

공간회귀분석을 통한 공공자전거와 대중교통 간 관계 분석

: 세종시 공공자전거 '어울링'을 중심으로

김재현(한국기술교육대학교), 배장원(한국기술교육대학교)

1장. 문제 제기

- 공공자전거 시스템 : 개인이 저렴한 가격, 혹은 무료로 자전거를 공유하여 사용할 수 있도록 하는 서비스
- 출발지에서 대중교통 승차까지의 과정(First Mile)과 대중교통 하차 후 최종 목적지까지의 과정(Last Mile)을 위한 수단으로 사용되며 기존 대중교통의 이용량을 증가시키는 역할까지 수행하기도 함(Zhang et al, 2019 ; Yao et al, 2019 ; Shaheen et al, 2016)

- 공공자전거가 항상 대중교통을 보완하지는 않음(Campbell et al, 2016)
- 시공간적 특성(장재민 et al, 2016)이나 도시 특성(이재영 et al, 2012)에 따라 공공자전거의 이용 행태가 달라짐



- 세종시는 대중교통과의 연계성을 고려하며 공공자전거 '어울링'을 운영(세종시 광역권 지방대중교통계획, 2013)
- 세종시의 대중교통 수송분담률에 따르면 어울링 정책 이후 버스 수송분담률은 낮아지는 상황임(국가교통통계)

연구 목적 : 세종시에서 공공자전거와 대중교통 간 관계 및 자전거 이용량에 영향을 주는 기타 특성들을 회귀분석을 통해 확인하고자 함. 이는 추후 관련 정책 추진 시 고려할 수 있음

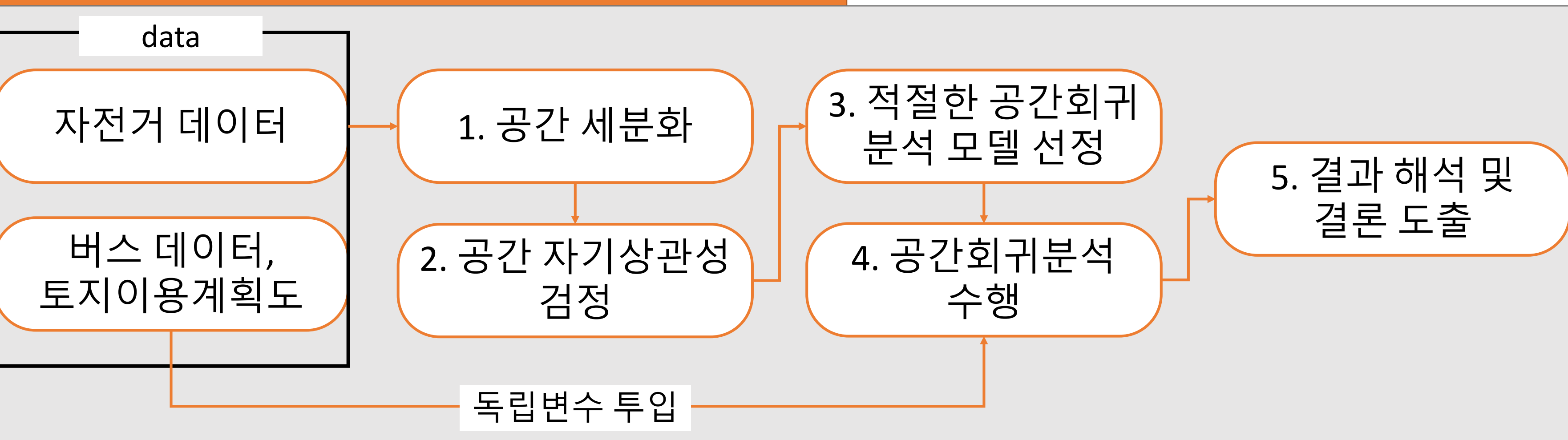
2장. 연구 방법

가. 데이터

- 공공자전거 '어울링' 이용 이력 데이터 및 공공자전거 대여소 데이터(21년 5월~22년 4월 데이터, 총 1,663,845건)
- 세종시 버스정류장별 승차 횟수 데이터 및 버스정류장 데이터(21년 5월~22년 4월 데이터, 총 347,256건)
- 세종시 토지이용계획도(국토교통부 택지정보자료제공, 22년 6월 데이터)

- 전체 과정은 Python과 그 라이브러리(scipy, pysal 등)를 활용하였음
- 어울링이 주로 이용되는 행정중심복합도시의 데이터만을 활용하였음

나. 연구 흐름도



다. 방법론 및 연구과정

1. 공간 세분화

- 공간회귀분석을 수행하기 위해선 먼저 공간을 세분화할 필요가 있어 수행함
- 어울링 대여소를 기준으로 보로노이 다각형을 그림
- 보로노이 다각형 : 평면을 특정 점까지의 거리가 가장 가까운 점의 집합으로 분할한 그림

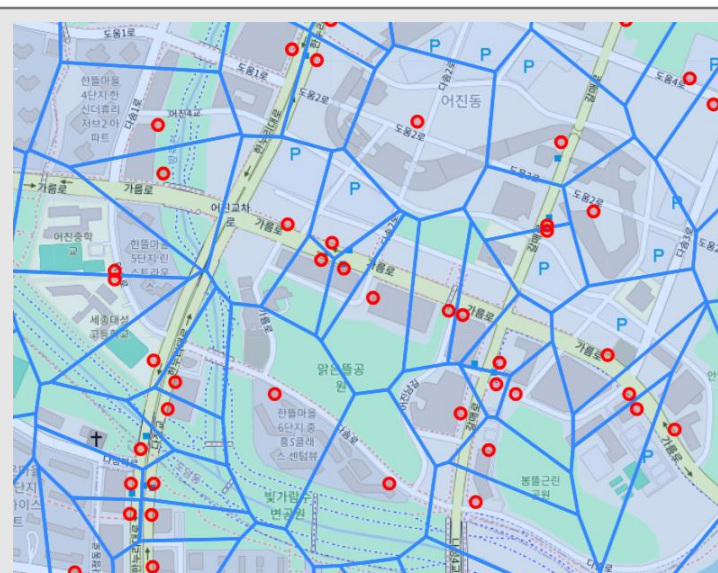


Fig1. 세종시 분할 결과

2. 공간 자기상관성 검정(Moran's I Test)

- 공간 자기상관성 : 특정 지역의 관측값이 그 지역으로 인해 발생하는 것이 아닌, 특정 지역의 주변 지역과 관계가 있다는 것을 의미
- Test 결과 -1부터 1까지의 값이 나오며 0에 가까울수록 자기상관성이 없음을 의미
- 전 기간에 걸쳐 0.2~0.3의 값이 나타나며 이는 약한 공간 자기상관성이 존재함을 의미

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

Fig2. Moran's I Test

n: 관측치 수 / i, j: 지역
x: 그 지역에서의 관측치
w: 이웃가중치 행렬, i와 j가 이웃한 경우는 1, 아니면 0인 값의 행렬

3. 적절한 공간회귀분석 모델 선정

- 공간회귀분석 모델에는 대표적으로 Spatial Lag Model, Spatial Error Model이 있음
- 이번 연구에서는 Spatial Lag Model을 사용

$$Y = \rho WY + X\beta + \epsilon$$

Fig3. Spatial Lag Model

ρ : Lag 계수(공간 자기상관성 강도)

4. 공간회귀분석 수행

- 시간적 특성 고려를 위해 데이터를 월별 및 평일과 주말로 구분해 공간회귀분석을 수행
- 어울링 대여소별 반납량을 종속변수로, 같은 보로노이 다각형 내 버스정류장에서의 승차량과 각 토지이용계획이 다각형을 차지하는 비율을 독립변수로 활용함

칼럼명	설명
bikecount	자전거 사용량(하차) 횟수를 0부터 1사이로 정규화한 값 종속변수로 활용됨
buscount	버스 승차 횟수를 0부터 1사이로 정규화한 값
governmentbuilding_ratio	보로노이 다각형 내 정부청사용지가 차지하는 비율
commercial_ratio	보로노이 다각형 내 상업시설용지가 차지하는 비율
livingfacilities_ratio	보로노이 다각형 내 근린생활시설용지가 차지하는 비율
apartment_ratio	보로노이 다각형 내 아파트용지가 차지하는 비율
house_ratio	보로노이 다각형 내 주택용지가 차지하는 비율
park_ratio	보로노이 다각형 내 공원용지가 차지하는 비율 다양한 공원용지가 존재하는데 모두 통합하여 고려 ex)어린이공원, 문화공원, 수변공원 등

Table1. 공간회귀분석 변수

5. 결과 해석 및 결론 도출

3장. 연구 결과

	governmentbuilding_ratio	commercial_ratio	livingfacilities_ratio	apartment_ratio	house_ratio	park_ratio	buscount	W
전체기간	0.04	0.13***	-0.57	-0.02	0.04	0.01	0.10**	0.36***
평일 전체	0.07**	0.14***	-0.55	-0.02	0.04	0.00	0.12**	0.35***
주말 전체	-0.03	0.08***	-0.50	-0.02	0.04	0.03*	0.05	0.44***

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

Table2. 공간회귀분석 전체기간 결과

- 평일에만 버스승차량과 정부청사용지 비율이 어울링 하차량과 양의 상관관계를 갖는 모습이 나타남. 이는 평일 정부청사용지 출퇴근 시 어울링이 대중교통을 보완하는 역할을 수행하는 것으로 해석할 수 있음
 - 실제 어울링 평일 이용 데이터를 보았을 때, 버스 정류장에 붙어있는 어울링 대여소에서 하차하는 횟수가 출퇴근 시간(7~10, 17~20시)에 121,601건, 이외의 시간에 98,455건이 나타남
 - 아파트용지 비율과 주택용지 비율의 경우 유의미한 관계를 갖지 않음
- W의 계수가 평일에 비해 주말이 크며 주말에만 공원용지가 유의미한 양의 상관관계를 가짐. 이는 주말에는 공원에서의 레저 목적으로 어울링이 이용된다고 해석할 수 있음
 - W의 계수가 크다는 것은 인접 지역 사이의 자전거 하차량이 서로 더 강하게 영향을 받았다는 것으로, 특정 시설이 있는 곳에 이용량이 몰리는 것으로 해석이 가능

4장. 연구 결론 및 한계점

- 평일엔 어울링이 대중교통을 보완하는 역할을 하는 것으로 보임. 하지만 정부청사용지와는 유의미한 관계를 맺지만 아파트용지 혹은 주택용지와 같은 주거시설과는 유의미한 관계를 맺지 않음. 어울링의 대중교통 보완 역할을 강화하기 위해서 주거시설 부근 어울링 대여소 확충 등의 추가적인 보완 정책이 유효할 수 있음
- 주말에는 대중교통과의 연계가 이루어진다고 보기 어려운 상황임. 반면 서울(남궁옥 et al, 2021)이나 대전(안민수 et al, 2022)의 경우 주말에도 공공자전거와 대중교통 연계가 활발함. 추후 정책 추진 시 주말의 대중교통 연계성을 고려할 필요가 있음
- 세종시 공간 세분화를 위해 활용한 보로노이 다각형은 지점 간 최단 직선거리만을 고려함. 반면 사람들의 이동 행태는 단순한 최단 직선 이동이 아닌, 도로 상황에 따라 달라짐. 추후 연구에선 이러한 부분을 고려하여 개선할 필요가 있음.

※ 본 연구는 2024년 한국기술교육대학교 LINC 3.0 사업의 지원으로 수행되었습니다