

Contents











문제 인식

- 주제 선정 배경
- 광진구 미세먼지 저감시설 '하늘가' 분석 알고리즘

분석 방법

- 분석 순서도

미세먼지 흡입량 분석

- 미세먼지 데이터 분석
- 버스 승하차 데이터 분석
- 하늘가 입지 후보 선정







미세먼지 취약 지역 분석

- 취약 지역 군집화 방법
- Feature 상관관계 분석
- K-means Clustering

MCLP 최종 입지선정

- 수요 포인트와 입지 후보 선정
- MCLP 알고리즘 적용
- 최종 입지 선정

결론

- 기대효과
- 의의 및 한계
- 참고 자료



주제 선정 배경



문제 인식

V

회근, 특히 심각해진 미세먼지 문제

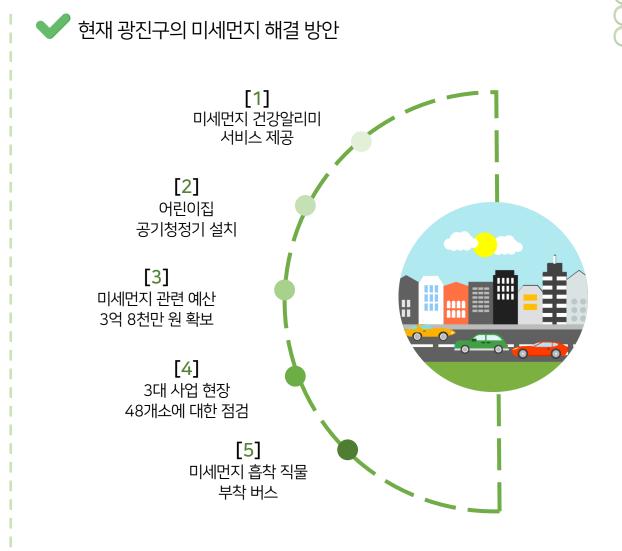


●● 71 인구가중 초미세먼지 농도 2040년까지 감소 - K-SDGs(국가지속가능 발전목표) 中

- 미세먼지 나쁨 일 수 2040년까지 지속 감소 - 연평균 초미세먼지 농도 2040년까지 10µg/m³로 감소 - K-SDGs(국가 지속가능 발전목표) 中



서울 3~4월 미세먼지 주의보, 경보 발령일수 2020 2021 2022 1 4 3 • 7



광진구 미세먼지 저감시설, '하늘가'



문제 인식



다른 접근 방식 필요



[1] 다른 지역 예시



버스정류장의 특성



높은 통행량



심각한 대기오염 ※도시의 3.5배

[2] 미세먼지 저감시설 작동 원리



감지

근처 행인

확인

미세먼지 흡진



클린존 형성

작동 조건

장치 작동

버스 정류장만을 위한 **미세먼지 저감 시설이** 필요

" 광진구만의 미세먼지 저감시설을 설치하자!

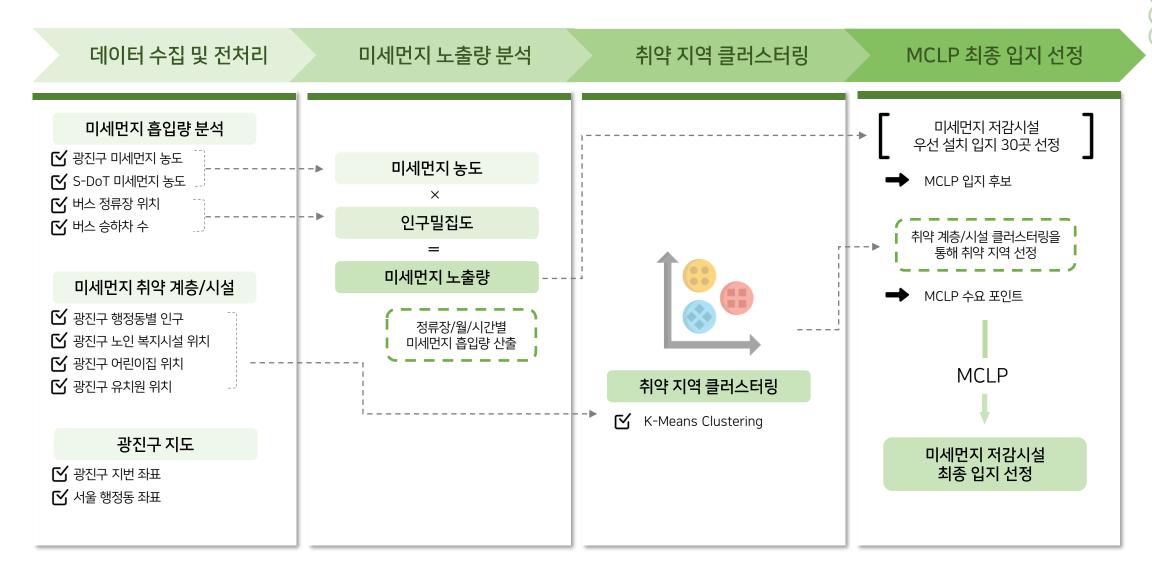
'하늘 끝' 이라는 뜻의 순우리말 하늘의 끝이 보일 정도로 미세먼지 없는 맑은 하늘을 만들기 위해



분석 순서도



분석 방법





분석 알고리즘

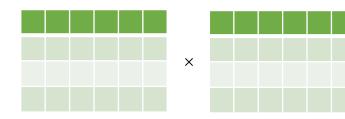


분석 방법



총 미세먼지 흡입량 산출

총 미세먼지 α 미세먼지 X 인구 흡입량 α 농도 X 밀집도



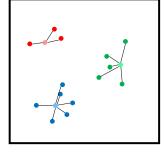
행정동/시간별 미세먼지 농도 정류장/시간별 인구 밀집도

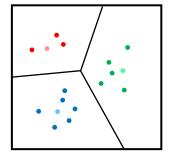
66

각 정류장의 소속 행정동을 매칭하여 총 미세먼지 흡입량 산출, 저감시설 우선 설치 입지 선정



미세먼지 취약지역 선정





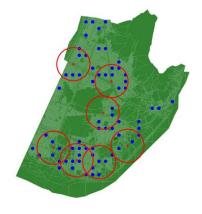
K-Means Clustering

여러 개의 feature를 가진 데이터를 가까운 거리의 데이터끼리 K개의 군집으로 묶는 알고리즘

0 미세먼지 취약계층인 유아/노인의 인구비율과 유아/노인 시설의 수를 이용하여 수요 지역 선정



최종 입지 선정



Maximal Covering Location Problem (MCLP)

시설물 수, 설치 가능 입지 등의 제약 조건 하에 시설물이 커버하는 수요 포인트를 최대화하는 알고리즘



미세먼지 데이터 분석



미세먼지 흡입량 분석

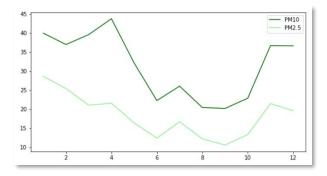
Smart Seoul Data of Things (S-DoT)

☑ 서울시에서 설치한 미세먼지, 온도, 습도, 소음 등의 여러 데이터를 수집하는 loT센서 ☑ 서울 전역에 총 1100개 설치되어 있어 각 행정동 단위로 미세먼지 농도 데이터를 수집할 수 있음

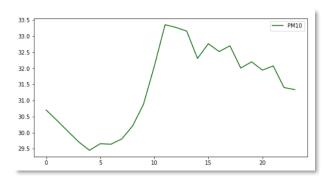
66

광진구 시간별 미세먼지 분포

광진구 월별 평균 미세먼지



광진구 시간별 평균 미세먼지

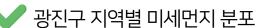


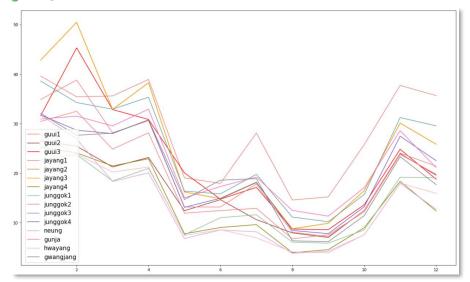
미세먼지(녹색)와 초미세먼지(연두색) 모두 6~10월에 낮은 값을 나타내고, 1~5월, 11~12월에 높은 값을 나타냄

1~5월, 11~12월의 인구밀집도 가 6~10월의 인구밀집도보다 중요하다!

미세먼지(녹색) 농도가 새벽 시간대에 가장 낮고, <mark>정오 근처</mark>에 가장 높은 값을 나타냄

66 낮 시간대의 인구밀집도가 ⁹⁹ 밤 - 새벽 시간대의 인구밀집도보다 중요하다!





자양3동, 구의1동, 중곡3동 등이 높은 미세 먼지 농도를 띄고, 화양동, 능동, 중곡1동 등 이 낮은 미세먼지 농도를 나타냄



버스 승하차 데이터 분석



미세먼지 흡입량 분석



광진구 버스 승하차 데이터 전처리

[행정동 영역 데이터.shp] '행정동 영역 데이터'

▼ 전체 데이터에서 광진구 소속의 행정동 데이터만 필터링

중곡1, 2, 3, 4동 처럼, 광진구의 <mark>행</mark> 정동이 15개로 세부적으로 나뉨

[서울시 정류장 마스터 정보.csv] **서울시 정류장 데이터**

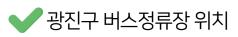
위도, 경도 좌표를 이용해 광진구 안에 속한 정류장만 필터링

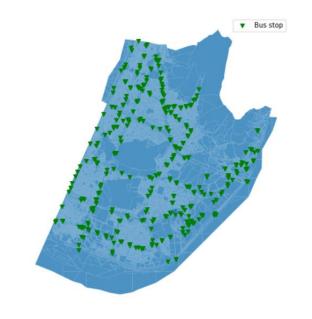
✓ 경유와 같은 가상 정류장 제거, 총269개의 정류장 추출

행정동 영역 데이터와 결합하여 각 정 류장의 소속 행정동 열 추가

[2022년_버스노선별_정류장별_ 시간대별_승하차_인원_정보.csv] '버스 승하차 데이터'

▼ 전체 데이터에서 광진구의 버스정류장 269개만추출 (버스정류장ID 열 이용)





	일일 총 이용객 수
행정동	
화양동	7583088
군자동	6220301
구의2동	5335731
능동	4909121
구의3동	4595798
자양1동	4559112
자양2동	4551089
구의1동	4524227
자양4동	4421301
중곡2동	4124555
자양3동	3882607
중곡3동	3124605
광장동	2918675
중곡1동	2832536
중곡4동	2793982
초하	66376729

- ♂ 광진구의 버스정류장 분포는 다음과 같음
- 화양동, 군자동, 구의2동, 능동 등의 행정동에서 버 스 승하차량이 높음
- ☑ 이용량이 많은 정류장일수록 인구 밀집도가 높아져 총 미세먼지 흡입량도 비례하여 높아질 것임



하늘가 입지 후보 선정



미세먼지 흡입량 분석



❤️총 미세먼지 흡입량 산출

버스 승하차 데이터

	사용년 월	표준버스정류장 ID	버스정류장ARS 번호	0	1	2	3	4	5	6	 17	18	19	20	21	22	23	행정 동	역명	시간 합
2914	11	104900098	5710	0	0	0	0	0	0	48	 161	177	116	95	76	40	12	구의1 동	미니스톱구의중 앙점앞	3149
423	4	104000037	5130	326	5	0	0	0	37	195	 617	704	666	480	487	466	339	중곡3 동	면곡시장앞	8244
397	2	104000035	5128	2	0	0	0	337	592	907	 1030	1204	877	669	731	518	142	중곡3 동	중곡3동주민센터 앞	18573
937	2	104000095	5188	416	86	13	0	296	705	1743	 3306	3619	2596	1881	2047	1593	899	자양1 동	자양동잠실대교 북단	50839
1648	5	104000167	5260	123	0	0	0	370	909	1372	 1856	1858	1312	1017	867	673	302	중곡2 동	중곡동입구	32811

- 1. 월/시간/행정동 정보를 이용하여 알맞은 미세먼지 데이터 탐색
- 2. 해당 미세먼지 데이터를 승하차 데이터에 곱한 값(총 노출량) 도출

미세먼지 데이터 (참조 테이블)

	초미세먼지 보정(μg/m²)	미세먼지 보정(μg/㎡)	date	month	day	hour	행정동
31537	28.00	40.00	2022-04-17 14:00:00	4	17	14	Guui3-dong
74228	4.00	8.00	2022-09-18 23:00:00	9	18	23	Gwangjang-dong
100142	27.00	29.00	2022-12-25 13:00:00	12	25	13	Guui3-dong
58383	9.00	7.00	2022-07-27 11:00:00	7	27	11	Neung-dong
90315	15.00	27.00	2022-11-07 13:00:00	11	7	13	Gwangjang-dong



미세먼지 데이터분석에서 얻은 통찰과 같이, 낮 시간의 인구 밀 집도가 높게 반영되고, 밤 - 새벽시간이 적게 반영됨

※ 미세먼지/초미세먼지 보정?

 $\mathcal{L}_{\mathcal{Q}}$

S-DoT에서 관측된 미세먼지 농도와, 광진구 대기 관측소에 서 관측된 미세먼지 농도를 역거리 가중 보간법을 이용해 보 정한 값



하늘가 입지 후보 선정



미세먼지 흡입량 분석



하늘가 입지 후보 선정

총 승하차량 순위 (미세먼지 농도 적용 전)

0 0 1 10 2 11 (1 112 1 0 — 10 2)						
순위	정류장 명	행정 동				
1	건대입구역사사거리.건대병원	화양동				
2	어린이대공원후문아차산역	능동				
3	건대로데오거리입구	자양4동				
4	어린이대공원후문아차산역	구의2동				
5	군자역.용마초등학교	능동				
6	광진구청	구의1동				
7	광진문화예술회관	자양3동				
8	광진구청	자양1동				
9	군자교입구	중곡1동				
10	군자역.용마초등학교	중곡2동				

총 미세먼지 흡입량 순위 (미세먼지 농도 적용 후)

	순위	정류장 명	행정동
• x	1	광진구청	구의1동
*	2	건대입구역사거리.건대병원	화양동
	3	광진문화예술회관	자양3동
NEW	<mark>/! 4</mark>	광진경찰서	구의1동
OUT!	5	어린이대공원후문아차산역	능동
	6	어린이대공원후문아차산역	구의2동
NEW	/ ! 7	군자교입구	군자동
	8	군자역.용마초등학교	중곡2동
OUT!	9	건대로데오거리입구	자양4동
	10	광진구청	자양1동



미세먼지 데이터 분석에서 얻은 통찰과 같이 <mark>화양동, 능동, 중곡1동</mark>의 미세먼지 흡입량은 인구 밀집도에 비해 하락했고, <mark>자양3동, 구의1</mark> <mark>동</mark>의 미세먼지 흡입량은 인구 밀집도에 비해 상승함



총 미세먼지 흡입량이 높은 정류장 상위 30곳을 미세먼지 저감시설 '하늘가' 설치 입지 후보로 선정



취약 지역 군집화 방법



취약 지역 분석

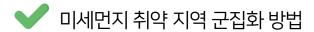
66 99

미세먼지는 노인과 아동의 건강에 부정적인 영향을 주고 있고, 특정 계층의 미세먼지에 대한 취약성도 확인됐다

미세먼지 노출은 <mark>유아와 노인에게 특히 위험</mark>하므로 취약 계층의 미세먼지 노출을 막는 것이 중요



단순히 전체 인구의 밀집도 만을 고려하는 것이 아니라 보육시설, 노인 복지시설의 위치를 고려하여 하늘가의 입지를 선정하자!



- [1] 행정동별 인구 데이터 준비
- ✓ [서울특별시_광진구_연령별_인구현황.csv] 데이터 이용
- [2] 노인 복지시설, 유아 보육시설 위치 데이터 준비
 - ✓ [서울특별시_광진구_경로당_현황.csv] [어린이집.shp] [유치원.shp] 데이터 이용
 - 각 시설의 좌표 값을 이용하여 광진구 지도 위에 매핑

- [3] 광진구를 20m * 20m 셀로 나누기
 - ▼ 클러스터링을 위해 정사각형 모양 셀로 나눔
 - ▼ 총 483개의 셀 생성



- [4] 각 셀 별로 연령 비율, 취약 시설 개수 데이터 생성 후 클러스터링
- ▼ 취약시설 좌표를 이용해 각 셀에 존재하는 경로당/어린이집/유치원 개수를 각각 카운팅
 - → 이는 군집화의 feature가 됨
- ✓ 각 셀의 인구비율 feature는 셀이 속한 행정동 의 인구비율을 따라감



Feature 상관관계 분석



취약 지역 분석



Heatmap 상관관계 분석

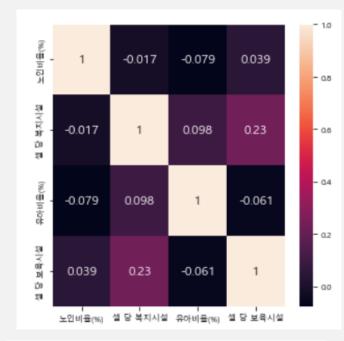
Heatmap 상관관계 분석!

광진구 셀 데이터

	노인비율(%)	셀 당 복지시설	유아비율(%)	셀 당 보육시설
0	20.913757	0	2.839451	0
1	20.913757	0	2.839451	0
2	20.913757	0	2.839451	0
3	20.913757	0	2.839451	0
4	20.913757	0	2.839451	0
478	11.665886	0	5.025170	0
479	11.665886	0	5.025170	0
480	11.665886	0	5.025170	0
481	11.665886	0	5.025170	0
482	11.665886	0	5.025170	0

- У 상관 관계가 큰 변수는 차원 축소를 통해 데이터를 통합해야 함

Heatmap



- ☑ Heatmap 분석 결과 셀 당 보육시설, 복지 시설 개수를 제외한 다른 변수는 모두 유의 미한 상관관계는 없는 것으로 나타남.
- ★차원 축소를 진행할 정도로 유의미한 상관관계 는 나타나지 않아 차원 축소는 진행하지 않음



K-means Clustering



취약 지역 분석

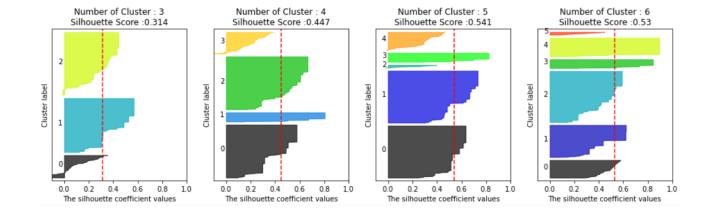


실루엣 계수를 이용한 K값 선정

실루엣 계수 (silhouette score)

각각의 데이터가 해당 데이터와 같은 군집의 데이터와는 얼마나 가깝게 군집화 되었고, 다른 군집의 데이터와는 얼마나 멀리 분포되어 있는지 나타내는 지표

실<mark>루엣 계수가 높을수록 군집화가 잘 되었다고 판단</mark>하나, 각 클러스터의 실루엣 계수가 일정하지 않으면 (즉, <mark>분산이 높으</mark> 면) 군집화가 잘 되었다고 일반화 할 수 없다.



- K=3, K=4인 경우 분산은 낮지만 실루엣 계수가매우 낮아 채택하지 않음
- ★ K=4, K=5인 모두 높은 실루엣 계수를 띄고, 분산 이 큰 차이가 나지 않아 최종적으로 K=5를 선택

	K = 3	K = 4	K = 5	K = 6
Silhouette score	0.314	0.447	0.541	0.530
Silhouette variance	0.02028	0.03397	0.040157	0.03724



실루엣 계수와 분산을 모두 고려하여 최종적으로 K = 5로 선정하여 클러스터링을 진행함



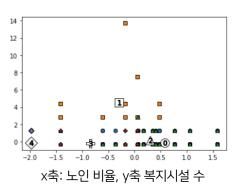
K-means Clustering

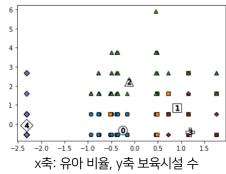


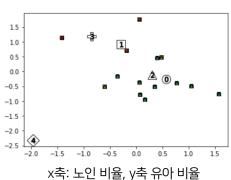
취약 지역 분석

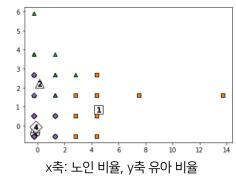


군집 시각화









[1]번 클러스터

[0]번 클러스터 '노인 비율'이 높은 지역

'노인 복지시설'이 많은 지역

[2]번 클러스터

'보육시설'이 많은 지역

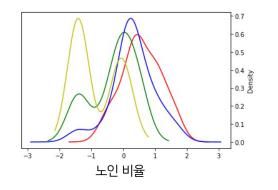
[3]번 클러스터 '유아 비율'이 높은 지역

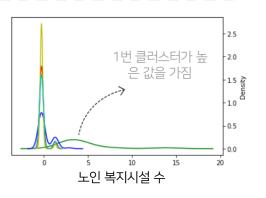
[4]번 클러스터 '노인 복지시설이 많은 지역

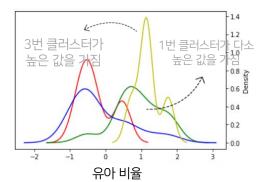


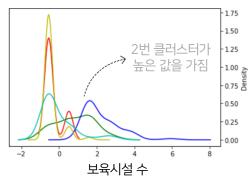
밀도 그래프

Red: 0번 Green: 1번 Blue: 2번 Yellow: 3번 Cyan: 4번









거주 인구 비율보다 노인 복지 시설, 보육 시설이 더 중요한 수요 포인트라고 판단하여 1번,2번 클러스터를 수요 포인트로 설정함



수요 포인트와 입지 후보 선정



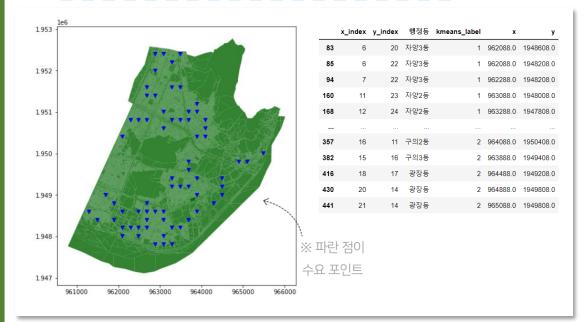
최종 입지 선정



수요 포인트

수요 포인트

☑ 설치 시설물이 커버해야 하는 포인트. 이번 실험에서는 클러 ☑ 스터링을 통해 얻은 미세먼지 취약 지역군이 수요 포인트가

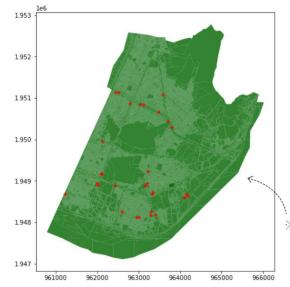




✔ 입지 후보

입지 후보

시설물이 설치될 수 있는 후보 포인트. 해당 포인트를 기준으로 Radius를 반지름으로 가지는 원을 그려 covering area를 결정한다. 이번 실험에서는 총 미세먼지 흡입량이 높은 상위 30개의 버스정류장이 입지 후보가 된다.



	정류장_ID	정류장_명칭	ADM_DR_NM	x	у
8	104900019	구의역4번출구	자양2동	963321.573272	1.948674e+06
12	104000101	자양동잠실대교북단	자양2동	963408.942384	1.948170e+06
13	104000100	자양아파트앞	자양2동	963304.790763	1.948155e+06
14	104000098	국민은행자양지점앞	자양2동	962956.991529	1.948107e+06
15	104000097	자양미소약국.자양골목시장	자양2동	962615.823633	1.948238e+06
72	104900129	강변역.테크노마트앞	구의3동	964184.105229	1.948628e+06
75	104000279	테크노마트앞.강변역	구의3동	964148.337232	1.948672e+06
85	104900097	강변역A	구의3동	964098.306292	1.948585e+06

※ 빨간 점이 입지 후보



MCLP 알고리즘 적용



최종 입지 선정

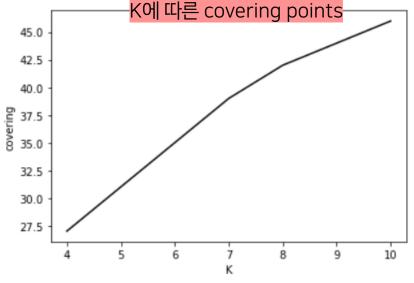


최적의 K값 정하기, MCLP

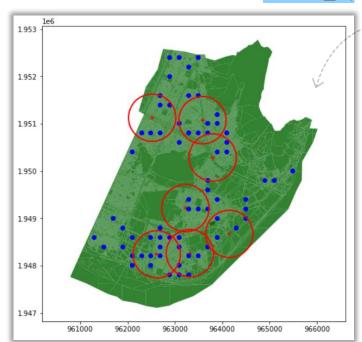
K값과 covering points

MCLP에서 K는 상수로서, 시설을 설치할 개수를 의미한다. Covering points는 시설이 covering하는 수요포인트의 개수를 의미한다.

기본적으로 K값이 증가함에 따라 covering points는 점점 maximu에 수렴하고, covering points의 증가폭이 크지 않으면 K를 더 증가시키지 않는다.



그래프의 미분값이 하락하는 포인트인 K=7을 최적의 K로 선정함 MCLP 결과



66 Radius는 500m로 설정 (걸어서 이동하는 거리)

Green: 광진구 지도

Red points: 최종 입지

Red circles: 시설 커버 면적

Blue points: 수요 포인트

최종 입지 정류장

	정류장_ID	정류장_명칭	ADM_DR_NM	x	у
15	104000097	자양미소약국.자양골목시장	자양2동	962615.823633	1.948238e+06
75	104000279	테크노마트앞.강변역	구의3동	964148.337232	1.948672e+06
108	101000252	신성시장앞	중곡2동	963582.931734	1.951076e+06
183	104000095	자양동잠실대교북단	자양1동	963317.022680	1.948263e+06
199	104000052	광진경찰서	구의1동	963222.459009	1.949216e+06
209	104000006	어린이대공원후문아차산역	구의2동	963797.913379	1.950286e+06
250	104000001	군자교입구	중곡1동	962520.632170	1.951128e+06



최종 입지 선정



최종 입지 선정

인구 밀집도가 높은 입지



어린이대공원후문아차산역

광진구에서 두 번째로 승하차량이 많은 정류장

♥ 많은 사람들이 접근할 수 있는 입지 유아 보육시설이 많은 입지



자양미소약국.자양골목시장

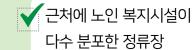
✓ 근처에 어린이집/유치원이다수 분포한 정류장

▼ 미세먼지 취약 계층인 유아의 분포가 높을 것으로 예상

노인 복지시설이 많은 입지



자양동잠실대교북단



✓ 미세먼지 취약 계층인 노인의 분포가 높을 것으로 예상



기대 효과



결론

기대 효과

- 미세먼지가 건강에 끼치는 악영향은 모두가 앎. 대기오염이 심각하고 대기 시간도 긴 버스 정류장에서 미세먼지를 차단하여 시민들의 건강에 큰 기여

건강 "_{하늘가}" 만족감

광진구만의 미세먼지 저감시설 '하늘가'

광진구에 개성을 더하다.

- 사회적으로 미세먼지 문제에 관심이 많은 요즘, 시민들과 그 외의 버스 이용자들에게 직접적으로 필요한 서비스를 제공, 큰 만족감이 체감된다. ✓



의의 및 한계



결론

- 프로젝트 의의
 - 여러 종류의 데이터를 사용하고 미세먼지 흡입량을 인구 밀집도 뿐만 아니라 지역별 미세먼지 농도까지 고려 하여 보다 정확한 분석이 가능
 - 하늘가 뿐만 아니라 스마트버스정류장 등 유사한 목적의 시설의 경우 응용이 가능
 - 단지 인구가 많이 몰리는 지역에 설치하는 것이 아니라 미세먼지에 가장 큰 피해를 입는 취약 계층/취약 시설을 고려하여 입지 선정
- 한계점

[1] MCLP 진행 시, 지번이 아니라 셀 단위로 실험하여 정확한 위치가 반영되지 않음

→ 추후 실험시, 셀 단위로 재실험하여 더 정확한 계산이 가능하다

[2] 나이대에 따라 미세먼지 흡입량 또한 달라지는데, 흡입량 계산시 이를 고려하지 못함



참고자료



출처

- [1] LH, 미세먼지 잡는 버스정류장 선보인다 | 중앙일보 (joongang.co.kr)
- [2] 올봄 미세먼지 기승, 공기청정기 인기도 덩달아 치솟아 | 세계일보 (segye.com)
- [3] 박강산 서울시의원 "광진구 지역예산 대거 확보, 교육예산 삭감은 유감" | 서울Pn (seoul.co.kr)
- [4] 광진구, 고농도 미세먼지 문제해결 '총력 신아일보 (shinailbo.co.kr)
- [5] [뉴스투데이 E] 지자체들 미세먼지 잡는 'theBreath®' 도입 바람 (news2day.co.kr)
- [6] https://kr.aving.net/news/articleView.html?idxno=1615749
- [7] https://www.shinailbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=1478831
- [8] https://imnews.imbc.com/replay/2022/nwtoday/article/6375124_35752.html
- [9] http://www.humanaidpost.com/news/articleView.html?idxno=24872
- [10] http://www.kindernews.net/news/articleView.html?idxno=1373

분석툴







