



서울시 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 도시환경 요인 분석 : 모바일폰 위치기반 생활이동 빅데이터를 활용하여*

Analyzing Urban Environmental Factors Influencing Non-commuting Time in Seoul, Korea

: Utilizing Mobile Phone Location-based Origin-Destination Big Data

김예진** · 이수기***

Kim, Yejin · Lee, Sugie

Abstract

Recently, a growing trend toward developing urban plans that prioritize factors influencing travel time as a means of creating sustainable cities has been observed. In line with this trend, various local governments in Korea are developing policies to reduce travel times. This development necessitates attention to both commuting and non-commuting travel times. However, existing research has largely overlooked the specifics of reducing non-commuting time. Furthermore, historical limitations include the absence of accurate data for measuring travel times and tracking movement within an administrative dong. To address these gaps, this study used big data on daily movement at the traffic polygon level to analyze the factors influencing non-commuting times. This analysis has the following implications: First, a need to provide facilities or services supporting non-commuting activities in areas with low average land prices and high proportions of low-rise housing exists. Second, locating basic facilities and urban vitality-enhancing elements near residential areas is critical. Third, the impact of subway stations on non-commuting times varies depending on their location, highlighting the need to examine the efficiency of public transportation transfers by region. Fourth, because the relationship between commuting distance and non-commuting time is inversely proportional, reducing commuting distance may impact the increase in non-commuting time. Fifth, mixed land use that can meet non-commuting demands should be considered. This study is significant because it uses spatial regression and geographically weighted regression analyses to show that the relationship between non-commuting times and urban environmental factors varies by region in Seoul, and it provides policy implications that can contribute to reducing non-commuting times.

주제어 비통근 통행 시간, 크로노-어바니즘, 생활이동 빅데이터, 지리가중회귀분석

Keywords Non-commuting Time, Chrono-urbanism, Origin-Destination Big Data, Geographically Weighted Regression

* 이 논문은 한국연구재단 학술인문사회사업 우수학자지원사업(NRF-2023S1A5B1076175)으로 연구되었음.

** Master's Student, Department of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (First Author: yejean58@gmail.com)

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

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도시의 무분별한 확장과 교통 발달로 인해 도시 내에서 통행량이 크게 증가하였다(손웅비·장재민, 2023). 이는 통행 시간과 통행 거리를 증가시켜 다양한 사회문제를 발생시키고(권성문·김성연, 2020), 개인 삶의 질과 도시의 지속가능성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Ettema et al., 2011; Jang and Ko, 2019). 이에 도시 내에서 발생하는 통행의 시간과 거리를 단축시키고자 다양한 정책과 연구가 진행되었다(신학철·우명제, 2021; 전명진·정명지, 2003; 하재현·이수기, 2017; Hipp et al., 2022). 특히, 최근에는 지속가능한 도시를 조성하기 위한 방안으로 “크로노-어바니즘(Chrono-urbanism)”에 기반한 도시계획을 수립하는 추세이다(LTA, 2019; DELWP, 2017; Pozoukidou and Chatziyiannaki, 2021; Zhang et al., 2022). 크로노-어바니즘은 도시 환경에서 시간의 흐름과 요소들에 중점을 둔 도시 계획·디자인의 개념이다. 이는 물리적인 거리보다 시간에 따른 도시계획을 수립하여 통행 시간을 줄이는 것을 목표로 하며, 이를 기반으로 프랑스 파리에서는 “15분 도시”를 제안했다(Moreno et al., 2021).

이와 비슷한 맥락으로 국내에서는 「2040 서울도시기본계획」의 7대 목표 중 하나로, 도보 30분 이내에 다양한 기능을 누릴 수 있는 서울형 근린생활권인 “보행일상권” 조성을 계획하였다(서울특별시, 2023). 이는 일자리, 여가문화, 수변녹지, 상업시설 등의 다양한 도시 기능과 공공서비스를 도보로 쉽게 이동할 수 있는 보행권 안에서 누릴 수 있게 하여 삶의 질을 높이고자 하는 구상이다. 서울시는 현재 이를 실현하기 위하여 서울시 여건에 맞는 구체적인 계획 기준을 수립하고 있으며(안동호, 2023), 여러 연구기관에서는 이와 관련된 다양한 연구를 진행하였다(남성우 외, 2022; 성은영 외, 2021; 장민영 외, 2022). 이를 종합해보면 통행 시간은 최근 도시계획 분야에서 중요하게 고려하는 요소이고, 국내에서도 적극 도입하고 있다(박성필 외, 2022). 또한, 통행 시간 단축이 지속 가능한 도시를 조성하는 데에 기여하고, 서울시 보행일상권은 우수한 근린환경 조성을 통하여 만들어질 수 있으므로(설석환 외, 2023), 통행 시간을 단축할 수 있는 도시계획적 요인을 도출하는 연구가 필요한 시점이다.

한편, 통행은 통행 목적에 따라 유형을 구분할 수 있는데, 통근 통행은 출퇴근과 등교를 위한 일상적 통행이고, 비통근 통행은 통근 외의 쇼핑, 여가 등을 목적으로 하는 비일상적 통행으로 정의할 수 있다(고승욱·이승일, 2017). 두 가지 유형의 통행은 서로 다른 패턴과 특징을 가지면서도 서로 밀접하게 연계되어 있고(서동환 외, 2011), 상호 긴장 관계를 유지하면서 계속해서 변화하고 있다(Lyons and Urry, 2005). 이에 이전 연구에서는 두 가지 유형의 통행을 구분하여 연구가 진행되었고, 도시 내 통행의 대부분

분을 차지하는 통근을 대상으로 주로 연구되었다. 특히, 통행 시간에 초점을 둔 연구는 통근 통행을 대상으로 하였다. 하지만, 최근 통근에 사용하는 시간이 줄어들면서 비통근에 사용하는 통행 시간이 자연스럽게 증가하고 있으며, 도시 내에서 통근이 차지하는 비중은 점차 감소하는 반면, 비통근 통행은 증가하는 추세를 보이고 있다(윤대식, 1999; 이남휘·최창규, 2020). 또한, 통근 통행 저감 정책이 오히려 비통근 통행을 증진시킨다는 지적이 있었다(Holden and Linnerud, 2011). 이에 도시 내에서 발생하는 비통근 통행에 초점을 둔 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 휴대폰 기반의 생활이동 데이터를 활용하여 서울시에 거주하는 사람들의 주중과 주말·휴일(이후 주말로 표기)의 평균 비통근 통행 시간을 계산하고, 이에 영향을 미치는 도시 환경 요인을 분석하고자 한다. 또한, 본 연구를 통해 서울시 통행 시간 단축에 기여할 수 있는 정책적 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위한 분석 내용은 크게 두 가지로 설정하였다. 먼저, 공간회귀분석으로 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 도시 환경 요인을 도출하여 지역적인 영향을 확인하였다. 그런 다음, 지역별로 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 요인이 다르게 나타날 수 있다는 가정하에 지리가중회귀분석을 수행하여 국지적 영향을 확인하였다.

이에 따른 본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 서울시민의 비통근 통행 시간 단축에 기여할 수 있는 도시환경 요인을 도출하고자 한다. 둘째, 비통근 통행 시간이 지역에 따라 상이하게 영향을 미치는 변수를 확인하고, 각 변수의 지역별 영향을 비교하고자 한다. 연구는 <그림 1>과 같은 흐름으로 진행되며, 연구의 배경과 목적을 바탕으로 2장에서는 통행시간과 비통근 통행 연구에 대해 논의하고, 3장에서는 본 연구에서 사용한 데이터와 방법론을 자세하게 소개한다. 4장에서는 지역적 측면과 국지적 측면에서 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 요인 분석 결과를 보여주고, 5장에서는 정책적 시사점 제시와 함께 결론을 맺는다.

II. 선행연구 고찰

1. 통행 시간 영향요인 연구

통행 시간은 도시와 개인에게 모두 영향을 미치고, 도시의 환경과 개인의 특성에 영향을 받는다. 증가하는 통행 시간은 거시적 관점에서 다양한 사회문제를 발생시키기도 하고(권성문·김성연, 2020), 개인 삶의 만족도와 관련이 있어 개인의 관점에서도 매우 중요한 요소이다(Ettema et al., 2011; Jang and Ko, 2019). 통행 시간 영향요인 분석은 주로 통근과 비통근 통행을 구분하여 연구가 진행되었다.

비통근 통행 시간의 영향요인을 분석한 연구는 주로 여가 통행으로 정의하여 분석되었다. 박성호 외(2016)는 수도권 가구통행

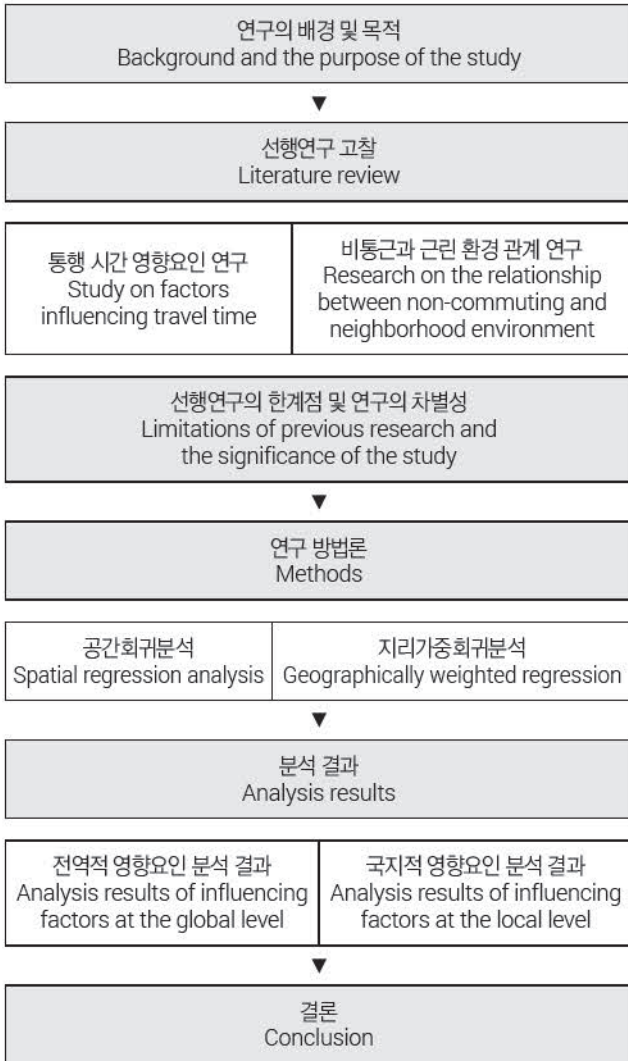


그림 1. 연구의 흐름도
Figure 1. Research flow chart

실태조사 자료를 활용하여 여가, 오락, 외식 등의 비통근 통행을 여가 통행으로 정의하였고, 여가 통행의 시간에 영향을 미치는 근린 환경 요인을 분석하였다. 분석 결과, 대중교통 시설 접근성과 상업시설 밀도가 높을수록 여가 통행 시간이 감소하는 것으로 분석되었다. 또한, 집에서 출발하는 여가 통행과 회사에서 출발하는 여가 통행을 구분하여 그 차이를 확인하였는데, 집에서 출발하는 통행이 근린 환경 영향을 더 받는 것으로 나타났다. 이는 여가 통행의 출발지를 집과 회사로 구분하여 분석한 것이 큰 특징이지만, 각 출발지의 근린 환경 특성을 다르게 반영하지는 못하였다. 김원철(2013)은 2011년 가구통행실태조사 자료를 활용하여 고령자와 비고령자의 여가 통행 시간 영향요인의 이질성을 정량적으로 분석하였고, 영향요인이 서로 다를 수 있음을 입증하였다. 또한, 도시권과 농어촌권을 구분하여 결과를 도출하였는데, 버스 교통 서비스에 대한 의존도가 농어촌권이 더 높은 것으로 분석되었다. 한편, 통근 시간의 영향요인으로 고용 밀도, 주택 접근성 등이 도출되었다. Sultana(2002)는 1990년 미국 교통 인구 조사 자료

를 활용하여 미국 애틀랜타를 대상으로 직주비와 통근 시간의 관계를 분석하였고, 전명진·이지현(2020)은 2016년 수도권 가구통행실태조사 자료를 활용하여 직장과의 주택 접근성이 통근 시간에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 주거지의 인구 밀도가 높을수록 통근 시간이 짧아지고, 도착지의 고용 밀도가 높을수록 통근 시간은 길어짐을 입증하였다. 두 개 연구 모두 직장의 밀도가 높은 지역에 주택 공급을 늘리는 것이 통근 시간 절감에 필요함을 시사하였다. 또한, 도시공간구조가 통근 시간 단축에 미치는 영향을 분석하기 위해 권성문·박길환(2020)은 인구주택총조사 자료를 활용하였다. 그 결과, 직주비와 통근 시간이 U자 형태의 관계를 가지는 것을 입증하였고, 사회경제적 요인과 그린벨트가 통근 시간 증감에 영향을 미친다고 분석하였다. 이에 주거 밀도가 높은 지자체들은 기업을 끌어들이기 위한 노력과 압축도시를 유도할 수 있는 정책이 필요하다고 언급하였다. 신학철·우명제(2021)는 장거리 통근으로 발생하는 도시문제를 해결하기 위해 국가교통 DB의 2016년 통근 통행 기종점 자료로 압축도시와 도시 간 상호작용을 종합적으로 고려하여 통근 시간에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 수도권 외곽지역에 서울로의 통근을 흡수할 수 있는 중심지가 필요함을 시사하였다.

통행 시간의 연구는 대부분 가구통행실태조사 자료를 활용하여 도시 내에서의 이동을 최소화하도록 통행 시간을 단축할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다. 선행연구 결과를 종합해보면, 비통근 통행 시간 단축을 위해서는 교통의 접근성과 비통근 활동이 가능한 시설이 중요한 것으로 분석되었다. 그리고 통근 시간에는 통근 시설, 고용 밀도, 직주비 등이 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 통근은 도시의 공간구조에 영향을 받는 것으로 나타났다.

2. 비통근과 근린수준 환경의 관계 연구

도시민의 통행에 거주지의 근린 환경은 영향을 미치고, 특히, 비통근 목적의 통행은 근린 수준의 영향을 더 많이 받는다(박영준·박소현, 2019; Krizek, 2003). 또한, 통행 비중에서 비통근 통행이 상대적으로 증가하는 추세이다(김상환 외, 2004; 서동환 외, 2011; 이남휘·최창규, 2020). 이러한 추세로 비통근 통행에 영향을 미치는 근린 환경 요인 연구가 많이 진행되었고, 연구의 중요성도 증대되었다. 이전 연구에서 비통근 통행은 주로 여가, 쇼핑, 운동, 외식 등을 목적으로 하는 여가 통행으로 정의되었고, 근린수준 환경에 초점을 둔 비통근 통행 연구는 출발지인 거주지와 도착지인 통행 목적지를 구분하여 연구가 수행되었다. 이남휘·최창규(2020)는 2016년 가구통행실태조사 자료를 활용하여 개인의 주중 여가 통행 거리에 초점을 두고, 거주지 주변 근린 환경 특성들과의 관계를 분석하였다. 분석 결과, 생활권 내 보행 중심의 환경 조성이 중요하다고 언급하였으며, 출발권역을 설명변수로 설정하여 지역적 요인을 확인하고자 시도하였고, 도심권이 나머지 권

역보다 쇼핑 통행의 거리 저감에 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. Naess et al.(2019)은 인터뷰를 통해 수집한 데이터를 활용하여 개인 단위로 도시공간구조의 특성에 따라 비통근에 미치는 영향을 구분하여 분석하였는데, 단일중심지인 도시는 지역의 도시환경 특성이 비통근 통행 거리에 큰 영향을 미친다고 하였다. 해당 연구들은 설문자료를 활용하였지만, 개인의 거주지나 목적지의 위치를 특정하여 분석하였다는 특징이 있다. 그리고 지역에 따른 요인을 확인하고, 전체 도시공간구조를 고려하고, 권역 단위로 영향요인을 분석하였다는 점에서 의의가 있다.

장윤정·이승일(2010)은 수도권 가구통행실태조사 자료를 활용하여 거주지의 여가 환경이 주말 여가 통행 거리에 미치는 영향을 분석하였다. 거주지의 여가 환경은 행정동 단위로 분석하였고, 분석 결과, 여가 공간의 접근성이 여가 통행에 소요 되는 시간과 거리를 감소시킬 수 있다고 하였다. 또한, 늘어나는 여가 통행으로 발생하는 도시환경 문제를 해결하기 위해 도시 관련 정책에서 거주지의 여가 환경을 고려해야 함을 시사하였다. 양승희·박진아(2023)와 설석환 외(2023)는 기존 연구들과 다르게 휴대폰 신호로 수집된 KT 생활이동 데이터의 거주지에서 기타 장소로 이동하는 HE 통행 유형을 비통근 통행으로 설정하여 거주지의 근린 환경을 분석하였다. 구체적으로 양승희·박진아(2023)는 행정동 단위의 데이터를 사용하였고, COVID-19 이후 여가 통행 변화를 분석하여 거주지 내 소매, 여가 업종의 밀도가 높을수록 COVID-19 이후 여가 통행이 더 감소한다고 분석하였다. 이에 근린생활 시설의 접근성을 고려한 정책이 필요하다고 언급하였다. 설석환 외(2023)는 교통폴리곤 단위의 데이터를 사용하였고, 고령인의 이동에 초점을 두고 분석하였다. 그 결과, 공원, 병원, 보건소 등이 고령자의 비통근 통행을 감소시킨다고 도출되었다. 장윤정·이승일(2010), 양승희·박진아(2023), 설석환 외(2023)는 서로 다른 데이터를 사용하고, 분석 단위와 대상이 달랐지만, 비통근 활동 수요가 발생하는 시설의 접근성이 중요함을 강조하였다.

통행 목적지의 근린 환경에 초점을 둔 고승욱 외(2017)는 연령 대별로 여가 통행 목적지 선택에 영향을 미치는 요인을 행정동 단위로 분석하였다. 그 결과, 연령에 따라 여가통행 패턴의 차이와 영향을 미치는 요인이 다름을 입증하였고, 여가 활동의 접근성이 높아도 실제 목적지로 선택될 확률이 높은 것은 아니라고 주장하였다. 또한, 목적지의 교통수단별 이용 편의성에 따라 목적지 선택이 결정될 수 있다고 분석되었다. Li et al.(2018)은 미국 오하이오주를 대상으로 3일의 통행 일기를 분석하여 주거지와 활동 목적지의 비통근 활동에 대해 분석하였고, 활동 목적지의 토지이용 혼합은 대중교통을 이용한 비통근 통행 거리에 긍정적인 영향을 미침을 입증하였다. 성현곤 외(2015)는 여가 목적지를 대상으로 분석하였으나, 통행 목적지의 공간 단위는 시 단위로 구분하였다. 이에 여가 목적의 보행 활동은 주로 개인 속성의 차이에서 발생한다고 주장하였다. 이에 따라 통행 목적지의 근린 환경은

비통근 통행에 영향을 미치는데, 연령대나 교통수단에 따라 그 영향이 달라짐을 알 수 있다.

비통근 통행을 교통수단 선택과 함께 분석한 연구도 있는데, Convery and Williams(2019)는 비통근 통행의 목적지를 대상으로 교통수단 선택 결정 요인에 대해 분석하였다. 그리고 Parady et al.(2015)은 일본 개인통행조사 자료를 이용하여 교통수단별 비통근 통행 빈도와 도시환경의 관계를 분석하였고, 윤대식(1999)은 미국 Nationwide Personal Transportation Survey(NPTS)를 활용하여 비통근 통행 발생여부와 교통수단 선택 행태를 분석하였다. 이 연구들은 비통근 통행이 대중교통이나 비동력 교통수단으로 전환되어야 함을 주장하였고, 교통수단을 고려한 비통근 통행 연구가 중요함을 말하고 있다. 이에 비통근 통행 발생에 사용한 교통수단을 고려하거나, 통행 발생 지역의 대중교통과 자가용 사용 여부를 고려할 필요가 있다.

한편, 비통근 통행에 영향을 미치는 요인을 분석할 때, 통근과의 관계에 집중하여 분석 결과를 도출한 연구들이 있다. Naess(2006)는 덴마크 코펜하겐을 대상으로 비통근 통행과 인구통계학·사회경제학·토지이용 특성과의 관계를 분석하였는데, 평균 통근 거리가 짧은 고밀 도심지역일수록 주말의 비통근 통행 거리가 길어지는 보상적 통행이 발생한다는 결론을 도출하였다. 또한, 서동환 외(2011)는 2006년 수도권 가구통행실태조사 자료를 활용하여 보상매커니즘을 고려한 평일 통근과 주말 비통근 통행의 상호관계를 분석하였다. 그 결과, 평일 통근과 주말 비통근 통행은 보상매커니즘의 관계를 가지는 것으로 분석되었고, 주말 비통근 통행 수요를 친환경 교통수단으로 전환할 수 있는 정책적 고려가 필요함을 시사하였다. Holden and Linnerud(2011)은 통근 거리 저감 정책이 오히려 비통근 통행 거리를 증가시키는 효과를 나타낼 수 있다고 지적하였다. 이 연구는 모두 통행 거리를 대상으로 분석하여 통근과 비통근 통행의 보상 통행 관계를 실증적으로 분석하였다.

비통근 통행과 근린 수준 도시환경의 관계를 분석한 이전 연구는 개인의 거주지와 비통근 통행 목적지의 위치를 특정하여 도시 환경을 구체적으로 분석하였다. 또한, KT 생활이동 데이터를 활용하여 도시민의 비통근 통행 거리에 영향을 미치는 근린 환경을 분석하였다. 이들은 모두 전역적 분석 결과를 도출하였고, 비통근 시설의 접근성, 거주 환경의 교통 접근성, 통근 거리와의 관계 등이 비통근 통행에 영향을 미치는 요인임을 입증하였다. 특히, 통근과 비통근 통행의 보상 통행 관계를 실증적으로 분석하였다.

3. 선행연구의 한계점 및 연구의 차별성

위에서 살펴본 이전 연구를 종합하면 다음과 같은 특징과 한계점을 가진다. 첫째, 통행 시간 영향요인 분석에 활용한 통행 시간 자료는 주로 기억에 의존하여 응답하는 설문 방식으로 수집되었

다. 또한, 비용의 한계로 표본의 수가 제한되어 있고, 시간적 해상도가 낮다. 이는 개인의 통행 목적, 교통수단 등 세부적인 정보를 함께 수집할 수 있다는 장점이 있으나, 대규모 인원을 대상으로 하는 통행 시간 수집은 어렵다는 한계가 있다. 둘째, 비통근 통행의 중요성이 증대되면서 관련 연구가 많이 진행되었다. 이때, 비통근 통행의 특성을 주로 통행량이나, 통행 거리로 정의하였고, 상대적으로 통행 시간의 중요성은 고려하지 못했다. 시간·공간적 해상도가 높은 생활이동 데이터를 활용한 선행연구도 통행 거리를 대상으로만 분석되었다. 따라서 비통근 통행 시간 단축에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구는 부족한 실정이다. 셋째, 이전 연구에서 근린 수준 도시환경의 분석 단위는 개인의 거주지·목적지 위치, 교통폴리곤, 행정동 등으로 다양했다. 하지만, 주로 행정동 단위로 분석되었고, 이는 행정동 내부에서의 짧은 통행을 반영하지 못한다는 한계가 있다. 넷째, 비통근 통행에 미치는 영향을 전역적 영향 요인으로 결과를 도출하였고, 국지적인 영향을 분석하지 못했다.

이를 바탕으로 본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 휴대폰 신호로 이동시간이 정확하게 수집되는 KT 생활이동 데이터를 활용하여 교통폴리곤 단위로 비통근 통행 시간을 분석하였다. KT 생활이동 데이터는 기지국 단위의 이동을 집계하여 행정동보다 작은 단위인 교통폴리곤 단위로 데이터를 제공한다. 이는 짧은 시간의 이동까지 모두 포착할 수 있으며, 전수화 과정을 거쳐 KT 이용 고객을 포함한 전체 시민의 이동을 대상으로 분석할 수 있다는 장점이 있다. 둘째, 분석 방법에서 공간적 자기상관성을 고려

한 공간회귀분석을 사용하고, 국지적인 영향력을 확인하기 위해 지리가중회귀분석을 함께 사용하였다. 이에 비통근 통행 시간이 서울시 전체에 미치는 영향 요인을 확인하고, 지역별 영향도 확인할 수 있다는 차별성을 가진다.

III. 연구 방법론

1. 연구의 범위

본 연구는 서울시에서 서울시 내부 및 외부로 향하는 비통근 통행을 대상으로 한다. 비통근 통행은 근린환경에 영향을 많이 받고, 일상생활과 근린영역에 밀접한 관련을 가진다는 특징이 있어 (박영준·박소현, 2019; Krizek, 2003), 거주지에서 출발하는 비통근 통행을 대상으로 하였다. 이에 거주지의 도시환경 요인을 분석하므로 공간적 범위는 서울시이다. 여기서 비통근 통행은 통근 목적 외의 모든 통행을 의미하며, KT 생활이동 빅데이터에서 제공하는 통행 유형 중 HE 통행에 해당한다. HE는 야간상주지(거주지: Home)에서 주간상주지(통근 목적지: Work) 이외의 기타지역(Etc)으로 이동하는 통행이다. 분석 단위는 <그림 2>와 같이 행정동을 4~5개로 분할한 정도의 크기인 교통폴리곤을 사용하였다. 해당 데이터는 교통폴리곤 내에 설치된 여러 개의 KT 기지국 간 이동이 집계된 자료이므로, 교통폴리곤 내부에서의 이동도 모두 포함하였다. 연구의 시간적 범위는 2022년 10월로 설정하였다.



그림 2. 연구 범위 및 분석 단위
Figure 2. Case study area and the unit of analysis

2. 분석자료

1) 활용 데이터

본 연구는 단시간 비통근 통행에 도시환경이 미치는 영향을 분석하는 것에 초점을 두고 있어, 단시간 및 단거리의 통행을 포착할 수 있는 작은 분석 단위의 데이터를 활용하였다. 행정동 단위보다 더 작은 단위로 서울시의 유·출입 통행 데이터를 제공하는 교통플리곤 단위의 KT 생활이동 빅데이터를 활용하였다. 여기서 생활이동은 특정 시점에 특정 지역 간 이동을 말하고, KT 기지국에 집계되는 휴대폰의 LTE와 5G 신호를 바탕으로 출발지와 목적지별 이동 인원수를 전체 인구에 맞게 가공한 데이터이다. KT는 기지국과 기지국을 이동할 때 사용 유무와 관계없이 LTE와 5G 시그널 데이터가 자동으로 적재되기 때문에 휴대폰 소지자의 모든 이동을 기지국 단위로 파악할 수 있다. 이를 이동과 체류로 구분하고, 야간·주간 상주지를 추정하여 체류지를 구분하였다. 그런 다음, 기지국 단위의 이동을 교통플리곤 단위로 집계하여 제공한다(서울특별시 스마트도시정책관 외, 2021).

교통플리곤 단위는 KT와 한국교통연구원에서 생활이동 빅데이터를 개발하는 과정에서 새롭게 정의한 단위이다. 집계구, Traffic analysis zone(TAZ) 등과는 다른 단위이고, 하나의 행정동을 4~5개로 분할한 정도의 크기이다(서울시 스마트도시정책관 외, 2021). 분석 대상지인 서울시는 총 1,831개의 교통플리곤으로 이루어져 있고, 이 단위는 짧은 거리의 이동까지 포착이 가능하기에 단시간의 이동을 분석하기에 적합하다고 판단된다.

해당 데이터는 날짜, 출발 및 도착 시간대, 연령대(5세 단위), 성별, 통행 유형, 평균 이동 거리(m), 평균 이동 시간(분), 이동 인구 수 등의 속성 정보를 포함하고 있으며, 자세한 속성 정보는 <표 1>과 같다. 구체적으로 출발 및 도착 시간대는 편의상 20분 간격으로 제공된다. 평균 이동 시간은 통행자 개인의 기지국 간 이동에 대한 평균 이동 시간을 의미하고, 분 단위로 제공한다. 평균 이동 거리는 통행자 개인의 기지국 간 유클리드 거리 평균으로 계산되어 제공된다. 통행 유형은 통행자별로 체류 패턴 분석을 통해 출발 및 도착 지역을 주간 상주지(Work: W), 야간 상주지(Home: H), 기타지역(Etc: E)으로 추정하여 출발지와 목적지 순열에 따라 총 9개로 제공된다(서울특별시 스마트도시정책관 외, 2021). 연구의 범위에서 언급했듯이, 이 분류를 활용하여 본 연구에서는 야간 상주지에서 기타지역으로 통행하는 HE 통행 유형을 비통근 통행으로 설정하고, 서울시 내에서 서울시를 포함한 수도권으로 유출되는 통행을 분석에 활용하였다.

2) 변수 설정

본 연구에서 활용한 변수는 <표 2>와 같다. 종속변수는 서울시에서 출발하고, 수도권(서울특별시, 인천광역시, 경기도) 내에 도착하는 비통근 통행 시간으로 설정하였다. 이에 서울시에서 출발

표 1. 생활이동 빅데이터 속성

Table 1. Properties of origin-destination big data

Category	Data content
출발시간대 Departure time	yyyy/mm/dd hh:mm(20분 간격) yyyy/mm/dd hh:mm (every 20 minutes)
도착시간대 Arrival time	yyyy/mm/dd hh:mm(20분 간격) yyyy/mm/dd hh:mm (every 20 minutes)
출도착지역 Departure and arrival area	교통플리곤 단위 Traffic polygon unit
성별 Gender	남/여 Male/Female
연령대 Age range	5세 단위 5 year old unit
이동유형 Mobility type	H(집으로 추정)/W(근무지로 추정)/E(기타지역으로 추정) H (estimated to be home)/W (estimated to be work area)/E (estimated to be other areas)
이동시간 Travel time	평균 이동시간(분 단위) Average travel time (in minutes)
이동거리 Travel distance	평균 이동거리(m 단위) Average travel distance (unit of m)
이동인구 수 Number of mobile population	이동인구 수 합명 Total mobile population (people)

Source: KT (2022)

하여 수도권으로 도착하는 통행만 도출하고, 시간대, 연령대, 성별, 통행 유형 등으로 나누어진 데이터에서 교통플리곤별로 평균 비통근 통행 시간을 집계하여 사용하였다. 교통플리곤의 평균 비통근 통행 시간(\bar{t}_i)에 대한 식은 아래 식 (1)과 같으며, $T_{i,j}$ 는 i 교통플리곤에서 j 교통플리곤으로 향하는 통행량이고, $N_{i,j}$ 는 i 교통플리곤에서 j 교통플리곤까지의 통행 시간이다. 시간대의 경우, 거주지에서 출발하는 주중의 비통근통행은 주말의 비통근통행과 형태나 특성이 다르기 때문에(박성호 외, 2016; 이남휘·최창규, 2019), 주중과 주말을 구분하여 변수를 설정하였다.

$$\bar{t}_i = \frac{\sum_j N_{i,j} \cdot T_{i,j}}{\sum_j T_{i,j}} \quad (1)$$

독립변수는 거주지의 도시환경을 설명할 수 있는 변수로 설정하였고, 주거 환경, 교통·통행 특성, 토지이용으로 구분하여 구축하였다. 먼저, 주거 환경 변수는 거주지의 환경을 직접적으로 설명할 수 있는 변수로 구성하였고, 인구·고용 밀도, 평균 공시지가, 주택유형별 연면적, 기초기능시설 밀도로 설정하였다. Moreno et al.(2021)은 15분 도시 조성에 필요한 요소 중 하나로 밀도(Density)를 언급하였는데, 여기서 밀도는 건물 기준이 아니라, 사람 기준의 밀도를 말한다. 이에 30분 이내의 도보 생활

표 2. 변수 정의 및 출처

Table 2. Definition of variable and data source

Variables		Definition		Data source			
종속변수 Dependent variables	비통근 통행 시간 Non-commuting time	주중 Weekday	교통플리곤별 평균 비통근 통행 시간(분) Average non-commuting time by traffic polygon(minutes)	KT (2022)			
		주말·휴일 Weekend & Holiday					
독립변수 Independent variables	주거 환경 Living environment	밀도 Density	인구 밀도 Population density	행정동 시가지 면적 대비 인구 수 Number of populations compared to the urbanized area of administrative dong	Seoul Open Data Plaza (2022)		
			고용 밀도 Employment density	행정동 시가지 면적 대비 고용인구 수 Number of employment compared to the urbanized area of administrative dong			
		평균공시지가 Official average land price	행정동별 평균 공시지가(10백만원/m ²) Official average land price by administrative dong (10million-won/m ²)				
		주택 유형별 연면적 비율 Total floor area ratio by housing type	단독주택 Detached house	전체 주거시설 연면적 대비 주택 유형별 연면적 Total floor area by housing type compared to total floor area of all residential facilities			
			연립·다세대주택 Row-multiplex house				
			아파트 Apartment				
		생활 Living	교통플리곤 시가지 면적 대비 편의점, 은행, 마트, 공공기관 수 Number of convenience stores, banks, marts, and public institutions compared to the urbanized area of traffic polygon				
		기초 기능 시설 밀도 Density of essential functions facility	의료 Healthcare	교통플리곤 시가지 면적 대비 병원, 약국 수 Number of hospitals and pharmacies compared to the urbanized area of traffic polygon		KakaoMap (2023)	
			여가 Entertainment	교통플리곤 시가지 면적 대비 문화시설, 관광명소 수 Number of cultural facilities and tourist attractions compared to the urbanized area of traffic polygon			
			음식점·카페 Restaurant, cafe	교통플리곤 시가지 면적 대비 음식점, 카페 수 Number of restaurants and cafes compared to the urbanized area of traffic polygon			
공원 Park	교통플리곤 시가지 면적 대비 공원 면적 Park area compared to the urbanized area of traffic polygon						
교통·통행 특성 Transportation and travel factors	자가용 소유 밀도 Density of private car ownership	행정동 가구 수 대비 자가용 보유 대수 Number of private cars compared to the number of households in the administrative dong		Seoul Open Data Plaza (2022)			
	대중교통 서비스 지역 밀도 Density of public transportation service area	버스 Bus	교통플리곤 시가지 면적 대비 버스 서비스 지역 Bus service area compared to the urbanized area of traffic polygon		KakaoMap (2023)		
		지하철 Subway	교통플리곤 시가지 면적 대비 지하철 서비스 지역 Subway service area compared to the urbanized area of traffic polygon				
	통근 통행 Commute	시간 Time	교통플리곤별 평일 평균 통근 시간(분) Average weekday commuting time by traffic polygon(minutes)		KT (2022.10)		
		거리 Distance	교통플리곤별 평일 평균 통근 거리(m) Average weekday commuting distance by traffic polygon(m)				
통행 밀도 Trip density	유출 통행 Outflow trips	교통플리곤 시가지 면적 대비 일평균 출발 통행량 Average daily departure trip volume compared to the urbanized area of traffic polygon					

(Continue on next page)

Variables		Definition		Data source	
독립변수 Independent variables	교통·통행 특성 Transportation and travel factors	통행 밀도 Trip density	유입 통행 Inflow trips	교통폴리곤 시가지 면적 대비 일평균 도착 통행량 Average daily arrival trip volume compared to the urbanized area of traffic polygon	KT (2022.10)
	토지이용 Land use	시설 연면적 Facility total floor area	상업 Commercial	교통폴리곤 시가지 면적 대비 상업용 시설 연면적 Total floor area of commercial facilities compared to the urbanized area of traffic polygon	
			업무 Business	교통폴리곤 시가지 면적 대비 업무용 시설 연면적 Total floor area of business facilities compared to the urbanized area of traffic polygon	
		용도 혼합도 Land use mix	주거·상업 혼합도 Residential and commercial mixed use	교통폴리곤별 주거, 상업용 시설 연면적 용도 혼합도 Total floor area use mix of residential and commercial facilities by traffic polygon	
용도 혼합도 Land use mix	주거·상업·업무 혼합도 Residential, commercial and business mixed use	교통폴리곤별 주거, 상업, 업무용 시설 연면적 용도 혼합도 Total floor area use mix of residential, commercial and business facilities by traffic polygon			
	주거·비주거 혼합도 Residential and non-residential mixed use	교통폴리곤별 주거용 시설, 비주거용 시설 연면적 혼합도 Total floor area use mix of residential and non-residential facilities by traffic polygon			

권 조성을 계획하고 있는 서울시의 밀도가 통행 시간에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 인구밀도와 고용밀도 변수를 선정하였다. 각 밀도는 산, 수역 등의 면적에 의한 편향을 방지하기 위해 토지피복도상의 시가지 면적만 고려하여 계산하였다. 평균공시지가는 해당 지역의 전반적인 소득 수준을 설명하는 변수로 고려하였다(Plaut, 2006). 선행연구에서는 주택 형태에 따라 통근 시간이 상이한 것으로 분석되었는데(손웅비·장재민, 2019), 비통근 통행 시간도 주택 유형에 따라 다를 것으로 예상되어 그 영향을 확인하고자 주택 유형별 연면적 비율을 변수로 고려하였고, 단독주택, 연립·다세대주택, 아파트로 유형을 구분하여 비율로 계산하였다. 저층 주거지와 공동주택을 비교하기 위해 단독주택을 준거 변수로 사용하였다.

기초기능시설 밀도는 소규모 도보 생활권을 유지하기 위해 필요한 도시 기능이 서울시의 비통근 통행 시간 단축에 영향을 있는지 확인하고자 변수로 설정하였다(Moreno et al., 2021). 여기서 기초기능은 Moreno et al.(2021)이 언급한 6가지의 필수 기능 시설 중에 비통근 활동과 관련이 있는 생활, 의료, 여가, 상업 기능을 고려하였다. 기능별 시설의 종류는 다음과 같다. 생활 기능으로 편의점, 은행, 마트, 공공기관을 고려하고, 의료 기능으로 병원과 약국을 고려하고, 여가 기능으로 문화시설과 관광명소를 고려하고, 상업 기능으로 음식점과 카페를 고려하였다. 추가적으로 여가 기능으로 공원을 고려하였다. 해당 시설은 공원을 제외하고 모두 시설의 개수로 변수를 구축하였는데, 카카오 API를 활용하여 POI 수집을 통해 구축하였으며, 시설의 개수를 시가지 면

적으로 나누어주어 밀도로 변수를 구축하였다. 공원은 면적 밀도로 변수를 구축하였다.

도시 내 통행은 출발지나 도착지가 가진 교통 특성이나 토지이용의 다양성에 영향을 받기 때문에(이승일, 2010; Cervero and Kockelman, 1997), 주거 환경에 이어 교통·통행 특성과 토지이용을 고려하였다. 교통·통행 특성 변수는 자가용 소유 밀도, 대중교통 서비스 지역 밀도, 통근 통행 시간과 거리, 유출·입 통행 밀도로 설정하였다. 자가용을 이용한 통행은 비통근 통행 발생에 영향을 줄 수 있다(윤대식, 1999). 이에 행정동별 가구 수 대비 자가용 소유 대수를 변수로 설정하여 자가용 이용 여부가 통행 시간에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 버스 서비스 지역은 버스정류장으로부터 반경 400m 내에 포함되는 시가지 면적의 밀도, 지하철 서비스 지역은 지하철역으로부터 반경 500m 내에 포함되는 시가지 면적의 밀도로 설정하여 교통폴리곤 단위로 계산하였다(윤종진·우명제, 2015). 통근 시간 변수는 통행 시간 측면에서도 통근에 따라 비통근 통행이 영향을 받는 보상 통행이 발생하는지 분석하기 위해 선정하였으며(서동환 외, 2011; Naess, 2006), 통근 거리 변수는 통근 거리 저감 정책이 비통근 통행 시간에 미치는 영향을 확인하기 위해 선정하였다(Holden and Linnerud, 2011). 여기서 통근 통행의 시간·거리 변수는 생활이동 빅데이터를 활용하여 야간 상주지에서 주간 상주지로의 이동 유형(HW)으로 계산하고, 평일의 출발 통행만 고려하였다. 유·출입 통행 밀도는 지역의 통행 수요와 공급으로 도시활력의 영향을 확인하기 위해 변수로 설정하였다(하정원 외, 2024; Kim, 2018).

토지이용 변수는 토지이용이 통행 시간에 미치는 영향을 확인하기 위하여 상업과 업무 용도의 시설 연면적과 용도 혼합도로 설정하였다. 주거 용도는 주거 환경 변수에 주택 유형별 연면적 비율에서 설명되어 별도로 고려하지 않았다. 혼합도 변수는 주거·상업, 주거·상업·업무, 그리고 주거·비주거로 구축하여 다양한 방식의 용도 혼합이 비통근에 미치는 영향을 확인하였다(Boarnet and Sarmiento, 1998; Li et al., 2018). 상업·업무 용도의 혼합과 주거·상업·업무의 혼합은 엔트로피 지수를 사용하여 아래 식 (2)와 같이 계산하였고, 0에서 1까지의 값을 가지게 된다. P_i 는 i 용도의 비율을 나타내고, n 은 용도의 개수이다. 주거·비주거는 식 (3)과 같이 RNR 지수를 사용하였으며, R 은 주거 시설의 연면적이고, NR 은 비주거 시설의 연면적이다.

$$Land\ Use\ Mix\ Index = - \sum_{i=1}^n \frac{P_i \times \ln(P_i)}{\ln(n)} \quad (2)$$

$$RNR = 1 - \left| \frac{(R - NR)}{(R + NR)} \right| \quad (3)$$

3. 분석과정 및 방법

1) 공간회귀분석

본 연구는 주중과 주말에 거주지에서 출발하는 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 도시환경 요인을 분석하였다. 종속변수인 통행 시간은 공간적 자기상관성을 가질 것으로 예상되어(권성문·박길환, 2020), 이를 Moran's I 값으로 확인하였다(Anselin, 1995). 그 결과는 <표 3>과 같으며, 주중 비통근 통행 시간은 0.605, 주말 비통근 통행 시간은 0.589로 공간적 영향이 클 것으로 판단하였다. 따라서 공간적 자기상관성을 제어할 수 있는 공간회귀분석을 활용하였고, 공간가중행렬은 퀸(Queen) 방식으로 생성하였다. 공간회귀분석은 공간시차모형(Spatial Lag Model, SLM)과 공간오차모형(Spatial Error Model, SEM)이 있는데, 두 개의 모형을 모두 분석하여 Akaike Information Criterion(AIC), Bayesian Information Criterion(BIC), Akaike Information Criterion with small-sample correction (AICc)값이 모두 낮게 도출된 모형을 선택하여 분석 결과에 활용

하였다. SLM은 식(4)와 같고, SEM은 식(5)와 같다(Ward and Gleditsch, 2018). 여기서 y_i 는 종속변수인 비통근 통행 시간이고, β 는 회귀계수이고, p 는 공간 자기회귀 매개변수이고, W_i 는 공간 가중치 벡터이다. 그리고 λ 은 구성 요소 간의 상관 수준을 나타내며, ϵ_i 는 공간적으로 상관되지 않은 오류항을 나타낸다.

$$y_i = \beta_0 + x_i\beta + pW_iy_i + \epsilon_i \quad (4)$$

$$y_i = \beta_0 + x_i\beta + \lambda W_i\epsilon_i + \epsilon_i \quad (5)$$

2) 지리가중회귀분석

Tobler(1970)의 “지리학 제1법칙”에 따라 서로 가까이 위치한 공간이 더 높은 관련이 있으므로 공간상의 상호작용이 존재함을 알 수 있다. 이에 공간적 자기상관성을 고려한 공간회귀분석을 수행한다. 하지만, 공간회귀모형은 추정된 회귀계수가 모든 공간 영역(대상 지역)에서 동일하게 적용된다고 가정한다(정기성·홍사흠, 2019). 이러한 공간적 정상성은 국지적 영향력에 대한 고려가 불가능하므로 각 지역에 대해 회귀계수를 개별적으로 적합하고, 공간적 비정상성을 탐색할 수 있는 지리가중회귀모형(Geographically weighted regression, GWR)을 활용하여 영향 요인을 추가적으로 분석하였다(Brunsdon et al., 1996). GWR은 전통적인 회귀모델인 전역 회귀모델의 확장모형으로 국지적 모수를 추정할 수 있다. i 교통플리곤에서 종속변수 y 와 m 개의 독립변수 X 가 있고, β 는 회귀계수이며, ϵ 가 오차항인 경우, GWR은 식 (6)과 같다. 회귀계수에는 위치에 따른 가중치가 부여되는데, 본 연구에서는 가우시안 함수를 사용하여 가중치를 부여하고(김지윤·김호용, 2021), 모형별로 자동 계산된 최적의 대역폭(bandwidth)이 적용되었다.

$$y_i = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^m \beta_{ij}X_{ij} + \epsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

분석 자료 전처리 과정에서는 Python과 R-4.3.2를 사용하였으며, 공간회귀분석은 R-4.3.2를 사용하였고, 지리가중회귀분석은 ArcGIS pro를 사용하였다.

IV. 분석결과

1. 비통근 통행 시간 전역적 영향요인 분석

영향요인을 분석하기에 앞서, 변수의 평균, 중간값, 표준편차, 최솟값, 최댓값 등을 확인하였고, 결과는 <표 4>와 같다. 변수의 개수는 서울시 교통플리곤 1,831개에서 통행이 발생하지 않은 2개를 제외한 1,829개이다. 주중 비통근 통행 시간의 평균(54.56분)

표 3. Moran's I 결과

Table 3. Result of Moran's I

Variables		Moran's I
종속변수 Dependent variables	비통근 통행 시간 Non-commuting time	주중 Weekday 0.605 ***
		주말·휴일 Weekend & Holiday 0.589 ***

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

표 4. 기술통계분석 결과 Table 4. Result of descriptive analysis

Variables			Mean	Median	S.D.	Min.	Max.	
종속변수 Dependent variables	비통근 통행 시간 Non-commuting time	주중 Weekday	54.56	54.72	4.76	37.00	82.39	
		주말·휴일 Weekend & Holiday	51.50	51.69	3.51	25.33	68.18	
독립변수 Independent variables	주거 환경 Living environment	밀도 Density	인구 밀도 Population density	309.05	320.74	108.48	7.03	613.98
			고용 밀도 Employment density	172.93	109.49	169.51	19.49	1,198.73
		평균공시지가 Official average land price	0.54	0.41	0.36	0.11	2.55	
		주택 유형별 연면적 비율 Total floor area ratio by housing type	단독주택 Detached house	0.26	0.19	0.25	0.00	1.00
			연립·다세대주택 Row-multiplex house	0.25	0.20	0.22	0.00	1.00
			아파트 Apartment	0.49	0.48	0.37	0.00	1.00
		기초 기능 시설 밀도 Density of essential functions facility	생활 Living	0.61	0.53	0.43	0.00	3.84
			의료 Healthcare	0.67	0.40	0.97	0.00	16.40
			여가 Entertainment	0.12	0.00	0.97	0.00	40.00
			음식점·카페 Restaurant, cafe	4.92	3.42	5.15	0.00	50.56
			공원 Park	0.10	0.01	0.18	0.00	1.00
		교통·통행 특성 Transportation and travel factors	자가용 소유 밀도 Density of private car ownership	0.72	0.65	0.36	0.00	4.47
대중교통 서비스지역 밀도 Density of public transportation service area	버스 Bus		0.99	1.00	0.06	0.22	1.00	
	지하철 Subway		0.53	0.61	0.39	0.00	1.00	
통근 통행 Commute	시간 Time		59.96	60.82	6.44	19.00	85.56	
	거리 Distance		7,571.42	7,664.69	1,493.18	988.25	12,831.63	
통행 밀도 Trip density	유출 통행 Outflow trips		131.03	118.92	81.71	0.23	741.26	
	유입 통행 Inflow trips		121.13	84.84	123.64	0.83	2,151.16	
토지이용 Land use	시설 연면적 Facility total floor area		상업 Commercial	0.23	0.15	0.34	0.00	8.57
		업무 Business	0.20	0.05	0.44	0.00	5.45	
	용도 혼합도 Land use mix	주거·상업 혼합도 Residential and commercial mixed use	0.57	0.59	0.30	0.00	1.00	
		주거·상업·업무 혼합도 Residential, commercial and business mixed use	0.48	0.50	0.30	0.00	1.00	
		주거·비주거 혼합도 Residential and non-residential mixed use	0.48	0.47	0.27	0.00	1.00	

은 주말(51.50분)보다 약 3분 긴 것으로 나타났고, 표준편차도 주중의 비통근 통행 시간이 더 크게 나타났다. 통근 통행의 시간은 평균 59.96분으로, 비통근 통행 시간보다 긴 것으로 나타났고, 평균 통근 거리는 약 7.6km임을 알 수 있다. 그리고 적합한 공간회귀모형을 선택하기 위해 SEM, SLM을 모두 분석하여 <표 5>와 같이 모형의 적합도를 평가하였다. 이에 AIC, BIC, AICc

표 5. 모형 적합도

Table 5. Model's goodness of fit

Category	Non-commuting time		
		Weekday	Weekend & Holiday
Ordinary Least Squares (OLS)	Adj. R ²	0.579	0.562
	AIC	9,361.97	8,321.49
	BIC	9,626.50	8,586.02
Spatial Lag Model (SLM)	AIC	9,133.58	8,091.34
	BIC	9,403.63	8,361.38
	AICc	9,136.34	8,094.09
Spatial Error Model (SEM)	AIC	9,226.15	8,168.43
	BIC	9,496.19	8,438.46
	AICc	9,228.91	8,171.18

값이 모두 낮게 도출된 SLM을 영향요인 분석에 최종적으로 활용하였다.

공간회귀분석을 활용한 비통근 통행 시간의 전역적 영향 요인 분석은 주중과 주말을 구분하여 수행하였고, 그 결과는 <표 6>과 같다. 먼저, 독립변수의 다중공선성 문제를 확인하기 위해 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)를 확인하였고, 모두 8 미만의 값을 가지므로 문제가 없음을 확인하였다.

비통근 통행 시간에 영향을 미치는 주거 환경 요인의 결과는 다음과 같다. 인구 밀도는 주중 비통근 통행 시간과 유의한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었는데, 이는 인구 밀도가 높은 지역일수록 다양한 활동이 수행되어 활발한 통행이 발생되고, 비통근 통행 시간이 증가하는 것으로 해석할 수 있다(구자현·추상호, 2021). 그리고 고용밀도는 주중과 주말의 비통근 통행 시간과 유의한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 고용 밀도가 높다는 것은 고용 중심지임을 알 수 있는데(김현민, 1988), 거주지가 고용 중심지일수록 활발한 비통근 활동이 발생하고, 이동 시간이 길어지는 것으로 해석할 수 있다. 인구 밀도와 고용 밀도는 건물 밀도가 아닌, 사람 수의 밀도로 통행시간에 미치는 영향을 확인하였다는 점에 의의가 있다(Moreno et al., 2021). 평균 공시지가가 높은 지역은 주중과 주말의 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 분석되었다. 평균공시지가는 해당 지역의 전반적인

표 6. 공간회귀분석(공간시차모형) 결과

Table 6. Result of spatial regression analysis (spatial lag model)

Variables	Non-commuting time						
	Weekday		Weekend & Holiday		VIF		
	Coef.	z	Coef.	z			
밀도 Density	인구 밀도 Population density	0.003 ***	2.91	0.001	0.76	2.22	
	고용 밀도 Employment density	0.003 ***	4.30	0.002 ***	4.26	3.08	
평균공시지가 Official average land price		-1.320 ***	-3.31	-1.519 ***	-5.08	4.65	
주거 환경 Living environment	주택 유형별 연면적 비율 (준거변수: 단독주택) Total floor area ratio by housing type (ref. detached house)	연립·다세대주택 Row-multiplex house	-0.992 **	-2.04	-0.789 **	-2.16	2.77
		아파트 Apartment	-2.763 ***	-8.59	-2.257 ***	-9.31	3.21
		생활 Living	-0.694 **	-2.54	0.449 **	2.19	3.22
		의료 Healthcare	0.215 **	2.32	0.051	0.73	1.86
	기초 기능 시설 밀도 Density of essential functions facility	여가 Entertainment	-0.235 ***	-2.70	-0.508 ***	-7.77	1.66
	음식점·카페 Restaurant, cafe	0.016	0.72	0.016	0.95	2.98	
	공원 Park	0.195	0.49	-0.654 **	-2.19	1.21	

(Continue on next page)

Variables	Non-commuting time				VIF		
	Weekday		Weekend & Holiday				
	Coef.	z	Coef.	z			
교통통행 특성 Transportation and travel factors	자기용 소유 밀도 Density of private car ownership	-0.116	-0.42	-0.274	-1.32	2.35	
	대중교통 서비스지역 밀도 Density of public transportation service area	버스 Bus	-3.376 ***	-2.99	-3.574 ***	-4.21	1.16
		지하철 Subway	-0.226	-1.10	0.069	0.45	1.47
	통근 통행 Commute	시간 Time	0.353 ***	13.68	0.232 ***	11.96	6.22
		거리 Distance	-0.001 ***	-4.70	-0.001 ***	-8.10	6.50
	통행 밀도 Trip density	유출 통행 Outflow trips	-0.001	-1.32	0.000	-0.48	1.65
		유입 통행 Inflow trips	-0.003 ***	-3.44	-0.002 **	-2.20	3.42
토지이용 Land use	시설 연면적 Facility total floor area	상업 Commercial	0.148	0.57	0.050	0.26	1.75
		업무 Business	0.355	1.61	0.172	1.04	2.15
	용도 혼합도 Land use mix	주거·상업 혼합도 Residential and commercial mixed use	1.056 *	1.80	-0.594	-1.34	7.05
		주거·상업·업무 혼합도 Residential, commercial and business mixed use	-0.916 *	-1.67	0.360	0.88	6.26
		주거·비주거 혼합도 Residential and non- residential mixed use	-0.430	-1.20	0.012	0.05	2.26
제어 변수 Control variable	서울 자치구 (준거변수: 중랑구) Seoul 'Gu' (ref. Jungnang)	Gangnam-gu	-0.689	-1.29	-0.373	-0.93	4.07
		Gangdong-gu	-0.467	-0.96	-0.301	-0.82	1.98
		... (skip)					
		Gwanak-gu	0.011	0.02	0.525	1.52	2.36
ρ (rho)		0.443 ***		0.452 ***			
constant		19,084 ***		24,960 ***			
Num. obs.		1,828		1,828			
AIC		9,133.58		8,091.34			
Log likelihood		-4,517.79		-3,996.67			

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

소득 수준을 설명하는데(Plaut, 2006), 고소득층일수록 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 주택 유형별 연면적 비율 결과는 단독주택 대비 아파트 연면적 비율이 높은 지역일수록 주중과 주말의 비통근 통행 시간이 짧은 것으로 나타났다. 또한, 단독주택 대비 연립·다세대주택 연면적 비율이 높은 지역일수록 주중과 주말의 비통근 통행 시간이 짧은 것으로 나타났다. 저층 주거지는 공동주택에 비해 기반 시설이 부족하고, 상

업시설로의 접근성이 떨어진다는 문제가 있다(맹다미·박세나, 2019; 배용규 외, 2011). 따라서 저층 주거지 거주민의 비통근 활동 수요에 대한 필수적인 시설 공급 여부를 파악할 필요가 있다. 한편, 손웅비·장재민(2019) 연구에서는 아파트 거주자의 평균 통근 시간이 가장 긴 것으로 분석되었는데, 본 연구 결과에서 비통근 통행 시간의 경우, 통근과는 반대의 결과가 도출되었다. 이는 주택 유형에 따른 통행 시간 연구는 통행 유형의 구분이 필요함

을 시사한다.

기초기능시설 밀도의 결과는 주중과 주말의 결과가 서로 다르게 도출되었는데, 마트, 편의점, 공공시설 등의 생활 필수 시설 밀도가 높을수록 주중 비통근 통행 시간은 감소하지만, 주말 비통근 통행 시간은 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 평일의 비통근 통행 수요는 기초 생활 기능에서 발생하지만, 주말의 비통근 통행은 더 고차원적인 수요에 의해 발생한다고 해석할 수 있다. 그리고 여가 시설 밀도가 높은 경우는 주중과 주말의 비통근 통행 시간 모두 감소하는 것으로 분석되었고, 주말 비통근 통행 시간의 경우 공원 밀도와 유의한 음(-)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 주중과 주말 모두 여가 시설의 수요가 높은 것을 알 수 있고, 주말에는 특히 공원의 입지가 비통근 통행 시간 단축에 중요한 요인임을 알 수 있다. 이 결과는 거주지의 여가 환경이 비통근 통행 시간 단축에 영향을 준다는 장윤정·이승일(2010)의 연구 결과와 일치한다. Moreno et al.(2021)이 제안한 15분 도시의 필수 기능 시설 중 하나인 의료 시설은 주중 비통근 통행 시간과 유의한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 비통근 통행을 통근을 제외한 모든 통행으로 정의하였기 때문에 의료 시설 접근성보다 다른 시설에 대한 접근성이 비통근 통행에 더 큰 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 향후 연구에서는 비통근 통행의 유형을 세분화하여 분석할 필요가 있다.

교통·통행 특성 요인이 주중과 주말의 비통근 통행 시간에 미치는 영향은 동일하게 도출되었다. 버스 서비스 밀도, 통근 통행 거리, 유입 통행 밀도는 유의한 음(-)의 관계를 가지는 것으로 분석되었고, 통근 시간은 유의한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 버스정류장 접근성이 좋을수록 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 분석된 결과는 박성호 외(2016) 연구 결과와 일치한다. 통근 통행의 경우, 비통근 통행과 보상 통행의 관계가 있을 것으로 예상하였는데(서동환 외, 2011; Naess, 2006), 통근 시간과 비통근 통행 시간의 관계에서 보상 통행 관계는 발견되지 않았다. 통행 시간이 긴 지역은 모든 유형의 통행 시간이 긴 것으로 분석되었다. 한편, 거주지와 직장의 위치가 인접하여 통근 거리가 짧을수록 비통근 통행 시간은 길어지는 것으로 분석되었다. 이는 Holden and Linnerud (2011)의 연구 결과와 유사하게 통근 통행의 감소가 비통근 통행 증가에 미치는 영향을 실증적으로 분석한 결과이다. 유입 통행 밀도가 높은 지역은 통행 수요가 높은 지역으로 해석할 수 있는데(하정원 외, 2024), 통행 수요가 높은 지역에 거주하는 사람은 주중과 주말의 비통근 통행 시간이 모두 짧은 것으로 분석되었다. 통행 수요가 높은 지역은 도시 활력이 높다고 볼 수 있으므로(Kim, 2018), 비통근 통행 시간 감소에 도시 활력이 중요한 요소임을 실증적으로 분석한 결과이다.

토지이용 요인 결과는 다음과 같다. 주거·상업 용도 혼합이 높을수록 주중의 비통근 통행 시간이 증가하고, 주거·상업·업무 용도 혼합이 높을수록 주중 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 분

석되었다. 이는 토지이용 용도가 혼재된 지역일수록 비통근 통행 시간이 감소한다는 선행연구와 유사한 결과이다(Li et al., 2018). 주중에는 통근 목적지와 연결된 비통근 통행이 주로 발생하므로 주거·상업·업무 용도가 모두 혼합될수록 비통근 통행 시간 감소에 기여하는 것으로 나타났다. 하지만, 주말 비통근 통행 시간의 경우에는 토지이용 혼합과 유의미한 관계가 나타나지 않았다.

2. 비통근 통행 시간 국지적 영향요인 분석

지리가중회귀모형(GWR)으로 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 도시환경 요인을 국지적으로 분석하였다. 주중 모형은 6,185.02m 대역폭으로 분석되었고, 주말 모형은 5,953.88m 대역폭으로 분석되었다. 그 결과는 <표 7>과 같이 도출되었고, 지리가중회귀모형은 회귀 지점인 교통폴리곤별로 회귀계수 값을 모두 도출하기 때문에 최솟값, 최댓값, 평균, 표준편차로 결과를 도출하였다. 공간회귀분석에서는 변수별로 하나의 계수가 산출된 것에 비해 지리가중회귀모형은 계수가 교통폴리곤별로 도출되어, 최솟값과 최댓값이 부호를 달리하며 큰 범위로 존재하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 비통근 통행 시간과 도시환경 요인 간의 관계가 서울시 지역별로 다름을 의미하는 공간적 이질성을 확인할 수 있다. 또한, 서울시의 교통폴리곤별 회귀계수(Coef.) 값을 시각화하여 공간적 이질성을 확인할 수 있다. 모형 적합도의 경우 AICc 값을 통해 확인할 수 있는데, SLM, SEM에 비해 GWR 모형의 AICc 값이 낮게 도출되어, 공간효과를 더 효과적으로 고려하고, 더 적합한 모형이라고 할 수 있다. 따라서 전역적 결과뿐만 아니라, GWR을 활용한 국지적 분석의 결과도 고려할 필요가 있다.

국지적 영향요인 분석 결과는 다음과 같다. 각 변수의 지역별 회귀계수는 모두 음수와 양수를 갖는 것으로 분석되었다. 이는 주중과 주말의 비통근 통행 시간에 영향을 미치는 도시환경 요인이 지역에 따라 크게 다르다는 것을 의미한다. 그리고 전역적 영향요인 분석 결과를 참고하여 국지적 영향을 확인한 네 개 변수 결과는 다음과 같다. 먼저, 교통·통행 특성 변수인 지하철 서비스 밀도의 GWR 결과는 <그림 3>과 같이 분석되었다. 서울시 도심 지역과 강서구 일대는 주중과 주말의 비통근 통행 시간 모두 지하철 서비스지역 밀도와 음(-)의 관계를 가지고, 외곽지역은 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 서울시에서 환승이 가능한 지하철역은 대부분 도심부에 위치하고 있다(조아라 외, 2013). 이에 서울 도심지역은 지하철역의 서비스 밀도가 높을수록 비교적 짧은 시간 안에 이동이 가능하다. 그리고 강서구 김포공항역에는 공항철도가 개통되어 있어, 통행 시간이 짧을 것으로 추정된다. 하지만, 구로구, 양천구, 송파구, 강동구, 노원구 등의 서울 외곽 지역은 지하철역 서비스 밀도가 높다고 하더라도 환승 효율이 떨어져 비통근 통행의 시간이 많이 소요될 것으로 해석할 수 있다.

다음으로, 통근 시간은 <그림 4>와 같이 대부분의 지역에서 주

표 7. 지리가중회귀분석 결과 Table 7. Result of geographically weighted regression

Variables			GWR coef.							
			Weekday				Weekend & Holiday			
			Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.
주거 환경 Living environment	밀도 Density	인구 밀도 Population density	-0.010	0.049	0.004	0.005	-0.011	0.026	0.002	0.004
		고용 밀도 Employment density	-0.035	0.079	0.004	0.006	-0.022	0.017	0.002	0.005
	평균공시지가 Official average land price		-64.988	9.910	-5.188	6.067	-21.492	11.748	-4.271	4.126
	주택 유형별 연면적 비율 (준거변수: 단독주택) Total floor area ratio by housing type (ref. Detached house)	연립·다세대주택 Row-multiplex house	-12.645	6.067	-0.808	2.291	-17.346	5.413	-1.128	2.352
		아파트 Apartment	-13.724	2.073	-2.898	1.600	-16.018	1.872	-2.596	1.776
	기초 기능 시설 밀도 Density of essential functions facility	생활 Living	-3.783	5.266	-0.668	1.143	-4.235	2.160	0.590	0.834
		의료 Healthcare	-1.405	3.851	0.348	0.605	-1.380	2.183	0.000	0.342
		여가 Entertainment	-29.260	3.846	-0.913	3.018	-27.057	9.409	-0.800	2.247
		음식점·카페 Restaurant, cafe	-0.881	0.309	-0.019	0.085	-0.370	0.336	0.001	0.064
		공원 Park	-2.881	21.067	0.462	1.672	-3.042	15.025	-0.131	1.376
교통·통행 특성 Transportation and travel factors	자가용 소유 밀도 Density of private car ownership		-19.024	4.853	-1.529	2.333	-8.424	9.533	-1.557	2.157
	대중교통 서비스지역 밀도 Density of public transportation service area	버스 Bus	-21.410	25.864	0.891	7.132	-33.772	27.442	-3.779	5.237
		지하철 Subway	-5.676	2.386	-0.452	0.860	-1.505	1.870	0.025	0.692
	통근 통행 Commute	시간 Time	-0.383	0.975	0.516	0.216	-0.362	0.676	0.330	0.152
		거리 Distance	-0.003	0.003	-0.001	0.001	-0.003	0.002	-0.001	0.001
	통행 밀도 Trip density	유출 통행 Outflow trips	-0.014	0.006	-0.004	0.003	-0.014	0.012	-0.001	0.002
		유입 통행 Inflow trips	-0.018	0.010	-0.002	0.003	-0.009	0.019	-0.001	0.003
토지이용 Land use	시설 연면적 Facility total floor area	상업 Commercial	-4.539	9.468	1.330	2.360	-6.239	8.805	0.864	1.910
		업무 Business	-4.424	7.454	0.407	1.176	-2.040	8.381	0.602	1.128
	용도 혼합도 Land use mix	주거·상업 혼합도 Residential and commercial mixed use	-9.257	9.603	1.232	2.375	-17.728	5.679	-0.750	2.161
		주거·상업·업무 혼합도 Residential, commercial and business mixed use	-8.824	6.674	-1.840	2.149	-5.980	14.936	-0.503	2.205
		주거·비주거 혼합도 Residential and non- residential mixed use	-5.991	4.095	-0.280	1.340	-2.413	2.428	0.449	1.018
	Local R ²		0.270	0.894	0.634	0.093	0.372	0.903	0.617	0.096
Adj. R ²		0.70				0.68				
AICc		9,011.30				8,010.53				

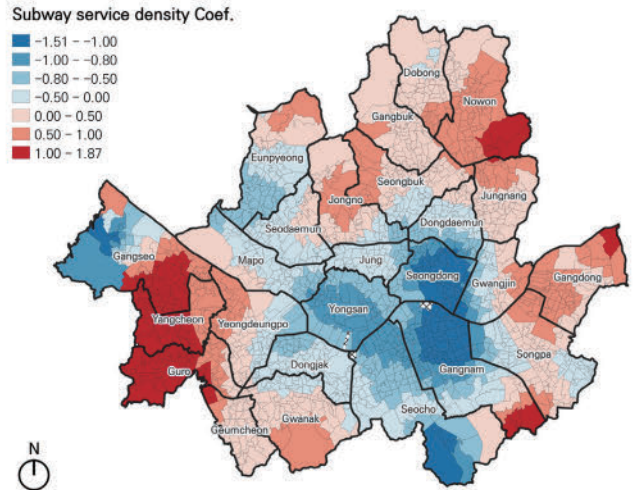
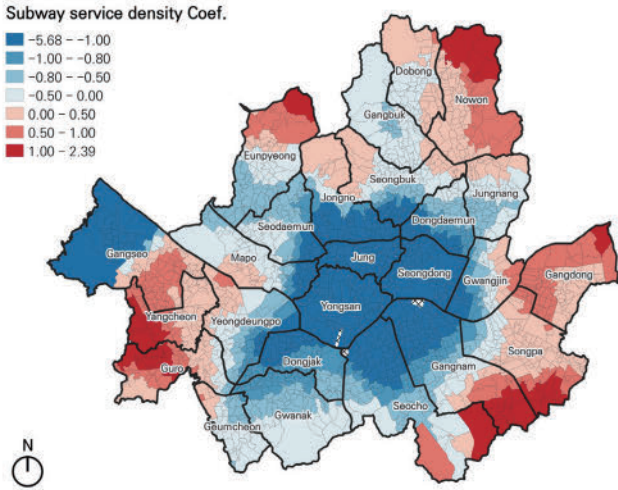


그림 3. 비통근 통행 시간에 대한 지하철 서비스지역 밀도 변수의 GWR 회귀계수(좌: 주중, 우: 주말)

Figure 3. GWR coefficients for subway service density on non-commuting time (Left: weekdays, Right: weekends)

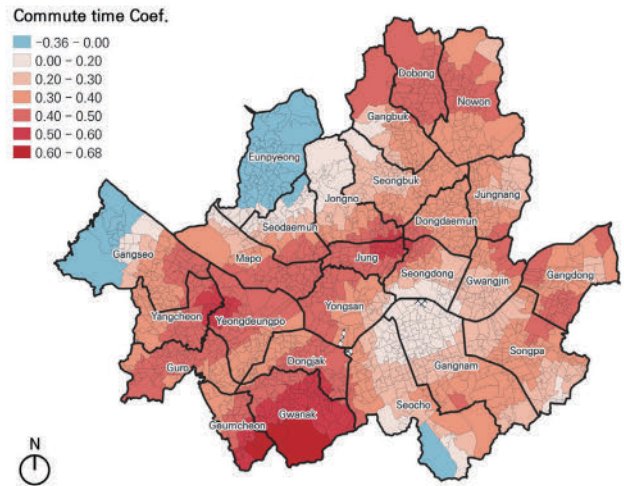
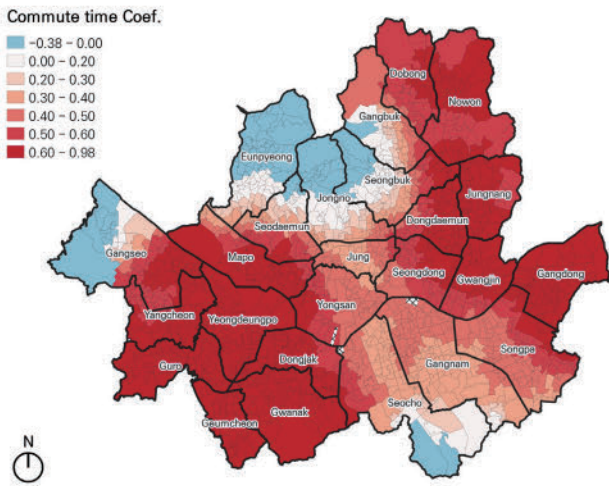


그림 4. 비통근 통행 시간에 대한 통근 시간 변수의 GWR 회귀계수(좌: 주중, 우: 주말)

Figure 4. GWR coefficients for commute time on non-commuting time (Left: weekdays, Right: weekends)

중과 주말의 비통근 통행 시간과 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었으나, 강서구, 은평구, 종로구, 성북구 일대에서는 음(-)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 음(-)의 관계를 가지는 지역에서는 통근과 비통근의 보상 통행 관계가 성립한다는 것을 알 수 있다. 이는 고밀의 도심일수록 보상적 통행이 발생한다는 Naess(2006)의 분석과 다르게 서울시 외곽의 일부 지역만 국지적으로 보상적 통행이 발생함을 실증적으로 분석한 결과이다. 한편, 통근 거리의 영향요인 결과는 <그림 5>와 같이 강서구, 은평구, 종로구, 성북구, 강북구 등의 일부 지역을 제외한 지역은 비통근 통행 시간과 음(-)의 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 서울시 일부 외곽지역은 직장과의 위치가 물리적으로 인접해 있다면, 비통근 통행 시간이 짧아지는 것으로 해석할 수 있다. 이에 서울은 비통근 통행 시간에 대한 교통·통행 특성

의 영향이 지역마다 상이함을 알 수 있다.

마지막으로, 토지이용 혼합도 변수의 GWR 결과는 다음과 같다. 주거·상업·업무 혼합도는 <그림 6>과 같이 주중 비통근 통행 시간에 대부분 음(-)의 관계를 가지고, 노원구, 도봉구, 강서구, 관악구, 강동구, 강남구 등의 일부 지역은 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 주말의 경우 비통근 통행 시간과 양(+)의 관계를 가지는 지역이 더욱 확대되어 중구, 송파구, 동대문구, 중랑구, 광진구 등의 지역도 양(+)의 관계가 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 거주지 인근에 상업과 업무 용도의 시설이 적절하게 혼합되어 있어 비통근 활동이 가능하다고 해도 주중에 비해 주말에는 장시간 비통근 통행을 하는 지역이 많음을 알 수 있다. 이는 통근 유무에 따라 토지이용의 영향이 달라진다는 것을 의미한다.

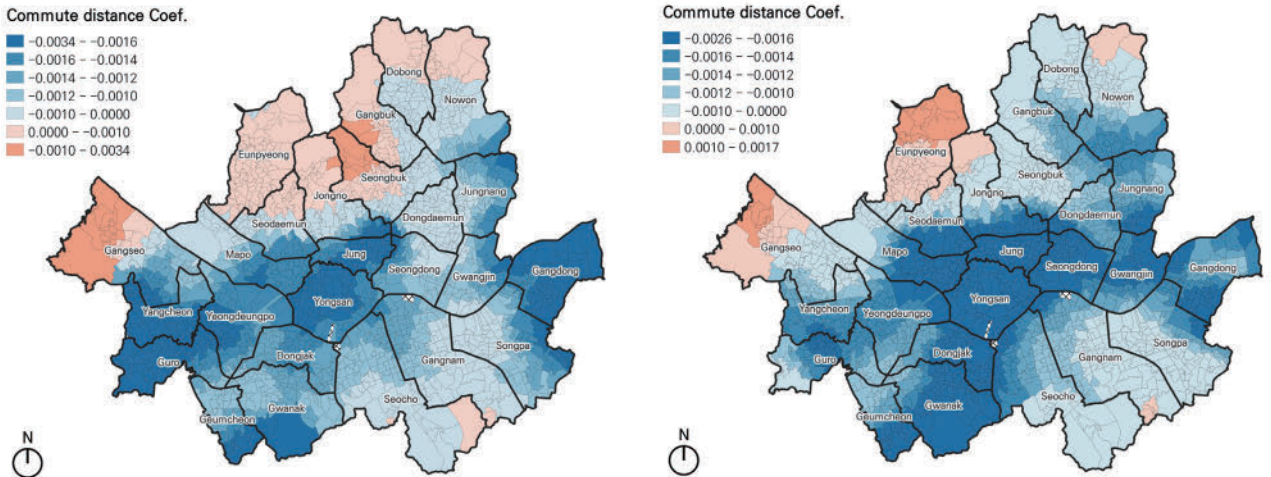


그림 5. 비통근 통행 시간에 대한 통근 거리 변수의 GWR 회귀계수 (좌: 주중, 우: 주말)
 Figure 5. GWR coefficients for commute distance on non-commuting time (Left: weekdays, Right: weekends)

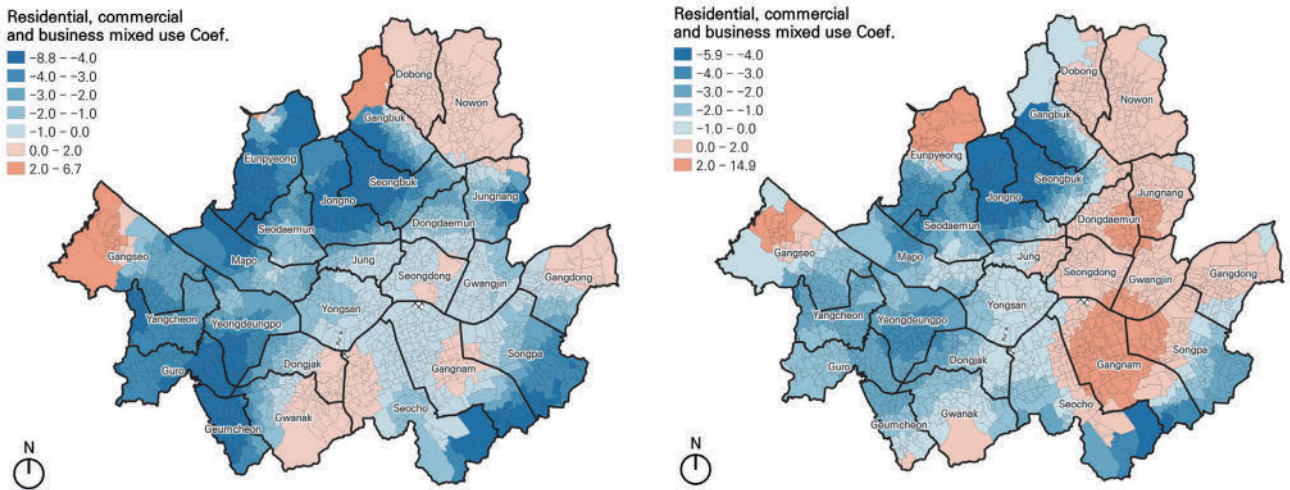


그림 6. 비통근 통행 시간에 대한 주거·상업·업무 혼합도 변수의 GWR 회귀계수 (좌: 주중, 우: 주말)
 Figure 6. GWR coefficients for residential, commercial and business mixed use on non-commuting time (Left: weekdays, Right: weekends)

V. 결론

본 연구는 비통근 통행 시간을 단축할 수 있는 도시환경 요인을 분석하고, 공간적 이질성을 반영한 지역별 영향 요인을 비교하였다. 분석 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 평균공시지가가 높은 지역일수록 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 단독주택 연면적 비율 대비 공동주택 연면적 비율이 높은 지역도 비통근 통행 시간이 짧은 것으로 분석되었다. 이는 소득 수준이 낮은 지역과 기반 시설이 부족한 저층 주거지역에 비통근 활동을 지원할 수 있는 서비스나 시설 공급이 필요하고(배웅규 외, 2011; Plaut, 2006), 이를 통해 비통근 통행 시간을 단축할 수 있음을 시사한다.

둘째, 기초기능시설의 비통근 통행 시간 영향요인은 주중과 주

말이 서로 다르게 나타났다. 이는 주중과 주말의 비통근 통행 발생 원인이 서로 다르기 때문이며, 주중에는 쇼핑, 장거리 여가 활동 등을 위한 통행보다는 마트, 편의점 등 생활 필수 기능을 해결하기 위한 비통근 통행 발생이 많기 때문에 판단된다. 이에 주중과 주말의 비통근 활동 수요를 모두 충족시킬 수 있는 기능시설을 거주지 인근에 공급하여 전체 비통근 통행 시간을 단축하고자 하는 노력이 필요하다.

셋째, 지하철 서비스 밀도는 비통근 통행 시간과의 관계가 서울시 지역마다 다르게 나타났다. 서울시 도심의 경우, 환승이 가능한 지하철역이 많이 위치하여 지하철 서비스 수준이 좋을수록 비통근 통행 시간이 감소하는 것으로 판단된다(조아라 외, 2013). 하지만, 서울시 외곽지역은 환승 지하철역이 상대적으로 부족하여 지하철역 서비스 밀도가 높아도 비통근 통행 시간이 증가하는

것으로 분석되었다. 따라서 서울시를 대상으로 친환경 교통수단인 대중교통의 환승 효율성을 지역별로 분석하여 통행 시간이 단축될 수 있도록 지원할 필요가 있다.

넷째, 서울시의 일부 외곽지역을 제외하고, 통근 시간과 주중·주말 비통근 통행 시간은 양(+)의 관계를 가지는 것으로 분석되었는데, 이는 보상 통행이 발생한다는 이전 연구와는 다른 결과이다(서동환 외, 2011; Næss, 2006). 통행 시간은 통행 거리와 다르게 통근과 비통근의 관계에서 결정된다기보다, 교통 환경과 도시공간구조에 영향을 받아 통행 시간이 긴 지역은 모든 유형의 통행 시간이 긴 것으로 분석되었다. 이에 통행 시간 단축에 기여할 수 있는 도시환경 요인을 적극 반영하면 모든 유형의 통행 시간 감소에 효과가 있을 것으로 판단된다. 한편, 통근 거리는 서울시 일부 외곽지역을 제외하고, 비통근 통행 시간과 반비례 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 Holden and Linnerud(2011)의 연구 결과와 유사하게 통근 통행 저감이 오히려 비통근 통행 시간을 증가시키는 효과를 가져올 수 있기에 통근 및 비통근 통행 저감 정책을 시행할 때는 이러한 현상을 유의할 필요가 있다. 하지만, 통행 거리와 시간의 관계는 교통수단의 속도에 영향을 받기 때문에 교통수단을 고려한 추가적인 분석이 필요하다. 또한, 서울시의 일부 외곽지역은 다른 지역들과 반대의 결과가 도출되어, 비통근 통행 시간에 대한 통근 시간·거리의 영향은 지역별로 분석할 필요가 있음을 시사한다.

다섯째, 실제로 발생하는 통행을 대상으로 계산한 유입 통행 밀도와 비통근 통행 시간은 밀접한 관련이 있는 것으로 분석되었다. 실제 유동 인구의 유입이 높은 지역은 비통근 통행 목적지가 많고, 도시의 활력이 높은 곳으로 해석할 수 있는데(Kim, 2018), 도시의 활력이 높은 지역일수록 비통근 통행 시간이 감소한다는 것이다. 이러한 결과는 도시 활력을 증진시킬 수 있는 도시계획 요소가 통행 시간 단축에 기여함을 시사한다.

여섯째, 고용 밀도나 주거·상업 용도 혼합도가 높은 지역일수록 주중의 비통근 통행 시간은 높게 나타났지만, 주거·상업·업무의 토지이용 혼합이 높을수록 주중의 비통근 통행 시간은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 비통근 통행 시간을 단축하기 위해서 단순히 주거시설 인근에 업무용 시설을 조성하는 것보다, 비통근 수요를 충족시킬 수 있는 다양한 용도의 혼합적 토지이용을 고려하여 계획해야 함을 시사한다. 반면, 주말의 경우 토지이용 혼합이 유의미한 관계를 보이지 않았다. 주말에는 토지이용의 영향보다 다른 요인에 의한 영향이 크다는 것을 의미한다. 또한, 주거·상업·업무 용도 혼합도는 서울시 지역별로 주중과 주말에 따라 서로 다른 영향 관계를 보이는데, 이는 통근 유무에 따라 달라지는 비통근 수요를 모두 반영할 수 있는 토지이용 정책이 필요함을 시사한다.

한편, 본 연구는 도시민의 통행 시간에 영향을 미치는 개인 특성을 고려하지 못했다는 한계를 가진다. 도시계획 분야에서는 도

시의 공간구조와 환경이 사람들의 통행에 영향을 미치는지, 아니면 개인 특성이 통행에 영향을 미치는지, 연구에 따라 서로 다른 주장을 하고 있어 이를 설명할 연구가 필요하다. 하지만, 본 연구에서는 데이터의 한계로 인해 개인의 특성은 고려하지 못했고, 도시의 공간과 환경적 측면만 고려하였다. 또한, 생활이동 빅데이터는 휴대폰 신호 기반으로 수집되는 통행 데이터이기 때문에 이동 시에 사용한 교통수단을 정확하게 구분하기 어렵다는 한계가 있다. 하지만, 본 연구는 통행 시간에 영향을 미치는 요인을 전역적, 국지적 측면에서 분석하여 비통근 통행 시간이 서울시 지역별로 다른 영향 관계가 있음을 입증하였다는 점에서 의의가 있다. 또한, 기존의 설문 방식으로 수집된 데이터를 활용하지 않고, 실제 휴대폰 신호를 대상으로 전수화된 통행 데이터를 사용하여 분석을 수행하였다는 점에서 의의가 있다.

인용문헌 References

- 고승욱·김기중·이창효, 2017. “토지이용 특성과 도시활동 잠재력이 여가통행의 연령대별 목적지 선택에 미치는 영향요인 연구: 조건부 로지스틱 회귀모형을 활용하여”, 『서울도시연구』, 18(1): 43-58.
Go, S.W., Kim, K.J., and Yich, C., 2017. “Influences of Land-use Characteristics and Potential to Urban Activity on Leisure Travel Destination Choice by Age Group Using Conditional Logistic Regression Model”, *Seoul Studies*, 18(1): 43-58.
- 고승욱·이승일, 2017. “통행목적지로서 서울 행정동의 특성이 고령인구 연령대별 비통근 통행에 미치는 영향 분석”, 『한국지역개발학회지』, 29(1): 79-98.
Go, S.W. and Lee, S., 2017. “A Study on Impact of Characteristics of Destination Districts of Seoul on Non-commuting Travel of Elderly Population by Age Groups”, *Journal of the Korea Regional Development Association*, 29(1): 79-98.
- 구자현·추상호, 2021. “통행목적지를 고려한 통행시간 영향요인 분석”, 『대한교통학회지』, 39(5): 697-709.
Koo, J.H. and Choo, S.H., 2021. “Analysis of Factors Affecting Travel Time Considering Travel Purpose”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 39(5): 697-709.
- 권성문·김성연, 2020. “도시밀도가 통근시간 및 거리에 미친 영향”, 『교통연구』, 27(4): 1-17.
Kwon, S.M. and Kim, S.Y., 2020. “The Effects of Urban Density on Commuting Time and Distance”, *Journal of Transport Research*, 27(4): 1-17.
- 권성문·박길환, 2020. “직주균형이 통근시간에 미치는 영향의 공간계량경제학적 분석”, 『한국지역개발학회지』, 32(2): 137-162.
Kwon, S.M. and Park, G.H., 2020. “Spatial Panel Econometric Analyses of the Effects of Jobs-Housing Balance on Commuting Time”, *Journal of the Korea Regional Development Association*, 32(2): 137-162.

6. 김상황·윤대식·김갑수, 2004. “도시 여가활동의 참여형태 및 요인분석”, 『대한교통학회지』, 22(3): 41-48.
Kim, S.H., Yun, D.S., and Kim, G.S., 2004. “Analysis of Participation Behavior and Factors of Urban Leisure Activity”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 22(3): 41-48.
7. 김원철, 2013. “고령자와 비고령자의 여가통행시간 이질성 연구-충남 도시권과 농어촌권을 중심으로”, 『한국 ITS 학회 논문지』, 12(5): 87-97.
Kim, W.C., 2013. “A Study on the Heterogeneity of Leisure Travel Time between Elderly and Non Elderly People - Focusing on Urban and Rural Areas in South Chungcheong Province -”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, 12(5): 87-97.
8. 김지윤·김호용, 2021. “지리가중회귀모델을 적용한 빈집 발생의 공간적 특성 분석-부산광역시를 대상으로”, 『한국지리정보학회지』, 24(1): 68-79.
Kim, J.Y. and Kim, H.Y., 2021. “Analysis of Spatial Characteristics of Vacant Houses using Geographic Weighted Regression Model: Focus on Busan Metropolitan City”, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 24(1): 68-79.
9. 김현민, 1988. “서울시의 고용중심지에 대한 연구”, 『사회과학연구논총』, 2: 51-65.
Kim, H.M., 1988. “A Study on Employment Centers of Seoul Metropolis”, *Ewha Journal of Social Sciences*, 2: 51-65.
10. 남성우·권오규·문보람, 2022. 『탄소중립 2050 실현을 위한 생활권 단위 공간계획 모형 연구』, 세종: 건축공간연구원.
Nam, S.W., Kwon, O.K., and Moon, B.R., 2022. *A Study on Spatial Planning Model of Living Area Unit for Carbon-Neutral 2050*, Sejong: Architecture & Urban Research Institute.
11. 맹다미·백세나, 2019. “도시계획사업이 추진된 저층주거지 특성에 관한 연구-서울시 주거환경개선구역을 중심으로”, 『서울도시연구』, 20(2): 37-55.
Maeng, D.M. and Baik, C.N., 2019. “A Study on the Characteristics of Low-rise Residential Areas Implemented of Urban Planning Projects - Focusing on Residential Environment Improvement Zones in Seoul”, *Seoul Studies*, 20(2): 37-55.
12. 박상필·구윤모·김기욱·김민경·김진희·박경옥·박봉철·변지혜·손현일·여운상·오동하·윤지영·이상국·장정재·허윤수·황영순, 2022. 『부산형 15분 도시 계획구상』, 부산: 부산연구원.
Park, S.P., Gu, Y.M., Kim, G.Y., Kim, M.G., Park, G.O., Park, B.C., Beon, J.H., Son, H.I., Yeo, Y.S., Oh, D.H., Yoon, J.Y., Lee, S.G., Jamg, J.J., Heo, Y.S., Hwang, Y.S., 2022. *The Concept Plan of the 15-Minute City in Busan*, Busan: Busan Development Institute.
13. 박성호·임하나·최창규, 2016. “주중여가통행에 영향을 미치는 개인 및 출발지 근린환경 특성 분석”, 『국토계획』, 51(5): 183-197.
Park, S.H., Im, H.N., and Choi, C.G., 2016. “Personal Characteristics and Neighborhood Built Environment on Weekday Leisure Trip in Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 51(5): 183-197.
14. 박영준·박소현, 2019. “근린지역을 중심으로 한 전업주부들의 자가용-비통근 통행특성”, 『서울도시연구』, 20(1): 45-59.
Park, Y.J. and Park, S.H., 2019. “Car-use and Non-work Travel of Housewives in Residential Neighborhood of Seoul”, *Seoul Studies*, 20(1): 45-59.
15. 배용규·김지엽·정종대·김소라, 2011. “저층주거지 특성에 따른 관리방향 및 검토과제 도출 연구”, 『한국도시설계학회지 도시설계』, 12(3): 137-152.
Bae, W.K., Kim, J.Y., Jung, J.D., and Kim, S.R., 2011. “Characteristics of Low-rise Residential Areas and Improvement Schemes for Better Management”, *Journal of the Urban Design Institute of Korea*, 12(3): 137-152.
16. 서동환·장윤정·이승일, 2011. “보상메커니즘을 고려한 도시공간구조측면에서의 평일통근통행과 주말여가통행 상호관계 분석: 수도권을 대상으로”, 『국토계획』, 46(7): 89-101.
Suh, D.H., Jang, Y.J., and Lee, S.I., 2011. “Analyzing Urban Structural Relationship Between Work Trip and Weekend Leisure Trip in Consideration of Compensatory Mechanism - A Case Study for the Seoul Metropolitan Area”, *Journal of Korea Planning Association*, 46(7): 89-101.
17. 서울특별시 스마트도시정책관·한국교통연구원 교통빅데이터 연구본부·KT AI/Big Data 사업본부, 2021. 『서울생활이동 데이터 매뉴얼』, 서울.
Seoul Metropolitan City Smart City Policy Director, Korea Transport Institute Transportation Big Data Research Division, KT AI/Big Data Business Division, 2021. *Seoul Movement Data Manual*, Seoul.
18. 서울특별시, 2023. 『2040 서울도시기본계획』, 서울.
Seoul Metropolitan City, 2023. *Seoul 2040 Comprehensive Plan*, Seoul.
19. 설석환·전이봄·이승일, 2023. “고령자의 비통근통행 거리에 영향을 미치는 거주지 근린환경 특성 분석: 서울시 KT 생활이동 데이터를 활용하여”, 『한국지역개발학회지』, 35(1): 87-104.
Sul, S.H., Jeon, L.B., and Lee, S.I., 2023. “A Study on the Characteristics of the Neighborhood Environment of the Residential Areas Affecting the Elderly's Non-commuting Distance: Using the KT Life Movement Data in Seoul”, *Journal of The Korean Regional Development Association*, 35(1): 87-104.
20. 성은영·강현미·허재석, 2021. 『n분 도시 실현을 위한 도시전략 연구』, 세종: 건축공간연구원.
Seong, E.Y., Kang, H.M., and Her, J.S., 2021. *N-minute City: An Empirical Study and Implementation Strategies*, Sejong: Architecture & Urban Research Institute.
21. 성현곤·이만형·성태영, 2015. “여가와 통행 목적으로서의 보행 활동 결정요인의 차이: 개인 및 가구수준 특성을 중심으로”, 『국토계획』, 50(5): 73-86.
Sung, H.G., Lee, M.H., and Seong, T.Y., 2015. “Difference in the Determinants Factors of Walking Activity as the Purposes of Recreation and Travel - Focused on Characteristics at the Levels of Individual and Household”, *Journal of Korea Planning Association*, 50(5): 73-86.
22. 손웅비·장재민, 2019. “수도권의 통근시간 결정요인에 대한 탐색적 연구”, 『GRI 연구논총』, 21(2): 97-116.
Son, W.B. and Jang, J.M., 2019. “An Exploratory Research on Affecting Factors of Commute Time in the Metropolitan Area of Korea”, *GRI REVIEW*, 21(2): 97-116.
23. 손웅비·장재민, 2023. “승용차 통행 경감 정책은 가능한가?: 로

- 지스틱 회귀분석 모형을 이용한 통근자의 통행 목적에 대한 실증적 연구”, 『GRI 연구논총』, 25(2): 229-248.
- Son, W.B. and Jang, J.M., 2023. “Does a Policy to Reduce Passenger Cars Possible?: An Empirical Study on the Traffic Purposes of Commuters Using Logistic Regression Models”, 『GRI Review』, 25(2): 229-248.
24. 신학철·우명제, 2021. “압축지표와 통근 네트워크가 통근 시간에 미치는 영향에 관한 연구-수도권 경기·인천지역을 대상으로”, 『지역연구』, 37(2): 49-61.
- Shin, H.C. and Woo, M.J., 2021. “The Impact of Compact City Indicators and Commuting Network on Commuting time: Focused on Suburban Cities in the Seoul Metropolitan Area”, 『Journal of the Korean Regional Science Association』, 37(2): 49-61.
25. 양승희·박진아, 2023. “COVID-19 발생 이후 근린 내상업 환경이 여가 통행 변화에 미치는 영향분석”, 『국토계획』, 58(4): 30-47.
- Yang, S.H. and Park, J.A., 2023. “An Analysis of the Effect of Commercial Environment in the Neighborhood on Changes in Leisure Trip after COVID-19 Outbreak: Focusing on Home-based Leisure Trips”, 『Journal of Korea Planning Association』, 58(4): 30-47.
26. 윤대식, 1999. “통근통행 이전의 비통근통행 발생 여부와 교통수단 선택 행태분석”, 『대한교통학회지』, 17(5): 57-65.
- Yun, D.S., 1999. “Analysis of Prework Trip-Making and Modal Choice”, 『Journal of Korean Society of Transportation』, 17(5): 57-65.
27. 윤종진·우명제, 2015. “서울시 대중교통 접근성의 공간적 정의에 대한 실증연구”, 『국토계획』, 50(4): 69-85.
- Yun, J.J. and Woo, M.J., 2015. “Empirical Study on Spatial Justice through the Analysis of Transportation Accessibility of Seoul”, 『Journal of Korea Planning Association』, 50(4): 69-85.
28. 이남휘·최창규, 2019. “주중 여가통행 시간 및 거리의 영향요인에 관한 연구”, 『부동산학연구』, 25(2): 23-36.
- Lee, N.H. and Choi, C.G., 2019. “A Study on the Influencing Factors of the Time and Distance for Weekday Leisure Travel”, 『Journal of the Korea Real Estate Analysts Association』, 25(2): 23-36.
29. 이남휘·최창규, 2020. “유형별 주중 여가통행의 영향요인에 관한 연구”, 『국토계획』, 55(2): 91-100.
- Lee, N.H. and Choi, C.G., 2020. “A Study on the Influence Factors of Weekday Leisure Travel”, 『Journal of Korea Planning Association』, 55(2): 91-100.
30. 이승일, 2010. “저탄소·에너지절약도시 구현을 위한 우리나라 대도시의 토지이용-교통모델 개발방향”, 『국토계획』, 45(1): 265-281.
- Lee, S., 2010. “Development Scheme of a Land-Use Transport Model for Korea's Large Cities toward a Low-Carbon-Energy-Saving City”, 『Journal of Korea Planning Association』, 45(1): 265-281.
31. 장민영·성은영·정인아·변은주, 2022. 『동네생활권 개념 도입 및 정책적 활용방안 연구』, 세종: 건축공간연구원.
- Jang, M.Y., Seong, E.Y., Jung, I.A., and Byun, E.J., 2022. 『Policy Proposal for Introduction and Utilization of Neighborhood Based on the Daily Life』, Sejong: Architecture & Urban Research Institute.
32. 장윤정·이승일, 2010. “거주지의 여가환경이 여가통행거리에 미치는 영향분석”, 『국토계획』, 45(6): 85-100.
- Jang, Y.J. and Lee, S.I., 2010. “An Impact Analysis of the Relationship Between the Leisure Environment at People's Places of Residence in Seoul and Their Leisure Travel on Weekends”, 『Journal of Korea Planning Association』, 45(6): 85-100.
33. 전명진·이지현, 2020. “수도권 통근자의 직장 및 주택접근성이 통근시간에 미치는 영향에 대한 분석”, 『한국지역개발학회지』, 32(2): 119-135.
- Jun, M.J. and Lee, J.H., 2020. “The Effects of Commuter's Job and Housing Accessibility on Commuting Time in the Seoul Metropolitan Area”, 『Journal of the Korean Regional Development Association』, 32(2): 119-135.
34. 전명진·정명지, 2003. “서울대도시권 통근통행 특성변화 및 통근거리 결정요인 분석: 1980~2000년의 변화를 중심으로”, 『국토계획』, 38(3): 159-173.
- Jun, M.J. and Jeong, M.J., 2003. “Analysis on Commuting Pattern Change and Its Determinants in Seoul Metropolitan Area”, 『Journal of the Korea Planning Association』, 38(3): 159-173.
35. 정기성·홍사흠, 2019. “공간 분석을 통한 지역별 수도권 인구유입에 영향을 미치는 요인 연구: 지리정보시스템과 지리적가중회귀모형을 이용하여”, 『국토계획』, 54(6): 116-127.
- Jeong, K.S. and Hong, S.H., 2019. “A Study on the Influential Factors of Population Influx into the Capital Region by Spatial Analysis-GIS and Geographically Weighted Regression-”, 『Journal of Korea Planning Association』, 54(6): 116-127.
36. 조아라·김수연·이명훈, 2013. “서울시 지하철 환승역세권의 개발밀도 특성 및 실현을 영향요인에 관한 연구”, 『국토계획』, 48(3): 307-327.
- Jo, A.R., Kim, S.Y., and Lee, M.H., 2013. “A Study on the Characteristics and Influential Factors of Development Density Realization Ratio of the Seoul Subway Transfer Station Areas”, 『Journal of Korea Planning Association』, 48(3): 307-327.
37. 하재현·이수기, 2017. “개인의 생애주기 단계에 따른 통근시간 영향요인 분석-2010년 수도권 가구통행실태조사자료를 중심으로”, 『국토계획』, 52(4): 135-152.
- Ha, J.H. and Lee, S.G., 2017. “Analysis on the Determinant Factors of Commuting Time by Individuals' Life Cycle Stage: Based on the 2010 Household Travel Survey Data of the Seoul Metropolitan Area”, 『Journal of Korea Planning Association』, 52(4): 135-152.
38. 하정원·김예진·이수기, 2024. “서울시 COVID-19 전후 기능적 생활권 변화 및 통행거리 영향요인 분석: 생활이동 빅데이터와 Community Detection을 활용하여”, 『국토계획』, 59(2): 73-92.
- Ha, J.W., Kim, Y.J., and Lee, S.G., 2024. “Analysis of Functional Living Zones Changes and Influencing Factors of Travel Distance Before and After COVID-19 in Seoul, Korea: Using Mobile Phone-based Mobility Bigdata and Community Detection”, 『Journal of Korea Planning Association』, 59(2): 73-92.
39. Anselin, L., 1995. “Local indicators of spatial association-LISA”, 『Geographical Analysis』, 27(2): 93-115.
40. Boarnet, M.G. and Sarmiento, S., 1998. “Can Land-use Pol-

- icy Really Affect Travel Behaviour? A Study of The Link Between Non-work Travel and Land-use Characteristics”, *Urban Studies*, 35(7): 1155-1169.
41. Brunsdon, C., Fotheringham, A.S., and Charlton, M.E., 1996. “Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity”, *Geographical Analysis*, 28(4): 281-298.
 42. Cervero, R. and Kockelman, K., 1997. “Travel Demand and The 3Ds: Density, Diversity, and Design”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3): 199-219.
 43. Convery, S. and Williams, B., 2019. “Determinants of Transport Mode Choice for Non-commuting Trips: The Roles of Transport, Land Use and Socio-demographic Characteristics”, *Urban Science*, 3(82): 1-25.
 44. Ettema, D., Gärling, T., Eriksson, L., Friman, M., Olsson, L. E., and Fujii, S., 2011. “Satisfaction with Travel and Subjective Well-being: Development and Test of A Measurement Tool”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3): 167-175.
 45. Hipp, J.R., Lee, S., Kim, J.H., and Forthun, B., 2022. “Employment Deconcentration and Spatial Dispersion in Metropolitan Areas: Consequences for Commuting Patterns”, *Cities*, 131: 103947.
 46. Holden, E. and Linnerud, K., 2011. “Troublesome Leisure Travel: The Contradictions of Three Sustainable Transport Policies”, *Urban Studies*, 48(14): 3087-3106.
 47. Jang, J. and Ko, J., 2019. “Factors Associated with Commuter Satisfaction Across Travel Time Ranges”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 66: 393-405.
 48. 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.
 49. Krizek, K.J., 2003. “Neighborhood Services, Trip Purpose, and Tour-based Travel”, *Transportation*, 30: 387-410.
 50. Land Transport Authority(LTA), 2019. *Land Transport Master Plan 2040*, Singapore.
 51. Li, J., Kim, C., and Sang, S., 2018. “Exploring Impacts of Land Use Characteristics in Residential Neighborhood and Activity Space on Non-work Travel Behaviors”, *Journal of Transport Geography*, 70: 141-147.
 52. Lyons, G. and Urry, J., 2005. “Travel Time Use in the Information Age”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(2-3): 257-276.
 53. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., and Pratlong, F., 2021. “Introducing the “15-minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-pandemic Cities”, *Smart Cities*, 4(1): 93-111.
 54. Næss, P., 2006. “Are Short Daily Trips Compensated by Higher Leisure Mobility?”, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(2): 197-220.
 55. Næss, P., Strand, A., Wolday, F., and Stefansdottir, H., 2019. “Residential Location, Commuting and Non-work Travel in Two Urban Areas of Different Size and With Different Center Structures”, *Progress in Planning*, 128: 1-36.
 56. Parady, G.T., Chikaraishi, M., Takami, K., Ohmori, N., and Harata, N., 2015. “On the Effect of the Built Environment and Preferences on Non-work Travel: Evidence from Japan”, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 15(1): 51-65.
 57. Plaut, P.O., 2006. “The Intra-household Choices Regarding Commuting and Housing”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(7): 561-571.
 58. Pozoukidou, G. and Chatziyiannaki, Z., 2021. “15-minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia”, *Sustainability*, 13(2): 928.
 59. Sultana, S., 2002. “Job/housing Imbalance and Commuting Time in the Atlanta Metropolitan Area: Exploration of Causes of Longer Commuting Time”, *Urban Geography*, 23(8): 728-749.
 60. The State of Victoria Department of Environment, Land, Water and Planning (DELWP), 2017. *Plan Melbourne, Metropolitan Planning Strategy*, Melbourne.
 61. Tobler, W.R., 1970. “A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region”, *Economic Geography*, 46: 234-240.
 62. Ward, M.D. and Gleditsch, K.S., 2018. *Spatial Regression Models*, California: Sage Publications.
 63. Zhang, S., Zhen, F., Kong, Y., Lobsang, T., and Zou, S., 2022. “Towards a 15-minute City: A Network-based Evaluation Framework”, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 50(2): 500-514.
 64. 안동호, 2023, April 17. “서울시, ‘보행일상권 조성’ 추진… 서울 여건에 맞는 n분 도시 실현 첫발”, 서울특별시 보도자료, https://www.seoul.go.kr/news/news_report.do#view/385252
 - Ahn, D.H., 2023, April 17. “Seoul Promotes ‘Creation of Pedestrian Daily Living Zone’... The First Step Towards Realizing an N-minute City Suitable for Seoul Conditions”, Seoul Metropolitan Government Press Release, https://www.seoul.go.kr/news/news_report.do#view/385252

Date Received	2024-01-30
Reviewed(1 st)	2024-03-14
Date Revised	2024-04-14
Reviewed(2 nd)	2024-05-23
Date Accepted	2024-05-23
Final Received	2024-06-03