

공공자전거 임대내역 데이터를 활용한 마이크로 모빌리티 패턴분석 연구*

조재희** · 백가은***

A Study on Micro-Mobility Pattern Analysis using Public Bicycle Rental History Data*

Jaehee Cho** · Gaeun Baik***

■ Abstract ■

In this study, various usage patterns were analyzed after establishing a data mart for micro mobility analysis based on the rental history of public bicycles in Seoul. Rental history data is origin-destination data that includes the rental location and time, and the return location and time. About 1500 rental locations were classified according to the characteristics of the location to create a 'station type' dimension. We also created a 'path type' dimension that displays whether the rental location and return location are the same. In addition, a derived variable called speed, which is obtained by dividing the distance used by the time used, is added, and through this, the characteristics of the riding area and the reason for the rental can be estimated. Meanwhile, administrative district link, administrative neighborhood link, and station type link were created to apply network analysis. Through this analysis, the roles and proportions of administrative districts, public facilities, and private facilities engaged in micro-mobility services were visualized. 49.9% of rentals occur at rental offices near transportation facilities, and half of them occur at rental offices near subway stations. The number of rentals during the evening rush hour is more than double that of the morning rush hour. When the path type is unidirectional, there is a fixed destination, so the distance and time used are short, and the movement speed tends to be high. In the case of round-trip, the purpose of use is exercise or leisure, so the distance and time used are long, and the movement speed is slow. It is expected that the results of the analysis can be used as reference materials for selecting new rental locations, providing convenient services for users, and developing user-specialized products.

Keyword : Public Bike, Micro Mobility, Route Type, Origin-Destination Analysis, Network Analysis

Submitted : September 8, 2021

Accepted : September 29, 2021

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2021-2016-0-00288). 이 논문은 2021년도 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음.

** 광운대학교 소프트웨어융합대학 정보융합학부 교수

*** 광운대학교 시공간데이터분석랩 연구원, 교신저자

1. 서 론

코로나19 사태가 장기화되면서 도시철도, 버스, 택시 등의 대중교통 이용에 대한 불안과 재택근무 증가로 인해 대중교통 이용률이 2019년보다 2020년에 3배가량 줄었다(이성호 외, 2021). 또 많은 국가에서 환경오염으로 인한 기후변화, 에너지 고갈, 교통체증 문제를 해결하기 위해 자전거 이용 활성화 정책을 다양한 방식으로 펼치고 있다. 국내의 경우 녹색성장으로 주목받고 있는 공공자전거 구축사업이 2008년 국가지원 중점사업으로 지정되어 활발하게 진행되고 있다. 최근 개통된 ‘자전거 하이웨이’(정지혜, 2021)는 청계광장부터 용두역 인근 고산자교까지 연결되어 왕복 12km를 막힘없이 달릴 수 있는 자전거 전용도로이다. 이처럼 공공자전거 시스템은 대중교통 이용을 대체할 수 있는 단거리 교통수단으로 자리매김하였다(Zhang et al., 2017; Lyu et al., 2020). 공공자전거는 도시 여행자에게 무료 또는 저렴한 단기자전거 이용서비스를 제공하여 교통혼잡, 소음, 대기오염을 줄일 수 있고, 실제로 공공자전거 공유시스템은 암스테르담, 파리, 몬트리올, 뉴욕, 보스턴, 워싱턴을 포함한 전 세계 도시에서 지하철과의 접근성을 확장하고, 개인차량을 이용한 여행을 줄이기 위해 이용되고 있다(Zhang et al., 2017; Midgley, 2011).

2021년 7월 3일 기준, RISS에 등재된 국내 학술지 가운데 “공공자전거”라는 키워드를 지닌 KCI 등재논문은 97편이다. 공공자전거의 이용패턴을 분석하여 자전거 재배치, 대여소 위치 선정 등 개선방안에 관한 연구가 54편(56%)이었고, 자전거도로 등 시설물 설계 및 디자인에 대한 논문이 25편(26%)이고, 나머지는 공공자전거와 관련성이 적은 논문(19%)이다. 이처럼 절반이 넘는 논문이 대여내역 데이터를 분석 후 운영효율성 제고를 위한 제안을 하였는데, 공공자전거 서비스가 도입된 지 불과 6년 정도 되어 아직 개선의 여지가 많기 때문으로 판단된다.

서울특별시 자전거정책과(2020)는 서울시에서 운영하는 공공자전거 ‘따릉이’의 이용이 해마다 증가

하고 있다고 밝혔다. 대여소별 이용 격차를 줄여야 한다는 논의와 개선방안 등이 지속적으로 발표되고 있으나 개선 실적은 저조하다. 이에 본 연구는 사용자의 이용패턴을 심도 있고, 다각적으로 파악하기 위해 진행되었다. 먼저 2019년 ‘서울특별시 공공자전거 대여정보’를 이용하여 데이터마트를 만들었고, 대여소유형과 경로유형을 분석관점에 추가하였다. 대여소유형 차원이 있으면 행정구역 간 이용패턴 보다 더 장소의 맥락이 가미된 이용패턴 분석이 가능해진다. 즉, 거주지와 교통시설 간 이용패턴 또는 교통시설과 근무지 간의 이용패턴이 집계됨으로써 더욱 현실적인 해석이 가능해진다. 대여소유형은 ‘공공자전거 대여소 정보’(서울 열린데이터광장, 2021년 1월 기준)에 나타난 장소 특성을 기초로 분류작업을 진행하였다.

이전에는 몰랐던 서울시 공공자전거 이용패턴이 밝혀짐에 따라 신규 대여소를 위한 입지선정, 효율적인 운영을 위한 자전거 이송 배치, 이용자에게 편의를 제공해주는 신규 서비스 개발 등을 실현할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 공공자전거에 관한 선행연구

우리나라에서 ‘공공자전거’라는 키워드를 사용한 최초의 연구는 김행범(1998)이다. 김해시의 교통정책과 대기오염을 줄이려는 목적으로 자전거 이용 활성화 정책에 대한 연구를 진행하였다. 이후에도 도시환경 문제 등 연구주제는 비슷하지만, 도시를 발전시킬 방안으로 연구가 진행되었다. 윤상오와 이윤아(2021)는 교통이 불편한 천안시의 원도심에 줄어 들고 있는 청년 유입 방안으로 공공자전거 도입을 제안하였다.

공공자전거 서비스에 따른 거치대, 노면표시, 속도 표지판, 안전 표지판 등의 시설물디자인 개발에 대한 연구(곽희준, 장찬범, 2008; 조재승, 2014; 최준석, 2011; 김승호 외, 2020)와 공공자전거의 집중 현상을 해소하고자 대여소 재배치에 대해 언급한 논문(정하영 외, 2021; 이은탁, 손봉수, 2019)이 있다. 공

공자전거 이용패턴을 분석한 연구(이병현 외, 2020; 심형욱, 이영인, 2019; 장재민 외, 2016; 강경희, 정진우, 2019) 역시 지하철역 인근에서 많은 이용이 발생하고 있는 패턴을 밝히며 대여소 재배치에 대해 언급하였다.

해외의 경우 공공자전거에 대해 국내보다 활발한 연구가 진행되고 있는데, 최근 들어 중국을 대상으로 한 연구가 많아지고 있다. Zhang et al.(2017)은 공공자전거 대여소의 수요/공급 비율, 이용수요에 미치는 영향, 대여소 간의 공공자전거 이용량의 공간 상관관계를 분석해 주변 대여소 환경요인이 공공자전거 이용에 미치는 영향을 조사하였다. Ji et al. (2017)은 성별, 연령, 소득, 자전거 이용 경험 등을 고려하여 중국의 철도 교통 접근성을 위한 공공자전거 이용요인을 조사하였다. Li et al.(2019)은 설문조사를 이용해 킴핑의 공공자전거와 개인자전거, 무료자전거 공유(free-floating bike sharing) 시스템의 차이를 분석하였다. Lyu et al.(2020)은 도시건설 환경이 공공자전거 이용객에 미치는 영향을 평가하여 도시 내 여러 지역의 고유 특성을 밝히고자 하였다.

지하철역 주변 대여소만을 선정해 공공자전거 이용률을 제고시키려 한 연구(Cheng and Lin, 2018; Lin et al., 2017; López and Sánchez, 2016; García et al., 2012)도 있다. Cheng and Lin(2018), Lin et al.(2017)은 지하철 승객을 대상으로 공공자전거 이용에 관한 선호도를 조사하였고, 지하철역 주변에 공공자전거 공유시스템을 구현해 환승 등 서비스 범위 확장 방안과 그에 따른 비용 효율성을 결정하고자 하였다. López and Sánchez(2016)는 공공자전거 이용을 촉진시키기 위해 개인자전거와의 이용거리를 비교하였는데, 개인자전거로 이동하는 평균 거리가 공공자전거보다 약 750m 길게 나타났다. 그러나 공공자전거가 대도시보다 중소도시에서 경쟁력 있다고 밝혔다. García et al.(2012)은 공공자전거 수요자의 공간분포를 계산하고, 위치할당 모델을 적용 후 각 대여소의 특성 및 접근성을 측정해 대여소에 최적의 위치를 결정하였다. Rahman(2020)은 방글라데시의 다카시에 공공자전거 시스템이 구축되지 않았

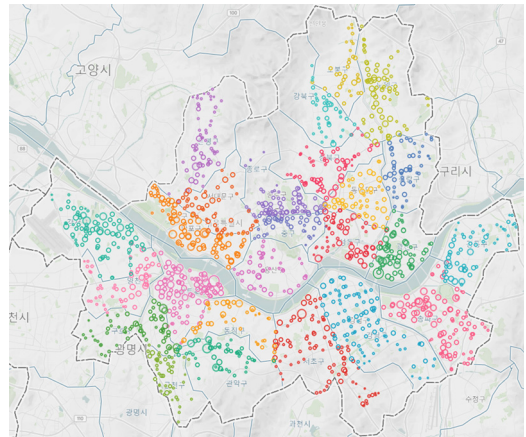
다고 밝히며, 구축을 위해 고려해야 할 사항을 논의하고자 6개 도시(런던, 파리, 뉴욕, 부에노스아이레스, 항저우, 뉴델리)의 운영 사례를 검토하였다.

살펴본 바와 같이 공공자전거 이용패턴 뿐만 아니라, 인프라에 관한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 하지만 서울시 전역을 살펴보는 연구는 진행된 바가 거의 없어, 서울시 공공자전거 임대에 관한 이용패턴을 살펴볼 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 연구 데이터와 방법

3.1 연구 대상지

우리나라 수도권 서울은 2021년 4월 기준, 천만(958만 8,711명) 인구가 거주하는 거대도시이다. 이러한 규모의 도시에서 나타나는 공공자전거 이용패턴은 다른 국제도시와 비교하여 개선점을 찾거나, 국내 지방도시 공공자전거 정책에 시사하는 바 클 것으로 생각된다. [그림 1]은 서울시에 소재한 따릉이 대여소 위치인데, 원의 색상은 25개 행정구를 표시하고, 원의 크기는 대여 건수와 반납 건수의 합계를 나타낸다. 한강 주변 대여소에서 원의 크기가 큰 것이 돋보이고, 북한산에 인접한 종로구 평창동과 구기동은 대여소가 적는데 이는 언덕이 많아 자전거를 이용하기 어렵기 때문이다.



[그림 1] 따릉이 대여소 위치와 이용량

3.2 연구 데이터

‘서울 열린데이터 광장’에서 ‘서울특별시 공공자전거 대여이력 정보’를 다운로드하였는데, ‘자전거번호’, ‘대여일시’, ‘대여대여소번호’, ‘대여소명’, ‘대여거치대번호’, ‘반납일시’, ‘반납대여소번호’, ‘반납거치대번호’, ‘이용시간’, ‘이용거리’로 구성되어 있다. 본 연구의 분석에서 사용된 데이터의 기간은 2019년 1월부터 12월까지이고, 2020년 데이터는 분석 대상에 포함하지 못하였다. 2020년의 경우, 대부분의 이용거리 값이 ‘0’값으로 기록되어 있었기 때문인데, 서울시 시설관리공단에 문의한 결과, 2020년 3월부터 도입된 QR형 자전거의 거리센서가 오작동되어 데이터 오류가 대량 발생했다고 한다.

2019년 1년 동안 발생한 대여이력 정보는 총 18,465,641건이었는데, 서울시시설관리공단 관계자와 협의한 끝에 이용시간이 1분 미만인 데이터(11,809건)와 4시간 이상인 데이터(8,380건)는 분석에서 제외하기로 하였다. 뿐만 아니라 출발지 또는 목적지 중 하나가 대여소가 아닌 레코드(651,415건)도 정상적인 임대가 아니므로 제외하였다. 2019년 현재 따릉이 대여소의 개수는 1,516개이며, 총 22,843대의 자전거가 운영되었다. 사용자 평균 이용시간은 25.8분, 평균 이용거리는 3.9 km이다.

‘공공자전거 대여소 정보(2021년 1월 기준)’도 다운로드 하였는데, 대여소명을 기초로 9개 대분류와 98개

〈표 1〉 따릉이 임대내역 데이터 요약(2019년 기준)

구분	총계
임대건수	17,794,037
대여소 개수	1,516
자전거 대수	22,843
평균 이용거리 (km)	3.9
평균 이용시간 (분)	25.8
평균 속도 (km/h)	10.8
대여소링크 수	506,201
행정구링크 수	622
대여소유형 대분류 개수	9
대여소유형 중분류 개수	98

중분류로 각 대여소를 분류하였고, 이를 ‘대여소유형’ 차원으로 명명하였다. 대여소링크 가지 수는 506,201개이고, 행정구링크는 622가지이다(경기도 소재 대여소가 두세 곳 있음). 정리하면 <표 1>과 같다.

대여와 반납이 이루어진 대여소에 관한 링크를 ‘경로유형’라는 이름으로 분석관점에 추가하고, 두 대여소가 서로 다르면(거짓) 단방향으로, 서로 같은(참) 양방향으로 분류하였다. 양방향의 경우, 인근 대여소에 반납하더라도 인정(일정거리 내 대여소에서 대여와 반납이 이루어진 경우)하기로 하였다. 이를 위해 100m 이내와 200m 이내를 평가해 보았는데, 전자의 경우 양방향으로 전환된 건이 약 4.1만 건이고, 후자는 양방향으로 전환된 건이 약 11.6만 건으로 나타났다. 즉 200m 이내 대여소에 반납한 경우, 이를 양방향으로 인정하면 양방향 경로유형은 9.1%로 9.7%로 증가한다(<표 2> 참조).

〈표 2〉 경로유형 전환 효과

	동일 대여소	임대건수	비율 (%)
0m	양방향	1,614,501	9.1
	단방향	16,179,536	90.9
100m	양방향	1,655,195	9.3
	단방향	16,138,842	90.7
200m	양방향	1,730,562	9.7
	단방향	16,063,475	90.3
총계		17,794,037	100.0

일반적으로 자전거를 이용하는 이유는 단거리 교통과 운동/여가활동 두 가지로 볼 수 있다. 본 연구에서는 이를 경로유형 차원으로 구분하였고, 전자를 단방향, 후자를 양방향으로 표현한다. 교통수단이라면 정해진 목적지가 있다는 것이고, 학교, 지하철역, 마트, 회사 등으로 이동하는 것이기 때문에 가급적 신속히 페달을 밟게 된다. 운동 및 여가활동 목적이라면 정해진 목적지가 없고, 시간 여유를 가지고 자연을 만끽하면 비교적 천천히 움직이는 이용자를 상해 볼 수 있다. <표 3>은 상기한 가점들이 빅데이터에 의해 가감없이 입증되고 있음을 보여준다. 즉, 출근을 위해 따릉이를 탄 사람은 여가활동을 위해

따릉이를 탄 사람보다 더 단시간(23분 대 50분)에 더 짧은 거리(3.7km 대 6km)를 더 빠른 속도(시속 11km 대 시속 7km)로 이동할 것이다.

<표 3> 경로유형(양방향과 단방향)의 측정값 비교

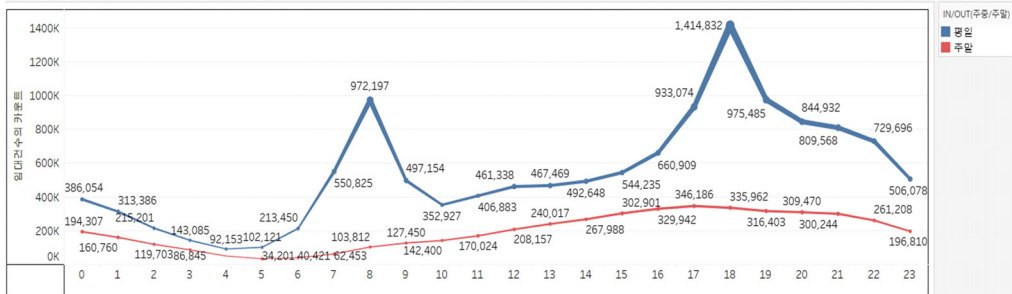
구분	양방향	단방향	총계
임대건수	1,730,562	16,063,475	17,794,037
평균 거리 (km)	6.0	3.7	3.9
평균 시간 (분)	50.3	23.2	25.8
평균 속도 (km/h)	7.2	11.2	10.8

[그림 2]는 시간대별 따릉이 이용건수를 보여주고 있는데, 평일과 주말로 구분되어 있다. 버스, 지하철 등 대중교통의 시간별 이용패턴과 전반적으로는 같

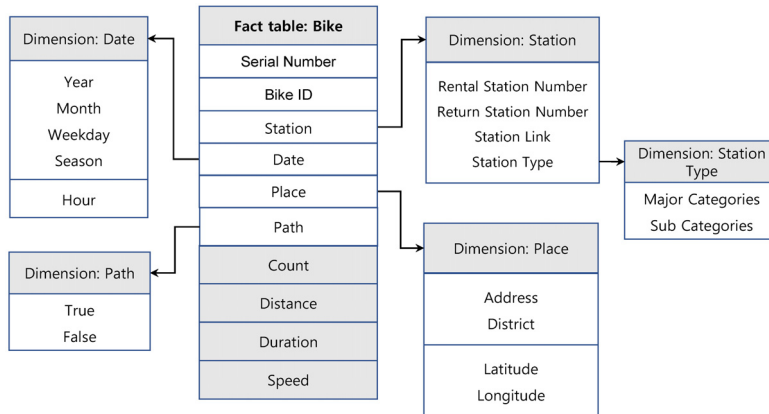
은 양상을 보여주고 있지만, 가장 큰 차이점은 평일 출근 시간대의 이용량이 현격하게 적다는 것이다. 정해진 시간에 맞춰서 출근하느라 마음이 바쁜 일부 사람들에게 자전거는 최선의 선택이 아닌 것 같다. 퇴근 시간대에는 출근 시간대에 비해 이용량이 65% 이상 증가하는 현상이 특이하다.

3.3 연구 방법

따릉이 이용패턴 분석을 위해 데이터마트를 구축하였다. [그림 3]은 그 구조인데, 'Bike'라는 팩트테이블과 Date, Path, Place, Station이라는 네 개의 차원테이블로 구성되어 있다. 팩트에는 Count(임대건수), Distance(이용거리), Duration(이용시간), 그리고 Speed(이동속도)라는 4가지 측정값을 포함하고 있다. Date 차원테이블에는 Year, Month, Weekday,



[그림 2] 시간대별 따릉이 이용건수



[그림 3] 따릉이 분석용 데이터마트 스키마

Season, Hour가 있고, Path 차원테이블에는 대여 대여소와 반납 대여소가 같은지 여부를 표시하는 True(양방향)와 False(단방향)가 있으며, Place 차원 테이블에는 Address(대여소 주소), District(대여소가 소재한 행정구), 대여소의 공간위치값인 Latitude와 Longitude가 있다.

데이터의 전처리와 분석은 엑셀과 BI분석 툴인 Tableau를 사용하였고, 네트워크분석은 NodeXL을 이용하였다. 첫째, 공간분석에서는 대여소 주소를 이용해 대여소를 9개 대분류(교통시설, 주거시설, 편의시설, 공공기관, 교육기관, 오피스, 상업시설, 종교시설, 연구시설)와 98개 중분류(교통시설: 지하철역, 버스정류장, 주거시설: 아파트, 빌라 등)로 유형을 나누어 임대건수 변화를 살펴보았다. 둘째, 공공자전거 이용패턴을 살펴보기 위해 시계열분석을 하였다. 임대건수와 이용거리, 이용시간을 월, 일, 요일, 시간대에 따라 관찰하였다. 셋째, 네트워크분석법을 이용해 행정구별 이동과 대여소유형별 이동을 살펴볼 수 있는 공간네트워크분석을 하였다.

4. 연구 결과

4.1 대여소유형별 이용패턴

분석에 이용한 2019년도 서울시 공공자전거 이용량 분포를 대여소유형 대분류별로 살펴보았다. 교통시설 인근 대여소가 전체 이용량의 절반을 차지하고 있고, 이어서 주거시설(11%), 편의시설(10%), 공공기관(7.7%), 교육기관(7.4%), 오피스(7.3%) 순으로 이용량이 분포되어 있다. 대여 건수와 반납 건수 편차는 크지 않은데, 대부분의 따릉이 이용이 마이크로 공간에서 이동하기 때문인 것으로 추정된다. 즉, 평균 이동거리가 3.9km, 평균 이용시간이 26분 정도에 불과하고, 연회비를 납입한 100만 회원이 주기적으로 정해진 공간을 왕래하는 경향이 있다고 판단된다.

<표 5>는 출발지-목적지 인접행렬표인데, 행이 출발지, 열이 목적지를 표시한다. <표 4>의 대분류 이용량 비중을 더 상세하게 분석하기 위해 중분류

〈표 4〉 대여소유형 대분류별 이용량 비중

대분류	대여 건수 (%)		반납 건수 (%)	
교통시설	8,882,061	(49.9)	8,929,533	(50.2)
주거시설	1,974,898	(11.1)	1,935,555	(10.9)
편의시설	1,789,232	(10.1)	1,780,757	(10.0)
공공기관	1,363,830	(7.7)	1,368,856	(7.7)
교육기관	1,322,875	(7.4)	1,294,284	(7.3)
오피스	1,291,143	(7.3)	1,284,923	(7.2)
상업시설	995,694	(5.6)	1,024,243	(5.9)
종교시설	136,328	(0.8)	135,864	(0.8)
연구시설	37,976	(0.2)	40,022	(0.2)
총계	17,794,037	(100)	17,794,037	(100)

유형을 추가하였고, 중분류 중 임대건수가 큰 것만 선별해서 정리하였다. 지하철역 인근에서 대여하여 지하철역 인근에서 반납하는 비중이 단독 1위로서 전체의 26.1%(2,161,730건)를 차지하고 있는데. 그 이유는 두 가지로 해석할 수 있다. 첫째, 지하철역에는 그 지역의 모든 편의시설이 모여 있어서 사람들이 몰리는 경향이 있고, 둘째, 지하철역에만 가면 따릉이 대여소를 쉽게 찾을 수 있기 때문이다. 대각선을 기준으로 서로 마주 보는 두 셀의 이용량 비중 근소한 차이를 보이고 있는데, 이것은 따릉이 수급 운영이 어느 정도 순조롭게 진행되고 있음을 나타낸다. 물론 개별 대여소 수준으로 수급을 분석하거나, 시간 프레임을 축소하여 수급을 분석하면 자전거 부족 현상과 초과 현상이 발생안할 수가 없다. 그렇지만 행정구라는 공간, 하루라는 시간 단위로 수급을 분석하고 이송 배치한다면 고객 불만을 최소화하면서 운영할 수 있을 것으로 판단된다.

4.2 시계열분석을 이용한 이용 패턴

[그림 4]는 시간대별 평균 이용시간과 평균 이용거리, 평균 이동속도를 살펴보고, 임대건수를 선의 굵기로 표현하였다. 8시(8:00~8:59)와 18시(18:00~18:59)에 가장 많은 임대건수가 나타났고, 평균 이동속도는 하루 중 7시(7:00~7:59)에 가장 높는데, 출근 시간이기 때문에 빠르게 이동하는 행태를 보인다. 또

〈표 5〉 대여 소유형 중분류 상위 대여소의 이용량 비중

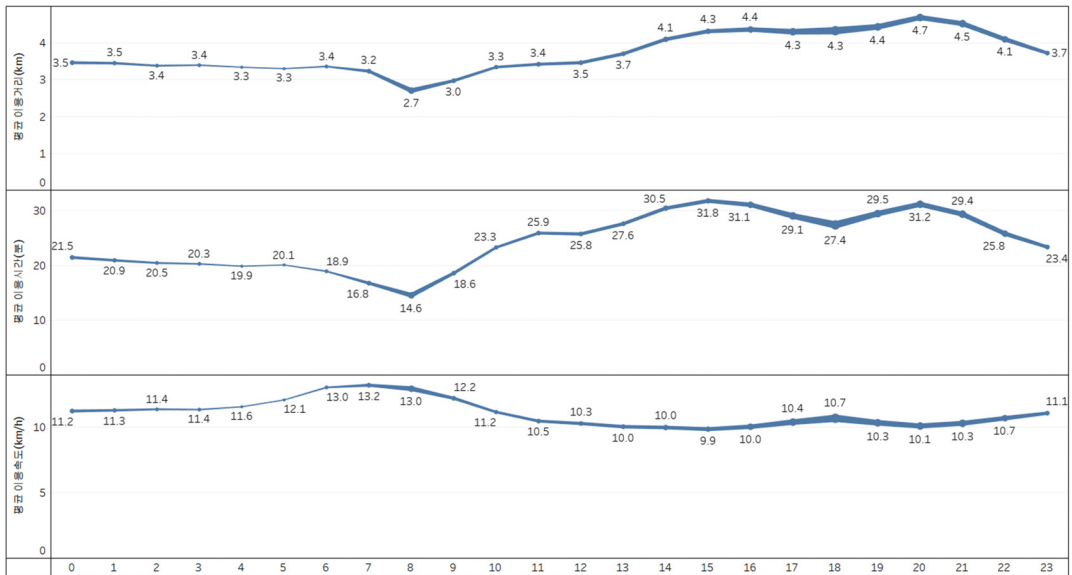
대분류	중분류	교통시설 지하철역	주거시설 아파트	교육기관				편의시설 공원	공공기관 주민센터	상업시설		오피스 빌딩	종교시설		총합계
				대학교	초등학교	고등학교	중학교			상가	은행		교회	사회	
교통시설	지하철역	2,161,730	528,156	147,474	119,064	66,529	64,264	258,336	125,907	131,423	133,149	239,136	35,708	4,010,876	
		26.1%	6.4%	1.8%	1.4%	0.8%	0.8%	3.1%	1.5%	1.6%	1.6%	2.9%	0.4%	48.4%	
주거시설	아파트	544,673	388,149	28,129	28,724	22,289	14,433	79,696	34,905	31,242	28,429	77,202	7,556	1,285,427	
		6.6%	4.7%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	1.0%	0.4%	0.4%	0.3%	0.9%	0.1%	15.5%	
	대학교	155,880	30,454	138,388	10,039	4,880	3,125	20,066	6,172	7,028	11,759	12,494	2,678	402,963	
		1.9%	0.4%	1.7%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	4.9%	
교육기관	초등학교	129,555	27,972	9,765	40,012	3,093	3,257	19,112	6,170	9,611	5,356	16,175	1,330	271,408	
		1.6%	0.3%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	3.3%	
	고등학교	69,310	22,683	4,573	3,783	21,848	2,084	6,829	2,405	4,252	2,323	7,325	496	147,911	
		0.8%	0.3%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	1.8%	
	중학교	64,912	14,806	2,927	3,026	1,979	23,508	9,125	2,076	3,033	2,989	6,329	1,124	135,834	
		0.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	1.6%	
편의시설	공원	262,173	76,358	19,075	19,714	6,744	8,565	132,353	15,378	16,513	12,286	31,415	4,187	604,761	
		3.2%	0.9%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	1.6%	0.2%	0.2%	0.1%	0.4%	0.1%	7.3%	
공공기관	주민센터	122,747	33,006	6,491	5,726	2,323	1,733	14,981	44,818	7,009	5,323	14,065	2,321	260,543	
		1.5%	0.4%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	3.1%	
상업시설	상가	126,943	30,510	6,370	9,552	4,552	3,275	17,724	7,461	57,379	11,026	18,887	2,960	296,639	
		1.5%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.7%	0.1%	0.2%	0.0%	3.6%	
	은행	122,523	26,482	10,874	5,680	2,224	2,955	11,851	4,959	10,137	41,868	12,908	2,144	254,605	
		1.5%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.5%	0.2%	0.0%	3.1%	
오피스	빌딩	245,371	75,985	13,080	16,872	7,655	5,390	32,506	13,113	20,340	15,011	94,503	3,991	543,817	
		3.0%	0.9%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	1.1%	0.0%	6.6%	
종교시설	교회	34,047	7,991	2,560	1,436	382	1,021	4,592	2,515	2,874	1,624	3,747	8,438	71,227	
		0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	
총합계		4,039,864	1,262,552	389,706	263,628	144,498	133,610	607,171	265,879	300,841	271,143	534,186	72,933	8,286,011	
		48.8%	15.2%	4.7%	3.2%	1.7%	1.6%	7.3%	3.2%	3.6%	3.3%	6.4%	0.9%	100.0%	

출근 시간대를 지나면서 평이한 속도를 유지하는 것을 알 수 있다. 출근이라는 목적이 사라지고, 시간적 여유가 생겼기 때문이다. 퇴근 시간의 이동속도도 시속 10km 수준이 유지되다가 심야 시간대가 되면 시속 11km 대로 높아지는 것을 알 수 있다.

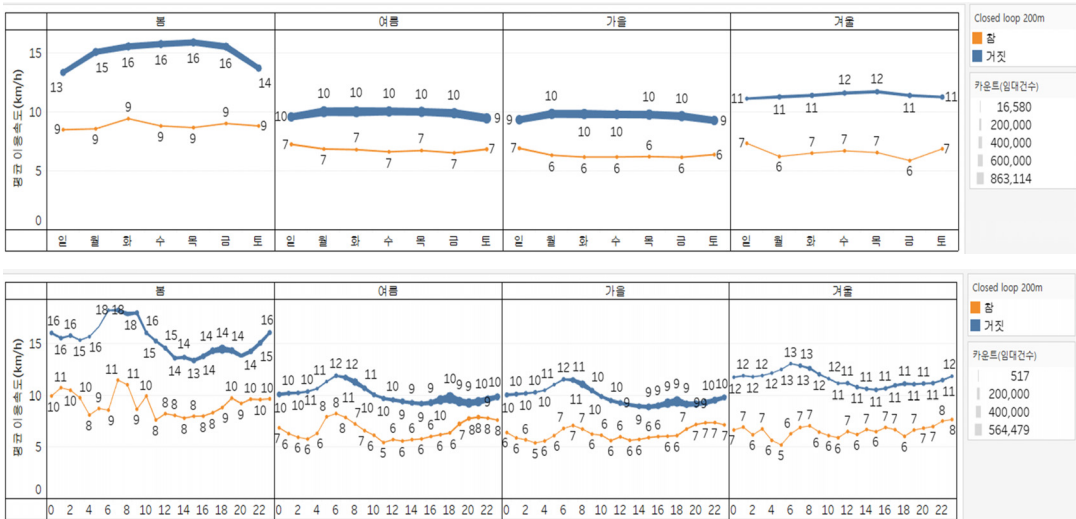
평균 이용거리와 평균 이용시간은 출근 시간에

가장 낮은 2.7km와 145분을 기록하고 있는데, 느린 교통수단인 자전거는 가급적 짧게 이용하려는 모습이 보인다. 퇴근 시간에는 출근 시간보다 2배 정도 긴 시간인 30분 정도를 이용하는 것으로 나타난다.

[그림 5]는 따릉이 이동속도가 계절, 요일, 시간대 그리고 경로유형에 따라 어떤 변화가 있는지를 살펴



[그림 4] 시간대별 이용거리, 이용시간, 이동속도



[그림 5] 계절별 이동속도 비교(상단: 요일별, 하단: 시간대별)

보기 위해 시각화하였다. 상단은 계절-요일 차트이고, 하단은 계절-시간대 차트이며, 각 셀의 두 꺾은선 중 위는 단방향(거짓) 경로를, 아래는 양방향(참) 경로를, 선의 굵기는 임대건수를 표시한다.

봄철의 이동속도가 가장 빠르고, 주말과 평일 사이의 이동속도 격차도 가장 크다. 봄철에는 단방향과 양방향 이동속도 차이도 가장 크다. 가을에도 봄철 못지않게 날씨 여건이 좋을텐데, 평균이동속도가 봄철보다 시속 5km나 느리고, 여름과 유사한 것이 예상과 다르다.

[그림 4]와 마찬가지로 여기서도 출근시간의 이동속도가 퇴근시간의 이동속도보다 빠르는데, 여기서는 한 단계 다 들어가 계절별로 분리해 보았다. 역시 봄철의 출근시간 이동속도가 시속 18km로써 퇴근시간 이동속도인 시속 14km보다 4km나 빠르다. 이에 비해 나머지 계절에는 시속 2km 정도 빠른 편이다.

경로유형에 따른 이동속도 편차는 뚜렷하다. 즉, 이동목적이 뚜렷한 단방향 이동이 양방향 이동(운동/여가생활)보다 계절, 요일, 시간대를 불문하고 빠른 이동속도를 보인다.

4.3 행정구 간 이동에 따른 공간 특성

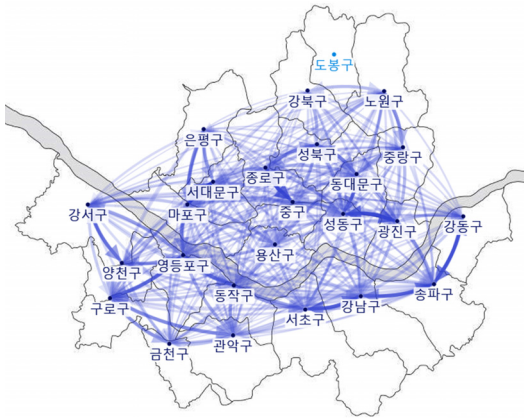
<표 6>은 622건의 행정구 링크 중 임대건수 상위 30위까지를 추출한 것이다. 랭킹 1위가 송파구-송파구인데, 이것은 송파구 소재 대여소에서 빌려서 송파구 소재 대여소로 반납한 임대건수가 가장 많다는 것이다. 서울 시내에 25개 행정구가 있는데, 상위 23위까지는 같은 행정구 링크가 차지하였고, 24위(서대문구-마포구), 27위(마포구-서대문구), 28위(종로구-중구), 29위(광진구-성동구), 30위(중구-종로구)에 이르러서야 비로소 다른 행정구 간 링크가 출현한다. 모두 바로 인접한 행정구 간 이동이다. 따름이는 평균적으로 25.8분, 3.9km 거리를 이동하는 마이크로 모빌리티 이용수단이란 사실을 증명해주는 분석 내용이다.

네트워크 시각화는 표를 좀 더 빠르고 쉽게 이해할 수 있다. [그림 6]은 행정구 간 링크 중 셀프루프

(self-loop)를 제외한 행정구 링크 만을 시각화 하였다. 선의 굵기는 임대건수를 표시하는데, 강동구에서 송파구, 송파구에서 강남구, 강남구에서 서초구로 향하는 화살표가 선명하게 나타난다. 일반적으로 자전거 전용도로 등 인프라 구축이 잘되어 있는 지자체 간에 상호 이동이 많이 발생한다.

<표 6> 행정구 레벨로 집계한 임대건수

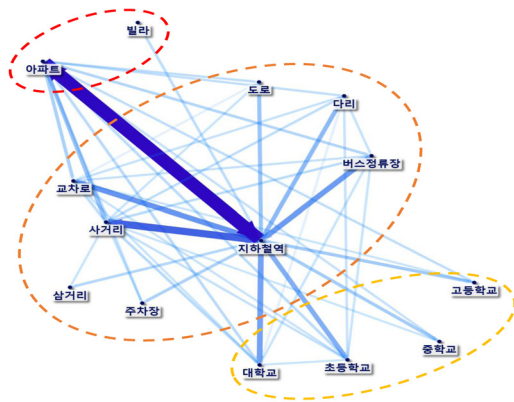
no.	대여행정구_반납행정구	임대건수	총계(%)
1	송파구_송파구	1,187,408	6.7
2	영등포구_영등포구	1,075,203	6.0
3	강서구_강서구	991,788	5.6
4	마포구_마포구	925,176	5.2
5	광진구_광진구	812,598	4.6
6	노원구_노원구	673,443	3.8
7	서초구_서초구	563,119	3.2
8	강동구_강동구	503,615	2.8
9	강남구_강남구	491,909	2.8
10	성동구_성동구	457,590	2.6
11	관악구_관악구	450,299	2.5
12	종로구_종로구	429,692	2.4
13	구로구_구로구	402,341	2.3
14	은평구_은평구	390,198	2.2
15	양천구_양천구	348,358	2.0
16	성북구_성북구	342,330	1.9
17	중랑구_중랑구	339,763	1.9
18	동대문구_동대문구	335,079	1.9
19	서대문구_서대문구	247,191	1.4
20	동작구_동작구	234,248	1.3
21	용산구_용산구	226,689	1.3
22	강북구_강북구	223,164	1.3
23	금천구_금천구	196,424	1.1
24	서대문구_마포구	183,009	1.0
25	도봉구_도봉구	173,390	1.0
26	중구_중구	168,143	0.9
27	마포구_서대문구	151,354	0.9
28	종로구_중구	129,991	0.7
29	광진구_성동구	124,257	0.7
30	중구_종로구	123,986	0.7



[그림 6] 행정구 간 이동

도봉구는 타 행정구와 따름이에 의해 연결이 되지 않는 군집(아일랜드)으로 나타났다. 이는 타 행정구 보다 따름이 이용률이 저조할 뿐만 아니라 서울지역의 끝자락에 위치 해있기 때문에 서울지역 지자체 보다 오히려 경기 북부 지자체인 의정부시 등과의 이동교류가 더 활발할 것으로 추정된다.

[그림 7]은 대여소유형 중분류 간 링크를 인접행렬로 만든 후, 네트워크 분석한 결과이다. 학생들이 따름이를 이용해 (1) 아파트, 빌라 등 주택가에서 교통시설로 이동 후, 지하철역과 버스정류장 등에서 환승하여 최종 목적지인 학교로 이동하는 경우와 (2) 주택가에서 최종 목적지인 학교로 직접 이동하는 경우를 볼 수 있다.



[그림 7] 대여소유형 중분류 간 이동 (통학 사례)

주거시설인 아파트에서 교통시설인 지하철역 사이를 이동하는 건수(<표 5>에 의하면 각각 6.6%, 6.4%)가 높고, 지하철역과 교육기관 사이를 이동하는 비율도 높게 나타났다. 특히 대학교(3.7%)와 초등학교(3%)가 고등학교(1.6%)와 중학교(1.6%)에 비해 높게 나타났다.

2020년 하반기부터 어린이용 따름이가 추가되었지만, 성인용 자전거에 비해 부족하다. 초등학교로 향하는 임대건수를 증가시키기 위해 어린이용 자전거 수도 늘리고, 초등학교가 출발지인 임대내역과 초등학교가 도착지인 임대내역을 추출, 심층적인 분석을 통해 따름이 수급을 파악하고, 티켓 대여소를 선정하여 통학 시간대에 맞춰 따름이를 이송 배치할 필요가 있다. 그리고 지하철역 인근 대여소의 이용률이 상당히 높으므로, 지하철 인근 대여소만을 대상으로 별도의 데이터마트를 만들어 집중적으로 분석할 필요성이 있다.

5. 결 론

본 연구는 서울시 공공자전거 임대내역 데이터를 기반으로 좀 더 상세하고 다양한 이동패턴을 파악하기 위해 대여소유형과 경로유형이란 분석관점을 추가하였고, 이동속도라는 이동성 지수를 추가하였다. 서울시 공공자전거 임대는 교통시설로 분류된 대여소에서 49.9%가 발생하고, 특히 지하철역 출구에 위치한 대여소에서 26.1%가 발생하고 있다. 주중과 주말에는 따름이를 이용하는 시간과 거리의 양상이 다르게 나타났다. 주중에는 출퇴근 시간에 주로 대여와 반납이 높게 나타났고, 주말에는 한가로운 16시 즈음이 가장 높게 나타났다. 특히 주목할 만한 특징은 출근 시 보다 퇴근 시 따름이의 이용률이 65%나 증가하는데, 출근 시간에는 자전거보다 속도가 빠른 마을버스 같은 마이크로 모빌리티 교통수단을 선호하기 때문이다.

이용거리 또한 평일에는 출퇴근 또는 등하교라는 목적을 달성하기 위해 이용하므로 단거리를 이동하는 경향이 있고, 주말에는 평일에 비해 여유를 즐기며 탈 수 있어서 이용거리가 큰 것을 확인할 수 있었다.

이용률이 압도적으로 높은 대분류 유형인 교통시설의 경우 다른 유형에 비해 출퇴근 시간대에 이용률이 높게 나타났고, 사계절 모두 높은 이용률을 보였으며 주로 주거시설과 교육기관에 연결되어 있다. 계절적으로는 봄(3~5월)과 가을(9~11월)의 주말 16시대와 여름(4~6월)의 평일 20시대에 집중된 이용 패턴을 보였으며, 주말에 주중보다 평균 이용시간(5분)과 평균 이용거리(1km)가 늘었다. 마지막으로 대부분 이용은 행정구 내에서 일어났고, 행정구 간 이동은 한강이 인접한 행정구에서 많은 것을 확인할 수 있었다.

연구를 통해서 지하철역과 가까이 위치한 서울시 공공자전거 대여소에서 주중/주말 임대건수가 활발하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 세계적인 도시들에서 공통적으로 나타나는 현상이다. 공공자전거를 이용하면 편리하기 때문이기도 하지만, 탄소배출 문제 등 환경에 대한 중요성을 인식하고 환경보호를 실천하려는 이용자가 늘고 있기 때문으로 판단된다.

향후 연구에서는 첫째, 지하철역을 주택가 인근 지하철역과 도심에 위치한 지하철역으로 세분화해 분석할 필요가 있으며, 지하철역 이외의 대여소를 주로 이용하는 사용자에 대한 분석도 집중할 필요가 있다. 둘째, 2020년도 임대내역 데이터가 있었지만, 대부분의 이용거리 값이 0값이기에 분석에 포함시키지 않았다. 그러나 코로나19 팬데믹이 마이크로 모빌리티에 미치는 영향을 평가하려면 팬데믹 이전과의 비교연구가 필요하다. 후속 논문에서는 이용건수, 이용시간만이 있는 제한된 연구가 되더라도 비교연구를 진행할 예정이다. 셋째, 본 연구가 진행되는 동안 서울시 시설공단과의 빈번한 교신이 있었고, 급기야 6개월 분량의 따릉이 GPS 데이터를 입수할 수 있었다. GPS 데이터는 OD 데이터인 임대내역 데이터에 비해 상세한 공간분포 및 이동경로 분석이 가능해진다. 전처리와 끝나고 기초분석이 완료된 상태인데, 따릉이 이용패턴에 대한 더 높은 수준의 분석결과가 기대된다. 다양한 시민의 이용수요가 반영된 공공자전거 시스템이 체계적으로 운영될 수 있도록 이용패턴에 대한 지속적인 연구와 모니터링이 필요하다.

참고문헌

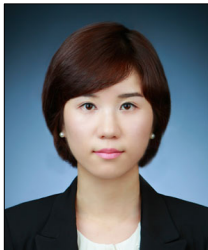
- 강경희, 정진우, “사회 네트워크 분석을 통한 서울시 공공자전거 따릉이 이용 특성 및 대여소의 특성에 대한 연구: 중구 32개 대여소를 중심으로”, *기초조형학연구*, 제20권, 제6호, 2019, 1-14.
- 곽희준, 장찬범, “서울시 공공자전거서비스에 따른 시설물디자인에 관한 연구: ‘Hi-Seoul Bike’ 프로젝트를 중심으로”, *기초조형학연구*, 제9권, 제6호, 2008, 465-469.
- 김승호, 김수홍, 김주연, “개인형 이동수단의 자전거도로 사용을 위한 도로환경디자인에 관한 연구”, *한국공간디자인학회 논문집*, 제15권, 제3호, 2020, 149-160.
- 김행범, “김해시 자전거 이용 활성화 방안”, *김해발전연구*, 제2권, 제1호, 1998, 311-372.
- 심형욱, 이영인, “네트워크 중심성 기반 서울시 공공자전거 서비스의 이용률 개선 방안 연구: 서울시 종로구 사례를 중심으로”, *대한교통학회지*, 제37권, 제2호, 2019, 124-134.
- 윤상오, 이윤아, “도시재생을 위한 공공자전거 도입방안 연구: 천안시 사례를 중심으로”, *한국공공관리학보*, 제35권, 제1호, 2021, 199-223.
- 이병현, 최일영, 김재경, “도시특성에 기반한 공유 자전거 이용 패턴의 소셜 네트워크 분석 연구: 서울시 데이터 사례 분석”, *Information Systems Review*, 제22권, 제1호, 2020, 147-165.
- 이성호, 정원렬, 황재훈, 심민규, “국내 코로나 확진자 데이터 분석을 통한 지역 간 감염 전파 시뮬레이션 연구”, *한국생산관리학회지*, 제32권, 제2호, 2021, 105-122.
- 이은택, 손봉수, 이용수요 기반의 서울시 공공자전거 재배치전략 도출”, *대한교통학회지*, 제37권, 2019, 27-38.
- 장재민, 김태형, 이부영, “서울시 공공자전거 이용특성에 관한 연구”, *서울도시연구*, 제17권, 제4호, 2016, 77-91.
- 정하영, 이태현, 김재권, 김외정, 김찬영, “공공자전거

- 의 쏠림현상 해소를 위한 동적 재배치 라우팅 모형: 창원시 누비자 사례”, *한국데이터정보과학회지*, 제32권, 2021, 75-95.
- 조재승, “자전거 이용 문화 확산을 위한 공공시설물 디자인 사례연구”, *한국디자인문화학회지*, 제20권, 제4호, 2014, 647-655.
- 조재희, 백의영, “다트관형 공간분할 기법을 이용한 서울지역 지하철 역세권 분석”, *한국IT서비스학회지*, 제17권, 제4호, 2018, 139-150.
- 최석준, “공공공간디자인으로서 자전거도로 및 보편 시설물 디자인 개선 방안 연구”, *한국디자인문화학회지*, 제17권, 제2호, 2011, 599-611.
- 김재중, “서울시 ‘자전거하이웨이’ 구축… 두바퀴 혁명이 시작된다”, *국민일보*, 2020.06.16.
- 정지혜, “청계천 ‘자전거 하이웨이’ 타고 썩썩 달린다”, *세계일보*, 2021.06.01.
- 서울시 자전거정책과, 서울시, 코로나19에도 안심… 따릉이 이용 전년 대비 약67% ↑, 2020.04.08.
- Cheng, Y.H. and Y.C. Lin, “Expanding the effect of metro station service coverage by incorporating a public bicycle sharing system”, *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol.12, No.4, 2018, 241-252.
- García-Palomares, J.C., J. Gutiérrez, and M. Latorre, “Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach”, *Applied Geography*, Vol.35, No.1-2, 2012, 235-246.
- Ji, Y., Y. Fan, A. Ermagun, X. Cao, W. Wang, and K. Das, “Public bicycle as a feeder mode to rail transit in China: The role of gender, age, income, trip purpose, and bicycle theft experience”, *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol.11, No.4, 2017, 308-317.
- Li, X., Y. Zhang, M. Du, and J. Yang, “Social factors influencing the choice of bicycle: Difference analysis among private bike, public bike sharing and free-floating bike sharing in Kunming, China”, *KSCE J. Civ. Eng*, Vol.23, No.5, 2019, 2339-2348.
- Lin, J.J., N.L. Wang, and C.M. Feng, “Public bike system pricing and usage in Taipei”, *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol.11, No.9, 2017, 633-641.
- López-Valpuesta, L. and A. Sánchez-Braza, “Going a long way? On your bike! Comparing the distances for which public bicycle sharing system and private bicycles are used”, *Applied Geography*, Vol.71, 2016, 95-105.
- Lyu, C., Y. Liu, Z. Liu, X. Wu, and X. Yang, “Exploring multi-scale spatial relationship between built environment and public bicycle ridership”, *Journal of Transport and Land Use*, Vol.13, No.1, 2020, 447-467.
- Midgley, P., “Bicycle-sharing schemes: Enhancing sustainable mobility in urban areas”, *United Nations, Department of Economic and Social Affairs*, Vol.8, 1-12, 2011.
- Rahman, M.S.U., “Public bike-sharing schemes (PBSS): Prospects in Bangladesh”, *Transportation research part A: policy and practice*, Vol.142, 2020, 207-224.
- Zhang, Y., T. Thomas, M. Brussel, and M. Van Maarseveen, “Exploring the impact of built environment factors on the use of public bikes at bike stations: Case study in Zhongshan, China”, *Journal of Transport Geography*, Vol.58, 2017, 59-70.

◆ About the Authors ◆

**조 재 희 (mis1@kw.ac.kr)**

연세대학교 경영학과 학사, Miami Univ. 경영학 석사, Univ. of Nebraska 경영정보학 박사를 취득하고, 펜타시스템테크놀로지 및 LG CNS에서 컨설턴트로 근무한 후, 현재 광운대학교 정보융합학부 교수로 재직하고 있다. 주요 연구분야는 다차원모델링, OD데이터분석, GPS데이터분석, 소셜네트워크분석이다.

**백 가 은 (eyb@kw.ac.kr)**

광운대학교 대학원 경영정보학과에서 경영학 석사, 박사 학위를 취득하였고, 현재 광운대학교 시공간데이터분석랩 연구원으로 근무하고 있다. 주요 관심 분야는 비주얼애널리틱스, 시공간데이터분석, 소셜네트워크분석이다.