

# 「제7회 대구 빅데이터 분석 경진대회」 분석 결과 보고서

접수번호	※ 작성하지 않음
------	-----------

성명(팀명)	박정준, 김혜원 (초록대구)
분석과제명	녹지 네트워크 구축을 위한 최적 입지 선정



## I. 분석개요

### □ 초록

본 과제는 기후변화와 도심 열섬현상에 대응하기 위한 대구광역시 내 녹지 네트워크 구축의 최적 입지를 도출하고자 하였다. 이를 위해 시민 체감 중심의 생활권 기반 접근성과 열 환경, 인구 및 교통 인프라를 종합 고려한 데이터 기반의 분석 체계를 설계하였다. 분석 방법으로는 계층분석법을 통한 가중치 산정과 K-평균 군집화를 병행하였다. 이후 최소신장트리 기반 네트워크 분석을 통해 주요 후보지 간 연결 경로를 설계하고, 녹지 허브 후보지를 제시하였다.

### □ 배경 및 필요성

#### 1. 기후·지형과 시스템적 위험

 대구지방기상청	보도자료	 APEC 2025 KOREA
---	------	---

보도시점 2025. 9. 4.(목) 13:00 배포 2025. 9. 4.(목) 13:00

<b>[2025년 여름철 대구·경북 기후특성]</b> <b>여름철 평균기온 역대 1위, 극심한 무더위와 집중호우 반복</b> - 6월 말부터 폭염과 열대야 발생하며 이른 더위 시작, 8월 말까지 더위 지속 - 평균기온 25.9℃로 역대 1위, 폭염일수는 36.1일로 역대 2위 - 평년보다 짧은 장마철 기간과 적은 강수일수, 단시간에 집중된 호우
---

〈그림 1〉 여름철 대구·경북 기후특성 보도자료

여름철 대구·경북 평균기온은 25.9℃로 가장 더웠던 지난해(25.6℃)보다 0.3℃ 높아 역대 최고 1위를 경신하였다. 대구는 분지라는 지형적 이유로 바람길이 좁고 밤에 식는 속도가 느려 열이 쌓이기 쉽다. 고온과 정체 대기가 겹치면 미세먼지 등 오염물질도 머물러 시민 건강과 일상 활동에 부담이 커진다. 이 문제는 단지 더위의 불편을 넘어, 의료·에너지·교통 등 도시 전반의 비용을 늘리는 구조적 위험으로 이어지고 있다.

## 2. 도시녹음의 과학적 근거와 다중 편익

이때 도시녹지는 과학적 근거가 뚜렷한 대응 수단이다. 그늘을 제공하는 가로수와 공원, 벽면·옥상녹화는 건물의 일사 부담을 줄여 냉방비를 낮춘다. 국내외 연구는 수목 그늘만으로도 냉방비가 크게 절감되고, 가로수 확대와 그늘 위치의 최적화가 더 큰 효과를 낸다고 보고한다. 녹지는 열섬 완화 외에도 미세먼지 저감, 자외선 노출 감소, 강우 유출 저감, 보행환경 개선 같은 부가효과를 함께 제공한다. 즉 하나의 투자로 여러 편익이 동시에 나타나는 점이 강점이다.

### 수치로 보는 도시녹음의 효과

가로수, 공원, 벽면, 옥상 녹화의 대기 열 관리 편익 요약



Reference: Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) 연구, 국내 가로수 확대-그늘 최적화 관련 연구, 도시녹지다중 편익 관련 문헌 종합.

<그림 2> 수치로 보는 도시녹음의 효과

## 3. 정책 환경과 제도적 정합성

정책 여건도 녹지 확대의 필요성을 뒷받침한다. 2025년 3월 17일 대구광역시의회는 녹지 확충과 가로수 관리 강화를 공식 제기 - 기후변화 대응을 위한 대구시 녹지 확충과 가로수 관리 강화 촉구, 허시영 의원(건설교통위원회 위원장)했고, 대구광역시는 기후대응 도시숲 연계사업 발굴과 1인당 도시공원 면적 제고를 약속했다. 또 2040 대구플랜의 “5분 안에 닿는 녹색공간”은 시민이 보행으로 쉽게 접근할 수 있는 녹지를 목표로 삼았다. 다만 이러한 목표를 실현하기 위한 구체적 실행 전략은 아직 명시되지 않았다.

## 4. 체감 격차의 원인: 유효면적과 네트워크 단절

그럼에도 시민 체감 녹지 면적은 높지 않다. 그 이유는 외곽 산악·녹지가 면적 통계에 포함되어 일상적으로 이용하기 어려운 녹지가 ‘공원 면적’이 과대 산정되는 경향이 있다. 둘째, 금호강·신천을 따라 큰 녹지 축은 존재하나 시가지 내부 연결이 약해 냉각·정화 효과가 충분히 퍼지지 못한다. 이로 인해 도심 근거리에서 접근 가능한 녹지와 녹시율이 부족하며, 고위험 구간에 대한 전략적 배치도 미흡하다.

이러한 한계는 여러 지표와 공식 보도자료의 교차 검증에서도 동일하게 나타난다.

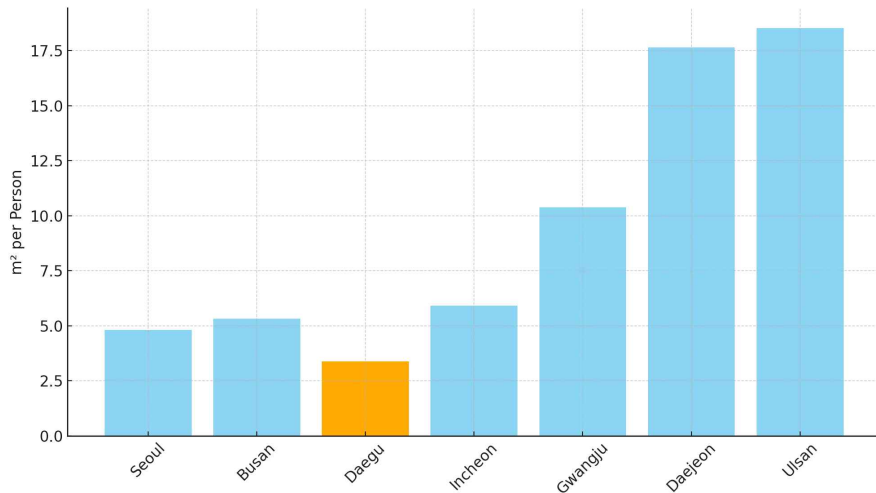
대구광역시 생활권공원 평균 접근 거리 3.29km, 17개 시·도 중 하위 수준(13위)

Reference: 국토지리정보원, 2020 국토모니터링 보고서 (2020)

인구 1,000명당 도시공원 조성 면적, 17개 시·도 중 최하위 수준(16위)

Reference: KOSIS, LX한국국토정보공사(도시계획현황) (2024)

<그림 3> 대구광역시 공원 서비스 지표 비교: 접근 거리와 인구 1,000명당 면적



<그림 4> 7개 특별·광역시 1인당 생활 숲 면적 비교



<그림 5> 1인당 공원 면적 관련 보도자료 (<https://www.idaegu.co.kr/news/articleView.html?idxno=441760>).

## 5. 현행 체계(AS-IS)의 한계: 실무자 인터뷰 결과

현행 체계를 면밀히 파악하기 위하여 대구광역시 환경수자원국 공원조성과와 산림조성과 실무자와 인터뷰를 진행하였다. 『2030 대구광역시 공원녹지기본계획』은 녹도 조성 및 가로변 녹지·입면녹화의 방향성을 제시하고 있으나, 공원 녹지 서비스 면적 산정은 여전히 공원 중심 또는 경계에서 일정 반경을 적용하는 원형 버퍼(Euclidean distance) 방식이 관행으로 활용되고 있다. 이 접근은 실제 보행 네트워크와 교통 결절성, 고저차와 횡단 곤란, 하천·철도·대로 등의 단절 요소, 그늘 결핍과 고열 노출 같은 환경 변수를 반영하지 못해 체감 접근성을 체계적으로 과대 추정한다. 더불어 외곽 대규모 공원까지 동일한 방식으로 포함되면서 생활권에서 실질적으로 이용 가능한 유효면적이 부풀려져, 통계상 서비스율과 시민 체감 사이의 괴리가 누적된다.

동일 인터뷰 결과 사업 대상지 선정과 우선순위 부여에 관한 정량적 기준이 부재하였다. 녹도의 경우 ‘도시 주요부 연결’과 ‘외곽-내부 녹지 연계’와 같은 원칙은 있으나 표면온도, 서비스인구, 서비스 권역 등 정략적 기준이 제도화되어 있지 않아 실제 사업은 실행 가능 구간 위주의 기회주의적 확장으로 귀결되기 쉽다. 가로변 녹지대·입면녹화 또한 ‘경관 개선 필요’, ‘차폐 필요’와 같은 정성판단에 의존하여 동일 예산 대비 효과 비교가 곤란하고, 네트워크 관점의 최적화 및 결과지표 기반의 예산배분이 어려워진다.

요건대 현행 체계는 원형 버퍼에 의존한 서비스 면적 산정과 정량 기준의 미흡이라는 구조적 한계를 지니며, 이는 본 과제가 제안하는 보행 네트워크·시간 기반 접근권과 열·대기 노출·형평 지표를 통합한 우선순위 산정 체계(TO-BE)로의 전환 필요성을 뒷받침한다.

## 6. 전환의 방향(TO-BE)

제안하는 전환 방향(TO-BE)은 단순한 공원·녹지의 양적 확대가 아니라, 시민이 실제 생활권 내에서 체감할 수 있는 녹지 접근성과 이용 효율을 높이는 ‘배치의 정밀도’, 즉 질적 확대를 핵심으로 한다. 이를 위해 도시 전역을 100m 격자 단위로 세분화하여 분석 단위를 표준화하고, 격자별로 온도, 인구, 기존 공원 접근성, 교통 등 다양한 지표를 통합함으로써 미시적 수준의 공간 불균형을 진단할 수 있도록 한다. 이러한 공간 분석 체계는 기존의 행정구역이나 단순 거리 중심의 분석이 가진 한계를 보완하고, 생활권 단위에서 더 세밀하고 현실적인 정책 설계를 가능하게 한다.

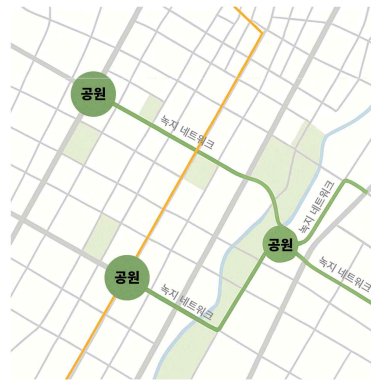
이후 각 분석에서 Top-k 후보지를 산출한다. 이 후보지들은 단독적인 공간으로서뿐 아니라, 인접 지역 간 연결성을 강화하기 위한 녹지 네트워크 체계로 확장된다. 즉, 개별 공원이나 가로수 공간이 아닌, 시민의 일상 이동 동선 속에서 연속적인 그린 인프라로 기능하도록 하는 것이다.

### 현행 체계 (AS-IS)



공원 서비스 영역 - 원형 버퍼에 의존한 면적 산정  
도시 녹화 사업 입지 선정 정량 기준 미흡

### 전환의 방향 (TO-BE)



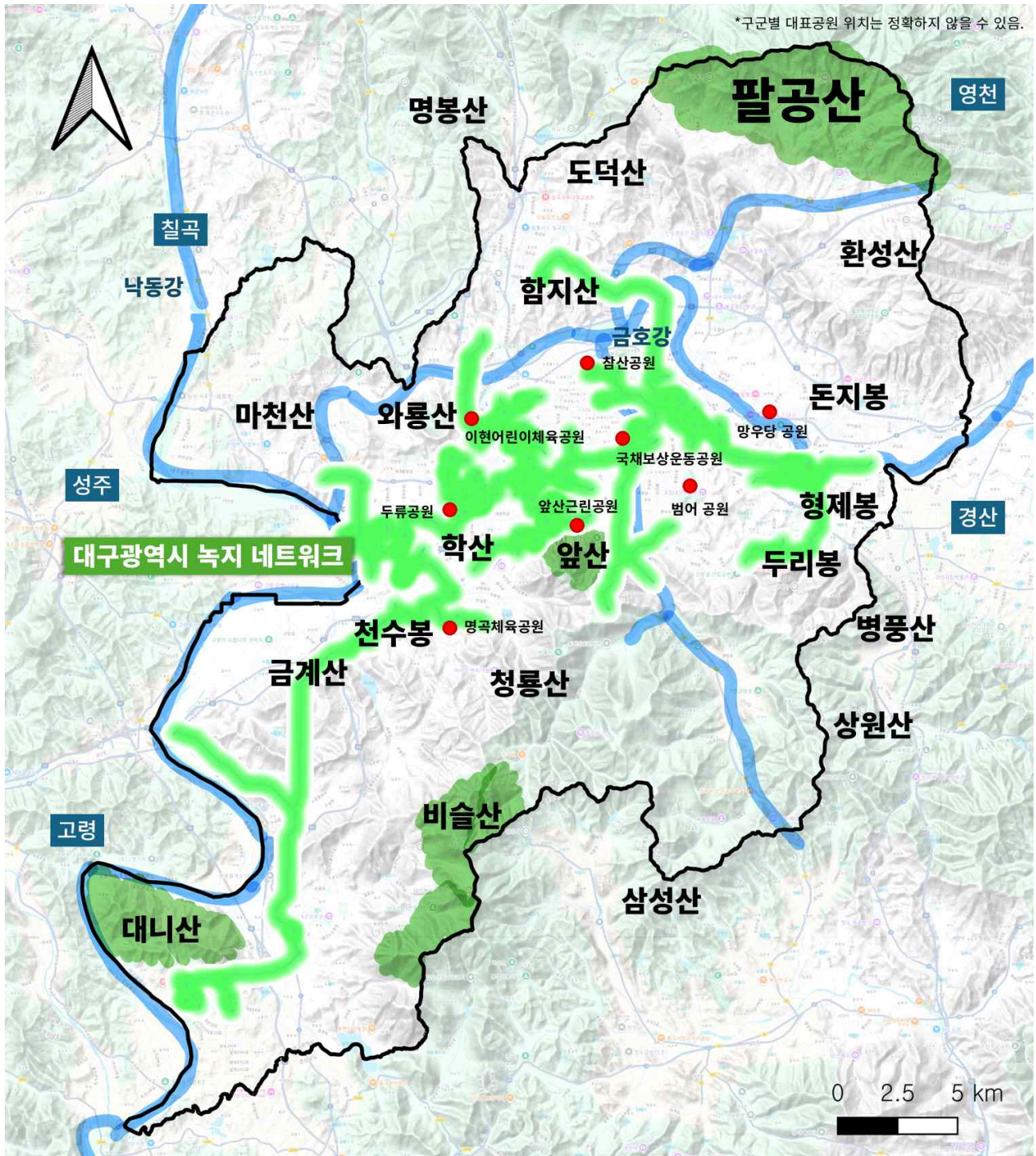
100m 격자 기반, 미시적 공간 분석  
Top-k 후보지 및 녹지 네트워크 확장

〈그림 6〉 AS-IS, TO-BE 분석



## □ 분석요약

- 활용데이터: 공공데이터포털, 대구빅데이터활용센터, 국토정보플랫폼 등
- 분석도구: Python, QGIS, Excel
- 분석기법: 7쪽 <그림 8> 참고
- 분석결과:



<그림 7> 녹지 네트워크 종합 구상도

## II. 분석방법

### □ 활용데이터

시간적 범위는 아래 표와 같으며, 공간적 범위는 대구광역시(군위군 제외)로 설정하였다. 이는 활용데이터 중 군위군의 대구광역시 편입 이전에 수집된 자료가 일부 포함되어 있어, 행정구역 변동에 따른 시·공간적 비일관성을 방지하기 위함이다. 참고로 군위군의 대구광역시 편입은 「경상북도와 대구광역시 간 관할구역 변경에 관한 법률」에 따라 2023년 7월 1일부터 시행된 조치임을 명시한다.

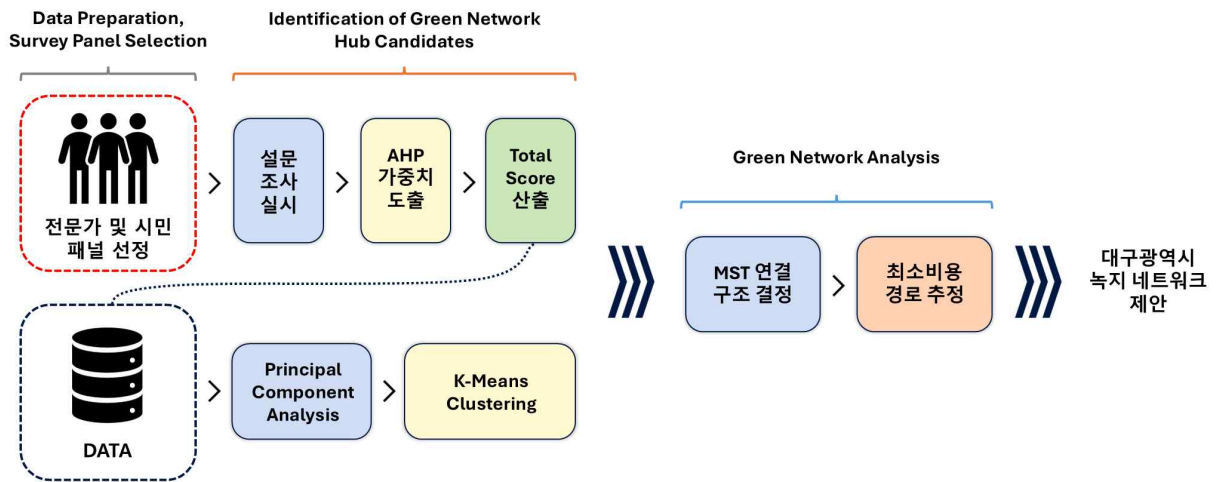
데이터명	형식	기간*	출처
대구광역시 시군구/읍면동 경계	csv	23.04	대구빅데이터활용센터
대구광역시_도로 표준링크 현황	shp	-	공공데이터포털
대구광역시_용도지역 현황	shp	-	공공데이터포털
대구광역시 총인구 100m 격자	shp	25.06	국토지리정보플랫폼
대구광역시 취약계층 인구(고령, 유아) 100m 격자	shp	25.06	국토지리정보플랫폼
통신사 서비스 인구 100m 격자	csv	22.01-22.12	대구광역시 서비스인구분석 정보시스템
지표온도지도	tif	22.08	국토환경성평가지도
삼성카드 데이터	csv	24.01-24.12	대구빅데이터활용센터
대구시 버스 데이터	csv	20.01-20.04	대구빅데이터활용센터
대구 도시철도 수송 및 수입실적	csv	97.01-20.04	대구빅데이터활용센터
대구광역시 국가철도공단 철도 유희부지	tif	24.06	공공데이터포털
대구광역시 장기미집행공원현황	csv	24.12	대구광역시청 - 정보공개청구
대구광역시 공원 유원지 녹지 현황	pdf	24.12	대구광역시청 자료실
대구광역시 도시공원 공간정보	shp	23.07	공공데이터포털

〈표 1〉 활용 데이터

\* <표1>의 기간 정보는 일부 항목에서 미기재되어 있거나, 기재되어 있더라도 정확성을 담보되기 어려움. 이는 2025년 9월 26일 발생한 국가정보자원관리원 화재 사고로 인해 행정안전부가 운영하는 공공데이터포털 서비스가 중단되어 원자료에 대한 접근이 제한되었기 때문임. 포털 복구 이후 확인 가능한 범위에서 해당 내용은 추후 정정·보완할 예정임. 아울러 관련 보충 사항은 GitHub에서 지속적으로 갱신·공개할 예정임.

## □ 분석방법

본 과제에서는 후보 입지의 적합성을 다각적으로 평가하기 위하여 다기준 의사결정 기법과 군집화 기법을 병행하여 적용하였다. 구체적인 분석 절차는 다음과 같다.



<그림 8> 전체 분석 흐름도

### 1. Analytic Hierarchy Process 기반 입지 평가

우선, 전문가 패널을 대상으로 계층분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 적용하여 평가 기준별 상대적 중요도를 산출하였다. 이를 위하여 과제 목적에 적합한 평가항목을 도출하고, 전문가 패널 설문을 실시하였다. 수집된 응답은 쌍대 비교행렬 변환, 일관성 검증 과정을 거쳐 가중치로 환산되었으며, 이후 각 후보 입지의 속성값에 가중치를 반영하여 종합 점수를 산출하였다.

### 2. 군집 분석

다음 단계에서는 후보 입지의 데이터 패턴을 보다 신뢰성 있게 파악하기 위해 군집분석을 실시하였다. AHP 기반으로 산출한 상위  $k$ 개 후보에 대해 연관규칙분석을 수행하여, 군집별 특성의 해석 가능성을 높이고 정책적 제안을 효과적으로 도출하고자 하였다.

군집 분석은 데이터의 구조적 가정(군집의 형태·크기·밀도·중첩·잡음)에 따라 성능이 크게 달라지므로, 단일 기법으로는 다양한 분포를 안정적으로 설명하기 어렵다. 예컨대 중심기반은 구형 군집과 유사한 분산을 가정하고, 밀도기반은 불규칙한 형태와 잡음에 강하지만 파라미터 민감도가 높다. 또한 초기화와 하이퍼파라미터 등 실험 조건에 따른 편차가 존재한다. 복수의 군집화 기법을 병행 적용하고 체계적 실험을 통해 최적의 알고리즘-하이퍼파라미터 조합을 선정하였다.

### 3. 두 접근법의 통합적 활용

군집 분석은 원자료의 다변량 구조에서 유형을 도출해 데이터 주도적 이질성을 보존하는 반면, AHP는 전문가·시민의 선호와 정책 중요도를 반영해 의사결정 우선순위를 제공한다.

최종 점수만으로 군집을 수행하면 가중치가 곧 군집을 결정한다. 반대로 전수 군집으로 먼저 도시/수요 유형의 자연스러운 경계를 확보하고, 그 위에 AHP 상위 Top-k의 군집별 분포를 교차하면, 어떤 유형이 고득점으로 선정되는지를 명확하게 파악할 수 있어 정책 도출 가능성과 설명력이 크게 향상된다.

구체적으로, (i) 전체 데이터의 지표를 표준화한 뒤 군집을 만든다. (ii) 군집별로 영향이 큰 변수와 변수의 결합(연관규칙)을 찾아 유형별 정책 수단을 정리한다. (iii) 같은 데이터에 계산한 AHP 최종 점수를 결합해 Top-k 후보가 어떤 군집에 몰리는지와 선정되지 않은 구간의 특징을 함께 본다.

#### 4. 녹지 네트워크 분석

100m 격자 셀로 구성된 공간 데이터에서 후보지(공원)들 사이를 선형 녹지 네트워크로 결속하기 위해, 두 단계 절차(연결 구조 결정 → 실제 경로 추정)를 적용하였다. 먼저 후보지들끼리의 ‘어디와 어디를 연결할 것인가’라는 구조적 문제는 유클리드 최소신장트리(Minimum Spanning Tree)로 해결하였고, 다음으로 MST가 규정한 각 연결쌍을 실제 그리드 위에서 ‘어떻게’ 연결할지에 대해서는 총합 점수를 우선시하는 최소비용 경로 탐색으로 추정하였다.

### □ 데이터 전처리

#### 1. 인구 데이터셋

국토지리원 국토정보플랫폼의 인구데이터는 관련 법령에 따라 100m 셀의 인구가 1-5명은 가명 처리되어 결측값(Null)으로 제공된다. 이에 해당 셀에 대해 1-5 사이의 정수 중 임의 값을 단일 대치(imputation) 방식으로 부여하여 결측을 처리하였다. 연령 구분은 ‘고령’ (만 65세 이상)과 ‘유아’ (만 3세 이상-초등학교 취학 전)로 정의하였으며, 두 집단의 합계를 ‘취약인구’로 정의하여 후속 분석에 활용하였다.

#### 2. 공간 인프라 자료(버스, 도시철도, 공원)

버스 정류장 위치 데이터, 대구 도시철도 정류장 데이터, 공원 위치 정보 데이터는 좌표가 존재하는 경우 그대로 사용하였고, 좌표가 누락된 경우 geocoding을 통해 좌표로 변환하였다. 공원 위치 정보는 「대구광역시 공원·유원지·녹지 현황」에 수록된 공원 정보를 기반으로 geocoding하여 지도에 배치하였고, 공원 면적의 정확한 파악을 위해 지도에 표시된 경계를 폴리곤으로 수작업 디지털라이징하여 구축하였다. 각 공원 폴리곤 내에는 무작위 표본점 30개(Point)를 생성하여 분석 입력으로 사용하였다.



### 3. 서비스 영역 분석

세 인프라(버스 정류장, 도시철도 정류장, 공원)에 대해 서비스 영역 분석을 수행하였다. 접근 기준은 10분 도보이며, 한국교통연구원 연구자료에 따른 유아 및 성인의 평균 보행속도를 3km/h로 가정하여 네트워크 기반 등시간(등거리) 영역 500m를 산정하였다. 분석에는 대구광역시 도로망 데이터를 그래프(엣지-노드)로 구성하여 사용하였고, 각 포인트에서 보행속도 3km/h로 도달 가능한 네트워크 거리 범위를 계산한 후, 해당 도달 영역을 감싸는 convex hull 폴리곤을 서비스 영역으로 정의하였다.

### 4. 거리 가중치 및 취약지수 산정

인프라 원점에 가까울수록 접근성이 높다는 가정하에, 서비스 영역 내부를 50m 간격으로 분할하여 구간별 거리 감쇠 가중치를 부여하였다(원점에 가까울수록 높은 가중치). 이후 격자 단위로 서비스 영역 면적 비를 반영하여 식(1)에 따라 취약지수를 산출하였다.

$$Score = 1 - \frac{1}{10,000} \sum_{d=100m}^{500m} w_d A_d \quad (1)$$

### 5. 서비스 인구 데이터 수집



〈그림 9〉 대구광역시 서비스 인구 분석정보 시스템의 데이터 수집 방법

대구광역시는 ‘대구광역시 서비스 인구 분석정보 시스템(<https://s4u.daegu.go.kr/>, 소관: 대구광역시 ABB산업과)’에서 서비스 인구데이터를 공개한다. 본 데이터는 SK Telecom이 산출한 50m 격자 기반의 성·연령별·시간대별 통계로 구성되나, 대시보드는 100m 격자 해상도로 제공된다. 화면에 표출되는 지표값을 그대로 취득·저장하는 매크로 기반 반자동 수집 절차를 구축하였으며, 매크로는 행정동 경계와 기준연월을 선택하면 해당 페이지의 표시 값을 순차적으로 복사하여 격자 단위 공간 위치 정보가 사전 생성된 스프레드시트(100m grid generated with QGIS Research Tools—Create Grid—and converted to gpkg)에 입력하였다.

## 6. 지표 온도 데이터 수집

Landsat은 미국 지질조사국(USGS)과 미국 항공우주국(NASA)이 공동으로 운영하는 지구 관측 위성 프로그램이다. Landsat 위성은 가시광선부터 단파 적외선 및 열적외선에 이르는 다중분광 영상을 수집하여 지표면의 토지피복, 식생, 수자원, 도시화, 지형 변화 등을 장기적으로 분석하는 데 활용된다.

전처리가 완료된 공공데이터인 Landsat8 위성 열적외선 영상을 활용하였다. 이는 복사량, 지표온도를 환산하여 작성한 지표온도지도 데이터이며, 국립환경과학원에서 제공하고 국토환경성평가지도 자료제공서비스를 통해 공개되고 있다. 래스터 형식의 GeoTIFF 데이터를 후속 분석 및 속성 정보 활용이 가능한 형태로 변환하기 위하여 GeoPackage 포맷으로 변환하였다.

## 7. 데이터 통합 및 공간 결합

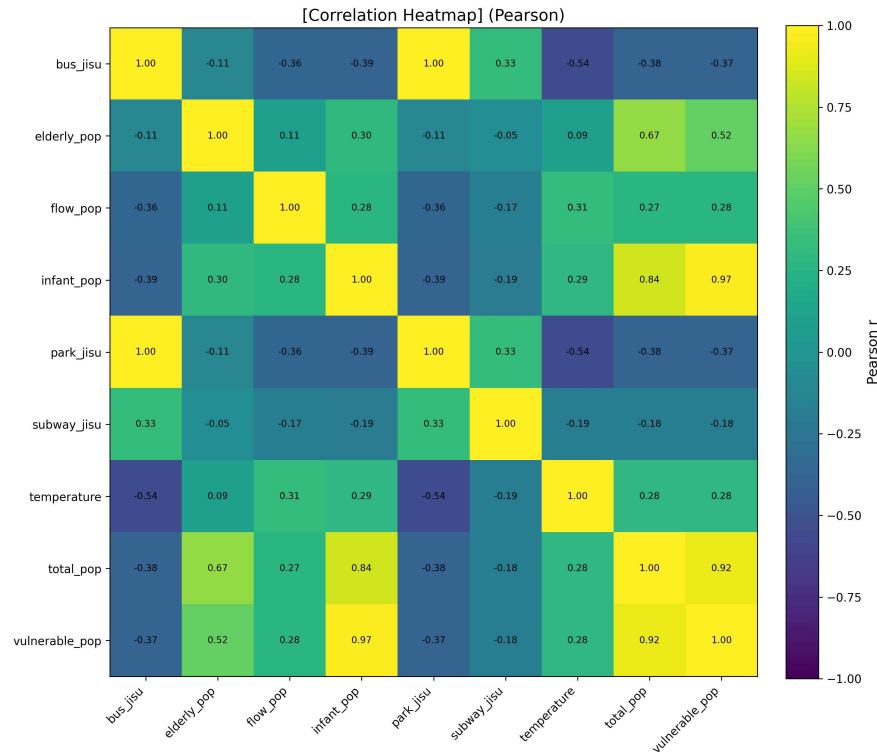
수집된 모든 원천 데이터는 Python 3.10, QGIS 3.40 환경에서 처리하였다. 분석 기준 좌표계는 EPSG:5179(KGD2002/Unified CS)로, GRS80 타원체 기반의 단일 Transverse Mercator 투영을 사용하였다. 데이터는 서로 다른 포맷(예: gpkg, shapefile, CSV, xlsx 등)으로 존재하였기 때문에, 우선 GeoPackage 형식으로 변환하여 단일 데이터베이스로 통합하였다. 이후 QGIS Join attributes by location을 활용하여 동일한 100m 격자 단위에서 1:1 공간 결합을 수행하였다. 공간 결합을 통해 생성된 데이터셋은 표(table) 형태로 정리되었으며, 이를 CSV 파일로 변환하여 군집 분석 등 통계 분석에 활용하거나 QGIS 환경에서 추가적인 공간 분석을 수행하였다.

## 8. Exploratory Data Analysis

인구 100m 격자 단위의 공간 데이터를 기준으로 다양한 환경적 및 공간적 지표를 결합하여 분석을 수행하였다. 이 과정에서 일부 지표, 특히 지표면 온도 데이터에서 결측치가 관찰되었다. 결측은 주로 대구광역시 행정 경계 지역에서 나타났다. 이러한 결측값은 전체 분석의 일관성을 저해할 수 있으므로, listwise deletion 방법을 적용하여 해당 결측 행을 제거하였다.

모든 전처리 과정을 거친 후, 공간 결합(spatial join)을 통해 완성된 분석용 데이터는 총 11개의 변수(columns)와 88,278개의 공간 단위(rows)로 구성되었다.

변수 간 관계를 파악하기 위해 피어슨 상관계수를 산출하여 주요 변수 간의 선형적 상관성을 분석하였다. 산출된 상관계수를 상관 행렬 형태로 구성하고 이를 히트맵으로 시각화하여 변수 간의 관계를 직관적으로 파악하였다.



〈그림 10〉 상관행렬 시각화

분석 결과, 일부 변수 간 통계적으로 유의한 수준의 상관관계가 확인되었다. 우선, 총인구(total\_pop)는 유아 인구(infant\_pop) 및 취약계층 인구(vulnerable\_pop)와 매우 강한 양(+)의 상관관계를 나타냈다. 이는 각 격자의 총인구 규모가 증가함에 따라 특정 연령대 인구나 사회적 취약계층 인구 또한 동반 증가하는 경향을 반영하는 것으로, 이러한 변수들이 총인구를 구성하는 파생 변수임을 시사한다. 다시 말해, 취약계층 인구나 일반 인구의 합이 총인구를 이루기 때문에 총인구와의 높은 상관성이 구조적으로 나타난 것으로 해석할 수 있다. 또한, 유아 인구와 취약계층 인구 간에도 유사한 수준의 높은 양의 상관관계가 확인되었는데, 이는 취약계층 인구가 유아 인구를 포함하는 하위 개념으로서 정의된 변수이기 때문이다.

## □ 분석 절차

### 1-1. Analytic Hierarchy Process

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 Thomas L. Saaty에 의해 개발된 다기준 의사결정 기법으로, 복잡한 문제를 계층적 구조로 분해한 뒤 각 요소 간의 쌍대비교를 통해 상대적 중요도를 산출하고, 이를 종합하여 최적의 대안을 선택하는 방법이다. 이 과정은 정성적 판단을 정량화할 수 있다는 점에서 의사결정의 합리성을 높이며, 정책 결정, 경영 전략, 자원 배분, 공급망 관리, 도시 계획 등 다양한 분야에 널리 활용되고 있다. 우리나라에서도 정부 예비타당성조사의 종합평가에서 사용된 검증된 의사결정 기법이다.

## 1-2. 평가 기준 및 가중치 산출

의사결정에 있어서 가장 중요한 것은 객관적인 평가기준과 가중치 값이다. 최대한 객관성과 신뢰성을 확보하고자 시민과 전문가 패널을 대상으로 설문 조사를 시행하였다.

먼저 국내외 선행연구와 관련 정책·지침을 검토하여 후보 평가 기준을 도출하였다. 가중치 산정은 전문가·시민 패널을 대상으로 한 설문으로 진행하였다. 패널은 대구광역시 공원조성과 실무진 및 환경청 산하 공공기관 종사자, 도시 데이터 모델링을 수행하는 한국전자통신연구원 소속 연구원과 데이터 산업계 종사자, 주 3회 이상 공원을 이용하는 대구 시민. 총 16명으로 구성하였다. 응답자는 각 평가 기준 쌍을 비교하여 상대적 중요도를 Saaty 1-9 척도로 표시하였고, 식(2)으로 행렬을 통합하고 가중치를 계산하였다. 이를 통해 산출된 최종 가중치와 일관성 비율은 <표 2>와 같다.

$$\bar{a}_{ij} = \left( \prod_{k=1}^m a_{ij}^{(k)} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad w_i = \frac{\left( \prod_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left( \prod_{j=1}^n \bar{a}_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (2)$$

일반적으로 일관성비율(CR)은 0.1을 초과하지 않는 것이 바람직하다고 알려져 있으나, 본 과제에서는 분석의 특성을 고려하여 0.2를 수용기준으로 설정하였다. 이는 전문가 집단뿐만 아니라 다양한 배경을 가진 시민(5명)을 포함한 패널을 대상으로 설문 조사를 수행하였기 때문이며, 이로 인해 응답자의 판단 기준과 가치관의 차이가 비교적 크게 나타났다.

기준	가중치	순위
온도	0.420	1
거주인구(수해)	0.052	5
취약인구	0.076	4
서비스 인구	0.221	2
기존공원연계성	0.183	3
교통용이성	0.047	6
CR	0.15 < 0.2	

<표 2> 최종 가중치

## 1-3. 최종 점수 산출

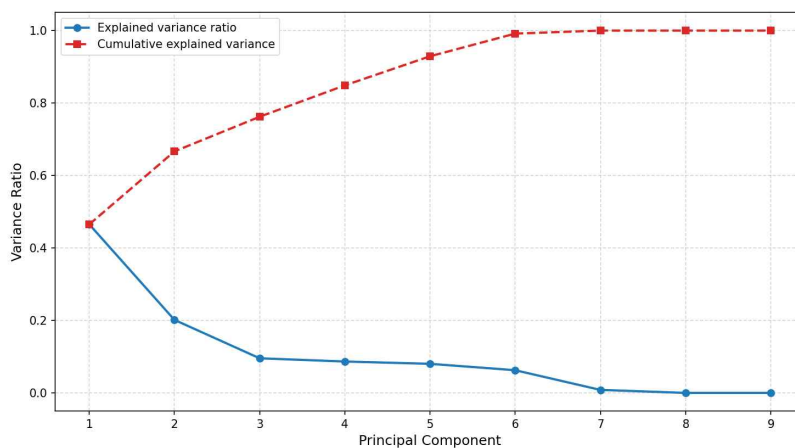
각 기준을 동일한 척도에서 평가하기 위해 정규화 과정이 필요하다. 이에 본 과제에서는 Min-Max 정규화 방법을 적용하여 [0, 1] 범위로 변환하였으며, 이를 기준별  $w_j$ 와 곱하여 합산함으로써 최종 점수  $S_i$ 를 산출하였다. 이는 다음 식(3)과 같다.

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}) \quad (3)$$

## 2-1. Principal Component Analysis

앞서 <그림 10>에서 확인되는 바와 같이 일부 지표 간 높은 상관구조, 즉 다중공선성이 관찰되었다. 이에 본 절에서는 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)을 실시하였다.

주성분 수 결정은 Elbow Method와 누적 설명 분산 비율을 종합하여 수행하였다. 누적 설명 분산 비율이 80%를 상회하는 지점이  $k=4$  (0.8488)에서 나타났으며, 스크리 플롯에서도 동일 지점 이후 고유값 감소가 완만해지는 변곡점이 확인되었다. 이에 본 과제에서는 네 개의 주성분을 채택하였다. 이를 군집 분석에 활용하였다.



<그림 11> 주성분 분석의 스크리 플롯

## 2-2. 군집 분석

성능을 종합적으로 평가하기 위해 실루엣 계수, 칼린스키-하라바즈 지수, 데이비스-볼딘 지수 등 세 가지 대표 지표를 사용하였다. 각 지표는 최소-최대 정규화를 통해 0에서 1 사이의 범위로 변환하였으며, 데이비스-볼딘 지수는 방향성을 통일하기 위해  $1-s'$ 로 보정하였다. 정규화 과정에서 최소값과 최대값이 동일하여 변환이 불가능한 경우 해당 지표의 점수는 0.5로 설정하였다. 이후 세 지표를 동일한 가중치로 평균하여 산출한 종합 점수(composite score)는 식 (4)와 같다.

$$Composite\ Score = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \tilde{S}_i \quad (4)$$

총 다섯 가지 알고리즘(KMeans, MiniBatchKMeans, Gaussian Mixture Model, Birch, DBSCAN)을 대상으로 실험을 수행하였다. 각 알고리즘에 대해 군집 수  $k$ 를 2부터 16까지 변화시키며 모델을 학습하고 설정별로 지표를 산출하였다. 실험 결과, K-Means Clustering ( $k=4$ )가 가장 우수 성능(0.9572)을 보여 이를 채택하였다. 전체 실험 결과는 부록 <표 7>을 참고하기 바란다.



### 3-1. 녹지 네트워크 입지 선정 제안

실제 경로 추정에는 전체 100m 셀을 정점으로 하는 Queen 인접 그래프를 바탕으로 수행하였다. 폴리곤 간 touches 공간 관계를 우선 적용하되, 환경적으로 제한이 있을 경우 셀 중심점 간 150m 이하를 인접으로 간주하는 대체 규칙을 사용하였다. 각 인접 엣지  $u-v$ 에는 두 중심점 간 거리  $d_w$ 와 셀별 점수  $s_u, s_v$ 를 이용해 비용 가중치를 정의하였다. 식(5)과 같다.

$$w_{uv} = d_w \times \frac{1}{2} \left( \frac{1}{s_u + \epsilon} + \frac{1}{s_v + \epsilon} \right) \quad (5)$$

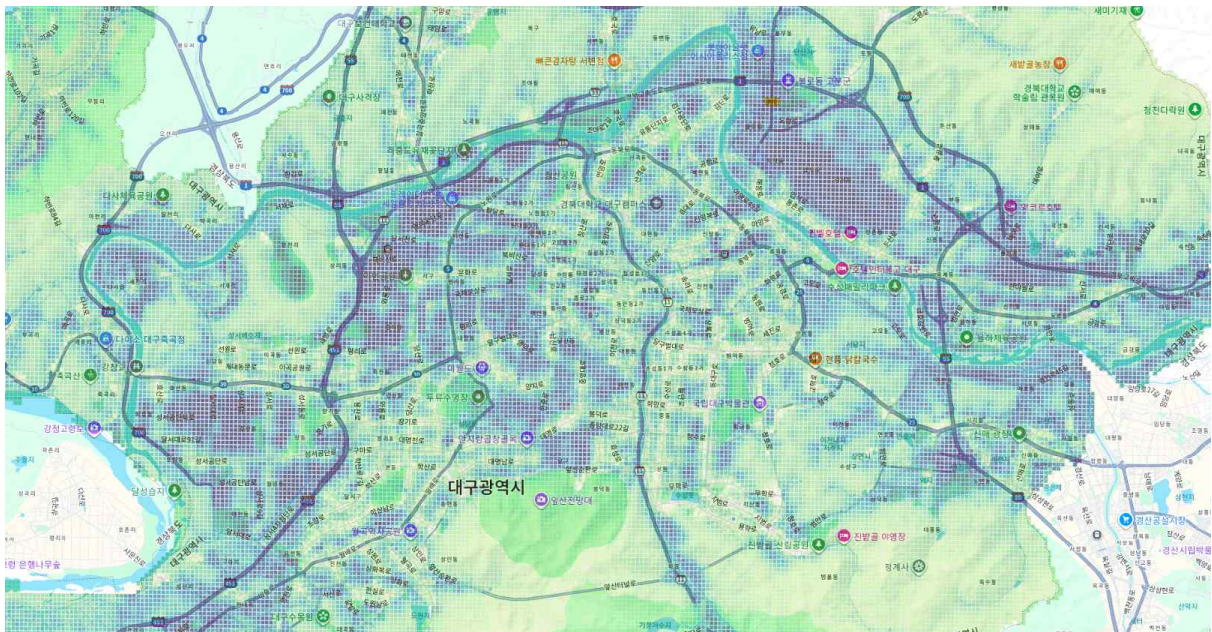
이 설계는 물리적 연장이 짧을수록, 그리고 최종 점수  $S_i$ 가 클수록 비용이 작아지도록 하여, 경로가 고득점 셀을 자연스럽게 선호하도록 만든다. MST가 제공한 각 후보지 쌍에 대하여 이 가중 그래프 위에서 다익스트라 알고리즘으로 최소비용경로를 산출하였다.

## III. 분석결과

### □ 분석 결과 및 인사이트

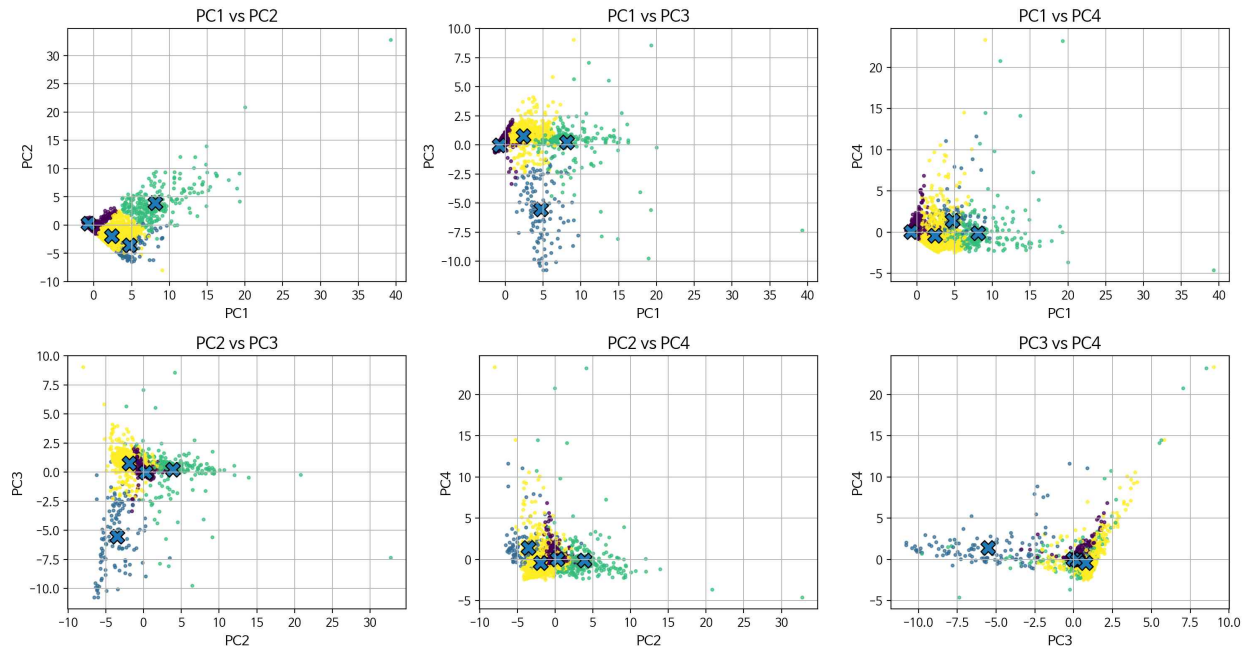
#### 1-1. Analytic Hierarchy Process 분석 결과

색상이 진할수록 전체 점수  $S_i$ 가 높은 지역을 의미한다.



〈그림 12〉 Analytic Hierarchy Process 종합 점수 시각화 - 중구, 서구, 남구 일대

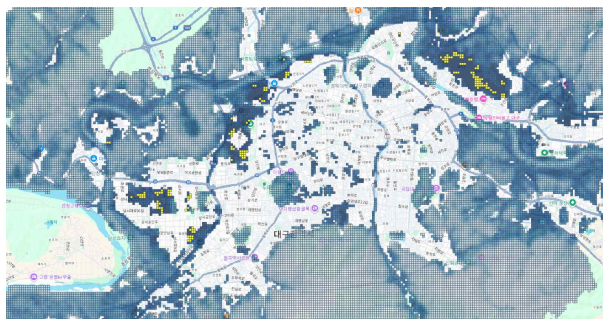
## 1-2. 군집 분석 결과



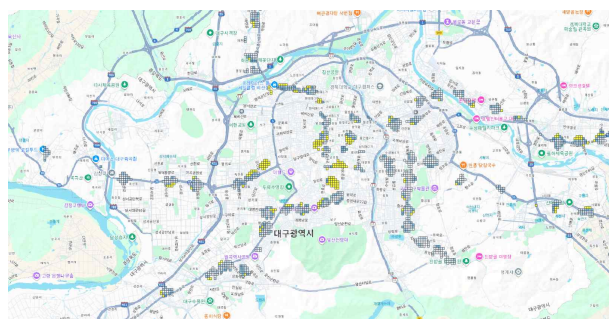
〈그림 13〉 K-Means Clustering(k=4) 결과

## 1-3. 군집 별 Top-k 시각화 결과

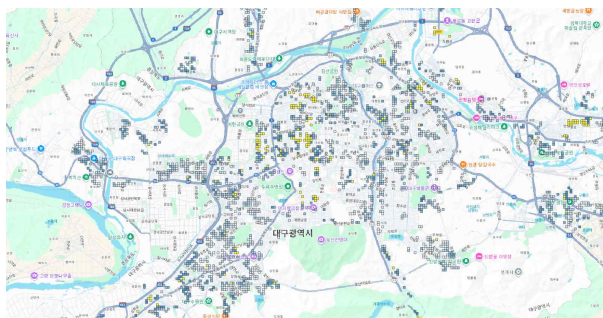
식 (3)에 기반하여 군집 별로 계산된 값 중 상위 200개를 노란색으로 시각화하였다.



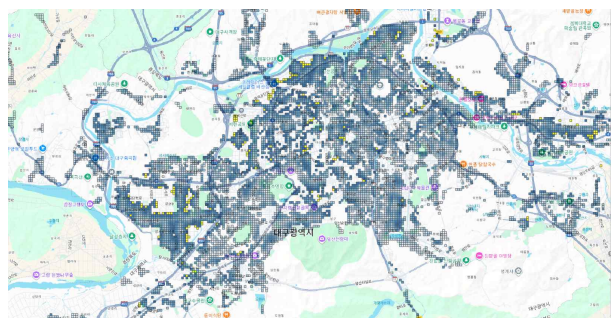
군집 0 후보지 (상위 200개, 점수순)



군집 1 후보지(상위 200개, 점수순)



군집 2 후보지(상위 200개, 점수순)

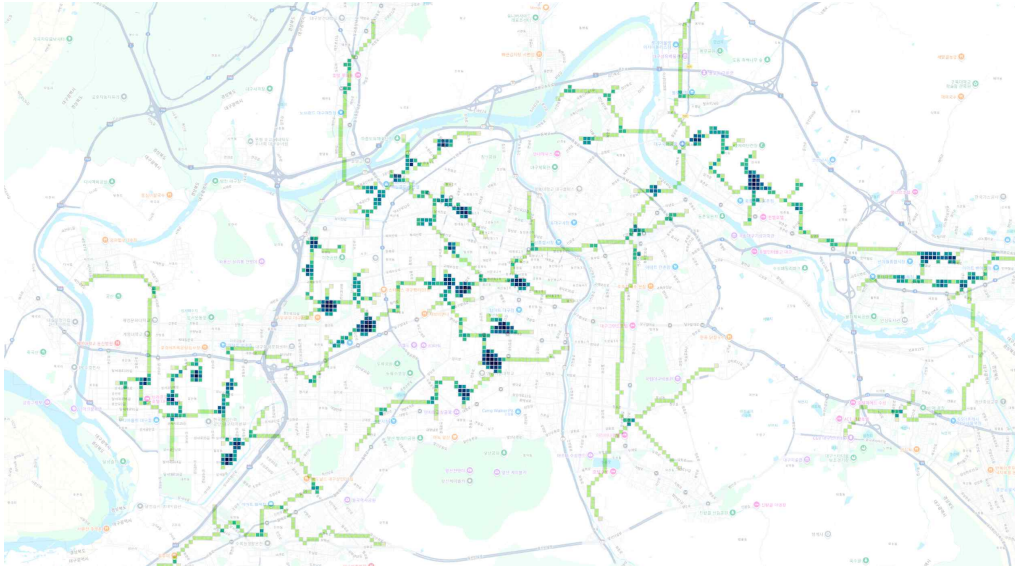


군집 3 후보지(상위 200개, 점수순)

〈그림 14〉 군집별 상위 200개 지역 시각화 - 중구, 서구, 남구 일대



## 2-1. 녹지 네트워크 분석 결과



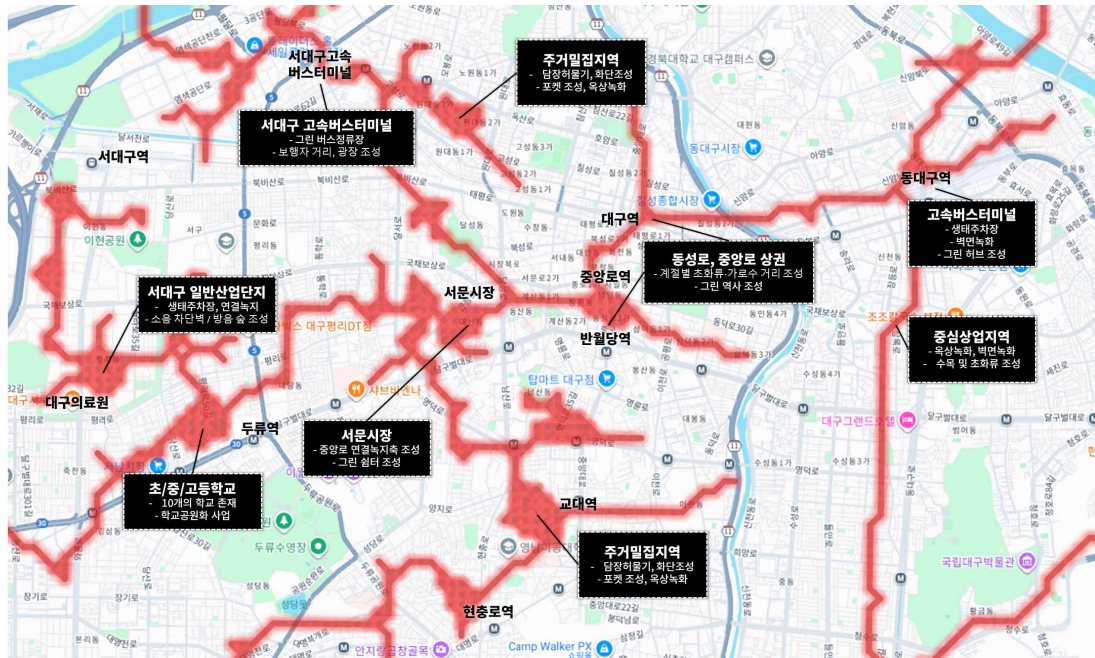
〈그림 15〉 녹지 네트워크 시각화 - 중구, 서구, 남구 일대

## 3. 전체 종합

군집 분석 이후 정책 제안의 해석력을 높이기 위해 연관규칙 분석을 수행하였다. Apriori로 빈발 항목집합을 도출하고 support · confidence · lift 지표로 연관규칙을 산출하였다. 특히 군집 라벨을 결과항으로 제한한 cluster-only 규칙과 제한을 두지 않은 일반 규칙을 병행하여, 군집 별로 동반되는 특성과 정책 타깃의 연계를 파악했다. 녹지 네트워크 분석에서는 구조를 정량화하기 위해 서브그래프를 구성하고 Degree Centrality을 계산했다. 이러한 내용을 종합하여 아래의 대구광역시 녹지 네트워크를 제안한다. 제안 과정에서는 앞서 사용되지 않은 데이터(용도지역정보, 삼성카드데이터 등)로 근거를 보충하여 정책적 대안을 제시하였다.

우선순위	최종점수	군집	위치	비고
1	0.652	3	서구 이현동 284-3	서대구역 부근
2	0.650	2	달서구 상인동 81	상인역 부근
3	0.649	1	남구 현충로39길 1-2	명덕역 부근
4	0.636	2	동구 신암남로 169	동구청역
5	0.635	3	중구 달구벌대로 2100	반월당역 부근
6	0.626	2	동구 신암동 85-24	대구관광고 부근
7	0.625	3	동구 동호동 343-35	동부경찰서 안심지구대 부근
8	0.611	0	달서구 신당동 1095	계명대역 부근
9	0.611	0	달성군 현풍읍 중리 519	유가읍 행정복지센터 부근
10	0.610	0	달서구 월암동 218-93	선돌공원 부근
11	0.568	1	서구 달구벌대로 1760	두류역 부근
12	0.565	1	서구 비산동 2007-15	트레이더스 홀세일 클럽 비산점 부근

〈표 3〉 녹지 네트워크 허브 (군집 별 상위 3개)



〈그림 16〉 대구광역시 녹지 네트워크 제안 (일부)

구분	조성방안	구분	조성방안
학교공원화 사업	주택 밀집지역 학교 중, 주변에 녹지 및 휴식공간이 부족한 곳에 담장을 허물고 설치하여, 효율적인 녹화 가능	담장 녹화	담장 허물기가 용이하지 않은 학교 및 주거지 담장을 녹화하여 녹사일을 향상시키고 시민들이 참여할 수 있도록 이웃 간 공동체 의식을 제고시켜 주민 화합 분위기 고양과 푸른 도시 창출에 기여
담장허물기	담장을 허물어 최대한 개방된 공간을 확보 후, 녹지공간 및 주차공간을 조성하여, 가로환경 개선 기여	벽면 녹화	가로변 유휴공간에 생명이 숨쉬는 녹지 조성 및 방음벽 콘크리트 옹벽 등 인공구조물을 녹화하여 녹사량 증대 및 화석도시 이미지 탈피
가로변 수벽 조성	보행에 지장이 없는 가로변 보도공간에 수벽을 조성하여 녹사율 향상 및 푸르고 쾌적한 가로경관 조성으로 부족한 녹지확충을 통한 생태적 안정성 도모	쉼터 조성	생활권 주변에 소공원 같은 쉼터를 조성하여 시민들이 체감할 수 있는 휴식공간 창출
화단 조성	주거밀집지역 간선도변에 시민들이 화단을 조성 하여 사계절 개화시킴으로 쾌적한 주거지 환경을 유지하고 시민자율 참여를 확산시킴	옥상 녹화	건축물 옥상에 토양과 식물을 조성하여 열섬현상을 완화하고 건물 단열 효과를 높이며 도시 경관 개선과 생물 서식 공간을 제공
포켓 공원 조성	도심 내 자투리땅, 유휴부지, 궁터 등을 활용하여 소규모 공원을 조성함으로써 시민의 휴식과 녹지 접근성을 향상시키고, 지역 커뮤니티 활성화에 기여	식물 터널	보행로·자전거도로 등에 덩굴식물이나 차광 구조물을 설치하여 자연 그늘을 제공하고 여름철 열환경을 개선하여 보행 쾌적성을 증진

〈표 4〉 녹지 네트워크 녹화조성방안

삼성카드 결제 데이터를 행정동 단위로 통계 분석한 결과, 대구 동대구역을 중심으로 한 지역에서 소비 활동이 매우 활발하게 나타났다. 이는 해당 지역이 대표적인 유동 인구 집중지이자 상업 기능(신세계백화점 등)의 핵심지로 작동하고 있음을 시사한다. 특히 대구역과 동대구역은 도시 내 광역 교통망의 결절점이자 경제 활동의 핵심거점으로, 중심상업 기능 강화를 위한 정책적 지원과 공간계획의 필요성이 높다. 이에 따라 보행 친화적 거리 조성, 상업 공간과 공공 공간의 융합, 녹지축 확보 등을 통해 해당 지역의 도시 경쟁력을 제고하고 상권 활성화를 유도할 수 있다.

도시 공간 내 잠재력을 가진 유희부지 데이터를 공간적으로 결합하여 분석한 결과, 동대구역과 대구역 인근에 다수의 유희공간이 분포하고 있음을 확인하였다. 이러한 부지는

「대구광역시 도시녹화계획」에서 제시한 바와 같이 시민 생활권에서 10분 이내 접근 가능한 녹지공간 확보 전략에 따라 포켓공원 조성지로 활용 가능하다. 자투리땅을 활용한 소규모 녹지 조성은 단순히 도시의 녹피율을 향상시키는 것에 그치지 않고, 주민들이 일상 속에서 휴식과 소통을 누릴 수 있는 커뮤니티 공간을 창출한다.

관리번호	노선명	위치	면적	비고 (활용 계획)
10203	경부선	북구 칠성동1가 8-2	65.1	수요와 용도에 따른 사용허가
9631	경부선	북구 칠성동2가 302-233	291.1	수요와 용도에 따른 사용허가
8694	경부선	북구 칠성동2가 203-96	1072.1	수요와 용도에 따른 사용허가
...	...	...	...	...

〈표 5〉 동·대구역 인근 철도 유휴부지 (일부)

한편, 주거밀집지역 및 오래된 주거지 내에서는 자투리 공간과 골목길을 활용한 녹지 확충 전략이 효과적이다. 주민 참여를 기반으로 한 골목길 녹화, 담장 허물기, 생울타리 조성 등은 주민 커뮤니티 활성화와 안전성 확보에 기여하며, 생활권 내에서 손쉽게 접근 가능한 녹색공간을 제공한다.

## IV. 활용방안

### □ 정책 활용 방안

생활권 내 접근성을 중심으로 한 데이터 기반 입지 분석을 통해 현재 수립 중인 『2040 대구시 공원녹지 기본계획』 뿐만 아니라 향후 도시계획을 보완하는 데 필요한 기초 자료로 기능할 수 있다. 폭염에 취약한 지역(지표온도)이나 인구 활동이 집중되는 구역(서비스인구)을 고려함으로써, 정책 효과 극대화에 기여할 수 있다. 이를 통해 시민들은 일상생활 반경 내에서 더 쉽게 녹지 공간을 접할 수 있게 되어, 무더운 여름에도 가까운 공원에서 쉼과 휴식을 누리고 아이들과 함께 안전하게 야외활동을 즐길 수 있다. 시민의 자연 접근성 확대는 지속 가능한 ‘푸른 대구’로 가는 핵심 경로다.

### □ 적용 부문

대구광역시청 환경수자원국 공원조성과, 각 구·군청 도시계획 부서가 가장 직접적이다. 중앙정부 차원에서는 국토교통부, 환경부, 산림청 등 관계 부처가 정책 수립 과정에서 참고할 수 있다.

지자체의 도시·공원녹지 기본계획 및 생활권 단위 공원녹지 조성계획 수립  
도시재생 사업이나 신규 택지 개발 계획 등 토지이용계획  
기후변화 적응계획 및 환경·에너지 관련 정책 수립  
주민 참여형 생활SOC 사업 및 도시환경 개선 사업

〈그림 17〉 적용 분야 예시



## V. 참고문헌

### 1. 인터넷 자료

- 서광호(2021.09.21.), 「연휴에 느끼는 '너무 먼 대구의 문화·여가 시설'...접근성 광역시 중 하위권」, 『매일신문』, <https://www.imaeil.com/page/view/2021091813175333223>
- 류예지(2023.12.03.), 「대구 1인당 공원 면적, 전국 꼴지 수준」, 『대구신문』, <https://www.idaegu.co.kr/news/articleView.html?idxno=441760>
- 이인수(2025.04.15.), 「이태훈 달서구청장 “녹지공간 조성으로 명품 숲 조성 노력한다”」, 『아주경제』, <https://www.ajunews.com/view/20250412114528194>
- 허성준(2023.02.06.), 「대구시, 113억 원 투입해 도시 숲·녹지 118곳 조성」, 『YTN』, <https://www.youtube.com/watch?v=7T-gCXLMsVw>
- 조현철(2023.02.05.), 「대구시, 탄소중립 실현을 위한 ‘도시숲’ 조성 추진」, 『세계환경신문』, <https://www.e-newsp.com/news/article.html?no=50051>
- 권혜정(2025.02.13.), 「'서울초록길 프로젝트'로 이어진 녹지, 올해 2000km 넘어선다」, 『뉴스1』, <https://www.news1.kr/local/seoul/5688273>
- 내 손안에 서울(2025.02.13.), 「숲·공원 연결해 '서울초록길'로 올해 2,000km 조성 박차」, 『서울특별시』, <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2013416>
- 서울특별시(2023.05.24.), 「365일 어딜가든, 서울가든! 정원도시 서울 기자설명회」, 『서울특별시 공식 유튜브』, [https://www.youtube.com/watch?v=Yw1Jk\\_OSfqk](https://www.youtube.com/watch?v=Yw1Jk_OSfqk)

### 2. 법령

- 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률
- 대구광역시 도시공원 및 녹지관리 조례
- 도시공원·녹지의 유형별 세부기준 등에 관한 지침
- 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률
- 대구광역시 가로수 조성 및 관리 조례

### 3. 정책자료

- 『시정백서 2024』, 대구광역시(2024)
- 『환경백서 2024』, 대구광역시(2024)
- 『2030년 대구도시기본계획』, 대구광역시(2018)
- 『2030 대구광역시 경관계획』, 대구광역시(2017)
- 『2030 서울시 공원녹지 기본계획』, 서울특별시(2015)
- 『2030년 대구광역시 공원녹지기본계획』, 대구광역시(2017)
- 『푸른도시국 주요 업무보고』, 서울특별시의회 제311회 시의회 임시회 환경수자원위원회
- 『“기후변화 대응을 위한 대구시 녹지 확충과 가로수 관리 강화 촉구” 시정질문(서면)답변서』, 대구광역시의회 제315회 임시회
- 『2023년 환경수자원국 주요 업무보고』, 대구광역시의회 제298회 임시회 경제환경위원회
- 『2024년 환경수자원국 주요 업무보고』, 대구광역시의회 제310회 임시회 경제환경위원회

### 4. 학술논문

- 염성진, 이지용(2013), 「공원녹지 네트워크가 주민의 공원녹지이용에 미치는 영향」, 『Journal of Korean Society for People, Plants and Environment』16(4), 227-232.
- 김미연, 민병욱(2021), 「입체적 도시기반시설로서 완충녹지의 공원화 계획」, 『한국조경학회지』49(2), 101-112.
- 홍성언, 박수홍(2003), 「GIS와 AHP 의사결정 방법을 이용한 도시 근린 공원의 입지 분석」, 『대한지리학회지』5권호, 849-860.
- 곡소근(曲紹鰓)(2008), 「GIS 네트워크 분석을 통한 도시 공원녹지체계 조성 연구」, 한양대학교 석사학위논문
- 한봉호 외(2014), 「도시녹지 네트워크 강화를 위한 가로녹지 조성계획 연구」, 『한국환경생태학회지』28(2), 128-141.
- 권오성 외(2018), 「최소비용거리를 활용한 녹지네트워크 분석」, 『한국조경학회 2018년도 추계학술대회 논문집』, 13-15.
- Gelan, E. GIS-based multi-criteria analysis for sustainable urban green spaces planning in emerging towns of Ethiopia: the case of Sululta town. Environ Syst Res 10, 13 (2021).
- 최우철 정규수(2022), 「국립적 미세먼지 관측을 위한 Fuzzy AHP 기반의 영상분석용 CCTV 입지 선정에 관한 연구」, 『국토계획』제57권 제3호, 150-160.
- 김민서 외(2025), 「국공립 어린이집의 최적 입지 선정 및 단계적 확충을 위한 최적화 모델 개발」, 『대한산업공학회지』 제51권 제4호, 339-354.

### 5. 보고서·분석사례

- 「2025년 7월 대구·경북 기후특성」, 대구지방기상청(2025.08.05.)
- 「2025년 여름철 대구·경북 기후특성」, 대구지방기상청(2025.09.04.)
- 구진모, 김정원(2018), 「도시숲 최적의 위치 추천」, 『서울시 빅데이터캠퍼스』
- 오윤진 외(2024), 「서울시 지역 간 연결성 강화를 위한 선형공원 입지 제안」, 『서울시 빅데이터캠퍼스』
- 고수연 외(2022), 「환경형평성을 고려한 서울시 내 그린 인프라 조성」, 『서울시 빅데이터캠퍼스』
- 권용석(2015), 「환경도시 대구를 위한 도시열섬현상 저감 방안」, 『대구경북연구원』
- 권용석(2020), 「도시텃밭을 통한 대구시 그린인프라 확충 방안」, 『대구경북연구원』
- 김중표, 정성훈(2014), 「대구광역시 장기미집행 도시계획시설의 일몰제 대응방안」, 『대구경북연구원』
- 류연수(2020), 「대구광역시 장기미집행공원 확보에 따른 공원서비스 확대 방향」, 『대구경북연구원』
- 편도철, 홍성진(2023), 「기후위기 적응을 위한 옛 물길 복원 및 수공간 조성 연구」, 『대구정책연구원』
- 김필립(2022), 「공공데이터를 활용한 대구시 구·군 생활 SOC 접근성 평가」, 『대구경북연구원』
- 「신천 둔치, 도심 속 녹색 습지로 재탄생」, 대구광역시(2025.04.10.)
- 「2023년 대구시 폭염대책 시민인식도 조사 결과」, 대구광역시청(2023.12.26.)

## VI. 부록

<https://github.com/clustering-jun/GreenNet>

〈표 6〉 GitHub repository

Algorithm	k	silhouette	davies bouldin	calinski harabasz	composite score
KMeans	2	0.7294	0.9886	57893.2990	0.8969
	3	0.7240	0.8672	63583.1012	0.9497
	<b>4</b>	<b>0.7729</b>	<b>0.7880</b>	<b>61913.0161</b>	<b>0.9572</b>
	5	0.7152	0.9326	58694.1644	0.9048
	6	0.7204	0.8271	60090.3910	0.9378
	7	0.5664	0.8507	59292.5036	0.8385
	8	0.5588	0.9205	57551.5342	0.8100
	9	0.5159	0.9617	54272.8779	0.7588
	10	0.5148	0.9935	51434.6239	0.7364
	11	0.5133	0.9580	51590.8273	0.7440
	12	0.5134	1.0085	50520.0498	0.7276
	13	0.5159	0.9709	50702.1882	0.7380
	14	0.5162	0.9748	48862.4542	0.7277
	15	0.5140	1.0126	47474.7412	0.7111
	16	0.5118	0.9931	46572.5268	0.7092
MiniBatchKMeans	2	0.7386	0.9955	56423.6777	0.8931
	3	0.4834	1.1287	37260.0867	0.6145
	4	0.7145	0.8147	60240.3556	0.9377
	5	0.6977	1.2137	46707.6978	0.7713
	6	0.4361	1.1744	38775.5403	0.5851
	7	0.4917	1.0746	48657.4705	0.6910
	8	0.4962	1.0875	42749.9418	0.6597
	9	0.2764	1.2611	34784.3389	0.4522
	10	0.2653	1.0187	44730.3122	0.5500
	11	0.2836	0.9726	41430.6299	0.5532
	12	0.2797	1.0022	43359.7695	0.5547
	13	0.2663	1.0937	40184.1009	0.5106
	14	0.2826	1.0553	37539.7335	0.5144
	15	0.2838	1.1046	37254.4753	0.5030
	16	0.2648	1.0811	35027.3378	0.4852
Gaussian Mixture Model	2	0.4372	1.3042	24112.9262	0.4807
	3	0.3527	1.3205	28739.4372	0.4522
	4	0.3314	1.7730	22620.2129	0.3107
	5	0.3381	1.5130	23098.8355	0.3728
	6	0.1738	1.6775	21649.7283	0.2339
	7	0.1681	1.9354	19131.8908	0.1621
	8	0.1719	2.0646	19594.7172	0.1391
	9	0.1721	2.1957	17665.9691	0.1010
	10	0.1749	2.2286	15940.3855	0.0864
	11	0.1748	2.0450	14621.8972	0.1188
	12	0.1824	2.0484	17573.7978	0.1380
	13	0.1835	2.0838	16250.6600	0.1242
	14	0.1834	2.0438	15663.1820	0.1296
	15	0.1850	1.9683	15518.7955	0.1459
	16	0.1879	1.9167	15697.6120	0.1596
DBSCAN	15	0.3372	0.6721	265.4124	0.4295
Birch	2381	0.3369	0.7594	3944.5952	0.4326

〈표 7〉 군집 분석 실험 결과