적 비율이 높고 건물 연면적 밀도가 낮은 지역에는 생활인구 수 수준도 낮게 나타났다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 사용한 서울시 생활인구 자료는 스마트 폰과 연계된 통신사 기반으로 측정된 자료이며, 특정 시간대에 특정 공간단위에 위치하고 있는 생활인구를 대표한다. 따라서 생활인구 빅데이터는 가로공간에서 유동적으로 활동하는 유동인구와 가로활력을 대표하는 데 한계

가 있다. 둘째, 생활인구에 영향을 미치는 다른 변수에 대한 추가적인 고려가 필요하다고 판단된다. 특정지역의 생활인구 활동은 녹지 면적, 계절과 기후 그리고 경관적인 지표에 따라 차이가 있을 수 있기 때문이다. 셋째, POI 빅데이터는 여러 가지 장점에도 불구하고 시설의 규모나 연면적을 알 수 없는 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 POI 빅데이터와 건축물 연면적 자료를 분석도형에 고려하였지만, 유형별 토지이용의 연면적을 구체적으로 대표하는 데 한계를 가지고 있다.

이러한 한계점에도 불구하고 본 연구는 2018년 생활인구 데이터를 통해 집계구 수준에서의 낮 시간대의 생활인구 수에 영향을 미치는 요인을 분석하고 정책적 시사점을 제시한 점에서 의의를 가진다. 또한, 실시간으로 축적되고 있는 생활인구 빅데이터와 POI 빅데이터를 활용하여 도시활력과 영향요인을 분석하였다는 점에서 의의가 있다.

인용문헌
References

1. 곽호찬·송지영·엄진기·김경태, 2018. “이동통신 자료를 활용한 대도시 유동인구 영향요인 분석”, 『한국도시철도학회논문집』, 6(4): 373-381.
Kwak, H.C., Song, J.Y., Eom, J.K., and Kim, K.T., 2018. “A Study on Factors Influencing Floating Population Using Mobile Phone Data in Urban Area”, *Journal of The Korean Society For Urban Railway*, 6(4): 373-381.
2. 김수현·김태현·임하나·최창규, 2015. “소매업의 매출액을 결정하는 보행량 및 건조 환경 요인에 관한 연구: 서울시 편의점, 화장품소매점, 커피전문점을 중심으로”, 『국토계획』, 50(3): 299-318.
Kim, S.H., Kim, T.H., Im, H.N., and Choi, C.G., 2015. “Pedestrian Volume and Built Environmental Factors on Sales of Convenience Stores, Cosmetic Shops and Coffee Shops in Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 50(3): 299-318.
3. 오병삼, 2020. “아파트단지는 가로 활력을 저해하는가?: 서울시 생활인구 토지이용 회귀분석을 중심으로”, 홍익대학교 대학원 석사학위논문.
Oh, B.S., 2020. “Does an Apartment Complex Impede Urban Vitality?: Focused on Land Use Regression of De Facto Population in Seoul”, Master’s Degree Dissertation, Hongik University.
4. 이주아·구자훈, 2013. “가로의 물리적 여건과 보행량의 영향관계 분석 -서울시 도심권역, 강남권역, 여의도권역의 중심업무지구를 대상으로-”, 『국토계획』, 48(4): 269-286.
Lee, J.A. and Koo, J.H., 2013. “The Effect of Physical Environment of Street on Pedestrian Volume -Focused on Central Business District (CBD, GBD, YBD) of Seoul-”, *Journal of Korea Planning Association*, 48(4): 269-286.
5. 이지윤·최승담, 2018. “서울시 문화기반시설 공간분포특성 분석: 인구와 이용밀도 분포를 중심으로”, 『관광연구논총』, 30(4):

- 61-80.
Lee, J.Y. and Choi, S.D., 2018. “Spatial Distribution Characteristics Analysis of Cultural Infrastructure in Seoul: A Focus on Distribution of Population and Density of Use”, *Journal of Tourism Studies*, 30(4): 61-80.
6. 이지혜·김형중, 2019. “생활인구 데이터를 활용한 노인인구 공간적 분포 및 군집분석: 서울시를 중심으로”, 『한국디지털콘텐츠학회논문지』, 20(7): 1365-1371.
Lee, J.H. and Kim, H.J., 2019. “Identification of Spatial Distribution of an Aged Population and Analysis on Characterization of the Cluster: Focusing on Seoul Metropolitan Area”, *Journal of Digital Contents Society*, 20(7): 1365-1371.
7. 임하나·성은영·최창규, 2017. “상업시설의 다양성과 가로활력과의 관련성 실증분석: 서울시 상업지역과 주거지역을 구분하여”, 『도시설계』, 18(6): 37-49.
Im, H.N., Seong, E.Y., and Choi, C.G., 2017. “Relationship between Diversity of Commercial Store and Street Vitality - By District Types in Seoul”, *Urban Design*, 18(6): 37-49.
8. 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.
9. 정시운, 2020. “공간 빅데이터를 활용한 도시활력 분석: 대구시를 사례로”, 경북대학교 대학원 석사학위논문.
Jeong, S.Y., 2020. “Urban Vitality Analysis Using Spatial Big Data: A Case Study of Daegu”, Master’s Dissertation, Kyungpook National University.
10. 정재훈·남진, 2019. “위치기반 빅데이터를 활용한 서울시 활동인구 유형 및 유형별 지역 특성 분석”, 『국토계획』, 54(3): 75-90.
Jung, J.H. and Nam, J., 2019. “Types and Characteristics Analysis of Human Dynamics in Seoul Using Location-Based Big Data”, *Journal of Korea Planning Association*, 54(3): 75-90.
11. 조월·하재현·이수기, 2021. “서울시 생활인구의 시간대별 혼합수준에 영향을 미치는 요인 분석”, 『국토계획』, 56(1): 22-38.
Cao, Y., Ha, J.H., and Lee, S.G., 2021. “Analysis on the Determinants of Hourly-based Mixed Level of De Facto Population in Seoul, Korea”, *Journal of Korea Planning Association*, 56(1): 22-38.
12. 통계청, 2020. 「2019년 생활시간조사 결과」, 대전. Statistics Korea, 2020. *2019 Living Time Survey Results*, Daejeon.
13. Bentley, I., 1985. *Responsive Environments: A Manual For Designers*, Abingdon: Routledge Books.
14. Chhetri, P., Stimson, R.J., and Western, J., 2006. “Modelling the Factors of Neighbourhood Attractiveness Reflected in Residential Location Decision Choices”, *Studies in Regional Science*, 36(2): 393-417.
15. Gehl, J., 2011. *Life Between Buildings: Using Public Space*, Washington, D.C.: Island Press.
16. Han, Y. and Zhu, X.Y., 2019. “Exploring the Relationship Between Urban Vitality and Street Centrality Based on Social Network Review Data in Wuhan, China”, *Sustainability*,

- 11(16): 1-19.
17. Hasibuan, H.S., Soemardi, T.P., Koestoer, R., and Moersidik, S., 2014. "The Role of Transit Oriented Development in Constructing Urban Environment Sustainability, The Case of Jabodetabek, Indonesia", *Procedia Environmental Sciences*, 20: 622-631.
 18. He, Q., He, W., Song, Y., Wu, J., Yin, C., and Mou, Y., 2018. "The Impact of Urban Growth Patterns on Urban Vitality in Newly Built-Up Areas Based on an Association Rules Analysis Using Geographical 'Big Data'", *Land Use Policy*, 78: 726-738.
 19. He, S., Yu, S., Wei, P., and Fang, C., 2019. "A Spatial Design Network Analysis of Street Networks and the Locations of Leisure Entertainment Activities: A Case Study of Wuhan, China", *Sustainable Cities and Society*, 44: 880-887.
 20. Hillier, B., 2012. "Studying Cities to Learn About Minds: Some Possible Implications of Space Syntax for Spatial Cognition", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39(1): 12-32.
 21. Huang, B., Zhou, Y., Li, Z., Song, Y., Cai, J., and Tu, W., 2020. "Evaluating and Characterizing Urban Vibrancy Using Spatial Big Data: Shanghai as a Case Study", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(9): 1543-1559.
 22. Jacobs-Crisioni, C., Rietveld, P., Koomen, E., and Tranos, E., 2014. "Evaluating the Impact of Land-use Density and Mix on Spatiotemporal Urban Activity Patterns: An Exploratory Study Using Mobile Phone Data", *Environment and Planning A*, 46(11): 2769-2785.
 23. Jacobs, J., 1961. *The Death and Life of Great American Cities*, New York: Vintage Books.
 24. Jiang, S., Alves, A., Rodrigues, F., Ferreira Jr, J., and Pereira, F.C., 2015. "Mining Point-of-interest Data from Social Networks for Urban Land Use Classification and Disaggregation", *Computers, Environment and Urban Systems*, 53: 36-46.
 25. Jin, X., Long, Y., Sun, W., Lu, Y., Yang, X., and Tang, J., 2017. "Evaluating Cities' Vitality and Identifying Ghost Cities in China With Emerging Geographical Data", *Cities*, 63: 98-109.
 26. Kang, C.D., 2017. "Measuring the Effects of Street Network Configurations on Walking in Seoul, Korea", *Cities*, 71: 30-40.
 27. Kang, C., Fan, D., and Jiao, H., 2020. "Validating Activity, Time, and Space Diversity as Essential Components of Urban Vitality", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 10: 1-18.
 28. Katz, P., Scully, V.J., and Bressi, T.W., 1994. *The New Urbanism: Toward an Architecture of Community*, New York: McGraw-Hill Books.
 29. Kim, Y.L., 2018. "Seoul's Wi-Fi Hotspots: Wi-Fi Access Points as an Indicator of Urban Vitality", *Computers, Environment and Urban Systems*, 72: 13-24.
 30. Lee, S., Sung, H., and Woo, A., 2017. "The Spatial Variations of Relationship between Built Environment and Pedestrian Volume: Focused on The 2009 Seoul Pedestrian Flow Survey in Korea", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(1): 147-154.
 31. Li, S., Wu, C., Lin, Y., Li, Z., and Du, Q., 2020. "Urban Morphology Promotes Urban Vibrancy from the Spatiotemporal and Synergetic Perspectives: A Case Study Using Multisource Data in Shenzhen, China", *Sustainability*, 12(12): 1-24.
 32. Liu, S., Zhang, L., Long, Y., Long, Y., and Xu, M., 2020. "A New Urban Vitality Analysis and Evaluation Framework Based on Human Activity Modeling Using Multi-Source Big Data", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11): 1-25.
 33. Liu, X. and Long, Y., 2016. "Automated Identification and Characterization of Parcels with OpenStreetMap and Points Of Interest", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(2): 341-360.
 34. Lopes, M.N. and Camanho, A.S., 2013. "Public Green Space Use and Consequences on Urban Vitality: An Assessment of European Cities", *Social Indicators Research*, 113(3): 751-767.
 35. Louw, E. and Bruinsma, F., 2006. "From Mixed to Multiple Land Use", *Journal of Housing and the Built Environment*, 21(1): 1-13.
 36. Lu, S.W., Huang, Y.P., Shi, C.Y., and Yang, X.P., 2019. "Exploring the Associations Between Urban Form and Neighborhood Vibrancy: A Case Study of Chengdu, China", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(4): 1-15.
 37. Lynch, K., 1981. *A Theory of Good City Form*, Cambridge: MIT Press Books.
 38. Maas, P.R., 1984. "Towards a Theory of Urban Vitality", Ph.D. Dissertation, University of British Columbia.
 39. Markusen, A., 2003. "Fuzzy Concepts, Scanty Evidence, Policy Distance: The Case for Rigour and Policy Relevance in Critical Regional Studies", *Regional Studies*, 37(6-7): 701-717.
 40. Moghadam, M.S., Mousavi, N., Solgi, G., and Azimi, S., 2014. "Recreating a Vibrant City Center in Response Urban Environments By Using AHP Model (Case Study: Qazvin City Historical Context in Iran)", *Sociology and Anthropology*, 2(2): 41-45.
 41. Montgomery, J., 1998. "Making a City: Urbanity, Vitality and Urban Design", *Journal of Urban Design*, 3(1): 93-116.
 42. Omer, I. and Kaplan, N., 2017. "Using Space Syntax and Agent-Based Approaches for Modeling Pedestrian Volume at The Urban Scale", *Computers, Environment and Urban Systems*, 64: 57-67.
 43. Sung, H. and Lee, S., 2015. "Residential Built Environment and Walking Activity: Empirical Evidence of Jane Jacobs' Urban Vitality", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41: 318-329.
 44. Sung, H., Lee, S., and Cheon, S., 2015. "Operationalizing Jane Jacobs's Urban Design Theory: Empirical Verification from the Great City of Seoul, Korea", *Journal of Planning Education and Research*, 35(2): 117-130.
 45. Tang, L., Lin, Y., Li, S., Li, S., Li, J., Ren, F., and Wu, C., 2018. "Exploring the Influence of Urban Form on Urban Vibrancy in Shenzhen Based on Mobile Phone Data", *Sustainability*, 10(12): 1-21.

46. Trancik, R., 1986. *Finding Lost Space: Theories of Urban Design*, New Jersey: John Wiley & Sons Books.
47. Wang, T., Wang, Y., Zhao, X., and Fu, X., 2018. "Spatial Distribution Pattern of the Customer Count and Satisfaction of Commercial Facilities Based on Social Network Review Data in Beijing, China", *Computers, Environment and Urban Systems*, 71: 88-97.
48. Wu, J.Y., Ta, N., Song, Y., Lin, J., and Chai, Y.W., 2018a. "Urban Form Breeds Neighborhood Vibrancy: A Case Study Using a GPS-Based Activity Survey in Suburban Beijing", *Cities*, 74: 100-108.
49. Wu, C., Ye, X., Ren, F., and Du, Q., 2018b. "Check-in Behaviour and Spatio-Temporal Vibrancy: An Exploratory Analysis in Shenzhen, China", *Cities*, 77: 104-116.
50. Yang, J., Cao, J., and Zhou, Y., 2021. "Elaborating Non-linear Associations and Synergies of Subway Access and Land Uses with Urban Vitality in Shenzhen", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 144: 74-88.
51. Yao, Y., Li, X., Liu, X., Liu, P., Liang, Z., Zhang, J., and Mai, K., 2017. "Sensing Spatial Distribution of Urban Land Use by Integrating Points-of-interest and Google Word2Vec Model", *International Journal of Geographical Information Science*, 31(4): 825-848.
52. Ye, Y., Dong, L., and Liu, X.J., 2018. "How Block Density and Typology Affect Urban Vitality An Exploratory Analysis in Shenzhen, China", *Urban Geography*, 39(4): 631-652.
53. Ying, L. and Yin, Z., 2016. "Quantitative Evaluation on Street Vibrancy and its Impact Factors: A Case Study of Chengdu", *New Archit*, 1: 52-57.
54. Yuan, M. and Han, F.X., 2019. "Exploring the Relationship between Landscape Characteristics and Urban Vibrancy: A Case Study Using Morphology and Review Data", *Cities*, 95: 1-13.
55. Yue, W.Z., Yang, C., Zhang, Q., and Liu, Y., 2019. "Spatial Explicit Assessment of Urban Vitality Using Multi-source Data: A Case of Shanghai, China", *Sustainability*, 11(3): 638.
56. Yue, Y., Zhuang, Y., Yeh, A.G., Xie, J.Y., Ma, C.L., and Li, Q.Q., 2017. "Measurements of POI-Based Mixed Use and Their Relationships with Neighbourhood Vibrancy", *International Journal of Geographical Information Science*, 31(4): 658-675.
57. Zeng, C., Song, Y., He, Q., and Shen, F., 2018. "Spatially Explicit Assessment on Urban Vitality: Case Studies in Chicago and Wuhan", *Sustainable Cities and Society*, 40: 296-306.

Date Received	2021-01-09
Reviewed(1 st)	2021-06-01
Date Revised	2021-07-21
Reviewed(2 nd)	2021-08-05
Date Accepted	2021-08-05
Final Received	2021-11-22