

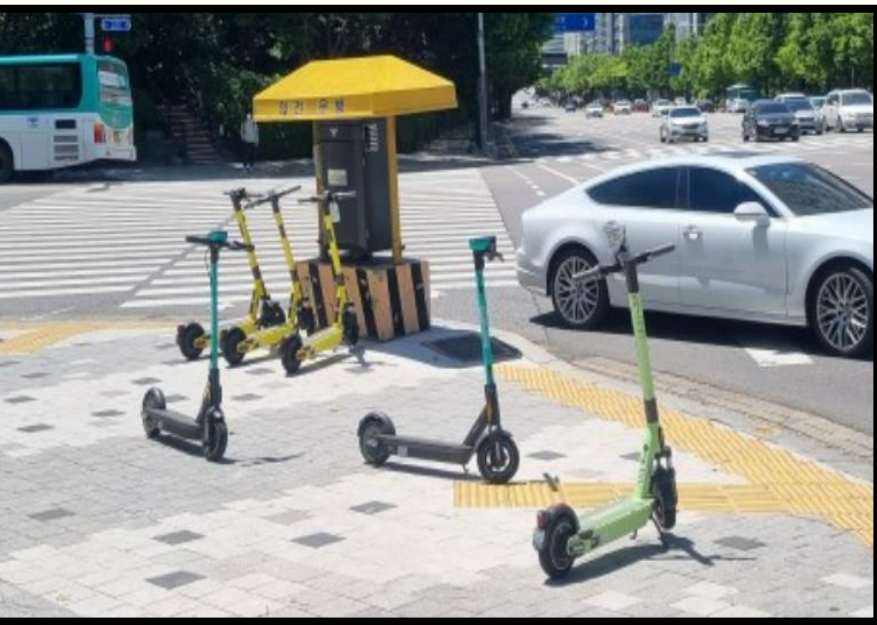
견인 데이터 기반 퍼스널 모빌리티 스테이션 입지 분석 연구

Location Analysis for Personal Mobility Station based on Towing data

한양대학교 미래자동차공학과
4학년 김 병 헌, 심 국 용, 차 요 환
지도교수: 민 승 재 교수님

논문 배경 및 목적

- PM 주정차위반 및 견인 사례로 인한 사회적·경제적 비용 증가
- 무분별한 dockless 방식의 PM 이용현황 → PM Station 도입의 필요성 대두
- 견인 데이터 활용 입지분석 → 성동구 PM Station 최적 위치 및 도출 방법론 제시



데이터 정의 및 연구 흐름도

주요 사용 데이터 정의

데이터 목록	데이터 출처
서울특별시 전동킥보드 견인 현황	서울 열린데이터 광장
서울시 버스정류소 위치정보	서울 열린데이터 광장
서울교통공사 노선별 지하철역 정보	서울교통공사
성동형 스마트쉼터	스마트 성동지도
서울자전거 따릉이 대여소	스마트 성동지도

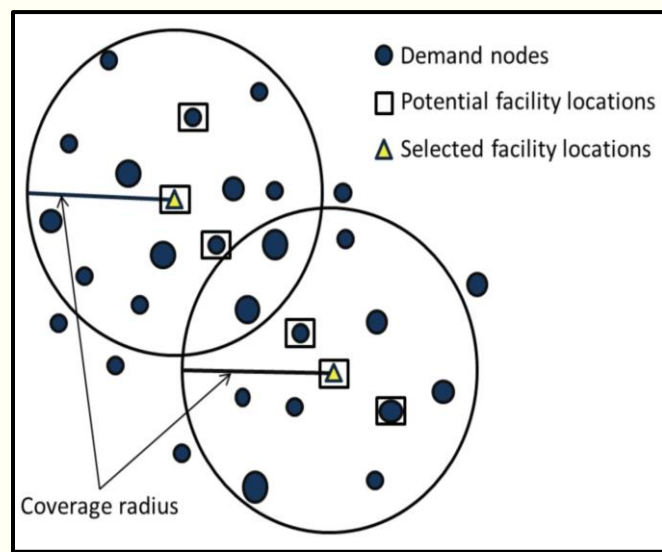
데이터 개요 및 목적

- 견인 발생 문제 해소 및 실제 이용자 수요 기반 입지 도출을 위해 성동구 내 공유 PM 견인 데이터 활용 (6217개, 2022년 1월 ~ 2023년 1월)
- 대중교통과의 연계성을 고려해 성동구 내 버스정류장 및 지하철역 데이터 활용
- 최종 입지 선정에 있어서 효율적인 입지 선정에 위해 성동형 스마트쉼터 및 따릉이 대여소 데이터 활용

연구 흐름도



MCLP 모델 적용 (Maximum Covering Location Problem)

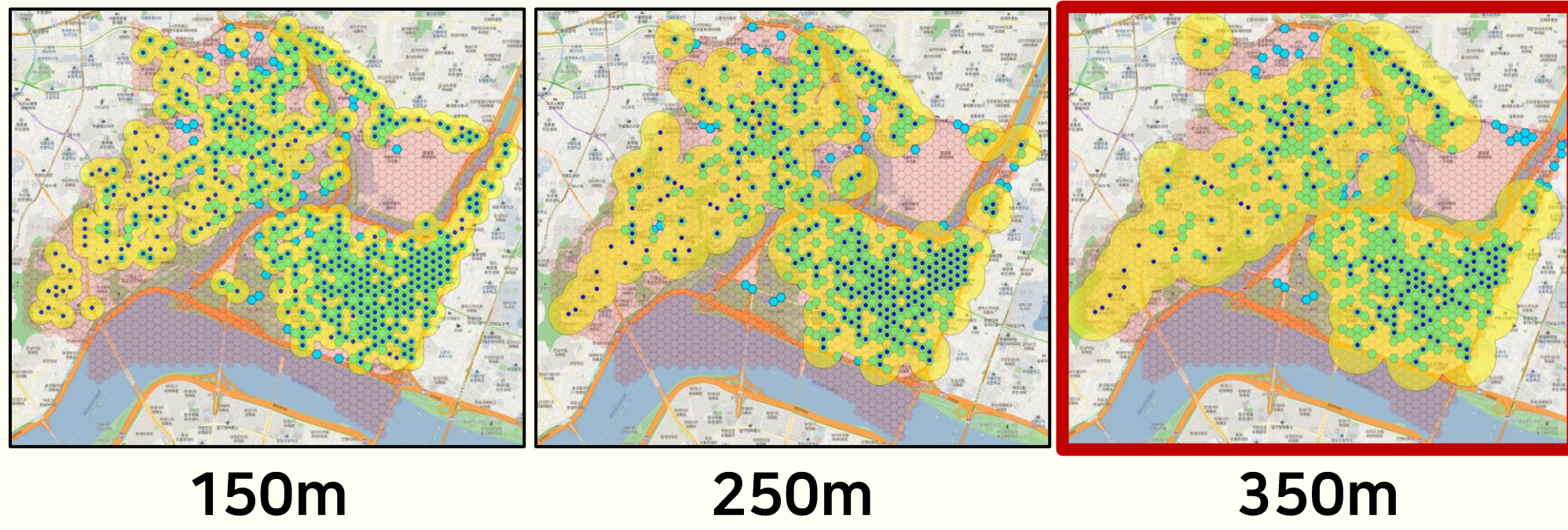


MCLP Formulation

목적함수	$Maximize Z = \sum_{i \in I} a_i y_i$	$I = \text{수요지점 세트}$ $J = \text{시설입지 세트}$ $S = \text{수요지점 } i \text{를 커버할 수 있는 거리}$ $a_i = i \text{지점의 서비스 수요}$ $P = \text{설치예정인 시설물 수}$ $N_i = \{j \in J d_{ij} \leq S\}$ 수요지점 i 를 커버할 수 있는 시설 후보지 집합
제한조건 1	$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, \forall i \in I$	
제한조건 2	$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I$	
제한조건 3	$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J$	$y_i = \begin{cases} 1 & \text{수요지점 } i \text{에 최소 한 개의 시설물로 커버되는 경우} \\ 0 & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases}$
제한조건 4	$\sum_{j \in J} x_j = P$	$x_j = \begin{cases} 1 & \text{시설물 } j \text{에 할당된 경우} \\ 0 & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases}$

MCLP 모델 적용

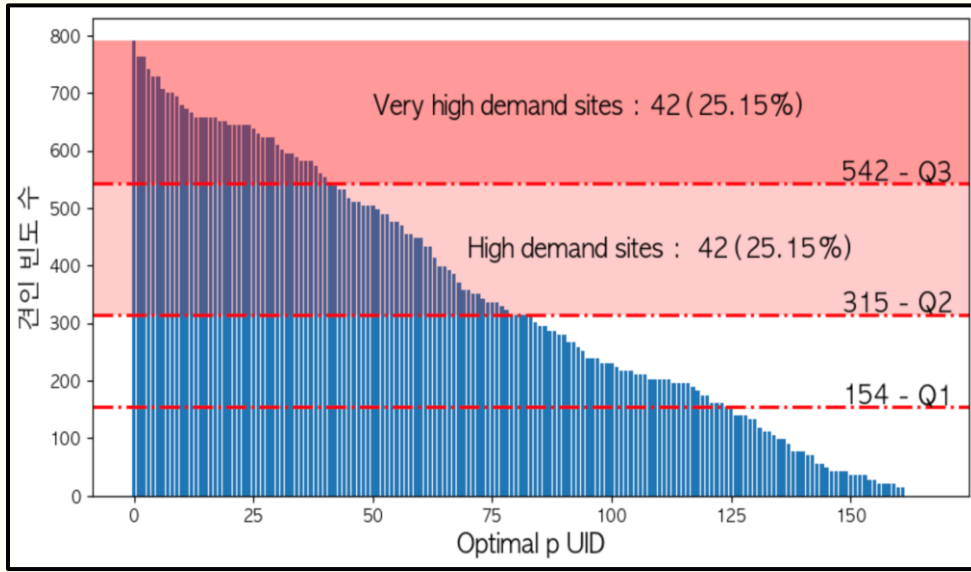
- 견인 발생 문제 해소 및 서울시 공공 견인 데이터셋을 적극 활용하여, '공유형 PM 스테이션'의 최적 개수 및 위치를 도출하기 위해 1차적으로 커버범위, 수요정도를 고려해 MCLP 모형을 적용



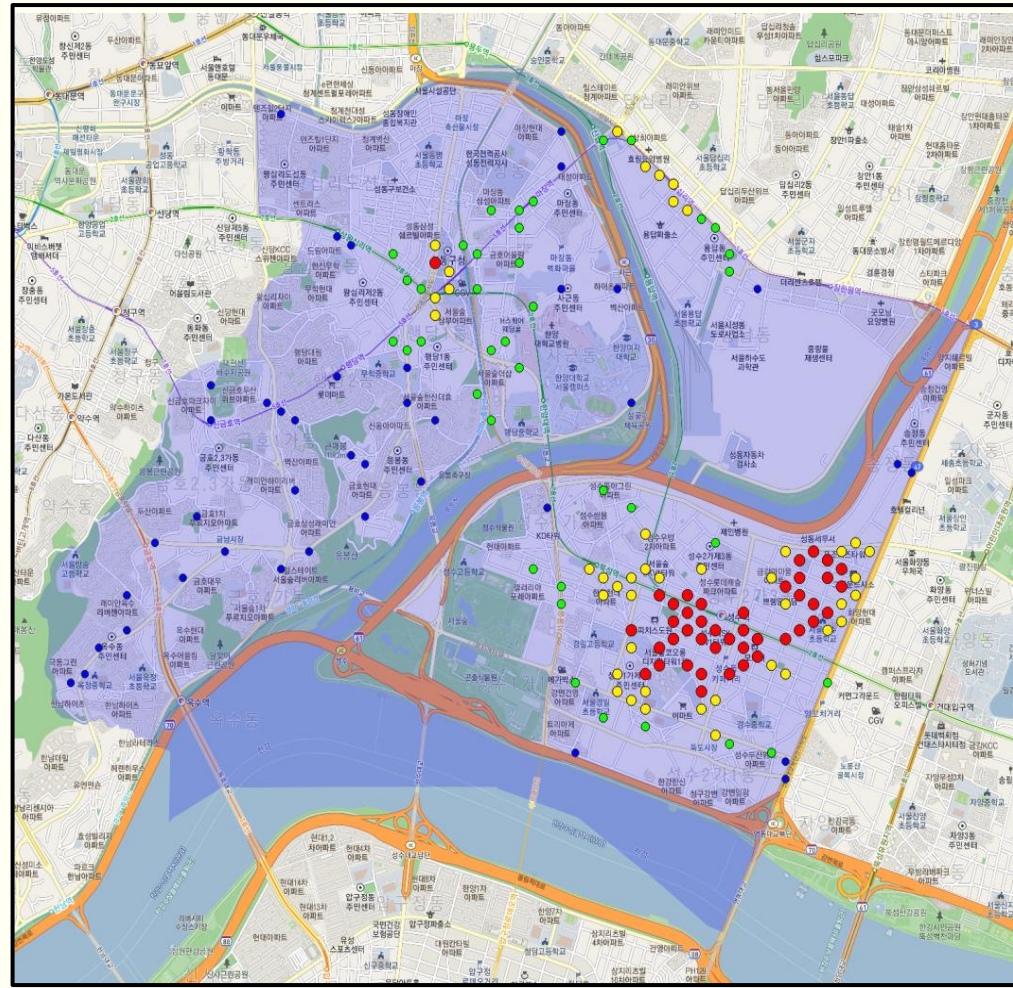
Cover Radius	Cover Ratio	Optimal P	Average Walking Distance
150m	93.51% (432/462)	391	59.77m
250m	94.16% (435/462)	246	102.49m
350m	95.24% (440/462)	167	156.86m

최적 버퍼 내 견인 빈도 기반 고수요군 선정

- Very Low Demand
- Low Demand
- High Demand
- Very High Demand

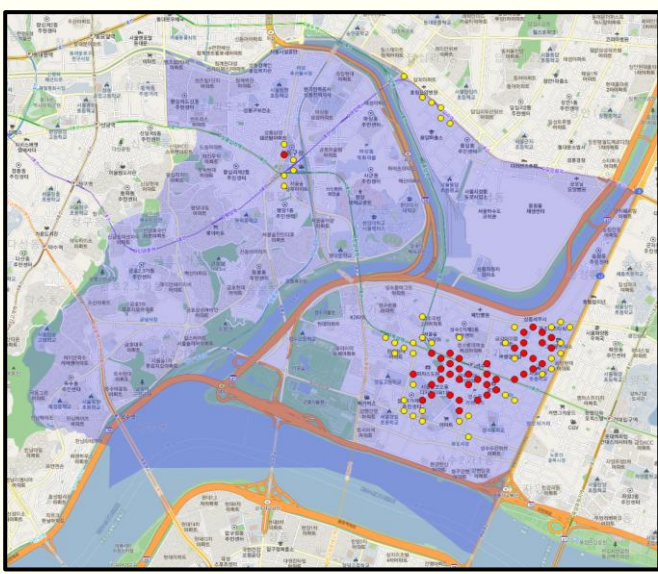


Number of Tows by each optimal buffer

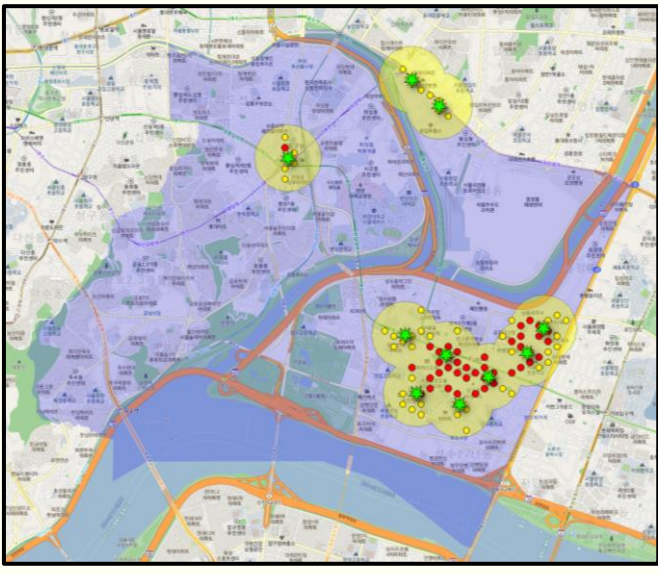


Optimal station location by Demand

K-means 클러스터링 기반 입지 분석



High-Very High Demand Sites



K-means 클러스터링 적용 결과

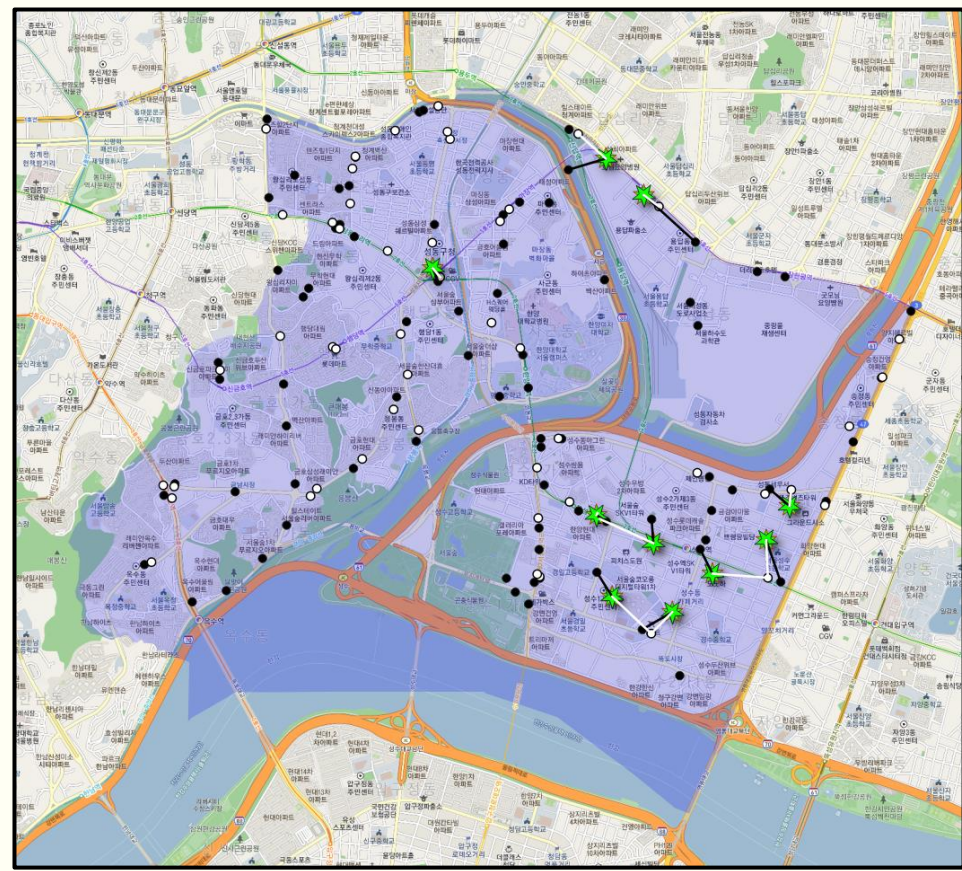
- High-Very High Demand Sites 데이터를 확보하여, K-means 클러스터링을 적용한 군집 별 최적 스테이션 입지 선정

- 적정 군집 개수(K) 값 선정의 경우, 법적 환승 거리 300m로 버퍼를 생성하여 84개의 'High-Very High Demand'를 커버 가능한 최소 K값으로 선정하여 경제성과 효율성 고려

number of clusters, number of cases, centroid for cluster j, case i, objective function, Distance function

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2$$

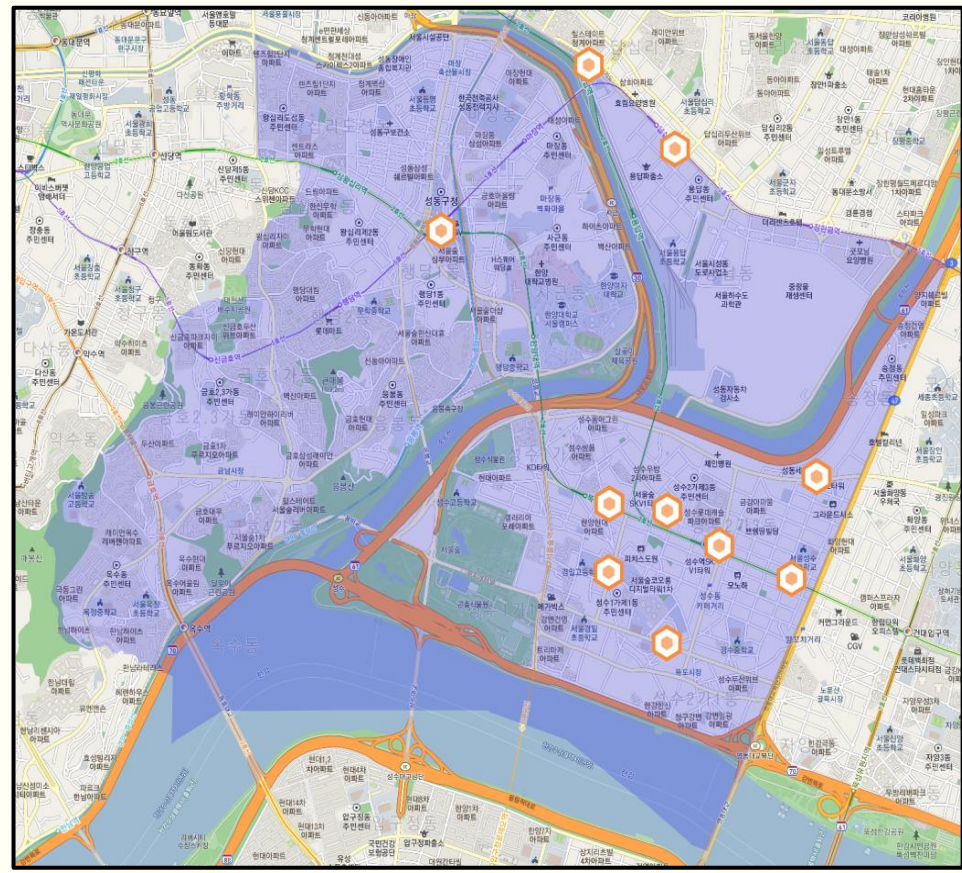
성동구 PM 스테이션 입지 선정



- 기존 따릉이 대여소 및 스마트쉼터는 인도 폭이 4m 이상 및 평탄 지역에 위치해 있음을 고려
- 최근접 허브까지의 거리, 벡터분석을 이용해 최근접 위치 탐색
- 모든 클러스터로부터의 거리가 300m 이내로 실제 실현 가능성을 고려한 최종 입지에 적합하다고 판단

- 따릉이
- ★ Cluster center
- 스마트쉼터

최종 입지 도출 및 논문 결론



성동구 PM 스테이션 최적 입지

서울특별시 성동구 행당동 192-3
서울특별시 성동구 천호대로 232
서울특별시 성동구 천호대로 302
서울특별시 성동구 광나루로 311
서울특별시 성동구 아차산로 163
서울특별시 성동구 독섬로 377
서울특별시 성동구 아차산로 41
서울특별시 성동구 성수일로 10길 26
서울특별시 성동구 아차산로 113
서울특별시 성동구 성수일로 27

- MCLP 모형 적용 결과, 'Cover Radius=350m'일 때 최적 입지개수 대비 최대 커버가능성을 보임
- 대중교통 연계성 및 이용자 수요를 고려하여 각 최적 입지 범위 내 견인 빈도 수 기반 고수요군 선정
- K-means 클러스터링을 활용, High-Very High Demand 지역을 커버하는 최소 입지 10곳 선정
- 추가적으로, 지리적 특성 및 실현가능성을 고려한 성동구 내 PM Station 최종 입지 도출
- 향후 PM 스테이션 증설 시 해당 지역을 우선 설치하는 것을 기대, 지자체 및 기업에 방법론 제공
- 고정형 스테이션 방식의 퍼스널 모빌리티 시대에 필요한 데이터 기반 스테이션 증설 방법론 제시