



서울시 **전기** 공공자전거 시범운영안 제안

-거점 대여소 선정방법 및 성과지표-

[배경 및 목적]

■ 전기 따릉이 사업 재개 기대

- 전기 자전거의 안전 문제를 보완하고자 헬멧대여를 연계한 전기 따릉이 서비스가 '20년 시작 예정이었음
- COVID-19로 인해 헬멧대여의 감염병 전파우려가 발생하여 무기한 연기됨
- 팬데믹 상황이 해소될 전망이며 이에 따라 전기 따릉이의 시범운영 계획을 수립할 필요 있음

■ 기존의 공공 자전거로 충족 어려운 교통 수요 존재

- 구릉지가 많은 서울의 특성상, 일반 따릉이로 주행이 힘든 구간 多
- 누구나 일상에서 이용할 수 있는 '준 대중교통' 역할을 하기 위해 전기 동력 보조로 접근성과 편의성을 높일 필요 있음

■ “데이터 기반의 안전하고 합리적인 전기자전거 거점 대여소 제안”

- 서울의 자전거 인프라가 충분히 갖춰져 있지 않은 상황으로, 시범운영을 시작으로 단계적 보급이 필요함
- 개인형이동수단(PM) 공유 서비스가 크게 성장하며(5만대 규모), 많은 교통 문제를 야기하고 있음
- 서울의 공공 서비스로서, 합리적인 과정에 따라 시민의 안전과 편의를 높일 수 있는 시범운영안을 제안함

[프로젝트 개요]

STEP1. 시범운영 자치구 선정

- 서울시 전체의 저밀도 시범운영보다 특정 구를 선택하는 ‘고밀도 시범운영’이 도입 시 효과 관찰에 효과적
- ‘자전거 안전’, ‘자전거 인프라’, ‘도입효과(지형)’의 3요소를 선정기준으로 결정
- 3가지 선정기준 중 2개 이상 충족하는 2개의 시범운영 자치구 선정

STEP2. 거점 대여소 선정

- 거점 대여소 정의 → ‘전기 따릉이가 주로 재배치 되는 따릉이 대여소’
- 따릉이 대여이력 기반 연결망 분석을 통한 자치구 내 대여소 우선순위 도출

STEP3. 공공자전거 사업 성과지표 제안

- 공공자전거의 효율적 이용정도를 판단할 수 있는 ‘따릉이 회전율’
- 따릉이 이용에 대한 날씨(기온) 영향의 변화 측정

STEP1. 시범운영 자치구 선정



[자치구 선정 방법]

기준1. 자전거 **안전** - 자전거 주행거리 대비 사고비용이 낮은 자치구¹⁾

- 주행거리 대비 사고비용: 자전거 관련 사고 피해(사망, 부상) 비용 환산값 / 따름이 총 이동거리
- 사고피해를 비용으로 환산하기 위해 교통사고비용 원단위* 사용

구 분	(단위: 만원/건, 만원/인)			
	인적피해(인)		물적피해(건)	
	사망	부상	차량손해	대물피해
비용 원단위 (PGS 포함)	72,230	1,905	163	172

*교통사고비용 원단위(교통시설 투자평가지침 제6차 개정)

기준2. 자전거 **인프라** - 자전거 도로 구축률이 높은 자치구²⁾

- 자전거 도로 구축률: 자전거 도로* 총연장 / 도로 총 연장
- 자전거 도로에서 '자전거 우선 도로'는 자전거 도로로서 실효성이 적다고 판단하여 제외

*자전거 전용 도로, 자전거 보행자 겸 전용 도로, 자전거 전용 차로 연장 합산

기준3. 전기 자전거 **도입효과** - 경사도가 높은 자치구³⁾

- 경사도: 자치구 내에서 산지를 제외한 지형의 평균 경사도
- 전기 따름이는 타기 힘든 곳에서 유용하다 판단하여, '평균 경사도'가 높은 자치구 선정

1) 2019, 2020년 서울시 교통사고 현황 - TAAS 교통사고분석시스템

2) 서울시 자전거도로현황통계, 서울시 도로현황통계 - 서울시 데이터 광장

3) 서울시 자치구별 평균 경사도 - '서울특별시 풍수의 저감 종합계획, 자치구별 경사도, 2011'

[자치구 선정 결과]

“각 기준(안전, 인프라, 도입효과) 별 순위에서 2기준 이상에서 상위 1/3에 포함된 자치구를 선정”

자치구	주행거리대비사고비용(원/km)	도로연장대비 자전거도로연장	평균경사도
관악구	1533.586	8.100	14
종로구	1029.153	5.912	11
서대문구	1180.463	3.021	11

⋮

순위	주행거리대비사고비용(원/km)	도로연장대비 자전거도로연장	평균경사도
1	용산구	송파	관악구
2	마포구	강동구	종로구
3	광진구	강남구	서대문구
4	중구	강서구	은평
5	서초구	노원구	성북
6	강남구	광진구	서초
7	종로구	양천구	동작
8	성동구	은평구	강북구

1. 강남구 - ‘사고’가 적고 ‘자전거 도로 구축’이 잘 되어 있어 전기 따릉이 이용에 적합
2. 은평구 - ‘자전거 도로 구축’이 잘 되어 있고, ‘평균 경사도’가 커 전기 따릉이의 도입 효과 기대

STEP2. 거점 대여소 선정

[대여소 선정 방법]

네트워크 분석

“대상 간의 관계와 연결 구조 등을 체계적으로 평가 및 설명하기 위한 분석 방법”

- 네트워크 중심성 분석을 통해 다른 대여소와 연결이 많이 되어 있고 수요가 많은 전기 따름이 대여소 선정
- 노드 = 대여소, 엣지 = 대여 반납 경로, 엣지 가중치 = 해당 구간 이용 횟수
- 출발 대여소가 강남구와 은평구에 속하는 대여소들에 대해서 분석을 수행
- 네트워크 내 노드의 중요도를 측정하기 위한 지표로 페이지랭크를 사용

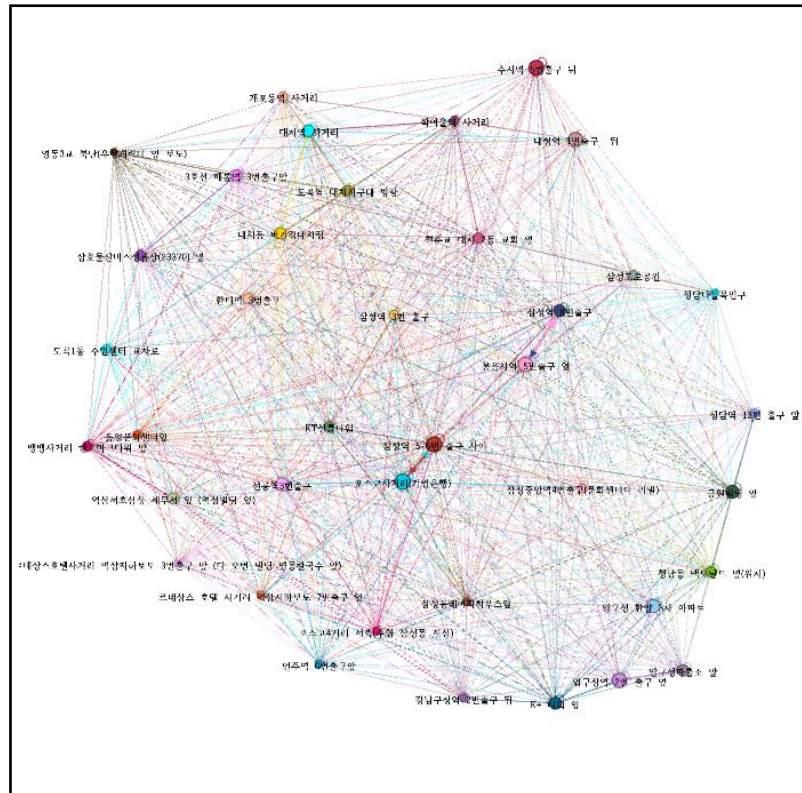
페이지랭크

“중요도가 높은 노드로부터 받는 엣지가 많이 존재할 수록 노드의 중요도를 높게 산출하는 네트워크 중심성 지표”

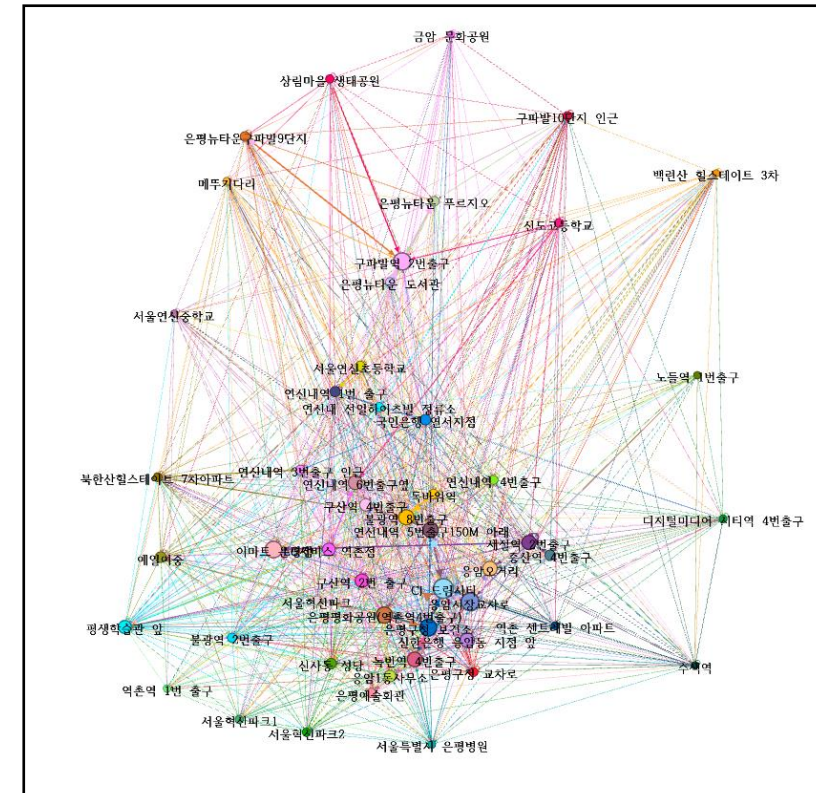
- 각 대여소의 이용 횟수 뿐만 아니라 연결된 대여소의 중요도 또한 반영된 중심성 지표
- 페이지랭크 점수가 높은 대여소에 전기 따름이 배치 시, 이용과 확산에 유리

[네트워크 분석 결과]

- 강남구와 은평구에 위치한 대여소들의 연결관계를 시각화한 그래프는 다음과 같음



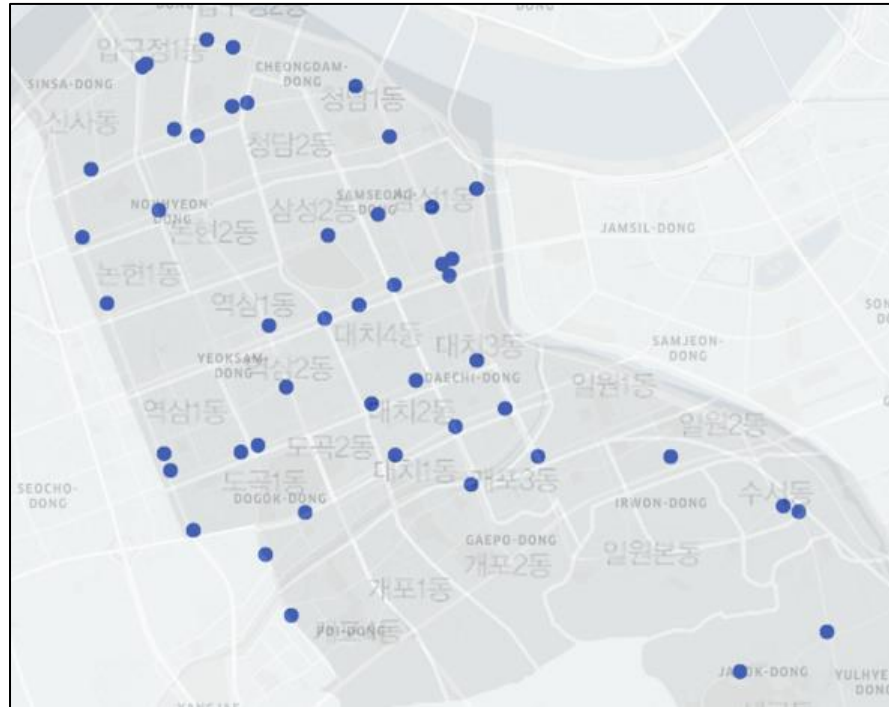
<강남구>



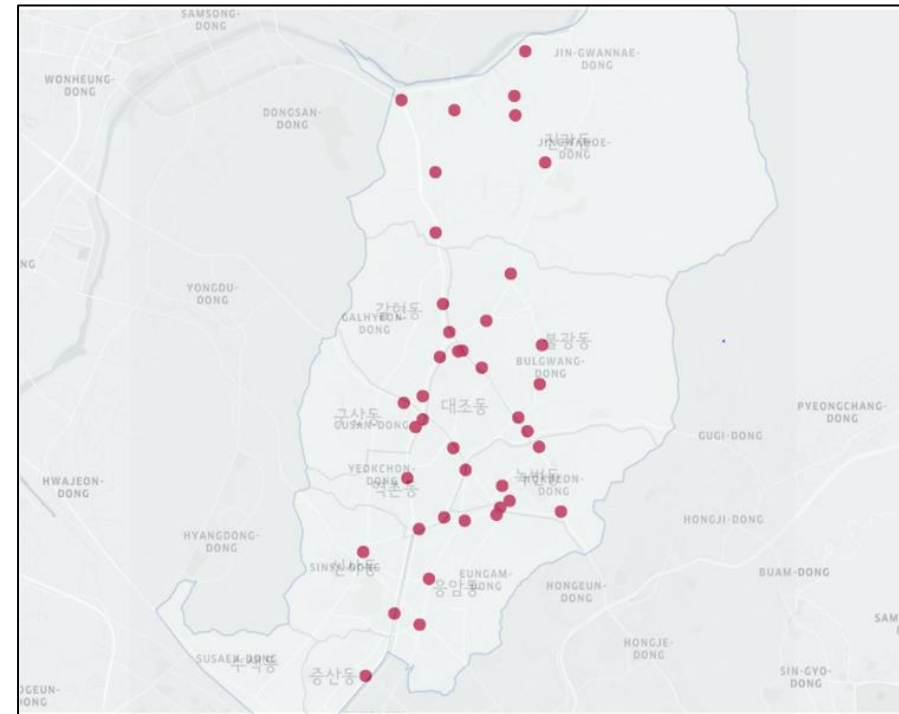
<은평구>

[대여소 선정 결과]

- 페이지랭크 상위 50개의 대여소들을 시각화한 결과
- 강남구에서는 블록 별로 퍼져 있는 분포, 은평구는 구를 가로지르는 주요 도로를 중심으로 분포



<강남구>



<은평구>

STEP3. 공공자전거 사업 성과지표 제안

[따릉이 평균 회전율]

산정 방법

- 회전율: 하루(24시간)에 자전거 한대가 이용되는 횟수
- 따릉이 대여이력 데이터를 기반으로, 따릉이 기기별 가용 일수*를 고려하여 정확한 회전율을 계산
- '연간 따릉이 이용횟수'를 '자전거 별 연간 가용일수의 합'으로 나누어 계산

<연평균 따릉이 회전율 계산식>

$$\frac{\sum_{\text{bike_id}} \text{연간 이용 횟수}}{\sum_{\text{bike_id}} \text{연간 가용 일수}}$$

*각 따릉이의 기간 내 '마지막 사용일자 - 첫 사용일자'로 자전거별 가용 일수를 추측함



“평균 회전율로 배치된 공공자전거가 얼마나 잘 이용되고 있는지 확인”
“개별 회전율의 분포를 보아, 자전거 별로 균일하게 이용되고 있는지 확인”

[따릉이 이용에 대한 날씨(기온) 영향]

계절별 회귀분석 결과

(y = 이용건수, x_1 = 온도, x_2 = 주말여부)

[Summer]

$$y = -2260x_1 - 5450x_2 + 145597$$

[Winter]

$$y = 905x_1 + 3177x_2 + 9932$$

[Spring & Fall]

$$y = 4281x_1 - 1197x_2 + 10093$$

- 앞선 EDA를 통해 계절별로 기온에 따라 따릉이 이용 건수가 변화하는 양상을 확인
- 전기 따릉이 이용 시, 비교적 적은 힘이 들어가기 때문에 더위와 같은 기온 변화의 영향을 덜 받을 것으로 예상
- 회귀분석을 통해 일별 기온이 자전거 이용 건수에 미치는 영향을 계절별로 파악
- 평일/주말 해당 여부를 통제변수로 포함
- 회귀계수를 보았을 때, 봄가을 > 여름 > 겨울 순으로 기온에 따른 이용 건수의 변화가 크게 나타남

➡ “차후 전기 따릉이 데이터로 동일 분석 수행하여 회귀계수(이용건수에 대한 기온의 영향) 변화 관찰”



[References]

- ‘2019, 2020년 서울시 교통사고 현황’, TAAS 교통사고분석시스템
- ‘교통시설 투자평가지침 (제6차 개정)’, 국토교통부(2017)
- ‘서울시 자전거도로현황통계’, 서울 열린데이터 광장
- ‘서울시 도로현황통계’, 서울 열린데이터 광장
- 서울특별시 풍수의 저감 종합계획, 서울특별시(2011)

[Dataset]

- 공공자전거 대여이력, 서울 열린데이터 광장
- 공공자전거 이용정보(시간대별), 서울 열린데이터광장
- 공공자전거 대여소정보, 서울 열린데이터광장
- 서울시 일평균 기온, 기상자료개방포털

[Tools]

- Python (전처리, EDA, 회귀분석 등)
- Kepler.gl (시각화)
- Gephi (네트워크 분석)