

---

# 2024 광진구 빅데이터 분석 공모전

공공 퍼스널 모빌리티 주차공간 입지선정

---



팀명: 파킹스타

2024. 05. 03

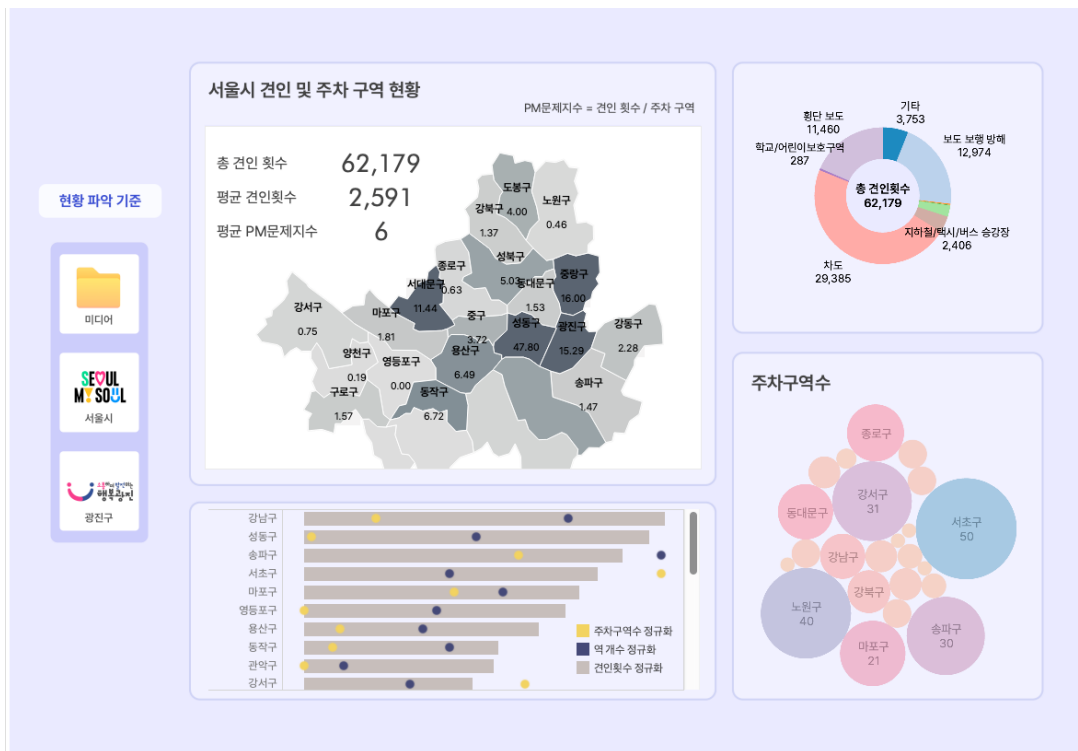
# 목차

I	개요	3
I.1	배경	3
I.2	목적 및 필요성	3
II	문제 수행 내용	4
II.1	데이터 수집 및 전처리	4
II.1.1	데이터 수집	4
II.1.2	데이터 전처리	6
II.2	클러스터링	8
II.3	입지 분석	11
II.3.1	Set-covering	11
II.3.2	반경 내 수요 최대화	15
II.3.3	P-median	17
III	주요 결과 및 시사점	18
III.1	주요 결과 요약	18
III.2	결과 활용 및 시사점	19
IV	참고자료	20

## 1. 배경

PM(Personal Mobility)은 전기를 동력으로 하는 1인용 이동수단으로 전동 휠, 전동 킥보드, 전기 자전거, 초소형 전기차 등이 이에 해당된다. 최근 Beam, SWING, 씽씽, 따릉이 등 다양한 PM 서비스가 대두되며 다양한 파생 문제가 발생하고 있다. 이중 특히 PM 이용자들의 비협조적인 주차문화로 인해 견인횟수가 상승하고 서울시 기준, 전동 킥보드 견인 제도를 시행한 21년 7월부터 23년 9월 까지 약 2년간의 전동킥보드 견인 건수는 12만 9131건으로 집계되었다. 견인 건수가 높다는 것은 무단 방치된 전동 킥보드의 수의 증가를 뜻하며, 시민들의 통행을 방해할 수 있는 요소로 'PM 주차문제'는 하나의 사회문제로 자리 잡았다. 이중 광진구의 견인건수는 1777건으로 서울시 중 16위에 속한다.

결론적으로 위와 같은 문제는 PM 서비스 회사, 지자체, 시민의 문제로 다가왔으며, 위와 같은 문제를 해소하기 위해 PM 회사와 지자체의 협업을 통해 공용 PM 주차장을 조성하는 분위기가 조성되고 있다. 서울시의 경우 2023년 10월 기준 191곳에 PM 전용 주차구역이 마련되었다고 한다. 이중 광진구의 공공 공용 PM 주차장 설치 건수는 단 1건이다. PM으로 인한 시민들의 이동권 침해가 심화되고 있는 와중, 광진구의 PM 공공 공용 주차장의 추가 설치에 시급할 것으로 보인다.

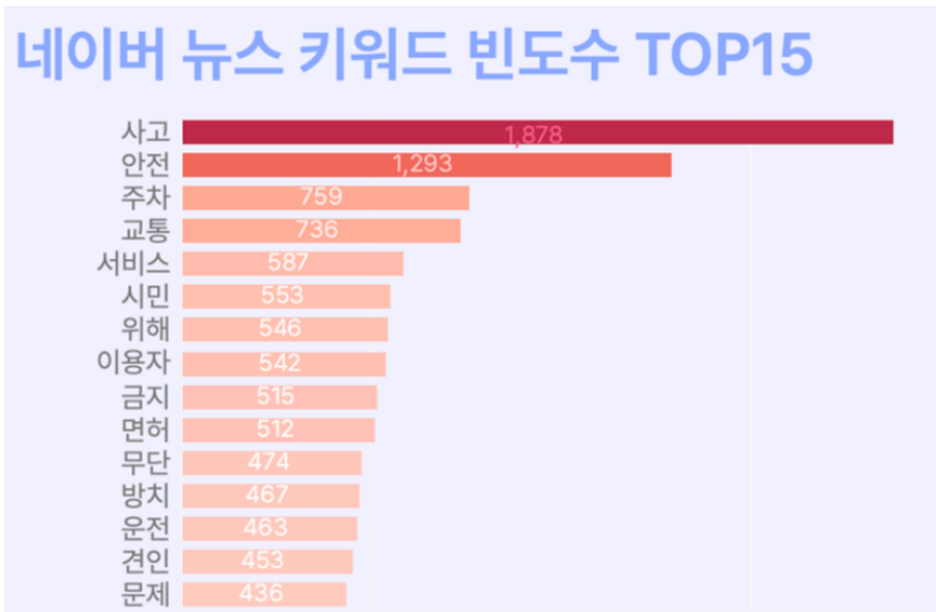


## 2. 목적 및 필요성

사회적 반응을 알아보기 위하여 언론 및 시민의 관점을 파악하기 위하여 유튜브의 전동킥보드 관련 뉴스 영상의 댓글을 수집했다. 약 80개의 영상에서 약 1000개의 댓글을 수집하였다. BERT 모델을 활용하여 긍정, 부정, 중립 3가지 레이블 중 어떤 척도에 가까운지를 판단하여 분석을 진행했다. 결과적으로, 크롤링한 데이터를 기반으로 분석한 결과는 62.5%에 해당되는 부분이 부정적으로 나타났다. 긍정적인 의견은 6.3%로 부정적 의견에 비해 극히 적음을 알 수 있다.



이어서, 어떤 사회적 이슈가 부정적인 반응을 불러일으켰는지 파악하기 위해 2023년 1월 1일부터 2024년 4월 26일까지의 '전동킥보드' 검색 결과에서 뉴스를 1000개 수집했다. 이를 통해 주요 키워드를 추출하여 분석했다. 분석 상위 결과로는 '사고(1,878건), 안전(1,293건), 주차(759건)'순으로 상위 3위의 키워드가 도출되었다. 또한 '무단(474건)', '방치(467건)', '견인(453건)' 등과 같은 키워드가 높은 빈도로 등장하여 이를 통해 공유 킥보드의 안전 사고 그리고 주차문제가 시급히 해결해야 할 부정적 문제인 것으로 도출됨을 알 수 있다.



위 분석 결과를 통해 PM의 주차문제에 대한 대중의 사회문제 인식정도가 높음을 파악하였다. 주차와 관련된 문제 역시 중요하게 나타났다. 따라서, 프로젝트는 주차와 관련된 문제를 해결하기 위해 시작되었으며, 이 결과를 통해 마이크로 모빌리티 산업에 대한 긍정적인 관심과 지지를 얻을 수 있기를 기대한다.

## II. 문제 수행 내용

### 1. 분석(수행) 절차

## 가. 데이터 전처리 및 EDA

### 1) 데이터 수집

#### 가) 서울시 전동킥보드 건인 현황

번호	신고일시	구정보	주소	유형	조치일
2628	2023-10-16	광진구	서울특별시 광진구 군자동 344-14	보도 중앙	2023-10-16

#### 나) 서울시 버스정류소 위치정보

노드 ID	정류소번호	정류소명	위도	경도	정류소 타입
1.05E+08	5504	정보도서관	37.55025	127.1105	마을버스

#### 다) 서울시 버스정류소 정류장별 승하차 인원 정보

사용일자	노선번호	노선명	표준버스 정류장ID	버스정류장 ARS번호	역명	승차총승객수	하차총승객수	등록일자
20240405	721	721번(북가좌동 ~건대입구역)	1.04E+08	05232	건대입구역 사거리.건대 병원(00050)	849	34	20240408

#### 라) 서울시 지하철호선별 역별 승하차 인원 정보

사용일자	호선명	역명	승차총승객수	하차총승객수	등록일자
20240405	2호선	건대입구	44872	46716	20240408

#### 마) 국토교통부\_(센서스경계)행정동경계



바) Beam, 스윙, 씽씽 앱 내 주차장 데이터



2) 데이터 전처리

가) 광진구 hexa곤 격자 생성 (QGIS)

우선, 행정동 경계 데이터인 BND\_ADM\_DONG\_PG의 shp 파일에서 광진구 부분만 추출하였다. 추출된 광진구 레이어를 기준으로 100m 단위의 폴리곤 hexa곤 그리드를 생성하였다. 일반적으로 50m 또는 100m 단위의 폴리곤이 많이 사용되지만, 위 프로젝트에서는 폴리곤 중심을 입지 후보지로 제안하기 때문에 미세한 단위의 폴리곤을 사용할 경우 후보지의 다발적 생성으로 인해 되려 분석과 시각화를 통한 문제 인식 과정에서 후보지를 평가하는데 필요한 시간이 증가하고 복잡성이 증가하므로, 100m 단위로 선정하였다.



나) 건인횟수

- (1) [서울시 전동킥보드 건인 현황] 데이터에서 2023년만 필터링하였다.
- (2) QGIS에서 csv 파일을 shp 파일로 변경 후 hexa곤 내에 포함되는 건인횟수를 계산하였다.

id	left	top	right	bottom	row_index	col_index	NUMPOINTS
3104	965465.325880 435877480	1950284.899299 999931827	965580.7959342 73977764	1950184.89929 9999931827	25	54	6.00000000 0000000
3105	965465.325880 435877480	1950184.899299 999931827	965580.7959342 73977764	1950084.89929 9999931827	26	54	1.00000000 0000000

## 다) 유동인구

### (1) 버스 데이터

(가) [서울시 버스정류소 위치정보] 데이터에서 광진구 내에 존재하는 버스정류소만 필터링하였다.

(나) [서울시 버스정류소 정류장별 승하차 인원 정보] 데이터에서 승차총승객수와 하차총승객수를 합하여 각 정류소의 총 승객수를 계산하였다.

(다) 계산된 총 승객 수를 노드 ID와 정류소명으로 groupby하여 각 정류소별 총 승객 수의 평균을 도출하였다.

(라) [서울시 버스정류소 위치정보]와 [서울시 버스정류소 정류장별 승하차 인원 정보]를 노드 ID, 정류소명 기준으로 left join하였다.

### (2) 구글 지도에서 광진구 내 지하철역의 위경도 데이터 수집

(가) [서울시 지하철호선별 역별 승하차 인원 정보] 데이터에서 승차총승객수와 하차총승객수를 합하여 각 역의 총 승객수를 계산하였다.

(나) 계산된 총 승객 수를 호선명과 역명으로 groupby하여 각 정류소별 총 승객 수의 평균을 도출하였다.

(다) 위에서 수집한 지하철역의 위경도 데이터와 [서울시 지하철호선별 역별 승하차 인원 정보]를 호선명, 역명 기준으로 left join하였다.

### (3) 버스 및 지하철 데이터 통합

(가) concat 함수를 사용하여 버스 및 지하철 데이터프레임을 결합하였다.

역명	위도	경도	총승객수
정보도서관	37.550249	127.110462	252.763889

(나) QGIS에서 csv 파일을 shp 파일로 변경 후 hexagon 내에 포함되는 유동인구를 계산하였다.

id	left	top	right	bottom	row_index	col_index	NUMPOINTS
3104	965465.32588 0435877480	1950284.89929 9999931827	965580.79593 4273977764	1950184.89929 9999931827	25	54	0
3105	965465.32588 0435877480	1950184.89929 9999931827	965580.79593 4273977764	1950084.89929 9999931827	26	54	104.2777777 77777771

## 라) 주차장

(1) Beam, 스윙, 씽씽 앱 내 주차장 데이터 수집 후 구글 지도에서 위경도 데이터 수집

동명	주차장명	위도	경도	업체
광장동	광장삼성2차아파트 나동	37.54241	127.1018	Beam

## 나. 클러스터링

### 1) 클러스터링 변수 설정

- 가) 유동인구, 건인횟수, hexagon 중심의 X좌표, hexagon 중심의 Y좌표를 변수로 설정한다.
- 나) 유동인구, 건인횟수로만 클러스터링 진행 시 hexagon 위치별 특성을 잃게 되는 문제가 발생하므로 hexagon 중심의 X, Y 좌표도 클러스터링 변수로 포함한다.

### 2) 클러스터링 전 정규화

- 가) 각 변수들의 단위가 다르다면 단위가 작은 변수는 영향이 적어지는 문제가 발생하므로 0~1 사이의 MinMax 정규화를 진행한다.

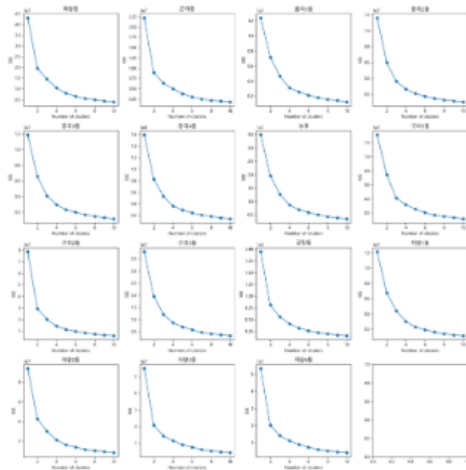
### 3) 클러스터링 방법

- 가) K-means: 데이터 포인트들을 중심으로부터 가장 가까운 클러스터에 할당하고, 클러스터의 중심을 업데이트하며 반복적으로 클러스터를 형성한다.
- 나) K-medoids: K-means와 유사하지만 군집의 무게 중심을 구하기 위해 데이터의 평균 대신 중간점을 사용한다.
- 다) Hierarchical: 데이터를 가까운 클러스터부터 순차적으로 합쳐 나가며 계층 구조를 형성한다.
- 가) Gaussian Mixture: 전체 데이터를 몇 개의 가우시안 분포로 표현할 수 있다고 가정하여 각 분포에 속할 확률이 높은 데이터로 군집을 형성한다.

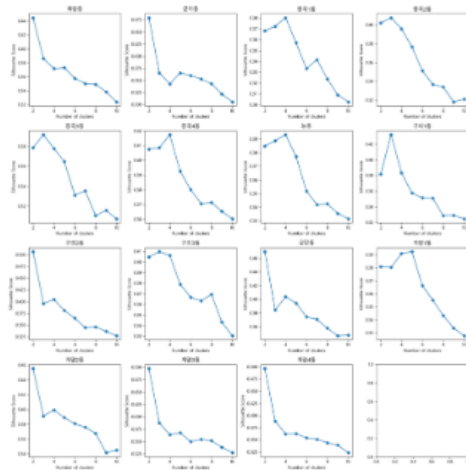
### 4) 행정동별 클러스터링

- 가) 실루엣 기법과 엘보우 기법에 따라 행정동별로 적합한 클러스터 개수(k)를 선택하고, 이를 기반으로 각 행정동별 클러스터링 진행
  - (1) 엘보우 기법: 클러스터 수(k)를 변화시켰을 때 클러스터 내 오차 제곱합(SSE)이 급격히 감소하는 지점이 엘보우처럼 꺾이는 지점을 선택하여 최적의 클러스터 개수(k)를 결정하는 방법이다.
  - (2) 실루엣 기법: 각 데이터 포인트의 클러스터 내 거리와 클러스터 간 거리를 고려하여 실루엣 계수의 평균값이 최대가 되는 클러스터 개수(k)를 선택하는 방법이다.





[엘보우 기법]



[실루엣 기법]

## 5) 클러스터링 기법 별 결과 비교

가) K-means, K-medoids, Hierarchical, Gaussian Mixture 클러스터링 결과를 종합한다.

나) 클러스터 선택 방법은 최빈값을 우선으로 선택하되, 동률이 발생하는 경우에는 클러스터 번호가 더 낮은 값을 선택한다.



[K-means]



[K-medoids]



[Hierarchical]

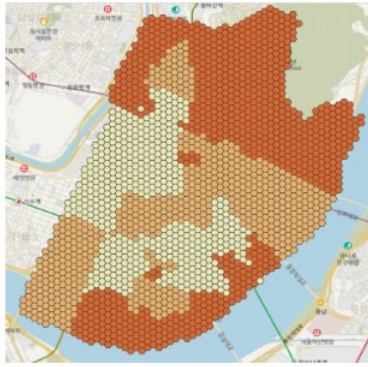


[Gaussian Mixture]

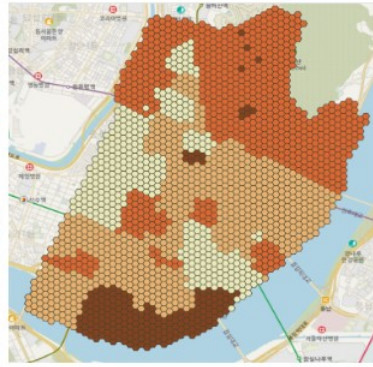
## 6) 최종 레이블링 결과

가) 행정동 클러스터별로 유동인구, 견인횟수 기준이 각기 다르기 때문에, 각 클러스터별 유동인구, 견인 횟수 평균 값을 기준으로 유동인구, 견인횟수를 다시 레이블링 한다.

행정동	클러스터링	유동인구	견인횟수
광장동	0	198.405524	1.152941
광장동	1	7.648059	0.391026
구의1동	0	47.857079	1.967742
구의1동	1	1644.456799	13.575758
구의1동	2	61.408116	1.370370
중략			



[유동인구]



[견인횟수]

label	value
0	0 이상 1 미만
1	1 이상 60 미만
2	60 이상 700 미만
3	700 이상

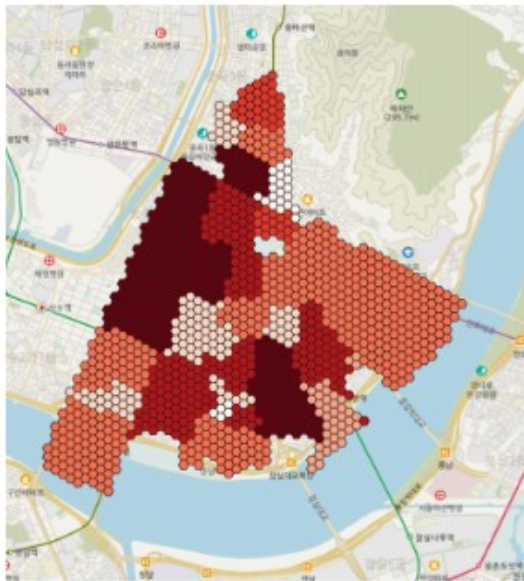
[유동인구 기준점]

label	value
0	0 이상 1 미만
1	1 이상 4 미만
2	4 이상

[견인횟수 기준점]

## 나) 최종 레이블링

- (1) 유동인구\_레이블이 3이고 견인횟수\_레이블이 2인 지역과 유동인구\_레이블이 2이고 견인횟수\_레이블이 2인 지역은 입지 대상 지역으로 간주하지 않고, 분석에서 제외하였다.



최종 레이블	유동인구 레이블	견인횟수 레이블	비고
1	0	0	
2	1	0	
3	0	1	
4	1	1	
5	2	0	없음
6	0	2	
7	2	1	
8	1	2	
9	3	0	없음
10	3	1	없음

## 다. 입지분석

### Maximal Covering Location Problem (MCLP)

입지분석의 방법 중 Maximal Covering Location Problem (MCLP)는 시설물의 개수 혹은 예산 비용이 제한되었을 때, 시설물의 서비스 수준을 높이기 위해 주어진 제약조건 하에서 시설물이 커버하는 수요량을 최대화하는 위치를 선정하는 방법이다.

MCLP를 택한 이유는 이 알고리즘이 주어진 반경 내에서 가능한 최대의 수요를 커버할 수 있는 위치를 선

택하도록 해주기 때문이다. 이 프로젝트에서는 set-covering, 반경 내 수요 최대화 그리고 p-median을 결합해서 사용했고, 이는 다양한 위치에서의 수요 커버리지와 접근성을 동시에 최적화하는 데 효과적이다. 다중의 문제를 결합해서 활용한 고차원적인 입지선정 방법임을 알 수 있다.

## 1) Set-covering

우선, Set-covering 알고리즘이 반영된 이유는 효율성과 경제성 때문이다. 광진구 내에서 한정된 자원과 예산으로 최대한 많은 영역을 커버해야하는 문제를 해결하기 위해, 이 알고리즘은 유동인구와 견인횟수에 대한 고려와 함께 거리 기반으로 주어진 지역이 다른 지역을 어떻게 커버할 수 있을지를 분석한다. 광진구 내에선 유동인구와 견인횟수가 특히 많은 지역(군자역)이 존재하므로 그 부분에 가중치를 두어 문제를 해결한다. 유동인구와 견인횟수 레이블은 다음과 같이 산정하였다. 숫자가 적을수록 유동인구와 견인횟수가 많다는 것을 의미한다.

우선 python을 활용한 분석에 대해서 코드와 그에 대한 수학적 공식을 통해 자세히 알아본다. 다시 언급하지만, 유동인구와 견인횟수에 대한 가중치를 두어 문제를 해결하는 방식으로 진행하였다. 전통적인 set-covering 문제와는 다르게 각 위치의 중요도(점수)를 고려하여 문제를 해결하였다.

### 가) 레이블 데이터 집계

각 '유동인구+견인횟수' 레이블별 데이터 포인트의 수를 집계하였으며, 위 변수는 각 레이블의 데이터 빈도수를 나타내며, 주차장 할당의 기준으로 사용하였다. 또한 전체 주차장 수를 100개로 설정. 이는 모델에서 최대로 할당할 수 있는 주차장의 총 수를 정의하였다. 여기서 말하는 전체 주차장 수 100개는 100개를 설치하겠다는 것이 아닌 우선순위 파악용으로 100개라고 설정하였다.

### 나) 주차장 할당 계산

$$P_j = \left\lfloor \frac{c_j}{\sum_k c_k} \times T + 0.5 \right\rfloor$$

$P_j$  = 레이블  $j$ 에 할당된 주차장 수

$c_j$  = 레이블  $j$ 에 할당된 주차장 수

$\sum_k c_k$  = 모든 레이블의 데이터 카운트 총합

$T$  = 전체 주차장 수, 여기선 100

$\lfloor x \rfloor$  =  $x$ 를 가장 가까운 정수로 내림

이 공식은 각 레이블별로 총 주차장 수  $T$ 에 대한 비율을 계산하여, 해당 비율에 따라 주차장을 할당한다.  $c_j/\sum_k c_k$ 는 레이블  $j$ 가 전체 데이터 중 차지하는 비율을 나타내며, 이 비율에 전체 주차장 수  $T$ 를 곱하여 레이블별로 할당할 주차장 수를 결정한다.  $+0.5$ 의 경우는 결과값을 반올림하기 위한 처리이며,  $\lfloor \dots \rfloor$ 는 최종적으로 반올림된 값을 얻기 위해 소수점을 버리는 역할을 한다.

이 계산은 각 레이블이 전체 데이터에서 차지하는 비율을 기준으로 주차장을 할당한다. 레이블별 데이터 카운트를 전체 데이터 카운트의 합으로 나누어 각 레이블의 비율을 구하고, 이 비율에 전체

주차장 수(이 문제에서는 100 개)를 곱한다. 이렇게 계산된 결과를 반올림하여 각 레이블에 할당할 주차장 수를 결정한다.

다) 유클리디안 거리 계산 방식을 통한 행렬화 및 1차 위치선정

(1) 상위 데이터 선택 과정

레이블별로 주차장 할당 계산을 통해 결정된 주차장 수만큼 각 레이블의 데이터 중에서 중요도 (score)가 가장 높은 데이터를 선택한다. 이는 각 레이블에 대해 설정된 score컬럼 값을 기준으로 상위 데이터를 선별하는 과정이다.

(2) 거리 행렬 계산

선택된 각 위치의 좌표(**centroid\_x**, **centroid\_y**)를 사용하여 거리 행렬을 계산하고, 계산된 행렬은 각 위치 간의 유클리디안 거리를 나타낸다.

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

여기서  $D_{ij}$ 는 위치  $i$ 와  $j$  사이의 거리를 나타내고,  $x_i, y_i, x_j, y_j$ 는 각각  $i$ 와  $j$ 의  $x, y$ 좌표를 나타냄

(3) 1차 위치선정

거리 행렬을 사용하여 각 위치 간의 상대적 거리를 파악하고, 이 정보를 바탕으로 효과적인 위치 선정을 위한 기초 데이터를 제공한다. 이 단계는 다음 과정인 커버리지 행렬을 통한 선형 할당 문제 해결과 최적 위치 선정으로 이어진다

라) 거리 기반 커버리지 최적화 및 선형 할당 문제 해결

(1) 커버리지 행렬 생성

$$C_{ij} = 1 \text{ if } (D_{ij} \leq 100)$$

$$C_{ij} = 0 \text{ otherwise}$$

여기서  $C_{ij}$ 는 커버리지 행렬의 원소이며,  $D_{ij}$ 는 거리 행렬의 원소로 위치  $i, j$ 의 사이의 거리를 나타낸다. 선택된 위치 간의 거리 행렬을 바탕으로, 100미터 이내에 있는 위치 간의 관계를 나타내는 커버리지 행렬을 생성. 이 행렬에서, 각 위치가 다른 위치와 100미터 이내에 있는 경우 1로, 그렇지 않은 경우 0으로 표시된다. 이는 각 위치가 서로를 얼마나 효과적으로 커버할 수 있는지를 나타내는 지표로 사용된다.

(2) 선형 할당 문제 해결

$$\text{minimize} - \sum_{i,j} C_{ij} \cdot X_{ij}$$

선형 할당 문제의 주된 목적은 주어진 매트릭스 내에서 최적의 행과 열의 매칭을 찾아 전체 비용을 최소화하거나 총 이익을 최대화하는 것. 이 경우에는 각 위치 간의 커버리지를 최대화하는 것

이 목표이다.

#### (가) 비용 행렬 정의

이 문제에서는 커버리지 매트릭스를 비용 행렬로 사용하였다. 원래의 커버리지 매트릭스는 각 위치가 다른 위치를 100미터 이내에서 커버할 수 있는지를 나타내는 1과 0의 이진 매트릭스이다. 선형 할당 문제에서는 비용을 최소화하는 방향으로 문제를 해결하므로, 커버리지 매트릭스의 값을 음수로 변환하여 최대 커버리지가 최소 비용에 해당하도록 설정하였다.

#### (나) 최적화 알고리즘 실행

최적화 알고리즘인 `linear_sum_assignment` 함수를 사용하여 이 음수화된 커버리지 매트릭스에 대한 최소 비용 매칭을 확인했다. 이 함수는 매트릭스의 각 행에서 하나의 열을 선택하여 전체 비용(이 경우 음수화된 이익)을 최소화하는 조합을 계산하였다.

#### (다) 최적 인덱스 추출

최적화 과정에서 얻은 열 인덱스(`col_indices`)를 분석하여, 각 행에서 선택된 열 인덱스를 기반으로 최적의 위치 인덱스를 도출. `np.unique` 함수를 사용하여 중복 없는 유일한 위치 인덱스를 추출함으로써, 각 위치가 최대한 다른 위치를 커버할 수 있는 최적의 조합을 확정하였다.

#### 마) 최적 위치 선택

선형 할당 문제의 해결 결과로 얻은 최적 인덱스를 사용하여 최종 위치를 선택함. 이 인덱스들은 위치 간 커버리지를 최대화하는 최적의 조합을 나타내며, 실제 데이터 세트에서 이 위치들을 식별하기 위해 사용했다.

결과는 다음과 같다. 가장 유동인구가 많고 건인횟수도 많았던 군자역이나 어린이 대공원역 그리고 건대입구역 부근에 우선순위가 부여된 것을 확인할 수 있다. 출력된 좌표를 가지고 Tableau를 통해서 시각화 한 결과이며 추후 QGIS를 통해서도 시각화 하였다.



## 2) 반경 내 수요 최대화

목적함수  $Maximize Z = Max \sum_{i \in I} a_i \cdot y_i$

제한조건1  $\sum_{i \in N_i} x_i \leq y_i, \forall i \in I$

제한조건2  $y_i \in \{0, 1\}, \forall i \in I$

제한조건3  $x_i \in \{0, 1\}, \forall j \in J$

제한조건4  $\sum_{j \in J} x_j = P$

$I$  = 수요 좌표 집합(기존 서비스별 주차장)

$J$  = 전동 킷보드 주차장 후보 좌표 집합(헉사곤별 중심점)

$S$  = 하나의 전동 킷보드 주차장이 수요를 커버할 수 있는 최대거리  $S = 400$

$d_{ij}$  = 수요 좌표  $j$  에서 전동 킷보드 주차장  $i$  까지의 최단거리

$N_j = \{i \in I \mid d_{ij} \leq S\}$  수요 좌표  $j$  를 커버하는 전동 킷보드 주차장의 집합

$x_j$  = 헉사곤 중심점이 전동 킷보드 주차장으로 선정되면 1, 아니면 0 값을 갖는 변수

$a_i$  = 수요 좌표가 가지는 가중치 값

$P$  = 설치되는 전동 킷보드 정류장 개수

$y_i$  = 수요 좌표 (커버되면 1, 커버되지 않으면 0)

### 가) 목적함수

각 좌표가 가지는 수요(가중치)를 최대한으로 커버하여 그 합을 최대화하도록 전동 킷보드 정류장을 선정하였다

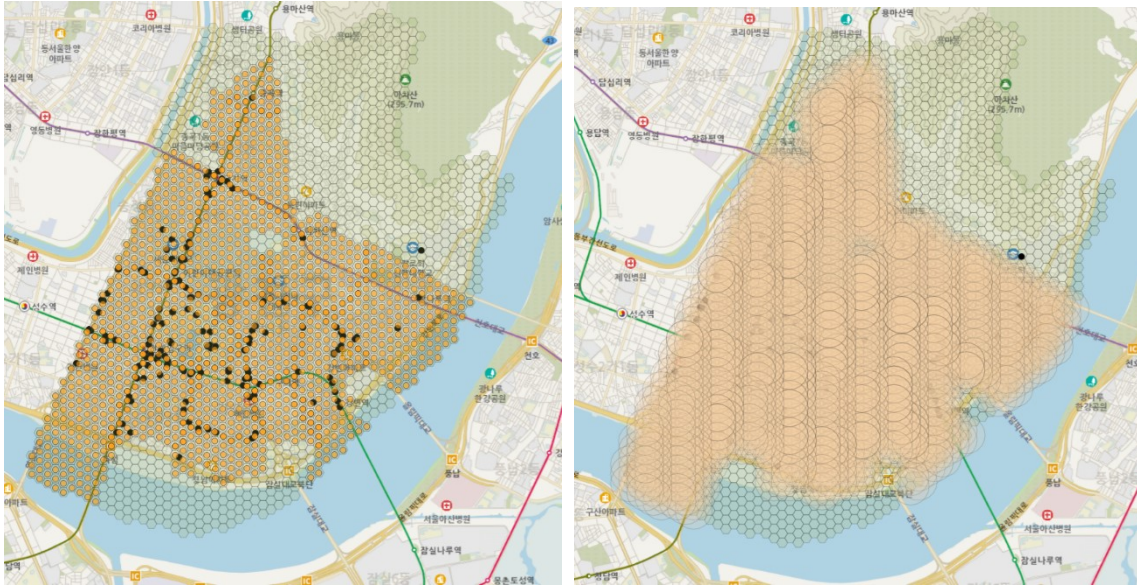
### 나) 제약 조건

- (1) 수요 좌표  $i$ 는 전동 킷보드 정류장의 커버 범위 안에서 하나 이상의 전동 킷보드 정류장에 의해 커버된다.
- (2) 총  $P$ 개의 버스 정류장이 전동 킷보드 정류장으로 선정된다.
- (3) 후보 주차장 집합의 좌표  $j$ 는 1 또는 0 값을 가진다. (최종 선정 Y or N)
- (4) 수요 좌표 집합  $i$ 는 1 또는 0 값을 가진다. (커버되면 1, 커버되지 않으면 0)

### 다) 헉사곤 중심 기준 최대 수요 계산

QGIS에서 각 헉사곤별 중심점 생성 후 각 헉사곤 중심에 대해 반경 내 200m에 포함되는 기존 서비스별 주차장 수를 계산하였다.





## 라) 수요 기반 입지 선정

- (1) 각 hexagon 중심의 반경 내 주차장 수를 기준으로 우선순위 부여
- (2) 한 행정동에만 주차장이 몰리는 현상을 방지하기 위해, 우선순위가 높은 입지와 거리 200m 미만인 경우에는 우선순위를 99로 변경하여 해당 입지를 고려하지 않도록 조치
- (3) 우선순위 결과

우선순위	hexagon 수
1	1
8	1
11	2
12	2
13	1
15	2
16	3
17	2
19	2
20	7
21	16
99	1248

## 마) 최종 입지 선정

- (1) 최종적으로 P 값을 설정하여 해당 개수까지의 입지를 최종 결과로 선정했다. 본 프로젝트에서는 P=39로 설정하여 우선 순위가 99가 아닌 모든 hexagon을 선정하였다.

(2) 최종적으로 선정된 입지는 아래의 그림과 같다.



### 3) P-median

$$\text{minimize } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij}$$

$$\text{subject to } \sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (2)$$

$$y_{ij} \leq x_j = P, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \forall j \in J \quad (4)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (5)$$

index

- $i$ : 수요지
- $j$ : 시설 위치

Data

- $h_i$ : 수요지의 수요량
- $d_{ij}$ : 수요지와 주차장의 입지점의 거리
- $P$ : 시설의 수

Decision variable

- $x_j$ : 만약 노드  $j$ 에 주차장이 설치되면 1, 그렇지 않으면  $x_j = 0$
- $y_{ij}$ : 만약 노드  $j$ 에 주차장이 설치되면 1, 그렇지 않으면  $y_{ij} = 0$
- (1) 각 수요지가 적어도 하나의 시설에 의해 커버되어야 함
- (2) 설치된 시설 수는  $P$ 와 같아야함
- (3) 수요지  $i$ 는 시설  $j$ 에 의해서만 커버될 수 있으며, 그 시설이 활성화되어 있어야 함
- (4) 시설 설치 변수는 이진 값이어야 함
- (5) 커버 변수도 이진 값이어야 함



P-Median 이란 고객과 해당 시설간의 평균 거리를 통해 시설 접근성을 측정하는 방법이다. 고객과 시설간의 평균 거리가 감소하면, 시설 접근성은 증가하며, 평균 반응시간은 감소한다는 개념이다. 고로, P-Median 을 통해 선정된 시설의 입지는 요구시점과 가장 인접한 시설간의 평균 거리를 최소화한 결정이라고 할 수 있다.

우선, 수요지는 버스 정류장, 지하철역, 기존 주차장(빔, 스윙 등) 위치, 견인위치, 입지점을 기준으로 하였으며, QGIS 를 통해 확인한 hexagon의 중심으로 설정하였다. 위 과정에서 hexagon 중심 좌표를 UTM-K 좌표계에서 WGS84 좌표계로 변환하여 거리를 측정할 수 있는 데이터를 구성하였다. 이를 통해 수요지, 입지점 포인트를 생성하여 입지 선정의 대상이 되는 데이터를 정리하였다. 이후 데이터 불균형을 해소하기 위하여 가중치를 적용하는 전처리 과정을 진행하였다. 가중치 부여는 각 유형의 포인트 수가 전체의 포인트 수에 비해 적을수록 높은 가중치를 부여하는 방식으로 진행되었다. P-Median 알고리즘을 적용 후 내림차순으로 정렬하여 상위 30 개(P=30)의 입지를 아래와 같이 선정하였다.

No.	index	Weight	No.	index	Weight
1	1841	6.888730	16	827	4.333095
2	2880	6.888730	17	2260	4.333095
3	1348	5.272987	18	946	4.289088
4	950	5.272987	19	546	4.289088
5	1579	5.272987	20	1575	4.289088
6	1444	5.184973	21	1110	4.289088
7	663	5.184973	22	1122	4.289088
8	2995	5.096959	23	1643	4.289088
9	1842	5.096959	24	1631	4.289088
10	835	4.401431	25	837	4.245081
11	1055	4.389267	26	1694	4.245081
12	1007	4.333095	27	1275	4.245081
13	434	4.333095	28	1320	4.201073
14	1059	4.333095	29	1329	3.505546
15	891	4.333095	30	2768	3.449374

## 2. 분석(수행) 결과

3가지 입지선정 알고리즘(반경 내 수요 최대화, p-median, set-covering)을 바탕으로 입지를 선정하였으며, 이를 데이터 포인트(hexagon)으로 나타내었다. 각 알고리즘의 입지 선정 결과가 두 개 이상 겹치는 곳을 11개 최종 입지로 선정하였다. 그러나 11개 중 2개의 hexagon은 모든 지역이 어린이 보호구역으로 이루어져 있으므로 최종 입지에서 제외하였다. 참고로 어린이 보호구역의 경우는 전동킥보드 주차 금지구역으로 지정되어 있기 때문에 설치가 아예 불가능한 지역으로 설정되어 있다.

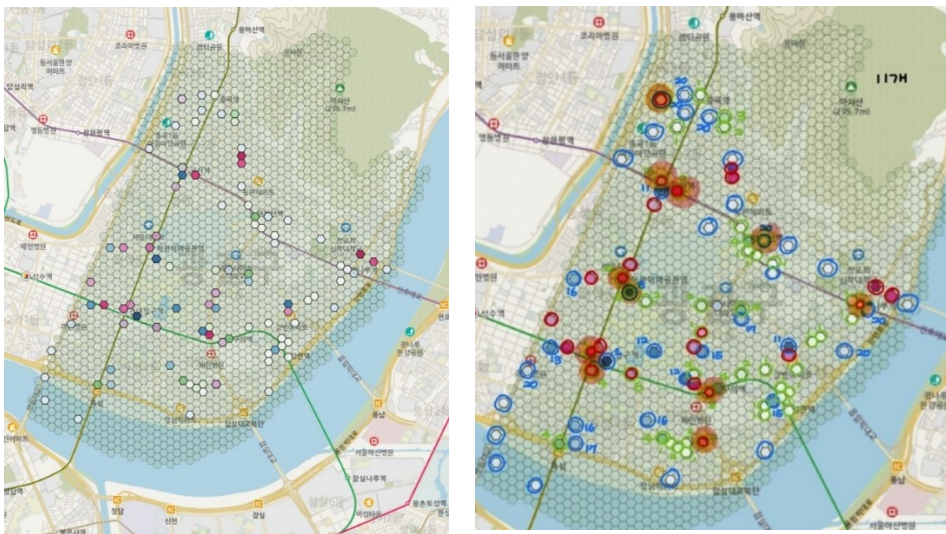
9개의 hexagon에서 실제로 로드뷰를 통해 주차장 설치에 적합한 구역을 리서치 하였다. 결과적으로 아래의 9개 주차장을 최종 선정하였다. 이 때, 고려한 요소는 다음과 같다.

- (1) 도보 보행을 방해하지 않는가?
- (2) 점자블럭 침범하지 않는가?
- (3) 전동킥보드 즉시 견인구역으로 지정된 곳이 아닌가?

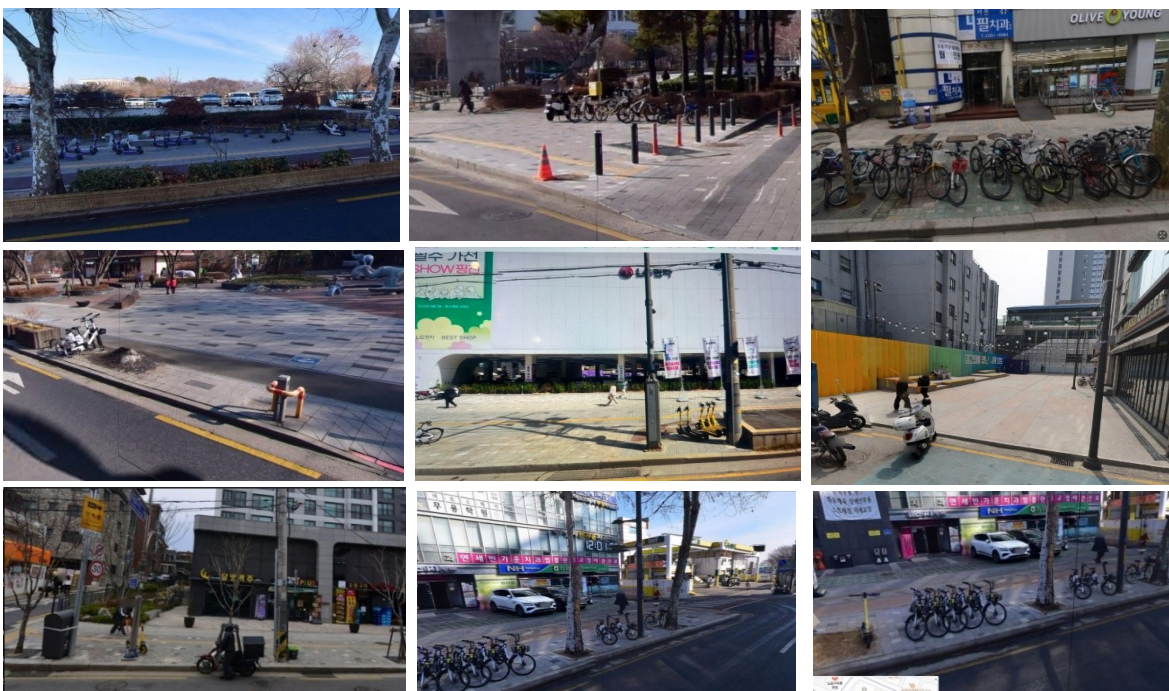
전동킥보드 즉시 견인구역(2024 년 서울시 공유 전동킥보드 관리 기본대책 기준)

- 보·차도가 구분된 도로의 차도 및 자전거도로/지하철역 진·출입구 5m 이내/버스정류소·택시 승강장 5m 이내/횡단보도 3m 이내/교통섬 내부/점자블록 위/교통약자 엘리베이터 진입로/교통약자 보호구역

### 최종적으로 선정된 입지 후보지



### 로드뷰를 통해 확인한 최종 입지 후보



### Ⅲ.

## 주요 결과 및 시사점

### 1. 주요 결과 요약

입지 선정 프로젝트에서 우리는 최종적으로 9개의 hexagon을 선정하였다. 이는 세 가지 알고리즘(반경 내 수요 최대화, p-median, set-covering)이 모두 중요하다고 말하는 지점들로서, 시간과 예산의 현실적인 한계를 고려한 결과이다. 각 알고리즘 별로 제시된 최적 위치를 종합적으로 고려함으로써, 자원 배분과 공간 최적화를 효율적으로 수행하려고 하였다.

추가적인 분석을 통해 시간과 예산이 충분할 경우 더 많은 주차장을 설치할 수 있는 가능성을 확인하였다. 특히 군자역, 어린이 대공원역, 건대입구역과 같은 지역에서는 더 많은 설치가 필요하다는 것이 확인되었다. 이 지역들은 유동 인구가 많고 특정 시간대에 건인 수요가 높아 추가적인 주차 공간이 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

이 프로젝트의 향후 방향은 분석 결과를 바탕으로 각 hexagon의 우선 순위에 따라 주차장을 설치하는 것이다. 이는 점진적으로 더 많은 지역을 커버하고 주차장 범위를 확장하여 전동킵보드 주차문제와 관련한 사회적 문제를 해결함과 동시에 전체적인 접근성과 효율성을 향상시킬 것으로 기대된다.

### 2. 결과 활용 및 시사점

입지 선정 프로젝트의 결과는 마이크로 모빌리티 산업과 연계하여 정책, 환경 등 여러 방면에서 활용될 수 있다. 이러한 활용은 도시의 교통 및 사회적 문제 해결에 기여하고, 지속 가능한 도시 발전을 촉진할 수 있다.

#### 가. 신규 서비스 개발 촉진

- 1) hexagon 분석 결과를 활용하여 마이크로 모빌리티 서비스의 신규 개발에 도움을 제공한다.
- 2) 킵보드 및 자전거 등 마이크로 모빌리티 서비스의 효율적 배치를 위한 구체적 지침을 제공한다.

#### 나. 교통 흐름 및 안전한 보행 환경 개선

- 1) 최적의 입지 분석 결과를 기반으로 주차장 설치를 통해 도보 방해나 건인 문제 및 킵보드 방치 문제를 완화한다.
- 2) 유동 인구가 많은 지역에서 원활한 전동 킵보드 이용을 촉진하며, 교통 흐름과 보행자 안전을 개선한다.

#### 다. 정책 및 규제 설계 강화

- 1) 입지 선정 결과를 활용하여 마이크로 모빌리티 관련 정책과 규제를 설계한다.
- 2) 필요한 서비스 확장 지역과 적합한 규제 유형을 결정하여 보다 체계적이고 과학적인 접근을 가능하게 한다.
- 3) 마이크로 모빌리티 서비스의 효율적 배치를 통해 도시의 교통 혼잡을 완화하고, 에너지 소비 및 탄소 발자국을 줄인다.

이러한 접근은 마이크로 모빌리티 서비스가 단순한 교통 수단을 넘어 도시 발전의 중추적 역할을 할 수 있도록 지원하며, 향후 도시 계획과 교통 시스템 설계에 있어 중요한 참고 자료가 될 것이다. 이는 더 안전하고, 효율적이며, 환경적으로 지속 가능한 도시 환경을 조성하는 데 기여할 것으로 기대된다.

### Ⅲ. 참고자료

---

- [1] Caprara, A., Toth, P., & Fischetti, M. (2000). Algorithms for the set covering problem. \*Annals of Operations Research, 98\*, 353. <https://doi.org/10.1023/A:1019225027893>
- [2] Choi, M.-B., Lee, S.-U., Kim, B.-G., Joung, S.-S., & Han, T.-Y. (2011). p-Facility Location Models. \*The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication\*, \*11\*(6), 193–205. <https://doi.org/10.7236/JIWIT.2011.11.6.193>
- [3] Park, Bora, LEE, Kyu Jin, & Choi, Keechoo. (2013). Optimum Location Choice for Bike Parking Lots Using Heuristic P-Median Algorithm. \*KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research\*, \*33\*(5), 1989–1998. <https://doi.org/10.12652/KSCE.2013.33.5.1989>
- [4] \*\*Lee, Minjeong and Kim, Youngho. (2014).\*\* "Location Modeling of CCTV for Crime Prevention in Ansan Using Floating Population and Population Density." \*The Geographical Journal of Korea\*, 48(4), 533-546.
- [5] \*\*Lee, Hyangsook, Jin, Moowi, and Chu, Sangho. (2017).\*\* "Development of a Methodology for Optimal Location Selection of Unmanned Delivery Boxes." \*Journal of the Korean Society of Intelligent Transport Systems\*, 16(4), 13-24.
- [6] 김지윤, 최예은, 김선웅 and 이건학. (2023). MCLP 모델을 이용한 서울시 안심귀가 서비스의 만남 거점 최적화. 한국도시지리학회지, 26(1), 133-148.
- [7] 이해빈, 김다혜, 남귀연, 정유지, 한정규, 박영진. (2023). 공공데이터 기반 공영주차장 최적입지 선정을 위한 최대 커버지역 문제(MCLP) 해결 기법. 멀티미디어학회논문지, 26(2), 275-287, 10.9717/kmms.2023.26.2.275
- [8] 박진우, 최우철, 김정화. (2022). 자율주행시대의 Flex Zone 도입과 입지 최적화 방안 연구: 수정된 MCLP 알고리즘을 기반으로. 대한교통학회지, 40(5), 750-761, 10.7470/jkst.2022.40.5.750
- [9] Kwon, Pil, Lee, Young Min, Yu, Ki Yun, & Lee, Won Hee. (2016). A Study of Optimal Location and Allocation to Improve Accessibility of Automated External Defibrillator. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 34(3), 263–271.
- [10] 김감영. (2021). 공간 최적화 모형을 이용한 자동심장충격기(AED)의 커버리지 평가: 강남구를 사례로. 한국지리학회지, 10(1), 153-166.