

## [ 직접분석 보고서 ]

팀 명		낭만꾸꾸미	
과제명		일회용컵 반환수집소 실태파악 및 확산을 위한 입지분석	
미션		<input type="checkbox"/> 건강한 생활환경 <input type="checkbox"/> 기후위기에 강한 물 환경과 자연 생태계 조성 <input type="checkbox"/> 미세먼지 걱정없는 푸른 하늘 <input checked="" type="checkbox"/> 재활용을 통한 순환경제 완성	
환경매체		<input type="checkbox"/> 기후/대기 <input type="checkbox"/> 물/토양 <input checked="" type="checkbox"/> 자원순환 <input type="checkbox"/> 환경시설 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 자연생태계	
활용 데이터	공공	세종시 일회용컵 수거함 위치	서울시 가로휴지통 설치정보
		23년도 행정동별 주민등록 인구 및 세대현황	서울시 전기차 충전소 정보
		세종시 읍면동별 면적	서울시 환경상품 관심도 통계
		서울시 자치구별 일반폐기물 재활용률	서울시 차 없는 거리 정보
		서울시 주민등록인구 통계	서울시 사업체분포 통계
		서울시 행정구역별 통계	서울시 주차장 통계
		서울시 녹색장터 일정 및 장소 정보	서울시 시장 현황
		서울시 에너지절약을 위한 실천여부 통계	서울시 금융기관 (동별) 통계
		서울시 사업체 및 종사도 밀도 통계	-
	민간	전국 행정동 경계	150세대 이하 공동주택 주소
		행정동별 수거함 주변 유동인구	150세대 이상 세종시 공공주택

### 과제 개요(150자)

탄소중립을 위해 자원순환보증금제도는 필수적이다. 이를 위해 매장 외 반환수집소의 접근성을 최대화해야 한다. 본 분석과제는 서울시 일회용컵 반환수집소의 최적 입지를 선정하는 것을 목표로한다. 분석 모델을 통해 서울시뿐만 아니라 자원순환보증금제도의 전국적인 확산을 기대한다.

### 활용 데이터 및 분석도구

#### 1. 데이터

출처	데이터이름	규모	사용된 컬럼
Geo Servie - Web	전국 행정동 경계	112.7 MB	'행정동', '위도', '경도', '주소'
소상공인마당 - 상권정보	행정동별 수거함 주변 유동인구	12 KB	'행정동', '유동인구'

[그림 3] 세종시 시각화에 사용된 데이터

출처	데이터이름	규모	사용된 컬럼
자원순환보증금관리센터	세종시 일회용컵 수거함 위치	-	'매장명', '반환수집소', '주소'
행정안전부	23년도 행정동별 주민등록 인구 및 세대현황	-	'행정기관', '총 인구수'
세종특별자치시 읍면동별 행정복지센터	읍면동별 세종시 면적	-	'면적'
K-apt 공동주택관리 정보시스템	150세대 이하 공동주택 주소	12KB	'단지명', '도로명주소'
	150세대 이상 세종시 공공주택	21.5KB	

[그림 4] 회귀모델에 사용된 데이터

출처	데이터이름	규모	사용된 컬럼
KOSIS	서울시 자치구별 일반폐기물 재활용률	8.3 KB	'행정구역별', '재활용률'
서울 열린데이터 광장	서울시 주민등록인구 통계	3 KB	'자치구', '계(명) 소계'
	서울시 행정구역별 통계	-	'자치구', '면적 (km²)'
	서울시 녹색장터 일정 및 장소 정보	13.7 KB	'자치구명칭', '소재지'
	서울시 에너지절약을 위한 실천여부 통계	13.7 KB	'구분별-지역소분류', '실천 종합'
	서울시 가로휴지통 설치정보	269 KB	'자치구명', '설치위치(도로명 주소)'
	서울시 전기차 충전소 정보	18.2 KB	'시군구', '주소'
	서울시 환경상품 관심도 통계	4.3 KB	'자치구별', '아주관심이 많다'
서울 차 없는 거리	자치구명 및 차없는 거리 개수	-	'자치구명', '차없는거리 개수'

[그림 5] 후보입지선정에 사용된 데이터

출처	데이터이름	규모	사용된 컬럼
서울 열린데이터 광장	서울시 사업체분포 통계	42.2 KB	'동별', '커피전문점', '한식 일반 음식점업'
	서울시 주차장 통계	5 KB	'동별', '합계(개소)'
	서울시 시장 현황	31.3 KB	'행정구역(서울)(3)', '합계(개소)'
	금융기관	4.8 KB	'동별', '금융기관'
	서울시 사업체 및 종사도 밀도 통계	31.4 KB	'동별', '인구밀도(B)'

[그림 6] 최종입지선정에 사용된 데이터

## 2. 분석도구

### ① Python(무료)

내용: 세종시 반환수집소 위치의 부적합성을 판단하는 데 사용됨. 다음과 같은 라이브러리를 활용해 시각화 및 회귀 분석 진행.

라이브러리: pandas, numpy, folium, geopandas, matplotlib, Scikit-learn

### ② R(무료)

내용: 후보입지선정과 최종입지선정에서 사용되었으며, 다음과 같은 라이브러리를 이용하여 분석을 진행하였다.

라이브러리: tidyverse, data.table, dplyr, psych, GPArotation, caret, gridExtra, factoextra, cluster, magrittr, geosphere, corrplot, magrittr

## 분석내용

세종시 반환수집소 부적합성 판단

서울시 반환수집소 입지 선정 과정



[그림 7] 분석 내용 개요

## 1. 세종시 반환수집소 부적합성 판단

### ① 반환수집소 실태조사

#### 1) 데이터 전처리

- 세종시 반환수집소의 부적합성을 판단하기 위해 다음과 같은 데이터 전처리를 진행하였다.
- 우선, 세종시 행정동별 인구밀도와 반환수집소 위치를 파악하였다.
- 행정동별 인구밀도를 계산하기 위해 행정동별 인구와 토지면적을 수집하였다.
- 인구밀도는  $\frac{\text{행정동별 인구}}{\text{행정동별 면적}}$  과 같이 가공하였다.
- 반환수거함 위치는 COSMO 사이트의 일회용컵 반환지원서비스를 통해 수집하였다.
- 카카오 api를 통해 주소를 위도와 경도로 변환하였다.

### ② 지도 시각화

- 세종시 반환수집소를 지도에 시각화하였다.
- GEO 사이트에서 .shp 형태의 전국 최신행정구역도를 수집해 .json 형식으로 변환하였다.
- 세종시의 최신행정구역도와 행정동별 인구밀도를 folium 라이브러리를 통해 색으로 시각화하였다.
- 마커 기능을 이용해서 반환수집소의 주소 데이터도 시각화 진행하였다.
- 최종 시각화된 데이터를 통해 EDA(탐색적 데이터 분석) 진행하였다.
- EDA를 진행한 결과 두 가지의 부적합함을 발견하였다.
  - a. 반환수집소의 위치가 인구밀도와 관련 없다.
  - b. 반환수집소가 비효율적으로 2, 3개씩 몰려 있다.

## 2. 반환수집소의 접근성 정량화

- 독립변수로 반환수집소별 인구밀도와 유동인구를 선정하였다.
- 종속변수로 반환수집소별 접근성을 선정하였다.

### ① 데이터 전처리

- 독립변수와 종속변수에 해당하는 데이터 수집하였다.
- 독립변수 중 인구밀도는 기존 행정동별 인구밀도를 가공함. 유동인구는 '소상공인마당 상권정보시스템'을 이용해 수집하였다.
- 접근성을 '반환수집소에서 가장 가까운 공공주택 3곳과의 평균 거리'로 정의하였다.
- 세종시 공공주택의 주소를 수집해 위도와 경도로 변환하였다.
- 반환수집소와 공공주택의 위도, 경도의 차이를 Haversine 거리로 계산하였다.
- 위에서 정의한대로 접근성 계산하였다.

### ② 회귀 분석

- 회귀 분석을 통해 반환수집소의 접근성과 인구밀도, 유동인구가 어떤 상관성이 있는지 판단하였다.
- 회귀 분석은 다음과 같은 과정을 거쳤다.
  - a. 스케일링을 통해 독립변수의 단위 맞춤
  - b. 학습과 검증 데이터로 분리
  - c. 5개의 회귀 모델로 학습
  - d. 조정된 결정계수와 평균제곱오차를 통해 성능 계산
- 사용한 회귀 모델: 선형회귀, 다항회귀, 릿지, 라쏘, KNN(K-Nearest-Neighbor)

- KNN을 제외한 4가지 모델 모두, 조정된 결정계수가 음수로 나타남.
- 평균제곱오차를 따져봤을 때도, KNN의 가장 낮은 값을 보임.
- 인구밀도와 유동인구가 증가할 때, 접근성이 높아지는 반환수집소가 적합함.
- 분석 결과, 유동인구와 인구밀도 모두 평균 근처에서 접근성이 가장 높았음.
- 따라서, 회귀 분석은 세종시의 반환수집소 위치가 부적절함을 나타냄

### 3. 서울시 반환수집소 입지 선정

#### ③ 후보입지 선정(자치구 선정)

- 서울 열린데이터 광장, 국가통계포털(KOSIS) 등의 사이트를 통해 다음과 같은 데이터를 수집하였다.  
(서울시 재활용률, 녹색장터, 차 없는 거리, 에너지 절약을 위한 실천여부, 가로휴지통, 전기차충전소, 환경상품 관심도, 인구수, 면적)
- 데이터에서 불필요한 행 제거, 데이터 타입 numeric 변환, scale()로 변수 통일 등 전처리를 진행했다.
- 데이터 중 총 6개의 변수\*를 활용하여 요인분석을 통해 에코수요지수 파생변수를 산출하였다.  
\*녹색장터, 차 없는 거리, 에너지 절약을 위한 실천여부, 가로휴지통, 전기차충전소, 환경상품 관심도
- 서울시 재활용률과 에코수요지수를 활용하여 K-means 클러스터링으로 입지선정 후보지를 선별하였다.

#### ④ 최종입지 선정(행정동 선정)

- 선정된 3개의 후보지\* 내의 최종입지를 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석 기법을 통해 선정하였다.  
\*양천구, 영등포구, 강남구
- 접근성과 관련된 요인들은 관련 데이터(카페, 음식점, 주차장, 시장, 금융기관, 인구밀도)로 선정하였다.
- 불필요한 행 제거, 데이터 타입 numeric 변환, scale()로 변수 통일, 결측치 대체 등 전처리를 진행했다.
- 따로 부지를 마련하는 것이 아니라 건물 내부에 입지를 선정하는 것이므로 부지의 가격은 배제하였다.
- 위와 같이 선정된 행정동에서 다양한 연령대가 쉽게 접근할 수 있는 장소\*로 최종 입지를 선정하였다.  
\*다이소, 올리브영, 어린이공원, 도서관, 학교, 아파트단지 등

## 창의성

### 1. 확산 가능한 입지 분석 모델

- 본 팀은 인구가 많고, 25년부터 정책을 추진하는 서울시를 대상으로 분석 진행.
- 입지 분석 과정 모델은 서울시뿐만 아니라 전국 시군구에도 적용 가능함.
- 단, 각 지역의 특성에 맞게 에코수요지수, AHP 기법에서 사용한 변수를 바꿔야 함.

### 2. 다양한 데이터 활용

- 활용 데이터셋에서 확인할 수 있듯이 (~) 개의 데이터를 사용함
- KOSIS 등에서 얻을 수 있는 정형화 데이터 외에도, 비정형 데이터를 크롤링을 통해 수집함.
- 예시로, 차 없는 거리, ~~~ 등의 활용해 넓은 범위의 데이터를 분석에 활용함.

### 3. 세종시 반환수집소의 접근성 설정

- 세종시 반환수집소의 접근성을 정량화하고 회귀 분석을 진행함.
- 접근성을 수거함에서 가장 가까운 공공주택 3곳과의 평균 거리로 정의함.
- 위치의 부적합성을 다음과 같이 정량적으로 나타냄.

$$\text{접근성} = \sum_{k=1}^3 \frac{d_k}{3} \quad d_1: \text{첫 번째로 가까운 공공주택과의 거리}$$

#### 4. 에코수요지수 설정

- 서울시 자치구의 환경에 대한 관심도를 '에코수요지수'로 정량화함
- 해당 지수를 이용해 일회용품 반환수집소에 대한 수요가 높은 자치구를 선정함.
- 관심도라는 정성적인 개념을 요인분석으로 다음과 같이 정량적으로 나타냄.

$$\text{에코수요지수} = a \times \text{녹색장터} + b \times \text{환경상품관심도} + c \times \text{에너지절약을위한실천여부} + d \times \text{차없는거리} + e \times \text{전기차충전소} + f \times \text{가로휴지통}$$

\*a~f는 요인분석을 통해 산출한 계수

#### 5. AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법 활용

- 서울시 반환수집소 최종 입지 선정에서 AHP 기법을 활용해 신뢰성을 확보함.
- AHP 분석 기법은 주로 경영, 정책 결정, 공학 등의 분야에서 복잡한 의사결정을 지원하는 데 사용됨.
- 다양한 기준을 계층적으로 구조화하고 각 기준의 중요도를 반영하여 종합적인 평가 가능.
- 일관성 지수를 통해 평가 과정의 일관성을 검토해 입지 선정의 투명성과 신뢰성 향상 가능.

#### 6. 건물 내부의 입지 선정

- 입지 선정 과정에서 가격 고려를 생략해 경제적, 시간적 이익을 확보할 수 있음.
- 기존의 입지 선정은 부지의 가격을 필수적으로 고려함
- 건물 내부의 설치를 통해 해당 과정을 생략할 수 있음.
- 추가적으로, 기존 반환수집소는 건물 외부에 위치해 수도, 전기 작업이 필수적이었음.
- 건물 내부에 반환수집소를 설치함으로써 불필요한 작업을 최소화함.

### 적합성

#### 1. 세종시 반환수집소 부적합성 판단

##### 1) 데이터

본 팀은 수거함이 사람들이 많은 곳에 설치되는 것이 적합하다고 판단했다. 각 수거함을 이용할 수 있는 사람들의 수가 많은 곳에 수거함을 설치하는 것이 접근성을 높이기 때문이다. 이를 시각적, 정량적으로 나타내기 위해서 세종시 인구밀도, 유동인구를 파악하는 과정이 필요했다.

##### 2) 세종시 행정동별 인구밀도

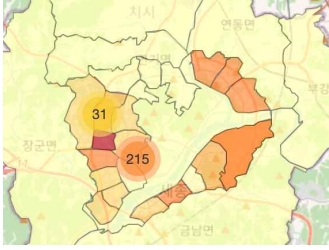
KOSIS에서는 시군별 인구밀도만을 제공하고 있다. 따라서, 세종시의 행정동별 인구밀도를 파악하기 위해선 인구와 면적 데이터를 이용해 인구밀도를 산출했다.

$$\text{인구밀도} = \frac{\text{행정동별 인구}}{\text{행정동별 면적}}$$

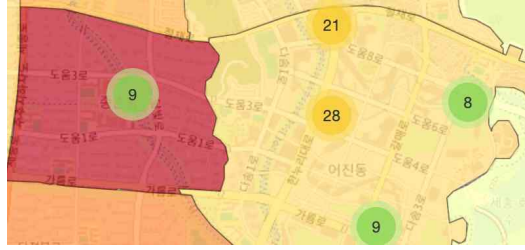
##### 3) 세종시 수거함별 유동인구

세종시 유동인구는 '소상공인마당 상권정보시스템'의 상세분석을 이용해 수집했다. 특정 수거함의 주소를 기준으로 반경 500m 내의 유동인구를 수집했다. 500m는 성인 남성 기준 걸어서 5분 안에 갈 수 있는, 접근성이 좋은 곳이라고 판단했다.

## ① 반환수집소 실태조사



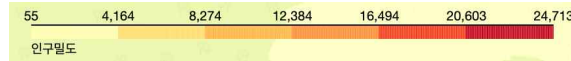
[그림 8] 시각화 모습



[그림 9] 인구밀도와 상관없는 수거함의 위치



[그림 10] 몰림 수거함



[그림 11] 인구밀도 범례

### 1) 데이터 전처리

세종시 행정동별 인구밀도를  $\frac{\text{행정동별 인구}}{\text{행정동별 면적}}$  으로 가공하여 사용하였고, 반환수집소 위치를 카카오 api를 통해서 변환하였다.

### 2) 지도 시각화

앞서 계산된 행정동별 인구밀도를 지도에 인구밀도가 높아질수록 진한 빨간색이 되도록 시각화했다. 이후 전처리가 완료된 수거함의 주소 데이터와 folium 라이브러리를 이용해서 수거함의 위치를 지도에서 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해서 EDA를 수행할 수 있었다. EDA를 진행한 결과 인구밀도와 관계없이 수거함이 위치함을 확인할 수 있었다. 또한 추가로 한 곳에 지나치게 몰려있는 지점을 여러 곳 확인할 수 있었다.

## ② 접근성 정량화

정량적으로 수거함의 위치가 적합한지를 판단하기 위해 회귀 분석을 진행했다. 독립변수로 수거함별 유동인구와 인구밀도를, 종속변수로 수거함별 접근성을 선정했다.

### 1) 데이터 전처리

독립변수는 이미 데이터가 존재하지만, 접근성은 모델을 통해 계산을 필요로 한다. 본 팀은 접근성을 수거함에서 가장 가까운 공공주택 3곳과의 평균 거리로 정의하였다. 공공주택의 위치와 수거함의 위치를 모두 위도 경도로 변환한 뒤, 거리를 계산했다. 이후, 수거함별 가장 가까운 공공주택 3곳을 선정하고, 평균 거리를 계산했다.

공공주택은 K-apr 공동주택관리 정보시스템과 ‘세종특별자치시 공동주택 목록’을 참고하여 수집하였다. 수거함의 위치는 ‘COSMO’ 사이트의 일회용컵 반환지원서비스를 통해 수집했다. 이후, KAKAO API를 이용해 수집한 209곳의 공공주택과 66곳의 수거함 위치를 위도와 경도로 표현했다. 경도와 위도를 이용해 최단 거리를 계산하기 위해서 Haversine 공식을 이용했다. Haversine 공식이란 지구가 둥근 점을 고려하여 최단 거리를 계산하는 공식을 말한다.

$$d = 2r \cdot \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2 \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

$d$ : 두 점 사이의 거리

$r$ : 지구의 반지름

$\phi_1, \phi_2$ : 첫 번째, 두 번째 점의 위도

$\lambda_1, \lambda_2$ : 첫 번째, 두 번째 점의 경도

이 공식을 이용해 수거함과 각 공공주택의 거리를 계산했고, 수거함 별로 가장 가까운 공공주택 3곳을 선정하였다. 이후 각 거리의 평균을 접근성으로 계산했다.

수거함	아파트 1	거리 1 [km]	아파트 2	거리 2 [km]	아파트 3	거리 3 [km]	접근성 [km]
대평동 주민센터	해들마을3단지	0.147	해들마을4단지	0.152	해들마을1단지	0.214	<b>0.171</b>
한솔동 행정복지센터	첫마을4단지	0.345	첫마을5단지	0.415	첫마을1단지	0.417	<b>0.392</b>

[그림 13] 접근성 산출 예시

## 2) 회귀 분석

위에서 수집한 수거함별 인구밀도, 유동인구, 그리고 접근성을 이용해 회귀분석을 진행했다. 독립변수로는 수거함별 인구밀도와 유동인구를, 종속변수로는 접근성을 선정했다. 회귀모델로는 선형회귀, 다중회귀, 릿지, 라쏘, KNN을 이용했다. 본 팀은 수거함의 위치가 적합하다면, 인구밀도와 유동인구가 높을 수록 접근성이 높아질 것으로 판단했다.

회귀 모델을 적용하기 전에, 두 독립변수의 단위를 같게 만들어주기 위해 Standard scaler를 이용해 스케일링을 진행했다. 이후, 학습과 검증 데이터를 8:2로 나누어 모델의 성능을 검증하고자 했다. 모델의 성능은 결정계수와 평균제곱오차를 지표로 이용해 평가했다.

### - 조정된 결정계수

결정계수는 0~1 사이의 양수이며, 1에 가까울 수록 독립변수와 종속변수 간의 상관관계가 잘 나타난다. 즉, 1에 가까울 수록 모델의 설명력이 좋다고 할 수 있다. 단, 독립변수가 2개 이상 쓰인 경우 조정된 결정계수를 적용한다. 따라서, 다음과 같은 공식을 이용해 조정된 결정계수를 계산할 예정이다.

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - \left( \frac{(1 - R^2) \cdot (n - 1)}{n - p - 1} \right)$$

$\text{Adjusted } R^2$ : 조정된 결정 계수

$n$ : 샘플의 수

$p$ : 독립 변수의 수

### - 평균제곱오차

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

모델로 예측된 값과 실제값 차이인 잔차의 값에 대한 지표를 말한다. 0에 가까울 수록 예측값과 실제값이 유사하다. 즉, 0에 가까울 수록 모델의 정확도가 높다고 할 수 있다.

조정된 결정계수와 평균제곱오차를 통해 5가지 모델의 성능을 평가해보았다. 5가지 모델 중 KNN을 제외한 4가지 모델은 모두 조정된 결정계수가 음수가 나오는 것을 확인할 수 있다. 이는, 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 제대로 설명하지 못한다는 걸 뜻한다. 반면, KNN의 경우 조정된 결정계수 역시 0.5 정도로 준수한 것을 확인할 수 있다.

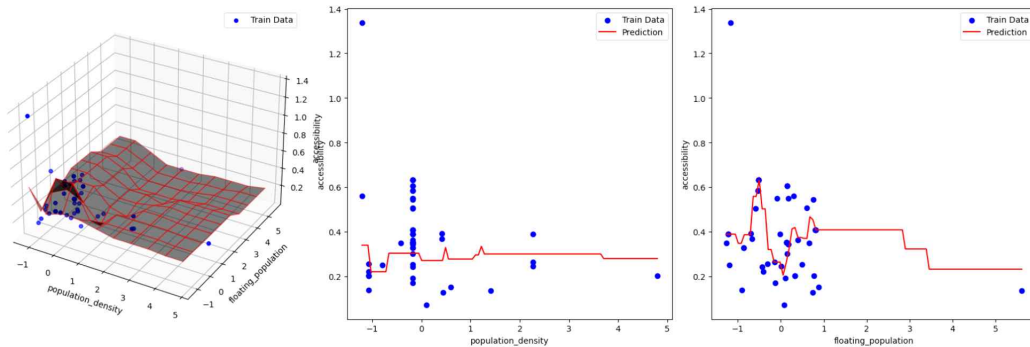
조정된 결정계수				
선형회귀	다항회귀	라쏘	릿지	KNN
-0.22642	-1.26639	-0.2314	-0.22506	0.499969

[그림 16] 회귀 모델의 조정된 결정계수

평균제곱오차				
선형회귀	다항회귀	라쏘	릿지	KNN
0.027139	0.04124	0.027249	0.027109	0.011065

[그림 17] 회귀 모델의 조정된 평균제곱오차

따라서, KNN을 통해 유동인구, 인구밀도가 접근성에 어떤 영향을 미치는지 파악할 수 있다. 그림에서 보이는 파란 점이 실제 데이터의 산점도이며, 빨간점이 예측된 수치를 의미한다. y값은 접근성으로 0에 가까울수록, 접근성이 좋은 것을 의미한다. 그림에서 볼 수 있듯이, 예측된 접근성은 유동인구가 평균에 가까울 때 가장 높은 것을 확인할 수 있다.



[그림 18] KNN 시각화 (1) 3D (2) 접근성 vs 인구밀도 (3) 접근성 vs 유동인구

이는 처음에 세운 논리와 어긋나는 것을 확인할 수 있다. 유동인구, 인구밀도가 증가함에 따라 접근성은 높아지지 않는다. 따라서, 세종시 반환수거함의 위치는 적합하지 않다.

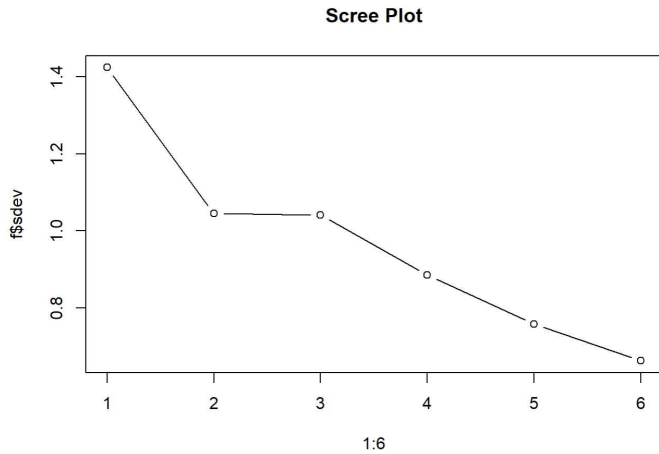
## 2. 후보입지선정(행정동)

### ① 요인분석을 통한 에코수요지수 산출

일회용컵 반환수집소에 대한 수요가 높은 시민들은 환경보호에 대해 높은 관심이 있을 것이라고 가정하였다. 따라서, 환경에 많은 관심을 가진 시민들이 모인 자치구를 구분하기 위해 에코(eco)수요지수라는 파생변수와 서울시 재활용률을 판단지표로 삼았다. 에코수요지수는 해당 자치구가 환경에 얼마나 관심이 많은지, 환경을 개선하기 위한 시설물이 얼마나 구비되어 있는지를 나타내는 지수로 [녹색장터, 차 없는 거리, 에너지 절약을 위한 실천여부, 가로휴지통, 전기차충전소, 환경상품 관심도] 총 6개의 변수를 활용하였다. 이는 지수가 높을수록 환경 관심도가 높음을 의미한다. 따라서 우선적으로 반환수집소가 입지해야 할 자치구는 에코수요지수가 높고, 재활용률이 높은 지역이다. 본 팀은 두 지수를 활용하여 클러스터링을 진행하고 일회용컵 반환수집소 입지 후보지 명단을 만들고자 한다.

에코수요지수는 변수들 간의 상관관계를 기반으로 변수들을 서로 유사한 변수끼리 묶어 줌으로써 여러 개의 변수를 더 적은 수의 잠재요인으로 설명하는 방법인 요인분석(Factor Analysis)을 통해 산출하였다. KMO Test 결과 MSA는 0.6으로 요인분석이 가능하다는 결과가 나왔다. 요인분석 결과로는 가설이 기각되지 않았으므로 ( $p\text{-value} > 0.05$ ), 2개의 요인(Factor)으로 변수들을 설명할 수 있다는 결론을 얻었다. 첫 번째 요인은 녹색장터(greenavg), 환경상품관심도(eco), 전기차충전소(eleccar)이고, 두 번째 요인은 차 없는 거리(nocar), 에너지 절약을 위한 실천여부(energy), 가로휴지통(trash)으로 두 요인 모두 적절하게 묶여있어 요인분석이 잘 이루어졌음을 확인하였다. 따라서 요인분석 결과로 나온 두 요인의 계수를 활용하여 에코수요지수를 계산하기로 했다.





```
##
## Call:
## factanal(x = data_kmo, factors = 2, scores = "regression", rotation = "oblimin")
##
## Uniquenesses:
## greenavg eco energy nocar eleccar trash
## 0.622 0.670 0.885 0.790 0.887 0.005
##
## Loadings:
## Factor1 Factor2
## greenavg 0.027 0.622
## eco 0.502 -0.168
## energy -0.070 0.311
## nocar -0.032 0.448
## eleccar 0.184 -0.232
## trash 1.003 0.020
##
## SS loadings: Factor1 Factor2
## 1.299 0.767
## Proportion Var 0.216 0.128
## Cumulative Var 0.216 0.344
##
## Factor Correlations:
## Factor1 Factor2
## Factor1 1.000 -0.299
## Factor2 -0.299 1.000
##
## Test of the hypothesis that 2 factors are sufficient.
## The chi square statistic is 1.88 on 4 degrees of freedom.
## The p-value is 0.757
```

[그림 19] Scree Plot (Y값 > 1 이면 적절)

[그림 20] 요인분석 계수

```
## Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy
## Call: KMO(r = data_kmo)
## Overall MSA = 0.6
## MSA for each item =
## greenavg eco energy nocar eleccar trash
## 0.64 0.59 0.66 0.58 0.58 0.59
```

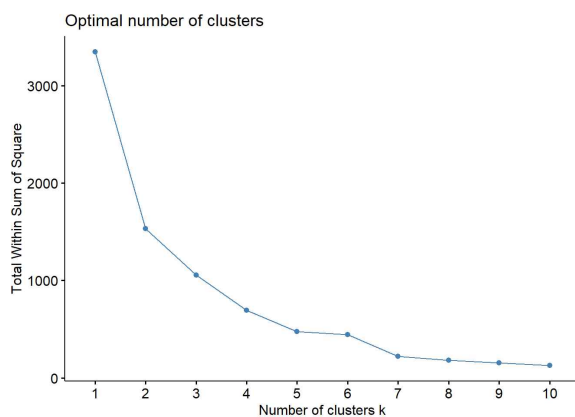
[그림 21] KMO test 결과(MSA = 0.6이면 적절)

요인1로 분류된 변수는 요인1의 적재값(Loadings)을 사용하고, 요인2로 분류된 변수는 요인2의 적재값을 사용한다. 변수에 곱해지는 적재값의 절댓값이 클수록 해당 변수의 요인에 대한 기여도는 크다. 따라서 요인분석 적재값을 사용하여 자치구별 에코수요지수를 아래와 같은 식으로 산출하였다.

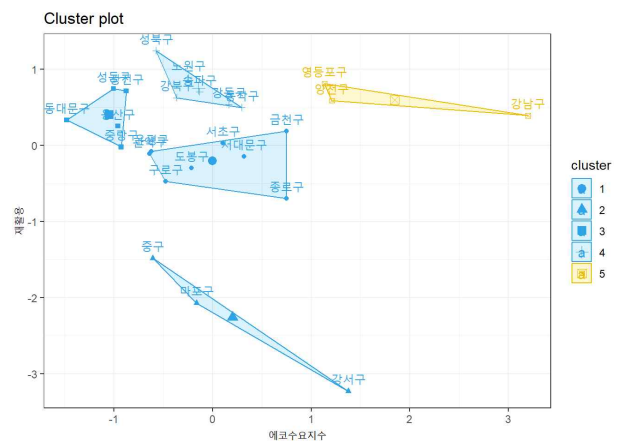
$$\text{에코수요지수} = 0.622 \times \text{녹색장터} + 0.502 \times \text{환경상품관심도} + 0.311 \times \text{에너지절약을위한실천여부} + 0.448 \times \text{차없는거리} + 0.184 \times \text{전기차충전소} + 0.020 \times \text{가로휴지통}$$

## ② 자치구 선정을 위한 클러스터링

위 과정을 통해 계산한 자치구별 에코수요지수와 재활용률을 이용하여 K-Means 클러스터링을 진행하였다. K-Means 클러스터링은 주어진 데이터를 k개의 클러스터로 묶는 알고리즘으로, 각 클러스터와 거리 차이의 분산을 최소화하는 방식으로 동작한다. Elbow Point값을 확인한 결과, 5부터 그래프가 안정적이므로 클러스터 개수는 5개로 설정하였다.



[그림 22] k=5부터 안정적



[그림 23] 클러스터링 결과

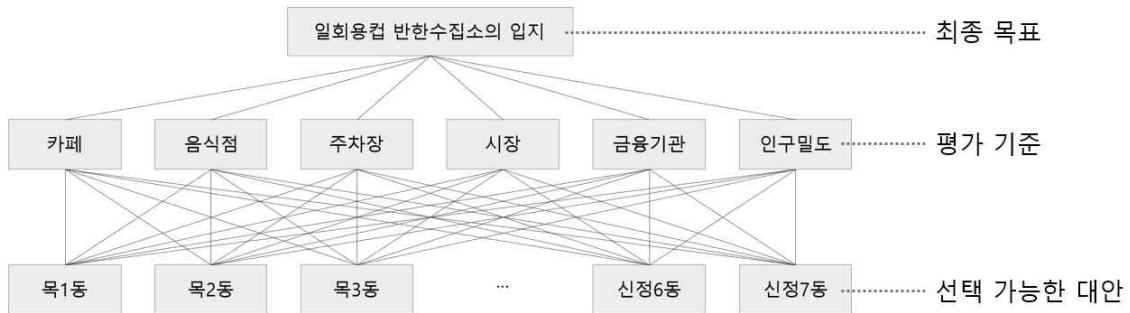
클러스터링 결과는 위의 그림과 같이 집단 간 분산이 크고, 집단 내 분산이 적은 방향으로 적절하게 이루어졌다. 각 클러스터는 명확한 특징을 보인다. 우리의 타겟 클러스터는 예코수요지수와 재활용률 동시에 높은 클러스터이고, 위의 결과에서는 클러스터5가 이에 해당한다. 클러스터5에 속한 자치구는 양천구, 영등포구, 강남구로 3개이다.

### 3. 최종입지선정(자치구)

일회용컵 반환수집소의 접근성을 더욱 높이기 위해, 다양한 연령층이 쉽게 접근할 수 있는 장소들(올리브영, 다이소, 아파트, 어린이공원, 도서관)을 중심으로 최종입지를 선정하고자 한다. 본 팀은 접근성과 관련된 요인들을 찾아 고려해주시기로 하였고, 따로 부지를 마련하는 것이 아니라 이미 지어진 건물 안에 입지를 선정하는 것이기에 부지의 가격은 따로 고려해주지 않았다. 따라서 이번 입지선정에서 고려해야 할 사항으로 앞서 클러스터링을 통해 후보입지로 선정되었던 양천구, 영등포구, 강남구의 행정동별 접근성에 해당하는 [카페 개수, 음식점 개수, 주차장 개수, 금융기관 개수, 시장 개수, 인구밀도] 총 6개의 변수를 선택하였다.

최종 입지선정에서 이용한 분석기법은 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법 즉, 계층적 의사 결정방법으로 복잡한 의사결정 문제를 계층적으로 표현하고 그 계층의 항목들 간의 쌍대비교를 통하여 최선의 대안을 도출해내는 의사결정 기법이다. 해당 기법의 결정 절차는 일반적으로 계층구조형성, 쌍대비교, 가중치 산출, 일관성 평가, 최종 대안 선정의 다섯 단계로 구성된다.

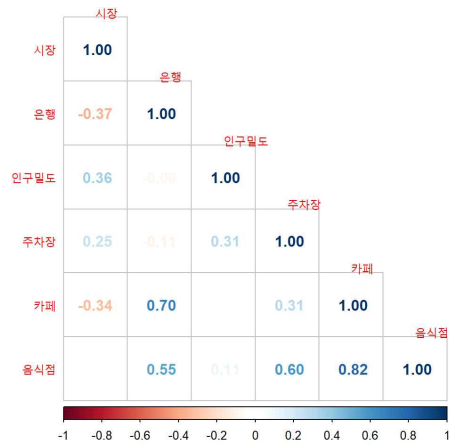
각 구별로 계층구조를 형성하였고, 일례로 양천구의 계층구조는 아래의 그림과 같다.



[그림 24] 양천구의 계층구조

두 번째로는 쌍대비교를 수행한다. 쌍대비교는 상위 계층에 있는 목표를 달성하기 위하여 설정한 평가기준과 대안의 기여도를 설정하는 단계이다. 따라서 평가기준 간의 쌍대비교와 평가기준 안에서의 대안들 간의 쌍대비교를 수행하고자 하였다. 예를 들면, 양천구 같은 경우 카페와 은행을 쌍대비교하고 카페를 기준으로 목1동과 목2동을 비교한다. 이때, 평가 기준 간 쌍대비교에서는 피어슨 상관계수를, 평가 기준 내 대안들 간의 쌍대비교에서는 순위의 차이를 이용하였다.

먼저 평가기준 즉 변수들 간의 쌍대비교다. AHP 분석을 위한 데이터는 행정동별 6개의 변수로 이루어져 있다. 카페, 음식점 등 6개의 변수의 피어슨 상관관계를 계산하여 쌍대비교를 실시하였다. 피어슨 상관관계를 계산하고 변수 간의 독립, 종속 관계를 고려하여 점수를 매겼다. 이때, 종속변수에 더 큰 점수를 부과하였고, 9점 척도표를 활용하여 상관관계가 클수록 큰 점수를 부과하였다. 예를 들어, 카페 개수와 은행 개수는 0.7의 상관관계를 가진다. 이때, 은행 개수는 독립변수, 카페 개수가 종속변수의 관계를 갖기 때문에, 카페 개수에 더 큰 점수를 부여한다. 이러한 방식으로 각 구별로 6개의 변수들간의 쌍대비교를 시행하였다.



[그림 25] 양천구 6개 변수의 피어슨 상관계수

기준에 사용중인 표현		
중요한 정도 (척도)	표현(영문)	표현(한글)
1	Equal	동등
2	between Equal and Moderate	동등과 약간 사이
3	Moderate	약간
4	between Moderate and Strong	약간과 많이 사이
5	Strong	많이
6	between Strong and Very Strong	많이와 매우 많이 사이
7	Very Strong	매우 많이
8	between Very Strong and Extreme	매우 많이와 극히의 사이
9	Extreme	극히

[그림 26] 9점 척도표

다음은 각 평가기준 하에서의 대안들간의 쌍대비교이다. 이는 대안들(양천구:18개, 영등포구:18개, 강남구:22개)이 특정 평가기준에서 어떤 관계를 갖는지 비교하는 과정이다. 이 과정은 각 평가기준 하에서 행정동끼리의 순위를 매긴 후 순위의 차이를 이용하여 점수를 매기는 방식으로 진행된다. 순위의 차이가 클수록 행정동이 다른 행정동에 비해 평가기준에 대한 기여도가 큰 것이므로 높은 점수를 부여한다. 예를 들어 양천구 금융기관 개수에서 목1동이 1위, 신월3동이 18위(꼴찌)라면 금융기관 개수는 목1동이 신월3동에 비해 훨씬 높은 것이므로 목1동에 큰 점수를 부여하는 식이다. 쌍대비교행렬은 이러한 점수 부여 방식으로 인해 각 요소들이 대각성분을 기준으로 서로 역수관계에 있다. 목1동-신월3동을 비교할 때 5점이라면, 신월3동-목1동을 비교할 때는 방향이 반대이기 때문에 1/5점이 부여되기 때문이다.

	목1동	목2동	목3동	목4동	목5동	신월1동	신월2동	신월3동	신월4동	신월5동	신월6동	신월7동
목1동	0.19173705	0.131147541	0.19522777	0.131147541	0.15936255	0.19522777	0.131147541	0.10389610	0.131147541	0.10389610	0.163265306	0.10389610
목2동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
목3동	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.081632653	0.07792208
목4동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
목5동	0.19173705	0.109289617	0.19522777	0.109289617	0.15936255	0.19522777	0.109289617	0.09090909	0.109289617	0.09090909	0.163265306	0.09090909
신월1동	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.081632653	0.07792208
신월2동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
신월3동	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.006802721	0.01298701
신월4동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
신월5동	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.006802721	0.01298701
신월6동	0.03834741	0.065573770	0.02169197	0.065573770	0.03187251	0.02169197	0.065573770	0.06493506	0.065573770	0.06493506	0.040816327	0.06493506
신월7동	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.006802721	0.01298701
신정1동	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.081632653	0.07792208
신정2동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
신정3동	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.03896104	0.021857923	0.03896104	0.013605442	0.03896104
신정4동	0.09586852	0.109289617	0.13015184	0.109289617	0.15936255	0.13015184	0.109289617	0.09090909	0.109289617	0.09090909	0.122448980	0.09090909
신정5동	0.06391235	0.109289617	0.13015184	0.109289617	0.07968127	0.13015184	0.109289617	0.07792208	0.109289617	0.07792208	0.122448980	0.07792208
신정6동	0.03834741	0.065573770	0.02169197	0.065573770	0.03187251	0.02169197	0.065573770	0.06493506	0.065573770	0.06493506	0.040816327	0.06493506
신정7동	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.006802721	0.01298701
신정8동	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.006802721	0.01298701
신정9동	0.06507592	0.087431694	0.087431694	0.04204204	0.05303030	0.081632653	1.3129769					
신정10동	0.01301518	0.021857923	0.021857923	0.02102102	0.01767677	0.013605442	0.4069363					
신정11동	0.01084599	0.005464481	0.005464481	0.01801802	0.01515152	0.006802721	0.1949483					
신정12동	0.01301518	0.021857923	0.021857923	0.02102102	0.01767677	0.013605442	0.4069363					
신정13동	0.01084599	0.005464481	0.005464481	0.01801802	0.01515152	0.006802721	0.1949483					
신정14동	0.02169197	0.065573770	0.065573770	0.03153153	0.02651515	0.040816327	0.8632230					
신정15동	0.01084599	0.005464481	0.005464481	0.01801802	0.01515152	0.006802721	0.1949483					
신정16동	0.06507592	0.087431694	0.087431694	0.04204204	0.05303030	0.081632653	1.3129769					
신정17동	0.01301518	0.021857923	0.021857923	0.02102102	0.01767677	0.013605442	0.4069363					
신정18동	0.01301518	0.021857923	0.021857923	0.02102102	0.01767677	0.013605442	0.4069363					
신정19동	0.13015184	0.109289617	0.109289617	0.12612613	0.10606061	0.122448980	2.0512363					
신정20동	0.13015184	0.109289617	0.109289617	0.12612613	0.10606061	0.122448980	1.9066378					
신정21동	0.02169197	0.065573770	0.065573770	0.03153153	0.02651515	0.040816327	0.8632230					

[그림 27] 양천구 평가기준 하에서의 대안들간의 쌍대비교(금융기관)

쌍대비교행렬이 만들어졌다면, 다음 단계에서 가중치를 산출하기 위해 열별 합이 1이 되도록 표준화 행렬을 만든다. 두 단계를 진행하면 아래와 같은 결과가 나온다. 아래 사진의 모든 열별 합이 1인 것으로 보아 표준화가 잘 진행되었음을 알 수 있다.

목1등	목2등	목3등	목4등	목5등	신설1등	신설2등	신설3등	신설4등	신설5등	신설6등	신설7등
0.19173705	0.131147541	0.19522777	0.131147541	0.15392525	0.19522777	0.131147541	0.19388610	0.131147541	0.10388610	0.16326306	0.10388610
목2등	0.02793101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
목3등	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.08163263
목4등	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
목5등	0.19173705	0.109289617	0.19522777	0.109289617	0.15392525	0.19522777	0.109289617	0.09090909	0.109289617	0.09090909	0.16326306
신설1등	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.08163263
신설2등	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
신설3등	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.008602721
신설4등	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
신설5등	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.008602721
신설6등	0.0384741	0.065573770	0.02189397	0.065573770	0.03187251	0.02189397	0.065573770	0.06493506	0.065573770	0.06493506	0.040816327
신설7등	0.02396713	0.005464481	0.01084599	0.005464481	0.01992032	0.01084599	0.005464481	0.01298701	0.005464481	0.01298701	0.008602721
신설8등	0.04793426	0.087431694	0.06507592	0.087431694	0.05312085	0.06507592	0.087431694	0.07792208	0.087431694	0.07792208	0.08163263
신설9등	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
신설10등	0.02739101	0.021857923	0.01301518	0.021857923	0.02656042	0.01301518	0.021857923	0.01896104	0.021857923	0.03896104	0.013609442
신설11등	0.09568852	0.109289617	0.13015184	0.109289617	0.15392525	0.13015184	0.109289617	0.09090909	0.109289617	0.09090909	0.122448980
신설12등	0.06391235	0.109289617	0.13015184	0.109289617	0.07968127	0.13015184	0.109289617	0.0792208	0.109289617	0.0792208	0.122448980
신설13등	0.0384741	0.065573770	0.02189397	0.065573770	0.03187251	0.02189397	0.065573770	0.06493506	0.065573770	0.06493506	0.040816327
sum	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000	1.000000000

[그림 28] 양천구 금융기관 개수 변수의 표준화 행렬

세 번째는 가중치 산출이다. 위 과정에서 쌍대비교를 통해 만들어진 표준화 행렬의 행별 평균 벡터가 가중치 벡터가 된다. 이때 가중치 벡터 요소의 합은 1이 된다.

네 번째는 일관성 평가이다. 위 두 번째 과정에서 쌍대비교를 한 것이 합리적인지 검정을 통해 판단하는 과정이다. 이때 일관성 비율(CR)을 판단지표로써 사용한다. CR은 CI와 RI의 비율로, CI는 쌍대비교행렬과 가중치 벡터의 행렬곱을 가중치 벡터의 평균으로 나눈 값과 변수의 개수로 계산하였다. 또한, RI는 AHP를 개발한 Satty가 무작위 샘플링 실험을 통하여 제시한 수치들로 변수의 개수에 따라 아래 RI 매트릭스에서 결정하였다.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Figure 10  
Random Indices

Matrix Size	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.52	0.89	1.13	1.25	1.35	1.43	1.47	1.5
Matrix Size	11	12	13	14	15	16	17	18
RI	1.53	1.54	1.56	1.57	1.59	1.6	1.61	1.61
Matrix Size	19	20	21	22	23	24	25	26
RI	1.62	1.63	1.63	1.64	1.65	1.65	1.66	1.66
Matrix Size	27	28	29	30	31	32	33	34
RI	1.66	1.67	1.67	1.67	1.67	1.68	1.68	1.68
Matrix Size	35	36	37	38	39	40	41	42
RI	1.68	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.70	1.70
Matrix Size	43	44	45	46	47	48	49	50
RI	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.71	1.71

[그림 29] RI value - Tomas Saaty (Saaty, 1980)

만약 CR < 0.1이면 위의 모든 과정이 합리적임을 의미한다. CR 검정 결과 세 개의 구에 해당하는 6개 변수 모두 0.1보다 작음을 확인했다. 이는 앞서 피어슨 상관계수와 순위의 차이에 기반을 둔 쌍대비교가 적합했음을 의미한다.

양천구 CR < 0.1					
\$market	-0.024089	\$bank	-0.010568	\$people	-0.0015519
\$parking	-0.0015519	\$safe	-0.0267256	\$restaurant	-0.0302585

[그림 30] 양천구 CR < 0.1

마지막 단계는 최종 대안 선정이다. 최종 대안은 가중치 산출을 통해 얻은 평가기준들의 상대적 중요도와 각 평가기준 하에서의 대안들의 선호도를 곱한 값들 중 가장 높은 수치를 나타내는 대안이 선택된다. 즉, 각 변수별로 구한 가중치 벡터를 행렬로 만들고, 변수 간의 쌍대비교에서 구한 가중치 벡터를 이 행렬과 곱해서 나온 값들 중 가장 큰 수치를 나타내는 대안이 선정된다.



그 결과, 주황색으로 강조된 행정동들이 선정되었다.

양천구					
목1동	목2동	목3동	목4동	목5동	신월1동
0.0878183	0.06880598	0.0825142	0.0811543	0.05561894	0.0908952
신월2동	신월3동	신월4동	신월5동	신월6동	신월7동
0.04199279	0.02614128	0.03993137	0.02493421	0.04388931	0.03298997
신정1동	신정2동	신정3동	신정4동	신정6동	신정7동
0.06506448	0.052209	0.02850225	0.1042383	0.04411	0.02919023

[그림 31] 양천구에서 선정된 행정동

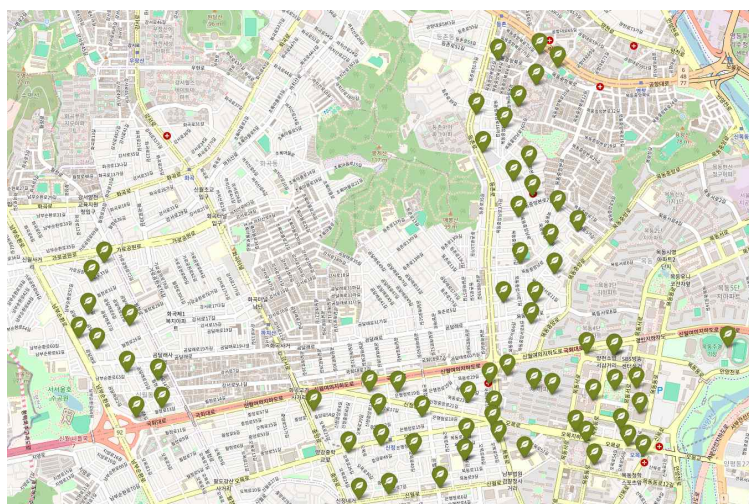
영등포구					
당산1동	당산2동	대림1동	대림2동	대림3동	도림동
0.0870593	0.04606436	0.0685673	0.0729295	0.0666171	0.03304705
문래동	신길1동	신길3동	신길4동	신길5동	신길6동
0.0702875	0.04877649	0.05887083	0.04687754	0.01989135	0.0369446
신길7동	양평1동	양평2동	여의동	영등포동	영등포본동
0.03179029	0.04309262	0.05040704	0.0840435	0.1121017	0.02263202

[그림 32] 영등포구에서 선정된 행정동

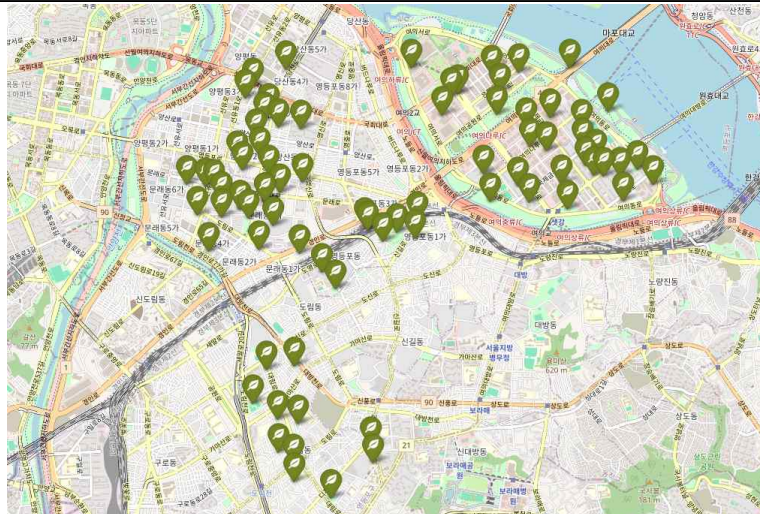
강남구					
개포1동	개포2동	개포3동	개포4동	논현1동	논현2동
0.01068872	0.0379948	0.01393817	0.02392163	0.0791775	0.0734356
대치1동	대치2동	대치4동	도곡1동	도곡2동	삼성1동
0.02857144	0.0692381	0.05058405	0.02490251	0.04390641	0.04187292
삼성2동	세곡동	수서동	신사동	압구정동	역삼1동
0.03455819	0.01507938	0.01428644	0.0610051	0.0710445	0.1304629
역삼2동	일원1동	일원본동	청담동		
0.0755071	0.02059229	0.01368845	0.0655439		

[그림 33] 강남구에서 선정된 행정동

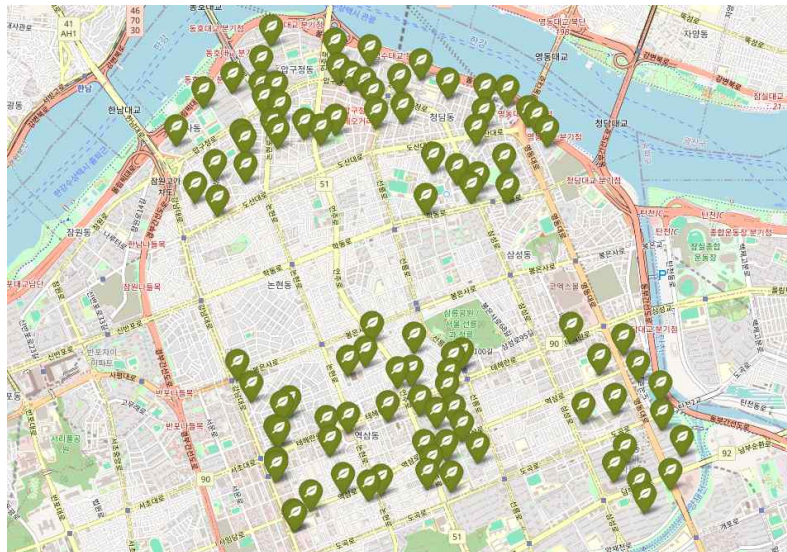
본 팀이 선정한 서울시 반환수거함의 최종입지는 다음과 같다. 위에서 선정된 행정동의 장소 중 시민들의 접근성이 높은 곳들(다이소, 올리브영, 어린이공원, 도서관, 아파트단지, 학교)로 선정했다.



[그림 34] 양천구 최종 일회용 컵 반환수집소(총 68개)

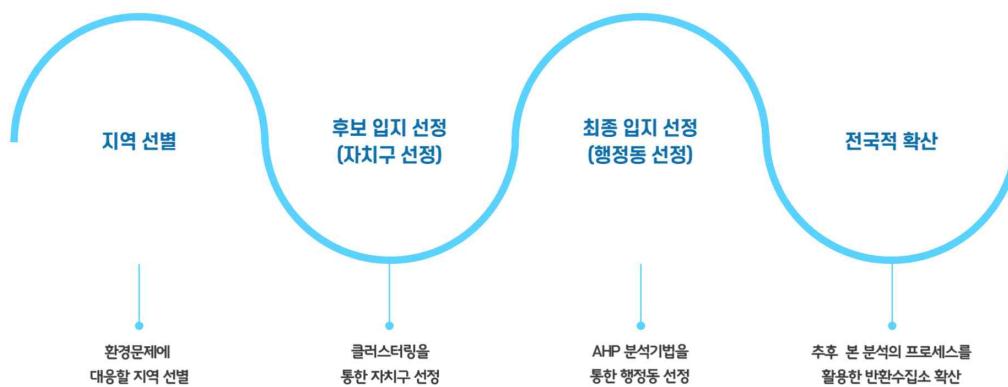


[그림 35] 영등포구 최종 일회용 컵 반환수집소(총 81개)



[그림 36] 강남구 최종 일회용 컵 반환수집소(총 99개)

## 활용성



[그림 37] 활용 절차 개요

본 팀의 반환수거함 위치선정 모델은 서울시 일회용 컵 회수, 보상 시범사업 시행 자치구 및 행정동 선별에 활용할 수 있다. 나아가 다른 지자체에서도 모델을 활용하여 일회용 컵 회수 및 보상 시범사업의 타당성을 평가하고, 사업 진행 시 적절한 입지를 분석할 수 있다. 추후에 모델을 활용하면서 위와 같은 절차를 통해 활용이 가능하다.

본 팀의 분석은 서울시를 대상으로 한다. 다른 지역의 경우 자치구 선정 단계에서 환경 지수 산출 시 각 지자체에 알맞은 요인을 추가로 고려하거나 알맞지 않은 요인을 제거해야 한다. 또한 본 분석에서는 접근성이 좋은 장소를 올리브영, 다이소, 아파트, 어린이공원, 도서관을 중심으로 고려하였지만, 이 역시 지자체의 상황에 맞는 장소를 취사선택 할 수 있다.

지자체에서 일회용 컵 회수, 보상 사업을 실행할 시 예상 소요 예산은 아래와 같다. 24년도 서울시 일회용 컵 간이반납기 구매 시범 운영 사업의 사업비를 확인하면 각종 비용( 부가세, 운반, 설치, 운용 등)을 포함하여 간이반납기의 가격을 최대 1,300천원/대로 산정한 것을 확인할 수 있다. 이를 기반으로 지자체에서 확보할 수 있는 예산과 이에 따른 반환수거함의 대수, 그리고 우선으로 배치되어야 할 위치를 선정할 수 있다.

본 팀의 반환수거함 위치선정 모델은 서울시 일회용 컵 회수, 보상 시범사업 시행 자치구 및 행정동 선별에 활용할 수 있다. 나아가 다른 지자체에서도 모델을 활용하여 일회용 컵 회수 및 보상 시범사업의 타당성을 평가하고, 사업 진행 시 적절한 입지를 분석할 수 있다. 추후에 모델을 활용하면서 아래와 같은 절차를 통해 활용이 가능하다.

## 정책 활용

### 1. 자원순환보증금제도에 적용 가능성

- 자원순환보증금제도는 일회용컵의 재사용 및 재활용을 위해 기존 식음료의 가격에 보증금을 더해 소비자에게 판매를 하고, 소비자가 일회용품 수거함에 반납시 보증금을 환급해주어 자원순환을 도모하는 제도이다.
- 시범 운행 되었던 세종시의 사례가 실패로 끝난 것을 통해, 보증금 제도 활성화를 위해선 올바른 반환수집소의 입지선정은 필수적이다.
- 본 팀의 입지선정 알고리즘을 통해 사람들이 가장 많이 사용할 수 있는 장소에 반환수집소를 배치하여, 자원순환보증금제도의 활성화를 도모 할 수 있다.
- 근거법령 : [자원 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 15조의2]

### 2. 효과적인 매장 외 반환수집소 설치 위치 제시

- 현재 반환수집소는 “보증금제를 시행하는 매장 내”와 “매장 외”에 설치된다.
- 매장 내에 존재하는 반환수집소는 매장에서 판매하는 브랜드의 일회용컵만 수거 할 수 있기에 시민들의 접근성 수거율이 낮을 수 밖에 없다. 또한 해당 점주가 반환수집소를 관리하기에 점주 입장에선 부담이 된다.
- 23년도를 기준으로 세종시의 수거함 1대당 회수비율을 살펴보면, 매장 외 반환수집소가 매장 내보다 약 2.5배 정도 높다. 이는 매장 외 반환수집소가 더 많은 양의 일회용컵을 회수하는 것을 의미한다. 이에 본 분석 과제는 매장 외 반환수집소의 최적입지를 선정하는 모델을 제안한다.



	반환 수집소의 수	회수량	수집소 1대당 회수 비율
매장 내	181	35,533	196.3
매장 외	57	29,142	511.3

[그림 38] 매장 외 반환수집소의 회수 비율

- 제안된 모델을 적용하여 매장 외 반환수집소의 효율적인 위치를 선정하고 보증금 제도 활성화를 도모할 수 있다.

### 3. 지자체의 보증금 제도 운영 가이드라인 제시

- 현 보증금 제도는 지자체의 자율적인 시행에 무게를 두고 있다.
- 본 분석을 적용한다면 서울뿐만 아니라 추후 보증금제도가 전국적으로 확산됨에 따라 본 분석을 통해 각 지방 자치 지역구마다 수거함의 적절한 위치선정이 가능해진다.
- 근거법령 : [자원재활용법 시행규칙 12조의8 (자원순환보증금관리센터의 설립 및 운영)]

## 기대효과

### 1. 탄소중립 포인트 제도 운영 규모 확대 및 활성화 효과

- 탄소중립 포인트 제도는 현재 탄소중립 실천 확산을 위해 정부는 수많은 회원을 유치하고 있다.
- 탄소중립포인트 제도에선 일회용컵을 반납할 시 200원의 마일리지를 적립하고 있는데, 일회용컵 수거함의 적절한 위치선정을 통해 사람들이 보증금제도를 많이 이용한다면, 200원의 추가 마일리지를 받을 수 있는 “탄소중립 포인트 제도” 추가 가입이 기대된다.
- 현재 탄소중립 포인트제를 145만명이 이용하고 있는데 올바른 입지선정을 통해 자원순환보증금제도가 활성화된다면 더 많은 수의 회원을 모집하여 탄소중립 실천을 확산하고 순환경제를 이룰 수 있을것으로 기대된다.
- 근거법령 : [탄소중립포인트 제도 운영에 관한 규정]

### 2. 이산화탄소 저감 효과

- 환경부에 따르면 플라스틱 일회용컵의 생산부터 폐기까지 발생하는 이산화탄소 배출량은 약 23g이다.
- [그린피스, 2023 플리스틱 대한민국 2.0]에 의하면 플라스틱 컵의 국내 전체 연간 소비량은 74,319톤에 육박하며, 1인당 연간 플라스틱 컵으로 인해 배출되는 이산화탄소 배출량은 2.346kg이다. 대한민국 국민 모두가 총 배출하는 일회용컵으로 인한 이산화탄소 배출량은 12만1123톤이며 이는 나무 1514만 그루가 연간 흡수하는 이산화탄소량과 동일하다.
- 자원순환보증금제도가 전국 시행이 되지 않은 21년도 한국의 일회용컵 재활용 비율은 5% 미만이다. 실제로 끝난 세종시의 경우 40% 정도의 회수율을 보였으며, 제주도는 70%의 회수율을 보였다. 따라서 올바른 입지선정을 통해 자원순환 보증금제가 전국적으로 확산된다면 최소 48,449ton에서 84,786ton까지의 이산화탄소를 줄일 수 있고 이는 연간 605만 그루에서 1059만 그루의 나무를 심는것과 동일한 효과를 가진다.