

공유 전동킥보드 이용 예측력에 대한 모형 및 영향요인에 관한 연구

A Study on the Inter-Model Comparison and Influencing Factors on the Use Predictive Power of Shared E-scooter

김 대 원* · 이 동 민**

* 주저자 : 서울시립대학교 스마트시티학과 박사과정

** 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 & 스마트시티학과 교수

Daewon Kim* · Dongmin Lee**

* Dept. of Smart cities., Univ. of Seoul

** Professor, Dept. of Transportation Eng & Smart cities., Univ. of Seoul

† Corresponding author : Dongmin Lee, dmlee@uos.ac.kr

Vol. 23 No.3(2024)
June, 2024
pp.29~47

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.3.29>

Received 13 June 2023
Revised 6 July 2023
Accepted 18 June 2024

© 2024. The Korean Society of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

공유 전동킥보드 실적자료를 기반으로 공유 전동킥보드 이용에 유의미한 영향을 미치는 요인을 도출한 연구는 국내외 다수 존재하나, 이용 예측력을 활용하여 모형을 비교 분석하고 타 지역에 대한 적용을 통해 최적의 예측모형을 구축한 연구는 아직 많이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 국내외 공유 전동킥보드 실적자료를 활용하여 광진구 및 강남구 지역에 대한 세부적인 공유 전동킥보드 이용 영향요인 및 영향권을 명확히 정립함으로써 이용 예측력을 높이고, 공간적 자기상관성 검증을 통해 지역적 특성을 반영한 최적의 모형으로 지리가중회귀모형을 도출하였다. 본 결과를 바탕으로 지역적 차이에 따라 발생하는 구축 모형의 방향성을 제시하고, 실제 이용량과 모형 예측량의 차이에 따른 이용자 관점에서의 주요 시사점을 도출하였다.

핵심어 : 공유 전동킥보드, 모형 비교 분석, 지리가중회귀모형, 영향요인, 영향권

ABSTRACT

Many domestic and foreign studies derive factors that significantly affect the use of shared E-scooters based on performance data, but few studies have been conducted with comparative analysis models using predictive power, applying them to other regions. Therefore, by clearly establishing detailed influencing factors and scope in Gwangjin-gu and Gangnam-gu by using domestic shared E-scooter performance data, this study enhances predictive power, and the Geographically Weighted Regression model is derived through spatial autocorrelation verification. Based on the results, the direction of a construction model created from regional differences was presented, and major implications from the user's perspective are derived based on the difference between actual use and the model's prediction.

Key words : Shared E-scooter, Comparative analysis model, Geographically Weighted Regression, Influencing factor, Influencing Scope

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

공유 전동키토드는 2018년 9월 국내에 처음으로 보급되어 대중교통이나 자동차 등으로 접근하기 어려운 단거리를 이동하는 데 활발하게 이용된다. 특히, 공유 전동키토드의 원하는 위치에 자유롭게 주·정차할 수 있는 이용 특성으로 인하여 우리나라는 개인형 이동장치의 시장이 연평균 20% 이상 성장하고 있다(The Korea Transport Institute, 2024). 하지만 시장 규모가 커짐에 따라 공유 전동키토드의 무분별한 주·정차에 따른 관련 민원 또한 2016년부터 2020년까지 꾸준히 증가하였으며 2019년부터는 급증하였다(Anti-Corruption & Civil Rights Commission, 2024). 특히, Fang et al.(2018)과 James et al.(2019)은 공유 전동키토드의 정해진 스테이션 없이 자유롭게 이용하는 특징으로 인하여 보도나 차도 등에 방치되는 등 무분별한 서비스 운영에 따라 각종 도시문제인 교통사고 및 혼잡, 보행환경 저해 등을 초래한다고 밝혔다. 이뿐만 아니라 Ahn(2020)의 설문조사에 따르면, 향후 공유 전동키토드 이용 활성화를 위한 개선사항으로 ‘안전한 승차 장소 확보(23.7%)’가 가장 높은 응답 경향을 보였으며, 활성화 방안으로는 ‘지정 정류장 설치(19.9%)’가 2순위의 높은 응답 경향을 나타냈다. 이러한 문제가 대두됨에 따라, 서초구는 2020년 2월부터 전동키토드 주차존 시범사업을 추진하였으며, 서울시는 2021년 7월부터 불법 주차된 공유 전동키토드를 즉시 견인하는 조치와 기기 업체에 과태료를 부과하는 등 문제해결을 위한 강력한 규제를 시행하고 있다. 하지만 이러한 공공 측면의 노력에도 불구하고, 여전히 공유 전동키토드 불법 주·정차에 따른 문제가 발생하고 있으며, 근본적인 문제해결과 동시에 이용자의 이용 편의성 보장 및 확대를 위한 적절한 방안이 요구되는 실정이다.

따라서 공유 전동키토드의 근본적인 문제해결과 이용자의 이용 편의성을 보장할 수 있는 선제적 조치 방안으로써의 공유 전동키토드 주차공간 최적 입지 선정이 필요하다. 서초구의 전동키토드 주차존 시범사업의 경우, 잘못된 위치선정에 따라 방치되는 경우가 존재하며, 양주시는 공유 전동키토드 무선 충전 스테이션 도입을 위한 사업을 추진하고 있다. 이를 통해 공유 전동키토드의 무질서한 주차 및 안전 문제를 해결하고, 수거·충전하는 인력의 인건비 및 인프라 구축비를 절감함으로써 이용자는 요금 할인을 적용받는 등 운영 효율성 개선을 달성할 수 있다. 특히, 공유 전동키토드 주차공간 최적 입지를 적절히 구축한다면, 공공 및 기업, 민간 측면의 입장을 모두 고려하는 절충안으로써 여러 갈등을 해소하고 안전한 교통환경 조성에 기여가 가능할 것으로 판단된다.

이를 위해 본 연구에서는 실적자료 기반의 이용자 이용행태를 분석하고 관련 영향요인 및 회귀모형을 구축함으로써 공유 전동키토드 이용 특성에 따른 근본적 문제해결을 위한 연구를 수행하였다는 점에서 의의를 지닌다.

2. 연구 범위 및 수행 절차

본 연구의 공간적 범위는 서울시 내 공유 전동키토드가 활발히 이용되는 광진구 및 강남구를 선정하였으며, 분석자료는 (주)디어코퍼레이션 사의 2019년 8월~2020년 7월 자료(광진구)와 (주)PUMP 사(쌍성)의 2021년 6월 자료(강남구)를 활용하였다. 분석 간 자료량이 상대적으로 많은 (주)디어코퍼레이션 사의 이용 데이터를 주 분석용으로 활용하였으며, (주)PUMP 사의 이용 데이터는 모형의 효과성 및 신뢰성을 확인하기 위한 검증자료로 활용하였다.

연구에서 선정한 공간적 범위를 대상으로 공유 전동키토드 이용 예측력에 대한 모형 및 영향요인을 분석

하고자 다음과 같은 방법으로 연구를 수행하였다. 먼저, 분석지역을 최소 보행 범위를 기준으로 개별 그리드를 생성함으로써 공간 데이터를 구축한 후, 공유 전동키토보드의 실적자료를 기반으로 이용자 이용행태를 분석하였다. 또한, 공유 전동키토보드 이용에 영향을 미치는 요인을 선행연구를 기반으로 정립하였다. 이를 활용하여 공유 전동키토보드 이용수요 기반의 회귀모형을 구축하였으며, 영향요인 재정립 및 모형 비교 분석을 수행함으로써 공유 전동키토보드 이용 예측력이 가장 높은 모형을 선정하였다. 이때, 본 분석 방법을 다른 지역에 같이 적용함으로써 모형의 효과성 및 신뢰성을 확인하고 주요 시사점을 도출하였다.

II. 선행연구검토

1. 공유 전동키토보드 이용행태 분석 연구

Tuli et al.(2021)은 2019년 6~10월까지의 시카고 지역에서의 공유 전동키토보드 대여·반납 이용량 데이터를 기반으로 251개의 개별 그리드를 생성한 후 이용행태를 분석하였다. 분석 방법으로는 무작위효과 음이항 회귀모형(RENB)을 이용하였으며, 분석 결과 가변적 요인인 높은 평균 기온, 낮은 풍속·강수량, 높은 휘발유 가격의 영향으로 공유 전동키토보드 이용수요가 증가하였다. 또한, 물리적 요인인 소득, 혼합 토지이용, 공원, 공유 자전거 정류소, 높은 주차율 및 낮은 범죄율을 지닌 인구 밀집 지역일수록 이용수요가 증가하였으며, 자가용 차량이 없거나 대중교통으로 통근하는 근로자가 많은 지역일수록 더 높은 이용수요를 나타냈다.

Mckenzie(2019)는 2018년 6~8월까지의 워싱턴 D.C.에서 이용된 공유 전동키토보드와 공유 자전거 실적자료를 바탕으로 사용 패턴을 비교 분석하였다. 공간적 특성 비교 분석 결과, 공유 전동키토보드는 출퇴근 용도뿐만 아니라 여가 목적으로도 많은 영향을 받으며, 공유 자전거는 이에 비해 출퇴근 용도의 목적으로 주로 이용되었다. 또한, 공유 전동키토보드가 공유 자전거보다 도시 중심에서 이용량이 집중되며, 도시 중심부에서의 이용분포는 유사하게 발생하였다. 시간적 특성 비교 분석 결과, 공유 전동키토보드는 평균 이용 시간 약 5분, 오전 8시경에 높은 이용률을 나타내며, 공유 자전거의 경우 일반 이용자는 공유 전동키토보드와 유사하게, 정기권 이용자는 출퇴근 시간대에 집중하여 이용하는 패턴을 보였다.

Kim et al.(2021a)은 2020년 4~6월 공유 전동키토보드 실적자료를 활용하여 서울시를 대상으로 이용행태 분석을 수행하였으며, 4월보다 6월에서 하루평균 이용량이 약 66%가량 증가하는 것으로 나타났다. 이는 기기의 증가뿐 아니라 신규 이용자의 유입에 의한 것으로 판단되며, 평균 이용 거리 약 11%, 이용 시간 약 7%가 증가하는 경향을 나타냈다. 또한, 요일 및 시간대별 이용현황 분석 결과 평일보다 주말에 이용량이 적게 나타났다. 평일은 오전 및 오후 침두시간에 이용이 집중되어 출퇴근용으로 주로 이용하고, 주말에는 여가 목적으로 공유 전동키토보드를 이용하는 것으로 나타났다. 이뿐만 아니라 대여·반납 이용량을 구분하여 분석한 결과, 이에 영향을 미치는 요인 및 이용행태가 유사하게 도출되었다. 이는 주로 반납이 일어난 지역에서 대여도 이루어지기 때문으로 판단된다.

2. 공유 전동키토보드 이용 영향요인 연구

공유 전동키토보드 이용에 영향을 미치는 요인은 여러 지표를 통해 확인할 수 있으며, 공유 전동키토보드 및 이와 유사한 이용 특성을 보이는 공유 자전거 관련 연구를 참고하였다. Huo et al.(2021), Kim et al.(2021a), Sa and Lee(2018)와 같은 실적자료 기반의 연구에서는 영향요인으로 사회경제지표/교통시설지표/토지이용지표/

기상지표 등을 크게 분류하여 상관관계분석 및 회귀분석을 수행하였으며, 분석 결과 유의하였다고 도출된 공간적 지표만을 본 연구에 참고하였다.

본 연구에서는 일반적으로 공유 전동키토보드 및 공유 자전거 이용에 유의한 영향을 미친다고 밝혀진 영향 요인만을 <Table 1>과 같이 선별하였으며, 여러 연구에서 상관분석 및 회귀분석, 선호조사 등의 분석 방법을 기반으로 신뢰성이 확보된 총 7개의 영향요인을 선정하였다.

즉, 공유 전동키토보드 이용에 유의한 영향을 미칠 것으로 판단되는 공간적 영향요인을 독립변수로 설정하고, 다양한 예측모형에 대입함으로써 최적의 모형을 도출하고자 한다. 이때 설정한 영향요인이 유의한 변수인지, 모형의 이용 예측력을 떨어뜨리거나 적합하지 않은 모형으로 도출하는 경우를 방지하기 위하여 세부적인 비교 분석을 반복 수행함으로써 적합한 영향요인을 도출하고 모형의 설명력 및 신뢰도를 극대화하고자 하였다.

<Table 1> A Study on the Influencing Factors of Shared E-scooter and Shared Bicycle Use

Number	Influencing Factor	Research	Analysis Method
1	Subway Station	Caspi et al.(2020)	Correlation Analysis·Spatial Regression Analysis
		Choi and Jung(2020)	Stated Preference(SP) Survey
		Campbell et al.(2016)	
2	Bus Stop	Huo et al.(2021)	Negative Binomial Regression Analysis
		Caspi et al.(2020)	Correlation Analysis·Spatial Regression Analysis
3	Park	Tuli et al.(2021)	Random-effects Negative Binomial(RENB) Analysis
		Zou et al.(2020)	Descriptive Analysis
4	University	Bai and Jiao(2021)	Negative Binomial Regression Analysis
		Caspi et al.(2020)	Correlation Analysis·Spatial Regression Analysis
5	Flow Population(20·30s)	Kim et al.(2021b)	Negative Binomial Regression Analysis
		Degele et al.(2018)	Cluster Analysis
6	Shop	Tuli et al.(2021)	Random-effects Negative Binomial(RENB) Analysis
		Huo et al.(2021)	Negative Binomial Regression Analysis
7	Slope	Boo(2019)	Multiple Linear Regression Analysis
		Sa and Lee(2018)	Correlation Analysis·Spatial Regression Analysis

3. 공유 전동키토보드 관련 모형추정 연구

모형추정에 앞서 Lime 사가 자사 앱을 통해 서울 지역 이용자 1,400명을 대상으로 수행한 설문(Lime, 2023)에 따르면, 목적지를 설정하여 공유 전동키토보드를 이용한 경우는 약 91%로 공유 전동키토보드 이용에는 공간적 영향요인이 밀접하게 연관되어 있음을 확인할 수 있다. 이는 모형추정 시 공간적인 특성 및 영향을 고려하는 것이 필요함을 뜻하며, 이용자료에 따라 발생하는 공간적 자기상관성의 존재 여부를 고려하고 반영함으로써 적합한 추정모형에 대한 선정이 요구된다. 특히, 국내외 선행연구에서는 공유 전동키토보드 이용자료에 공간적 특성이 반영되어 지역적 편중 현상이 발생하므로 공간회귀모형에 대한 분석이 필요함을 시사하고 있다.

Caspi et al.(2020)은 텍사스 오스틴 지역에서 6개월간 집계된 공유 전동키토보드 이용량 데이터를 활용하여 이용에 영향을 미치는 요인을 연구하였다. 특히, 대여·반납 데이터를 이용하여 일일 단위 전동키토보드 이용량

을 예측하는 공간회귀분석(공간시차모형, 공간더빈모형, 지리가중회귀모형)을 수행하였다. 그 결과, 최적 모형으로 공간시차모형과 공간더빈모형을 도출하였으며, 지하철역·버스정류장 유무와 토지이용 행태 및 주거·상업 비율 등이 전동키토보드 이용량과 양의 상관관계를 지니는 것으로 나타났다.

Hosseinzadeh et al.(2021)은 루이지빌 켄터키 지역에서의 공유 전동키토보드 이용 데이터를 활용하여 지리가중회귀분석 및 다중선형회귀분석을 수행하였다. 분석을 수행한 지역의 경우 교통존(TAZ)으로 구분 및 집계하여 공간회귀모형을 구축하였으며, 이를 통해 유의한 영향요인으로는 18~29세 사이의 인구 비율, 토지이용 혼합도(상업 비율), 보행점수, 공원, 대학교 등을 도출하였다.

Kim et al.(2021b)은 공유 전동키토보드 대여·반납 이용량을 활용하여 서울시를 200m 격자 단위로 나누었으며, 이를 분석단위로 하여 이용수요 영향요인 분석모형을 구축하였다. 분석모형의 경우, 다중 선형회귀모형과 공간시차모형, 공간오차모형, 공간더빈모형 및 공간더빈오차모형을 구축하여 비교 분석함으로써 최적 모형을 선정하였다.

Ⅲ. 분석자료

본 연구에서는 공유 전동키토보드 실적자료에 대한 이용행태 분석 및 앞서 선별한 영향요인 데이터와 연동하여 최적의 모형을 도출하기 위하여 개별 그리드 및 이에 대한 공간 데이터를 설정하였다. 이때, 개별 그리드는 공유 전동키토보드 이용 특성상 이용자가 직접 전동키토보드가 위치한 곳까지 이동하여 대여하기 때문에, 최소 보행 범위(Korea Research Institute for Human Settlements, 2006)를 기준으로 100m by 100m의 육각형 그리드로 설정하여 데이터를 집계하였다.

1. 공유 전동키토보드 이용자료

광진구의 2019년 8월~2020년 7월까지의 1년 치 실적자료에서 오류 및 공간 범위를 벗어난 데이터를 제외한 939,481건을 대상으로 분석을 수행하였다. 집계 기준은 앞서 언급한 최소 보행 범위를 기준으로 하였으며, 광진구 내 총 1,810개의 육각형 그리드가 생성되어 분석을 수행하였다. 실적자료의 경우, 공유 전동키토보드 대여·반납·종합 이용량으로 구분하여 분석하였으며, 대여량의 경우 공유 전동키토보드 이용 시작 시점의 위치 데이터가 아닌 앱을 켜 시점의 위치 데이터가 존재하여 이를 활용하였다. 즉, 앱을 켜 시점의 위치 데이터가 실질적으로 이용자가 전동키토보드 이용을 원하는 지점을 가장 잘 나타내는 것으로 판단하였으며, 이를 통해 본 연구 목적인 공유 전동키토보드 이용 예측모형에 대한 신뢰성을 높이고 영향요인을 더욱 명확히 규명하고자 하였다.

공유 전동키토보드 이용 데이터 및 영향요인에 대한 공간분석의 경우 GIS 분석 프로그램인 ArcGIS Pro를 이용하였으며, 시각화 시 그리드별 5단계로 구분하여 표출하는 네츄럴 브레이크 방법을 사용하였다. 이는 비슷한 값들끼리 그룹을 만들어주는 알고리즘으로, 각각의 그룹 내 분산은 최소화하고 그룹 간 분산은 최대화하는 작업을 수행하며, 같은 방식으로 K-means Clustering이 존재한다(Jeong et al., 2021). 따라서 개별 그리드 1,810개에 대한 공유 전동키토보드 대여·반납·종합 이용량에 대한 기술통계량과 GIS 구축 결과는 다음 <Table 2>, <Fig. 1>과 같으며, <Fig. 1>을 통해 지하철역을 중심으로 공유 전동키토보드 이용량이 많게 나타나는 것을 볼 수 있다.

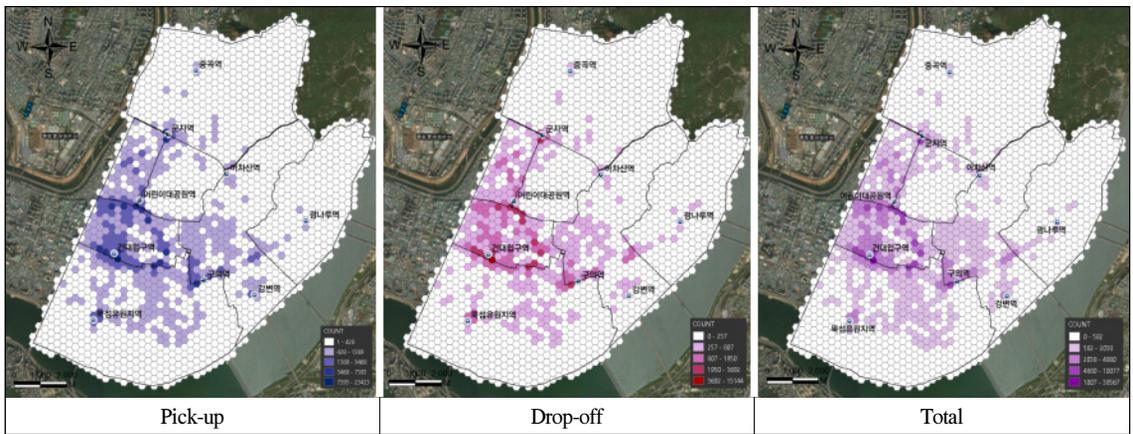
분석 결과, 공유 전동키토보드 대여·반납·종합 이용량에 대하여 지역적으로 모두 유사한 분포 경향을 확인

하였으며, 상관관계분석을 통해 <Table 3>과 같이 데이터 간 유의미한 상관성을 도출하였다.

특히, 종합 이용량의 경우 대여 및 반납 이용량과 0.01의 유의수준을 나타냄으로써 매우 높은 신뢰도를 기반으로 이에 대한 이용 특성도 지니는 것으로 판단할 수 있으며, 대여량과 반납량 또한 0.01의 유의수준을 보여 대여량이 많은 곳에서는 반납도 많이 일어난다는 것을 확인할 수 있다.

<Table 2> Descriptive Statistics of Shared E-scooter Use Data

Classification	Unit	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Pick-up	Number	338.3	848.3	0	23,423
Drop-off		180.7	505.2	0	15,144
Total		519.1	1,344.4	0	38,567



<Fig. 1> Results of GIS for Shared E-scooter Use Data

<Table 3> Correlation Analysis Results

Classification	Pick-up	Drop-off	Total
Pick-up	1.000	0.972**	0.996**
Drop-off	0.972**	1.000	0.989**
Total	0.996**	0.989**	1.000

Note: *p<0.05, **p<0.01

2. 공유 전동킥보드 이용 영향요인

1) 영향요인 및 영향권 선정

공유 전동킥보드 이용에 영향을 미치는 요인은 날씨 및 시간 등 가변적인 데이터에 따른 영향을 최소화하기 위하여 공간적인 특성을 위주로 데이터를 선별하였다. 선별한 데이터 7건에 대한 데이터 구성은 다음 <Table 4>와 같으며, 원활한 데이터 구축을 위하여 공공데이터포털 및 서울 열린데이터광장, 국가공간정보포털 등의 자료를 활용하였다. 이때 독립변수로 활용하는 영향요인의 경우, 공간적 특성에 의해 영향권을 지니는 데이터 4건은 다음과 같은 선행연구를 참고하여 <Table 5>와 같이 개별 그리드에 1(영향권 내 존재)과 0

(영향권 내 존재하지 않음)의 값을 부여하여 설정하였다.

< 참고 선행연구 >
<ul style="list-style-type: none"> • Lee et al.(2014)은 철도역 영향권 산정 연구에서 지하철역 반경을 500m로 설정 시 지하철 이용 비율이 가장 높았음 • Yun and Woo(2015)는 대중교통의 서비스 영향권을 지하철역 500m, 버스정류장 300m로 설정하였음 • Sa and Lee(2018)는 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 물리적 환경요인 분석 연구에서 근린생활시설(공원)의 반경을 100m로 설정 시 가장 높은 영향력 및 유의성을 나타냄 • Sa and Lee(2018)는 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 물리적 환경요인 분석 연구에서 대학교의 영향권을 100m로 설정, 유의미한 상관성을 도출함

영향권을 지니지 않는 요인 3건은 데이터의 분포를 확인한 후 영향권을 지니는 영향요인과 데이터 크기를 함께 조정해주는 Min-Max Normalization의 스케일링 방법을 사용하였다. Min-Max Normalization은 데이터를 정규화하는 가장 일반적인 방법으로, 개별 그리드에 대한 영향요인의 값을 최솟값 0, 최댓값 1, 다른 값들의 경우 0에서 1 사이의 값으로 변환하여 준다. 이때, 영향권을 지니는 영향요인 및 개별 값을 지니는 영향요인의 데이터 최소·최대 범위를 함께 조정하여 줌으로써, 모형 분석 간 공유 전동킴보드 이용에 영향을 미치는 요인의 회귀계수를 통한 영향력의 차이를 규명하였다.

$$Min-Max Normalization, X = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

<Table 4> Composition of Influencing Factors

Number	Influencing Factor	Build up Date	Website
1	Subway Station	2019-05-01	data.seoul.go.kr
2	Bus Stop	2022-03-29	data.seoul.go.kr
3	Park	2022-01-20	www.data.go.kr
4	University	2021-12-16	bigdata.seoul.go.kr
5	Flow Population(20-30s)	2022-06-07	data.seoul.go.kr
6	Shop	2021-09-24	www.data.go.kr
7	Slope	2015-11-06	www.nsd.go.kr

<Table 5> The Impact Range Settings Value of Influencing Factors

Number	Influencing Factor	Impact Range Setting Value(Radius)
1	Subway Station	500m
2	Bus Stop	300m
3	Park	100m
4	University	100m

<Table 6> Descriptive Statistics on Influencing Factors of Shared E-scooter

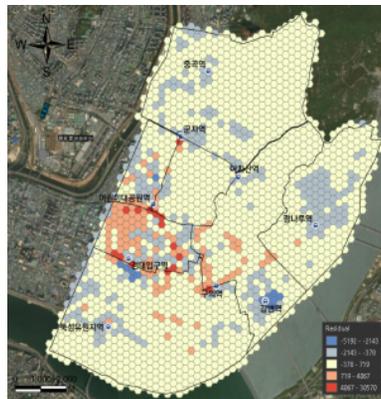
Influencing Factor	Impact Range(Radius)	Unit	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Subway Station	500m	-	0.460	0.500	0	1
Bus Stop	300m		0.740	0.440	0	1
Park	100m		0.175	0.380	0	1
University	100m		0.090	0.286	0	1
Flow Population(20·30s)	-	Number	0.021	0.053	0	1
Shop			0.026	0.050	0	1
Slope		Angle	0.150	0.240	0	1

영향권을 설정한 공유 전동키토보드 영향요인 4건에 대하여 공유 전동키토보드 이용에 유의미한 영향범위를 지니는지에 대한 여부를 판단하기 위해 일반적인 분석 방법인 다중 선형회귀분석을 수행하였다. 분석 간 종속변수로는 공유 전동키토보드 종합 이용량을 활용하였으며, 분석 결과는 다음 <Table 7>과 같이 지하철역(500m)과 버스정류장(300m)이 유의하지 않은 변수로 도출되었다. 이를 통해 영향권 재설정에 대한 필요성을 확인하였으며, 데이터의 비정규성을 검정하는 Jarque-Bera와 오차항의 이분산성을 검정하는 Breusch-Pagan 및 Koенker-Bassett에 대한 분석 결과, 모두 유의하게 도출되어 본 모형은 적절하지 않음을 확인하였다(Park and Ham, 2018; Lee and Sim, 2011). 또한, 선형회귀분석 결과를 바탕으로 GIS 상의 공유 전동키토보드 종합 이용량에 대한 모형 예측값의 잔차를 단계구분도를 통해 다음 <Fig. 2>와 같이 시각화하였다. 그 결과, 그리드별 잔

<Table 7> Result of Multiple Linear Regression Analysis

Model	Classification	Influencing Factor							N
		Subway Station	Bus Stop	Park	University	Flow Population(20·30s)	Shop	Slope	
	Impact Range(Radius)	500m	300m	100m	100m	-			
Ordinary Least Square	Coef.	-48.797	88.985	196.262	1,029.760	221.952	108.187	-66.083	1,810
	P-value	0.412	0.197	0.006	0.000	0.000	0.000	0.001	
		Jarque-Bera			Breusch-Pagan		Koенker-Bassett		
		9203134.678***			34384.468***		196.309***		

Note: *p<0.05, **p<0.01



<Fig. 2> Residuals of Predicted Values of Multiple Linear Regression Analysis

차들이 지역적인 군집을 나타내어 이웃하는 주변 지역의 영향(공간적 자기상관성)을 반영하는 공간회귀분석의 필요성을 확보하였다.

2) 영향요인 영향권 재정립

다양한 선행연구에서 공유 전동키토보드 이용에 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인된 요인인 지하철역(500m) 및 버스정류장(300m)이 앞선 분석에서 유의하지 않은 변수로 도출되어, 목적지 인근에 반납이 이루어지는 공유 전동키토보드의 이용 특성(Jang and Shin, 2021)에 따라 영향권 설정이 적절하게 이루어지지 않은 것으로 판단하였다. 따라서 지하철역 및 버스정류장의 영향범위는 전문가 의견을 바탕으로 <Table 8>과 같이 단계별 축소해 분석함으로써 공유 전동키토보드 이용에 영향을 미치는 명확한 범위를 도출하고 회귀모형 검증에 활용하였다. 이때, 지하철역 및 버스정류장의 영향범위는 설정한 반경을 기반으로 범위 내 그리드가 존재할 시 1, 존재하지 않을 시 0의 더미변수로 이용하였다.

<Table 8> Method of Reducing the Influence of Subway Station · Bus Stop Step By Step

Classification	Criteria	Influencing Factor		Reference
		Subway Station	Bus Stop	
Range of Influence Settings	Existing	500m	300m	-
	Step. 1	250m	150m	
	Step. 2	100m	100m	
	Step. 3	50m	50m	Starting from Step. 3, the range of influence setting is mixed and used for regression model analysis
	Step. 4	5m	5m	
	Step. 5	0	0	

이에 따라 다중 선형회귀분석을 반복 수행함으로써 다음 <Table 9>와 같이 영향요인이 모두 유의한 회귀모형을 도출하였으며, 최종적인 영향범위를 지하철역(50m), 버스정류장(5m)으로 선정하였다.

<Table 9> Result of Multiple Linear Regression Analysis(After resetting the Impact range)

Model	Classification	Influencing Factor							N
		Subway Station	Bus Stop	Park	University	Flow Population(20·30s)	Shop	Slope	
	Impact Range(Radius)	50m	5m	100m	100m	-			
Ordinary Least Square	Coef.	1036.770	142.377	189.695	1058.550	9587.150	2737.730	-418.707	1,810
	P-value	0.000	0.050	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Jarque-Bera			Breusch-Pagan		Koenker-Bassett			
	9385325.157***			35932.616***		203.151***			

Note: *p<0.05, **p<0.01

IV. 공유 전동키토드 이용 예측모형 비교 분석

1. 분석모형 및 구축과정

1) 분석모형

앞서 수행한 다중 선형회귀분석을 통하여 광진구 내 개별 그리드에 대한 공간적 자기상관성의 존재를 확인하였다. 이를 바탕으로 공간회귀분석을 수행하기 위하여 선행연구에서 활용한 분석모형인 공간시차모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형을 각각 비교 분석함으로써 공유 전동키토드 이용에 대한 최적의 예측모형을 도출하고자 하였다.

공간시차모형은 공간시차 변수를 하나의 설명변수로 취급하여 구축하는 회귀모형이며, 한 지역의 관측치가 인접 지역들의 관측치와 상관이 있는 경우 통계모형에 공간적 의존성을 변수로 투입한다. 따라서 공간시차모형의 설명변수들은 공간적 자기상관성을 내포하며, 공간 간의 상호작용이 존재함을 전제로 한다. 이에 대한 모형의 식은 다음과 같다.

$$y = \rho W\hat{y} + \delta_0 + \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \dots + \epsilon$$

(y : 종속변수, X : 독립변수, W : 공간가중치 행렬, ρ, δ : 추정계수, ϵ : 오차항)

공간오차모형은 오차항에서 공간적 자기상관이 발생할 때 사용하며, 설명변수와 종속변수 간의 공간 단위의 불일치 및 공간적 자기상관이 발생하는 변수를 관측할 수 없을 때 주로 이용된다. 따라서 설명변수가 아닌 오차항에만 공간적 자기상관이 발생함을 전제로, 이와 관련한 모형의 식은 다음과 같다.

$$y = \delta_0 + \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \dots + u \quad (u = \lambda W_u + e)$$

(y : 종속변수, X : 독립변수, W : 공간가중치 행렬, δ, λ : 추정계수,
 u : 공간적 자기상관을 갖는 오차항, e : 공간적 자기상관이 없는 오차항)

지리가중회귀모형은 이질적인 특성을 보이는 공간을 대상으로 사용하는 회귀분석의 방법으로 다양한 주제의 연구에서 공간분석에 기반한 연구방법론으로 활용되고 있다. 특히, 회귀계수가 지역적으로 다르게 나타나는 특성을 전제로 하여 국지적 회귀모형을 추정한다. 공간적 이질성이 존재할 시 종속변수와 독립변수의 관계는 개별 그리드마다 다르게 나타나게 되며, 이러한 공간적 이질성으로 발생하는 이분산성을 해결하기 위하여 지리가중회귀모형에서는 가중치를 사용한다. 즉, 이웃하는 관측치들에 대한 거리 차이에 따라 가중치를 산출함으로써 국지적 선형 회귀계수 및 모형을 추정한다(Kang and Lee, 2018). 본 분석에서는 지리적 위치(그리드) i 에 대한 개별적인 회귀계수를 추정하며, 이에 대한 기본적인 모형 식은 다음과 같다.

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{z=1}^n \beta_z(u_i, v_i) X_{iz} + \epsilon_i$$

(Y_i : i 위치에서의 종속변수, X_{iz} : i 위치에서의 z 번째 독립변수,
 β_z : z 번째 회귀계수, u_i, v_i : 공간좌표, ϵ_i : 오차항)

지리가중회귀모형이 일반적인 회귀모형과 다른 점은 각 항에 i 가 붙는다는 것이며, 이는 모수의 추정이 주어진 위치인 i 에 대해서만 이루어지고 의미를 지닌다는 것을 나타낸다. 지점에 따른 회귀계수의 추정 식은 가중최소자승법에 따라 이루어지며, 이는 다음의 식과 같다.

$$\hat{\beta} = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y$$

($W(u_i, v_i)$: i 지점에서의 지리적 가중치 행렬)

본 분석에서는 지리가중회귀모형의 특성으로 인하여 다중공선성을 통제하였으며, 가우시안 함수를 활용하여 대역폭이 고정되어 있지 않은 적응형 커널(adaptive kernel) 기법을 사용하였다. 즉, 대역폭의 경우 황금 분할 탐색법(Golden section search)을 이용하여 각 역의 AIC 값이 최소가 되는 최적 대역폭을 선정하여 활용하였다.

또한 최적 모형을 도출하기 위하여 일반적으로 많이 사용되는 모형 비교 분석 방법을 활용하였다. 먼저 모형 평가지표로 공유 전동키토보드의 실제 이용량과 이용 예측량의 분산 정도를 나타내는 RMSE(root mean square error)를 통하여 모형의 적합성을 비교하였으며, 이에 대한 식은 다음과 같다.

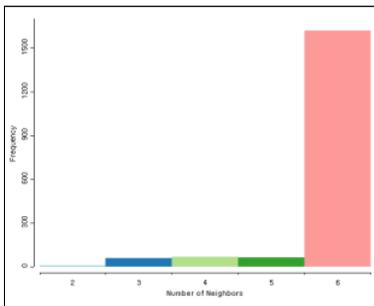
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u_i - p_i)^2}$$

(u_i : i 지점에서의 실제 이용량, p_i : i 지점에서의 이용 예측량)

이와 더불어 모형 분석 간 도출되는 모형의 설명력인 R^2 값과 적합도를 나타내는 AIC(Akaike Information Criterion), SC(Schwarz Criterion), Log likelihood 값을 종합적으로 비교 분석함으로써 최적 모형 선정에 대한 신뢰성을 확보하였다.

2) 모형 구축과정 및 타당성 확보

모형 구축 간 공간적 자기상관성이 존재하면 우선하여 공간 가중행렬을 구축함으로써 공간회귀분석을 수행하기 위한 준비가 요구된다. 여기서 공간 가중행렬이란, 연구대상 지역 내 다수의 지점이 공간적으로 서로 인접해 있는지에 대한 여부를 판단하기 위하여 구축한 행렬을 말하며, 분석지역의 공간 패턴을 확인할 수 있다. 공간 가중행렬 구축 간 두 구역이 같은 변을 공유하는 경우 인접한 지역으로 구분하는 Rook 형의 방법을

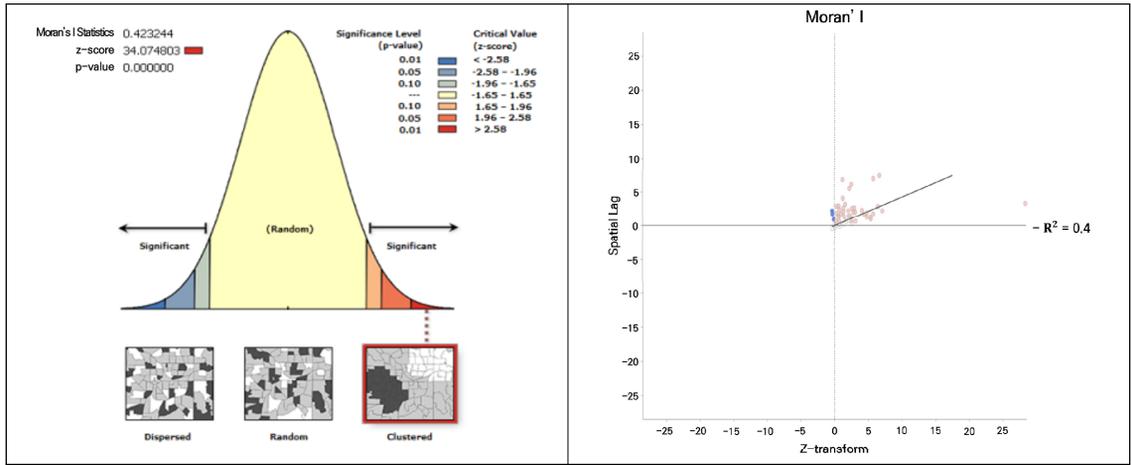


Grid ID	Number of Adjacent Sides	Adjacent Grid ID					
25	4	8	24	26	48	-	-
26	6	8	25	27	48	49	50
27	6	8	9	10	26	28	50
28	6	10	27	29	50	51	52
29	6	10	11	12	28	30	52
30	6	12	29	31	52	53	54
...					

<Fig. 3> Result of Spatial Weights Matrix Connectivity Histogram Analysis

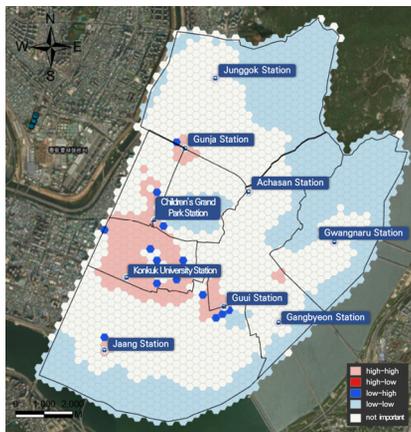
사용하였다(Kim and Chung, 2010). 이에 따라 공간 가중행렬을 구축한 결과는 다음의 <Fig. 3>과 같으며, Connectivity Histogram을 통해 그리드별 인접한 변의 개수가 6개로 고르게 분포된 것을 확인하였다.

다음으로 공간적 자기상관성을 전역적 측면과 국지적 측면에서 분석함으로써 공유 전동키토보드 이용에 대한 군집 경향 및 세부적인 공간 패턴을 확인하였다. 먼저 전역적 자기상관성 분석 결과, 다음의 <Fig. 4>와 같이 Moran's I의 지수가 0.423으로 0보다 크고, Z-score가 34.075($p < 0.05$)로 도출되어 양의 공간적 분포패턴을 나타냈다. 이는, 유사한 공유 전동키토보드 이용량을 보이는 지역이 공간적으로 서로 인접해 있는 상태임을 뜻한다.



<Fig. 4> Result of Global Moran's I Analysis

이후 세부적인 공간 패턴을 분석하기 위하여 국지적 측면에서의 공간적 자기상관성을 확인하였다. 그 결과, 다음의 <Fig. 5>와 같이 클러스터 맵을 통해 Hot Spot(공유 전동키토보드 이용 밀집 지역)은 군자역과 건대입구역, 독섬유원지역, 구의역 인근으로 나타났으며, Cold Spot(공유 전동키토보드 이용 낙후 지역)은 어린이대공원역 및 광진구 지역 외곽을 중심으로 넓게 분포하는 것을 확인하였다.



<Fig. 5> Result of Local Moran's I Analysis(LISA)

2. 공유 전동키토드 이용 예측모형 구축 결과

1) 이용 예측모형 구축 및 비교 분석 결과

공유 전동키토드 이용에 대한 공간적 자기상관성 검증 결과를 바탕으로, 공유 전동키토드 종합 이용량에 대한 공간회귀분석을 수행하였다. 이를 통해 가장 높은 모형 설명력 및 적합도를 나타내는 최적의 모형을 다음의 <Table 10>과 같이 도출하였다.

<Table 10> Results of Regression Model Comparative Analysis for Total(Gwangjin-gu)

Classification	Impact Range	OLS	SLM	SEM	GWR			
		Coef.			Min	Mean	Max	
Constant		144.8**	79.9*	335.8**	-60.7	313.6	1,222.8	
Local Property	Subway Station	50m	1,036.8**	1,066.4**	1,592.2**	-335.2	1,143.4	4,705.1
	Bus Stop	5m	142.4*	182.8**	173.3*	-378.9	151.3	723.8
	Park	100m	189.7**	-	-	-581.4	11.2	549.8
	University	100m	1,058.6**	527.3**	643.3**	-	-	-
	Flow Population(20-30s)		9,587.2**	6,849.3**	8,173.2**	354.7	7,308.3	17,518.9
	Shop		2,737.7**	-	-	-2,166.0	2,437.5	9,645.5
	Slope		-418.7**	-233.5*	-658.7**	-11,713.9	-2,211.3	-4.3
Explanatory Power	R^2		0.350	0.444	0.435	0.555		
	adj. R^2		0.347	-	-	0.535		
Space Effect	$\rho(\text{rho})$		-	0.461**	-	-		
	$\lambda(\text{lambda})$		-	-	0.478**	-		
Model Goodness of Fit	Log likelihood		-15,216.7	-15,114.7	-15,132.4	-		
	AIC		30,449.4	30,243.4	30,276.8	29,865.7		
	SC		30,493.4	30,281.9	30,309.8	-		
Multicollinearity	Condition Number		3.261	-	-	-		
Irregularity	Jarque-Bera		9,385,325.2**	-	-	-		
Heteroskedasticity	Breusch-Pagan		35,932.6**	45,268.4**	47,195.0**	-		
	Koenker-Bassett		203.2**	-	-	-		
Space Dependence	Likelihood Ratio		-	238.3**	202.9**	-		
RMSE			1083.6	1002.4	1010.4	896.8		

Note: *p<0.05, **p<0.01

기본적인 회귀모형인 다중 선형회귀모형과 공간회귀모형인 공간시차모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형을 종합적으로 비교 분석한 결과, 모든 분석에서 모형의 설명력인 R^2 값은 지리가중회귀모형, 공간시차모형, 공간오차모형, 다중 선형회귀모형 순으로 높게 도출되었다. 모형의 적합도를 나타내는 AIC 값 또한 낮을 수록 모형의 상대적인 품질이 증가하는데, 본 분석에서는 모형의 설명력과 같은 순서로 도출되어 지리가중회귀모형이 공유 전동키토드 이용을 나타내는 가장 적합한 모형인 것으로 나타났다. 추가로, 평균 제곱근 오차(RMSE)를 통해 공유 전동키토드 실제 이용량과 이용 예측량의 차이에 따른 잔차를 비교 분석한 결과, 지리가중회귀모형이 약 897의 가장 낮은 값을 보여 이용 예측력이 가장 높음을 확인하였다.

또한, 분석 과정에서 공간시차모형 및 공간오차모형에서는 공원 및 상가가 유의하지 않은 변수로 도출되어 이를 제거하였을 때 가장 높은 모형 설명력 및 적합도를 나타내는 것을 확인하였다. 이와는 달리, 지리가 중회귀모형에서는 대학교가 다른 독립변수들과 강한 상관관계를 나타내는 다중공선성 문제로 인하여 제거되었다. 이를 통해 공간회귀분석 시 세부적인 분석 방법에 따라 공유 전동킥보드 이용에 영향을 미치는 요인들 또한 일부 변화하는 것을 확인하였다.

2) 이용 예측모형 다른 지역 적용 결과

강남구 지역을 대상으로 본 분석 방법 및 최적 모형에 대한 효과성과 신뢰성을 확보하기 위하여 공유 전동킥보드 종합 이용량에 대한 모형을 추가로 비교 분석하였으며, 이에 앞서 강남구를 대상으로 한 공유 전동킥보드 대여·반납·종합 이용량에 대한 기술통계량은 다음의 <Table 11>과 같다.

분석 결과, 최적의 공유 전동킥보드 이용 예측모형으로는 <Table 12>와 같이 지리가중회귀모형이 도출되었으며, 이용 영향요인 또한 같게 나타났다.

따라서 공유 전동킥보드 종합 이용량을 종속변수로 각각의 모형을 비교 분석한 결과, 지리가중회귀모형이 약 55.5%의 높은 모형 설명력과 적합도, 이용 예측력을 나타냈으며, 영향요인 또한 광진구 지역의 분석 결과와 마찬가지로 대학교만이 동일하게 제거되어 공유 전동킥보드 이용에 영향을 미치는 주요 요인은 지하철역, 버스정류장, 공원, 유동 인구(20·30대), 상가, 경사도인 것을 확인하였다.

<Table 11> Descriptive Statistics of Shared E-scooter Use Data(Gangnam-gu)

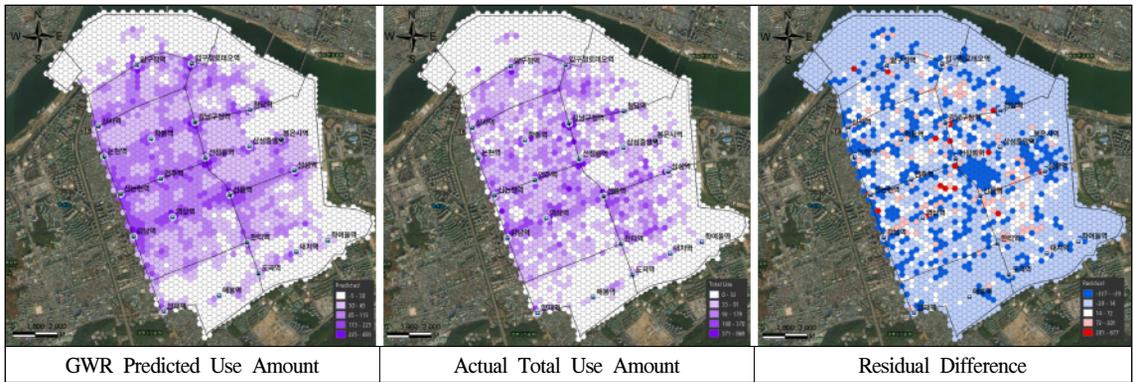
Classification	Unit	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Pick-up	Number	24.6	38.1	0	489
Drop-off		24.4	34.7	0	431
Total		49.0	72.3	0	868

<Table 12> Results of Regression Model Comparative Analysis for Total(Gangnam-gu)

Classification	Impact Range	OLS	SLM	SEM	GWR			
		Coef.			Min	Mean	Max	
Constant		19.0**	5.0**	26.3**	-1.8	25.1	59.1	
Local Property	Subway Station	50m	35.0**	21.6**	37.7**	-119.7	22.5	160.3
	Bus Stop	5m	21.6**	15.5**	20.1**	-0.6	21.8	40.2
	Park	100m	-	-	-	-21.5	2.0	32.4
	University	100m	20.9**	-	-	-	-	-
	Flow Population(20·30s)		653.1**	469.0**	574.2**	252.8	622.5	1,099.5
	Shop		181.0**	70.0**	63.3**	2.6	139.7	339.5
	Slope		-	-	-73.7	-5.8	57.2	
Explanatory Power	R^2		0.369	0.510	0.509	0.555		
	adj. R^2		0.368	-	-	0.537		
Space Effect	ρ (rho)		-	0.513**	-	-		
	λ (lambda)		-	-	0.563**	-		

Classification	Impact Range	OLS	SLM	SEM	GWR		
		Coef.			Min	Mean	Max
Model Goodness of Fit	Log likelihood	-12,677.0	-12,446.4	-12,464.2	-		
	AIC	25366.0	24,904.8	24,938.5	24,682.4		
	SC	25400.5	24,939.3	24,967.2	-		
Multicollinearity	Condition Number	2.670	-	-	-		
Irregularity	Jarque-Bera	77,818.6**	-	-	-		
Heteroskedasticity	Breusch-Pagan	3,941.4**	3,604.8**	4,291.3**	-		
	Koenker-Bassett	264.8**	-	-	-		
Space Dependence	Likelihood Ratio	-	470.0**	434.3**	-		
RMSE		57.4	50.6	50.6	48.2		

Note: *p<0.05, **p<0.01



<Fig. 6> A Comparative Analysis of the Actual Use Data in the Prediction Model(Gangnam-gu)

3. 분석 결과에 따른 시사점

주요 분석 지역인 광진구 지역과 추가 분석 지역인 강남구 지역을 대상으로 공유 전동키토보드 이용에 대한 회귀모형을 비교 분석한 결과, 지리가중회귀모형이 두 지역 모두에서 가장 적합한 공유 전동키토보드 이용 예측모형인 것으로 나타났으며, 활용한 영향요인도 동일하게 유효한 것을 확인하였다. 추가로, 비교 분석에 활용한 공간회귀모형에서는 영향요인이 일부 달라지는 것으로 보아 광진구 및 강남구 지역의 서로 다른 공간적인 특성도 고려하여 분석에 활용하는 것이 필요하다고 판단된다.

추후 모형의 설명력을 더욱 높이고 RMSE의 잔차값을 최소화하기 위하여 지역 특성을 반영한 추가적인 영향요인 선별도 필요할 것으로 보인다. 특히, 실제 이용량과 모형 예측량의 차이가 유사한 지점은 공유 전동키토보드 주차공간 최적 입지로서의 효과성이 뛰어날 것으로 판단되며, 차이가 크게 발생하는 지점은 심층적인 분석을 통하여 숨겨진 Hot Spot인지, 본 분석에서는 활용되지 않은 어떠한 요인이 강하게 작용하는 지점인지를 파악함으로써 이용 예측모형의 신뢰성을 더욱 높이고, 공유 전동키토보드 주차공간 최적 입지 선정을 위한 방향성을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

V. 결 론

공유 전동키토보드의 무분별한 주·정차 및 서비스 운영에 따라 발생하는 각종 도시문제인 교통사고 및 혼잡, 보행환경 저해 등의 문제를 해결하고 안전한 이용환경 개선 효과를 달성하기 위하여 서초구에서 시행 중인 공유 전동키토보드 주차존 시범사업의 선제적 조치에 맞춰 주차공간 최적 입지(안)을 확립하는 데 도움이 되고자 본 연구를 수행하였다. 따라서 공유 전동키토보드 실적자료와 영향요인 데이터를 바탕으로 최적의 공유 전동키토보드 이용 예측모형을 구축하고 영향요인 및 영향권을 새롭게 정립하였으며, 무분별한 공유 전동키토보드 주·정차를 이용이 많을 것으로 예측되는 주차존에 유도함으로써 공유 전동키토보드 주차존 시범사업의 효과성을 극대화하고 이를 통해 무분별한 주·정차 문제를 해결하는 데 도움이 되고자 하였다.

공유 전동키토보드 이용에 따른 특징을 명확히 규명하였으며, 이에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

본 연구는 (주)디어코퍼레이션 사의 실적자료를 바탕으로 광진구 내 2019년 8월부터 2020년 7월까지의 1년 치 공유 전동키토보드 이용 데이터를 바탕으로 주요 분석을 수행하였으며, (주)PUMP 사(쌍성)의 강남구 내 2021년 6월의 한 달 치 이용 데이터를 활용하여 예측모형 및 분석 방법의 효과성 및 신뢰성을 확인하였다. 광진구 내 이용 특성을 살펴보면, 공유 전동키토보드 대여·반납·종합 이용량의 그리드별 최대 이용 건수는 23,423건, 15,144건, 38,567건이었으며, 평균적으로 338건, 181건, 519건을 이용한다고 나타났다. 또한, 공유 전동키토보드 대여·반납·종합 이용량 모두 지역적으로 유사한 이용분포 경향인 지하철역을 중심으로 높은 이용량을 나타냈으며, 상관관계분석 간 세 데이터 모두에서 1에 가까운 유의미한 상관성을 도출하였다.

다음으로 모형 비교 분석을 수행하기에 앞서 공유 전동키토보드의 핵심적인 영향요인인 지하철역·버스정류장의 영향권을 재정립하였다. 선행연구를 바탕으로 설정한 지하철역(반경 500m)·버스정류장(반경 300m)의 영향권이 다중 선형회귀분석 간 유의하지 않은 변수로 도출되어, 단계별 축소 방법을 이용하여 공유 전동키토보드 이용에 유의미한 영향권을 명확히 도출하였다. 이에 따라 지하철역(반경 50m)·버스정류장(반경 5m)의 영향권을 도출하였으며, 최소 보행 범위(반경 50m)를 기준으로 구축한 그리드를 바탕으로 실질적인 지하철역의 영향권은 반경 약 100m(최소 보행 범위 반경과 도출한 지하철역의 영향권 반경의 합계), 버스정류장의 영향권은 반경 약 55m(최소 보행 범위 반경과 도출한 버스정류장의 영향권 반경의 합계)인 것으로 확인하였다.

공유 전동키토보드 실적자료 기반의 분석 과정에서, 광진구 내 개별 그리드에 대한 공간적 자기상관성이 존재하여 공간회귀분석의 필요성을 확인하였다. 이를 바탕으로 다중 선형회귀모형, 공간시차모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형을 비교 분석하였으며, 지리가중회귀모형이 약 56%의 모형 설명력을 나타내는 최적의 공유 전동키토보드 이용 예측모형인 것으로 나타났다. 본 모형의 효과성 및 신뢰성을 확인하기 위하여 강남구 지역을 대상으로 같은 분석 과정을 거친 결과, 마찬가지로 지리가중회귀모형이 약 56%의 모형 설명력을 나타내는 최적 모형임을 확인하였다.

광진구 및 강남구 지역을 대상으로 수행한 공간회귀분석에서는 공유 전동키토보드 이용에 영향을 미치는 요인이 일부 달라지는 것을 확인하였다. 이를 통해 향후 지역 및 공간적 특성을 고려하여 영향요인을 추가 선별함으로써 분석에 활용한다면 해당 지역에 더욱 적합한 이용 예측모형을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로 최적의 이용 예측모형으로 도출된 지리가중회귀모형의 이용 예측량과 실제 이용량과의 차이인 잔차를 기반으로 유의미한 시사점을 도출하였다. 먼저 이용 예측량과 실제 이용량이 유사하고 높은 이용량을 나타내는 지점은 향후 공유 전동키토보드 주차공간 최적 입지로 선정 시 높은 이용 효과를 보장할 것으로 보인다. 또한, 이용 예측량과 실제 이용량의 차이가 크게 발생하는 지점은 심층적인 분석을 바탕으로 숨겨진 Hot Spot인지, 본 분석에서는 활용되지 않은 어떠한 영향요인이 강하게 작용하는 지점인지 파악함으로써 이용 예측모형의 신뢰성을 더욱 높일 수 있을 것으로 판단된다.

아울러 본 연구는 공유 전동킥보드 이용 예측모형을 개발하고 영향요인 및 영향권을 제시하는 데 있어 몇 가지 한계를 지닌다. 우선 공유 전동킥보드 실적자료로 두 업체의 이용자료를만 활용하였기 때문에, 분석 대상이 되는 지역의 타 업체 이용자료를 활용하지 못해 더 정밀한 모형 분석 및 영향요인 제시의 한계가 존재한다. 또한, 본 연구에서는 공유 전동킥보드 주차공간 최적 입지(안) 마련을 위한 선제적 연구로서 고정적인 입지를 도출하고자 종속변수에 대여·반납 이용량을 합한 종합 이용량을 활용하였기 때문에, 향후 대여/반납에 더욱 특화된 입지 도출을 위하여 종속변수에 대여·반납 이용량을 구분하여 분석하는 방안도 필요하다고 판단된다.

영향요인으로는 기존의 선행연구들을 기반으로 공유 전동킥보드 이용에 가장 유의미하다고 판단되는 7건의 요인을 선별함으로써 독립변수에 활용하였다. 이 과정에서 가변적인 시간 및 기후, 날씨, 계절 등의 데이터와 선행연구에서 주로 활용되지 않은 공간 데이터는 변수로 활용하지 않았기 때문에, 추후 이와 같은 변수들을 다양하게 고려하고 추가함으로써 더 높은 모형 설명력·적합도에 기반한 공유 전동킥보드 주차공간 최적 입지를 제시할 수 있을 것으로 보인다. 특히, 본 연구에서 수행한 실적자료 기반의 공유 전동킥보드 이용행태 분석과 영향요인 및 회귀모형 구축 결과는 공유 전동킥보드의 무분별한 주·정차에 따른 근본적인 문제 해결을 위한 사전 연구로서의 특징과 의의를 지닌다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술진흥원 및 국토교통부 스마트시티 혁신인재육성사업('19-'23) 지원으로 수행되었습니다(과제번호 P0013601).

REFERENCES

- Ahn, D. E.(2020), *Empirical analysis of the factors affecting the satisfaction and behavior of individuals using shared electric kickboards : A Case study of Seoul, Kongju Library*, pp.42-43.
- Anti-Corruption & Civil Rights Commission, <https://www.acrc.go.kr>, 2024.03.21.
- Bai, S. and Jiao, J.(2021), "Dockless E-scooter usage patterns and urban built Environments: A comparison study of Austin, TX, and Minneapolis, MN," *Travel Behaviour and Society*, vol. 20, pp.264-272.
- Boo, Y. E.(2019), *A study on urban environmental factors affecting bicycle use in commuting: Focused on public bicycle sharing system in Seoul*, Seoul National University Library, pp.40-61.
- Campbell, A. A., Cherry, C. R., Ryerson, M. S. and Yang, X.(2016), "Factors influencing the choice of shared bicycles and shared electric bikes in Beijing," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 67, pp.399-414.
- Caspi, O., Smart, M. J. and Noland, R. B.(2020), "Spatial associations of dockless shared e-scooter usage," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 86, pp.1-15.
- Choi, M. H. and Jung, H. Y.(2020), "A study on the influencing factor of intention to use personal mobility sharing services," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 38, no. 1, pp.1-13.
- Degele, J., Gorr, A., Haas, K., Kormann, D., Krauss, S., Lipinski, P., Tenbih, M., Koppenhoefer, C.,

- Fausser, J. and Hertweck, D.(2018), "Identifying E-scooter sharing customer segments using clustering," *Technology and Innovation(ICE/ITMC)*, pp.1-8.
- Fang, K., Agrawal, A. W., Steele, J., Hunter, J. J. and Hooper, A. M.(2018), *Where do riders park dockless, shared electric scooters? Findings from San Jose, California*, Mineta Transportation Institute, pp.1-5.
- Florax, R. J. G. M., Graaff, T. D. and Waldorf, B. S.(2005), "A spatial economic perspective on language acquisition: segregation, networking, and assimilation of immigrants," *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 2004, no. 6, p.36.
- Hosseinzadeh, A., Algomaiah, M., Kluger, R. and Li, Z.(2021), "E-scooters and sustainability: Investigating the relationship between the density of E-scooter trips and characteristics of sustainable urban development," *Sustainable Cities and Society*, vol. 66, p.102624.
- Huo, J., Yang, H., Li, C., Zheng, R., Yang, L. and Wen, Y.(2021), "Influence of the built environment on E-scooter sharing ridership: A tale of five cities," *Journal of Transport Geography*, vol. 93, p.103084.
- James, O., Swiderski, J., Hicks, J., Teoman, D. and Buehler, R.(2019), "Pedestrians and E-scooters: an initial look at E-scooter parking and perceptions by riders and non-riders," *Sustainability*, vol. 11, no. 20, pp.1-13.
- Jang, E. J. and Shin, S. J.(2021), "Design of a new IoT management system for efficient recovery of shared electric kickboards," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication : JIIBC*, vol. 21, no. 1, pp.189-194.
- Jeong, M. J., Kim, N. K., Park, M. S. and Yoon, H. J.(2021), "The characteristics of the compositions and spatial distributions of submerged marine debris in the East Sea," *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 27, no. 2, pp.295-307.
- Kang, H. M. and Lee, S. K.(2018), "An analysis of the effects of customer characteristics on sales of alley market area using geographically weighted regression," *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and cartography*, vol. 36, no. 6, pp.611-620.
- Kim, S. J., Koack, M. J., Choo, S. H. and Kim, S. H.(2021a), "Analysing spatial usage characteristics of shared E-scooter: Focused on spatial autocorrelation modeling," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 20, no. 1, pp.54-69.
- Kim, S. J., Lee, K. J., Choo, S. H. and Kim, S. H.(2021b), "Study on shared E-scooter usage characteristics and influencing factors," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 20, no. 1, pp.40-53.
- Kim, S. W. and Chung, K. S.(2010), "The study of spatial weight matrix reflecting true reality in the spatial econometrics model: Focused on the real transaction housing price in the Busan," *Housing Studies Review*, vol. 18, no. 4, pp.59-80.
- Korea Research Institute for Human Settlements(2006), *A preliminary study to measure walkability indicators in residential neighborhoods*, pp.1-64.
- Lee, H. Y. and Sim, J. H.(2011), *Geographic Information Systems: Theory and Practice*, BobMunSa, p.346.
- Lee, J. H., Lee, I. H. and Jin, W. J.(2014), "Analysis of catchment area of Seoul Metropolitan Express Train," *Journal of the Society of Disaster Information*, vol. 10, no. 1, pp.49-60.

Lime, <https://www.li.me/>, 2023.09.15.

McKenzie, G.(2019), “Spatiotemporal comparative analysis of scooter-share and bike-share usage patterns in Washington, D.C.,” *Journal of Transport Geography*, vol. 78, pp.19-28.

Park, K. B. and Ham, Y. J.(2018), “A study using spatial regression models on the determinants of the welfare expenditure in the local governments in Korea,” *Journal of Digital Convergence*, vol. 16, no. 10, pp.89-99.

Sa, K. E. and Lee, S. G.(2018), “Analysis of physical characteristics affecting the usage of public bike in Seoul, Korea: Focused on the different influences of factors by distance to bike station,” *Journal of Korea Planning Association*, vol. 53, no. 6, pp.39-59.

Severengiz, S., Schelte, N. and Bracke, S.(2021), “Analysis of the environmental impact of E-scooter sharing services considering product reliability characteristics and durability,” *Procedia CIRP*, vol. 96, pp.181-188.

The Korea Transport Institute, <https://www.koti.re.kr>, 2024.03.21.

Tuli, F. M., Mitra, S. and Crews, M. B.(2021), “Factors influencing the usage of shared E-scooters in Chicago,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 154, pp.164-185.

Urban, R. C. and Nakada, L. Y. K.(2020), “GIS-based spatial modelling of COVID-19 death incidence in Sao Paulo, Brazil,” *Environment and Urbanization*, vol. 33, no. 1, pp.229-238.

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*, vol. 50, no. 4, pp.69-85.

Zou, Z., Younes, H., Erdoğan, S. and Wu, J.(2020), “Exploratory analysis of real-time E-scooter trip data in Washington, D.C.,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2674, no. 8, pp.285-299.