

공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성 분석 - 대전광역시 '타슈'를 대상으로 -

안민수* · 이창효**

Analysis of Spatial Characteristics Affecting the Use of Public Bicycles: Case of 'Tashu' in Daejeon

Ahn, Minsu* · Yi, Changhyo**

국문요약 최근 기후변화 이슈에 대한 관심이 높아지면서 자전거 이용이 대중교통을 보완하고 친환경 교통수단의 하나로 주목받고 있다. 대전광역시는 2008년부터 공공자전거인 '타슈'를 운영하고 있다. 본 연구는 공공자전거의 이용현황과 특성을 파악하고 공간 자료의 공간적 의존성을 고려한 분석 모델인 공간계량분석을 적용하여 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간적 특성을 실증적으로 분석하였다. 그리고 최적 공간계량모델로 파악된 공간오차 모형을 기준으로 대여, 반납, 첨두시간, 비첨두시간, 평일, 주말의 측면에서 6가지 모형을 분석한 결과를 도출하여 비교분석을 하였다. 분석모형 결과는 공공자전거 이용유형에 따라 유의미한 공간특성이 다르게 나타났다. 일반적으로 공공자전거 이용은 청년층 비중이 높고 대중교통 이용자 수가 많고 대학과 하천 접근성이 좋으며 토지이용혼합도가 상대적으로 낮은 지역, 아파트 비중이 높은 지역에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 공공자전거가 평일에는 통학목적으로, 주말에는 레저목적으로 이용되고 있음을 나타내며, 자전거 이용 편의성이 향상된다면 공공자전거 이용을 더욱 늘릴 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 공공자전거, 공간자기상관, 공간계량분석, 공간 특성

Abstract: With the recent increase in interest in climate change issues, the use of bicycles is complementing public transportation and attracting attention as one of the eco-friendly means of transportation. Daejeon Metropolitan City has been operating Tashu, a public bicycle, since 2008. This study empirically analyzed the spatial characteristics that affect the use of public bicycles by grasping the current status and characteristics of public bicycles and applying spatial econometrics analysis, an analysis model that considers the spatial dependence of spatial data. In addition, a comparative analysis was performed by deriving the results of analyzing six models in terms of rental, return, peak time, non-peak time, weekday, and weekend based on the spatial error model identified as the optimal spatial econometrics model. The analysis model results showed that significant spatial characteristics differed according to the type of public bicycle use. In general, the use of public bicycles was high in areas with a high

* 국립 한밭대학교 도시공학과 석사(주저자: dksalstn011@naver.com)

** 국립 한밭대학교 도시공학과 교수(교신저자: yich@hanbat.ac.kr)

proportion of young people, a high number of public transportation users, good access to universities and rivers, and relatively low land use mix, and high proportion of apartments. These results indicated that public bicycles are used for commuting purposes on weekdays and leisure purposes on weekends, and if the convenience of using bicycles is improved, the use of public bicycles can be further increased.

Key Words: Public Bicycle, Spatial Autocorrelation, Spatial Econometrics Analysis, Spatial Characteristics

1. 서론

최근 기후변화와 관련한 환경문제에 관심이 높아지면서 기존의 대중교통수단과 상호보완적이면서도 친환경적으로 활용할 수 있는 이동수단의 이용과 정책 도입이 증가하고 있다. 자전거의 경우, 해당 교통수단의 이용률을 높임으로써 도시 환경문제를 개선하고자 하는 국가나 도시 차원의 주요한 정책적 대상이 되고 있으며, 우리나라를 포함한 미국, 중국, 프랑스 등 세계 각국에서 공공자전거 정책을 도입·시행하고 있다(신희철 외, 2012).

한편 친환경 정책과 더불어 최근 공유 교통서비스의 급성장함에 따라 공공자전거의 대체재인 공유 전동킥보드의 빠른 확산 역시 공공자전거 정책의 추가적인 고려사항이 되고 있으며 스테이션 없이 이용할 수 있어 기존 공유 교통서비스에 비해 활발하게 이용되고 있다(김수재 외, 2021).

최근 민간 부문에서 빠르게 증가한 공유전동 킥보드 공급에도 불구하고 여전히 공공자전거는 저렴한 비용으로 효율적이게 이동할 수 있는 통행수단으로써의 역할을 하고 있다. 대전광역시에서도 2008년부터 공공자전거 서비스인 '타슈'를 운영하고 있으며, 대여소를 설치하여 무인으로 대여와 반납이 이루어지는 시스템이다. 타슈 이용객 수가 지속적으로 증가함에 따라 설비를 확충하여, 2020년 기준 공공자전거 2,895대, 대여소 262개소를 운영하며 공공자전거를 운영 중인 지자체 중 세 번째로 많은 자전거를 보유하고 있다(심지수, 2021).

하지만 대전광역시의 교통수단 부담률은 보행과 자전거 등 무동력 교통수단에 대한 점유율은 감소하고

있고 승용차의 점유율은 급격히 상승하고 있다(심지수, 2021). 국내 다수 지방자치단체에서 2000년대 후반부터 공공자전거 시스템이 도입되었으나 우리나라의 도시공간 요소의 특성에 대한 분석이 미흡한 상태에서 공공자전거 인프라를 구축하면서 운영에 측면에서의 문제가 발생하고 있다(이슬이 외, 2014). 자전거 이용은 도시민의 통행 특성과 수단선택의 선호뿐 아니라 시간·공간적 특성에 의해 영향을 받으며 이에 따라 이용행태 또한 달라질 수 있기 때문에, 효과적인 정책을 위해서는 해당 지역의 특성을 고려한 공공자전거 대여소 설치 및 이용률 확대 방안이 사전에 검토되어야 한다(장재민 외, 2016).

이러한 배경 하에, 본 연구는 대전광역시의 공공자전거 이용현황과 특성을 파악하고, 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성이 무엇인지 확인하고자 한다. 공공자전거 이용과 관련 있는 다양한 도시특성이 무엇인지 확인함으로써, 향후 관련 정책 및 사업 추진 시 우선적으로 고려해야 할 사항을 도출하고자 하는 것이 본 연구의 목적이라고 할 수 있다.

2. 연구의 범위와 내용

본 연구의 대상은 대전광역시 공공자전거 사업인 '타슈'이며, 시간적 범위 측면에서는 2020년을 기준으로 설정하고 비교분석을 위해 2019년과 2020년 7~12월을 부가적으로 활용하였다. 공간적 범위는 연구 대상에서 언급한 바와 같이 대전광역시 관내이다. 기존의 선행연구들은 지역적 범위를 서울시를 중심으로 공공자전거 관련 연구가 많았다. 수도권과 비수도권 간에

인구 및 경제, 도시공간특성에도 차이가 있기 때문에 지방도시인 대전광역시를 대상으로 함으로써 지역별 차이를 파악하는데 활용될 수 있는 연구라 판단된다.

주요 연구내용은 크게 두 부분으로 구성하였다. 첫째, 대전광역시 시설관리공단에서 제공된 2020년 자료에 기초하여 공공자전거 이용의 시공간적 특성을 분석하고, 2019년과 2020년 7~12월의 공공자전거 이용 자료를 토대로 공공자전거 이용의 변화 양상을 파악하였다. 둘째, 본 연구의 궁극적 목적인 공공자전거 이용과 관련한 공간 특성 분석을 위해, 그리고 공간자료가 갖는 공간 의존성(Spatial dependency)을 고려할 수 있는 분석 방법론인 공간적 자기상관분석과 공간계량 분석 방법론(Anselin, 1995)을 적용하여 2020년의 대전광역시 공공자전거 이용자료를 토대로 대여와 반납, 철두 및 비철두 시간대, 평일과 주말 등으로 구분하여 공공자전거 이용에 영향을 미치는 특성요인을 분석하였다.

3. 선행연구 고찰

1) 공공자전거 이용에 관한 특성

공공자전거의 이용특성은 다양한 도시의 변화에 따라 영향을 주고 있으며 이와 관련된 다양한 정책적 연구가 진행되고 있다. 우선 이론적 배경에 따라 공공자전거의 특성을 살펴보면 이슬이 외(2014)는 자전거도 하나의 교통수단으로써 토지이용과 교통은 ‘교통시설 투자, 접근성 변화, 토지이용 변화, 활동 변화’의 한 방향으로 상호작용이 이뤄진다는 점을 제시하였다.

이경환·고은정(2020)는 고밀·복합화된 토지이용을 통해 도시 통행수요를 감소시키고 통행수단 선택에 있어서도 자동차보다는 대중교통이나 도보, 자전거 등의 이용 가능성이 높아진다는 점을 제시하였다. 이에 따라 공공은 근린의 토지이용에 대한 물리적인 제약을 가함으로써 자동차 통행에 따른 혼잡, 대기오염 등 심각한 도시문제에 대한 해결책을 제공할 수 있다는 측면에서 의미를 갖는다고 주장하였다.

또한 국외연구로 Moudon et al.(2005)는 자전거이용과 토지이용 및 도시형태의 상관관계에 대한 연구를 진행했으며 미국 시애틀 지역의 토지이용 및 기반시설 GIS데이터 구축을 활용하여 자전거이용에 영향을 미치는 요소를 분석하였다. 산책로, 사무실, 병원, 패스트푸드점, 식당 등 자전거의 이용은 접근성과 연관성이 있었으며, 고밀개발 및 토지이용혼합 등의 뉴어바니즘 이론이 자전거이용에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다.

이러한 이론적 배경 하에 실제 공공자전거 이용형태와 특성을 결과로써 제시한 선행연구를 살펴보았다. 대전광역시 공공자전거 특성을 살펴보면 도명식·노윤승(2014)는 공유자전거 정거장의 최적위치 결정을 위한 기초 연구를 수행하였고, 공유자전거의 이용은 주중보다 주말에 수요가 더 많으며 공유자전거를 대여한 장소에서 다시 반납하는 비율이 높은 특성이 있음을 확인하였다.

심지수(2021)는 Covid-19 확산 이후에 공공자전거 이용량이 증가하였고, 특히 주말 이용객 증가량이 두드러지는 것으로 분석되었으며, 이용시간과 이동거리 역시 증가한 것으로 나타났다. 이는 감염병 확산에 따른 사회적 거리두기 체제 하에서 이동성을 확보할 수 있는 수단 중 하나인 공공자전거를 포함한 전동킥보드의 이용도 증가를 의미하며, 이를 지원하기 위한 대중교통과의 연계 및 공간구조의 개선이 필요함을 주장하였다.

또한 최근 급격히 보급되고 있는 PM 유형간 이용 특성의 비교 연구로, 조정훈 외(2020)는 서울시 공공자전거와 공유킥보드의 이용 행태를 비교하였다. 두 수단 모두 평일 출퇴근 시간에 높은 이용 빈도를 보였으며 공공자전거의 경우에는 일요일 오후의 이용 빈도가 상대적으로 높음을 확인하였다. 이용 시간과 이동거리 측면에서는 공유킥보드가 공공자전거에 비해 짧았고 직선거리 대비 이동거리 비율도 낮았다. 이는 공유킥보드의 거치대 없는 운영 방식에서 기인한 것으로 판단하였다.

2) 공공자전거 이용 영향요인

공공자전거 이용 특성을 토대로 본 연구의 궁극적 목적인 공공자전거 이용 영향요인 분석에 필요한 적절한 요인 도출과 분석방법론을 검토하기 위해 관련 선행연구를 살펴보았다. 사경은·이수기(2018)는 서울시 공공자전거의 대여 및 반납 이력 자료를 활용하여 공공자전거 이용에 영향을 미치는 대여소 주변의 미시적 요인으로, 근린생활시설과 업무시설 연면적, 토지이용 혼합도, 평균 경사도, 평균 교통량, 하천·자전거우선도로·보행자 겸용도로·지하철 출입구·공공시설·대학교까지의 최단 거리 변수를 도출하였다.

도명식·노운승(2014)는 대전시 공공자전거 이용 수요에 영향을 미치는 요인을 단계입력방식(Stepwise method)으로 분석하여 버스 승하차 인원, 자전거도로 연장, 공원 여부, 수변공원까지의 거리, 짧은층 비율의 순서로 큰 영향력을 미침을 확인하였다.

심형욱 외(2019)는 서울시 공공자전거 따릉이 서비스의 이용률 개선을 위해 네트워크 중심성 지표를 활용한 대여소별 자전거보유대수 선정 방안을 제안하였으며 대여소별 자전거 보유대수는 서비스 지역의 공간적인 중심성 특성을 고려하여 선정하는 것이 필요하다는 결과를 도출하였다.

국의 연구로, Faghin-Imani et al.(2014)은 뉴욕시 공유자전거 시스템인 CitiBike 이용자료를 분석하여 이용 수요의 결정 요인을 파악하였다. 공원, 식당, 상업시설, 대학교 등으로의 접근성과 인구 및 일자리 밀도가 영향을 미쳤으며 이러한 변수들 간 상호작용 효과는 주로 통근에서 나타난다는 증거를 제시하였다.

공공자전거 이용량의 특정 공간 집중 현상을 고려하여 공간적 자기 상관성을 고려한 선행연구로, 이슬이 외(2014)는 창원시 공공자전거 이용에 대한 분석에서 행정구역 간에 미치는 공간적 자기상관성을 파악하고 공공자전거 이용의 도시 환경적 영향요인과 영향의 정도를 분석하였다. 그 결과 인구밀도, 주요시설 연면적, 교통사고율, 대중교통밀도가 공공자전거 이용에 공간적으로 높은 상관관계를 보이고 있음을 확인하였다.

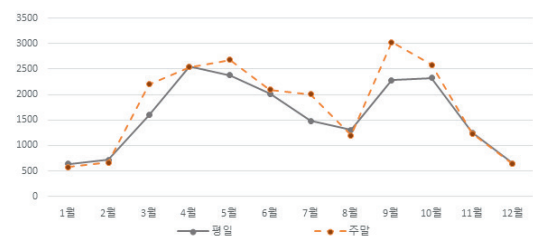
본 연구는 선행연구 검토 결과를 기초로, 공공자전

거 이용과 관련한 설명변수를 선정하였고 공간자료 분석을 위한 방법론을 결정하였다. 그리고 아직까지 기존 선행연구에서 검토하지 않았던 대여·반납, 침두·비침두 시간대, 평일·주말 등으로 세분하여 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성의 차이를 분석한다는 점과 단순히 이용량을 활용하여 이용특성에 대한 분석 연구가 대부분이었다면 본 연구는 공간적 분석을 통해 대전시의 도시 특성에 따른 공공자전거 이용패턴을 공간의 인접성까지 고려하여 영향 요인을 파악한 점에서 선행연구와 차별성을 두었다.

4. 공공자전거 이용 현황 분석

1) 월별·시간대별 이용 특성

대전광역시의 공공자전거 이용 현황과 관련하여, 월별·시간대별 이용 현황을 2020년 평일과 주말의 일평균 대여 건수로 비교 분석하였다. <그림 1>에서와 같이, 월별 공공자전거의 이용량은 봄과 가을에 해당하는 시점에 월등히 많았으며, 평일보다 주말의 이용량이 높은 것으로 확인되었다. 이는 4계절이 뚜렷한 우리나라의 기후적 특성이 영향을 공공자전거 이용량에 영향을 미치고 있음을 나타낸다. <그림 2>는 시간대별 공공자전거 이용량으로, 평일과 주말의 공공자전거 이용 패턴에 차이가 있음을 나타낸다. 평일에는 오전 7~9시 및 오후 5~7시에 이용량이 많은 것 나타나 통근 및 통학 통행수단으로 활용됨을 확인할 수 있는 반면, 주말에는 오후 시간대인 14~18시에 최대 이용량을 보여 여가 및 레저 활동에 공공자전거가 활용되고 있음을 추정할 수 있다.



<그림 1> 월별 일평균 이용건수

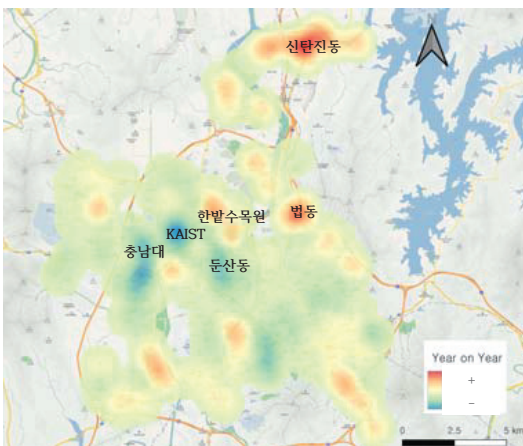


(그림 2) 시간대별 일평균 이용건수

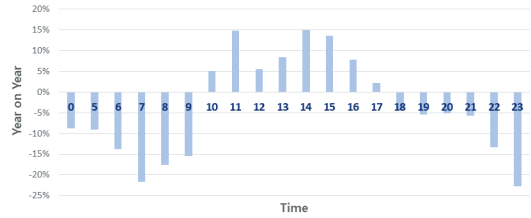
2) 공공자전거 이용의 특성 변화

공공자전거 이용 특성의 변화를 확인하기 위해 전년 대비 공간분포와 시간대별 변화 양상을 살펴보았다. 공공자전거의 대체재로 기능할 수 있는 공유키패드의 도입 시점(2020년 6월)을 고려하여, 2019년과 2020년의 7~12월 공공자전거 이용 자료를 활용한 전년 대비 변화율을 분석하였다.

2019년 대비 2020년 이용빈도 증감률 공간분포를 살펴보면(〈그림 3〉 참조) 충남대, KAIST 대학캠퍼스 주변지역과 주도심지역인 둔산동 일대에서 주로 공공자전거 이용이 감소하였다. 반면, 한밭수목원 주변지역과 신탄진동, 범동에서 가장 많은 증가하였고 이는 주로 하천과 공원지역, 외곽지역에 해당된다. 시간대별 공공자전거 이용 변화 측면에서(〈그림 4〉 참조), 2019년 대비 2020년에는 통근 및 통학이 집중되는 시간에 공공자전거 이용이 감소한 것으로 나타났다. 이

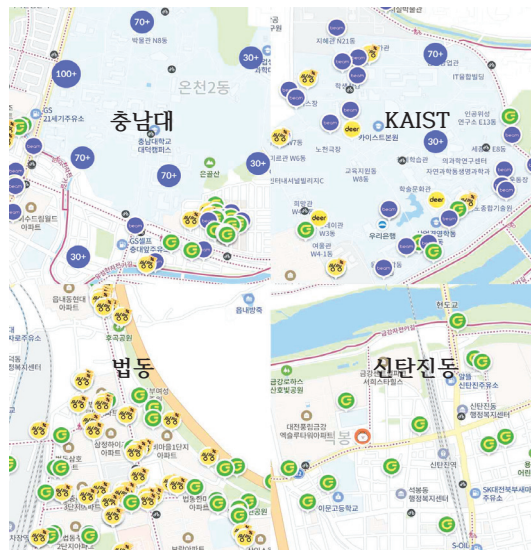


(그림 3) 전년대비 이용빈도 증감률 분포



(그림 4) 시간대별 전년대비 이용빈도 증감률

는 여전히 통근 및 통학을 위한 교통수단으로 주로 이용은 되지만 다소 감소하고 있는 것으로 판단된다. 반면, 오후 낮시간대의 이용 증가는 공공자전거가 여가 활동이나 레저용으로써의 활용이 증가하고 있는 것으로 이해할 수 있다. 이러한 현상은 단거리 통행에 효과적인 공유키패드 공급의 영향으로 판단되어지며 〈그림 5〉와 같이 신탄진동과 범동에 비해 충남대와 카이스트에서 공유키패드의 공급이 상대적으로 월등히 많은 것으로 보아 통근 및 통학이 많이 발생하는 대학캠퍼스와 주도심지에서 공공자전거가 공유키패드로 교통수단이 대체되는 현상이 나타난 것으로 판단된다.

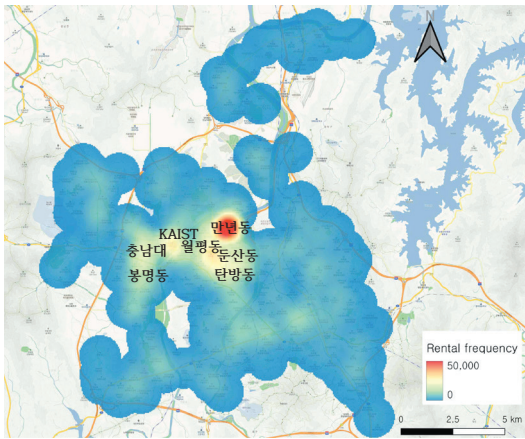


(그림 5) 주요지역 공유키패드 공급 분포(출처: 카칩)

3) 공공자전거 이용의 공간분포

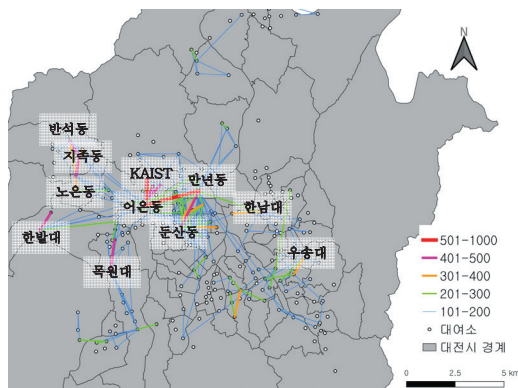
대전광역시의 공공자전거 이용에 대한 공간적 분포를 확인하기 위해 2020년 1년간의 총 공공자전거 대여

량 분포도 그리고 대여 및 반납 지역을 연결한 스파이더 맵(Spider map)을 통해 주요한 공공자전거 이용 지역을 분석하였다. 공공자전거를 주로 대여하는 지역은 한밭수목원이 있는 만년동이었으며 둔산동, 월평동, 봉명동, 탄방동 순이었다. 또한 한밭수목원을 중심으로 하는 도심지역에서 공공자전거 대여량이 많았고 충남대학교와 KAIST를 중심으로 봉명동 신시가지 인근 지역에서도 많은 대여가 발생하였음을 확인하였다 (<그림 6> 참조).



<그림 6> 대여빈도 분포도

<그림 7> 스파이더 맵(Spider map)을 살펴보면 주로 둔산동과 만년동을 기종점으로 하는 대여소가 가장 많았고, 상위 기종점 구간은 하천과 공원 주변인 어은동과 만년동 구간, 유성구 주요 생활권인 지족동과 반



<그림 7> 대여반납 기종점 스파이더 맵

석동 그리고 노은동 구간이었다. 특히, 충남대, KAIST, 목원대 등 대전광역시 내 대학교 주변에서의 공공자전거 이용이 다수 확인되어 대학생들이 통학 목적으로 자주 활용하는 것으로 추정할 수 있다.

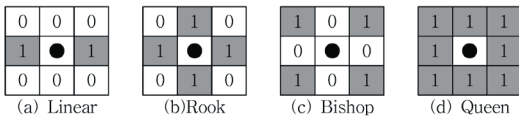
따라서 대전광역시의 공공자전거는 이용특성을 정리하면 다음과 같다. 봄과 가을에 해당하는 시점에 이용이 월등히 많았고 하루 평균 이용건수가 평일보다 주말이 더 많이 나타났으며 주로 통근 및 통학, 여가 및 레저 활동을 위한 교통수단으로 활용되고 있다. 하지만 최근 공유킴보드가 보급이 되면서 공공자전거는 통근 및 통학을 위한 교통수단으로의 역할이 다소 감소하였고, 여가 및 레저 활동을 위한 교통수단으로 이용이 점차 늘어나고 있다. 또한 공간적 분포에 있어서는 주도심지에 위치한 하천과 공원에 이용이 집중되어 있으며 대여소 기종점간의 이동은 주도심지 주변과 대학교 주변에서 이동이 많이 발생하는 것으로 나타났다.

5. 공공자전거 이용 영향요인 분석

1) 분석방법론 설정

앞서 공공자전거 이용과 관련한 공간분포에서 확인한 바와 같이, 공공자전거 이용은 특정 지역에 집중하는 현상을 나타낸다. 따라서 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성을 분석하기 위해, 공간상에 분포하는 공간객체들의 위치에 따른 유사성을 고려할 수 있는 분석방법론을 적용할 필요가 있다(Anselin, 1995). 본 연구는 일반최소자승(Ordinary least square; OLS) 분석과 더불어 공간적 자기상관 특성을 반영할 수 있는 공간계량분석 기법인 공간시차모형(Spatial lag model; SLM), 공간오차모형(Spatial error model; SEM)과 공간자기상관모형(SAC: Spatial Autocorrelation Mode) 중 OLS, SLM, SEM 3가지 모델을 적용하여 비교 분석하고 최적 모형을 도출하고자 한다. 이를 위해, 공간적 자기상관성의 유무를 검토하고자 공간인접성 가중치를 적용하여 Moran's I를 도출

하였다. <그림 8> 공간가중행렬 구축 방식은 Linear, Rook, Bishop, Queen 4가지 방식에 따라 분석하고, 거리 척도에 따라 분석하여 가장 적절한 방식과 거리를 선택한다(신광문 외, 2019). 본 연구는 도시공간의 접근성 측면에서 인접한 모든 경계를 활용하는 것이 타당하다고 판단되어 Queen 방식을 적용하였다. Moran's I는 -1부터 +1까지의 값을 가지며, +1에 가까울수록 정(Positive)의 공간적 자기상관성, -1에 가까울수록 부(Negative)의 공간적 자기상관성을 나타낸다(이희연·노승철, 2013).



<그림 8> 공간인접성 4가지 방식(이슬이 외, 2014)

일반최소자승(OLS)은 공간자료의 공간적 가중치 행렬(W)을 고려하지 않은 회귀분석 기법이며, 오차항의 상관성이 존재하지 않는다는 가정을 토대로 분석한다.

SLM은 독립변수의 종속성에 의해 공간적으로 시차된 종속변수의 공간자기상관을 갖는 경우로 공간자기상관의 정보를 독립변수로 회귀식에 설정하는 형태를 보인다. y 는 $(n \times 1)$ 공공자전거 이용량 벡터, p 는 공간시차 매개변수를 나타내고, Wy 는 $(n \times n)$ 공간가중행렬 W 를 갖는 공간시차 변수이다 X 는 해당 $(n \times m)$ 설명변수 벡터, β 는 설명변수의 추정 계수로 $(m \times 1)$ 벡터이며, ϵ 는 $(n \times 1)$ 오차항 벡터이다. 공간시차모형(SLM)은 다음 식과 같다.

$$y = \rho Wy + X\beta + \epsilon, \text{ or}$$

$$y = (I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} \epsilon$$

SEM은 오차항을 공간자기상관을 갖는 오차항과 아닌 오차항으로 나누고, 공간자기상관을 갖는 오차항에 공간의 정보를 주어 이를 통제하는 모형이다. y 는 $(n \times 1)$ 공공자전거 이용량 벡터, X 는 $(n \times m)$ 설명변수 벡터, β 는 설명변수의 추정 계수로 $(m \times 1)$ 벡터, ϵ 는 $(n \times 1)$ 오차항 벡터이다. $W\epsilon$ 는 $(n \times n)$ 공간가중행렬 W 를 갖는 공간오차 변수이다. λ 는 오차에 대한 시차를, u 는

$(n \times 1)$ 잔차벡터를 의미한다. 공간오차모형(SEM)은 다음 식과 같다

$$y = X\beta + \epsilon$$

where $\epsilon = \lambda W\epsilon + u = (I - \lambda W)^{-1}u,$
 or $y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}u$

2) 분석자료 구축 및 변수 설정

공공자전거 이용 영향요인 분석을 위한 종속변수와 설명변수의 구성은 <표 1>과 같으며 변수의 기술통계량은 <표 2>와 같다. 공간계량분석 적용을 위해 종속변수의 분석단위를 대여소가 위치한 지역, 즉 법정동 단위로 공공자전거 대여소별 자료의 평균값을 도출하여 분석에 적용하였다. <표 3>은 대여소가 위치한 법정동별 대여소 수 현황이다.

또한, 앞서 공공자전거 이용 현황 분석에서 확인한 바와 같이, 공공자전거의 이용은 이용패턴에 따른 차이가 있기 때문에 종속변수를 대여·반납, 침두·비침두, 평일·주말 등 3가지 유형으로 구분하여 분석을 수행하였다. 침두·비침두, 평일·주말에 이용건수의 경우 대여와 반납을 모두 포함하여 자료를 구축하였다. 그리고 선정된 지표를 활용하여 2가지 측면으로 공간계량분석을 진행하였다. 도시 특성을 나타낼 수 있는 인구·주택 특성, 대중교통 특성, 경제적 특성, 토지이용 특성, 대여소 접근성 지표를 활용하여 분석을 진행하고 추가적으로 도시 특성과 더불어 네트워크 특성을 포함하여 어떤 영향을 주는지 분석을 진행하였다. 설명변수는 자전거 이용과 관련한 적정 도보거리 그리고 공공자전거 대여소와 관련한 주요 시설물 및 주거유형별 건물 면적, 생활인구 간 관계에 대해 공공자전거 대여소 기준 반경 200m를 적용하여 분석한 선행연구(김예슬 외, 2020)를 반영하여, 공공자전거 대여소를 중심으로 반경 200m 내의 기초자료를 활용하였다. 설명변수는 공공자전거 이용과 관련한 인구·주택 특성, 대중교통 특성, 경제적 특성, 토지이용 특성, 대여소 접근성, 네트워크 특성과 관련한 총 9개 변수를 선정하였다. 변수 선정은 선행연구 결과를 검토를 통해 선정

하였다.

20~30대 인구와 주택가격이 공공자전거 이용수요에 영향을 준다는 선행연구(도명식·노윤승, 2014)에 근거하여, 20~30대 거주인구 비율과 아파트 실거래가를 설명변수로 설정하였다. 아파트 실거래가의 자료 구축은 반경 200m로 하는 경우 아파트가 존재하지 않거나 거래가 존재하지 않은 경우가 있어 법정동을 기준으로 설정하였다. 그리고 공공자전거 이용은 주로 대중교통과의 연계를 통한 퍼스트-라스트 마일의 수단으로 활용하며 대중교통 여건에 의해 달라질 수 있다는 점을 고려하여(이재영 외, 2012), 대중교통 특성으로 버스 및 지하철 승객수를 설명변수로 선정하

였다. 또한, 공공자전거 대여소 주변의 토지이용 혼합도, 그리고 주요시설과의 접근성이 공공자전거 이용에 영향을 미치는 점을 반영하여(사경은·이수기, 2018), 이와 관련한 변수를 설명변수에 포함하였다. 토지이용 혼합도는 특정 공간 범위 내에 어느 정도 수준의 다양한 토지이용이 존재하는지를 나타내는 지표로, 엔트로피(Entropy) 개념에 기초한 토지이용 혼합지수(Land-use mix index; LUM)를 산출하였다. 이 지수는 단일한 용도로 구성된 경우에는 0의 값 그리고 모든 용도가 동일한 비율을 가질 때에는 1의 값을 나타낸다. 본 연구에서 토지이용 혼합지수 산출을 위한 용도구분을 국토교통부 국토교통통계누리 건축물 통계

〈표 1〉 분석 모델에 적용된 변수

구분	변수	내용	단위	비고	
종속 변수	총 대여 건수 총 반납 건수 총 첨두시 이용건수 총 비첨두시 이용건수 총 평일 이용건수 총 주말 이용건수	대여소별 연간 총 이용 건수	회	대전광역시 시설관리공단 (2020)	
설명 변수	인구·주택 특성	20~30대 인구 비율	대여소 반경 200m 이내 20~30대 거주인구 비율	%	국토정보플랫폼(2020)
		아파트 실거래가	대여소 소재 법정동별 아파트 평균 실거래가	만원/m ²	실거래가 공개시스템(2020)
	대중교통 특성	버스 및 지하철 승객수	대여소 반경 200m 이내 대중교통 일평균 승하차 수	명	대전교통정보센터(2020)
	시설 접근성	대학교 접근성	대여소로부터 대학교까지 최단거리	m	국가공간정보포털(2016)
		하천 접근성	대여소로부터 하천까지 최단거리	m	국가공간정보포털(2016)
	토지이용 특성	토지이용 혼합도	$LUM = -\frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times \ln(P_i))}{\ln(n)}$ n=4(전체 용도 개수: 주거, 상업, 문교사회, 업무) P _i =대여소 중심 200m반경 내 i 용도의 면적 비율	-	국가공간정보포털(2020) 국토교통 통계누리 건축물 통계
		비아파트 비율	대여소 반경 200m 이내 비아파트 연면적 비율	%	국가공간정보포털 (2020)
	네트워크 특성	자전거도로 비율	대여소 소재 법정동별 자전거도로 연장길이 / 법정동 면적	m/m ²	국가공간정보포털 (2020)
		네트워크 근접 중심성	$CC = \frac{1}{\sum_{w \neq v} d(v,w)} \times 10^8$ N=대여소(노드) 수 d=v와 w 사이 최단거리	-	공공데이터포털 (2020)

〈표 2〉 기술통계량

지표명	N	평균	표준편차	최대값	최소값	공간단위	VF
총 대여 건수	87	1984.49	1501.32	11199.83	403.00	회	-
총 반납 건수	87	1976.53	1584.75	11808.33	434.00	회	-
첨두시 이용 건수	87	2742.33	2008.38	14060.50	542.00	회	-
비첨두시 이용 건수	87	1218.69	1095.27	8947.67	291.00	회	-
평일 이용 건수	87	966.43	708.41	5129.50	160.00	회	-
주말 이용 건수	87	2945.83	2289.10	17007.83	619.00	회	-
20~30대 인구 비율	87	25.41	11.19	59.49	0	%	1.380
아파트 실거래가	87	329.59	150.08	748.82	95.22	만원/m ²	1.340
버스 및 지하철 승객수	87	2102.61	3747.22	30685.30	0	명	1.134
대학교 접근성	87	1706.81	1540.46	7836.00	5.30	m	1.455
하천 접근성	87	1362.16	1300.49	7124.47	13.89	m	1.115
토지이용 혼합도	87	55.22	15.76	84.59	0.77	-	1.417
비아파트 비율	87	18.95	17.16	66.92	0	%	1.187
자전거도로 비율	87	0.0031	0.0027	0.0166	0	m/m ²	1.501
네트워크 근접중심성	87	46.94	10.23	65.85	23.07	-	1.857

〈표 3〉 지역별 타슈 대여소 현황

법정동명		대여소 수	법정동명		대여소 수	법정동명		대여소 수	법정동명		대여소 수
대덕구	덕암동	1	동구	용운동	3	유성구	가정동	4	중구	장동	1
	목상동	1		용전동	7		관평동	2		전민동	2
	문평동	2		원동	1		교촌동	1		죽동	2
	법동	5		인동	1		구성동	6		지족동	7
	비래동	3		자양동	1		구암동	2		하기동	2
	삼정동	1		정동	1		궁동	2		대사동	2
	석봉동	2		천동	1		노은동	1		대흥동	4
	송촌동	5		판암동	3		대정동	1		목동	1
	신탄진동	5		가수원동	4		덕명동	2		문화동	3
	오정동	4		가장동	2		도룡동	5		부사동	1
	와동	1	갈마동	4	반석동	3	사정동	1			
	읍내동	3	관저동	8	봉명동	9	산성동	1			
	종리동	4	도마동	2	상대동	6	석교동	1			
	평촌동	1	도안동	2	송강동	2	선화동	3			
	동구	가양동	4	서구	둔산동	20	신성동	4	오류동	4	
가오동		6	만년동		5	어은동	2	옥계동	1		
낭월동		1	변동		2	용계동	1	용두동	1		
대동		1	복수동		3	용산동	1	유천동	7		
대성동		2	용문동		2	원내동	1	충촌동	2		
삼성동		2	월평동		11	원신흥동	4	태평동	6		
성남동		1	정림동		1	원촌동	1	호동	1		
신흥동		1	탄방동		7	장대동	2				

대여소 합계: 262개소, 대여소가 설치된 법정동: 87개

의 용도구분기준을 참조하여 용도를 적용하였다. 또한 주차 공간 확보가 용이하지 않고 공공자전거의 주된 이용 계층인 20~30대 1인 가구의 주요 거주지로 볼 수 있는 단독, 다가구/다세대주택의 비율이 공공자전거 이용에 영향을 줄 수 있다는 가정에서 비아파트 비율을 설명변수로 선정하였다. 마지막으로 네트워크 특성 지표로 자전거도로의 경우 자전거 도로의 접근성이 자전거 통행을 결정하는데 중요한 계획요소임(이경환·고은정, 2020)을 보여준 선행연구를 근거하여 설명변수로 선정하였다. 자전거 도로의 자료 구축은 200m 반경으로 할 경우 범위가 작아 주변 자전거 이용 여건에 있어 설명이 어려울 것으로 판단되어 법정동을 기준으로 설정하였다. 또한 네트워크 근접 중심성 지표는 절대적 근접 중심성으로 네트워크 내에서 모든 노드들에 대한 최단거리의 값을 합친 전체거리의 역수로 계산할 수 있으며, 이는 전체거리가 짧을수록 근접 중심성 값은 크게 나타난다고 볼 수 있다(류기진 외, 2018). 따라서 공공자전거 대여소 간의 대여와 반납을 하는 시스템임을 고려했을 때 다른 대여소 간의 접근성이 이용에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되어 설명변수로 선정하였다.

3) 공간적 자기상관분석

공간계량분석 실행에 앞서 공공자전거 이용과 관련한 공간적 자기상관성 존재 유무에 대한 검증을 수행하였다. 이는 공공자전거 이용량에 대한 공간자료가 공간적 의존성을 갖는지 확인하기 위한 사전 확인 단계라 할 수 있다. Moran's I를 도출한 결과는 <표 4>와

<표 4> 공간자기상관 분석 결과

유형	Moran's I	Sig.
총 대여 건수	0.338	0.000***
총 반납 건수	0.298	0.000***
첨두시 이용건수	0.420	0.000***
비첨두시 이용건수	0.309	0.000***
평일 이용건수	0.355	0.000***
반납 이용건수	0.245	0.000***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

같다.

대여·반납, 첨두·비첨두시, 평일·주말의 모든 경우에서 공공자전거 이용은 정(+)-적인 공간적 자기상관성을 보여주었다. 정(+)-의 공간적 자기상관성은 공간단위별로 유사한 공공자전거 이용량이 인접해 있다는 것을 나타내며, 이는 6개 모델 모두 공간적 자기상관성을 고려할 수 있는 분석모형을 적용할 필요성이 있음을 나타내는 결과이다.

4) 공간계량분석 적용 결과

본 연구에서 공간계량분석은 GeoDA 프로그램을 토대로 공간계량분석을 진행하였다. 공간가중치 행렬(W)을 고려하지 않은 일반최소자승(OLS) 모형과 공간가중치 행렬을 적용한 공간시차모형(SLM), 공간오차모형(SEM)의 적용 결과, 총 6개 OLS에서 오차항의 비정규성을 나타내는 Jarque-Bera 통계량이 유의미하였다.

공간계량분석의 적합성은 라그랑주 승수(Lagrange Multiplier: LM) 검정을 통해 확인할 수 있다(허윤경, 2007). SLM의 적합도를 판단하는 LM(lag)와 SEM의 적합도를 나타내는 LM(error) 값 모두 공간계량분석의 적합성을 나타냈다. 종속변수에 영향을 미치는 공간적 의존성을 나타내는 SLM과 SEM의 공간가중치 행렬 계수 값인 ρ 와 λ 역시 통계적으로 유의미하였다. 결정계수(R^2) 측면에서는 SEM이 가장 높은 설명력을 보였으며, AIC, SC, Log likelihood 값 역시 SEM이 최적의 분석 모형임을 나타냈다. 따라서 6개 실증분석 결과는 SEM을 중심으로 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성 요인에 대해 해석하였다.

우선, 도시 특성을 나타낼 수 있는 지표를 활용한 분석을 살펴보았다. 전반적인 분석결과를 요약하면(<표 5~7> 참조), 20~30대 인구 비율과 대중교통 이용자 수는 6개 분석모형 모두에서 일관된 유의미한 정(+)-의 영향요인이었다. 대전광역시 공공자전거 이용수요는 젊은층 거주인구가 많고 버스승하차 인원이 많을수록 높다는 선행연구(도명식·노운승, 2014)와 일치하는 결과이다. 이는 자가용을 보유하기 어려운 20~30

〈표 5〉 대여·반납 공간회귀분석 결과

변수(Variables)	대여			반납		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	47.787***	47.257***	46.978***	59.618***	58.727***	57.365***
아파트 실거래가	1.519*	0.883	0.572	0.884	0.32	0.081
버스 및 지하철 승객수	0.105***	0.111***	0.109***	0.102***	0.107***	0.106***
대학교 접근성	-0.157*	-0.066	-0.171*	-0.133*	-0.045	-0.135
하천 접근성	-0.184	-0.185	-0.188	-0.491*	-0.484*	-0.497*
토지이용 혼합도	-10.336	-12.192*	-13.093**	-11.76	-12.899*	-12.731*
비아파트 비율	-11.155*	-9.75*	-8.38	-9.968	-8.505	-5.629
R ²	0.566	0.641	0.67	0.556	0.626	0.638
Log-likelihood	-690.001	-683.661	-681.968	-694.872	-689.261	-689.04
AIC	1396.	1385.32	1379.94	1405.74	1396.52	1394.08
SC	1415.64	1407.41	1399.57	1425.38	1418.61	1413.71
Jarque-Bera	15.978***			11.242**		
LM-Lag	12.507***			10.759***		
LM-Error	13.668***			9.518***		
ρ (rho)		0.388***			0.376***	
Lamda			0.524***			0.475***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

〈표 6〉 침두·비침두시간 공간회귀분석 결과

변수(Variables)	침두시간			비침두시간		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	11.055*	11.648**	11.288**	83.297***	81.93***	81.622***
아파트 실거래가	1.137**	0.714*	0.548	1.856	1.043	0.612
버스 및 지하철 승객수	0.046***	0.052***	0.053***	0.161***	0.167***	0.162***
대학교 접근성	-0.086*	-0.027	-0.084*	-0.223*	-0.107	-0.253*
하천 접근성	-0.024	-0.026	-0.06	-0.344	-0.343	-0.323
토지이용 혼합도	-2.21	-3.743	-3.667	-18.236*	-20.396*	-22.186**
비아파트 비율	-5.119	-3.557	-2.732	-16.896*	-15.565*	-13.864*
R ²	0.474	0.606	0.635	0.588	0.646	0.671
Log-likelihood	-636.447	-626.954	-625.569	-723.904	-718.93	-717.416
AIC	1288.89	1271.91	1267.14	1463.81	1455.86	1450.83
SC	1308.53	1294	1286.77	1483.44	1477.95	1470.47
Jarque-Bera	16.448***			14.743***		
LM-Lag	18.829***			9.735**		
LM-Error	17.961***			11.115***		
ρ (rho)		0.477***			0.345***	
Lamda			0.586***			0.484***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

〈표 7〉 평일·주말 공간회귀분석 결과

변수(Variables)	평일			주말		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	73.198***	71.832***	70.294***	34.207***	34.121***	33.969***
아파트 실거래가	1.497	0.708	0.332	0.905*	0.47	0.273
버스 및 지하철 승객수	0.15***	0.157***	0.153***	0.057***	0.061***	0.062***
대학교 접근성	-0.233*	-0.104	-0.258**	-0.057	-0.002	-0.046
하천 접근성	-0.387	-0.376	-0.378	-0.288	-0.293*	-0.306*
토지이용 혼합도	-15.782	-18.536*	-19.378**	-6.314	-6.598	-6.267*
비아파트 비율	-14.251	-12.468	-10.021	-6.872*	-5.725	-3.654
R ²	0.569	0.644	0.662	0.535	0.613	0.644
Log-likelihood	-719.809	-713.449	-712.583	-653.144	-647.166	-645.672
AIC	1455.62	1444.9	1441.17	1322.29	1312.33	1307.34
SC	1475.25	1466.99	1460.8	1341.92	1334.42	1326.98
Jarque-Bera	13.42**			20.747***		
LM-Lag	12.619***			11.137***		
LM-Error	12.556***			11.239***		
ρ (rho)		0.388***			0.393***	
Lamda			0.5***			0.542***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

대 젊은층이 대중교통과 함께 공공자전거를 연계하여 퍼스트-라스트 마일의 이동수단을 적극적으로 활용하는 것으로 해석할 수 있다.

토지이용 혼합도는 침두시의 공공자전거 이용에 대한 분석결과를 제외한 5개 분석모형에서 유의미하였다. 다양한 용도의 토지이용을 갖는 지역일수록 공공자전거의 대여와 반납이 활발한 것으로 나타난 서울 특별시 사례의 연구(사경은·이수기, 2018)와 달리, 본 연구에서의 분석결과는 부(-)의 관계가 도출되었다. 앞서 공공자전거 이용현황 분석과 같이 공유킴보드의 확산됨에 따라 도심지에서 토지이용혼합도가 높은 지역은 공유킴보드를 교통수단으로 대체되고 공공자전거 활용 목적이 대개 여가 및 레저 활동이 집중되어지면서 하천변이나 대학교 근처 등 다양한 용도의 토지 이용이 분포하지 않는 지역에서 대여와 반납이 이루어지기 때문으로 판단된다. 또한 토지이용 혼합도는 OLS보다 SEM에서 회귀계수의 절대 값 크기가 크게 나타났다. 반면, 아파트 실거래가는 OLS에서 대체로 유의미한 영향요인이었으나(반납 및 평일의 공공자전

거 이용 제외) SEM에서는 모두 유의하지 않았다.

대학교와 하천 접근성 변수는 부(-)의 관계로 대학교 및 하천으로부터 거리가 멀어짐에 따라 공공자전거 이용이 줄어드는 것으로 나타났다. 전자는 대여, 평일, 침두시, 비침두시에 대한 분석결과 그리고 후자는 반납, 주말에 대한 분석결과에서 유의미한 변수였다. 이러한 결과는 앞서 대전광역시 공공자전거 이용의 공간 분포 현황에서와 같이, 대학교 및 한밭수목원 근처 하천변에서의 공공자전거 이용이 상대적으로 많은 것과 연관성이 있다. 특히, 전자는 통학, 후자는 여가 및 레저 활동과 관련이 있는 공공자전거 이용 행태로 해석할 수 있다. 그리고 비아파트 비율은 비침두시의 공공자전거 이용에서 유의미한 부(-)의 관계를 나타냈다. 단독, 다가구, 다세대주택은 주차공간의 확보가 상대적으로 용이하지 않아 공공자전거를 대안 또는 보완적인 교통수단으로 활용하는 정(+)의 관계를 나타낼 것으로 예상하였으나, 아파트 비율이 낮은 지역일수록 인구밀도가 낮아 유동인구가 비교적 적은 지역이기 때문에 이러한 분석결과가 도출된 것으로 판단된다.

공공자전거 이용 특성의 공간 및 시간적 차이를 고려하여, 대여와 반납, 첨두시와 비첨두시, 평일과 주말로 구분한 분석결과를 비교하면 다음과 같다. 첫째, 대여와 반납을 살펴보면, 20~30대 인구 비율, 대중교통 이용자 수, 토지이용 혼합도는 공통의 유의한 영향요인이었다. 차이가 확인된 변수로, 대여 측면에서 대학교 접근성, 반납의 경우는 하천 접근성이 각각 추가적인 영향요인이었다. 이는 시설 접근성 관련 변수의 특성에 따른 차이로, 대학교와 가까운 대여소는 공공자전거 이용의 기점으로 기능하여 주로 학교 시 이동수단일 수 있으며, 하천에 인접한 대여소는 여가와 레저 활동을 즐기기 위해 하천 주변으로 이동하는 종점으로의 역할을 하는 것으로 판단된다(〈표 5〉 참조).

둘째, 첨두시와 비첨두시에서는 20~30대 인구 비율과 대중교통 이용자 수, 대학교 접근성은 공통의 유의한 요인이었으나, 비첨두시에는 토지이용 특성과 관련한 토지이용 복합도와 비아파트 비율이 유의미한 추가 지표로 나타났다. 첨두시에 비해 비첨두시에는 복합적 토지이용에 따른 직주근접보다 여가 및 레저 활동이 주로 이루어지는 시간대로 하천변이나 대학교 근처 등 비교적 토지이용혼합도가 낮은 지역에서 대여와 반납이 이루어지기 때문으로 판단된다. 그리고 비아파트 비율의 영향에 대해 해석하면, 비첨두시에 통근·학 목적 이외의 공공자전거 이용도가 아파트 단지 지역에서 상대적으로 높음을 나타내며, 이는 자전거 이용과 관련한 편의성이 영향을 미치는 것으로 판단된다(〈표 6〉 참조).

셋째, 평일과 주말에 대한 분석결과, 20~30대 인구 비율, 대중교통 이용자 수, 그리고 토지이용 혼합도는 공통적으로 유의미한 설명변수로 확인되었으며, 평일에는 대학교 접근성 그리고 주말에는 하천 접근성이 각각 추가적인 영향요인이었다. 이는 평일 대학생들의 학교 주변 이동과 주말 하천변에서의 여가 및 레저용 이용이 영향을 미친 결과로 판단된다(〈표 7〉 참조).

다음 〈표 8〉~〈표 10〉은 도시 특성과 더불어 추가적으로 네트워크 특성을 포함하였을 때 어떤 영향력 차이가 나타나는지 파악하기 위해 네트워크 특성을 포함한 9개의 지표를 활용하여 분석을 진행하였다.

20~30대 인구 비율, 버스 및 지하철 승객수, 하천 접근성, 토지이용 혼합도의 경우 〈표 5〉~〈표 7〉의 결과와 동일하게 나타났지만 아파트 실거래가, 대학교 접근성, 비아파트 비율에서 차이를 보였다. 우선 아파트 실거래가의 경우 첨두시에서 정(+)의 관계로 유의미한 지표로 나타났다. 첨두시의 경우 아파트가격이 높은 곳일수록 직주근접이 좋은 지역에 위치하고 있으며 비교적 단거리 통행을 위해 첨두시간에 공공자전거를 이용이 많은 것으로 판단된다. 대학교 접근성의 경우 네트워크 특성 지표로 인해 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며 이는 네트워크 특성 중 네트워크 근접 중심성이 크게 영향을 주면서 차이가 나타난 것으로 판단된다. 비아파트 비율의 경우 비첨두시뿐만 아니라 대여와 평일에서 부(-)의 관계로 유의미하게 나타났으며 평일 비첨두시에 통근·학 목적 이외의 공공자전거 이용도가 아파트 단지 지역에서 상대적으로 높음을 나타내며, 이는 자전거 이용과 관련한 편의성이 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 주거지역 특히 아파트 단지지역에서는 반납보다 기점지로 대여가 많이 발생하기 때문에 아파트 지역일수록 대여가 많은 것으로 판단된다.

도시 특성과 함께 네트워크 특성을 추가하였을 때 어떤 영향을 미치는지 알기 위해서 자전거도로 연장 비율과 네트워크 근접 중심성 지표를 포함하여 분석을 진행하였다. 우선 자전거도로 연장 비율은 6개 모델 모두 유의미하지 않는 지표로 나타났다. 그리고 네트워크 근접 중심성 지표는 주말을 제외하고 모든 분석 모델에서 유의미하게 나타났다. 이는 공공자전거의 경우 대여소간의 대여, 반납을 하는 시스템이며 이러한 특징으로 인해 대여소간의 접근성이 좋을수록 공공자전거 근거리 이동에 용이하여 수요가 증가한다는 것을 알 수 있다. 하지만 주말의 경우 레저 및 여가활동으로 주로 이용되며 상대적으로 이용자들이 공공자전거를 빌려 다시 제자리로 돌아와 반환하는(자기반환) 비율(return rate at same location)이 높게 나타나기 때문에(도명식·노윤승, 2014) 대여소간의 접근성 측면에서 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

〈표 8〉 대어·반납 공간회귀분석 결과(네트워크 특성 추가)

변수(Variables)	대어			반납		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	49.170***	47.786***	49.200***	59.366***	58.018***	58.922***
아파트 실거래가	1.576*	1.033	0.875	1.025	0.605	0.478
버스 및 지하철 승객수	0.090***	0.098***	0.104***	0.086***	0.092***	0.099***
대학교 접근성	-0.073	-0.041	-0.095	-0.023	0.006	-0.009
하천 접근성	-0.247*	-0.208	-0.175	-0.380**	-0.347**	-0.350**
토지이용 혼합도	-12.830*	-13.079*	-15.026**	-15.316*	-15.052**	-16.205**
비아파트 비율	-12.941*	-11.501*	-10.385*	-11.614*	-10.358*	-7.439
자전거도로 연장 비율	8806.5	-5938.5	21166.1	19890.8	5528.0	29332.6
네트워크 근접중심성	28.531**	20.822*	25.459*	33.779**	27.666**	36.996**
R ²	0.627	0.665	0.691	0.637	0.662	0.687
Log-likelihood	-683.43	-679.94	-678.15	-686.18	-683.81	-682.14
AIC	1386.86	1381.87	1376.29	1392.35	1389.61	1384.27
SC	1411.41	1408.87	1400.83	1416.9	1416.61	1408.82
Jarque-Bera	28.171***			50.333***		
LM-Lag	6.662**			4.362*		
LM-Error	8.57**			6.361*		
ρ (rho)		0.295**			0.248*	
Lamda			0.458***			0.42***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

〈표 9〉 첨두·비첨두시간 공간회귀분석 결과(네트워크 특성 추가)

변수(Variables)	첨두시간			비첨두시간		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	11.977**	11.754**	11.938**	85.120***	82.965***	85.240***
아파트 실거래가	1.192**	0.767**	0.656*	1.916*	1.277	1.093
버스 및 지하철 승객수	0.038**	0.045***	0.049***	0.141***	0.149***	0.156***
대학교 접근성	-0.040	-0.021	-0.060	-0.105	-0.064	-0.129
하천 접근성	-0.076	-0.057	-0.044	-0.413*	-0.360*	-0.315
토지이용 혼합도	-3.464	-3.929	-4.241	-21.843*	-21.989**	-25.170**
비아파트 비율	-6.099*	-4.517*	-3.801	-19.447*	-18.035**	-16.742*
자전거도로 연장 비율	-5114.7	-12757.8	-1871.7	22031.1	2453.4	41085.2
네트워크 근접중심성	16.794**	10.533*	14.637*	39.293*	30.423*	35.613*
R ²	0.541	0.625	0.662	0.646	0.671	0.691
Log-likelihood	-630.52	-623.91	-621.71	-717.44	-715.03	-713.58
AIC	1281.05	1269.82	1263.41	1454.88	1452.05	1447.17
SC	1305.59	1296.81	1287.96	1479.43	1479.05	1471.71
Jarque-Bera	19.657***			29.024***		
LM-Lag	13.038***			4.509*		
LM-Error	13.286***			6.397*		
ρ (rho)		0.407***			0.247*	
Lamda			0.56***			0.4***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

(표 10) 평일·주말 공간회귀분석 결과(네트워크 특성 추가)

변수(Variables)	평일			주말		
	OLS	SLM	SEM	OLS	SLM	SEM
20~30대 인구 비율	74.407***	72.390***	73.661***	34.128***	33.383***	34.495***
아파트 실거래가	1.667	1.057	0.873	0.935*	0.559	0.466
버스 및 지하철 승객수	0.128***	0.137***	0.145***	0.048**	0.054***	0.058***
대학교 접근성	-0.085	-0.047	-0.094	-0.011	0.013	-0.008
하천 접근성	-0.388**	-0.341*	-0.302	-0.238**	-0.213**	-0.226**
토지이용 혼합도	-20.827*	-21.083**	-23.811***	-7.319	-6.941*	-7.247*
비아파트 비율	-16.660*	-15.018*	-12.761*	-7.896*	-6.752*	-4.804
자전거도로 연장 비율	31014.7	11151.2	45849.5	-2317.5	-12235	4757.4
네트워크 근접중심성	46.318**	36.222**	47.504**	15.993*	12.227	15.193
R ²	0.65	0.678	0.701	0.589	0.634	0.666
Log-likelihood	-710.76	-708.04	-706.36	-647.76	-643.98	-641.99
AIC	1441.53	1438.08	1432.72	1315.53	1309.96	1303.97
SC	1466.07	1465.08	1457.27	1340.07	1336.96	1328.52
Jarque-Bera	36.305***			45.517***		
LM-Lag	5.174*			6.93**		
LM-Error	7.329**			8.839**		
ρ (rho)		0.261*			0.315**	
Lamda			0.422***			0.489***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 대전광역시 공공자전거의 이용 특성과 공간적 이용 변화 양상을 파악하고, 공간계량분석을 적용하여 공간 특성에 따른 영향을 분석하였다. 전반적인 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 대전광역시의 공공자전거 이용량은 월별, 시간대별, 요일별로 차별화된 패턴이 있으며, 2019년 대비 2020년의 이용량에 공간적 차이가 발생하였다. 통근 및 통학을 위한 교통수단으로의 역할이 다소 감소하였고, 여가 및 레저 활동을 위한 교통수단으로 이용이 점차 늘어나고 있다. 이러한 차이는 공공자전거 이용자의 활용 목적 변화 및 전동킥보드와 같은 대체 교통수단의 도입 등으로 인한 공공자전거 이용량의 변화로 해석할 수 있다.

둘째, 공공자전거 이용 현황자료에 대한 공간적 자기상관성을 분석한 결과, 정(+)적인 공간적 자기상관

성이 유의미하게 나타났으며 이는 공공자전거 이용이 인접지역과 영향력이 존재함을 나타내고 있음을 확인하였다. 공간계량분석 관련 세부 모형 중에서는 SEM이 상대적으로 최적의 분석모형으로 확인되어, SEM을 중심으로 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성에 대한 해석을 수행하였다.

셋째, 공간계량분석 결과는 공공자전거 이용 특성의 차이를 고려하여, 대여와 반납, 첨두시와 비첨두시, 평일과 주말 등으로 구분한 비교분석을 진행하였다. 전반적인 분석결과는 20~30대 인구가 높고, 대중교통 이용자가 많으며, 양호한 대학교와 하천 접근성, 토지이용의 순화, 그리고 아파트로 구성된 지역일수록 공공자전거 이용이 많음을 나타냈다. 네트워크 특성지표를 포함한 분석의 경우는 20~30대 인구가 높고, 대중교통 이용자가 많으며, 양호한 하천 접근성, 토지이용의 순화, 아파트지역 그리고 대역소 간의 네트워크 근접 중심성이 높은 곳일수록 공공자전거

이용이 많음을 나타냈다. 6개의 공공자전거 이용 유형별로는 다소 차이가 있는 분석결과가 도출되었으며, 주로 평일의 통학 목적 이용 이외에 주말 여가 및 레저 활동 목적의 이용에 따른 공공자전거 이용 증가가 확인되었다. 또한, 첨두시에 비해 비첨두시에는 비아파트 비율이 낮은 공동주택 단지과 하천이나 공원 주변에서의 이용도가 높아 자전거 이용을 위한 물리적 시설의 편의성이 공공자전거 이용에 영향을 미치는 것으로 해석되었다. 한편 네트워크 특성을 포함하였을 때는 첨두시에 아파트 가격이 높을수록, 대여와 평일에는 비아파트 비율이 낮을수록 공공자전거 이용에 추가적으로 영향을 주는 것으로 나타났으며 대학교 접근성은 유의미하지 않는 지표로 나타났다. 또한 주말의 경우를 제외한 모든 분석모형에서 네트워크 근접 중심성이 좋은 곳일수록 공공자전거 이용에 영향을 주는 것으로 나타났다.

본 연구는 공공자전거 이용의 시간적 패턴을 고려하여 대여·반납, 첨두·비첨두, 평일·주말로 세분화된 분석을 진행하였다. 또한 공간적 특성을 고려하여 공간적 자기상관분석을 통해 상관성의 존재를 파악하였고 공간회귀분석 시 공간적 종속성을 통제하여 분석의 정확성을 높이고자 하였다. 이처럼 공공자전거의 이용 특성과 공간적 패턴을 고려하여 분석을 한 점에서 다른 연구와의 차별성 가진다.

그러나 본 연구는 몇 가지 한계점을 가진다. 공간회귀분석을 위해 공간의 인접성측면으로 인해 법정동 단위로 설정하다보니 네트워크 특성을 포함하여 변수를 추가함에 있어서 관측치에 비해 비교적 많은 설명변수가 포함이 되었다. 이는 계수추정의 오류가 발생할 수 있기 때문에 향후 연구에서는 대여소별로 세분화된 공간단위 설정을 하여 분석할 필요가 있다. 또한 변수간의 분석단위가 다양하게 존재함에 따라 값의 편차가 있는 점 등에 대해서는 로그 변환 등을 통한 추가적인 검토도 가능할 것으로 판단된다.

연구결과에 기초하여, 공공자전거 정책 및 사업과 관련한 정책적 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 공공자전거의 이용 목적 측면에서, 공공자전거가 통근·학뿐만 아니라 여가 및 레저 활동 등 다양하

게 이용될 수 있으나, 도시계획 및 정책적 효과를 보다 높이기 위해서는 통근·학 목적에서의 이용도를 높이기 위한 방안이 마련될 필요가 있다. 특히, 대중교통 이용과 연계한 공공자전거 이용이 활발하게 이루어지고 있음을 고려하여, 대중교통시설 접근성 향상을 위해 공공자전거 기반의 B-TOD 계획 수립에 대한 검토가 요구되며 도시 공간구조 계획 차원에서 공공모빌리티를 포함한 통합적인 교통체계마련이 필요하다. 그리고 공공자전거의 여가 및 레저 활동 목적 이용량을 고려하여, 여가 목적통행 교통수단으로서 공공자전거의 장점을 극대화하기 위해 공원 및 하천에 자전거 전용도로 설치를 확대와 같이 이용 활성화를 도모하는 정책 역시 필요할 것으로 보인다.

둘째, 공공자전거 이용 패턴의 특성을 고려하여 첨두시와 비첨두시, 평일과 주말의 이용수요를 지속적으로 모니터링하고 이를 기초로 지역별 공공자전거를 적절히 배치한다면, 공공자전거에 대한 시설 투자 및 운영의 효율성을 도모할 수 있을 것이다.

셋째, 공공자전거의 서로 다른 기종점간의 이동 분포가 많은 지역과 유동인구가 많은 지역을 공간적으로 분석하여 해당 지역에 네트워크 근접 중심성을 높일 수 있도록 대여소를 적절히 배치한다면 접근성향상 뿐만 아니라 공공자전거 이용 활성화를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

넷째, 공공자전거 이용에 영향을 미치는 공간 특성을 고려하면, 대중교통 이용자수와 주요 이용인구가 밀집한 주거지를 대상으로 생활권 내 활동에 공공자전거 통행에 용이하도록 대여소간의 접근성을 고려한 물리적 시설의 적절한 공급 역시 공공자전거 활성화를 위한 효과적 정책대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김수재·곽민정·추상호·김상훈, 2021, 공유 전동킥보드의 공간적 이용특성 분석: 공간자기상관모형을 중심으로, 『한국ITS학회 논문지』, 20(1), 54-69.
- 김예술·박시은·박건웅, 2020, 서울 공공자전거 신규 대여소를 위한 수요량 예측 분석, 『응용통계연구』, 33(6), pp.739-751.

- 도명식·노윤승, 2014, 대전시 공유자전거 이용수요에 영향을 미치는 요인에 관한 연구, 『대한토목학회논문집』, 34(5), pp.1517-1524.
- 류기진·남형식·조상호·류동근, 2018, 사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구: 부산항을 중심으로, 『한국항해항만학회지』, 42(6), pp. 529-538.
- 사경은·이수기, 2018, 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 물리적 환경 요인 분석, 『국토계획』, 53(6), pp.39-59.
- 신희철·김동준·정성엽, 2012, 공공자전거 효과 분석 및 발전 방안, 『한국교통연구원 기본연구보고서』, 1-310.
- 신광문·이재수, 2019, 공간 헤도닉 가격 모형을 적용한 소형 주택의 임대료 결정 요인 -서울시 도시형생활주택-, 『부동산분석』, 5(3), 49-66.
- 심지수, 2021, 대전시 공공자전거 이용 특성으로 본 코로나 19 전후 비교, 『국토연구원』, WP21-18.
- 심형욱·이영인, 2019, 네트워크 중심성 기반 서울시 공공자전거 서비스의 이용률 개선 방안 연구 - 서울시 종로구 사례를 중심으로, 『대한교통학회지』, 37(2), 124-134.
- 이경환·고은정, 2020, 통행목적별 자전거 통행수단 선택에 영향을 미치는 요인 분석 -서울시를 대상으로, 『한국산학기술학회논문지』, 21(12), pp.33-42.
- 이슬이·신은경·김세용, 2014, 공유자전거 이용에 영향을 미치는 지역적 환경특성 연구, 『대한건축학회 논문집 - 계획계』, 30(12) pp.215-223.
- 이재영·박진희·임윤택, 2012, 도시특성에 따른 공공자전거 이용특성 및 정책방향 연구, 『대한국토·도시계획학회지』, 47(3), pp.295-308.
- 이희연·노승철, 2013, 고급통계분석론: 이론과 실습, 『문우사』.
- 장재민·김태형·이무영, 2016, 서울시 공공자전거 이용특성에 관한 연구, 『서울도시연구』, 17(4), pp.77-91.
- 조정훈·함승우·김동규, 2020, 마이크로모빌리티 이용 패턴에 관한 비교 연구: 서울의 공공자전거와 공유전동킥보드 사례를 중심으로, 『한국ITS학회 추계학술대회』, pp.237-242.
- 허윤경, 2007, 도시별 주택가격의 공간적 영향력 검증, 『주택연구』, 5-23.
- Anselin L, 1995, Local indicators of spatial association—LISA, 『Geographical analysis』, vol27 no2 pp.93-115.
- Anselin L. and Bera A. K., 1998, Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics, 『Handbook of Applied Economic Statistics Springer-Verlag』, Berlin, 21, 74.
- Ahmadreza Faghih-Imani, Naveen Eluru, Ahmed M. El-Geneidy, Michael Rabbat and Usama Haq, 2014, How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal, 『Journal of Transport Geography』, vol. 41, issue C, pp.306-314.
- Baller, R. D., Anselin, L., Messner, S. F., Deane, G., and Hawkins, D. F., 2001, County Homicide Rates: Incorporating Spatial Effects, 『Structural Covariates of U.S.』, Criminology 39.
- Moudon, A. V., Lee, C., Cheadle, A. D., Collier, C., Johnson, D., Schmid, T. L., and Weather, R., 2005, Cycling and the built environment, a US perspective, Transportation Research Part D, (10), 245-261.

계재신청 2022.09.01

심사일자 2022.10.10

계재확정 2022.10.14

주저자: 안민수, 교신저자: 이창효