

산불 데이터 분석을 통한 방재설비 설치 제안

목차

1. 분석 개요

- 분석 배경 및 필요성
- 대상지 선정 및 분석 전략

3. 분석 및 모델링

- 위험도 산출
- 클러스터링
- 최적 입지 선정 (MCLP 기반)

2. 데이터 수집 및 전처리

- 데이터 개요
- 정제 및 전처리
- 데이터 통합 및 필터링

4. 결론

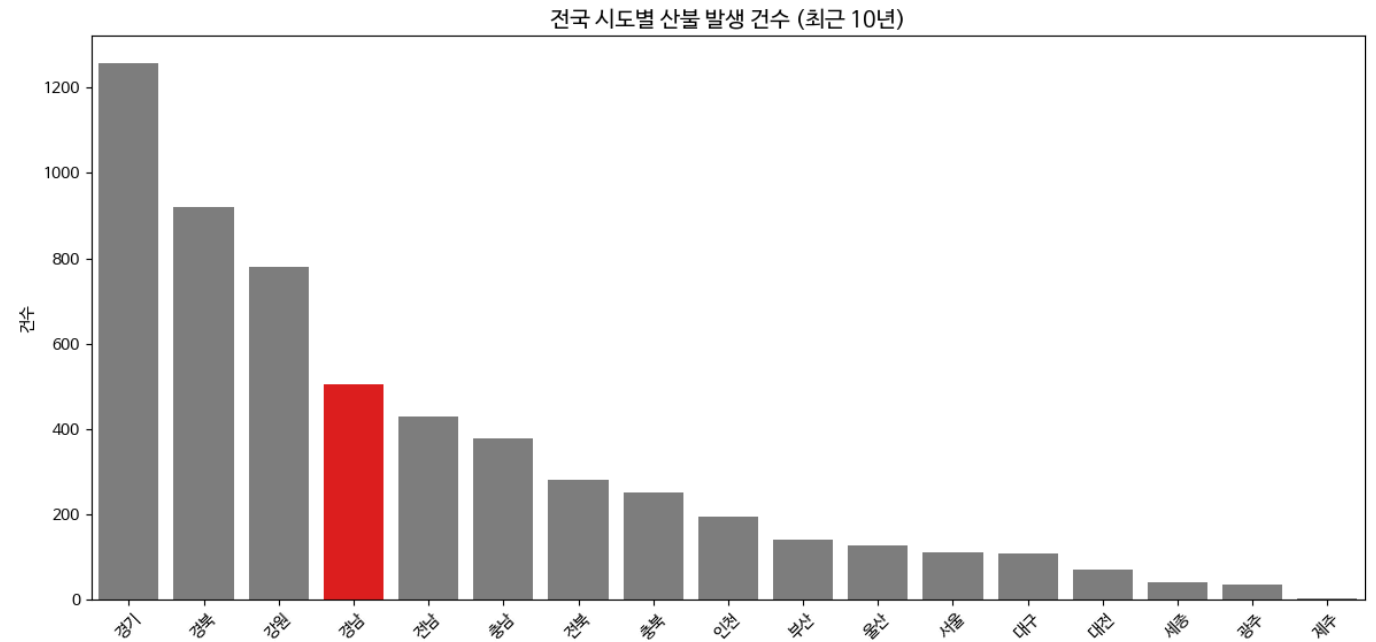
- 기대효과 및 기술적 확장 가능성

1-1. 분석 배경 및 필요성



▲ 경남 산청군의 한 야산에서 불이 난 모습 © 산림청 제공

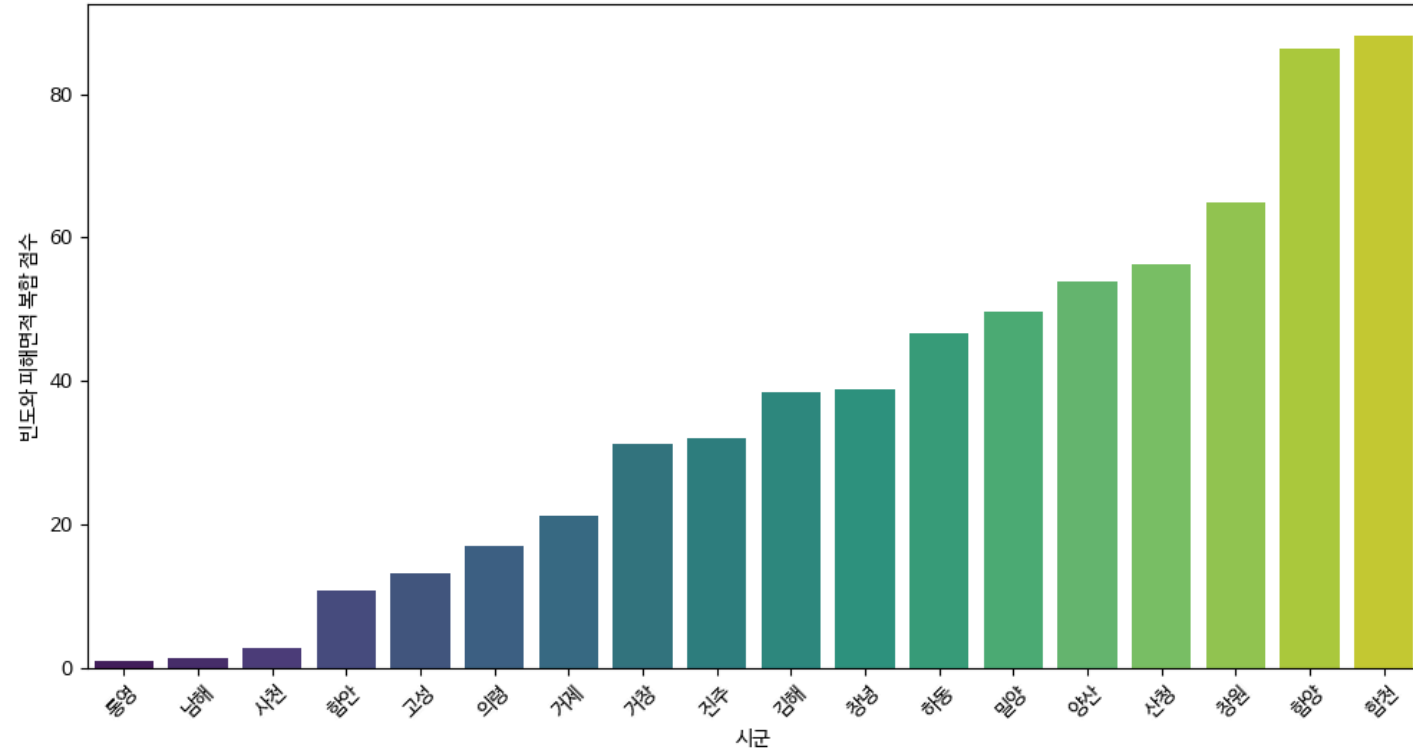
경남 산청군 산불은 하동·진주를 거쳐 지리산국립공원까지 번지며 큰 피해를 입힘 (출처: 소방방재신문)



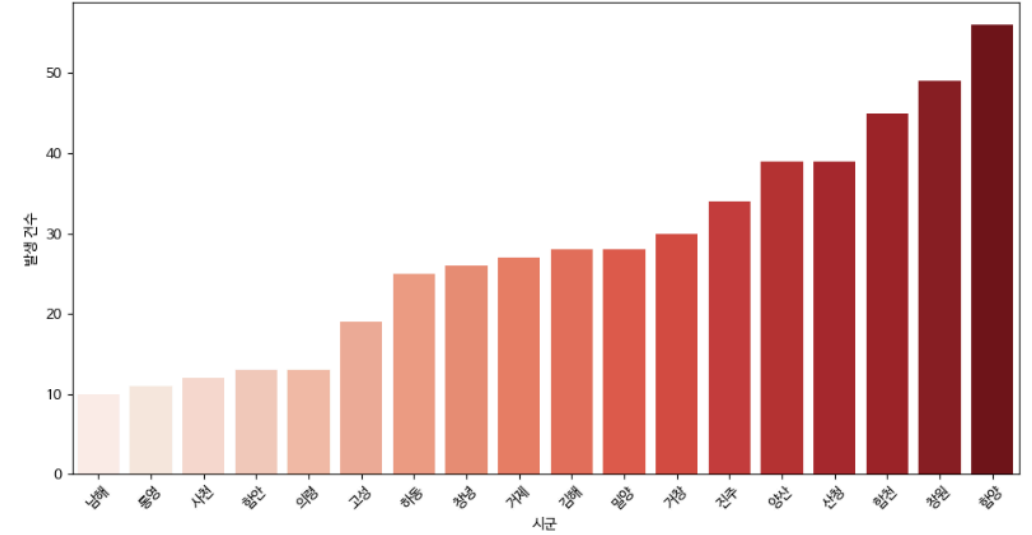
최근 10년 간 전국 산불 빈도 분석 결과, 경남은 4번째로 산불 발생이 많은 지역

1-2. 대상지 선정 및 분석 전략

빈도와 피해면적 복합 점수 기반 시군 비교



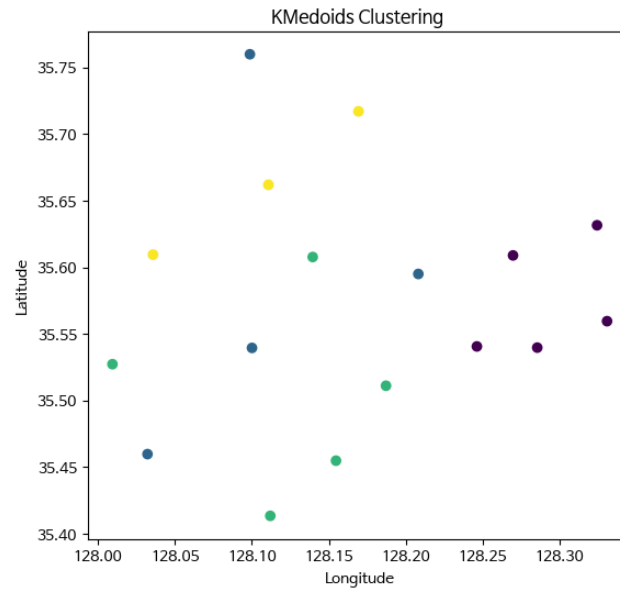
시군별 산불 발생 빈도



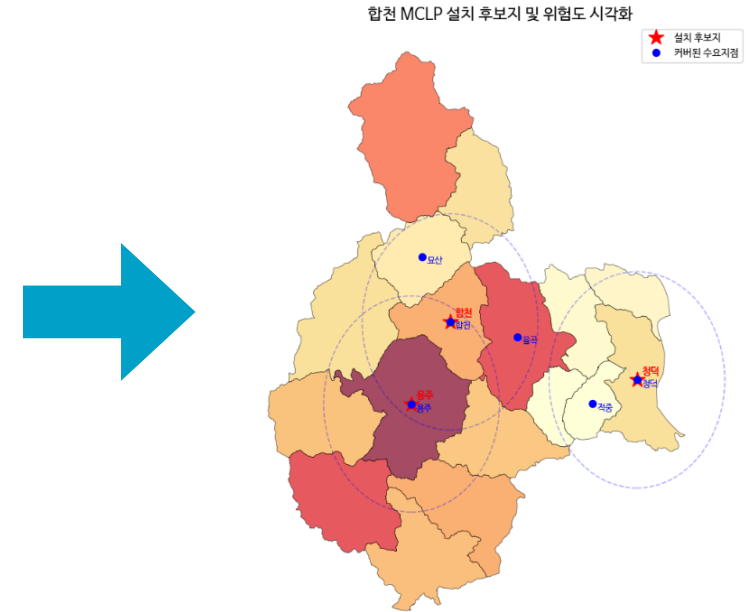
산불 발생 빈도는 함양군이 제일 높지만, 피해면적을 함께 고려한 복합점수에서는 합천군이 1위로 나타남

피해 규모가 산불 대응의 핵심 기준임을 고려하여 **합천군**을 대상지로 선정

1-2. 대상지 선정 및 분석 전략



최종위험도와 합천군의 각 읍면 좌표를
이용하여 클러스터링



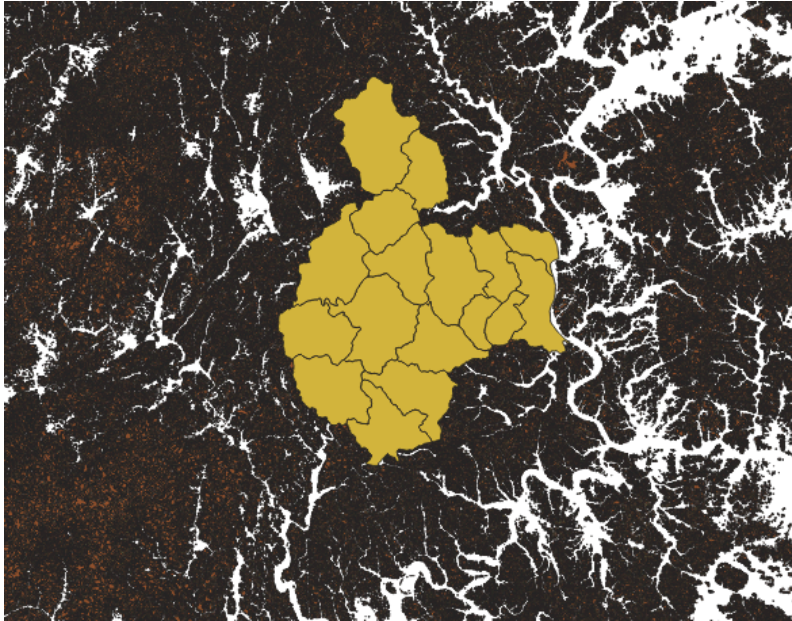
클러스터링을 기반으로
최적입지 선정

산불 관련 데이터를 모아 위험도 산출 후
최종 위험도 산출
(면적, 피해면적, 초동대응 힘든지역,
중요지역 인접도, 자연환경)

2-1. 데이터 개요

출처	데이터명	부문
산림청 (공공데이터포털 API)	산림청_산불발생통계	시군, 읍면, 피해면적(경남한정), 빈도(집계결과)
통계청 (공공데이터포털)	통계청_SGIS 행정구역 통계 및 경계	읍면 경계 및 중심 좌표 산출용 행정구역 데이터
행정안전부 (경남 빅데이터 허브 플랫폼)	소방서 위치 조회 서비스	합천군 소방서 좌표 (위경도)
국가유산청 (API)	국가유산검색 목록	국가유산종목, 국가유산명, 시군구, 위경도 (합천군)
기상청 API 허브	바람 기후통계 데이터	위경도, 최대풍속, 최대순간풍속 (합천군)
합천군청	2024.12 주민등록인구 현황	읍면 별 인구 수
국가통계포털	경상남도합천군 기본통계	읍면 별 면적
산림청	임상도 (1:5000)	입목존재코드, 임상코드

2-2. 데이터 정제 및 전처리



QGIS를 활용하여 전국 임상도 위에 합천군 읍면 경계 레이어를 중첩한 후 이를 기반으로 나무 종류별 산림 면적을 계산

ADM_NM	lon	lat	min_dist_firestation	min_distance_scaled
대병	128.009376	35.527264	16.869054	0.866931
용주	128.100034	35.539498	8.861860	0.423500
합천	128.139492	35.607749	6.430425	0.288849
봉산	128.035719	35.609523	15.767659	0.805937
묘산	128.110702	35.661958	10.528161	0.515778
가야	128.098684	35.760009	10.337303	0.505208

* 일부 데이터만 추출

osmnx를 사용하여 각 읍면 중심지와 소방서 간 도로망 기반 최단 거리 계산
위험도 평가에 활용하기 위해 minmax 정규화 수행

2-3. 데이터 통합 및 필터링

ADM_NM	lon	lat	year_score_scaled	damagearea_scaled	first_response_scaled	nearest_risk	nature_risk	final_risk
대병	128.009376	35.527264	0.117647	0.025558	0.876179	0.421578	0.455487	0.379290
용주	128.100034	35.539498	1.000000	0.760253	0.447817	0.219945	0.929827	0.671568
합천	128.139492	35.607749	0.529412	0.072867	0.331948	0.691988	0.514025	0.428048
봉산	128.035719	35.609523	0.058824	0.036292	0.760525	0.035962	0.671597	0.312640
묘산	128.110702	35.661958	0.000000	0.000000	0.600566	0.334870	0.423132	0.271714

* 일부 데이터만 추출

- 각 위험 요소(빈도, 피해면적, 기상, 인접지역, 초동 대응, 자연환경)를 읍면 단위 기준으로 병합
- 결측값(해당 항목 데이터가 없는 읍면)의 경우 0으로 대체
- 요소별 가중치(0.2)를 적용해 최종 위험도 점수(final_risk) 산출

3-1. 위험도 산출

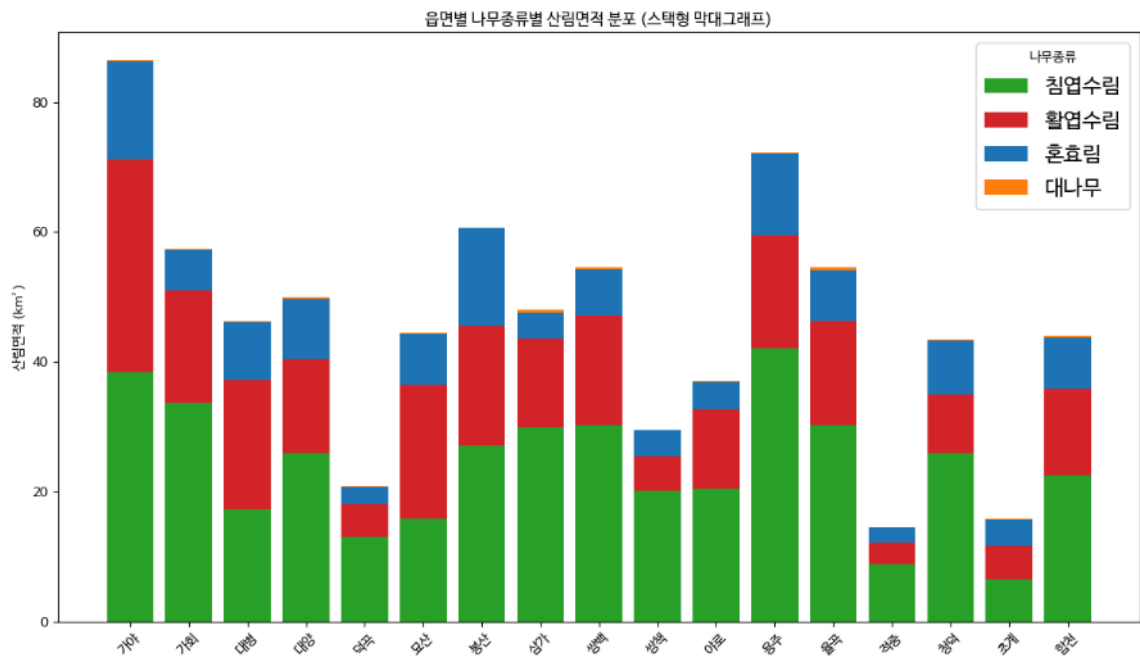
구분	항목	세부설명
빈도	읍면별 산불 발생 건수	2021년 이후 0.6, 이전 0.4 가중치 부여
피해면적	읍면별 산불 피해 면적	log1p 변환하여 이상치 완화
초동대응	최단거리, 도로 수	소방서까지의 최소거리(0.6), 10km 반경 내 도로 개수(0.4)
중요지역 인접도	인구밀집도, 문화재 인접도	인구밀집도 (0.6), 문화재와의 최단거리(0.4)
자연환경	풍속, 산림면적	풍속(0.2), 산림면적 (0.8) (수종별 가중치 적용)

- 거리 계산의 경우, 각 읍면의 중심 좌표를 기준으로 수행
- 초동대응의 경우, Osmnx 라이브러리를 이용하여 도로망 기반으로 산출
- 산림의 경우, 침엽수림(0.4), 대나무(0.35), 혼효림(0.15), 활엽수림(0.1) 가중치 부여
- 모든 지표는 minmax 정규화 거친 후 통합

3-1. 위험도 산출

위험도 주요 요인 사례 - 산림면적

- 위험도 내 기여도 : 16% (자연환경 요인 중 80%)
- 산림유형별 가중치 :
침엽수림 0.4, 대나무 0.35, 혼효림 0.15, 활엽수림 0.1
- 기준 : 인화성 및 산불 확산 가능성



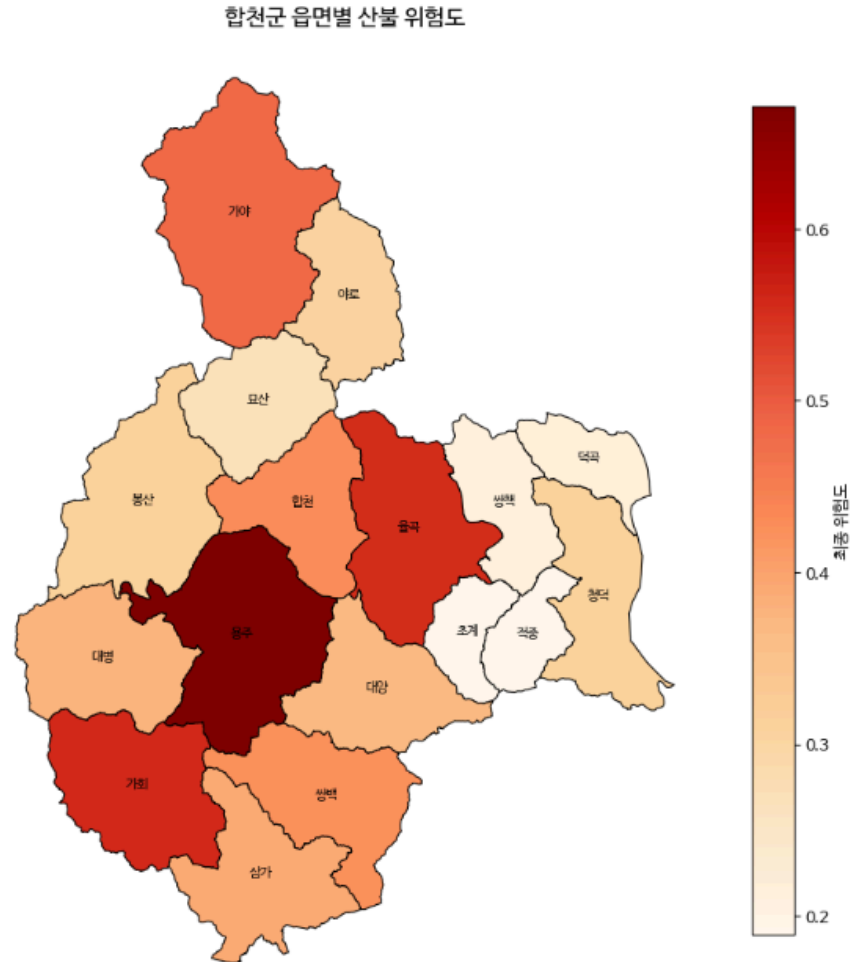
▲ 합천군 대부분 읍면에서 침엽수림의 비중이 높아 산불 확산 위험이 큼

ADM_NM	FRTP_CD	fo_area	tree_score
용주	1	42.093969	16.837587
용주	2	17.356050	1.735605
용주	3	12.585273	1.887791
용주	4	0.152731	0.053456
합천	1	22.506721	9.002688
합천	2	13.438960	1.343896
합천	3	7.835718	1.175358
합천	4	0.189628	0.066370

* 일부 데이터만 추출

1. QGIS를 활용하여 전국 임상도(격자 단위)에서 합천군의 읍면경계영역을 추출하여 산림 면적 데이터 확보
2. 각 격자 산림면적(km² 단위)집계 후, 읍면별·나무종류별로 합산하여 fo_area 컬럼에 저장
3. 총 17개 읍면 × 4개 나무 종류 → 68개 행(row) 생성
4. 나무종류별 산림비율(tree_ratio)가중치를 곱해 산림면적별 점수 산출 (tree_score 컬럼)

3-1. 위험도 산출



- 합천군 읍면별 산불 최종 위험도를 종합적으로 산정
- 고위험지역 : 용주면, 율곡면, 가회면, 가야면
- 이후 위험도와 지리적 좌표를 가중 결합하여 클러스터링 및 최적 입지 분석 수행

3 - 2. 클러스터링

DBSCAN

- 밀도 기반 클러스터링
- 노이즈에 강하지만, 데이터 수가 적거나 밀집되지 않은 경우 성능 저하

K-Means

- 중심 기반 클러스터링
- 계산 속도 빠르나, 군집 모형이 구형일 때 효과적

K-Medoids

- 중심 기반 클러스터링, K-Means의 변형
- 이상치에 덜 민감하며, 실제 데이터 포인트를 중심으로 사용

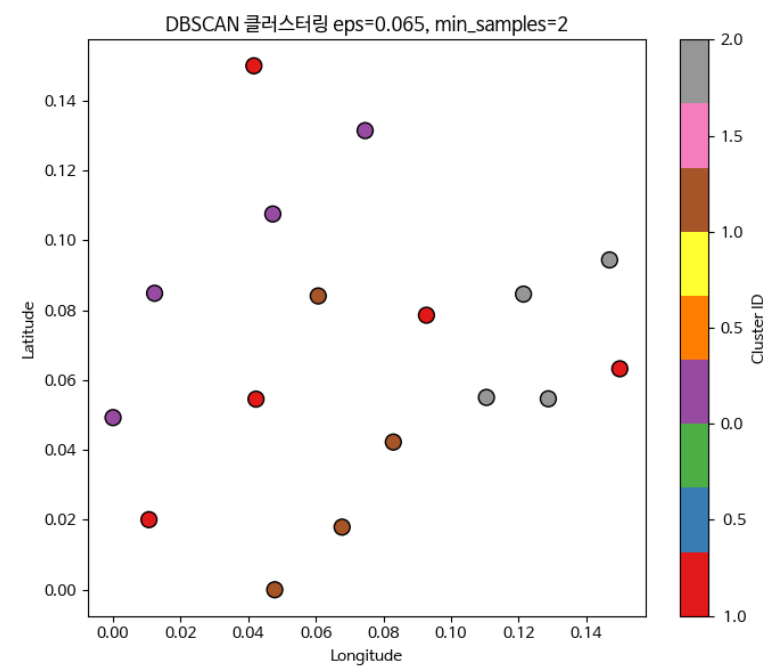
데이터 특성에 맞는 최적 방법 탐색을 위해 세 가지 방법을 비교 검토

3 - 2. 클러스터링

DBSCAN

eps 값	군집 개수	노이즈 개수	군집0 크기	군집1 크기	군집2 크기
0.055	3	7	3	3	4
0.060	3	6	4	3	4
0.065	3	5	4	4	4
0.070	2	5	8	4	-

* 최적 파라미터 선정 기준 : 군집 수와, 노이즈 수 고려



ADM_NM	lon	lat	final_risk	cluster
대병	128.009376	35.527264	0.379290	-1
용주	128.100034	35.539498	0.671568	-1
합천	128.139492	35.607749	0.428048	-1
봉산	128.035719	35.609523	0.312640	0
묘산	128.110702	35.661958	0.271714	0
가야	128.098684	35.760009	0.481901	-1
야로	128.169232	35.717131	0.303770	0
쌍백	128.154624	35.454824	0.426443	1

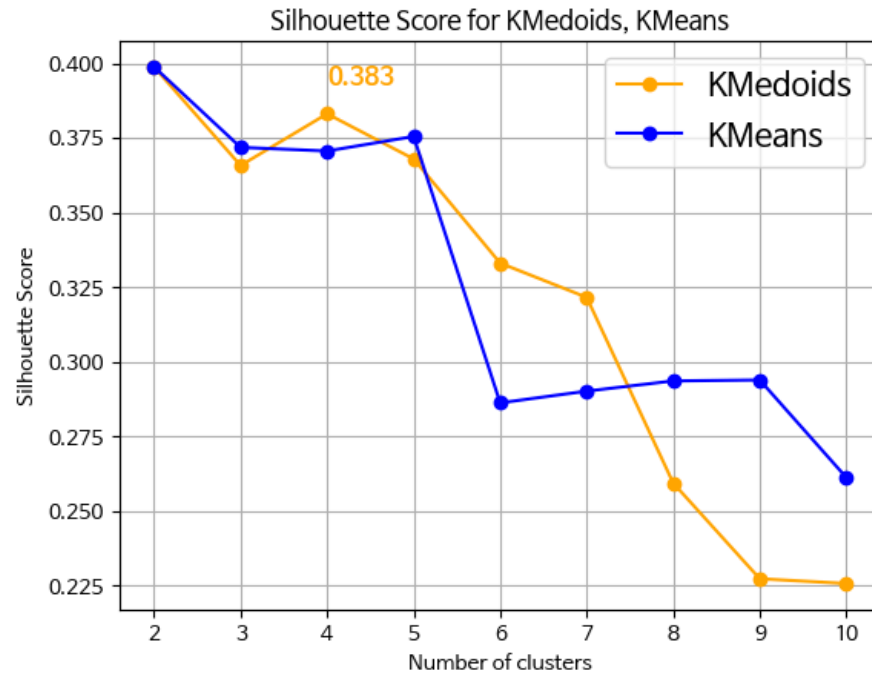
* 일부 데이터만 추출

- 클러스터링은 좌표와 위험도를 3:7 비율로 가중치를 부여하여 수행
- 최적 파라미터 설정 후에도 노이즈 데이터(빨강)가 5개로 많아 군집화의 신뢰도 저하
- 위험도가 높은 용주면, 가야면이 노이즈 처리됨

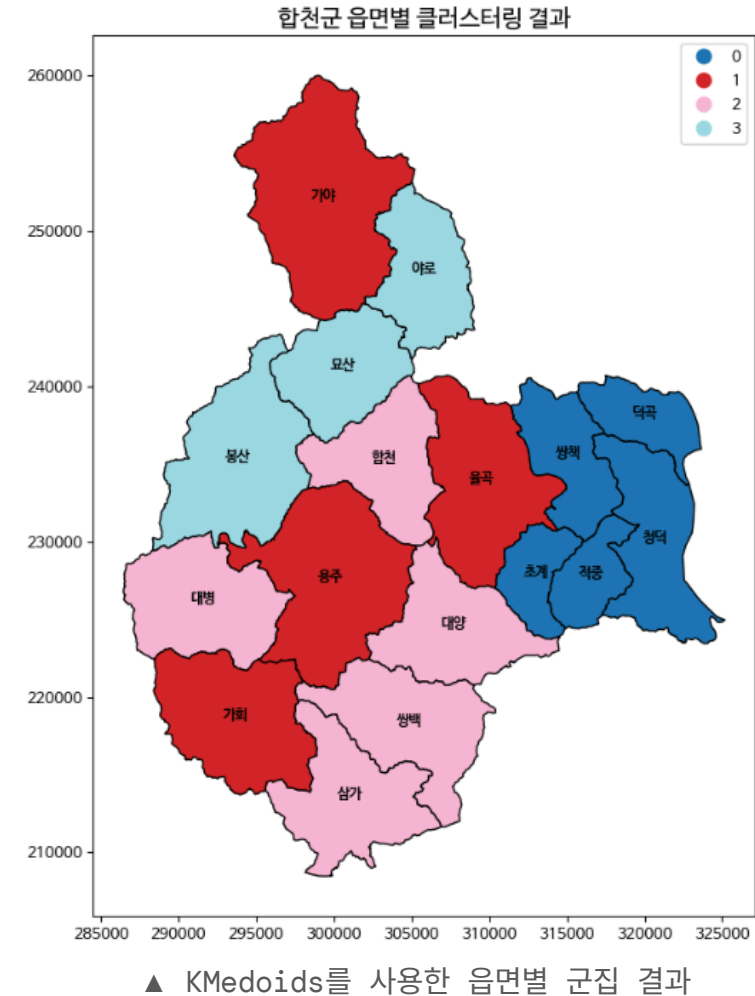
→ DBSCAN 기각

3 - 2. 클러스터링

KMedoids



- 클러스터링은 좌표와 위험도를 3:7 비율로 가중치를 부여하여 수행
 - k=4에서 KMedoids의 실루엣계수가 0.383으로 KMeans보다 높게 나옴
- **KMedoids 채택**



3-3. 최적입지 선정 (MCLP 기반)

제약 조건별 위험도 커버율 및 효율성

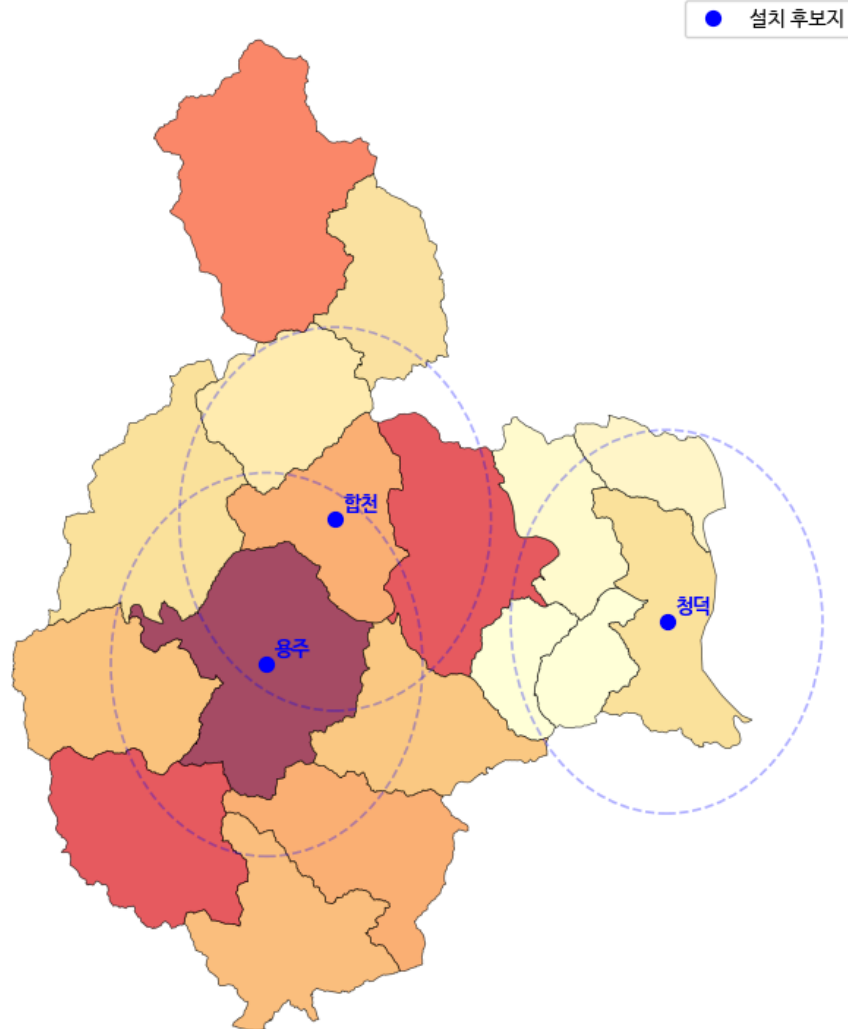
설치 개수	반경 (km)	위험도 커버율 (%)	위험도 효율성
3	7	38.69%	0.81
3	10	65.52%	1.37
4	7	43.68%	0.68
4	10	65.52%	1.03
5	7	43.68%	0.68
5	10	65.52%	1.03

- 후보지는 각 군집 내 위험도 최고 지점 1개씩, 총 4개 선정
- 수요지는 합천군 전체 읍면 단위 지역
- 설치 개수 5개는 4개와 위험도 커버율, 효율성 측면에서 큰 차이가 없어 의미가 크지 않음
- 최적 설치 조건은 반경 10km, 설치 개수 3개로 판단
- 다만, 현실적 여건을 고려한다면
반경 7km, 설치개수 3-4개도 검토할 만함

- 위험도 커버율 = (커버된 지역 위험도 합) ÷ (전체 위험도 합)
- 위험도 효율성 = (커버된 지역 위험도 합) ÷ (설치 후보지 개수)

3-3. 최적입지 선정 (MCLP 기반)

합천 MCLP 설치 후보지 및 위험도 시각화



- MCLP 분석에서 사용한 후보지 좌표는 후보지의 중심좌표 >> 실제 설치 위치는 추후 조정 필요
- 합천읍 후보지는 위험도가 높은 지역을 효과적으로 커버
- 용주면 후보지는 중심좌표보다 남쪽으로 위치 조정할 경우 인접 읍면 커버리지 효과성이 더욱 향상될 것으로 기대
- 가야면처럼 커버리지 밖에 위치한 고위험 지역에 대해서는 별도 관리 방안 필요

4-1. 기대효과 및 기술적 확장 가능성

기대효과

- ✓ 고위험 지역 중심의 합리적 시설 설치로 자원 최적화
- ✓ 시각화를 통한 직관적인 위험도 파악 및 의사결정 지원
- ✓ 실제 지자체에 적용 가능한 정책 제안의 기반 제공

기술적 확장 가능성

- ✓ 풍향, 습도, 지형 등 추가 변수를 통한 정밀 위험도 모델링 가능
- ✓ 실시간 데이터를 반영한 위험도 갱신 가능
- ✓ 군집 및 입지모형의 다른 지역 확장 가능성