

# 도시열섬현상 완화를 위한 분석 기반 그린인프라 공간 최적화

배성민\*<sup>1</sup>, 이서영\*<sup>2</sup>, 서지훈\*\*

## The Optimization of Green Infrastructure Spaces to Mitigate Urban Heat Island Effects based on Analysis

Seong-min Bae\*<sup>1</sup>, Seo-young Lee\*<sup>2</sup>, and Ji-hoon Seo\*\*

### 요약

한국의 수도권 도시는 급속한 성장으로 인한 환경문제 해결에 노력하고 있다. 특히 서울시는 높은 인구밀도에 비해 녹지공간 부족 등으로 도시열섬현상이 발생하고, 일부 지역은 폭염과 관련된 질병 및 사망 사례를 접할 수 있다. 이에 우리는 폭염 위험도를 구성하는 환경적, 효율적, 취약적 변수를 분석해 도시 녹지 시설을 정량화하고, 이를 바탕으로 서울시 내 폭염 취약 지역을 시각적으로 특정하였다. 특정된 지역 내에서 그린인프라 입지를 추천하기 위해 MCLP와 P-Median 기법을 활용하였으며, 이를 지도 시각화를 통해 확인하였다. 마지막으로, 각 알고리즘에 의해 도출된 입지 추천지를 비교 분석하여 최적의 그린인프라 입지를 거시적 관점에서 제안하였다. 본 연구의 결과는 향후 지속 가능한 도시환경을 조성하는 데 기여될 것으로 예상된다.

### Abstract

Cities in the Seoul Metropolitan Area are striving to resolve environmental problems caused by rapid growth. In particular, Seoul experiences the urban heat island effect due to a lack of green spaces relative to its high population density, with some areas facing heatwave-related illnesses and fatalities. This study analyzed environmental, efficiency, and vulnerability variables to quantify urban green infrastructure and visually identified heatwave-vulnerable areas in Seoul. MCLP and P-Median methods were applied to recommend optimal locations for green infrastructure, and the results were verified through map visualizations. The locations recommended by each algorithm were compared, and the most suitable green infrastructure sites were proposed from a macro perspective. The findings of this study are expected to contribute to the creation of sustainable urban environments.

### Keywords

urban heat island, green Infrastructure, MCLP, p-median

\* 강남대학교 데이터사이언스학과  
- ORCID<sup>1</sup>: <https://orcid.org/0009-0009-8906-0643>  
- ORCID<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0009-0003-8446-846X>  
\*\* 강남대학교 데이터사이언스학과 교수(교신저자)  
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2988-926X>

· Received: Dec. 01, 2024, Revised: Jan. 06, 2025, Accepted: Jan. 09, 2025  
· Corresponding Author: Ji-hoon Seo  
Dept. of Data Science, Kangnam University,  
40, Gangnam-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea  
Tel.: +82-31-280-3721, Email: [jihoon@kangnam.ac.kr](mailto:jihoon@kangnam.ac.kr)

## I. 서론

한국은 봄, 여름, 가을, 겨울 사계절이 모두 존재하는데, 2024년 여름은 유난히 길다고 느껴질 만큼 일찍 더위가 찾아와 입추가 한 달 남짓 지난 후에도 쉽게 가시지 않았다. 2024년 7월 평균기온은 26.2°C로 평년(24.0~25.2°C)보다 높았고, 강수량은 383.6mm로 평년(245.9~308.2mm)보다 많았다[1]. 이러한 이상기온 및 더위는 대기의 흐름과 이에 따른 고기압의 확장 그리고 강수량 등을 원인으로 들 수 있지만, 이는 인간의 개입 없이 자연 발생하는 현상이다. 하지만 인간의 생활환경 변화 또한 영향을 미치기 때문에 우리는 자연적 원인이 아닌 인간으로 인해 발생했던 경우에 집중하였다. 특히 국내 수도권은 급격한 도시화와 서울시의 인구 집중화로 인해 도시열섬현상이 뚜렷하게 나타난다[2]. 2023년 기준 서울시 인구는 9,400, 인구밀도는 15,533(단위: 천명, 명/km<sup>2</sup>)으로 집계되었다. 이 수치는 인구밀도가 2번째로 높은 부산보다 대략 4배의 약간 미치지 못한 수준이었다[3].

도시화와 인구밀도가 높아지면 자연스럽게 콘크리트와 아스팔트를 이용한 인공구조물과 포장된 도로가 많아지게 되고, 이는 건폐율 상승으로 이어진다. 고층 빌딩과 빽빽하게 밀집된 건물들은 열 흡수 면적을 증가시키고, 도심 내 바람길을 가로막아 대기의 순환을 저해시킨다. 특히나 풍속이 낮고 기온이 높은 여름철에는 뜨거운 공기의 순환이 더욱 어려워지기 때문에 기류 정체 현상이 심화되고, 도시열섬현상이 발생하게 된다[4]. 높아진 기온과 낮은 풍속은 사람들에게 불쾌감을 일찍 느끼게 하며, 이는 열적 스트레스 지수상승으로도 이어진다[4]. 더불어 지속적인 폭염은 온열질환자가 증가하는 경향을 보이며 고령층일수록 발생률이 크게 높아지는 것으로 나타났고[5], 여름철 기압과 폭염일수는 노인 인구의 자살률에 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인되었다[6]. 반면, 평균 풍속이 높을수록 도심 내 머무르고 있던 열이 빠르게 확산되고, 주변과 열, 에너지 교환이 원활하게 이루어져 온도가 낮아지는 효과가 있다[2]. 이러한 이유로 최근 도시계획에서 바람길 형성은 매우 중요한 부분이며, 그 해결

책 중 하나를 그린인프라로 꼽을 수 있다. 이에 우리는 서울시 도시열섬현상을 완화하기 위한 그린인프라 공간 최적화를 제안하고자 한다.

## II. 관련연구

그린인프라는 도시 내 녹지 네트워크를 형성함으로써 바람길의 형성과 순환에 도움을 줄 수 있고, 대기오염 저감과 도시열섬현상에 냉각효과를 주게 된다. 이외에도 공기 정화, 서식지 제공 및 생태계의 다양성 보전 등의 생태적 효과가 있으며, 사회적 소통 및 건강 증진, 범죄 저감 등의 사회적 효과를 미친다. 그리고 지가상승, 저에너지화, 건설비용 감소 등의 경제적 효과도 있을 수 있다[7]. 이처럼 그린인프라는 인간과 자연이 공존할 수 있는 공간계획의 중요한 수단으로, 도시의 지속가능성을 높여준다. 그린인프라의 냉각효과 범위는 선행연구에서 최대 100~150m[8]로 확인되었다. 우리는 이를 토대로 알고리즘에서 추천하는 새로운 그린인프라 입지 추천지와 기존 그린인프라 간의 간격을 고려해, 입지 추천지 알고리즘의 냉각범위를 200~300m 사이인 260m로 설정하였다.

또한, 선행연구 중 서울시 폭염저감시설인 쿨링포크의 최적 입지 제안 연구가 있는데, 해당 연구에서는 모든 시민이 폭염저감시설에 동등하게 접근할 수 있어야 한다는 전제하에 보행자를 고려한 위치적 효율성과 폭염취약집단을 고려한 공간적 형평성을 기준으로 최적 입지를 제안하였다[9]. 여기서 대중교통 승하차 지점이 위치적 효율성으로, 사회적 약자를 위한 복지시설을 공간적 형평성으로 사용하였다. 우리는 이 선행연구[9]에서 사용한 효율성, 형평성 변수를 이용해 서울시의 그린인프라 공간 최적화를 단순히 도시열섬현상이 심각한 지역 위주로만 진행하는 것이 아닌 최대한 많은 사람이 이용할 수 있고, 이를 더 필요로 하는 사람이 많은 곳에 둘 수 있도록 사용하였다. 본 연구에서는 효율성 변수를 효율적 변수, 형평성 변수를 취약적 변수로 재정의하였다.

### 2.1 MCLP

MCLP(Maximum Coverage Location Problem) 알고리즘은 주어진 시설이나 서비스를 정해진 범위 내 최대한 많은 수요를 커버하는 위치를 찾는 것을 목적으로, [10]과 같은 서비스의 만남 거점 최적화 문제에 사용된다. 목적함수는 식 (1)과 같다. 수식에 들어가는 ( $d$ )를 제외한 모든 값은 우리가 정해줄 파라미터로 가장 중요한 값은 ( $r$ )이다.

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i \in I} y_i \\
 & x_j \in \{0,1\}, j \in J \\
 & y_i \in \{0,1\}, i \in I \\
 & \sum_{j \in J} x_j = k \\
 & \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, N_i = \{j \in J: d_{ij} \leq r\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

- $I$  : 입지 추천에 사용될 총 좌표 개수
- $J$  : 입지 후보지 개수
- $d$  : 추천된 지점과 입지 후보지 간의 거리 행렬
- $k$  : 최종 입지 추천할 개수
- $r$  : 입지 추천할 구역의 반지름

### 2.2 P-Median

P-Median 또한 [11]과 같은 입지 분석과 공간 최

적화 문제에 사용되는데, MCLP와 목적이 약간 다르다. P-Median은 주어진 수요지 포인트( $J$ )와 후보지 사이의 총거리가 최소화되는 지점을 찾아 MCLP보다 거리를 더 크게 중요시하여 효율적인 위치를 찾는 것이 목적이다. 목적함수는 다음 식 (2)과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximize } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} D_{ij} \\
 & \sum_{j \in J} D_{ij} = 1, D_{ij} \leq x_j \\
 & \sum_{j \in J} x_j = K, D_{ij}, x_j \in \{0,1\}
 \end{aligned} \tag{2}$$

- $I$  : 입지 추천에 사용될 총 좌표 개수
- $J$  : 입지 후보지 개수
- $D$  : 추천된 지점과 입지 후보지 간의 거리 행렬
- $K$  : 입지 추천할 구역 개수

### III. 분석 방법론

본 연구는 열지수와 건폐율이 높은 지역을 중심으로 유동 인구가 많은 지역, 사회적 혹은 신체적 약자가 많은 지역을 입지 추천 알고리즘에 적용하였다. 입지 추천에 사용된 알고리즘은 서로 다른 목표를 가지는 MCLP와 P-Median을 사용하였으며, 두 알고리즘의 시나리오를 비교 분석해 최종 공간 최적화를 진행하였다(그림 1 참고).

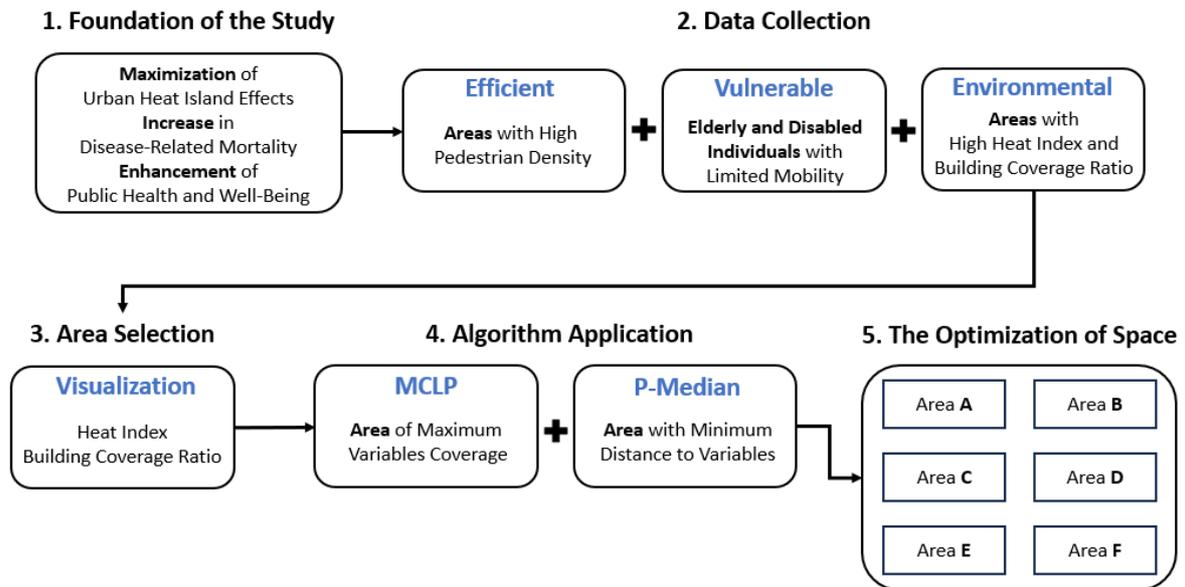


그림 1. 흐름도  
Fig. 1. Flow chart

### 3.1 데이터

우리는 서울시의 도시열섬현상이 가장 뚜렷한 지역을 분석하기 위해 환경적 변수인 온도, 습도, 건폐율, 그리고 아파트 및 연립주택 데이터를 수집하였다. 온도와 습도는 2024년 5~6월 데이터로 기온이 점차 높아지기 시작하는 초여름을 기준으로 분석하였다. 이 중에서 해가 가장 높이 뜨는 시간인 낮 12시의 최대 온도, 최대 습도 값을 사용하였다. 건폐율 또한 2024년 데이터를 사용하였고, 아파트 및 연립주택 데이터는 2023년 기준 데이터를 사용하였다. 모든 환경적 변수는 지도 시각화로 표현하기 위해서 해당하는 행정구역의 중심 좌표값과 매핑하였다.

다음으로 우리는 입지 추천 알고리즘의 입력 값으로 취약적 변수와 효율적 변수를 사용하였다. 먼저, 효율적 변수는 보행자나 유동 인구가 많은 곳을 고려하기 위한 변수로, 인구 밀집도가 높은 지역은 교통과 보행 동선이 혼잡하고 그만큼 주변에 상가와 포장도로가 많아 도시열섬현상이 발생할 가능성이 높다. 그렇기에 해당 지역과 인접하게 그린인프라를 구축하면 그 효과와 이를 누리게 될 이용자가 증가하게 된다. 데이터는 2024년 기준 서울시 지하철역과 버스 정류장 위치 데이터를 수집하였다.

취약적 변수는 일상생활에서 안전사고 위험이 높은 노인[12]이나 거동이 불편한 장애인을 고려하기 위한 요소로, 열에 취약한 사람들이 밀집한 지역과 인접하게 그린인프라를 최적화하고자 활용하였다. 해당 변수의 데이터로는 2024년 기준 서울시 사회(노인)복지시설 데이터를 수집하였다. 복지시설 데이터는 위치를 나타내는 좌표값을 제공해 주지 않아 구글맵과 연동하여 별도로 좌표값을 구해주었다. 그리고 새롭게 얻은 좌표값과 서울시 GeoJSON파일[13]을 활용해 각 복지시설의 자치구와 행정동명을 매핑해 주었다. 이는 이후 알고리즘의 입력 값으로 효율적 변수와 취약적 변수의 위치 데이터를 행정동명을 기준으로 병합해 넣어주기 위함이다.

마지막으로 알고리즘 비교 분석과 최종 공간 최적화를 위해서 2021년 서울시 공원 데이터와 2022년 녹지대 데이터를 추가로 사용하였다. 기존의 공

원이나, 녹지대를 기반으로 냉각효과의 범위가 겹치지 않고, 최대한 넓은 범위로 적용되는 그린인프라 공간 최적화를 하고자 사용하였다. 해당 데이터에는 좌표값은 있었으나, 정확한 행정구역명이 표기되어 있지 않았다. 그래서 복지시설 데이터와 같은 방법으로 서울시 GeoJSON파일[13]을 이용해 각 구역에 해당하는 자치구와 행정동명을 매핑해 주었다.

최종적으로 환경적 변수는 서울시의 도시열섬현상 파악과 공간 최적화 대상 지역을 선정하기 위한 요소이며, 효율적 및 취약적 변수는 입지 추천 알고리즘에 사용하기 위한 요소, 서울시 녹지 데이터는 최종 공간 최적화 분석을 위한 요소로 서로 독립된 목적으로 사용되었다. 마지막으로 본 연구에서 사용된 모든 데이터는 서울열린데이터광장에서 제공되는 데이터 중 분석 시점을 기준으로 가장 최신 데이터를 사용하였으며, 공원과 녹지 데이터는 가장 최신 수정일자가 각각 2021년, 2022년으로 해당 연도 데이터를 사용하였다.

### 3.2 지역 선정

공간 최적화를 분석할 지역은 서울시 지도 시각화와 수치를 정렬해 기준별 도시열섬현상이 뚜렷한 지역 5곳을 선정해 분석하였다. 지도 시각화는 온도와 습도를 한눈에 파악할 수 있도록 열지수를 사용하였다. 열지수는 온도와 습도를 함께 고려하여 사람이 실제로 느끼는 더위를 수치화한 값이다. 지역 선정 기준은 열지수, 건폐율, 열지수와 건폐율이 둘 다 높은 행정동 각 5곳을 선정하였다. 기준별 내림차 순으로 정렬했을 때 상위 5개 행정동 중 다른 기준의 지역과 겹치는 행정동과 고려 변수 데이터가 너무 작은 행정동은 선정하지 않았다. 지도 시각화 결과는 그림 2와 그림 3과 같다. 그림 2의 열지수는 색이 밝을수록 수치가 높고, 어두울수록 수치가 낮은 것이다. 그림 3은 색이 진할수록 건폐율이 높고, 색이 연할수록 건폐율이 낮은 것을 의미한다. 또한, 그림 3의 건폐율 시각화에서 원형 점은 아파트 및 연립주택의 합계를 나타내며, 마찬가지로 색상이 진할수록 높은 수치로 해석한다. 이를 통해 공간 최적화를 분석할 총 15개 행정동을 선정하였다.

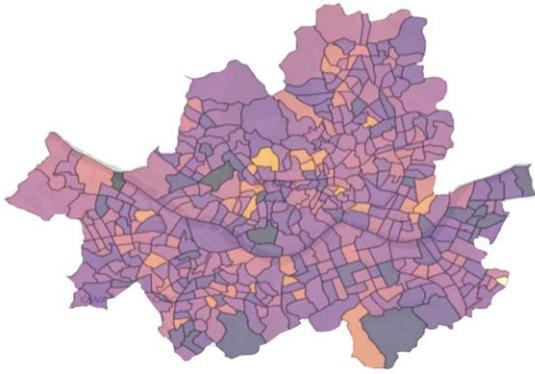


그림 2. 서울시 열지수  
Fig. 2. Heat index in Seoul

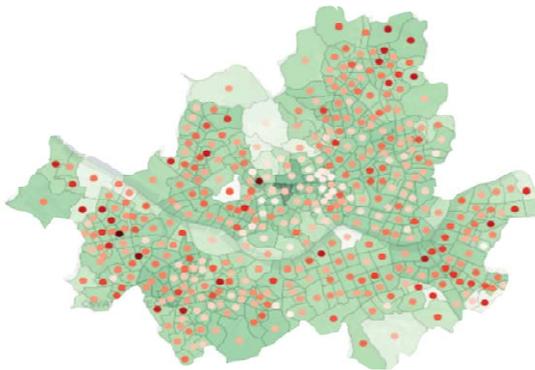


그림 3. 서울시 건물율  
Fig. 3. Building coverage ratio in Seoul

### 3.3 알고리즘

알고리즘의 구조는 입지 후보지 생성 함수와 메인 입지 추천 함수 2가지로 설계하였다. 앞서 언급했던 효율적 변수와 취약적 변수의 좌표값을 하나로 병합해 일종의 수요지 포인트로 저장하였다. 이것이 위 수식 1, 2의 ( $J$ )로 알고리즘의 입력 값으로 주어진다. 먼저, 입지 후보지 생성 함수는 입력값으로 들어오는 수요지 포인트( $J$ )를 사용해 모든 포인트를 포함하는 가장 작은 다각형 경계(Convex hull)를 생성한다. 그런 다음 해당 경계선 내의 무작위로 X, Y좌표를 추출해 랜덤 입지 후보지( $J$ ) 100개를 생성한다. 메인 입지 추천 함수에서는 최적화 문제에서 속도가 빠른 Gurobi 모델을 사용하였다. MCLP와 P-Median은 동일한 알고리즘 구조를 가지며, 목적함수의 제약조건만 다르게 설정하였다. 메인 입지 추천 함수는 미리 생성된 입지 후보지( $J$ )

100개의 좌표를 입력으로 받아 각 입지 후보지( $J$ )와 수요지 포인트( $I$ ) 간의 거리를 계산해 거리 행렬( $d$ )을 생성한다.

이후 MCLP의 목적함수는 거리 행렬( $d$ )의 값이 반지름( $r$ )보다 작으면 True, 크면 False인 불리언 행렬로 변환하고, 이를 다시 1과 0으로 변환시켜 커버되는 수요지 포인트 개수를 카운트한다. 이를 토대로 지역마다 커버 수요지 포인트( $I$ )가 최대화되는 입지 후보지를 출력하였다. 입지 추천지의 범위인 반지름( $r$ )은 관련연구에서 언급한 대로 260m로 설정해주었다.

반면, P-Median의 목적함수는 거리 행렬( $d$ )의 합이 최소화되는 후보지가 출력되도록 설계하였다. 그리고 P-Median에서는 범위가 아닌 거리만을 이용해 계산하기 때문에 반지름( $r$ )을 입력값으로 넣어주지 않았고, 시각화 시에만 똑같이 해당 입지의 냉각범위를 대략 260m로 설정해 시각적으로 확인하였다.

## IV. 분석 결과

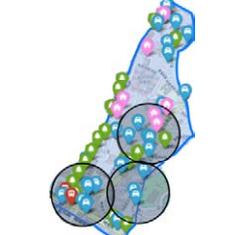
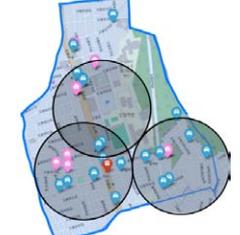
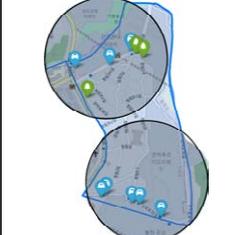
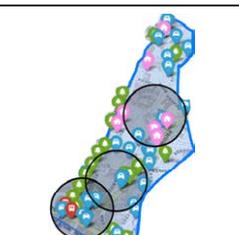
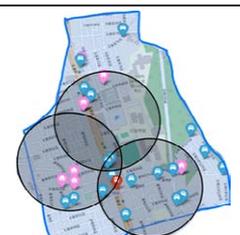
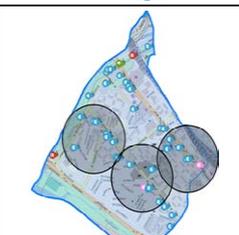
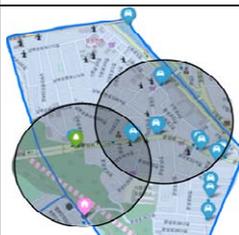
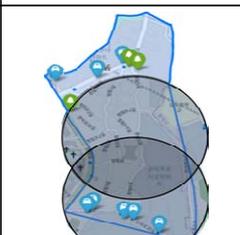
### 4.1 알고리즘 출력 결과

최종 출력되는 입지 추천지 개수( $k$ )는 지역 크기에 따라 2~3개로 지정하였고, 표 1을 토대로 각 제약조건에 맞게 결과가 잘 출력된 것을 확인했다. 시각화 결과 Jongno-gu B1, Jung-gu A2, Jung-gu E2를 제외한 나머지 지역은 모두 입지 추천지의 범위가 겹치거나, 인접하게 생성되었다. 반면, Jongno-gu B1, Jung-gu A2, Jung-gu E2 지역은 비교적 입지 추천지가 넓게 분포되어 있고, 서로 겹치는 영역이 적은 것을 확인할 수 있다. 이러한 입지 추천지가 넓게 분포된 지역에 그린인프라를 고르게 배치하면 정해진 구역 전체에 균등한 효과를 제공할 수 있다. 그러나 이 경우 여러 개의 그린인프라 구축이 필요하고, 이에 따른 예산 부담이 커질 수 있다. 반대로, 범위가 겹치는 입지 추천지를 중심으로 그린인프라를 구축하면 하나의 그린인프라를 통해 많은 수요지 포인트에 효율적으로 효과를 전달할 수 있고, 이는 비교적 적은 예산과 시간으로도 충분히 효과를 거둘 수 있는 장점이 있다.

표 1. MCLP 및 P-Median 시각화

Table 1. MCLP and P-Median visualization

 Parks and Green Spaces  Bus  Subway  Welfare Centers

Top 5 Areas with high heat index (Top: MCLP, Bottom: P-Median)				
Songpa-gu A1	Jongno-gu B1	Jongno-gu C1	Seongdong-gu D1	Seongbuk-gu E1
				
				
Top 5 Areas with high building coverage ratio (Top: MCLP, Bottom: P-Median)				
Jung-gu A2	Jung-gu B2	Jongno-gu C2	Jung-gu D2	Jung-gu E2
				
				
Top 5 Areas with high heat index + building coverage ratio (Top: MCLP, Bottom: P-Median)				
Mapo-gu A3	Gangbuk-gu B3	Guro-gu C3	Gwanak-gu D3	Gwanak-gu E3
				
				

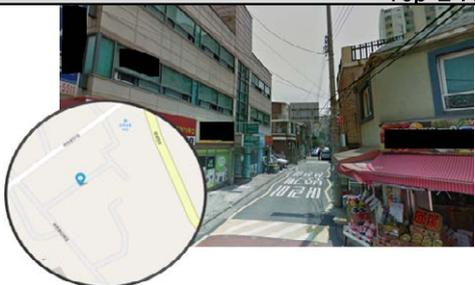
## 4.2 공간 최적화

마지막으로 그린인프라 입지 공간 최적화는 앞서 분석한 MCLP, P-Median 결과를 비교 분석하여 서로 입지 추천지 범위가 겹치거나 인접한 부분을 찾아서 진행하였다. 본 연구의 그린인프라 입지에 있어 고려 요인이었던 효율적, 취약적, 환경적 변수의 정보는 이미 분석을 통한 입지 추천지에 포함되어 있으므로 최종 공간 최적화에서는 기존의 공원이나, 녹지대와의 간격과 입지 추천지 범위가 겹치는 부분만 고려하였다. 최종 공간 최적화는 기준별 도시 열섬현상이 가장 뚜렷한 2곳만 추려서 총 6곳을 표 3과 같이 공간 최적화를 진행하였다. 아래 해당 공간의 이미지는 구글맵에서 제공하는 스트리트 뷰로 사진마다 촬영 연도가 상이할 수 있다. 공간 최적화된 6곳 모두 그린인프라가 들어가기에 최적화된 장소로 인근 그린인프라와의 냉각범위도 고려할 수

있고, 가장 많은 수요지 포인트 커버할 수 있으며, 거리 또한 가깝다. C와 E 지역은 주변에 아파트 단지가 있고, 넓은 장소가 있기 때문에 도시공원과 같은 그린인프라를 구축하는 것을 추천한다. 하지만 나머지 지역은 모두 작은 빌라와 상권이 매우 뻘뻘이 밀집한 주거지 및 상업지역으로 도시공원이나, 숲길과 같은 그린인프라를 구축하기에는 어려움이 있어 보인다. 이처럼 밀집도가 높은 지역들은 옥상녹화, 벽면녹화 등으로 공간을 활용한 그린인프라를 구축해 에너지 절약과 도시열섬현상 완화가 가능할 것으로 예상된다. 이외에도 그린인프라 구축을 위해서는 서울시의 예산 확보와 예상 효과 등 경제적 타당성도 필요하다. 이에 따라 본 연구와 같이 도시 열섬현상이 심각한 지역 중 보행자와 취약자가 많은 곳을 중심으로 예산 비용과 우선순위 기준을 수립하고, 단기적으로 시범사업을 추진 후 중장기적으로 관련 정책과 시스템 구축을 제시하여야 한다.

표 2. 그린인프라 공간 최적화

Table 2. Optimization of green infrastructure spaces

Top 2 Areas with high heat index	
<p>A.</p> 	<p>B.</p> 
Top 2 Areas with high building coverage ratio	
<p>C.</p> 	<p>D.</p> 
Top 2 Areas with high heat index + building coverage ratio	
<p>E.</p> 	<p>F.</p> 

## V. 결 론

본 연구는 도시열섬현상과 폭염의 심각성이 증가하는 가운데, 서울시 그린인프라의 최적 입지를 제안하고자 수행되었다. 우리는 그린인프라 공간 최적화를 분석할 지역 선정 과정에서 환경적 변수를 이용하여 도시열섬현상이 뚜렷한 지역을 추려내었다. 이후, 폭염 시 유동인구를 고려한 효율적 변수 및 폭염에 취약한 계층을 반영한 취약적 변수를 동시에 고려하여 최적의 그린인프라 입지 추천지를 추출하였다.

연구 결과, 2024년 5~6월의 가장 더운 시간대인 12시부터 1시의 열지수와 2024년 건폐율을 기준으로 두 수치가 함께 높은 지역은 "중구", "종로구", "구로구"부근이 보행자가 폭염에 가장 취약한 지역으로 확인되었다. 그 후 유동 인구나 이동이 어려운 폭염 취약계층인 노인과 장애인을 고려했을 때, 우선적으로 고려해야 할 지역을 나타냈다. 따라서, 그린인프라 조성에 따른 냉각효과를 노인과 장애인 보행자에게 제공하기 위해서는 취약적 요인을 중심으로 공간 최적화를 분석하는 것이 중요하다. 폭염 취약자를 고려하여 상위 3곳을 도출한 결과, 가장 많은 수를 가진 지역은 표 2의 C동으로 나타났으며, 이는 해당 지역이 폭염 위험도가 가장 높은 곳임을 의미한다. 이어서 A동과 D동 순으로 폭염 위험도가 높은 지역으로 분석되었다.

우리는 거시적인 관점에서 3가지 고려 요인을 활용하여 최적의 그린인프라 공간 최적화를 분석하였는데, 냉각효과는 녹지가 균일한 패턴으로 분포할 때 크게 나타난다[14]. 그렇기에 본 연구 결과는 서울시를 비롯한 도시 지역에서 발생하는 도시열섬현상을 완화하기 위한 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공할 수 있다. 이는 도시 계획 및 환경 관리 담당자들이 실질적으로 활용할 수 있는 데이터를 제공한다는 점에서 중요한 실무적 공헌점을 가진다.

예를 들어 표 2의 시각화 결과를 통해 열지수가 높은 지역 A와 B는 도로변과 건물 옥상에 수직정원 및 옥상녹화 사업을 확대하고, 열 저감 시설인 쿨링포그를 함께 사용하면 효과적일 것이다. 그리고 건폐율이 높은 C와 D 지역은 건물 사이의 소규모

녹지 통로를 확보하거나, 건축 인허가 시 녹지 비율 의무화를 시행하면 효과적일 것이다. 또한, 열지수와 건폐율이 동시에 높은 E와 F 지역은 기존 건물 리모델링 시 그린리모델링을 지원하거나, 도로 공간 재편을 통한 수목식재 및 가로수 밀도 확대 등 복합 정책을 시행하면 효과적일 것이다.

마지막으로, 그린인프라는 공기의 순환을 촉진시키고, 이는 도시 내부의 고온화를 완화시키는 효과를 가져올 수 있다[15]. 따라서 후속 연구로 풍속 데이터를 추가적으로 활용하면 공간 최적화를 더욱 정밀하게 수행할 수 있을 것이다. 더불어, 다양한 관점에서 고려 요인을 확장하고 기존의 서울시 도시 정책과 비교함으로써, 미시적인 관점에서 현실적인 대응 방안을 모색할 필요가 있다.

## Acknowledgement

2024년도 한국정보기술학회 추계종합학술대회에서 발표한 논문 “도시열섬현상 완화를 위한 그린인프라 공간 최적화”[16]을 확장한 것임

## References

- [1] ellino NEWSLETTER Climate Analysis Information, [https://www.weather.go.kr/download\\_02/ellinonewsletter\\_2024\\_07.pdf](https://www.weather.go.kr/download_02/ellinonewsletter_2024_07.pdf) [accessed: Oct. 04, 2024]
- [2] K. I. Lee, J. Ryu, S. W. Jeon, H. C. Jung, and J. Y. Kang, "Analysis of the effect of heat island on the administrative district unit in Seoul using LANDSAT image", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 33, no. 5\_3, pp. 821-834, Oct. 2017. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2017.33.5.3.6>.
- [3] Regional Population and Population Density, [https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1007](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1007) [accessed: Oct. 05, 2024]
- [4] E. J. Ji, D. B. Kim, Y. G. Kim, and J. A. Lee, "Simulation analysis of urban heat island mitigation of green area types in apartment complexes", *J Korean Inst Landsc Archit*, Vol. 51,

- No. 3, pp. 153-165, Jun. 2023. <https://doi.org/10.9715/KILA.2023.51.3.153>.
- [5] D. W. Ko and S. H. Park, "How the neighborhood environment characteristics affect the urban heat island effect in Seoul, Korea", *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, Vol. 20, No. 3, pp. 55-67, Jun. 2019. <http://doi.org/10.38195/judik.2019.06.20.3.55>.
- [6] S. A. Cho and H. J. Kim, "Correlation between suicide rates and meteorological factors among older adults: A case study from Jeju island, Korea", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 22, No. 11, pp. 9-19, Nov. 2024. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2024.22.11.9>.
- [7] Y. S. Seok, K. H. Song, H. J. Han, and J. A. Lee, "Derivation of green infrastructure planning factors for reducing particulate matter - Using text mining", *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, Vol. 49, No. 5, pp. 79-96, Oct. 2021. <https://doi.org/10.9715/KILA.2021.49.5.079>.
- [8] B. C. Kim, J. W. Kang, C. Park, and H. J. Kim, "Analysis of Urban Heat Island (UHI) alleviating effect of urban parks and green space in Seoul using Deep Neural Network (DNN) model", *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, Vol. 48, No. 4, pp. 19-28, Aug. 2020. <https://doi.org/10.9715/KILA.2020.48.4.019>.
- [9] H. Y. Sim, B. L. Ju, and S. J. Yun, "A study on heat wave vulnerability mapping based on efficiency and equity - focusing on an optimum Location Choice for coolingfog in Seoul -", *Seoul Studies*, Vol. 21, No. 4, pp. 41-63, Dec. 2020. <http://doi.org/10.23129/seouls.21.4.202012.41>.
- [10] J. Y. Kim, Y. E. Choi, S. U. Kim, and G. H. Lee, "The optimization of the service meeting locations for the safe return-home service of seoul using the MCLP model", *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, Vol. 26, No. 1, pp. 133-148, Apr. 2023. <http://dx.doi.org/10.21189/JKUGS.26.1.9>.
- [11] S. H. Mun and G. H. Lee, "Location analysis and modeling for the housing support center of seoul using the regionally constrained p-median problem", *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 55, No. 2, pp. 197-206, Apr. 2020. <https://doi.org/10.22776/kgs.2020.55.2.197>.
- [12] J. Y. Ko and H. K. Kim, "A study on the monitoring system for emergency recognition of elderly people living alone", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 61-68, Mar. 2014. <http://dx.doi.org/10.14801/kiitr.2014.12.3.61>.
- [13] [https://github.com/raqoon886/Local\\_HangJeongDong](https://github.com/raqoon886/Local_HangJeongDong) [accessed: Dec. 17, 2024]
- [14] A. Asgarian, B. J. Amiri, and Y. Sakieh, "Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using landscape metrics approach", *Urban Ecosyst*, Vol. 18, pp. 209-222, Jul. 2014. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0387-7>.
- [15] N. F. Elgamel, "Impact of street design on urban ventilation in hot dry climate using envi-met, case of greater cairo region", *1st International Conference on Towards a Better Quality of Life*, Nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3163449>.
- [16] S. M. Bae, S. Y. Lee, and J. H. Seo, "Optimization of green infrastructure spaces for mitigating urban heat island effects", *Proc. of the 2024 KIIT Autumn Conference, Jeju, Korea*, Vol. 19, No. 2, pp. 795-799, Nov. 2024.

저자소개

배 성 민 (Seong-min Bae)



2019년 3월 ~ 현재 : 강남대학교  
데이터사이언스학과  
(인공지능빅데이터연계전공)  
학사과정  
관심분야 : 머신러닝, 인공지능,  
LLM, 컴퓨터 비전, 추천  
시스템

이 서 영 (Seo-young Lee)



2020년 3월 ~ 현재 : 강남대학교  
데이터사이언스학과(심화전공)  
학사과정  
관심분야 : AI, 딥러닝, 머신러닝

서 지 훈 (Ji-hoon Seo)



2008년 2월 : 서울과학기술대학교  
안전공학과(공학사)  
2010년 8월 : 인천대학교  
컴퓨터공학과(공학석사)  
2015년 2월 : 인천대학교  
컴퓨터공학과(공학박사)  
2016년 2월 ~ 2019년 8월 :

하이큐브 대표

2019년 9월 ~ 2023년 2월 : 인천대학교 기초교육원  
객원교수

2023년 3월 ~ 현재 : 강남대학교 인공지능융합공학부  
데이터사이언스학과 조교수

관심분야 : 데이터베이스, AI