

The background of the slide is a photograph of a river. In the foreground, there are several dark, fallen tree branches and some green algae or moss. A bright green plastic bottle is visible in the upper right portion of the image. The water is a murky brown color. The overall scene suggests a natural environment with some human-made waste.

자원순환기기 입지 분석

TEAM 수퍼루키

김소희 김하늘 문기영 안세훈 이상목 정배규

CONTENTS

Part 1 분석배경 및 문제 정의

Part 2 데이터 수집 및 활용 데이터 정의

Part 3 데이터 기초 분석 및 처리

Part 4 입지점수 도출

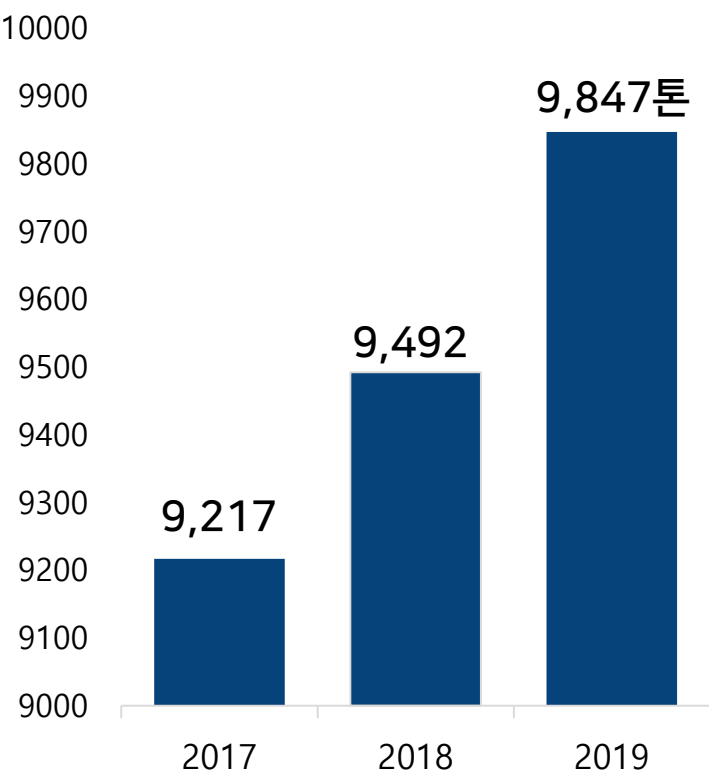
Part 5 MCLP 최적화 모델링

Part 6 최종 입지 선정

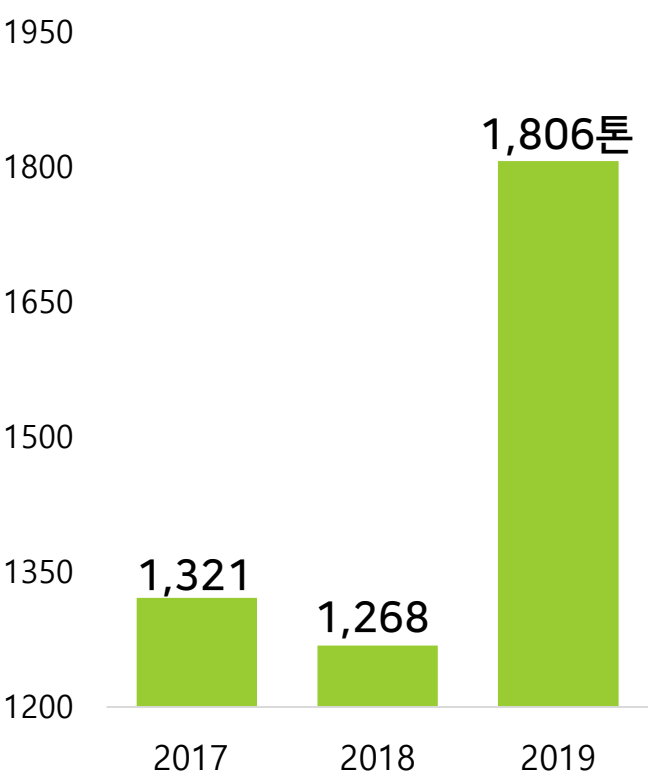
Part 7 서비스 활용 방안 및 기대 효과

Part1. 분석 배경 및 문제 정의

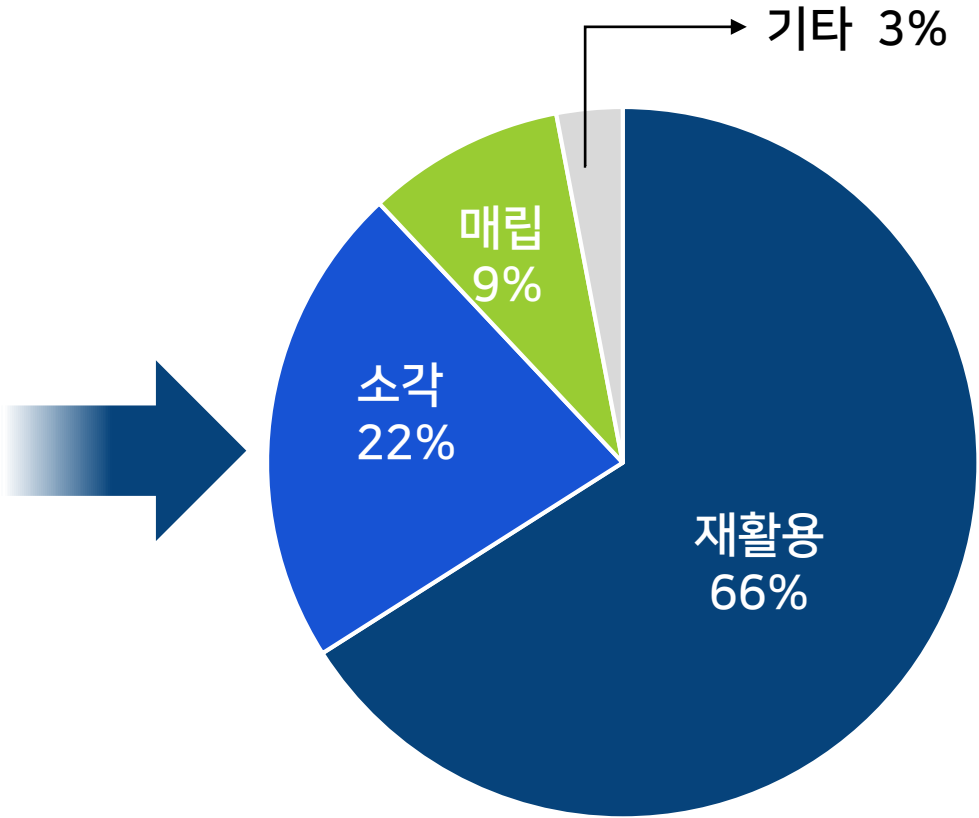
증가하는 생활폐기물과 매 해 천 톤 넘게 발생하는 폐 플라스틱



생활폐기물 통계



플라스틱 배출량 통계



2019년 서울시 생활폐기물 처리현황

Part1. 분석 배경 및 문제 정의

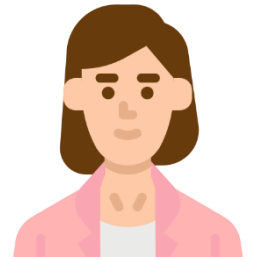
높은 재활용률, 그럼에도 불구하고 해결되지 않는 **쓰레기 문제**



경기대학교 이승희 교수
(환경에너지공학과)

"지금 우리나라의 폐기물 재활용 현황은 **분리수거 된 쓰레기가 재활용 처리 업체로 들어가는 것만 보고 있다**. 실제로 그 뒤에 폐기물들이 어떻게 되는지는 모른다. 우리나라의 재활용률이 높은 이유가 바로 여기에 있다."

"플라스틱 문제를 해결하는데 있어서 정확한 데이터베이스는 기본임에도, **정확한 자료를 아무도 집계하지 못하고 있다**. 전문가들이나 재활용업체에선 재활용 업체에 들어간 폐기물 중 **30% 정도가 실제로 물질재활용이 되는 것**으로 보고 있다."



그린피스 김미경
플라스틱 캠페인 팀장

“코로나19”라는 상황을 감안하더라도 서울 내 1인 가구 증가와 비대면 소비 방식의 확대로

플라스틱을 포함한 생활폐기물량은 증가 할 것으로 예상

Part1. 분석 배경 및 문제 정의

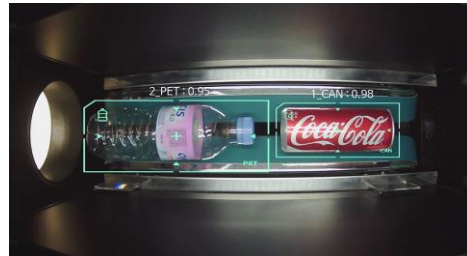
정부와 지자체는 기존의 처리 방식이 아닌

IoT, 인공지능을 이용하여 재활용 여부를 판별하고, 자원 순환을 위해 노력하는 스타트업 지원중

회수기기 운영 프로세스



불순물이 많은 펠릿은
재활용 난해



AI를 통해
깨끗한 재활용품 회수



순도 높은 펠릿 생산

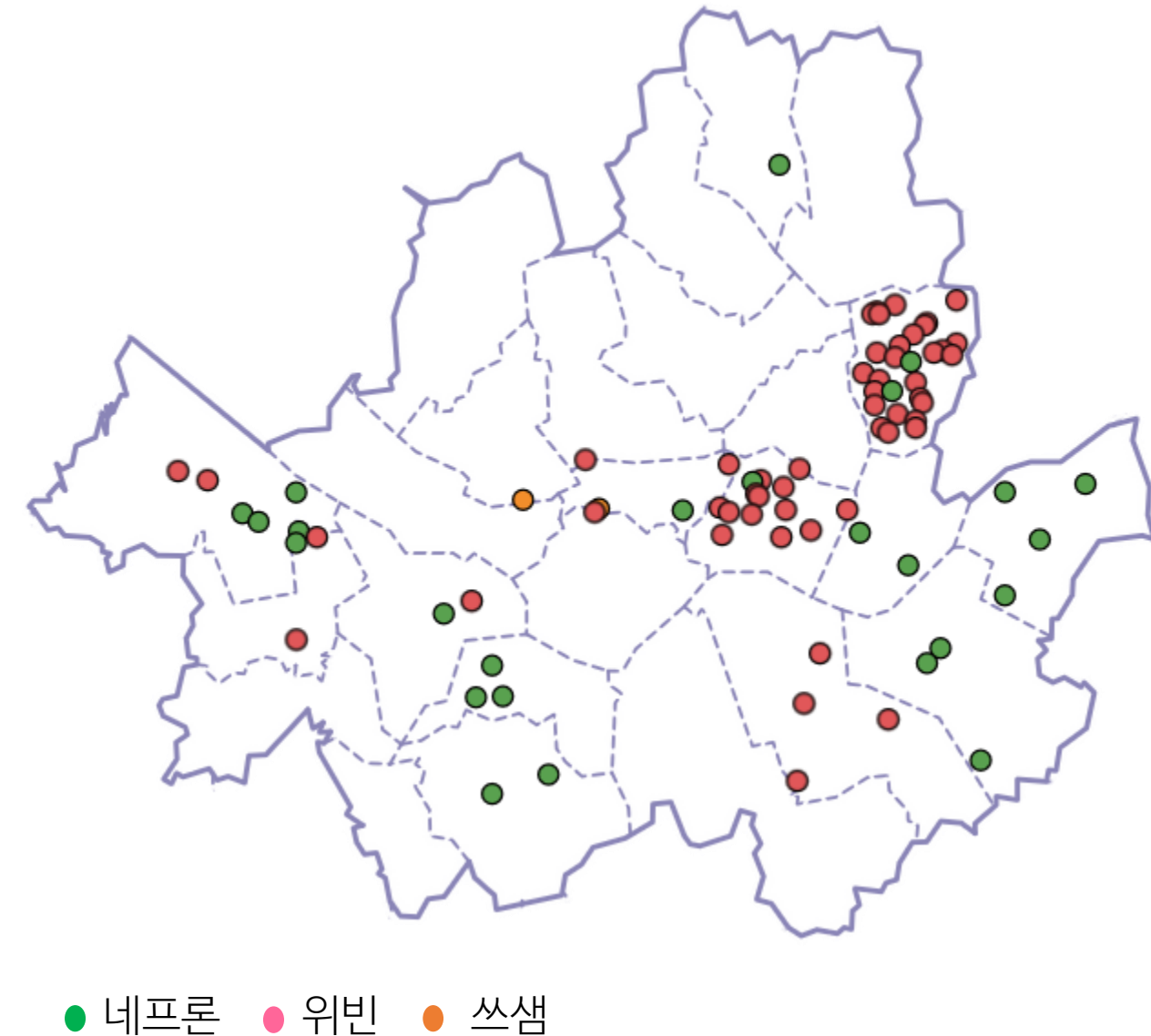
대표적인 회수기기 예시



네프론
(캔, 페트병 수거)

회수기기에 수거된 폐기물은 소각이나 매립 없이 100% 재활용

Part1. 분석 배경 및 문제 정의



회수기기 총 94대

→ 지속적으로 증가하는 자원 회수 로봇

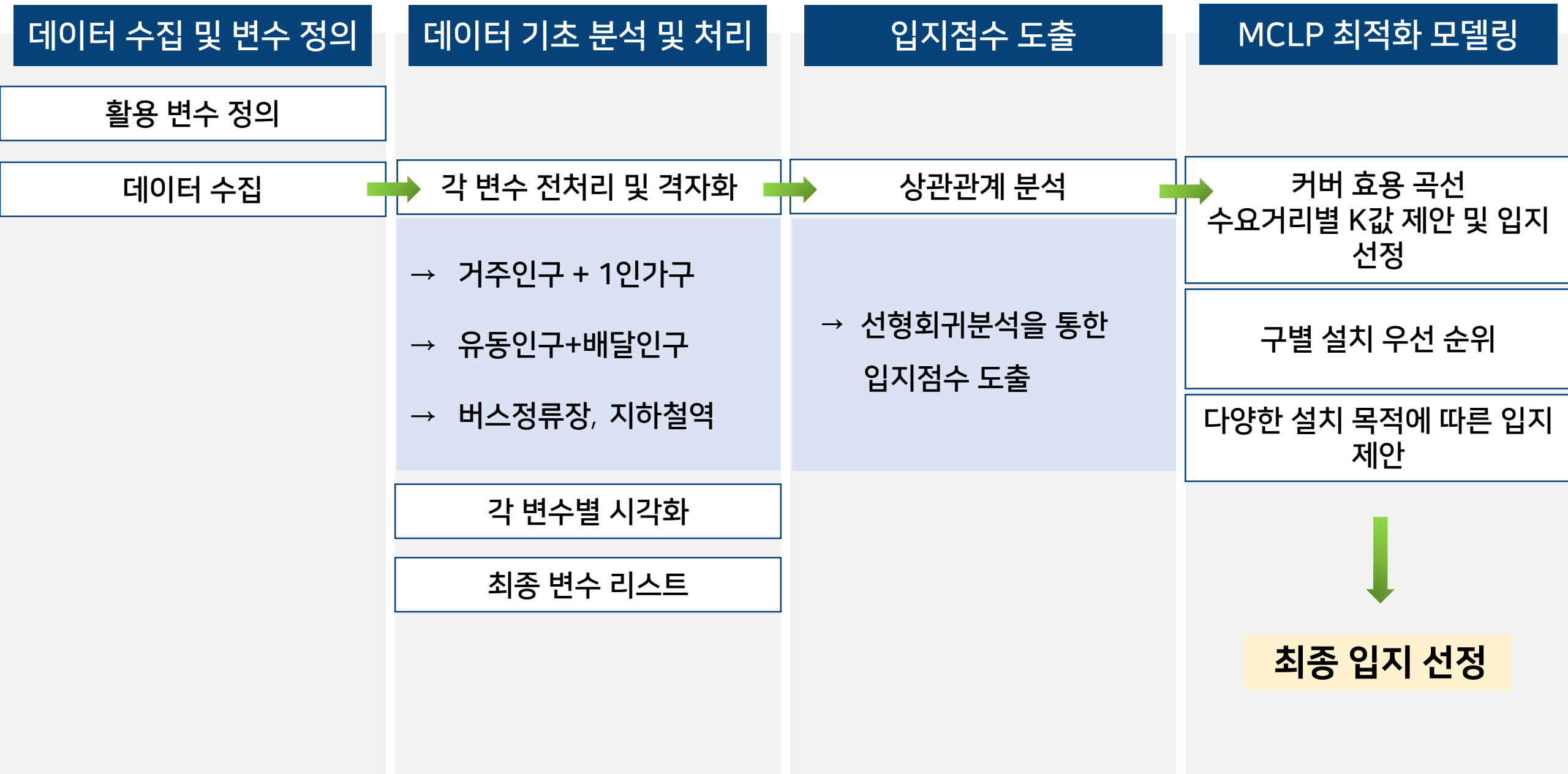
·
·
·

보다 효율적이고 효과적인

자원 회수를 위한

자원 회수 로봇의 설치 위치 선정


Part2. 분석 방향

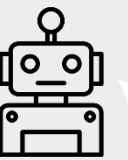


Part2. 데이터 수집 및 활용 데이터 정의 - 활용할 변수 정의

자원회수기기 업체 1:1 문의 결과

기존 설치된 자원회수기기의
위치 선정 기준과 고려 요인이 궁금합니다.



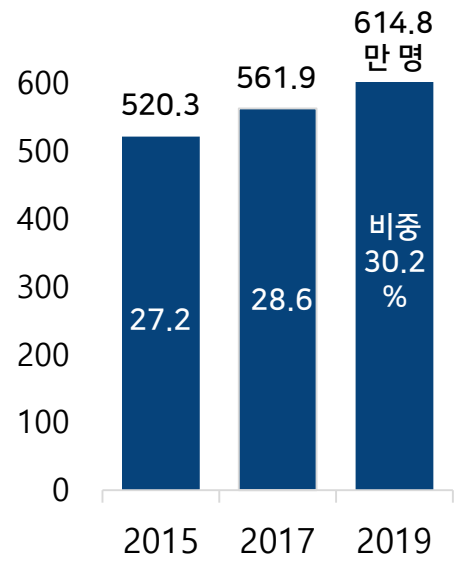


현재 **지자체, 기업** 등과 비즈니스 파트너를
맺어 자원회수기기를 설치하고 있으며
**클라이언트가 원하는 지역에서 가능한
많은 구민, 도민이 이용할 수 있는 장소에**
자원회수기기를 설치하고 있습니다.

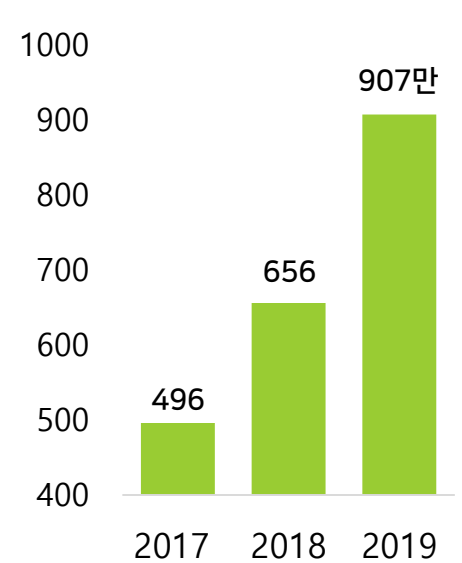
가능한 많은 사람들이
이용할 수 있는 입지 선정

거주인구 수
유동인구 수
변수 활용하여
입지 제안

위치 특성을 반영을
위해
지하철, 역
변수 활용하여 입지
제안



1인 가구 수 추이



배달 이용자 수

언택트 소비 활동 증가 배달수요 ↑ 포장재 사용 ↑
음식배달 75% 상승 -> 플라스틱 사용률 14.6%, 폐비닐 11% 증가
(출처 : 통계청 및 기타 보도자료)

1인가구는 다인가구 대비 1인당 **2.32배 많은 일회용품 배출**.
다인가구 대비 '일회용 포장재(스티로폼 등)' 4.44배,
'페트병'과 '캔' 3.03배 더 많은 일회용품을 사용
(출처 : 한국농촌경제연구원, 2019, 서울디지털재단)

1인가구수
배달인구
변수 활용하여
입지 제안

Part2. 데이터 수집 및 활용 데이터 정의

* 데이터셋은 최소 통계 집계구역인 서울시 '집계구'를 기준으로 수집 및 변환

데이터 분류	데이터명	출처	기간
인구통계학적 데이터	인구총괄(총인구)	통계지리서비스	2019
	유동인구		
	성연령별 인구		
	세대구성별가구		
시설 데이터	건물 (TL_SPBD_BULD)	도로명주소전자지도	2019
	보도(Z_NGII_N3L_A0033320)	국토지리정보원	2019
	서울교통공사 지하철역 위치 정보	서울열린데이터광장	2019
	서울시 버스정류장 위치 정보		2019
	주택 유형별 주택	통계지리서비스	2019
	집계구 경계		2019
	센서스용 행정구역경계		2019
	회수기기 데이터	자체 데이터 수집	~2021

Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 데이터 병합 방법 -> 격자화

➤ 격자 point 생성

서울시 격자화



서울시 격자 중심 point 좌표 추출



위도	경도
37.55471	126.7647
37.55561	126.7646
...	...
37.56618	127.0839
37.56708	127.0838

+

변수 값
0
0.002362
...
0.002567
0.001848

서울 시 내 100 x 100 격자 생성 후 **각 격자의 중심 POINT 추출**
각 중심 포인트마다 인구, 시설, 행동 데이터로 만든 **변수 값 할당**

Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 거주인구, 1인가구 변수 EDA

1
인
가
구

세대구성별 가구 Raw Data 구조

집계구 코드	세대	수
1101053010001	1세대 가구	NA
1101053010001	2세대 가구	29
1101053010001	3세대 가구	39
1101053010001	1인 가구	50

통계지리서비스 sgis.kostat.go.kr

집계구별 통계자료 값이 5 미만일 경우,
통계비밀보호를 위해 통계값 제외(N/A)처리 됨
NA값 1~4의 평균값인 2.5값으로 대체

세대구성별 가구 data에서 1인가구만 추출

거
주
인
구

연령별 인구 Raw Data 구조

집계구 코드	연령	수
1101053010001	4세 이하	8
1101053010001	5~9세	NA
1101053010001	10~20세	NA
...

통계지리서비스 sgis.kostat.go.kr

집계구 코드를 기준으로 각 연령별 데이터 통합

NA값 1~4의 평균값인 2.5값으로 대체

Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 거주인구, 1인가구 변수 격자화 병합

격자 중심 Point에
1인 가구, 거주인구 Data 할당

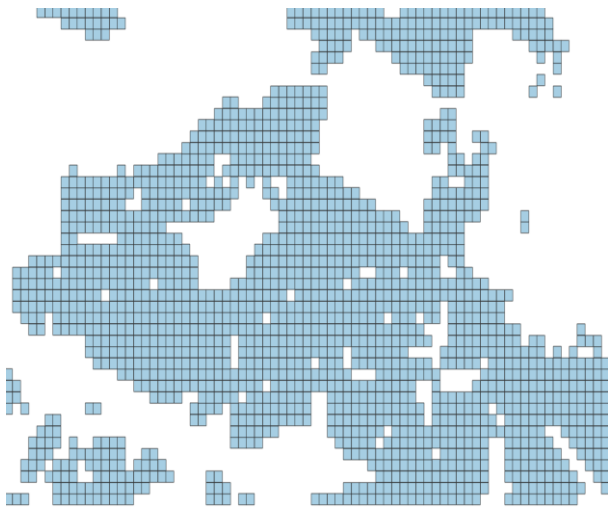
거주지용 건물 추출



도로명주소전자지도 <https://www.juso.go.kr>

- ✓ 서울시 건물 shape파일에서
단독주택, 공동주택, 아파트 등
거주지용 건물 shape만 추출

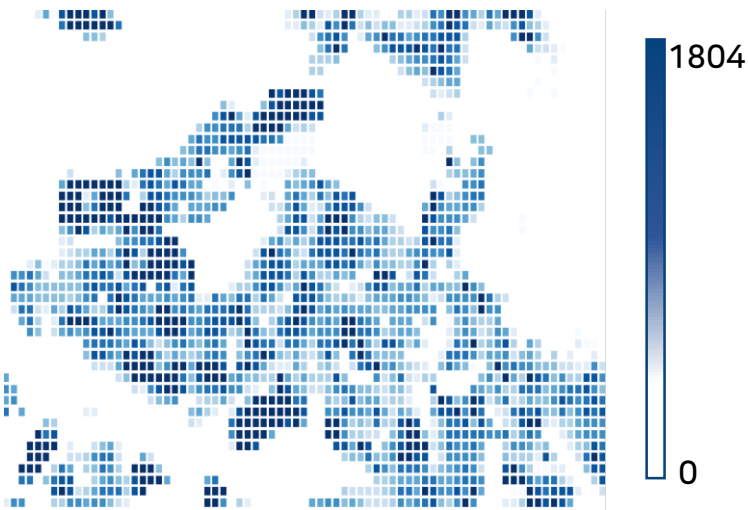
거주지 100x100 격자 추출



- ✓ 서울시 100x100 격자와
거주지용 건물 shape과
겹치는 부분 추출

1
인
가
구

거
주
인
구



Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 유동인구, 배달인구 변수 EDA 및 격자화

유동인구

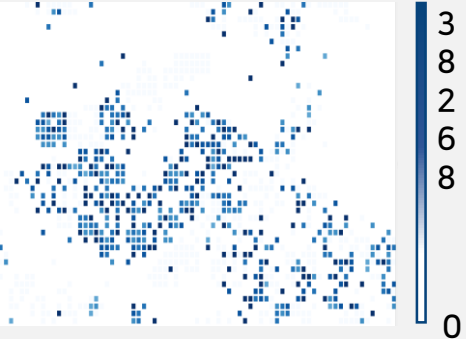
유동인구 Raw Data 구조

집계구 코드	시간	수
1101053010001	0시	437
1101053010001	1시	288
1101053010001	2시	147
1101053010001	3시	220

사람들의 이동시간인
6시 ~ 21시까지의 유동인구를 3시간
단위로 병합

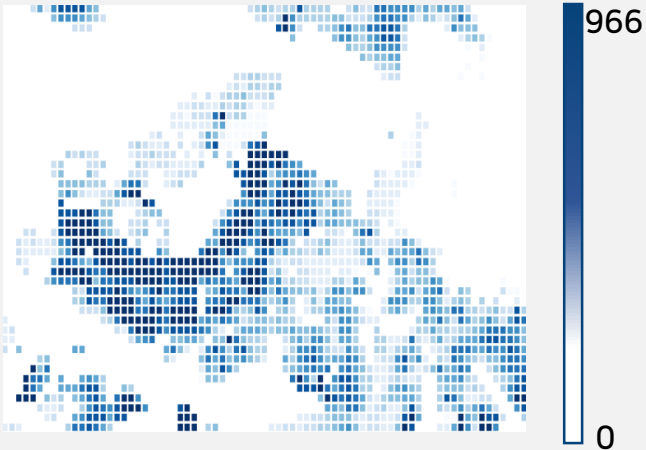
도보 위치 좌표 추출 → 도보 100M 격자화

격자 중심 Point에
유동인구 할당



배달인구

격자 point에 할당된 거주인구 DATA



베이즈 정리 (Bayes' theorem)

앞서 생성한 격자 중심 point에 할당된 거주인구 변수를
활용하여 배달 인구 변수 생성

Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 유동인구, 배달인구 변수 EDA 및 격자화 병합

베이지 정리 (Bayes' theorem)



배달앱 이용자 중 20대 비율

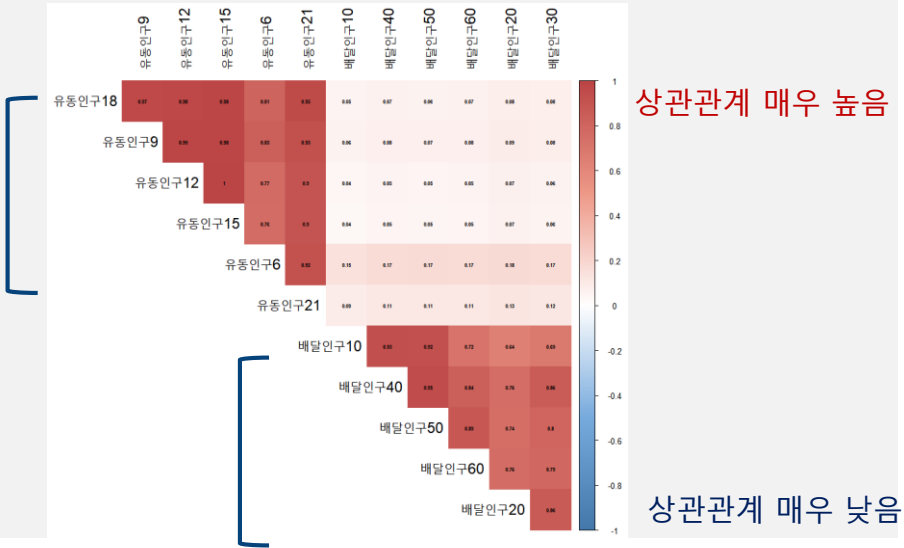
$$P(\text{배달앱 이용} | 20\text{대}) = \frac{P(20\text{대} | \text{배달앱 이용}) \cdot P(\text{배달앱 이용})}{P(20\text{대})}$$

새로운 변수 생성
: 연령대별 배달앱 이용자 비율

Feature reduction (차원 축소)

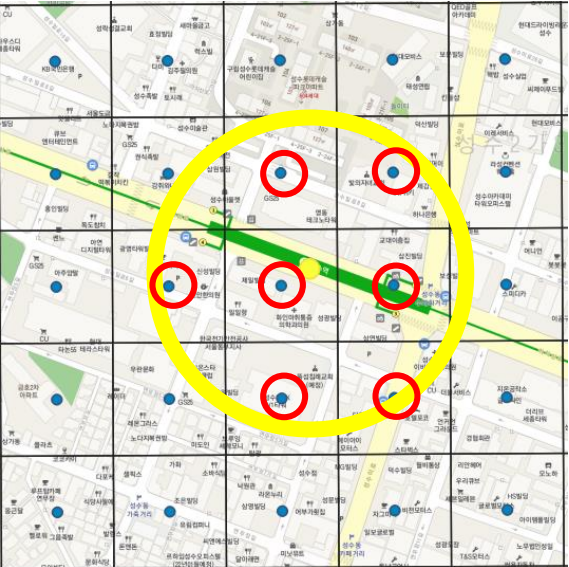
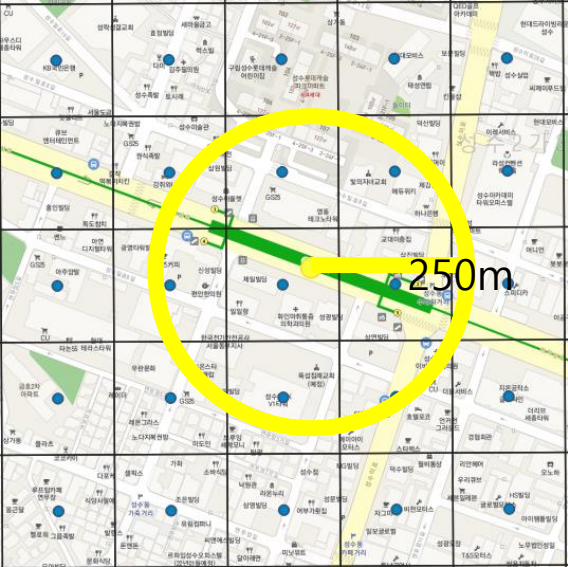
- 고차원의 Raw data를 데이터에 있는 의미 있는 특성은 유지하면서 저차원의 데이터로 변환하는 기법
- 유동인구, 배달인구의 변수들이 시간대별, 연령대별 상관관계가 0.9 이상으로 높아 시간대별, 연령대별 두드러지는 특징이 없는 것으로 보임
- 데이터의 의미 있는 특성을 유지하는 변수 값으로 대체
 - 시간대별, 연령대별 총 유동인구, 총 배달인구 변수 값으로 대체

시간대 별 / 연령대 별 상관관계수



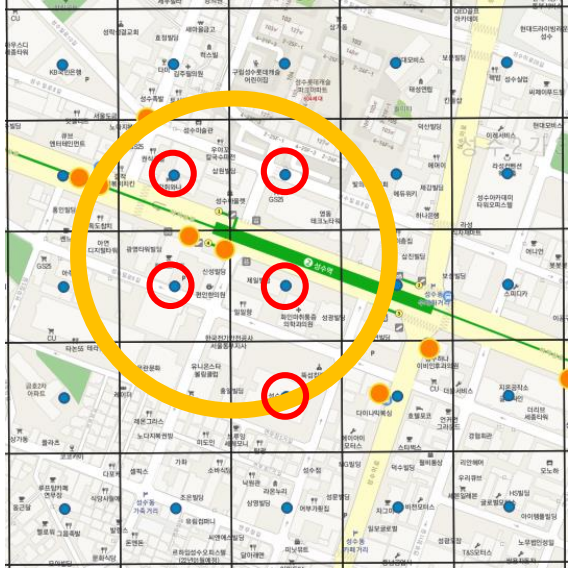
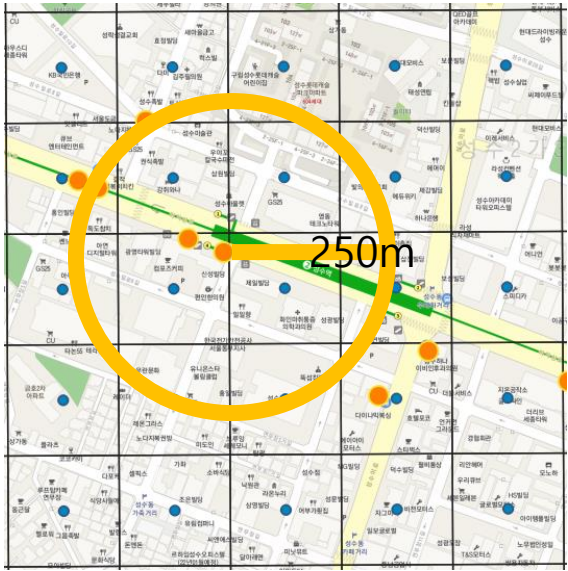
Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 지하철, 버스정류장 변수 EDA 및 격자화 병합

지하철



지하철, 버스정류장의
위치적 특성을 반영하기 위해
반경 250m 안에 있는
격자 중심 point에 데이터1씩 할당

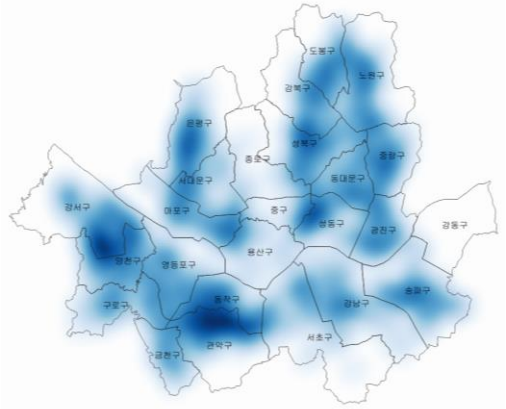
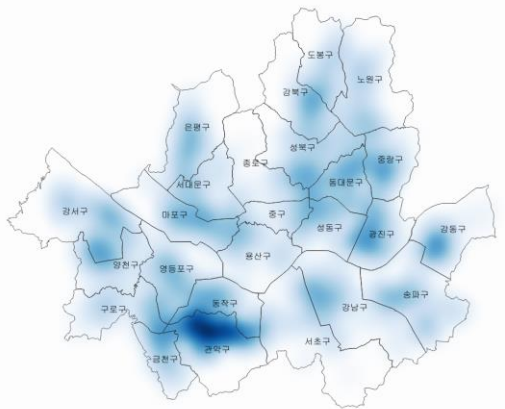
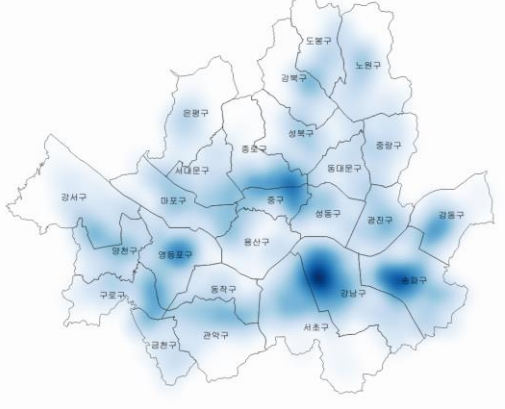
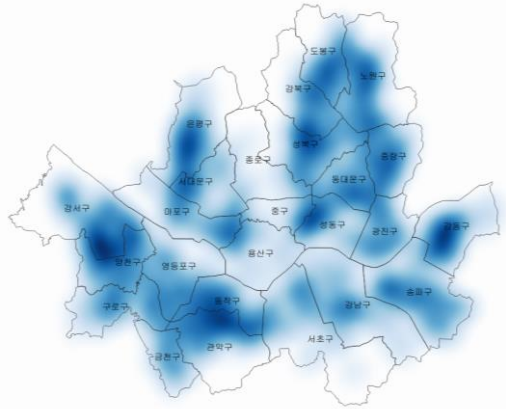
버스정류장



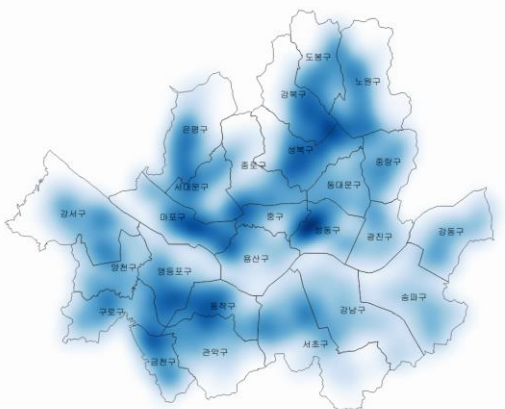
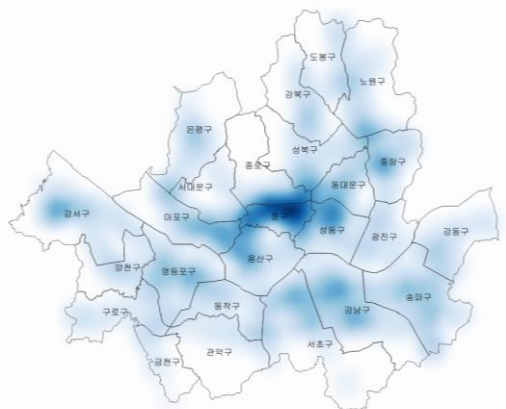
위도		경도	지하철	버스정류장
37.55471		126.7647	1	0
37.55561		126.7646	1	1
...	
37.56618		127.0839	0	1
37.56708		127.0838	0	0

Part3. 데이터 기초 분석 및 처리 - 최종 변수 LIST

거주인구	유동인구	1인가구	배달인구
------	------	------	------



지하철 역	버스정류장
-------	-------



- ❖ 거주인구 - 다른 구들에 비해 종로구, 중구, 용산구, 서초구 분포도 낮음
- ❖ 유동인구 - 강남구, 송파구 분포도 높음
- ❖ 1인가구 - 관악구 분포도 높음
- ❖ 배달인구 - 다른 구들에 비해 강동구 분포도 낮음
- ❖ 지하철역 - 중구 분포도 높음
- ❖ 버스정류장 - 서울 동남쪽 분포도 낮음

Part4. 입지점수 도출 - 선형회귀분석

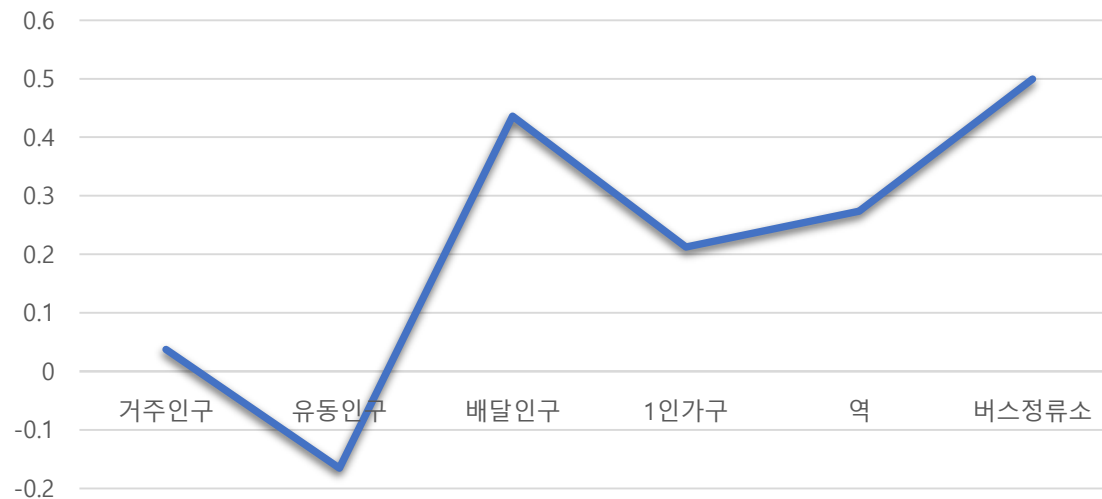
➤ 선형회귀분석 (Linear Regression)

formulation

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i$$

- 영향을 주는 변수인 독립변수와, 영향을 받는 변수인 종속변수 간 영향 관계를 설명하는 식
- 기존 회수기기의 위치 특성을 반영한 입지선정을 하기 위해 선형회귀분석을 통해 회수기기가 존재하는 구만 추출해서 각 변수와 기존 회수기기와의 상관관계 분석
- 종속변수 Y = 기존 회수기기 cover 유무
- 독립변수 X = 각 변수들 (거주인구, 유동인구, 배달인구, 1인가구, 역, 버스정류소)

Coefficient graph



거주인구	유동인구	배달인구	1인가구	역	버스정류소
0.03737	-0.1656	0.43588	0.21224	0.27335	0.49964

- ✓ 회수기기는 주로 **배달인구**가 많고, **버스정류장**과 가까운 곳에 설치가 되어있음
- ✓ 거주인구, 유동인구의 coefficient가 0에 가까움
= 거주인구와 유동인구가 기존 회수기기의 입지 선정에 주된 요인이 아니었음을 확인.

Part4. 입지점수 도출 - 입지점수 계산

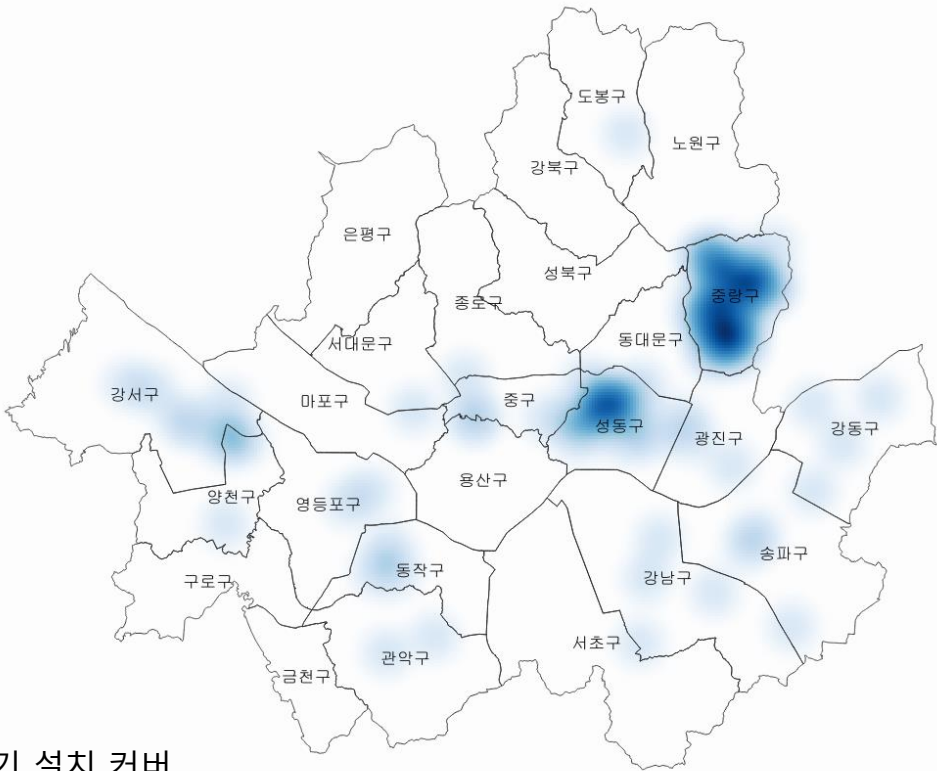
입지점수(수요) 계산 방법

정규화된 6개의 입지 특성의 변수들과
선형회귀분석을 통해 얻은 **coefficient**의 곱으로
입지 점수 계산

입지 특성 (정규화)	Coefficient 가중치	X	→	입지 점수
거주인구	0.03737			
유동인구	-0.1656			
배달인구	0.43588			
1인가구	0.21224			
버스정류장	0.27335			
지하철 역	0.49964			0.03737

기존 설치 장소 cover 시각화

특정 위치 (중랑구, 성동구) 분포도 높음
유동인구 상관성 낮음
배달인구, 버스정류장 상관성 높음



기존 회수기기 설치 커버

➤ MCLP
(Maximum Coverage location Problem)

특징	최대지역커버문제. 시설물의 개수 혹은 예산 비용이 제한 되었을 때, 시설물의 서비스 수준을 높이기 위하여 주어진 제약조건 하에서 시설물이 커버하는 수요량을 최대화하는 위치를 선정하는 현실적인 방법.
모델 선정 이유 및 분석 목적	지자체가 원하는 다양한 설치 목적에 따라, 전문가의 의견 을 반영하기에 용의한 유연한 모델을 만들기 위해. 다양한 시나리오를 세워 추가분석이 가능한 입지 분석을 하기 위해.
가정	회수기기의 위치가 일정거리 이내의 수요를 커버한다.

MCLP formulation

$$\text{Maximize } z = \sum_{i \in I} w_i y_i$$
$$S.T \quad \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad \text{for all } i \in I$$
$$\sum_{j \in J} x_j = K$$
$$x_j = (0,1) \quad \text{for all } j \in J$$
$$y_i = (0,1) \quad \text{for all } i \in I$$

I = 수요지점 세트
 J = 시설입지 세트
 x_j = 1 시설물이 j 에 할당된 경우
 , 그렇지 않은 경우 0
 y_i = 1 수요지점 i 에 최소 한 개의
 시설물로 커버되는 경우
 , 그렇지 않은 경우 0
 N_i = 수요지를 커버할 수 있는
 시설 후보지 집합

목적 함수 Y : 설치 후보 기준 point -> 공공시설 및 공원 좌표

결정 변수

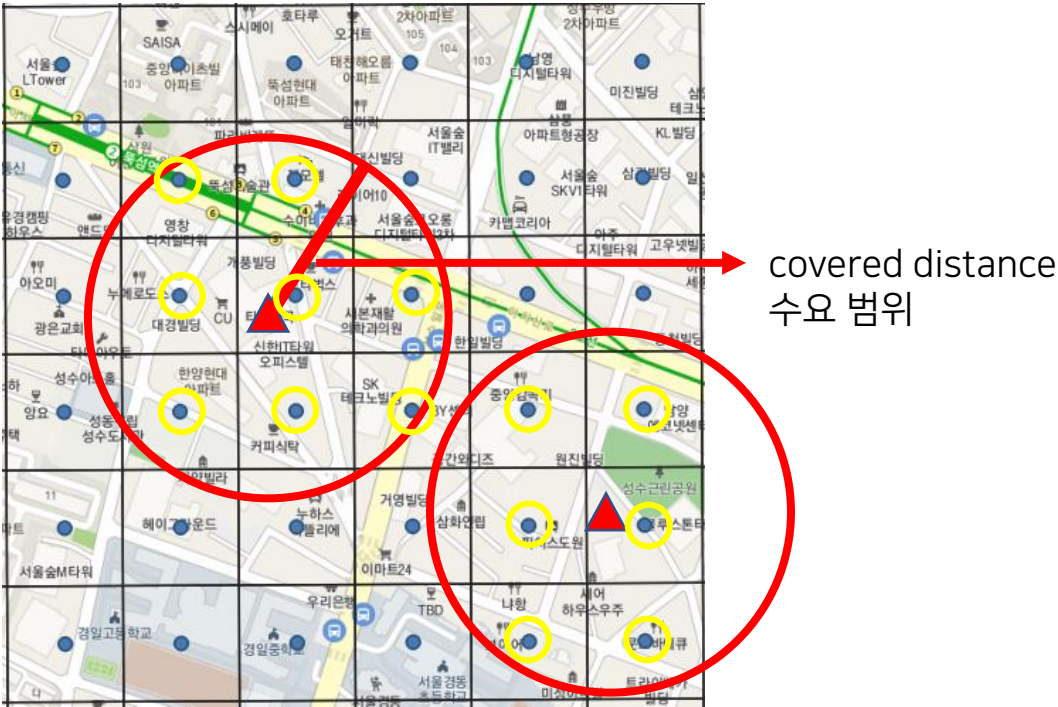
k : 회수기기 설치 대수

w : 입지점수

- ① 현재 회수기기의 위치 특성을 반영한 변수들의 가중치로 만든 입지점수
- ② 각 설치 목적에 맞는 가중치로 만들어진 입지점수

covered distance : 회수기기가 cover가능한 범위
(300m, 500m, 700m)

MCLP



- : 격자 중심 Point에 할당된 입지점수
- ▲ : (후보 또는 최종) 설비의 위치

최종 MCLP 모델링 방향

MCLP 최적화 방법론을 활용하여
지자체가 원하는 다양한 설치 목적에 따른
세가지 시나리오를 선정하여 입지 제안..

입지 제안 1. 서울시 내 설치 대수, 수요 범위별 입지 제안

입지 제안 2. 우선적으로 설치가 필요한 구들 선정
1위) 강서구 2위) 송파구 별 입지 제안

입지 제안 3. 우선 설치 구들을 기준으로 한
현재 회수기기의 위치 특성 이외의
특정 목적에 따른 입지 제안

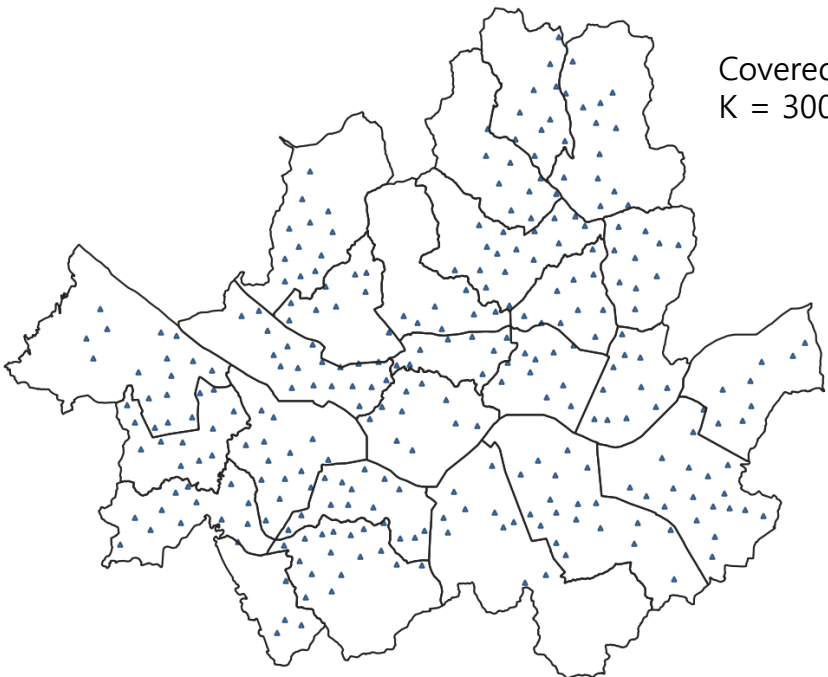
Part5. MCLP 최적화 모델링 및 입지 선정 - 수요충족도 별 K, covered distance 분석

➤ 서울시 내 수요 거리(covered distance)별 설치 대수(K) 제안

Y축 : 커버비율 = $\frac{\text{실제 커버 범위}}{\text{전체 수요 (총 입지점수)}}$

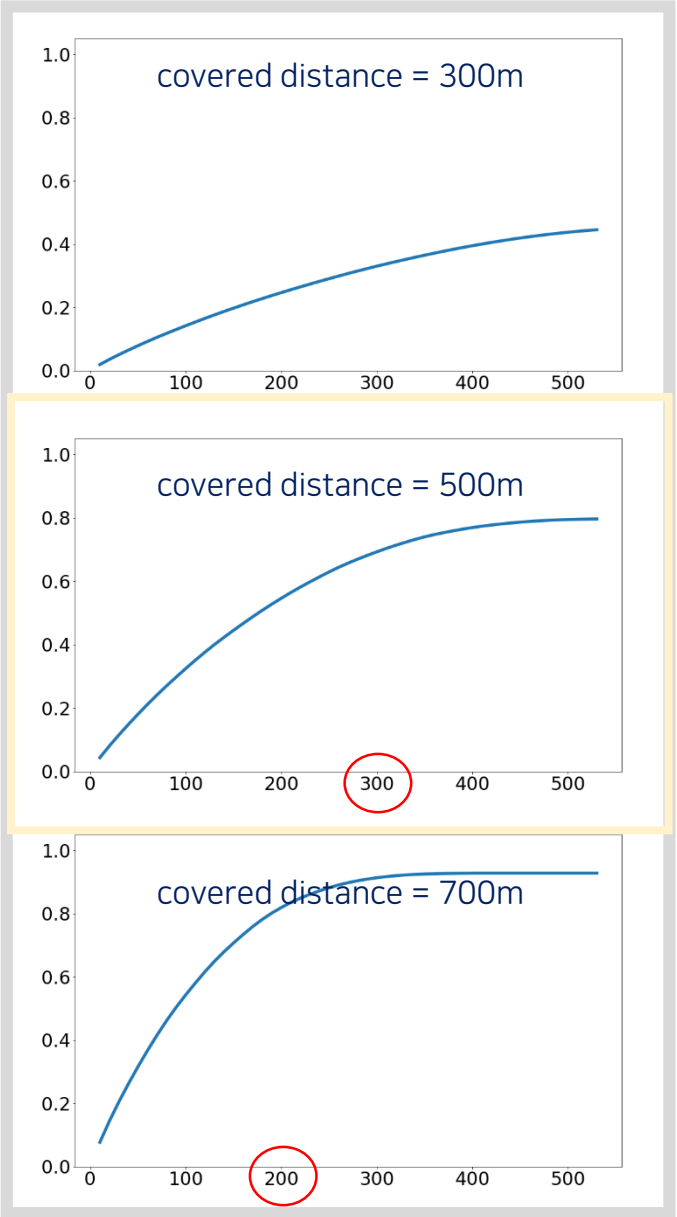
X축 : 회수기기 설치 대수 (K)

최대 효용을 낼 수 있는 최적의 K값 제시



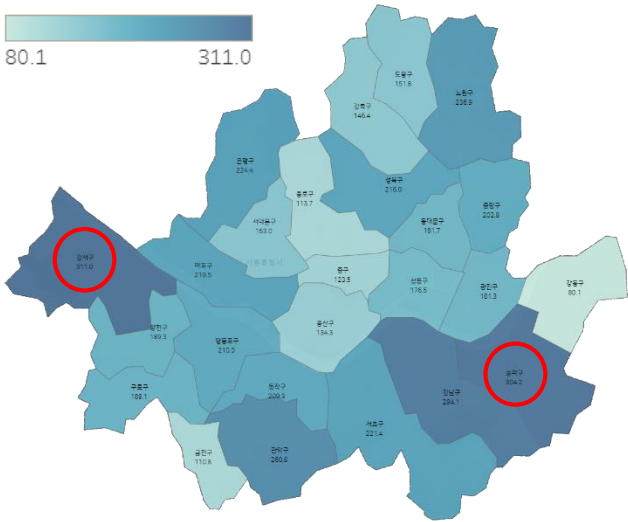
Covered distance = 500m
K = 300

경도	위도	최종 입지 선정
127.0384	37.4909	강남구 도곡1동 548-10
127.0517	37.47882	강남구 개포4동 1211~4
127.0568	37.49324	강남구 대치1동 646-2
...
127.0872	37.59984	중랑구 상봉1동 상봉중앙로1길 6



Part6. 최종 입지 선정 - 구별 설치 우선 순위

➤ 구별 설치 우선 순위

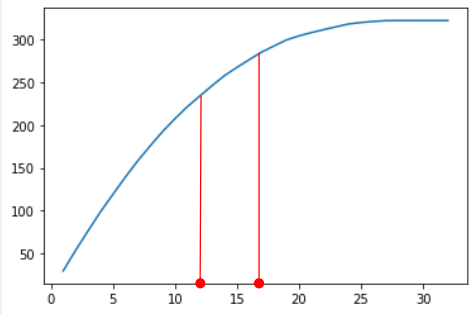


순위	구	수요 합계
1	강서	310.9961
2	송파	304.2380
3	강남	294.0745
4	관악	260.8014
5	노원	236.8843
6	은평	224.4349
7	서초	221.4175
...

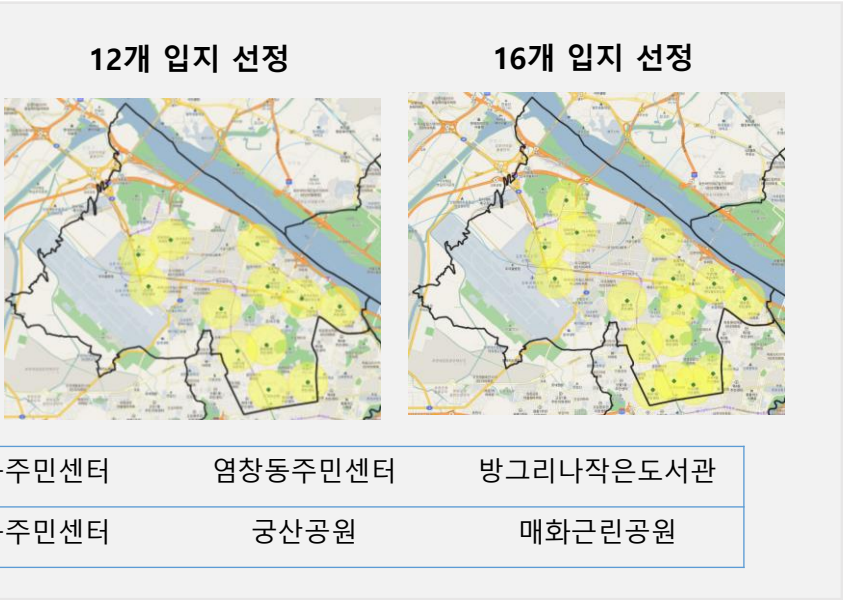
- 현재 대부분의 회수 기기는 서울시 모든 구가 아닌
특정 지자체와 계약하여 설치가 됨.
- ✓ 우선 설치 되어야 할 구들을 선정
= 입지점수(수요)가 높은 구
 - ✓ 수요가 높은 Top2구의 입지 제안 (강서, 송파)

1순위 강서구

강서구 수요 충족 곡선

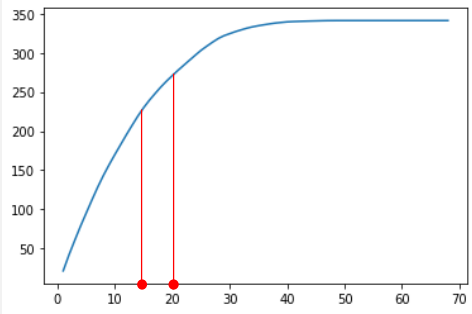


화곡1동주민센터	화곡6동주민센터	염창동주민센터	방그리나작은도서관
등촌3동 주민센터	방화1동주민센터	공산공원	매화근린공원

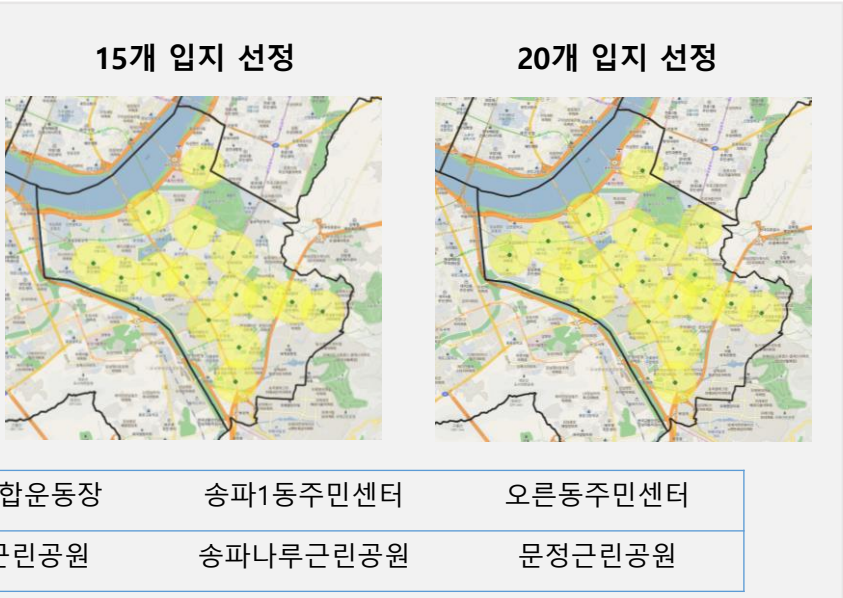


2순위 송파구

송파구 수요 충족 곡선



해누리초중이음학교	잠실종합운동장	송파1동주민센터	오른동주민센터
삼전동주민센터	오금근린공원	송파나루근린공원	문정근린공원



Part6. 최종 입지 선정 - 다양한 설치 목적

➤ 다양한 설치 목적에 따른 입지 제안

1인가구 영향력 강화



유동인구 영향력 강화



버스정류장 영향력 약화



화곡본동주민센터



등촌3동주민센터



화곡8동주민센터



방화1동주민센터



매화근린공원

자원 순환기기 설치를 통해 폐기물, 배출, 그리고 처리까지 이루어지는 **물질 순환 과정을 정부와 지자체에서 체계적으로 관리 가능**

유연한 MCLP 최적화 모델링을 활용한 **지자체가 원하는 목적에 맞는 입지 선정 가능**

최적화 모델링을 통해 재활용품 회수 기기 수요도가 높은 곳에 설치함으로써 **최소의 비용을 가지고 최대 수요를 커버할 수 있음**

이와 같은 순환자원 회수기기의 최적의 입지 선정을 통한

플라스틱 재사용 용이

소각, 매립 쓰레기 감소

환경 보호

참고문헌, 출처 및 활용 Tool

<https://www.ekoreanews.co.kr/news/articleView.html?idxno=45755> 배달앱 이용자 수

<https://news.joins.com/article/23953858> 음식배달률, 폐플라스틱, 폐비닐 사용률

유동인구 및 인구밀도를 활용한 안산시 방범용 CCTV의 입지모델링 연구, 국토지리학회지 제 48권 4호, 2014(533~546), 이민정

The maximal covering location problem, Richard Curch

공간 최적화 모형을 이용한 자동심장충격기(AED)의 커버리지 평가 : 강남구를 사례로, 한국지리학회지, 2021, 김감영



감사합니다 !