



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

P-Median 모델을 활용한 서울시 임시선별검사소 공간적 효율성 증대 방안 연구

2016930011 박성재

2016930016 양 훈

2016930027 한건희

CONTENTS



1. 연구 배경

2. 연구 목적

3. 연구 과정

4. 연구 결과

5. 결론 및 향후 발전 방안

1. 연구 배경



- 코로나 임시선별검사소의 정의

- 코로나 19가 의심되거나 검사를 원하는 시민 누구나 증상 유무, 역학적 연관성과 상관없이 손쉽게 검사를 받기 위함
 - ✓ 3차 유행의 중심인 무증상 또는 경증의 감염원을 조기에 선제적으로 발견하여 감염원 차단



상시선별진료소

- 증상이 있는 경우만 검사 가능
- 확진자와 역학적 연관성이 있어야 검사 가능
- 종합병원, 보건소 등에 설치



임시선별검사소

- 증상이 없어도 검사 가능
- 확진자와 역학적 연관성 없어도 검사 가능
- 각 구에 1개소 씩 설치 (강남구 2개소)

1. 연구 배경



주제 선정 배경

- 임시선별검사소 설치 기준에 대한 타당한 근거 부족
 - 현재는 지하철역 근처 광장 등 유동인구가 많은 공터 위주로 설치되어 있음
 - 코로나 발생 위험이 높은 유행 우려지역 등에 설치, 집중 검사
 - ✓ 지리정보 기반 환자발생지, 이동경로를 바탕으로 도식화한 정밀방역지도(Heat Map) 활용
- 감염 확산 방지 위해 이용자(수요자)들의 공간적 효율성 고려 필요

[그림] 수도권 임시선별검사소 운영방안

2. 운영방안

1) 운영기간

- 수도권 2.5단계 동안 한시적으로 운영
 - 기간: 2020.12.14. - 2021.1.3. (코로나19 유행 상황 등 고려 기간 변경 가능)

2) 설치 장소

- 코로나 발생 위험이 높은 유행우려지역 등에 임시선별검사소 설치, 집중검사(약150개소)

<수도권 유행우려지역>

- (선정 방법) 지리정보 기반 환자발생지, 이동경로를 바탕으로 도식화한 정밀방역지도 (Heat map) 활용
- (예시) 홍대, 신촌 등 대학가, 서울역·용산역 등 유동인구 많은 지역, 탑골공원 등 집단 발생 지역

- 운영시간은 평일, 주말 구분 없이 09시부터 18시까지 운영(필요시 조정가능)

* 휴게시간, 주말 등 교대근무 가능

2) 임시선별검사소 운영인력

- 임시선별검사소를 관할하는 보건소는 임시선별검사소 담당 인력 지정 운영
- 중앙에서 검체채취를 위한 의료인력 2명과 행정·운영인력 2명 등 지원

자료: 코로나-19 수도권 임시선별검사소 운영 안내, 중앙방역대책본부, 2020

1. 연구 배경



- P-median 모델

- 이용자(수요자)의 입장을 고려한 총 이동거리 최소화 입지-배분 모델
- 목적: 수요자(이용자)와 시설물 간의 총 이동거리를 최소화하여 효율성 증대
- 가정: 1) 시설물의 수(p)는 정해져 있음
2) 수요자는 가장 가까운 시설을 이용
3) 수요자의 분포상 중심점 (Median Point)에 시설이 입지

- 임시선별검사소의 목적 상 공간적 접근성 및 효율성이 중요

- 따라서, 본 연구에서는 P-median 모델을 도입

P-median 모델 수식

$$\min Z = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_{ij} w_i d_{ij}$$

$$\text{Subject to } \sum_j a_{ij} = 1 \text{ (for all } i)$$

$$\sum_j x_j = p$$

$$a_{ij} \leq x_j \text{ (for all } i, j)$$

$$a_{ij} \in 0, 1 \text{ (for all } i, j)$$

$$x_j \in 0, 1 \text{ (for all } j)$$

a_{ij} : 수요 지점 i 가 후보지 j 에 할당되면 1, 그렇지 않으면 0

w_i : 수요 지점 i 에서 수요 가중치

d_{ij} : 수요 지점 i 와 후보지 j 간 거리

x_j : 시설이 후보지 j 에 입지하면 1, 그렇지 않으면 0

1. 연구 배경



• 연구 모델

- 공간적 범위 : 서울특별시 전역($p=26$)
- 서울특별시 전역을 기준으로 P-median 모델을 적용



• 용어 정리

〈표〉 본 연구에서 설정한 용어 정리

구분	의미
거리 합	<ul style="list-style-type: none">- 임시선별검사소와 각 동의 Median Point(중심점) 사이 거리의 총합을 의미함- 본 연구에서는 Euclidian Distance 를 의미함
총 이동거리	<ul style="list-style-type: none">- VMT(Vehicle Miles Travel)의 의미로, '거리 합'과 '수요 가중치'를 곱한 값을 의미함

2. 연구목적



임시선별검사소 설치에 대한 타당한 근거 부족

공간적 효율성 극대화 필요

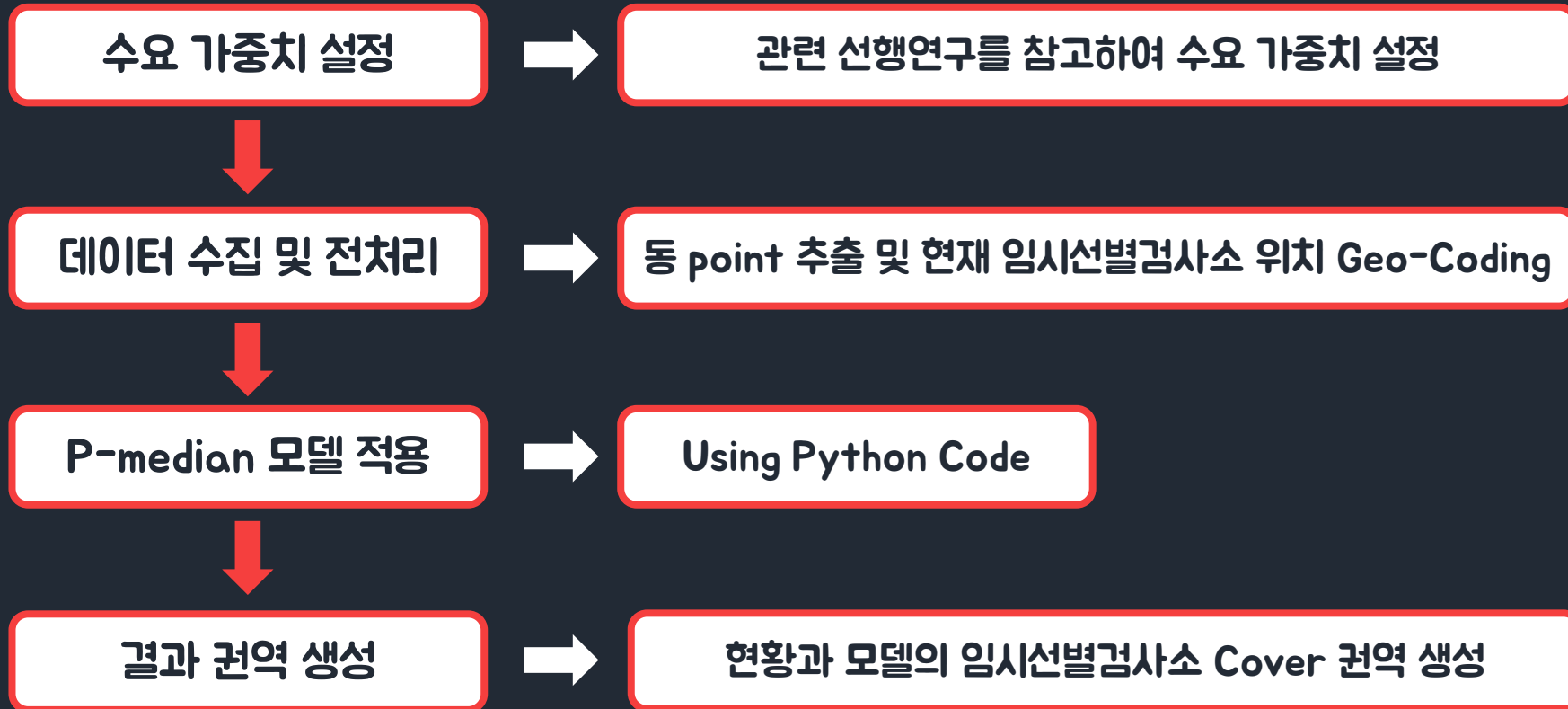


P-median 모델을 활용한 임시선별검사소
수요 가중치 설정

설정된 수요 가중치를 이용하여 산출한
최적지를 현황과 비교하여 타당성 분석

- P-median 모델을 활용하여 임시선별검사소의 공간적 효율성 증대방안 제시
- 새로운 PANDEMIC 대비 임시선별검사소 설치 기준 제시

3. 연구 과정



3. 연구 과정



- 수요 가중치 설정

- 유동인구 vs 인구 ?

- ✓ 관련 선행연구를 참고하여 수요 가중치 후보 설정



유동 인구

VS



인구(거주 인구)

- 임시선별검사소 검사 이후 원칙적으로 '자택귀가' 및 '대중교통이용 금지'

- ✓ 따라서, 임시선별검사소는 어떠한 목적 통행 중 잠깐 들러서 방문하는 것이 아닌, (유동인구)

- ✓ '임시선별검사소' 라는 목적을 가지고 방문을 해야함 (인구)

- 즉, '유동인구'를 기준으로 임시선별검사소를 설치하는 것은 타당하지 않다고 판단됨

- 본 연구에서는 '인구' 가중치를 이용하는 것이 타당하다고 판단됨

3. 연구 과정



- 사용 데이터

〈표〉 사용 데이터의 형태 및 출처

구분	형태	출처
인구	Table	주민등록인구현황(행정인구)
서울시 행정경계	Polygon	서울 열린 데이터 광장 (서울특별시)
임시선별검사소	Point	서울특별시 공식 홈페이지

✓ 사용 데이터의 기준연도는 2020년으로 설정함

- 데이터 좌표계

✓ ArcGIS의 Project Tool을 사용하여 UTM-K 로 변환함

3. 연구 과정



• P-median 모델을 통해 최적지를 구하는 Python Code

변수 정의 및 전처리



거리행렬 정의



P-median 최적화



```
import pandas as pd
from pulp import *

distance_matrix = pd.read_excel('C:/Users/DR.HAN/Desktop/졸작/P-median/서울시전체/거리행렬.xlsx',
                                usecols = 'G : P0')
pop=pd.read_excel('C:/Users/DR.HAN/Desktop/졸작/P-median/서울시전체/Seoul_Whole_pop.xlsx',
                  usecols = 'C')
pop_final = list(pop.iloc[0:424,0])
final = distance_matrix[1:426] # 데이터 전처리 완료

region_name=final.iloc[0,1:]
region_name_final=list(region_name)
location = region_name_final # 동 이름 전처리

a = dict(zip(location, pop_final)) # 동 이름과 인구수 행렬

D={}
for i in range(0,424): # 띄어쓰기 형태로 한 동당 거리행렬 정의
    D[i] = dict(zip(location[i:], [dict(zip(location, list(final.iloc[i+1,1:]))) ])))

merged={}
for i in range(0,424):
    merged[**merged, **D[i]] # 424 * 424 거리행렬 정의

p=26 # 임시선별검사소 수 정의

# P-Median 모델을 통해 최적지 선정하는 코드
X = LpVariable.dicts('X_%s_%s', (location, location),
                    cat = 'Binary',
                    lowBound = 0,
                    upBound = 1)

prob = LpProblem('P-Median', LpMinimize) # 목적 함수
prob += sum(sum(a[i]*merged[i][j] * X[i][j] for j in location) for i in location)
prob += sum(X[i][i] for i in location) == p

for i in location : prob += sum(X[i][j] for j in location) == 1 # 제약식
for i in location:
    for j in location: prob += X[i][j] <= X[j][j]

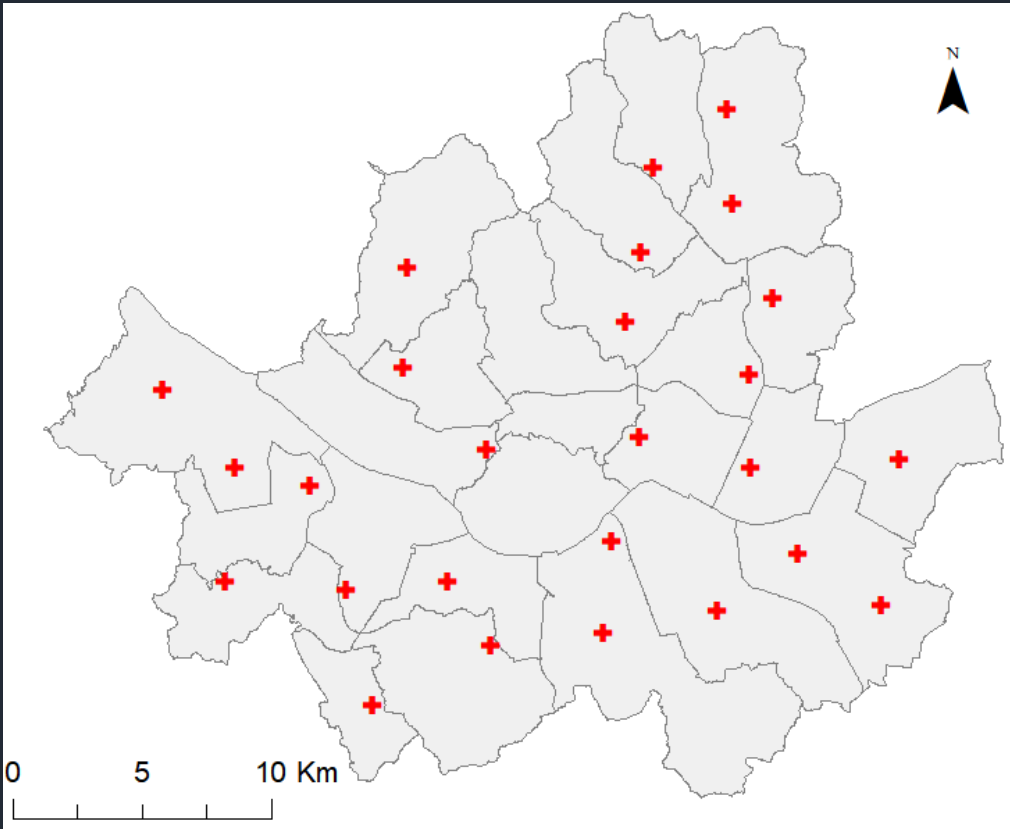
prob.writeLP("p-median_Seoul_Whole.lp")
prob.solve()
```

3. 연구 과정

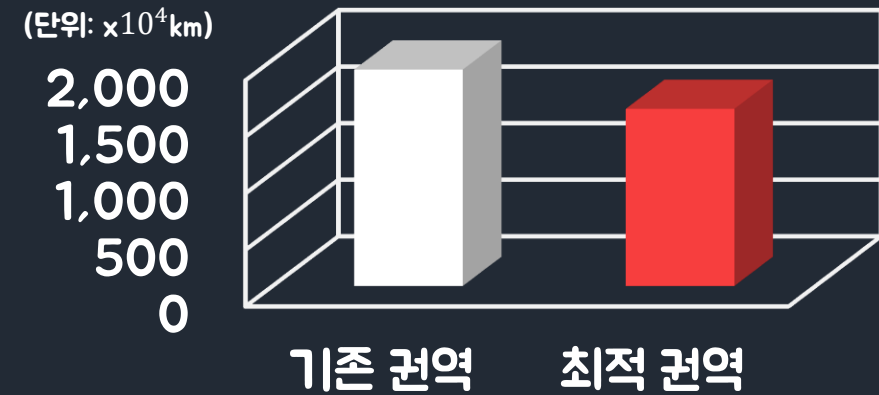


- '인구'를 수요 가중치로 P-Median 모델 적용

[그림] '인구' 가중치 적용 시 임시선별검사소 최적지



'인구' 가중치 적용 시 총 이동거리 비교



➤ 인구 가중치 적용 시

✓ 총 이동거리 차이: 3,472,218km

✓ 총 이동거리 감소율: 18.14%

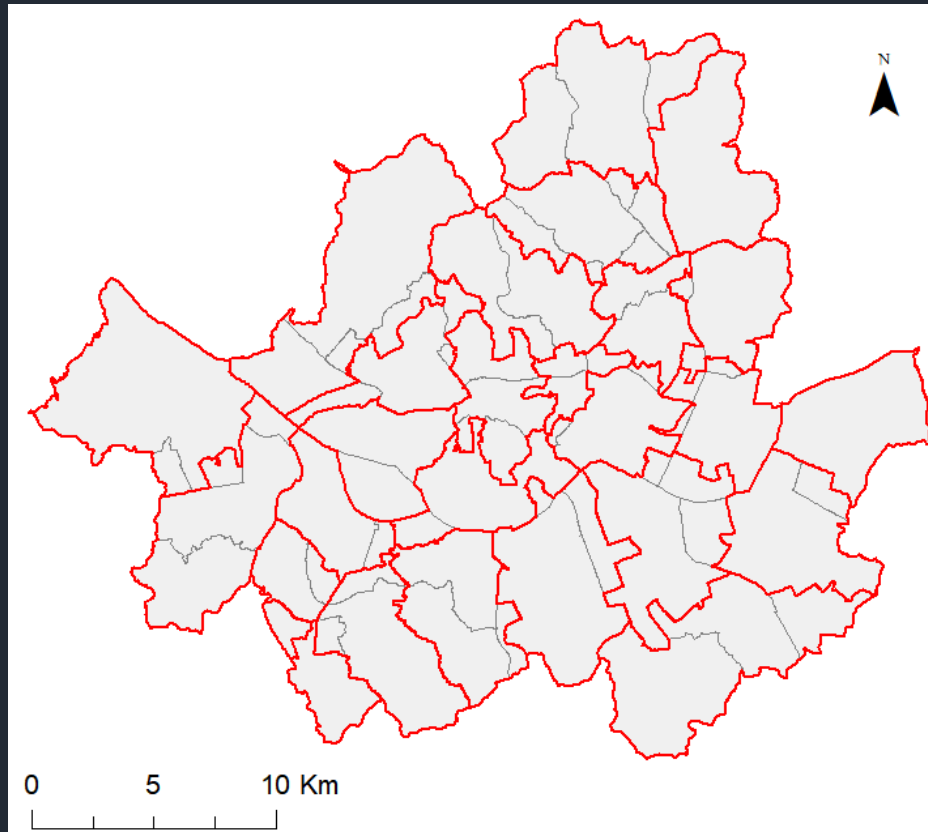
3. 연구 과정



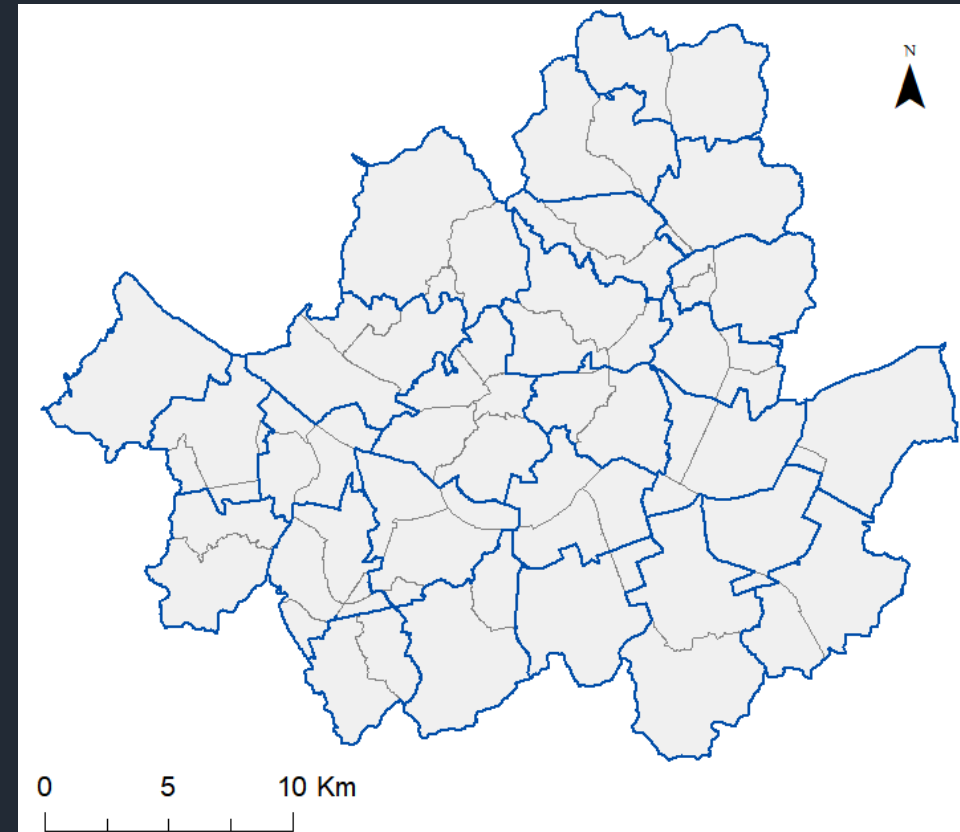
- 현황과 모델의 임시선별검사소 Coverage 권역 생성

- 새로 생성한 두 Coverage 권역이 현재 서울특별시 구 경계와 다른 것을 알 수 있음

[그림] 기존 권역



[그림] 최적 권역



4. 연구 결과



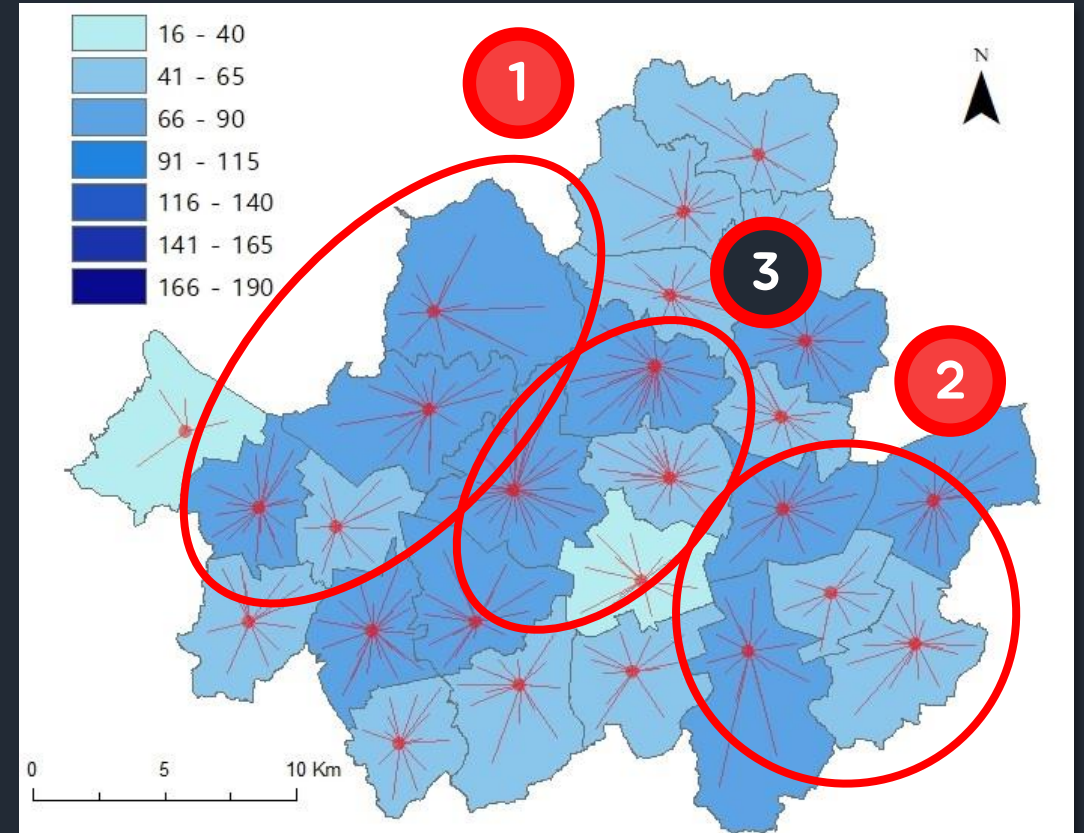
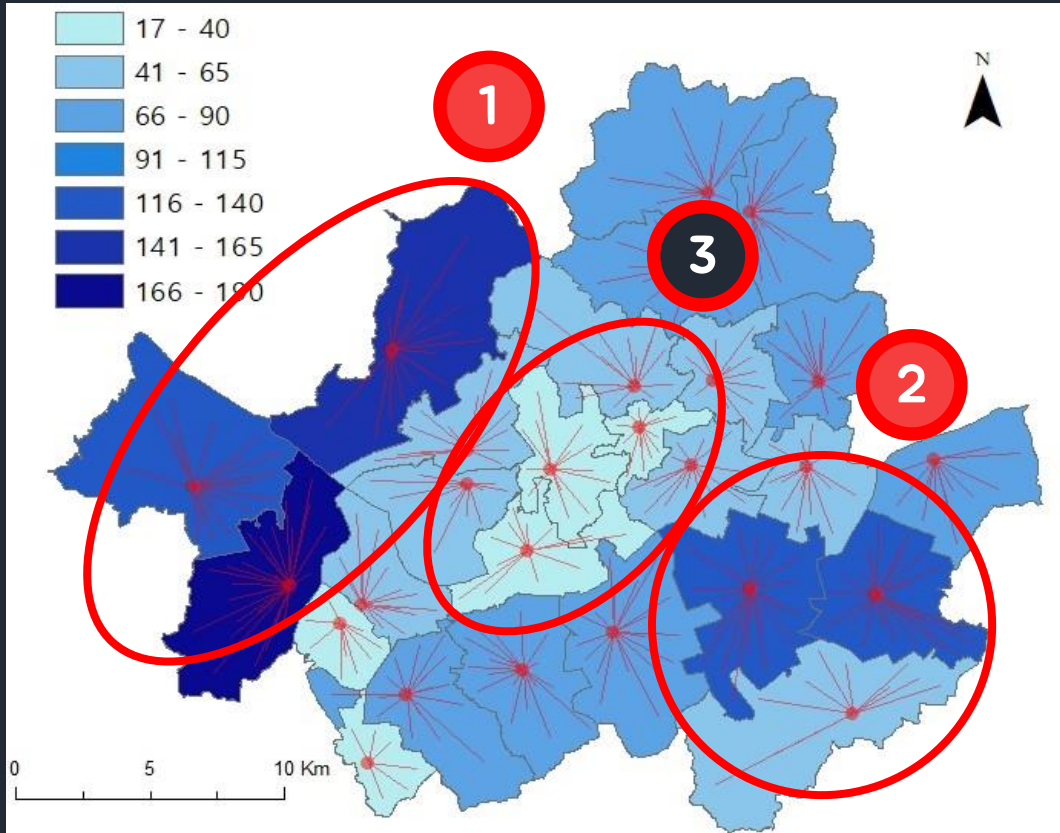
총 이동거리 감소 → 전체적으로 공간적 효율성 증가

기존 권역

최적 권역

총 이동거리(단위: 10^4 km)

총 이동거리(단위: 10^4 km)

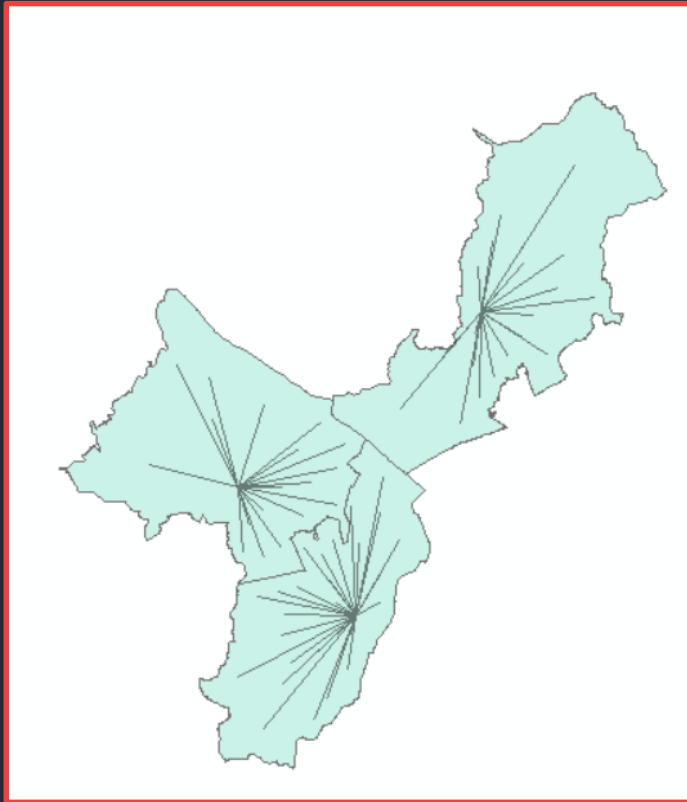


4. 연구 결과



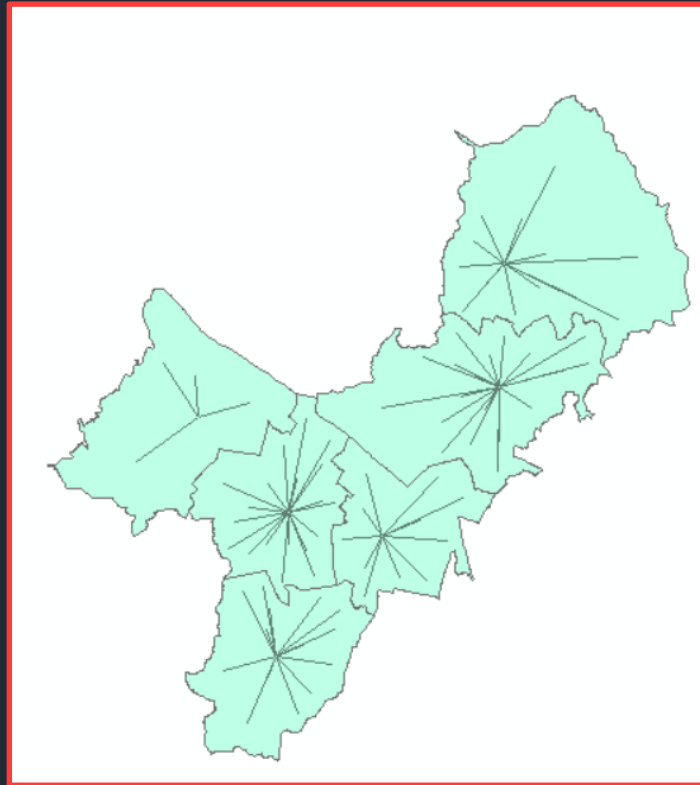
시설물 '추가' 필요 지역 1 - 서울 서부권(은평, 양천, 강서)

[그림] 서울 서부권 서비스 권역(현황)



총 이동거리: 4,564,289km

[그림] 서울 서부권 서비스 권역(모델)



총 이동거리: 3,694,725km

감소율: 19.05%

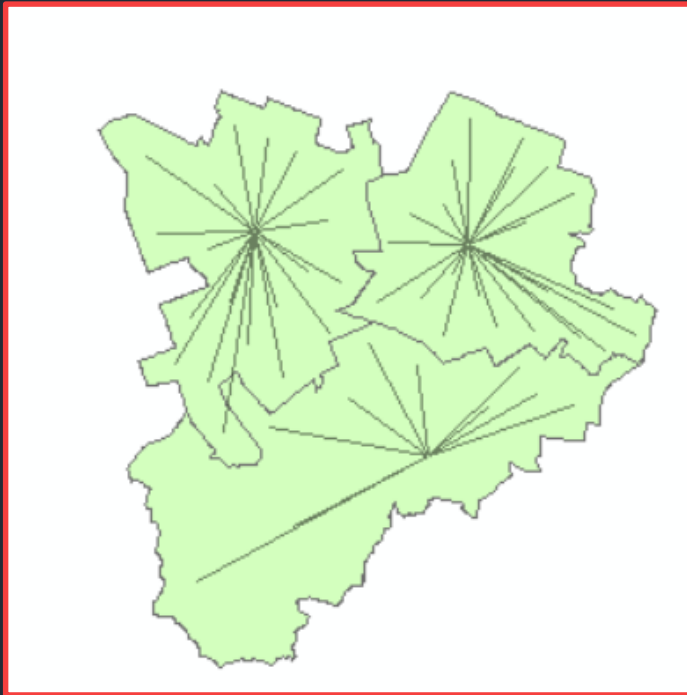
- 서울 서부권은 현재 3개의
임시선별검사소에서 많은 권역을 커버함
- '인구' 가중치 모델 적용 시 임시선별검사
소 개수가 증가하며 각각의 임시선별검사
소가 커버하는 권역의 서비스 수요가 분산
➢ 총 이동거리가 감소하므로 공간적 효율성
이 증가함

4. 연구 결과



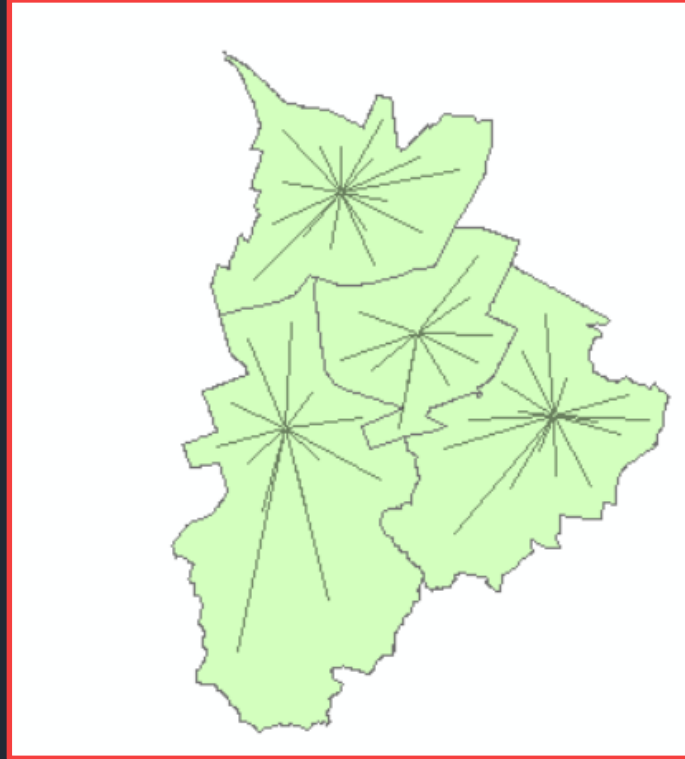
시설물 '추가' 필요 지역 2 - 서울 동남권(강남, 송파)

[그림] 서울 동남권 서비스 권역(현황)



총 이동거리: 2,957,811km

[그림] 서울 동남권 서비스 권역(모델)



총 이동거리: 2,377,428km

감소율: 19.62%

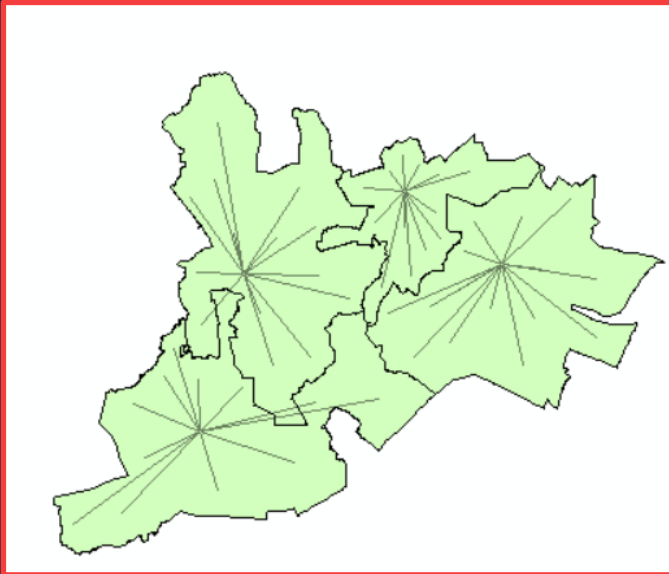
- 서울 동남권은 현재 3개의
임시선별검사소에서 많은 권역을 커버함
- '인구' 가중치 모델 적용 시 임시선별검사
소 개수가 증가하며 각각의 임시선별검사
소가 커버하는 권역의 서비스 수요가 분산
 - 총 이동거리가 감소하므로 공간적 효율성
이 증가함

4. 연구 결과



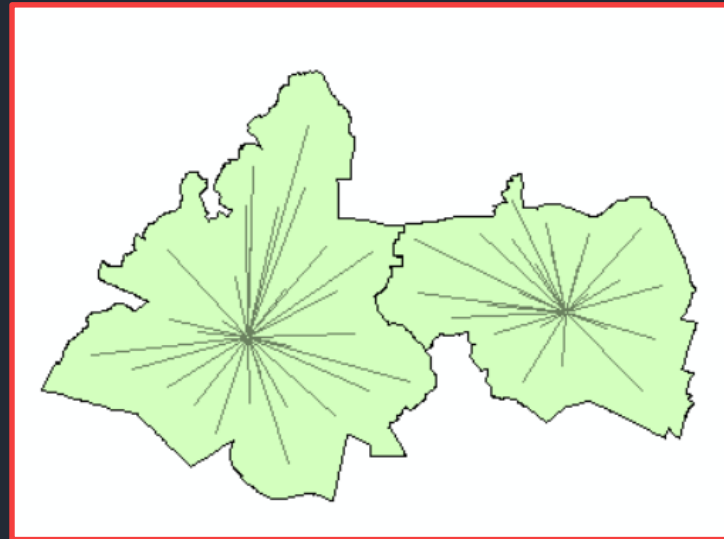
시설물 '통합' 필요 지역 3 - 서울 중부권(용산, 종로)

[그림] 서울 중부권 서비스 권역(현황)



총 이동거리: 1,213,490km

[그림] 서울 중부권 서비스 권역(모델)



총 이동거리: 1,253,308km

감소율: -3.28%

- 서울 중부권은 현재 권역 대비 많은 4개의 임시선별검사소가 밀집함
- '인구' 가중치 적용 시 임시선별검사소 개수가 감소하며 각각의 임시선별검사소가 커버하는 권역의 크기가 증가함
 - 총 이동거리는 거의 유사하므로 중부권의 공간적 효율성은 비슷하게 유지되지만 서울시 전체의 공간적 효율성은 증가함

5. 결론 및 향후 발전 방안



- 결론
 - '인구(거주 인구)'로 설정 시 P-Median 모델의 총 이동거리가 감소함
 - ✓ 서울특별시 전체적으로 공간적 효율성이 현황보다 증가함
 - ✓ 따라서, 지역별 임시선별검사소 서비스 이용의 불균형 해소 가능
- 향후 발전 방안
 - 임시선별검사소 설치가능 여부 및 공급량(COVID-19 검사 인력 수) 등 추가 지표를 활용하여 보다 실질적인 입지 선정 연구 필요
 - 다른 PANDEMIC 상황 및 타 지역에 맞게 공간적 효율성을 향상시킬 수 있는 연구 필요

P-Median 모델을 활용한 서울시 임시선별검사소 공간적 효율성 증대 방안 연구

감사합니다.