

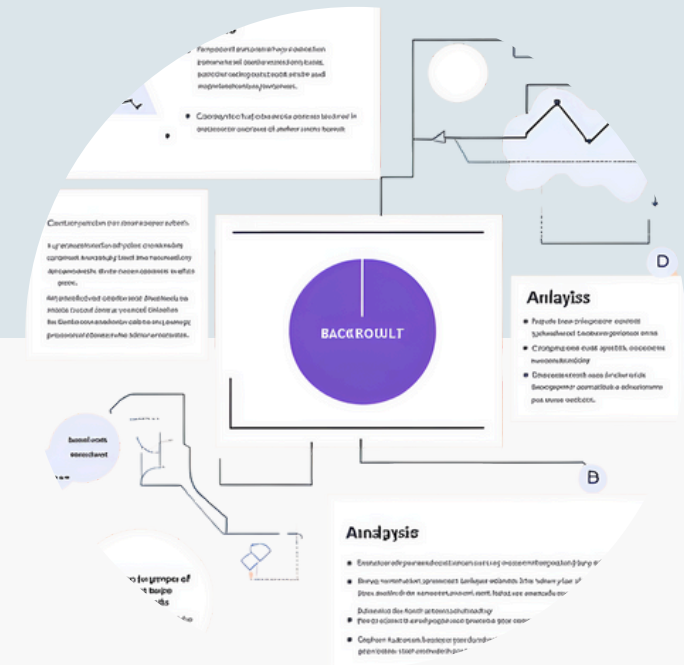


# 소외계층을 위한 무더위 쉼터 확대

정보통계학과 최원진



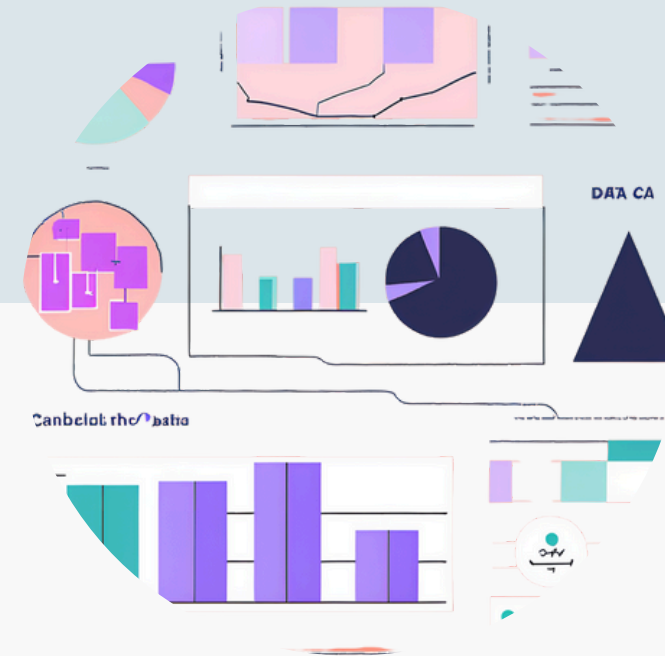
# 목차



## 분석 배경 및 목적



## 데이터 소개



## 데이터 분석



## 정책 제안 및 기대효과

.....



# 1. 분석 배경 및 목적



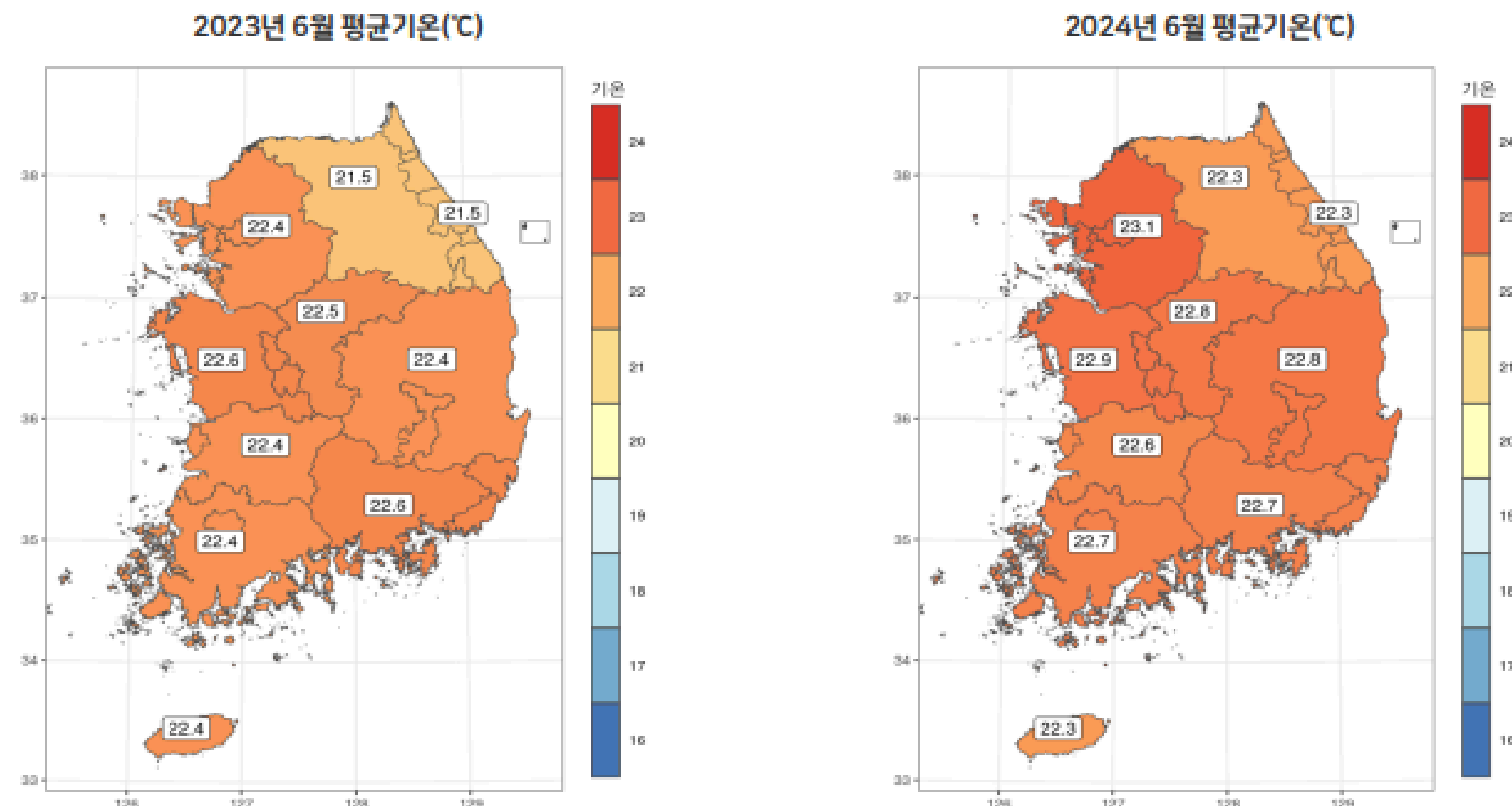
.....

# 분석 배경 1

## 평균 기온의 상승

- 지구온난화로 인해 2024년 **여름 기온이 역대 수준**을 기록
- 2024년 6월 전국 평균 기온이 22.7도를 기록하며 52년 중 가장 높은 것으로 나타남

### 월간 기후분석정보 2024 6월호



자료 : 기상청

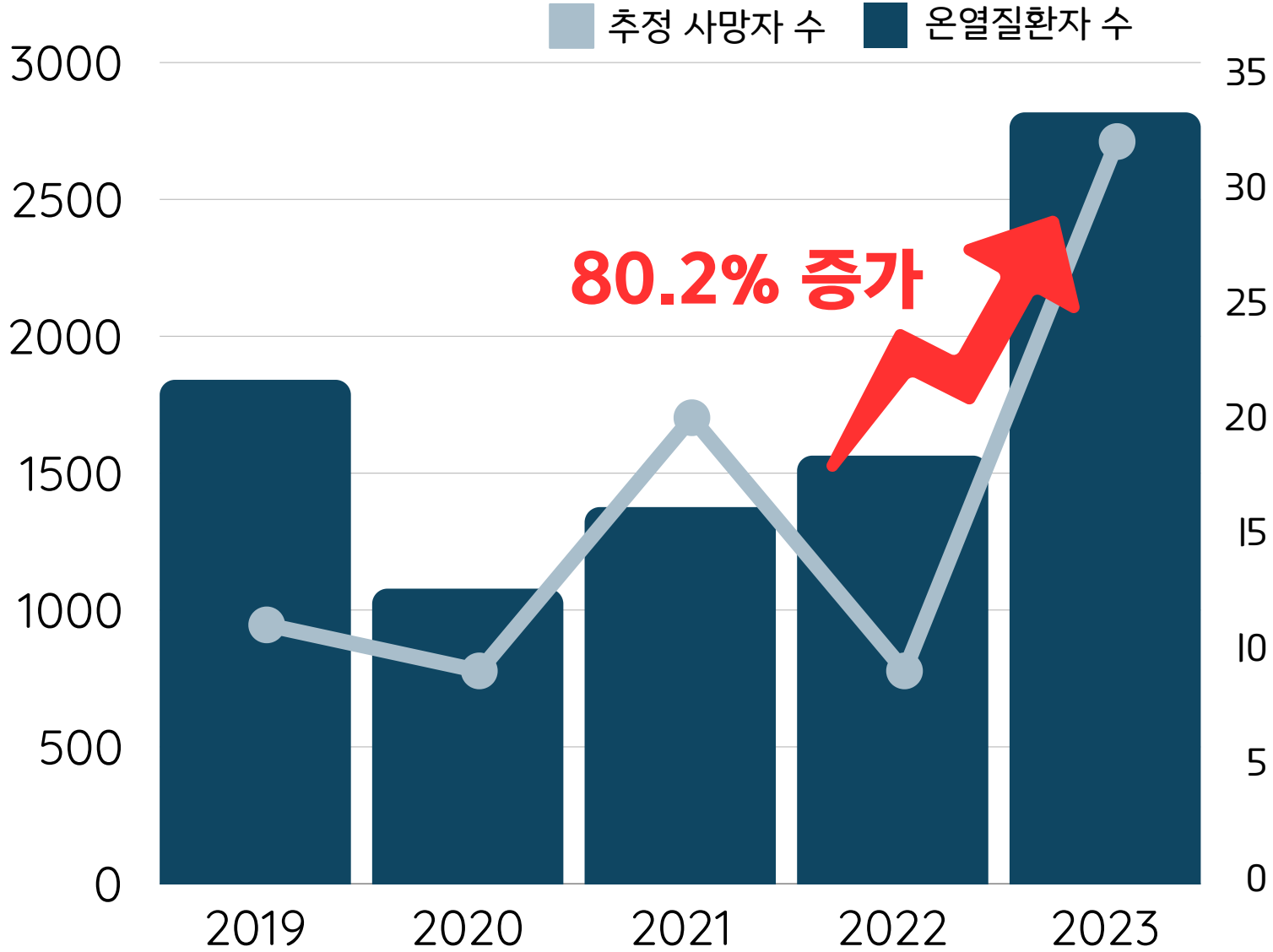
노인, 저소득층, 장애인 등  
**폭염에 취약한 소외계층**에  
가장 효율적인 폭염 대처  
방안은 **무더위 쉼터**

# 분석 배경 2

## 온열질환 환자 증가

- 큰 폭으로 증가하는 온열질환자.. 폭염 피해를 최소화할 대책으로 무더위 쉼터가 효과적인 것으로 나타남

‘온열질환 응급실감시체계’로 신고된 온열질환자 수



자료 : 질병관리청

## 무더위 쉼터로 폭염 피해 최소화

보건복지부 무더위 쉼터 운영 가이드라인 (2022)

“무더위 쉼터는 폭염으로 인한 건강 피해를 예방하고  
취약계층의 열 스트레스를 완화하는 데 효과적”

뉴스1 (2024)

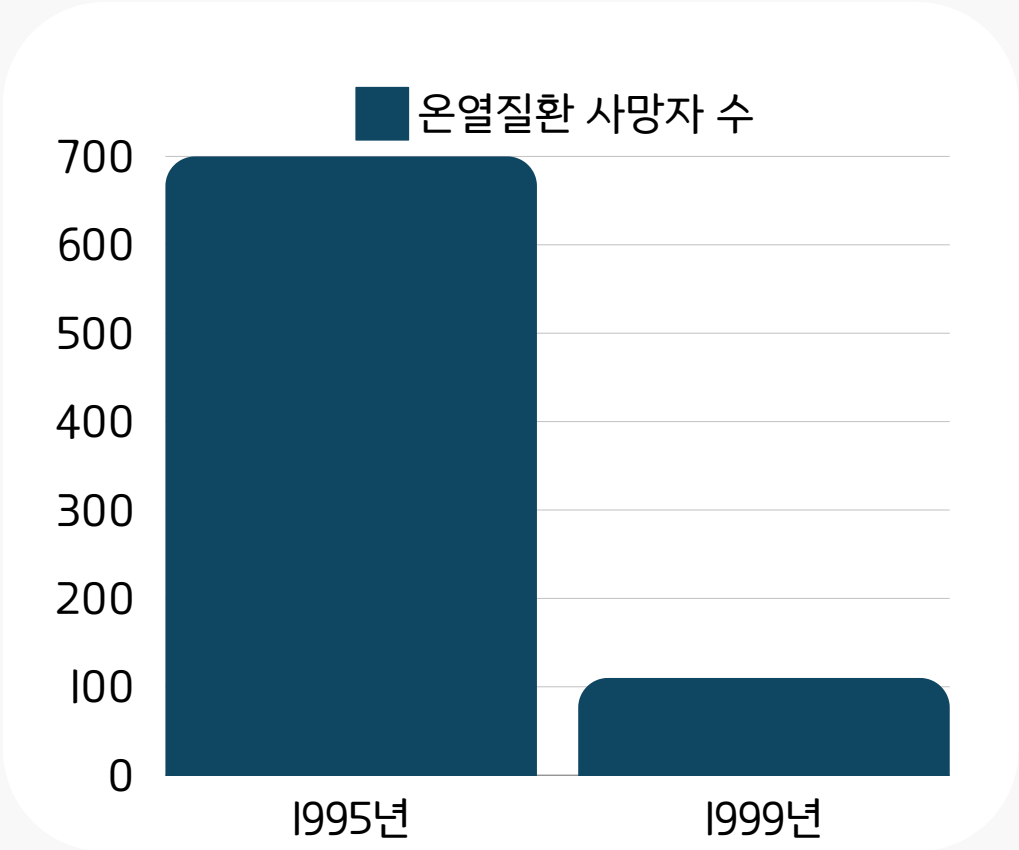
서울시, 취약계층 폭염피해 선제적 대비...  
'무더위 쉼터' 2000여개 운영

# 분석 배경 3

## 무더위 쉼터의 필요성

### 미국 시카고

에어컨이 작동하는 **쿨링센터** 65곳 설치 및  
이동 취약 계층 대상 **무료 버스** 제공  
**온열질환 사망자 수 대폭 감소**



### 프랑스 파리

2007년 ‘기후행동계획’ 수립  
**폭염 대책**으로 **무더위 쉼터**, **그늘숲**의 일종인  
‘쿨 섬과 회랑’ 설치,  
2030년까지 추가적으로  
**300곳을 신설 또는 지정할 예정**

**무더위 쉼터가 제대로 운영되면  
폭염에 따른 온열질환자 발생 등의 피해를 줄일 수 있다.**

● ● ● ● ●



## 2. 데이터 소개



● ● ● ● ●



- 서울시 무더위쉼터
- 서울시 독거노인 현황 통계
- 서울시 국민기초생활 수급자 동별 현황
- 서울시 주택종류별 통계
- 서울시 노후 기간별 주택 현황
- 서울시 녹지대 위치 정보
- 서울시 119 안전센터 1개소당 시민수 통계
- 서울시 보건소 및 보건분소 통계
- 서울시 재정자립도 통계
- 서울시 장애인 현황
- 서울시 RGDP(지역내총생산) 통계
- 서울시 행정동별 면적 통계
- 서울시 도시화 현황

## 서울시 기준

‘행정동’ 기준으로  
JOIN



데이터프레임 생성



행정안전부

- 지역별(행정동) 성별 연령별 주민등록 인구수



한국기상산업기술원  
Korea Meteorological Institute

- 서울특별시 무더위 쉼터 입지선정 자료



질병관리청

- 시군구별 온열질환자 수

\*기준: 2024년

\*일부 데이터는 2022년



● ● ● ● ●



# 3. 데이터 분석



● ● ● ● ●

# 분석 개요

## 데이터 수집

서울시 등록 인구,  
주택 현황,  
의료, 소방 시설 접근성  
등의 폭염 관련

## 데이터 수집

## 폭염 취약성 지수

### 주성분 분석(PCA)



폭염 취약성 지수 산출

## 우선순위지수

폭염 취약성 지수와 무더위  
쉼터 개수를 결합한  
우선순위지수 산출



우선적으로  
무더위 쉼터가 설치되어야  
할 지역들을 파악

“ 3-1 ”  
폭염 취약성 지수



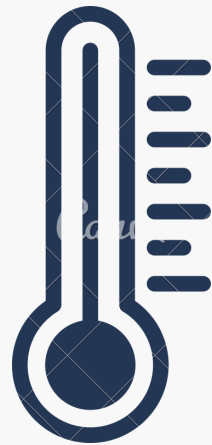
# 폭염 취약성 지수 산출식

$$\text{폭염 취약성 지수} = (\text{기후노출 지표} \times \alpha) + (\text{민감도 지표} \times \beta) - (\text{적응능력 지표} \times \gamma)$$

각 그룹별 변수에 가중치를 적용 후 산출  
가중치는 다음 단계에서 주성분 분석(PCA)을 이용해 산정할 것

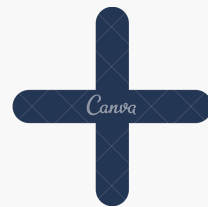
# 폭염 취약성 지수란?

폭염에 얼마나 취약한 지를 나타내는 값



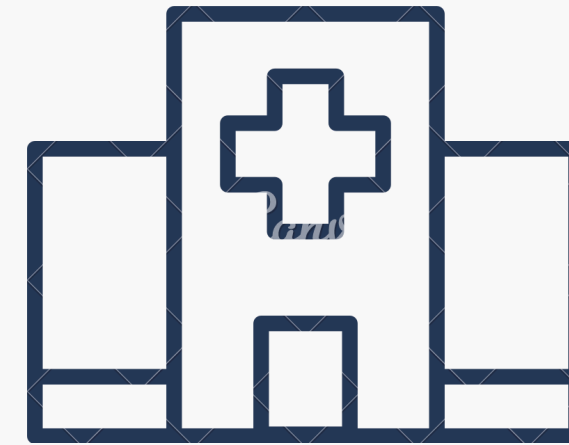
기후노출

높을수록 Bad



민감도

높을수록 Bad



적응능력

높을수록 Good

# 각 지표 별 사용 데이터

## 기후노출



1. 폭염 시간 합계
2. 노인 체감 평균 온도
3. 자외선 지수
4. 온열질환 환자 수

지역에 대한 기상과  
**기후 영향**을 대표하는 요소



## 민감도

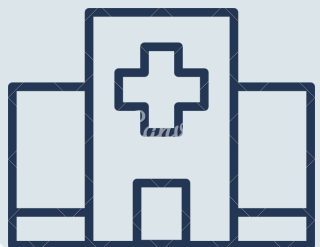


1. 노인(65세 이상) 인구 수
2. 독거 노인 비율
3. 저소득 노인 비율
4. 기초생활수급자 비율
5. 장애 인구 비율
6. 인구 밀도
7. 노후 주택 수

지역이 **기후 노출**에 따른  
영향이 얼마나 **민감한지**를  
나타내는 요소



## 적응능력



1. 노인 인구 대비 쉼터 수
2. 보건, 소방 인력
3. 도시화 비율
4. 하천, 녹지 면적 비율
5. 재정자립도
6. 지역내총생산(RGDP)

지자체가 **기후 영향**을  
**감소**시킬 수 있는 역량



“ 3-2 ”

주성분 분석(PCA)



# 전처리

---

1. PCA는 동일한 스케일의 변수를 대상으로 시행해야 함.
2. 수집한 데이터의 스케일이 모두 다르므로 데이터 스케일링 필요.
3. 데이터를  $[0,1]$  범위로 만드는 Min-Max Scaling 방법 선택.
4. 하지만 Min-Max Scaling은 **이상치에 취약**.
5. 스케일링 전 **이상치 처리**가 필요.



# 데이터 전처리

## 결측치, 이상치 처리

|      |     |    |
|------|-----|----|
| 잠원동  | 632 | 9  |
| 반포본동 | 3   | -  |
| 반포1동 | 763 | 4  |
| 성내3동 | 973 | 32 |
| 둔촌1동 | 3   | -  |
| 둔촌2동 | 908 | 36 |

둔촌1동, 반포본동은 인구 관련 컬럼에서  
극단적인 이상치와 결측값이 존재하여

**제거**

## 데이터 스케일링

$$x_i' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

모든 값들이 동일한 스케일을 가지도록

**Min-Max Scaling**

# 그룹 분할 후 표준화

---

```
df = read.csv("dataframe.csv")

# 데이터 준비
climate_exposure <- c('평균자외선지수', '평균노인체감온도', '폭염시간합계', '온열질환환자수')
sensitivity <- c('노인인구비율', '독거노인비율', '기초생활수급자비율', '저소득노인비율',
                 '장애인구비율', '인구밀도', '단독연립다세대주택')
adaptive_capacity <- c('노인대비침터수', '인구당보건인력', '인구당소방인력', '도시화면적비율',
                      '하천변조경비율', '녹지비율', '재정자립도', 'RGDP')

# Min-Max 정규화 함수
min_max_normalize <- function(x) {
  return((x - min(x)) / (max(x) - min(x)))
}

# 데이터프레임에서 지정된 열들을 Min-Max 정규화
normalize_columns <- function(df, variables) {
  df[, variables] <- lapply(df[, variables], min_max_normalize)
  return(df)
}

# 데이터 정규화
df <- normalize_columns(df, climate_exposure)
df <- normalize_columns(df, sensitivity)
df <- normalize_columns(df, adaptive_capacity)
```

# PCA, 가중치 산정

---

## 가중치 산정 시에는 첫 번째 주성분(PC1)만 사용

```
# PCA 수행 후 PC1이 설명하는 분산 비율 추출 함수
calculate_group_variance <- function(df, variables) {
  pca_result <- prcomp(df[, variables], center = TRUE, scale. = FALSE) # 이미 정규화되어 있으므로 scale = FALSE
  explained_variance_ratio <- (pca_result$sdev^2) / sum(pca_result$sdev^2)
  return(explained_variance_ratio[1]) # 첫 번째 주성분의 분산 비율
}

# 각 그룹의 첫 번째 주성분 분산 비율 계산
exposure_variance <- calculate_group_variance(df, climate_exposure)
sensitivity_variance <- calculate_group_variance(df, sensitivity)
adaptive_capacity_variance <- calculate_group_variance(df, adaptive_capacity)

# 총 분산 비율
total_variance <- exposure_variance + sensitivity_variance + adaptive_capacity_variance

# 가중치 계산
exposure_weight <- exposure_variance / total_variance
sensitivity_weight <- sensitivity_variance / total_variance
adaptive_capacity_weight <- adaptive_capacity_variance / total_variance
```

# 가중치 산정

앞 페이지의 R코드를 수식으로

$$w_{\text{group}} = \frac{\text{Explained Variance of PC}_1}{\sum_{j=1}^k \text{Explained Variance of PC}_{1,j}}$$

해당 그룹의 PC1이 설명하는 분산  
모든 그룹의 PC1이 설명하는 분산의 합

$$w_{\text{variable}} = w_{\text{group}} \times \frac{|\text{PC1 coefficient}_{\text{variable}}|}{\sum_{i=1}^n |\text{PC1 coefficient}_{\text{variable}_i}|}$$

해당 그룹의 가중치  $\times$   $\frac{\text{해당 변수의 PC1의 계수의 절대값}}{\text{모든 변수의 PC1의 계수의 절대값의 합}}$

# 가중치 산정 결과

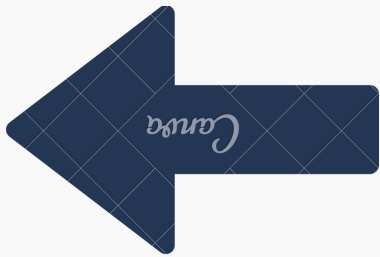
| Groups | Features     | Weights |
|--------|--------------|---------|
| 기후노출   | 평균자외선지수      | 0.039   |
|        | 평균노인체감온도     | 0.004   |
|        | 폭염시간합계       | 0.314   |
|        | 온열질환환자수      | 0.229   |
| 민감도    | 노인인구비율       | 0.056   |
|        | 독거노인비율       | 0.040   |
|        | 기초생활수급자비율    | 0.046   |
|        | 저소득노인비율      | 0.278   |
|        | 장애인구비율       | 0.040   |
|        | 인구밀도         | 0.017   |
|        | 노후주택수        | 0.021   |
| 적응 능력  | 노인대비쉼터수      | 0.012   |
|        | 인구당보건인력      | 0.061   |
|        | 인구당소방인력      | 0.071   |
|        | 도시화면적비율      | 0.033   |
|        | 하천변조경비율      | 0.408   |
|        | 녹지면적비율       | 0.006   |
|        | 재정자립도        | 0.116   |
|        | 지역내총생산(RGDP) | 0.094   |

# 취약성 지수 도출

각 지표에 가중치를 곱하여 폭염 취약성 지수 도출

폭염 취약성 지수 = (기후노출 지표 × α) + (민감도 지표 × β) - (적응능력 지표 × γ)

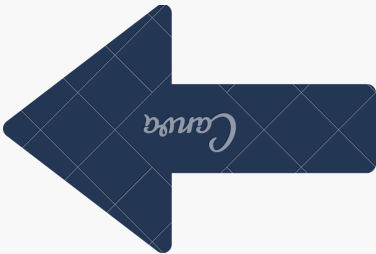
|    | ▲ 자치구 | 행정동명 | 폭염취약성지수    |
|----|-------|------|------------|
| 1  | 도봉구   | 방학2동 | 0.35949627 |
| 2  | 은평구   | 불광2동 | 0.34991877 |
| 3  | 은평구   | 갈현1동 | 0.34726709 |
| 4  | 은평구   | 대조동  | 0.34270722 |
| 5  | 은평구   | 구산동  | 0.34084606 |
| 6  | 은평구   | 응암3동 | 0.34022084 |
| 7  | 강서구   | 가양2동 | 0.33548268 |
| 8  | 도봉구   | 쌍문2동 | 0.33381300 |
| 9  | 은평구   | 갈현2동 | 0.33255221 |
| 10 | 은평구   | 역촌동  | 0.33214472 |



모든 행정동에 대해  
폭염 취약성 지수 부여

# 노인 대비 쉼터 지수

|    | ▲ 행정동명 ▼ | 노인대비쉼터수 ▼     |
|----|----------|---------------|
| 1  | 가락1동     | 0.00000000000 |
| 2  | 가락2동     | 0.0003980892  |
| 3  | 가락본동     | 0.0015829941  |
| 4  | 가리봉동     | 0.0012776831  |
| 5  | 가산동      | 0.0015669069  |
| 6  | 가양1동     | 0.0013322675  |
| 7  | 가양2동     | 0.0010599958  |
| 8  | 가양3동     | 0.0012248898  |
| 9  | 가회동      | 0.0046296296  |
| 10 | 갈현1동     | 0.0009146341  |



$$\frac{\text{무더위 쉼터 개수}}{\text{노인 인구 수}}$$

# 최종 우선순위지수

---

폭염 취약성 지수는 높지만 무더위 쉼터 개수는 적은 행정동을 선정하는 순위

우선순위지수 = (폭염 취약성 지수  $\times \alpha$ ) + (쉼터 지수  $\times \beta$ )

```
# 데이터프레임 병합
df_merged <- merge(vul, cnt, by = "행정동명")
head(df_merged)
sum(is.na(df_merged)) # 결측치 없음

library(scales) # rescale() 함수 사용

df_merged <- df_merged %>%
  mutate(
    # 취약성 지수 표준화
    scaled_취약성지수 = rescale(폭염취약성지수, to = c(0, 1)),

    # 쉼터 개수를 역비례 표준화 (적을수록 높은 값)
    scaled_역비례_쉼터개수 = rescale(-노인대비쉼터수, to = c(0, 1))
  )

# 분산 계산
var_취약지수 = var(df_merged$scaled_취약성지수)
var_쉼터수 = var(df_merged$scaled_역비례_쉼터개수)

# 가중치 계산
w1 <- var_취약지수 / (var_취약지수 + var_쉼터수);w1
w2 <- var_쉼터수 / (var_취약지수 + var_쉼터수);w2

# 두 값을 더해 우선순위 지표 생성
df_merged$우선순위지수 = df_merged$scaled_취약성지수*w1 + df_merged$scaled_역비례_쉼터개수*w2
```

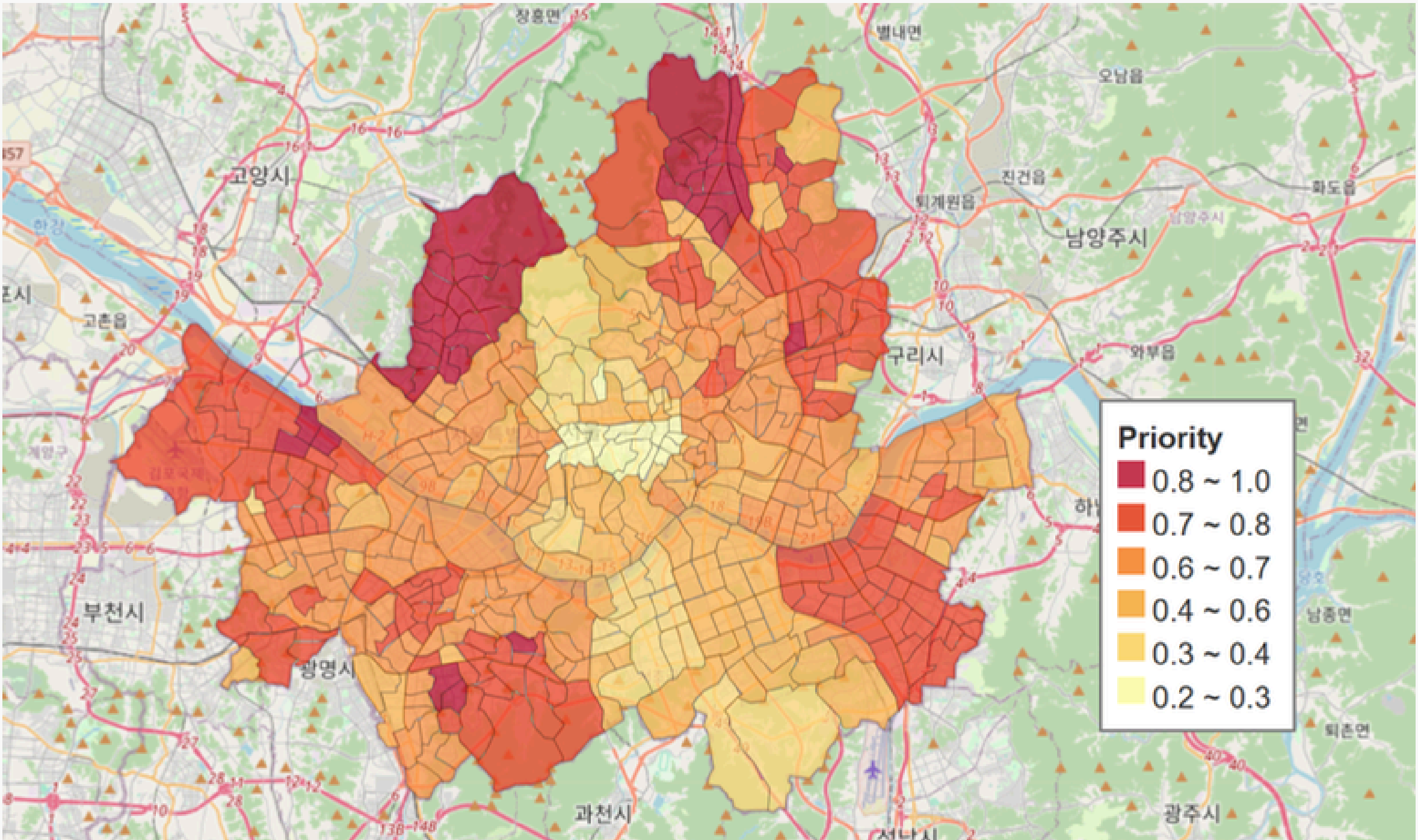


# 종합 지표

## 우선순위지수 Top 7 & Bottom 7

| Case     | Rank | 행정동  | 폭염취약성지수 | 쉼터 지수 | 우선순위지수 |
|----------|------|------|---------|-------|--------|
| Top 7    | 1    | 불광2동 | 0.984   | 0.907 | 0.966  |
|          | 2    | 방학2동 | 1.000   | 0.825 | 0.959  |
|          | 3    | 갈현1동 | 0.980   | 0.887 | 0.958  |
|          | 4    | 대조동  | 0.972   | 0.889 | 0.953  |
|          | 5    | 구산동  | 0.969   | 0.893 | 0.951  |
|          | 6    | 갈현2동 | 0.955   | 0.935 | 0.951  |
|          | 7    | 역촌동  | 0.955   | 0.936 | 0.950  |
| Bottom 7 | 1    | 소공동  | 0.000   | 0.649 | 0.152  |
|          | 2    | 필동   | 0.022   | 0.600 | 0.157  |
|          | 3    | 장충동  | 0.040   | 0.598 | 0.170  |
|          | 4    | 광희동  | 0.046   | 0.590 | 0.173  |
|          | 5    | 중림동  | 0.059   | 0.618 | 0.190  |
|          | 6    | 을지로동 | 0.104   | 0.520 | 0.201  |
|          | 7    | 동화동  | 0.092   | 0.606 | 0.212  |

# 우선순위지수 시각화



은평구, 도봉구의 우선순위지수가 타 지역 대비 높은 것을 알 수 있다.

● ● ● ● ●



## 4. 정책 제안 및 기대 효과



● ● ● ● ●

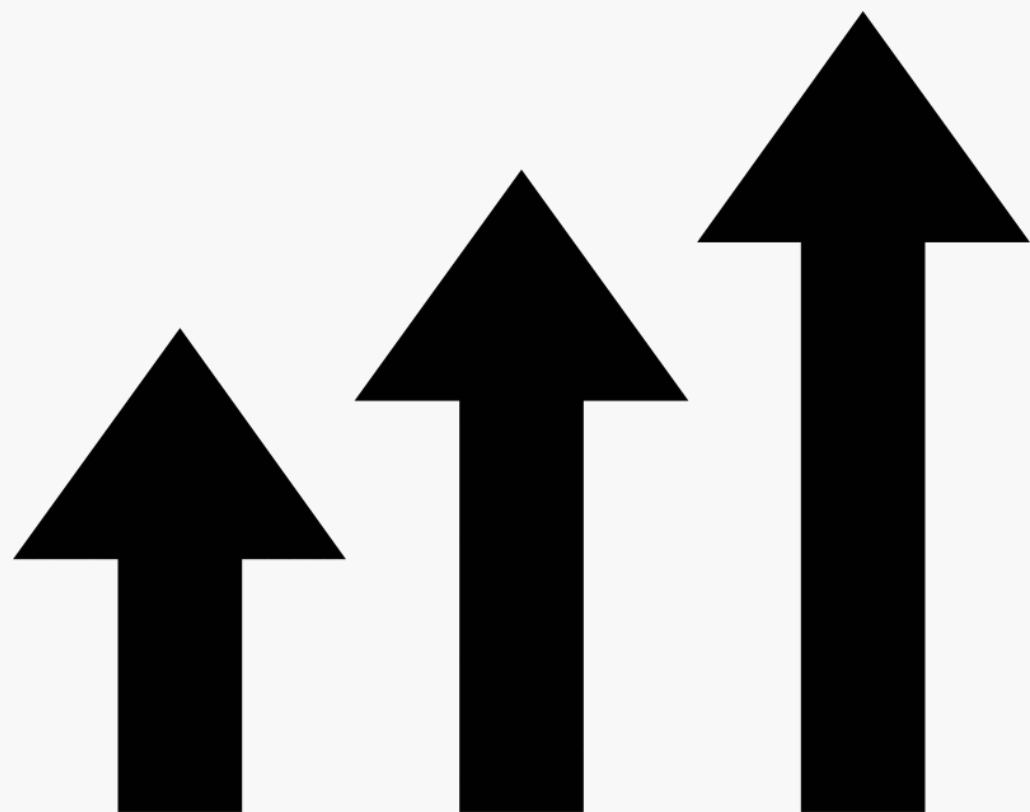
# 정책 제언

---

## ① 무더위 쉼터 최적화

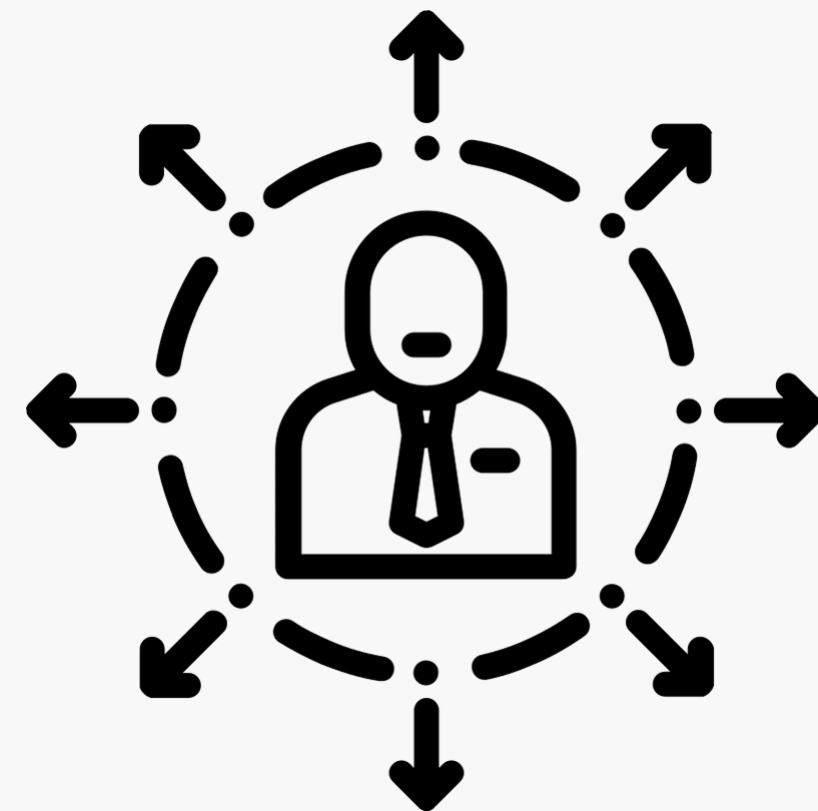
### 무더위 쉼터 확대

- 우선순위지수 기반으로 무더위 쉼터 수 확대(은평구, 도봉구)
- 지역별 폭염 취약성 정도에 따라 선별적으로 확대



### 운영 시간 연장 및 관리 강화

무더위 쉼터 부족 지역을 중심으로  
쉼터의 운영 시간 연장 및 관리 인력을 확충



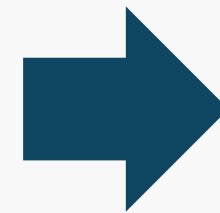
# 정책 제안

---

## ② 취약 계층 보호 강화

### 폭염 취약 계층 특별 지원

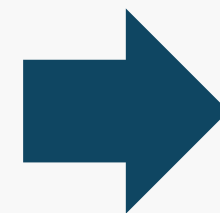
- 폭염에 취약한 노인, 저소득층, 야외 근로자들을 대상으로 한 **특별 지원 프로그램**을 운영



- 고효율 냉방 기기 지원
- 태양광 이동식 무더위 쉼터 제공
- 무더위 쉼터 셔틀 운행
- 무더위 쉼터 냉방비 지원 확대

### 건강 모니터링 및 응급 대응

- 온열 질환 위험이 높은 계층을 대상으로 건강 상태를 **모니터링**
- 응급 상황 발생 시 **신속하게 대응**할 수 있는 시스템을 구축



- IoT 기반 스마트 홈 시스템
- 건강 자가 진단 앱
- 건강 관리 봉사단 운영

# 정책 제언

## ③ 쉼터 시설 조건

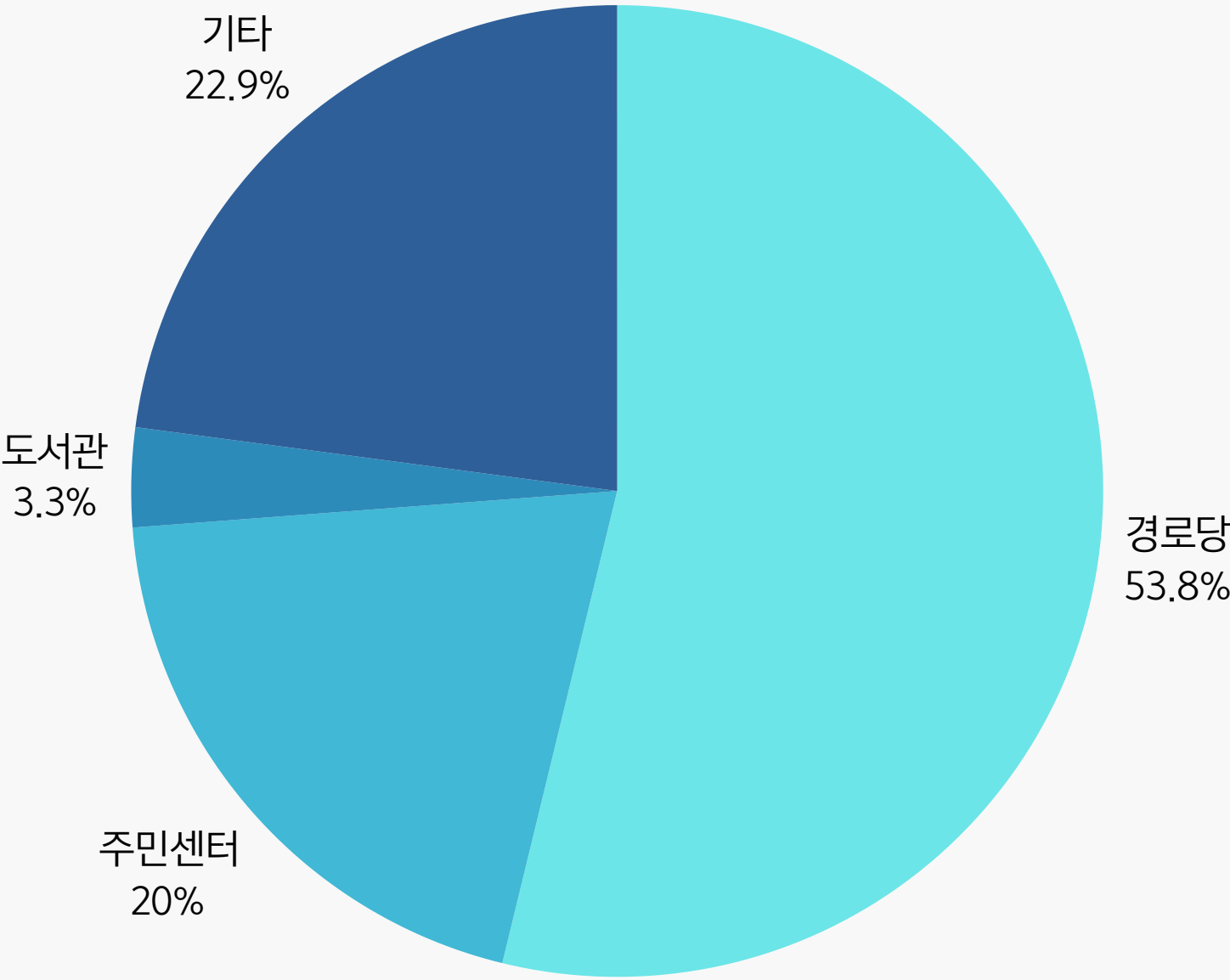
### 쉼터 시설 유형 파악

- 쉼터의 대부분은 **경로당**이 차지
- 경로당은 **회원제로 운영**되고 **접근성이 낮은** 것이 단점



- 쉼터 시설 유형을 파악 후 경로당이 아닌 쉼터를 확대  
ex) 시청, 구청, 동사무소, 은행, 도서관, 박물관 등

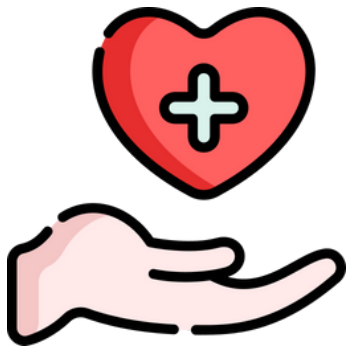
서울시 무더위 쉼터 비율 (2024년)



# 기대 효과

## 폭염 취약 계층 보호 강화

건강 피해 최소화



폭염 취약 지역과 계층 대상 맞춤형 지원

## 응급 상황 대응력 강화



신속한 응급 대응 시스템 구축

## 시민 편의성 향상

쉼터 접근성 개선



접근하기 쉬운 곳에 무더위 쉼터 배치

## 교육 및 정보 제공



폭염 대처법 교육과 신속한 정보 제공

## 운영 효율성 개선



무더위 쉼터의 불균형 해소

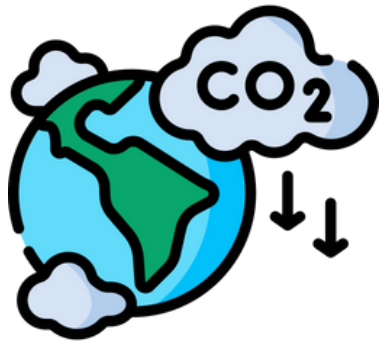
## 자원 배분의 효율성 증대

효율적 자원 사용



무더위 쉼터의  
최적 입지 선정 및 운영 시간 조정

## 지속 가능성 강화



전력 소비, 화석 연료 사용을 감소시키며  
탄소 배출을 줄이는 데 기여

.....



감사합니다



.....