

공간회귀분석을 통한 세종시 공공자전거 ‘어울링’의 대중교통 연계성 분석

Analysis of Public Bicycle 'Eoulling' Connectivity with Public Transportation in Sejong City through Spatial Regression Analysis

김재현, 배장원

한국기술교육대학교 산업경영학과

braincom07@koreatech.ac.kr, jangwon_bae@koreatech.ac.kr

Abstract

Public bicycles can improve public transportation accessibility and promote increased usage. Sejong City operates the public bicycle system, “Eoulling,” with this goal in mind. However, an analysis of Sejong's public transportation modal share reveals that while bicycle usage increased following the introduction of Eoulling, bus usage has declined.

This study aims to investigate the causes of this phenomenon by examining Eoulling usage patterns through spatial regression analysis. The results indicate that Eoulling is mainly used for visits to commercial areas and somewhat encourages public transportation use. However, the effect on increasing the public transportation modal share is minimal, suggesting the need for more appropriate docking station locations to effectively increase public transport use.

1. 서론

공공자전거는 사용자가 일정 요금을 지불해 설치된 대여소에서 자전거를 대여하거나 반

납할 수 있는 서비스를 제공하는 교통 시스템이다[3]. 주로 단거리 이동에 활용되며, 특히 출발지에서 대중교통 승차 지점까지의 이동(First Mile, FM)과 대중교통에서 하차한 후 최종 목적지까지의 이동(Last Mile, LM)에서의 교통수단으로 작용해 대중교통 이용을 촉진할 수 있다.

계획도시로 조성된 세종시는 설계 단계부터 대중교통 중심도시를 목표로 하여, 녹색교통을 포함한 대중교통 수송분담률을 70% 이상 달성하는 것을 지향해왔다[11]. 수송분담률이란 총수송량에서 각 수송 부문별 수송량이 차지하는 비율을 뜻한다[14]. 그러나 세종시의 대중교통 수송분담률은 현재 목표에 도달하지 못했을 뿐만 아니라, 전국 다른 지역과 비교했을 때도 낮은 수준에 머물러 있다[12].

세종시는 대중교통 수송분담률 목표를 달성하기 위해 자전거 정책을 시행하고 있다[13]. 이 정책은 자전거 이용률을 높이는 것과 더불어, 자전거를 FM/LM 이동 수단으로 활용하여 대중교통 접근성을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 노력의 일환으로 2014년부터 공공자전거 ‘어울링’이 운영되고 있다. 그러나 세종시 버스와 자전거 분담률을 보면, 어울링

도입 이후 자전거 이용 17년 0.8%에서 21년 2.6%로 증가했지만, 버스 이용은 17년 9.7%에서 21년 5.3%로 감소하였다. 이는 자전거가 FM/LM 이동 수단으로서 대중교통 접근성을 충분히 개선하지 못하고, 독립적인 교통수단으로 사용되고 있을 가능성을 시사한다.

본 연구는 이러한 현상을 규명하기 위해 어울링의 이용 행태를 공간회귀분석(Spatial Regression)을 통해 분석하고자 한다. 먼저 보로노이 다각형(Voronoi Diagram)을 이용해 각 어울링 대여소별 공간을 구축한 후, 해당 다각형 내의 토지이용 정보와 버스 이용량 데이터를 분석하여 어울링의 주된 사용 목적과 버스와의 연계성을 파악하였다.

분석 결과, 어울링은 주로 상업시설 방문을 위해 이용되는 것으로 나타났으며, FM/LM 이동 수단의 역할도 확인되었다.

본 연구의 의의는 세종시 공공자전거 어울링의 이용 행태를 공간회귀분석을 통해 분석함으로써 공공자전거와 대중교통 간의 연계성이 존재한다는 사실을 밝힌 것에 있다. 하지만 그 연계 효과가 대중교통 수송분담률의 증가로 이어지지 않고 있음을 확인하였다. 이를 개선하기 위한 방안으로 어울링 대여소와 대중교통 환승 지점 간 거리가 줄이는 대여소 설치 전략을 고려할 수 있다.

2. 배경지식

2.1 선행연구

공공자전거에 대한 기존 연구는 다양한 방법론을 통해 이루어졌으며, 크게 문헌 연구, 설문조사 기반 연구, 실증분석으로 나눌 수 있다.

문헌 연구로는 Shaheen 등[9]의 연구가 있다. 이 연구에서는 카셰어링, 공공자전거를 포함한 공유 모빌리티가 FM/LM에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과, 공공자전거가 FM/LM

이동 수단으로 자주 활용되지만, 모든 상황에서 그러한 역할을 하는 것은 아니며, 때로는 버스를 대체하는 역할을 한다는 결론을 도출하였다.

설문조사를 기반으로 한 연구로는 남궁옥 등[4]의 연구가 있다. 이 연구는 서울시 공공자전거 ‘따릉이’ 회원을 대상으로 설문조사를 진행하여 공공자전거 이용자의 패턴과 목적 등을 분석하였다. 조사 결과, 전체 응답자의 약 20%가 대중교통 환승 수단으로 따릉이를 사용하고 있어, 공공자전거가 서울에서도 FM/LM 이동 수단으로 자리를 잡고 있음을 확인하였다.

실증분석 연구로는 안민수 등[6], Radzimski[8]의 연구가 있다. 두 연구는 공공자전거의 이용 행태를 분석하기 위해 공간회귀분석을 활용하였다. 안민수 등의 연구에서는 대전시의 ‘타슈’를 대상으로 대여, 반납, 침두시간, 비침두시간, 평일, 주말의 6가지 측면으로 분석을 진행하였다. 그 결과, 평일에는 주로 통학 목적으로, 주말에는 레저 목적으로 공공자전거가 사용됨을 확인하였다.

Radzimski는 폴란드 포즈난(Poznan)시를 대상으로 공공자전거가 도시 내 이동 패턴에 미치는 영향을 연구하였다. 보로노이 다각형을 통해 대여소별 공간을 구획하고, 공공자전거와 버스 데이터를 활용하여 공간회귀분석을 수행하였다. 이 연구는 대학, 극장, 쇼핑몰 등 다양한 시설의 유무를 독립변수로 설정하여 공공자전거의 이용 목적을 파악하였다. 연구 결과, 포즈난 시에서 공공자전거는 대중교통과 유의미한 관계를 가지며, 주로 레저 목적으로 이용되는 경향이 있음을 확인하였다.

본 연구는 세종시를 대상으로 공공자전거 이용 행태를 분석하며, 기존 실증연구의 한계점을 보완하고자 한다. 특히, 법정동 단위로 분석할 경우의 관측치 부족 문제를 해결하고자 보로노이 다각형을 활용하여 각 대여소의 공간

을 구축하였다. 또한, 공공자전거 이용 패턴을 파악하기 위해 독립변수로 토지이용 정보를 포함하여 공공자전거 이용 목적과 공간적 특성 간의 관계를 분석하였다.

2.2 보로노이 다각형(Voronoi Diagram)

보로노이 다각형은 평면 위에 존재하는 여러 점을 기준으로, 각 점에 가장 가까운 영역들로 분할한 것을 말한다[2]. 각 점은 그 점을 중심으로 고유한 영역을 형성하며, 해당 영역 내 모든 위치는 그 중심점과 가장 가까운 것으로 정의된다. 보로노이 다각형은 공간을 효율적으로 구분하는 데 유용하며, 실제로 관할구역 구분 등 다양한 공간 분석에 활용된다.

본 연구에서는 공공자전거 대여소별 공간을 설정하기 위해 보로노이 다각형을 적용하였다. 이를 통해 각 대여소에 가장 가까운 공간을 정의함으로써, 대여소별 이용량과 해당 공간의 토지이용 특성 간의 관계를 명확하게 분석할 수 있었다. 생성된 다각형을 기반으로 각 대여소 주변의 토지이용 정보와 버스 이용량을 분석하고, 이를 토대로 공간회귀분석을 수행하였다.

2.3 공간회귀분석(Spatial Regression Analysis)

본 연구는 세종시에서 공공자전거 어울링이 어떤 목적으로 이용되는지 파악하기 위해 공간회귀분석을 적용하였다. 공간회귀분석은 회귀분석을 통해 공간의 의존 관계를 분석하는 것이다[1]. 공간적 요소가 포함된 데이터를 분석할 때는 지리적 위치나 인접성 등으로 인해 공간 의존성(Spatial Dependence)이 발생할 수 있다. 공간 의존성은 서로 다른 공간 내 변수 값들이 상호 연관되어 있는 현상을 의미한다[7].

전통적인 회귀분석모델인 최소제곱법(Ordinary Least Square, OLS)은 모든 관측치가 독립

적이라는 가정하에 수행된다. 그러나 공간 의존성이 존재하는 경우, 인접한 공간의 관측치들이 상호 영향을 미쳐 독립성을 상실하게 되며, 이로 인해 OLS 모델을 적용하면 분석 결과가 왜곡될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 공간 의존성을 고려한 공간회귀분석이 사용된다[5]. 공간회귀분석에는 크게 공간시차모델(Spatial lag model, SLM)과 공간오차모델(Spatial error model, SEM)이 있으며, 공간 의존성이 발생하는 위치에 따라 적절한 모델을 선택하여 사용한다.

2.3.1 공간자기상관(Spatial autocorrelation)

공간 의존성의 존재 여부를 객관적으로 판단하기 위해 일반적으로 공간자기상관을 검증하며, 대표적인 방법으로 Moran's I 검정이 사용된다[7]. Moran's I 검정은 수식 (1)로 정의된다.

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

N : 공간의 개수

x_i, x_j : 공간 i, j 의 관측치

$\bar{x}$: 모든 공간에서의 관측치 x 평균값

W : 공간가중치 행렬

W_{ij} : 공간가중치 행렬의 요소, 공간 i, j 간의 공간 의존성에 대한 가중치를 의미

공간가중치 행렬 W 는 공간 간의 관계를 인접성이나 거리 등을 기준으로 행렬 형태로 표현한 것이다. Moran's I 검정 값은 -1에서 1 사이의 값을 가지며, 값이 0이라면 공간자기상관이 없다는 의미이고, 절댓값이 1에 가까울수록

록 공간자기상관이 강하다는 것을 의미한다. 공간자기상관이 존재하는 경우, 공간 의존성이 있다고 판단해 공간회귀분석을 수행하게 된다.

2.3.2 공간시차모델(Spatial Lag Model, SLM)

SLM은 종속변수 간의 공간 의존성을 고려한 모델이다. 이 모델은 특정 공간의 종속변수가 인접한 공간의 종속변수 값에 영향을 받는다고 가정한다. 즉, 하나의 공간에서 어울링 이용량이 인접한 다른 공간의 어울링 이용량에 영향을 받는 경우, SLM을 적용한다. SLM은 수식 (2)로 정의된다.

$$y = \rho Wy + x\beta + \epsilon \quad (2)$$

W : 공간가중치 행렬

y : 종속변수 벡터, ρ : 공간 시차 계수

x : 독립변수 벡터, β : 독립변수 계수

ϵ : 오차 벡터

2.3.3 공간오차모델(Spatial Error Model, SEM)

SEM은 종속변수 대신 오차항에서 공간 의존성이 발생할 때 사용되는 모델이다. 이 모델은 독립변수로 설명되지 않는 공간적 특성이나 공간 의존성을 오차항에 반영하여, 분석 결과의 정확도를 높이기 위해 설계되었다. 독립변수로 설명할 수 없는 공간 의존성이 존재할 경우 SEM이 적합하다. SEM은 수식 (3)으로 정의된다.

$$y = x\beta + u, \quad (3)$$

$$\text{where } u = \lambda Wu + \epsilon$$

y : 종속변수 벡터,

x : 독립변수 벡터, β : 독립변수 계수

u : 오차 벡터, λ : 공간 오차 계수, ϵ : 잔차

W : 공간가중치 행렬

2.3.4 공간회귀모델의 선정

종속변수에 대한 Moran's I 검정 결과 공간자기상관이 확인되는 경우, 적절한 공간회귀모델을 선택하는 단계로 넘어가게 된다. 이때 주로 사용되는 방법이 라그랑주 승수 검정(Lag range Multiplier Test, LM Test)과 강건 라그랑주 승수 검정(Robust Lagrange Multiplier Test, Robust LM Test)이다[10].

우선, 종속변수에 공간 의존성이 존재하는지(LM-Lag Test)와 오차항에 공간 의존성이 존재하는지(LM-Error Test)를 각각 검정한다. 그 후, 검정 결과에 따라 유의한 모델을 선택한다. 만약 두 검정 모두 유의한 경우, 강건 라그랑주 승수 검정을 추가로 실시해 앞서 수행한 라그랑주 승수 검정과 동일한 방식으로 유의한 모델을 선택한다(Robust LM-Lag Test, Robust LM-Error Test). 두 검정 모두 유의한 경우, 검정 값이 더 큰 모델을 최종적으로 채택하여 분석에 사용한다.

3. 연구방법

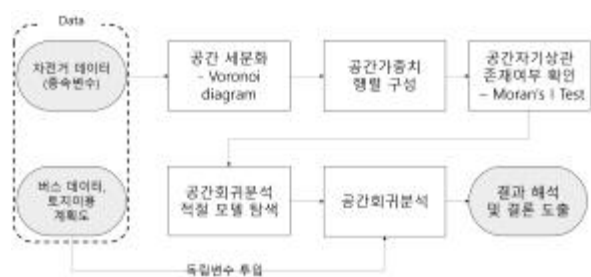


그림 1. 전체 연구 흐름도

본 연구의 전체 절차는 그림 1에 도식화되어 있다. 먼저 어울링 대역소를 기준으로 보로노이 다각형을 생성하여 대역소별 공간을 구축

하였다. 이후, 생성된 보로노이 다각형을 바탕으로 공간가중치 행렬(W)을 구성하였다. 이 공간가중치 행렬과 종속변수인 어울링 이용량을 활용해 Moran's I 검정을 수행한 결과, 공간자기상관이 존재함을 확인하였다. 이에 적합한 공간회귀분석 모델을 라그랑주 승수 검정(Lagrange Multiplier Test)과 강건 라그랑주 승수 검정(Robust Lagrange Multiplier Test)으로 탐색하였다. 그 결과, 공간시차모델(SLM)이 적절한 모델로 선정되었으며, 이를 바탕으로 최종 분석을 수행하였다.

3.1 분석 모델 및 변수 설정

본 연구의 목적은 어울링의 이용 행태를 분석하고, 특히 FM/LM 이동 수단으로서의 역할을 확인하는 것이다. 이를 위해 종속변수로는 어울링 대여소별 이용량을 설정하였으며, 독립변수로는 대여소 주변의 대중교통 이용량과 각 토지이용의 존재 여부를 선정하였다. 세종시의 대중교통이 버스에 한정되므로, 어울링 대여소 주변 버스 정류장의 이용량을 독립변수로 사용하였다. 이를 위해 보로노이 다각형을 활용하여 각 대여소에 속하는 버스 정류장의 이용량을 추출하였다.

3.2 활용 데이터

본 연구에서는 2021년 5월부터 2022년 4월까지의 어울링 이용 이력 데이터를 바탕으로 대여소별 이용량을 산출하였다. 이용량은 Min-Max Scaling 기법을 적용하여 0과 1 사이의 값으로 표준화하였다. 또한, 어울링 대여소 위치 정보를 활용하여 보로노이 다각형을 생성하고, 각 대여소의 공간을 구축하였다. 이 과정에서 OpenStreetMap에서 제공하는 세종시 경계 GIS 데이터를 사용하여, 이를 통해 보로노이 다각형의 외각 경계를 설정하였다.

독립변수로 사용된 토지이용 데이터는 국

토교통부 택지정보자료제공에서 제공하는 토지이용계획도를 기반으로 하였다. 각 보로노이 다각형 내 토지이용의 존재 여부를 확인한 후 분석에 반영하였다. 단, 각 토지이용을 그대로 사용하지 않고 정부시설, 주거시설, 산업시설, 상업시설, 문화시설, 주제공원, 녹지 및 생활권공원, 학교시설, 기타 용지로 묶어 독립변수로 활용하였다.

세종시 버스 이용 데이터는 세종시 교통정보 빅데이터 시스템에서 제공하는 2021년 5월부터 2022년 4월까지의 버스 승차량 데이터를 활용하였다. 이 데이터는 일자별로 버스 정류장별 승차 횟수를 포함하고 있으며, 총 347,256건의 승차 기록을 포함하고 있다. 세종시 버스 정류장 위치정보는 공공데이터포털에서 제공된 데이터를 참고하였으며, 총 1,214개의 정류장이 포함되었다. 이 데이터를 바탕으로 각 보로노이 다각형 내의 버스 승차량을 계산하여 독립변수로 사용하였으며, 버스 승차량 역시 Min-Max Scaling을 통해 0과 1 사이의 값으로 변환하였다.

버스 이용 데이터가 승차량만을 다루고 있기 때문에, 대중교통과의 연계성을 보다 명확히 분석하기 위해 어울링 이용량은 하차량 데이터를 중심으로 분석에 반영하였다.

3.3 전체 연구 방법

3.3.1 공간 구축

현재 어울링은 행정구역이 밀집된 ‘행정중심복합도시(행복도시)’ 구역과 조치원 일대에서 운행되고 있다. 하지만 어울링 전체 이용량의 98% 이상이 행복도시에서 발생하기 때문에, 본 연구는 행복도시 내의 어울링 이용에 집중하였다.

본 연구에서는 어울링 대여소를 기준으로 보로노이 다각형을 생성하여 공간을 구분하였다. 이를 통해 각 어울링 대여소와 가장 가까

운 공간을 설정하였으며, 이는 어울링과 버스 간의 환승이 이루어질 때 가장 가까운 대여소와 버스 정류장 간의 교류가 가장 활발하다는 가정에 기반한다. 최종적으로, 총 635개의 어울링 대여소에 대해 635개의 보로노이 다각형을 구축하였다.

3.3.2 공간가중치 행렬 구성

생성된 보로노이 다각형을 기반으로 공간가중치 행렬(W)을 구성하였다. 본 연구에서는 두 다각형이 한 점이라도 접촉하는 경우 이를 이웃한 것으로 정의하였다. 공간가중치 행렬은 이러한 이웃 관계를 반영하여, 이웃한 다각형 사이에는 1, 그렇지 않으면 0의 값을 부여하였다. 이 관계는 수식 (4)로 표현된다.

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } i \text{ and } j \text{ are adjacent} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

그 후, 행 표준화(row standardization)를 적용하여 행렬의 값을 정규화하였다. 이 과정을 통해 총 635개 공간에 대해 635×635 크기의 공간가중치 행렬을 구축하였다.

3.3.3 공간자기상관 존재 여부 확인

본 연구에서는 종속변수인 자전거 이용량에 대해 Moran's I 검정을 실시하여 공간자기상관의 존재 여부를 확인하였다. 그 결과, Moran's I 값이 0.247로 나타나 공간자기상관이 존재하는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구는 일반회귀분석 대신 공간회귀분석을 수행하였다.

3.3.4 공간회귀분석 적절 모델 탐색

공간자기상관이 확인됨에 따라, 적절한 공간회귀모델을 선정하기 위해 라그랑주 승수 검정(Lagrange Multiplier Test, LM Test)을 수행하

였다. 공간시차모델(SLM)과 공간오차모델(SEM)에 대해 각각 라그랑주 승수 검정(LM-Lag Test, LM-Error Test)을 진행한 결과, 두 검정 모두 유의한 것으로 나타나 강건 라그랑주 승수 검정(Robust LM-Lag Test, Robust LM-Error Test)을 추가로 수행하였다. 강건 라그랑주 승수 검정에서도 SLM, SEM 모두 유의한 결과가 나왔으며, 두 검정 값을 비교한 결과, Robust LM Lag Test의 검정 값이 더 높아 SLM이 적절한 모델임을 확인하였다. 검정 결과는 다음 표 1에 정리되어 있다.

표 1. LM Test, Robust LM Test 결과

LM -Lag	LM -Error	RLM -Lag	RLM -Error
67.326***	57.800***	13.708***	4.181*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

3.4 공간회귀분석 결과

표 2. 공간회귀분석(SLM) 결과

변수	회귀계수
정부시설 여부	-0.002
주거시설 여부	-0.018
산업시설 여부	-0.026
상업시설 여부	0.027**
문화시설 여부	0.009
주제공원 여부	0.008
녹지, 생활권공원 여부	-0.019*
학교시설 여부	-0.002
기타 용지 여부	-0.007
버스 이용량	0.096*
$\rho(\rho)$	0.391***
Pseudo R ²	0.190

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

공간회귀분석 결과는 표 2에 정리되어 있다. 상업시설 존재 여부와 버스 이용량은 어울

링 이용에 유의한 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 어울링이 상업시설을 방문하기 위한 수단으로 주로 사용되며, FM/LM 이동 수단으로서의 역할을 수행하고 있음을 시사한다. 반면, 녹지 및 생활권공원 여부와는 음의 관계를 보였는데, 이는 산이나 하천 등 자전거 이용에 적합하지 않은 지형적 요인이 많기 때문인 것으로 해석된다.

4. 결론

본 연구는 세종시 공공자전거 서비스 어울링의 이용 패턴을 분석하고, 이에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 공간회귀분석을 수행하였다. 분석을 위해 보로노이 다각형을 활용하여 각 대여소 주변의 공간을 구분하고, 해당 지역의 거리 기반 공간을 설정하였다. Moran's I 검정을 통해 어울링 이용량에 공간자기상관이 존재함을 확인하였으며, 이를 반영한 공간시차모형을 통해 분석을 진행하였다.

분석 결과, 상업시설이 어울링 이용에 유의한 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 어울링이 주로 상업시설 방문을 위한 교통수단으로 활용되고 있음을 시사한다. 또한, 버스 이용량 역시 유의한 양의 관계를 보여, 어울링과 대중교통이 상호보완적 관계에 있음을 확인하였다. 그러나 어울링이 대중교통과 연계되어 이용됨에도 불구하고, 대중교통 수송분담률에 미치는 영향은 미미한 것으로 보인다. 이를 개선하기 위한 정책적 보완이 필요하며, 그 방안으로 어울링 대여소와 버스 정류장 간의 물리적 거리를 줄이는 방안을 제안한다. 두 시설 간의 물리적 거리를 확인한 결과 평균 129.31m, 표준편차 268.55m, 최대 2250.92m로 나타났다. 상대적으로 거리가 먼 경우, 거리 축소를 통한 개선이 필요할 것이다.

한편, 상업시설이 유의한 변수로 확인됐지

만, 주거시설은 그렇지 않았다. 이는 상업시설로 분류된 오피스텔이 실제로는 거주 목적으로 이용되면서 결과에 왜곡을 초래했을 가능성이 있다. 따라서 향후 연구에서는 오피스텔의 특성을 보다 세밀하게 고려한 분석이 요구된다. 또한, 공공자전거의 이용 행태가 시기에 따라 달라질 수 있으므로 이를 고려한 추가적인 연구도 요구된다.

참고 문헌

- [1]. 구분진, 장덕현(2021). “공간회귀분석을 이용한 부산지역 공공도서관 접근성 영향 요인 분석,” 한국문헌정보학회지, 55(4), 67-87
- [2]. 김대성, 윤상후(2020). “보로노이 다이어그램을 이용한 서울특별시 소방권역 분석,” 한국데이터정보과학회지, 31(5), 865-875.
- [3]. 김숙희, 최기주, 김정화(2015). “공공자전거 시스템의 사회적 가치와 자전거 특성의 관계성 연구,” 대한교통학회지, 33(2), 125-135.
- [4]. 남궁옥, 박종한, 고준호(2021). “서울시 공공자전거 따릉이의 정성적 이용 행태 분석,” 교통기술과정정책, 18(6), 52-59.
- [5]. 변필성(2007). “공간계량경제모델링: 지리학의 제1법칙과 공간회귀모델,” 국토, 111-119.
- [6]. 안민수, 이창효(2022). “공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성 분석 - 대전광역시 ‘타슈’를 대상으로 -,” 지역연구, 38(4), 75-91.
- [7]. 이석환(2014). “공간의존성에 대한 이해와 공간회귀분석의 활용,” 한국정책과학학회보, 18(3), 39-79.
- [8]. Radzimski, Adam, and Michał Dzięcielski(2021). “Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland,” Transportation research part A: policy and practice, 145, 189-202
- [9]. Shaheen, Susan, and Nelson Chan(2016). “M

obility and the sharing economy: Potential to facilitate the first-and last-mile public transit connections,” Built Environment, 42(4), 573-588.

[10]. Anselin, L.(2005). “Exploring spatial data with GeoDaTM: A workbook,” Center for spatially integrated social science, 1963, 157.

[11]. “세종시 광역권 지방대중교통계획 최종보고서,” 한국교통연구원, 2013.

[12]. “국가교통통계2022,” 한국교통연구원, 2023.

[13]. “2030 세종도시기본계획,” 세종특별자치시, 2014.

[14]. e-나라지표(2024). “수송량 및 수송분담률,” (https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1245)