수원시 스마트 버스 정류장 우선 설치위치 선정

[Team B3A1]

CONTENTS

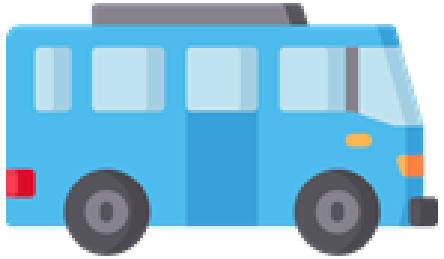
문제 정의
배경

목표 설정
고려요인
분석방법 설정

Data
데이터 Filter
데이터 전처리

Model
SPCA
K-means Clustering
PLS Regression

결론
결과 및 해석
결론



1

문제 정의

배경

1. 수원시 현황

1) **스마트 챌린지 솔루션 확산 사업 대상지** 선정

수원시는 "시민 삶에 플러스가 되는 스마트 시티 솔루션 플러스
(**스마트 버스 정류장**, 스마트 횡단보도, 공유주차)" 를 주제로 응모해 선정

스마트버스정류장

스마트공유주차

스마트횡단보도

스마트 버스 정류장

AI 음성인식/안내
기상특보, 재난재해,
음성호출

힐링쉼터
냉난방, 공기질 측정,
체온 측정

편의시설
휴대폰 충전
무료 와이파이

스마트 챌린지 솔루션 확산 사업은 오는 4월에 시작해 **올해 안에 마무리할 계획**
"**스마트 도시**" 로 자리매김하는 발판을 마련

1. 수원시 현황

2) **교통 서비스의 품질을 높이기** 위한 지속적인 노력

"수원시, 광역버스 졸음운전 탐지해 시민 안전 챙긴다"

"2021년 디지털 공공서비스 혁신프로젝트"에 선정되어 국비확보

졸음운전 탐지 및 안전 서비스 구축을 통해 버스 운전기사를 관리하고
운수종사자, 수원 시민, 경기도민의 안전을 확보하는 것이 목표

최강 한파 속 수원시 버스정류장 온열의자 인기

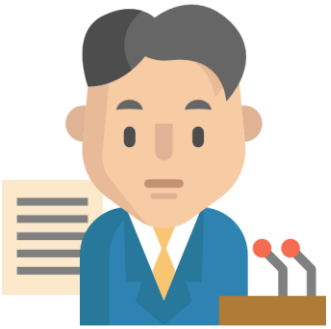
시민들이 버스를 기다릴 때 이용할 수 있도록
2015년부터 **온열의자**를 설치하여 운영 중

고효율 탄소 소재 발열체가 내장되어
소량의 전기로 최대 40도까지 열을 냄

배경

1. 수원시 현황

3) 미세먼지 감축을 위한 지속적인 노력과 투자



"지속가능한 도시생태계를 조성하겠습니다."

"그린 인프라 구축과 도시 숲 조성으로 **미세먼지 저감**을 위한 도시환경 문제에 **적극 대응**해 갈 것입니다."

-2021년 수원시장 신년사 中

미세먼지 감축을 위한 수원시의 주요 사업과 정책

- 미세먼지 **계절 관리제** 시행
- 저공해 차량 보급 및 충전 인프라 확대
- 도시숲 확대 및 생태공원 조성
- 대기오염 정보 공개 (**수원시 대기질 알리미**)
- 노후 경유차 조기폐차 및 LPG 화물차 신차 구입에 관한 차량 관련 보조금 지급
- 2024년까지 2016년 대비 **초미세먼지 연평균농도 25% 이상 저감** 목표
- 친환경 전기자동차 보급 및 보조금 지원

2. 문제 제기

1) 수원시 미세먼지 저감정책의 해결책, **스마트버스 정류장**

Q1. 현재 수원시 내 **미세먼지 측정소는 8곳 뿐**이며, 특히 미세먼지가 심한 **도로변의 측정소는 1곳 뿐**임.

A1. 스마트 버스 정류장 설치를 통한 **도로변 미세먼지 측정소 확대**

□ 대기오염측정망 개요
○ 위 치

Q2. 버스정류장 중앙차로의 이산화질소 농도는 도심지역의 2.5배~ 5.3배에 달해
버스 이용자가 승차대기 중 받게 되는 대기오염 피해는 상당히 높음

A2. 스마트 버스 정류장을 통해 주변 오염물질 유입을 방지하고, 공기정화장치 등을 통해 공기질 개선
실제로, 고양향동지구 내 설치한 스마트 버스 정류장에서 측정한 초미세먼지 농도 조사에 따르면
10% ~ 33%의 초미세먼지 저감효과를 보임

배경

2. 문제 제기

스마트 버스 정류장이란?

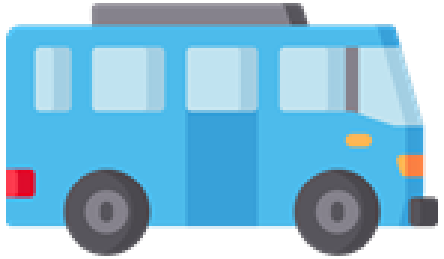
LH 스마트클린버스쉘터

미세먼지, 차량배기 가스 등
정류장 주변 오염물질 유입 방지

공기정화장치 등을 통해
버스정류장 내 공기질을 개선하는 시설

Wi-Fi 및 범죄 예방을 위한 안심벨이 설치됨

"미래형 교통 인프라의 초석"



2
목표 설정

고려 요인 설정

1. 중심 요인

1) 중심 요인 설정 배경

"서울시는 최첨단 ICT기술, 신재생에너지, 공기청정시설등 다양한 기능이 집약된 **미래형 버스정류소를 설치**한다고 밝혔다."

"**후보지는 이용현황을 바탕**으로 합정역, 홍대입구역, 왕십리광장등 10개소가 선정됐다."

서울시 스마트버스쉘터 담당자 전화 인터뷰 (서울시 정류소관리팀 김**님)

서울시 스마트 쉘터를 설치하는데 **주로 고려하신 사항**은 무엇인가요?

중앙버스정류소 위주로 설치하였고 **사람이 많은 곳, 지역의 상징성**을 고려하여 선정하였습니다.

주요기능 중 하나인 **미세먼지 차단과 정보수집** 측면에서 무엇을 우선적으로 고려하셨나요?

심각한 미세먼지 오염으로부터의 대피를 통한 시민 건강 증진에 초점을 두고 사업을 진행하였습니다.

정류장별 **광고 수익**을 위해 무엇을 고려하셨나요?

사람이 많이 모이는 노선들을 중점으로 **유동인구**를 주요하게 고려하였습니다.

감사합니다!

고려 요인 설정

1. 중심 요인

2) 중심 요인 설정

유동인구	서울시 스마트 버스쉘터를 선례로 참고하여, 잠재적 스마트 버스 정류장 이용자 혹은 광고 타겟층인 **유동인구**를 주요변수로 분석
초승+환승 수	최대한 많은 시민이 해당 버스정류장을 이용하도록 **실질적인 사용량**을 고려하여 분석
전체 교통량	교통량이 많을수록 미세먼지 배출량이 높고 대기시간동안 노출도도 커지므로 **미세먼지 노출도**를 **전체 교통량**과 연관시켜 분석

고려 요인 설정

2. 기타 고려 요인

1) **취약 계층**을 고려한 위치 선정으로 **공공의 이익** 실현

국내 정책 현황
- 생물학적요인 (영유아, 어린이, 65세 이상 고령자)을 대상으로 하는 주요 정책은 이미 수립되어 있음
국내 정책 한계점
- 스스로 보호하기 어려운 **사회적 민감군(저소득계층)에 대한 지원이 미약**한 실정

출처: 수원시 대기오염 민감군 피해저감 방안 연구 (수원시정연구원 연구책임자 강은하)

해결방안
미세먼지 취약계층이자 미세먼지 정보를 상대적으로 접하기 어려운 **고령인구와 저소득계층**도 함께 고려한 분석 진행
"소외 계층 없는 공공의 이익 실현"

2

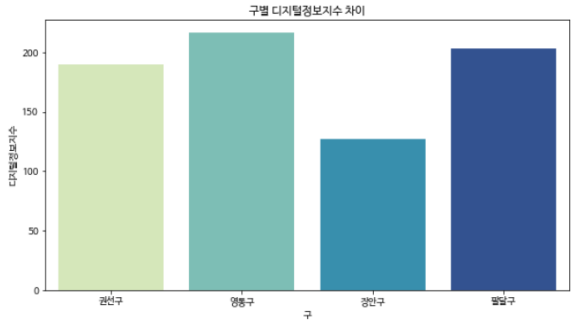
목표설정

분석 방법 설정

1. 구별로 나누어 분석 진행

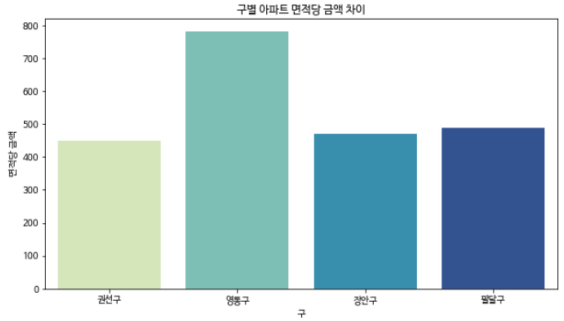
- [공공성] **최대한 많은 시민들**이 스마트 버스 정류장을 경험할 수 있도록 **골고루 배치**
- 각 구별 특성이 다르기 때문에 **차이점을 반영**하여 분석하고자, 구별로 나누어 분석

디지털정보지수



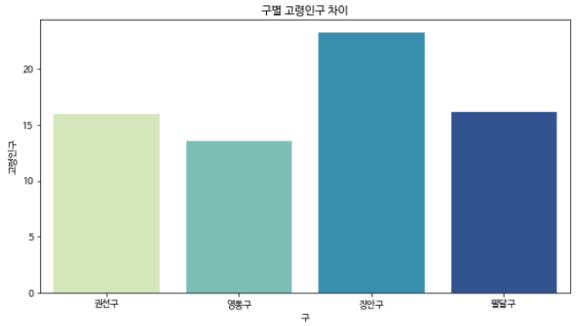
1등	영통구
4등	장안구

아파트 면적당 금액



1등	영통구
3등	장안구

고령인구



1등	장안구
4등	영통구

분석 방법 설정

2. 스마트 버스 정류장 광고 타겟팅

광고 타겟팅 방법

스마트 버스 정류장 광고를 **성별, 연령대별로** 타겟팅하기 위해
성별, 연령대별 유동인구를 사용해서 분석

성별에 따라 광고에 영향 받는 정도가 다르다고 생각해
(성별에 따른 가중치) X (유동인구 값)
으로 새로운 **광고 타겟 유동인구 지수** 생성

관여도: 제품이나 이슈, 상황 등에 대해 개인이 부여하는 중요도의 정도 또는 관심의 정도
(고관여: 관심이 많은 경우, 저관여: 관심이 적은 경우)

목표와 관계없는 변수이기때문에
관여도 항목 중 '전체' 항목의 값들 이용

관여도와 성별에 따른 구매의도의 평균

		성별		
		남성	여성	전체
관여도	고관여	1.84	2.92	2.38
	저관여	3.97	5.62	4.79
	전체	2.94	4.27	3.59

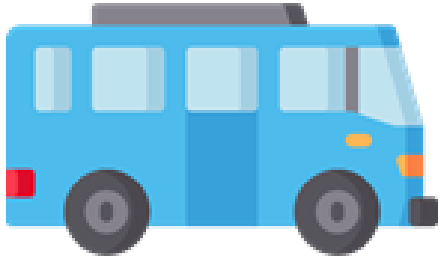
여성

(해당 나이 대 여성 유동인구 수)
X
4.27
= (광고 타겟 여성 유동인구)

남성

(해당 나이 대 남성 유동인구 수)
X
2.94
= (광고 타겟 남성 유동인구)

출처: 성별과 관여도에 따른 옥외광고의 커뮤니케이션 효과(한광석, 2005)



3

DATA

MODEL FLOW

Data Preprocessing

데이터 Filter

- 인도 폭
- BIS 설치 유무

데이터 전처리

- 내부 데이터 병합
- 외부 데이터 병합
- 파생변수 생성

버스정류장 데이터

Modeling

SPCA

K-means Clustering

Target 클러스터

PLS Regression

- 추정치를 이용한 스마트지수 생성

최종 설치 입지 선정

설치위치 선정

스마트 지수

구별 순위

Constraint

- 구별 정류장 비율
- 정류장 간 거리

최종 결과

통합 순위

Constraint

광고 Targeting

- 성별 가중치 부여

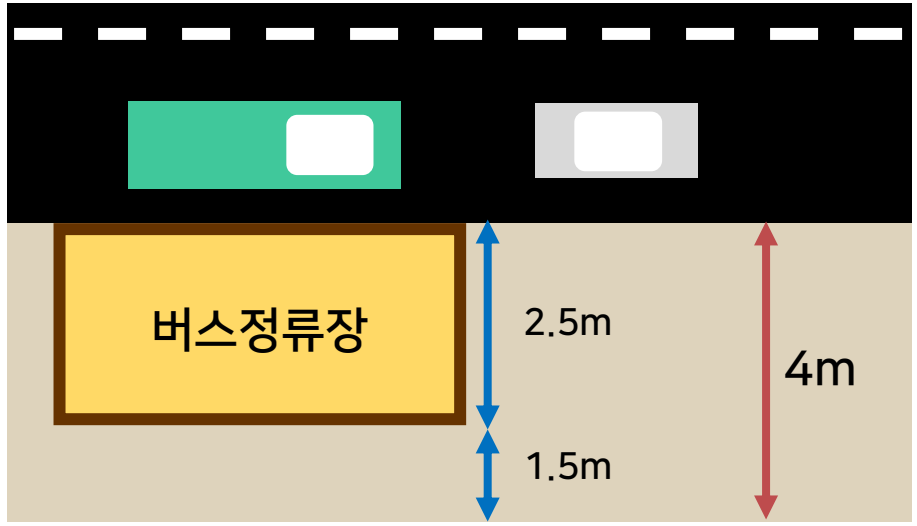
3

DATA

Data Filtering

1. 인도 폭 이용해 후보 버스정류장 Filtering

- 버스정류장의 크기는 5.5m X 2.5m로 규정
- 인도 폭 1.5m 이상을 확보하기 위해 인도 폭이 4m 이상인 곳의 버스정류장만을 선택



버스정류장 폭		선택 인도 폭
2.5m 이상	+	4m 이상
인도 확보 폭		
1.5m 이상		

3

DATA

Data Filtering

1. 인도 폭 이용해 후보 버스정류장 Filtering

CASE 1. 인도폭이 4m 이상인 경우

STEP1. 폭이 4m 이상인 인도 filter

인도 ID	인도 폭	geometry
154931	4	multilinestring
154932	4.5	multilinestring
154947	6	multilinestring
154993	9.4	multilinestring

26.수원시_인도(2017).geojson
데이터를 인도폭 변수(WIDT)를 기준으로
4 이상인 인도만 filter

STEP2. 폭을 이용해 buffer 생성

QGIS에서
filter된 인도 데이터에 대해
미터 단위의 인도폭으로 버퍼 생성

STEP3. 버스정류장 filter

정류소 ID	정류장명
200000006	광교공원 경기대 수원캠퍼스 입구
200000008	문암골
200000036	풍림아파트 입구
200000047	조원뉴타운

QGIS에서
인도 버퍼 내에 있는
버스정류장만 filter

3 DATA

Data Filtering

1. 인도 폭 이용해 후보 버스정류장 Filtering

CASE 2. 인도폭이 0m인 경우

STEP1. 폭이 0m인 인도 filter

인도 ID	인도 폭	geometry
154767	0	multilinestring
154768	0	multilinestring
154769	0	multilinestring
154929	0	multilinestring

26.수원시_인도(2017).geojson 데이터를 인도폭 변수(WIDT)를 기준으로 0인 인도만 filter

STEP2. 폭을 설정해 buffer 생성

QGIS에서 filter된 인도 데이터에 대해 주어진 데이터내의 최대 인도폭으로 버퍼 생성

STEP3. 버스정류장 filter

정류소 ID	정류장명
203000439	광교카페거리입구
203000357	호반베르디움
203000344	광교중학교
203000317	광교대광로제비앙

QGIS에서 인도 버퍼 내에 있는 버스정류장만 filter

3

DATA

Data Filtering

2. BIS 설치 유무 이용해 후보 버스정류장 Filtering

- BIS 시스템 설치 정류장은 전기 및 통신공사가 완료
- 전기와 통신의 추가 공사는 불가하기때문에 **이미 BIS 시스템이 있는 정류소 선택**

STEP1. 인도 filter 데이터 merge

정류장 ID	BIS 설치여부	geometry
201000344	0	multilinestring
201000268	1	multilinestring
201000055	0	multilinestring
202000092	1	multilinestring

인도폭 기준으로 필터링 된
두 case의 버스정류장 데이터를
row 기준으로 merge

STEP2. BIS 변수 1인 데이터 filter

정류장 ID	BIS 설치여부	geometry
201000345	1	multilinestring
201000268	1	multilinestring
202000090	1	multilinestring
202000092	1	multilinestring

QGIS에서 filter된 버스정류장 데이터에
대해 BIS 설치여부 변수가 1인
버스정류장만 filter

STEP3. 데이터 저장

bus_filter_final.geojson

QGIS에서
filter된 버스정류장 데이터를
bus_filter_final.geojson으로 내보내기

3

DATA

버스 정류장 데이터

사용 데이터

- 버스 정류장 입지 선정을 위해, 버스 정류장을 기준으로 데이터 병합
- **버스 정류장 고유 특성 / 버스 노선의 특성 / 일자별 특성**을 모두 반영하기 위하여 데이터를 세분화하여 전처리

버스 정류장 (516)

- 수원시 버스정류장
- 수원시 버스정류장별 노선현황
- 수원시 지하철역 위치정보 + 이용현황
- 수원시 시간대별/성연령별/요일별 유동인구
- 수원시 인구정보 격자
- 수원시 교통량/혼잡시간강도/혼잡빈도강도
- 수원시 부동산 실거래가 (외부데이터) : 국도교통부 수원시 구별 실거래가
- 경기도 상권 데이터 (외부데이터) : 공공데이터포털 소상공인시상진흥공단 상가(상권) 데이터
- 수원시 관광명소 데이터 (크롤링) : 수원시 홈페이지 > 도시사용설명서

버스 노선 (3926)

- 경기도 버스 노선 순서 (외부데이터) : 경기버스정보 > 버스 노선 정보
- 경기도 버스 노선 정보 (외부데이터) : 경기버스정보 > 노선 경유 정보

일자별 특성 (1326103)

- 수원시 버스정류장별 승하차이력 (주중/주말/공휴일 데이터 세분화)
- 수원시 일자별 기상 정보 (외부데이터) : 기상자료개방포털 > 종관기상관측(ASOS)
- 수원시 일자별 미세먼지 정보 (크롤링) : 에어코리아 > 시도별 대기정보 (PM2.5 & PM10)

버스 정류장 (516,)

정류소ID	정류장명
200000006	광교공원.경기대수원캠퍼스입구.연무시장
200000008	문암골
200000036	풍림아파트입구

버스 노선 (3926,)

정류소ID	정류장명	노선ID	노선번호
200000006	광교공원.경기대수원캠퍼스입구.연무시장	200000037	13
		200000099	37
		200000045	7_1

일자별 특성 (1326103,)

정류소ID	정류장명	일자	노선ID	노선번호
200000006	광교공원.경기대수원캠퍼스입구.연무시장	2020-01-01	200000037	13
			200000099	37
			200000045	7_1

3 DATA 외부 데이터 병합

경기 버스 정보 (외부데이터 : 버스 노선 정보 & 노선 경유 정보)

- 노선 순서, 배차 간격, 첫차·막차 정보 등 **다양한 버스 노선 정보** 반영

정류소ID	정류장명	노선번호
200000006	광교공원.경기대수원캠퍼스입구.연무시장	13
		37
		7_1
200000008	문암골	13
200000036	풍림아파트입구	112
200000047	조원뉴타운	4_1
		88
200000066	수성중사거리	112
		19
		37

수원시_버스정류장별_승하차이력 (1) ~ (5).csv
(1364613, 25)

정류소ID, 노선번호 기준 merge

정류소ID	노선번호	노선ID	노선순서
200000006	13	200000037	13
	37	200000099	1
	7_1	200000045	55
200000008	13	200000037	11
200000036	112	200000049	29
200000047	4_1	200000101	46
	88	200000107	56
200000066	112	200000049	24
	19	200000266	67
	37	200000099	9

GGD_RouteStationInfo_M.xls
버스 노선 정보
(192708, 5)

노선ID, 노선번호 기준 merge

정류소ID	노선ID	노선번호	주중/주말배차간격	상/하행 첫차	상/하행 막차
200000006	200000037	13	5분~7분 / 5분~7분	06:00 / 05:40	22:00 / 23:10
	200000099	37	10분~13분 / 15분~20분	04:50 / 06:00	21:40 / 23:10
	200000045	7_1	7분~9분 / 9분~12분	05:00 / 06:00	22:40 / 23:45
200000008	200000037	13	5분~7분 / 5분~7분	06:00 / 05:40	22:00 / 23:10
200000036	200000049	112	7분~9분 / 9분~12분	05:00 / 06:05	22:50 / 23:55
200000047	200000101	4_1	30분~35분 / 30분~40분	05:00 / 05:00	22:30 / 23:20
	200000107	88	12분~14분 / 20분~28분	04:40 / 05:20	22:50 / 23:30
200000066	200000049	112	7분~9분 / 9분~12분	05:00 / 06:05	22:00 / 23:55
	200000266	19	15분~20분 / 18분~20분	05:00 / 06:00	22:00 / 23:00
	200000099	37	10분~13분 / 15분~20분	04:50 / 06:00	21:40 / 23:10

GGD_RouteInfo_M.xls
노선 경유 정보
(3480, 15)

3 DATA 파생 변수 생성

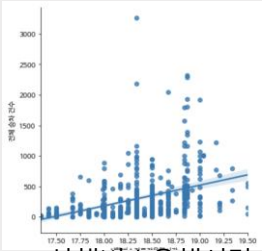
1. [운행시간, 배차횟수]

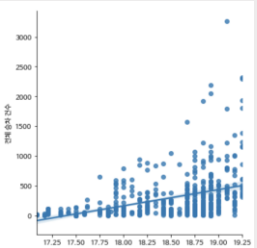
운행시간

정류소 운행시간 = (버스 정류장에 가장 늦게 오는 버스의 막차 시간) – (가장 빨리 오는 버스의 첫차 시간)

정류소ID	노선ID	노선번호	상행 첫차	상행 막차
200000006	200000037	13	06:00	22:00
	200000099	37	04:50	21:40
	200000045	7_1	05:00	22:40

정류소 운행 시간
22:40 – 04:50
= 17 시간 50분
(= 17.8333 시간)


상행버스운행시간


하행버스운행시간

운행 시간이 증가할수록
전체 승차 건수가
증가하는 경향을 보임

배차횟수

정류소 배차횟수 = ∑ (각 버스 노선의 운행 시간 / 배차 간격)

정류소ID	노선ID	노선번호	운행 시간	배차 간격	배차 횟수	배차간격_15분	배차간격_60분
200000006	200000037	13	16시간	6분	160	1	0
	200000099	37	16시간 50분	11.5분	87.82	1	0
	200000045	7_1	17시간 40분	8분	132.5	1	0

10분~13분 형식으로 되어 있는 경우,
(10+13)/2 = 11.5분으로 전처리

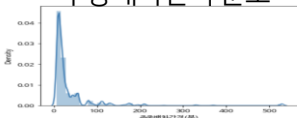
정류소 배차 횟수
160 + 87.82
+ 132.5
= 380.32

주중 배차간격과
주말 배차간격이
상이함을 고려하여,

주중 / 주말 / 공휴일
세 가지 데이터로
세분화하여
파생변수 생성

주중배차횟수
주말배차횟수
공휴일배차횟수

주중배차간격 분포



주중 배차 간격이 15분 이하인 버스 : 47개
주중 배차 간격이 60분 이상인 버스 : 27개

주말 배차 간격이 15분 이하인 버스 : 28개
주말 배차 간격이 60분 이상인 버스 : 39개

버스의 특성에 따라 배차 간격이 다름
15분, 60분을 기준으로 버스 배차 간격의 길고 짧음을 판단

배차 간격 15분 이하 버스 개수 = 1+1+1 = 3
배차 간격 60분 이상 버스 개수 = 0+0+0 = 0

3 DATA 파생 변수 생성

2. [승차·환승·하차 비율]

승차·환승·하차 비율

승차·환승·하차 비율 = (승차·환승·하차 건수) / (승차 건수 + 환승 건수 + 하차 건수)

일자	정류소ID	노선ID	노선번호	초승 건수	환승 건수	하차 건수	승차 비율	환승 비율	하차 비율
2020-01-01	200000006	200000037	13	160	6	67	160/233	6/233	67/233
		200000099	37	33	3	0	33/36	3/36	0
		200000045	7_1	162	25	190	162/377	25/377	190/377

정류소 승차 비율
= 승차 비율의 평균
(0.712 + 0.916 + 0.430) / 3
= 0.686

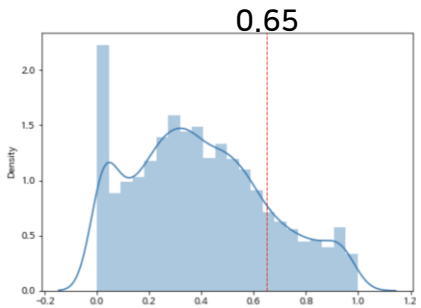
주중/ 주말 / 공휴일
승하차 분포가 다름을 고려하여

주중 / 주말 / 공휴일
세 가지 데이터로 세분화하여
파생변수 생성

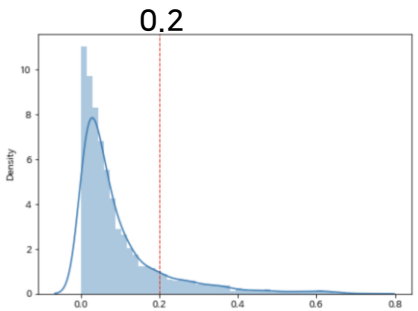
주중 승차·환승·하차 비율
주말 승차·환승·하차 비율
공휴일 승차·환승·하차 비율

승차·환승·하차 많은 버스

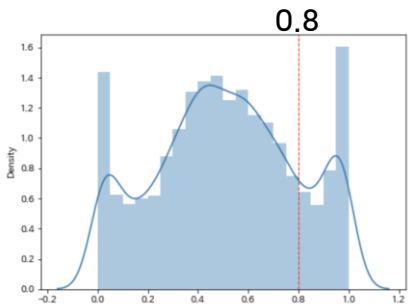
승차·환승·하차 비율 > threshold



주중승차비율 분포



주중환승비율 분포



주중하차비율 분포

정류소 승차 많은 버스
= 승차 비율 > 0.65 인 버스의 개수
= 2

주중 승차 비율 > 0.65 인 버스 정류장의 비율 : 0.1735
주중 환승 비율 > 0.20 인 버스 정류장의 비율 : 0.0960
주중 하차 비율 > 0.80 인 버스 정류장의 비율 : 0.1793

버스의 특성에 따라
승차·환승·하차 주요 역할이 달라짐

기준치를 넘으면 특징이 있는 버스라 판단

파생 변수 생성

3. [대기시간노출도]

- 정류장의 편리성 및 미세먼지 노출도를 반영하기 위해, **대기시간노출도** 변수 생성
- 평균 대기시간 x 정류장 이용객 수와 의미가 유사한, **배차 간격 x 승차 건수**를 통해 값 산출

대기시간 노출도

정류장 대기시간 노출도 = 배차 간격 x 승차 건수

정류소ID	노선번호	주중배차간격	전체 승차 건수	평균주중배차간격	주중대기시간노출도
200000006	13	6	205.23	max(6,11,11.5,8) = 11.5	6 x 205.23 = 1231.38
	16	210	2.21		11.5 x 2.21 = 25.42
	16_1	195	2.33		11.5 x 2.33 = 26.8
	16_2	135	5.13		11.5 x 5.13 = 59
	32_5	210	2.05		11.5 x 2.05 = 23.58
	35	11	83.17		11 x 83.17 = 914.87
	37	11.5	47.84		11.5 x 47.84 = 550.16
	7_1	8	226		8 x 226 = 1808

버스 배차 간격의 경우,
평균값을 취할 시 **이상치**에 크게 영향을 받게 됨

따라서, **배차 간격 < 60분**인
버스 노선에서의 **배차 간격 최댓값**을
평균 주중 배차 간격으로 간주하고,

1. 배차 간격 > 60분 버스는
평균 주중 배차 간격 x 승차 건수,

2. 배차 간격 < 60분 버스는
배차 간격 x 승차 건수

연산을 통해 주중 대기시간 노출도 값 산출

3 파생 변수 생성

DATA

4. [강수량상관관계, 온도상관관계, 미세먼지상관관계]

- 정류장 승·하차 건수와 일자 별 기상정보 사이의 상관관계 반영

```
                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:                 전체승하차건수   R-squared (uncentered):              0.855
Model:                            OLS   Adj. R-squared (uncentered):              0.855
Method:                 Least Squares   F-statistic:                         3.634e+05
Date:                Sat, 27 Mar 2021   Prob (F-statistic):                       0.00
Time:                        16:59:13   Log-Likelihood:                     -4.0955e+05
No. Observations:              185554   AIC:                                  8.191e+05
Df Residuals:                  185551   BIC:                                  8.191e+05
Df Model:                           3
Covariance Type:            nonrobust
==============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
------------------------------------------------------------------------------
최고강수량     0.0414      0.001     43.482      0.000       0.039       0.043
최고체감온도   0.1204      0.000    320.820      0.000       0.120       0.121
미세먼지       0.0716      0.000    381.933      0.000       0.071       0.072
==============================================================================
Omnibus:                     1006.572   Durbin-Watson:                   0.470
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):             1123.364
Skew:                          -0.139   Prob(JB):                    1.16e-244
Kurtosis:                       3.260   Cond. No.                         8.52
==============================================================================
```

[가정] 날씨에 따라서 정류소 승하차 건수가 달라질 것이다

- Y : log(전체승하차건수) ~ X : 일별 최고강수량 + 최고체감온도 + 가장 가까운 측정소의 미세먼지
- 초미세먼지 변수의 경우, p=0.206, corr(미세먼지, 초미세먼지) = 0.846 이므로 제외
- R-squared =0.855 이므로 가정이 합리적이고, P < 0.05 이므로 모든 변수가 유의미하다고 판단

	일자	정류소ID	전체승하차건수	최고기온	최저기온	최고강수량	최고체감온도	최저체감온도	미세먼지	초미세먼지
0	2020-01-01	200000006	646	0.200000	-6.300000	0.000000	2.332181	-10.377334	34	22
1	2020-01-01	200000008	173	0.200000	-6.300000	0.000000	2.332181	-10.377334	34	22
2	2020-01-01	200000036	112	0.200000	-6.300000	0.000000	2.332181	-10.377334	34	22
3	2020-01-01	200000047	187	0.200000	-6.300000	0.000000	2.332181	-10.377334	34	22
4	2020-01-01	200000066	330	0.200000	-6.300000	0.000000	2.332181	-10.377334	34	22
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
185549	2020-12-31	203000385	94	-5.000000	-12.600000	0.000000	-3.146994	-17.938886	28	12
185550	2020-12-31	203000390	57	-5.000000	-12.600000	0.000000	-3.146994	-17.938886	27	8
185551	2020-12-31	203000399	1209	-5.000000	-12.600000	0.000000	-3.146994	-17.938886	27	8
185552	2020-12-31	203000439	1	-5.000000	-12.600000	0.000000	-3.146994	-17.938886	27	8
185553	2020-12-31	203000450	552	-5.000000	-12.600000	0.000000	-3.146994	-17.938886	28	12

정류소ID (516) + 2020 일자별 기상정보 : (185554, 10)

체감온도 : 13.12 + 0.6215T - 11.37V^0.16 + 0.3965V^0.16T (T : 기온(°C), V : 풍속(km/h))

	전체승하차건수	최고강수량	최고체감온도	미세먼지
전체승하차건수	1.000000	-0.194810	0.402356	0.023169
최고강수량	-0.194810	1.000000	0.177766	-0.245471
최고체감온도	0.402356	0.177766	1.000000	-0.208063
미세먼지	0.023169	-0.245471	-0.208063	1.000000

정류소ID : 20000006
2020.01.01 ~ 2020.12.31 **일자**의
승하차건수와 **날씨**와의 상관관계

	정류소ID	강수량상관관계	온도상관관계	미세먼지상관관계
0	200000006	-0.194810	0.402356	0.023169
1	200000008	-0.206834	0.225646	0.040863
2	200000036	-0.013023	0.087172	0.058419
3	200000047	-0.034233	0.050548	0.078566
4	200000066	-0.006900	0.172847	0.013248
5	200000068	-0.023610	-0.010020	0.150519
6	200000070	0.073989	0.190359	-0.029807
7	200000071	0.024425	0.026264	0.051416
8	200000073	-0.041819	-0.000303	0.086151
9	200000075	-0.044161	-0.013004	0.067826

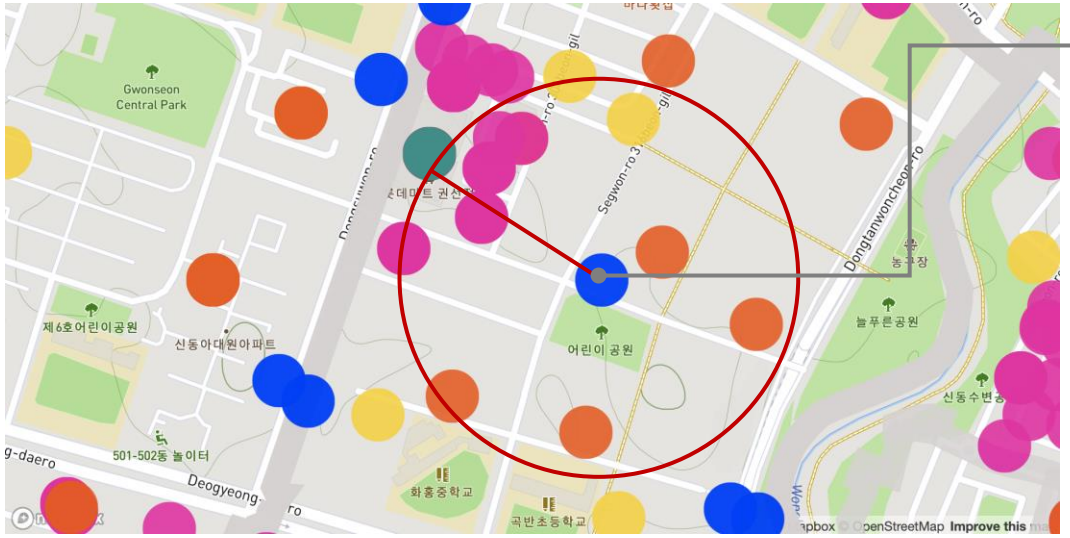
다중공선성을 고려하여,
상관관계 높은 설명변수들 제외

3 DATA

파생 변수 생성

5. [500m 내 상권 개수]

- 공공데이터포털, **소상공인시장진흥공단 경기도 상권정보** 데이터 사용
- 버스 정류장 500m 내의 상권 정보 반영



버스정류장 500m 반경 내 상권 개수

생활 편의 시설 : 마트, 편의점
쇼핑 시설 · 번화가 : 백화점, 카페
주거 지역 : 학원, 세탁소

- 버스정류장
- 마트
- 편의점
- 카페
- 세탁소

주변 상권 정보를 통해 정류소 입지 주변 정보 반영

수원시 상권 정보

생활 편의 시설
- 마트 : 이마트 6 + 홈플러스 5 + 롯데마트 4 + 하나로마트 9 = 24개
- 편의점 : GS25 + 세븐일레븐 + CU + 이마트 24 = 839 개

쇼핑 시설 · 번화가
- 백화점 : AKplaza + NC백화점 + 갤러리아백화점 + 롯데몰 = 4개
- 커피전문점/카페 : 2156 개

주거 지역
- 학원 : 1657 개
- 세탁소 : 727 개

정류소ID	정류장명	500미터내마트개수	500미터내백화점개수	500미터내편의점개수	500미터내카페개수	500미터내학원개수	500미터세탁소개수
201000236	곡반중학교.수원아이파크	2	0	0	8	0	16
202000010	수원시청역8번출구.씨네파크.헌혈의집	0	1	8	46	0	13
202000020	수원시청역9번출구.국민연금공단	0	1	8	48	8	12
203000160	삼성2차아파트	1	0	7	6	33	12
202000027	수원시청역1번출구.국민연금공단.경인일보	0	1	11	41	0	11
202000073	아주대입구.우리은행	0	0	10	16	29	11
201000001	한마음외과	0	1	3	15	4	11

파생 변수 생성

6. [NLP Cluster]

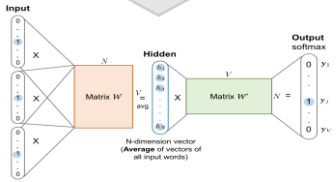
- 버스 정류장명에서 추출할 수 있는 단어 고유의 특성 반영

버스 정류장 embedding

수원시 버스정류장 + 수원시 관광명소
= 중복 제거 후 **807개** 데이터 학습

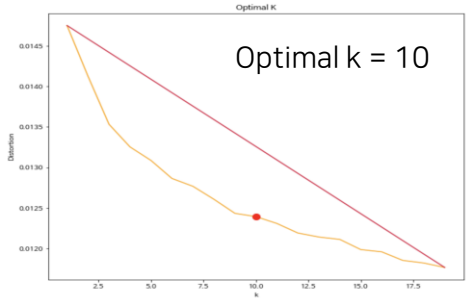
정류장명	불용어 제거	Tokenizing
곡반중학교.수원아이파크	곡반중학교수원아이파크	[곡반, 중학교, 수원, 아이파크]
고색역.고색초교.태산아파트	고색역고색초교태산아파트	[고색역, 고색, 초교, 태산, 아파트]
영통역8번출구	영통역번출구	[영통역, 번, 출구]

Data Cleansing + Tokenizing (Twitter)

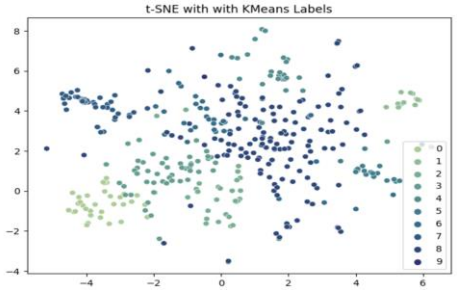


GloVe Embedding
단어 유사도와 동시등장정보를 모두 반영할 수 있는 임베딩 모델
각 token 을 128 차원의 벡터로 embedding 하여,
정류장마다 고유의 embedding vector 생성

Clustering



K-means Clustering
embedding vector 를 Clustering



Clustering 결과 (t-SNE)
비슷한 특성을 가진 정류장명끼리
잘 뭉쳐있는 양상 확인 가능

Cluster 0 : 아파트
신명아파트
풍림아파트
우방아파트.한화아파트.SK아파트
청구1차아파트
...
우만동선경아파트

Cluster 1 : 사거리
수성중사거리
정자초교사거리
수원시청사거리
세곡사거리
...
구법원사거리

Cluster 5 : 역
수원시청역9번출구.국민연금공단
영통역7번출구.영덕고등학교
매교역6번출구.문화맨션
청명역4번출구
...
망포역7번출구.벽적골8단지

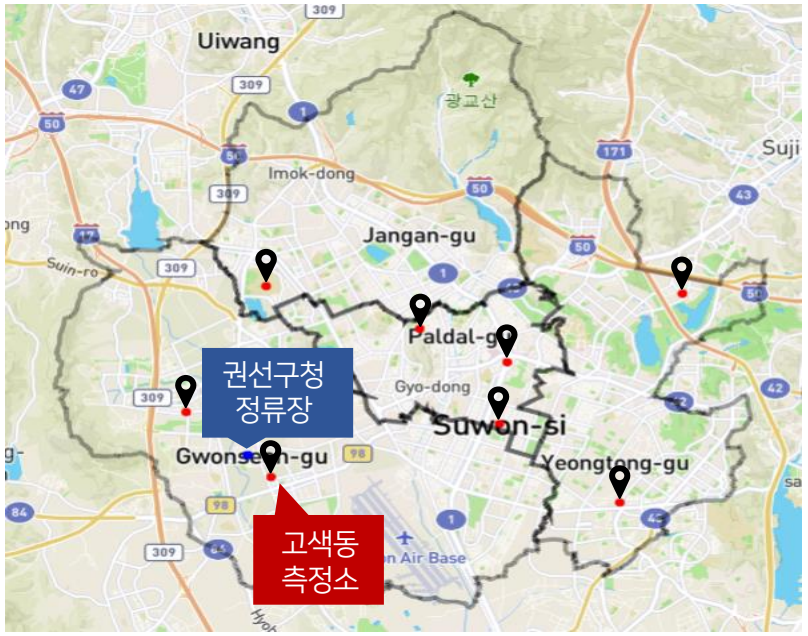
Cluster 7 : 학교 & 공원
효원초등학교
잠원중학교
숙지중고교.서호공원
광교호수공원.제1주차장
...
수원월드컵경기장.동성중학교

10 개의 Cluster 로 분류
Cluster 마다 고유의 특성 존재

3 DATA 내부 데이터 병합

1. 미세먼지 (11. 대기오염도_측정현황)

- 각 버스 정류장마다 가장 가까운 측정소의 월별 대기 환경 수치를 평균 내어 대기오염 변수 생성
  - 미세먼지, 초미세먼지,오존,이산화질소,아황산가스,일산화탄소



ex) 권선구청 정류장에서
가장 가까운 고색동 측정소의
수치를 이용

미세먼지 측정소
버스 정류장(권선구청)

구분	측정월	측정소	미세먼지	초미세먼지	…
도시대기	2019.1월	고색동	62	41	
도시대기	2019.1월	광교동	64	36	
…		…		…	
도로변	2020.12월	동수원	44	29	

정류소ID	정류장명	미세먼지	초미세먼지	오존	…
201000313	권선구청	39.625	22.20833	0.023167	
…		…		…	

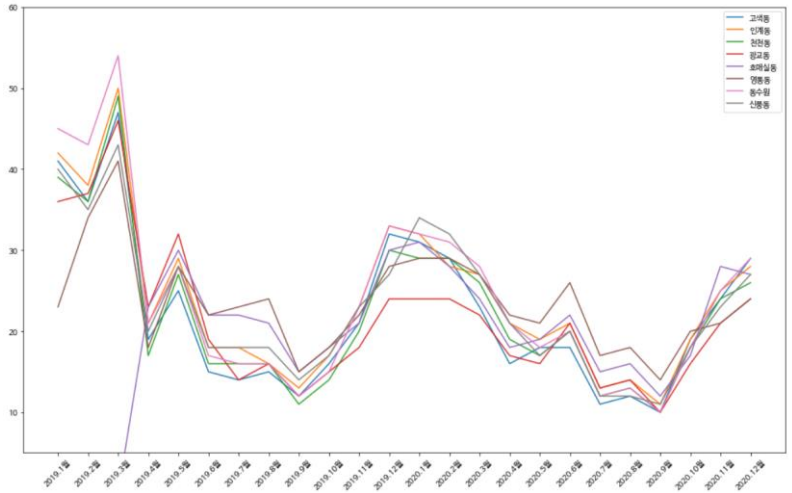
3 DATA

내부 데이터 병합

2. 미세먼지- 계절적 특성 반영 (11. 대기오염도_측정현황)

미세먼지 월별 수치

초미세먼지 월별 수치

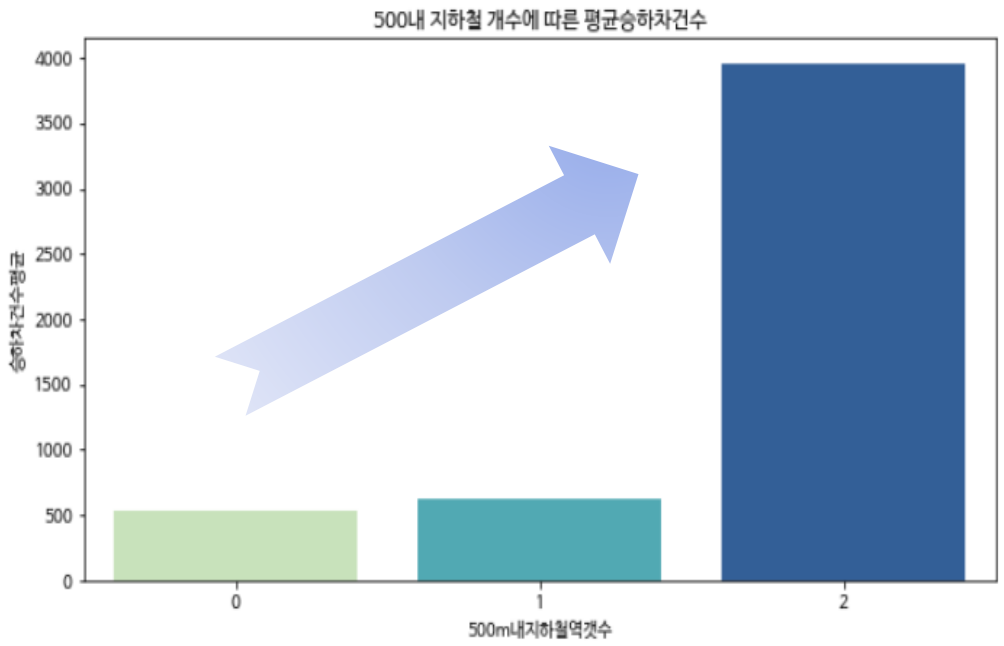


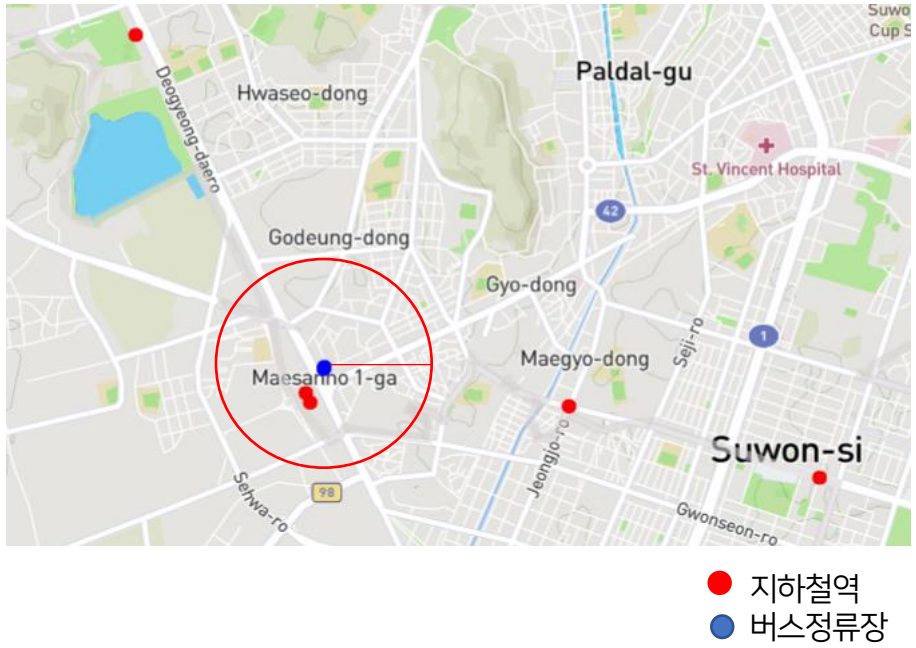
- 8개의 측정소에서 측정한 미세먼지와 초미세먼지의 **계절별 양상이 다르기 때문에** 이를 변수에 반영

미세먼지_봄, 미세먼지_여름, 미세먼지_가을, 미세먼지_겨울,
초미세먼지_봄, 초미세먼지_여름, 초미세먼지_가을, 초미세먼지_겨울

3 DATA 내부 데이터 병합

3. 지하철역 (08.지하철역 위치정보, 09. 지하철역별 이용현황)





500m내 지하철역의 개수가 커짐에 따라 승·하차 평균이 커짐
→ 500m내 지하철역의 개수가 유의미한 변수라 판단

- 정류장 별 반경 500m내 지하철역의 개수 변수 생성
  500m내 지하철역개수
- 각 지하철역의 이용객 수를 더해 변수 생성
  지하철이용객

내부 데이터 병합

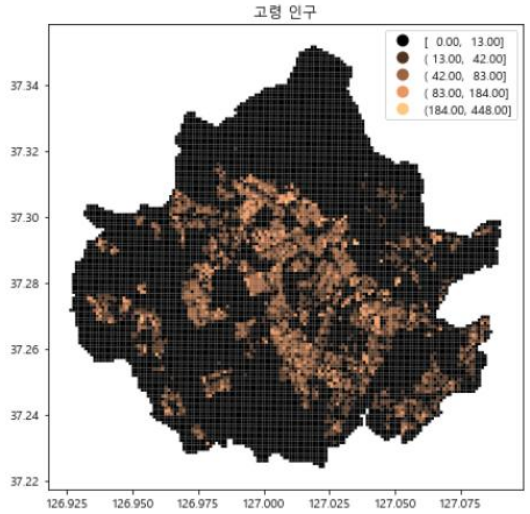
4. 고정인구 (17.고령인구, 18.생산가능인구, 19.유소년인구)

- 버스정류장데이터의 경도,위도를 point형태로 변환하여, **고령인구, 유소년인구, 생산가능인구의 격자 안에 들어가면** 해당 인구 변수 생성
- 각 연령층별 인구 비율변수 생성 : 각 인구를 전체 인구로 나눈 변수 생성

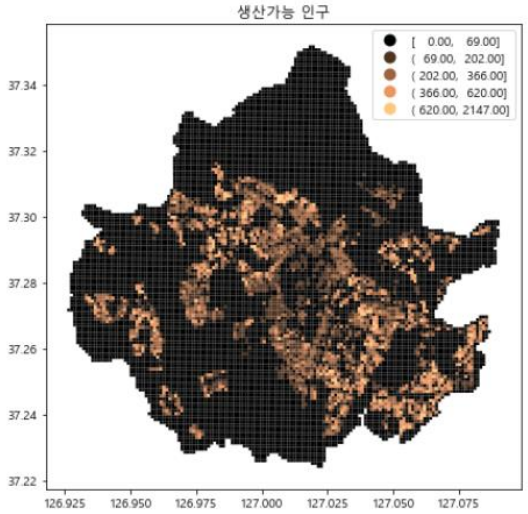
고령인구, 유소년인구, 생산가능인구

고령_전체, 생산_전체, 유소년_전체

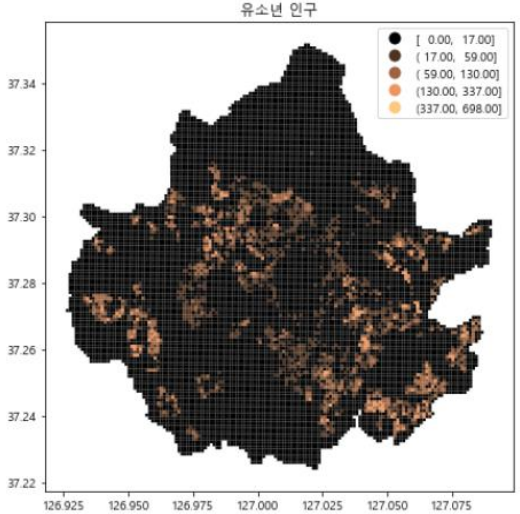
고령 인구



생산가능 인구



유소년 인구



인구 적음 ● ● ● ● ● 인구 많음

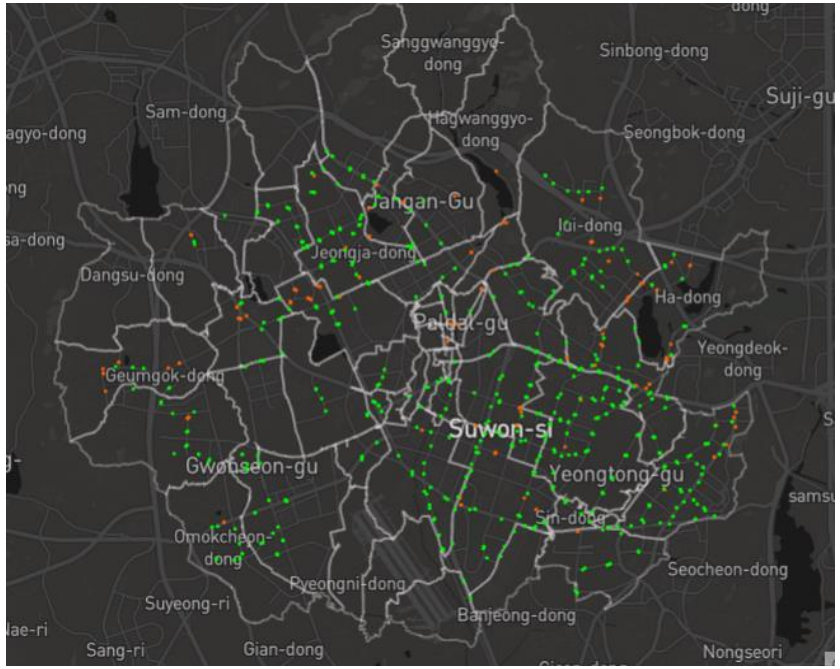
- 고령인구와 생산가능인구는 골고루 인구분포가 많음
- 유소년인구는 중심보다는 주변에 인구가 많이 분포

내부 데이터 병합

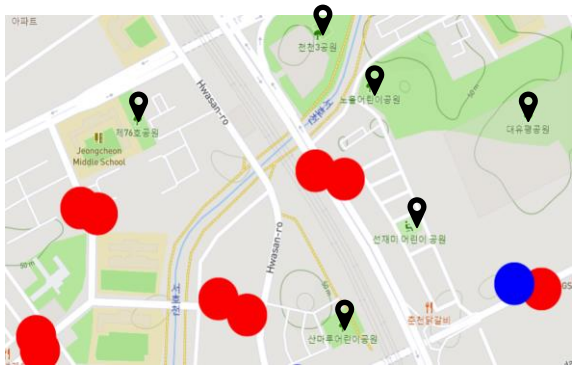
5. 평일, 주말 유동인구 (16. 요일별_유동인구)

- 각 정류장과 가장 가까운 유동인구 격자의 중심점을 기준으로 요일별 유동인구를 평일과 주말로 나누어 변수 생성

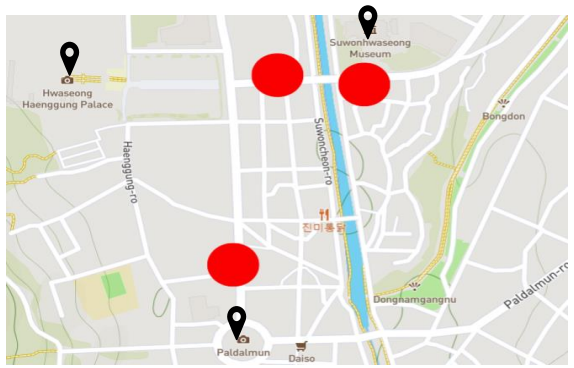
평일유동인구, 주말유동인구



주말에 유동인구가 많은 정류장
평일에 유동인구가 많은 정류장



공원

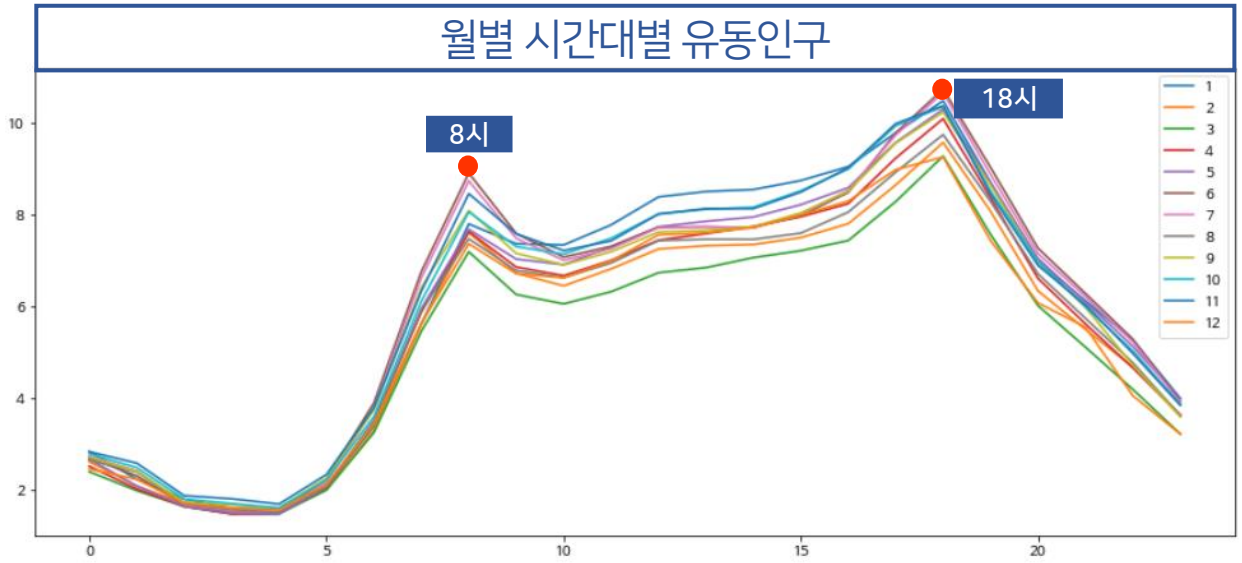


박물관,관광지

- 대부분의 버스 정류장에서 주말 유동인구보다 평일 유동인구가 많음
- 공원이나 박물관,관광지 주변의 일부 버스정류장에서는 주말 유동인구가 많음

내부 데이터 병합

6. 출퇴근 유동인구 (14. 수원시_시간대별_유동인구)



- 일별, 시간대별 데이터의 평균을 이용하여 **월별,시간대별 데이터**로 변환
- 월별 유동인구의 경향성은 비슷함
- 그래프 peak를 기준으로 앞, 뒤 한 시간씩을 포함하여 출퇴근시간으로 판단
- 유동인구_출근, 유동인구_퇴근, 유동인구_출퇴근, 유동인구_전체 변수 생성

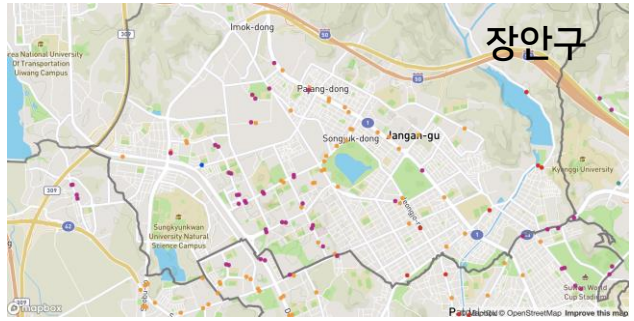
출근시간: 7~9시, 퇴근시간: 17~19시

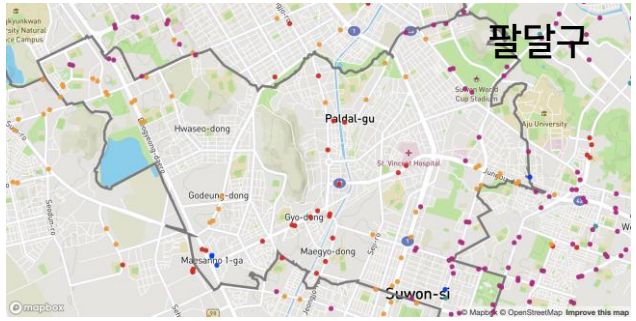
내부 데이터 병합

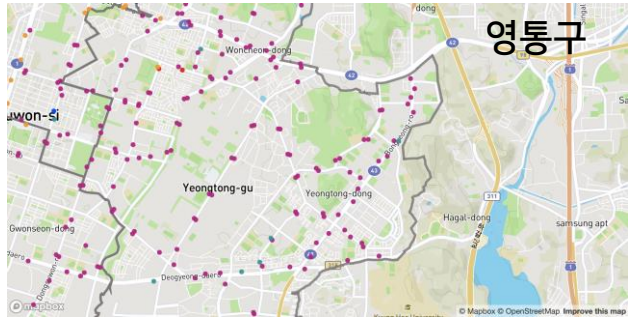
7. 성·연령별 유동인구 (15. 수원시_성연령별_유동인구)

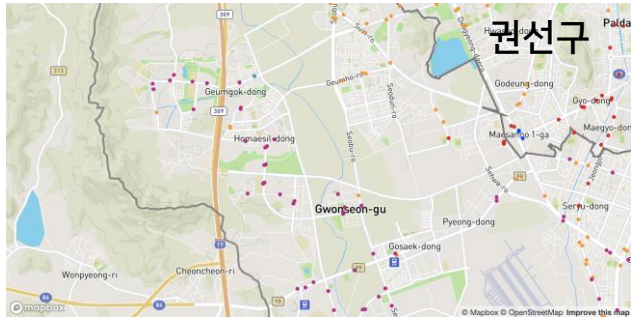
- 각 정류장과 가장 가까운 유동인구 격자의 중심점을 기준으로 성·연령별 유동인구로 나누어 변수 생성

10대남자유동인구, 20대남자유동인구, … , 60대남자유동인구
10대여자유동인구, 20대여자유동인구, … , 60대여자유동인구









- 지역별로 성·연령별 특성이 다르게 나타나는 경향을 보임

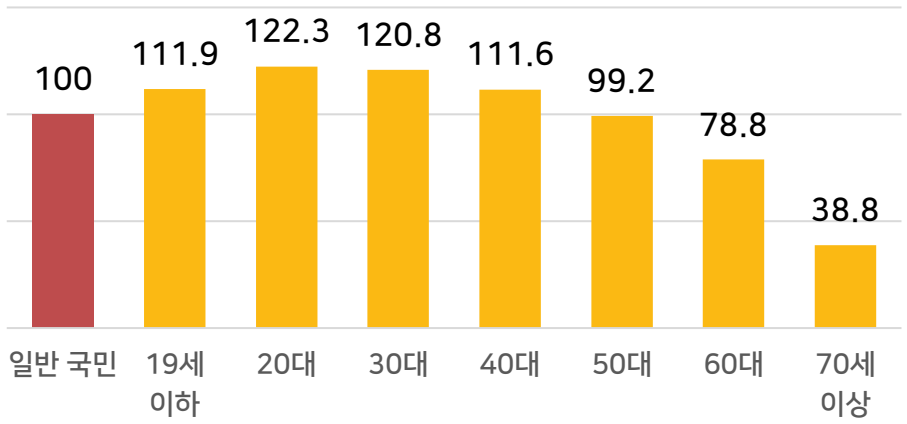
영통구의 경우 40대 남자 유동인구 비율이 상당히 높음
팔달구는 다양한 연령대에서 유동인구 비율이 높게 나타남

- 60대 남자 유동인구 비율이 많은 버스정류장
- 50대 남자 유동인구 비율이 많은 버스정류장
- 40대 남자 유동인구 비율이 많은 버스정류장
- 30대 남자 유동인구 비율이 많은 버스정류장
- 20대 남자 유동인구 비율이 많은 버스정류장

파생 변수 생성

8. [디지털정보지수] (15. 수원시_성연령별_유동인구)

- 사회적 민감군 (취약계층) 에 대한, **정보화 격차**를 고려하기 위한 변수
- 정류장에 가장 가까운 유동인구 격자를 기준으로, 디지털정보지수 값 산출



연령별 디지털정보화 역량수준

일반국민의 디지털정보화 수준 (컴퓨터·모바일 기기 기본 이용 능력) 을 100으로 할 때, 일반국민 대비 연령별 디지털정보화 역량수준

출처 : 과학기술정보통신부, 2020 디지털정보격차 실태조사 보고서

정류소ID	남자10대유동인구	남자20대유동인구	남자30대유동인구	남자40대유동인구	남자50대유동인구	남자60대유동인구	여자10대유동인구	여자20대유동인구	여자30대유동인구	여자40대유동인구	여자50대유동인구	여자60대유동인구	디지털정보지수
200000006	2.365833	7.491667	9.765833	13.972500	20.946667	25.994167	1.820833	6.397500	6.496667	10.760000	17.704167	16.250833	59.483040
200000008	1.715833	5.220833	9.853333	15.887500	22.269167	30.544167	1.487500	4.343333	5.940833	10.950000	20.195000	19.827500	63.382027
200000036	2.625000	4.275000	6.124167	8.574167	8.933333	7.345833	2.758333	3.272500	3.898333	7.241667	6.602500	4.957500	32.321112
200000047	4.225833	4.836667	6.171667	10.119167	11.035833	9.412500	4.180000	4.864167	5.212500	8.629167	8.676667	6.777500	41.475248
200000066	2.580833	8.575000	13.912500	17.730000	20.731667	19.568333	2.568333	7.763333	8.851667	12.262500	13.874167	12.340000	62.581964
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
203000316	0.366667	1.070833	2.985000	4.309167	3.944167	2.564167	0.349167	0.776667	1.482500	1.880000	1.520000	1.101667	10.723160
203000317	0.760000	2.993333	6.454167	8.130833	7.505833	5.322500	0.774167	2.575833	3.470000	3.752500	3.745833	2.519167	22.190258
203000344	6.990833	16.029167	29.757500	33.933333	27.127500	21.744167	8.079167	18.980833	23.552500	27.526667	22.737500	14.344167	118.942575
203000357	15.593333	35.610833	77.781667	111.862500	101.076667	69.138333	17.014167	27.270833	48.920000	63.266667	52.160000	34.044167	317.226568
203000439	1.758333	4.480833	9.762500	12.303333	10.271667	6.612500	2.107500	4.222500	6.437500	7.803333	5.705000	3.732500	36.341893

디지털정보지수

= (10대 유동인구 x 1.119) + (20대 유동인구 x 1.223) + (30대 유동인구 x 1.208) + (40대 유동인구 x 1.116) + (50대 유동인구 x 0.992) + 60대 유동인구 x {(0.778 + 0.388)/2}

내부 데이터 병합

9. 주차장 구획 수 (12.주차장 현황)

- 각 정류장마다 가장 가까운 주차장의 구획수를 이용하여 변수 생성

주차장 구획수

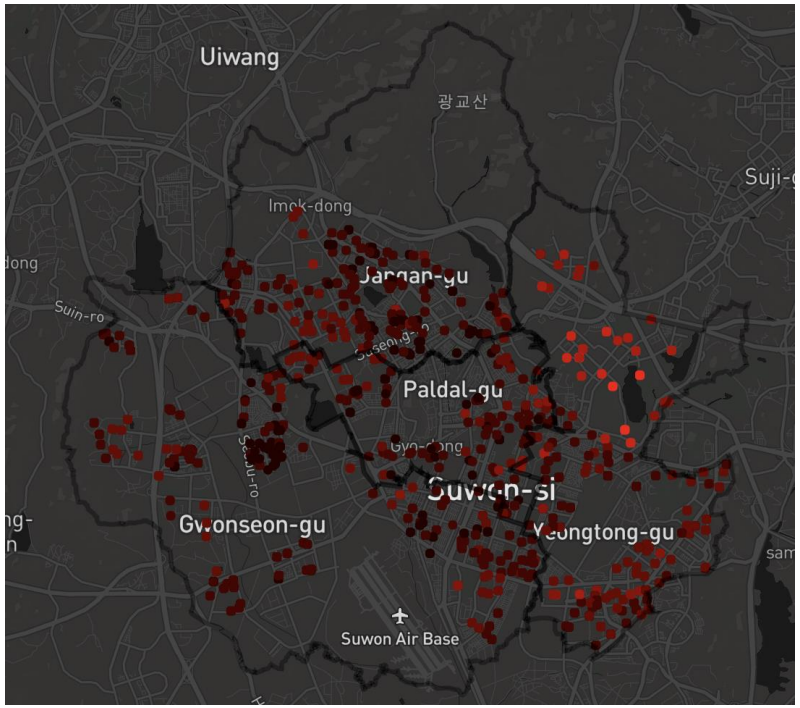
- ex. 수원역.AK플라자 버스 정류장 가장 가까운 수원역 환승 주차장의 **구획 수**를 넣어 변수 생성

주차장
수원역.AK플라자 정류장

외부 데이터 병합

10. 실거래가 (외부데이터 : 수원시 실거래가)

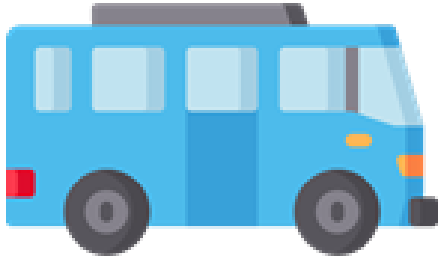
- 국가교통부 실거래가 공개시스템에서 2020년 1월부터 2020년 12월까지의 **아파트 실거래가를 각 구별로 병합**
- Geocoder-Xr을 이용하여 **시군구+도로명 기준으로 좌표 생성**



면적당 금액 낮음 ● ● ● 면적당 금액 높음

면적당 금액= 거래금액/전용면적

- 전용면적, 층, 거래금액, 면적당 금액 변수 생성
- 색이 밝을수록 주변 아파트의 실거래가 높은 버스 정류장
- 다른 구에 비해 영통구의 면적당 금액이 높은 편임을 알 수 있음
- 아파트 면적당 금액 변수는 **소득 수준을 반영하는 수치**로서 취약계층을 고려하여 분석하는데 필요한 변수라고 판단



4

MODEL

MODEL FLOW

Data Preprocessing

데이터 Filter

- 인도 폭
- BIS 설치 유무

↓

데이터 전처리

- 내부 데이터 병합
- 외부 데이터 병합
- 파생변수 생성

↓

버스정류장 데이터

Modeling

SPCA

↓

K-means Clustering

↓

Target 클러스터

↓

PLS Regression

- 추정치를 이용한 스마트지수 생성

최종 설치 입지 선정

설치위치 선정

스마트 지수

구별 순위

Constraint

- 구별 정류장 비율
- 정류장 간 거리

→

최종 결과

통합 순위

Constraint

광고 Targeting

- 성별 가중치 부여

SparsePCA & Clustering

차원 축소 기법

Sparse PCA *: Sparse Principal Component Analysis*

다변량 데이터에서 많이 쓰는 차원축소 방법
고차원 데이터의 최대 분산 방향을 찾아 새로운 공간에서 저차원으로 투영하는 PCA 에, **추가적인 규제** (Ridge, Lasso)를 주는 방식
모든 변수의 linear 조합으로 만들어지는 PCA와 달리, 몇 개의 변수 조합만을 이용하기 때문에 해석에 용이하다는 장점이 있음

클러스터링 기법

K-means Clustering

데이터를 k개의 cluster로 묶는 클러스터링 알고리즘
동일한 군집에 속하는 데이터는 어떠한 **중심**을 기준으로 분포할 것이라는 가정에 기반하여,
각 클러스터 별 중심점과 클러스터 내의 점들의 거리 차이 **분산을 최소화**하는 방식으로 작동

SparsePCA & Clustering

차원축소 & 클러스터링 순서도

구별로 데이터 나누기

1) 수원시의 구별 특징 반영
2) 스마트버스쉘터의 공공성

구별로 데이터 분할

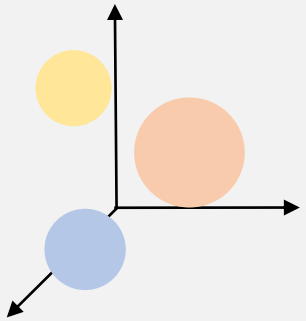
Sparse PCA 차원 축소

145개의 변수로 이루어진
데이터의 해석을 용이하게
하기 위해 Sparse PCA 적용

1	2	···	145

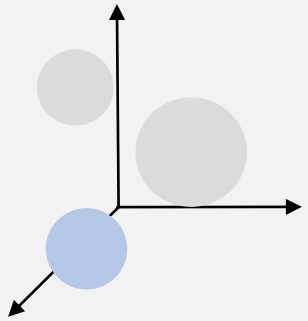
1	2	3

K-means clustering



Sparse PCA 변수를 축으로
구별 클러스터링을 통해
비슷한 특징 갖는 버스정류장 파악

Target 그룹 선택

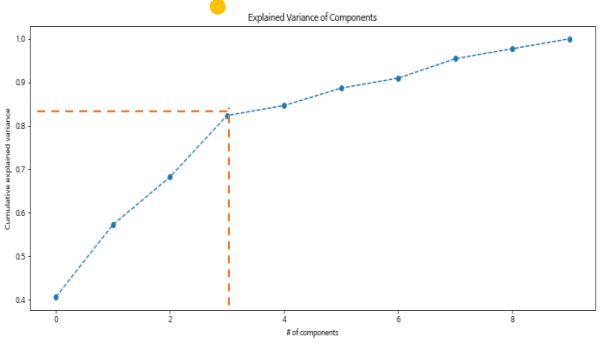


각 그룹의 Sparse PCA로 해석된
변수들의 **평균을 비교**해
target 그룹 선택

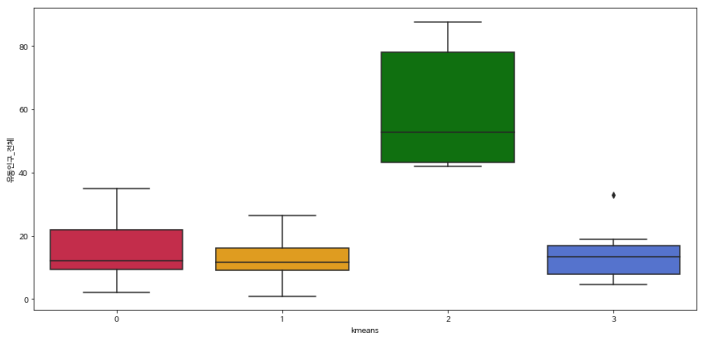
SparsePCA & Clustering

차원축소 & 클러스터링 상세 과정

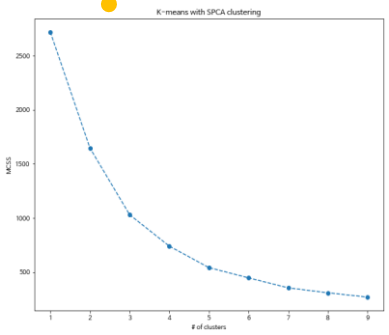
1. Sparse PCA 분석 과정에 필요 없는 변수 제거
2. **Explained variance plot**을 이용해 적절한 component 수 설정
3. Sparse PCA로 만들어진 축을 기준으로 **elbow method**를 이용해 K-means clustering
4. Cluster내의 변수들의 평균 비교 (Anova test & **box plot**)



팔달구 Explained Variance Plot



팔달구 cluster별 Box Plot



팔달구 K-means Elbow Method Plot

구 별 SPCA & Clustering 결과

1. 팔달구 Target : 37개

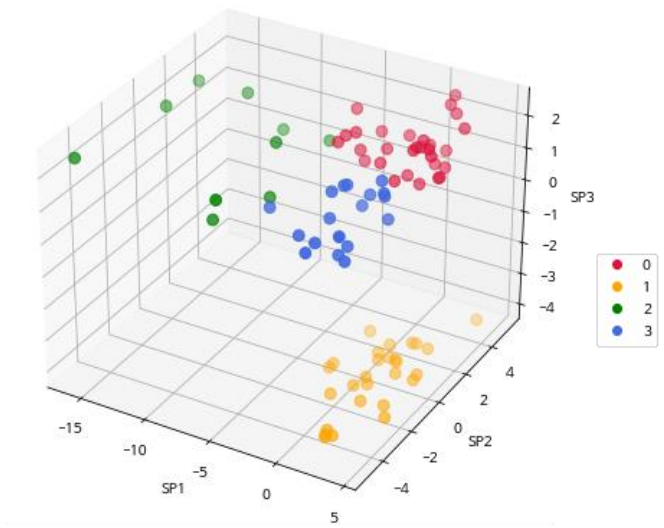
차원축소 & 클러스터링 결과

팔달구

SPCA별 유의미한 변수

SPCA	변수명
SP1	유동인구_전체
SP2	주말승차비율
SP3	이산화질소(ppm)

K-means
Clustering



구 별 SPCA & Clustering 결과

Group별 SPCA 변수 평균 비교

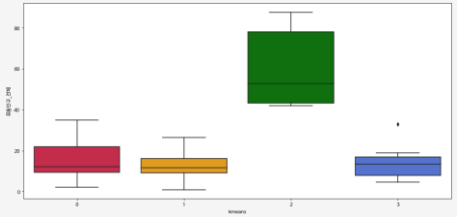
group #	유동인구_전체	pop_주말	디지털 정보지수	미세_겨울	이산화질소 (ppm)
group0	15.382	337.006	165.702	49.103	0.0258
group1	12.410	258.108	135.975	60.833	0.034
group2	59.422	1352.14	597.524	48.333	0.0259
group3	13.178	278.643	146.537	49.241	0.0259

group1
디지털정보지수 낮음, 미세먼지 높음

group2
유동인구 높음

ANOVA test & Box plot

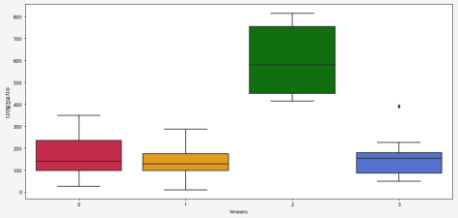
유동인구_전체



	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(kmeans)	3	18498.094	6166.031	64.142	0.00
Residual	80	7690.49	96.131	nan	nan

→ 유동인구_전체 변수가 그룹별로 유의미한 차이가 있음

디지털정보지수



	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(kmeans)	3	1775499.3	591833.1	62.648	0.00
Residual	80	755751.58	9446.895	nan	nan

→ 디지털정보지수 변수가 그룹별로 유의미한 차이가 있음

구 별 SPCA & Clustering 결과

2. 장안구 Target : 29개

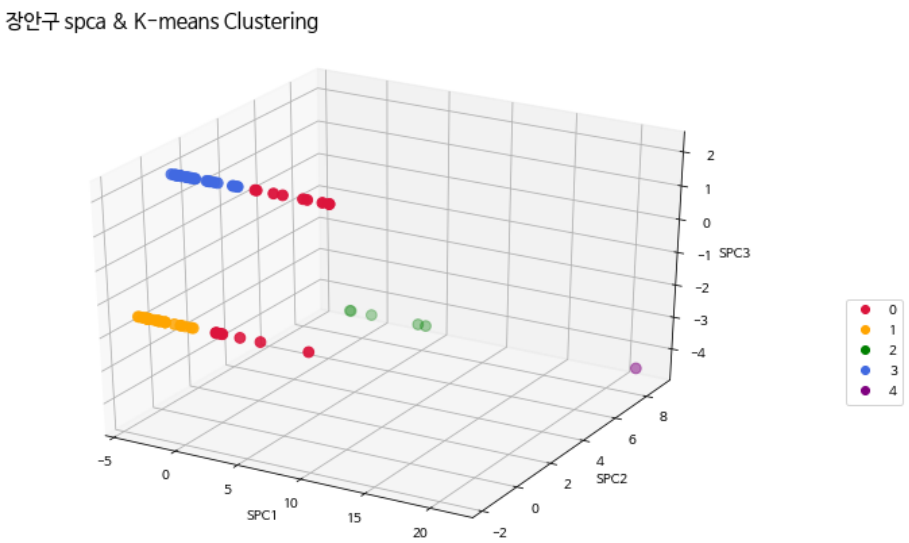
차원축소 & 클러스터링 결과

장안구

SPCA별 유의미한 변수

SPCA	변수명
SP1	유동인구_전체
SP2	미세_봄
SP3	초미세먼지(μg/㎥)

K-means Clustering



구 별 SPCA & Clustering 결과

Group별 SPCA 변수 평균 비교

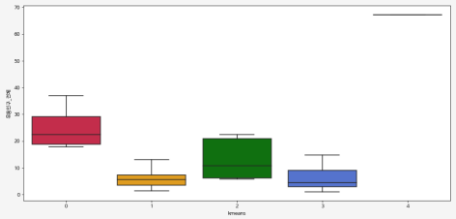
group #	유동인구_전체	pop_평일	디지털 정보지수	미세_봄	초미세먼지 (μg/m³)
group0	24.356	604.087	278.325	49.583	22.688
group1	5.909	149.692	66.094	48	23.125
group2	13.200	316.165	141.769	61	24.167
group3	6.084	153.571	70.771	51.167	22.25
group4	67.300	1662.53	712.880	61	24.167

group1
디지털정보지수 낮음

group4
유동인구 높음, 미세먼지 높음

ANOVA test & Box plot

유동인구_전체



	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(kmeans)	4	7825.150	1956.287	83.464	0.00
Residual	76	1781.347	23.439	nan	nan

→ 유동인구_전체 변수가 그룹별로 유의미한 차이가 있음

구 별 SPCA & Clustering 결과

3. 권선구 Target : 51개

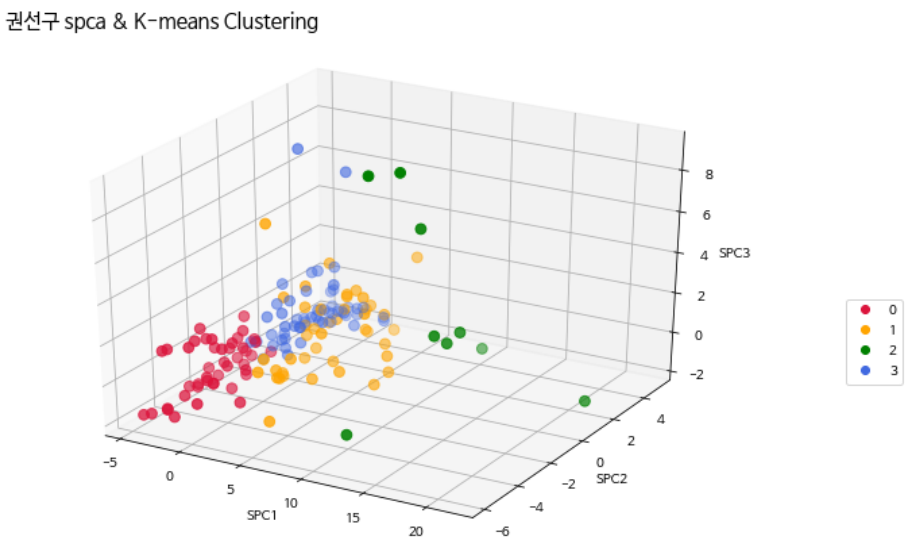
차원축소 & 클러스터링 결과

권선구

SPCA별 유의미한 변수

SPCA	변수명
SP1	유동인구_전체
SP2	하차비율
SP3	주말배차간격_60분

K-means Clustering



구 별 SPCA & Clustering 결과

Group별 SPCA 변수 평균 비교

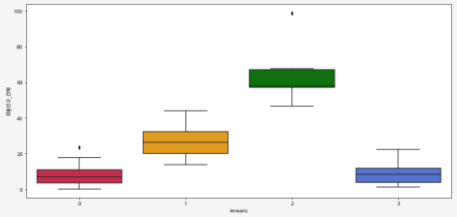
group #	유동인구_전체	pop_평일	하차비율	주말배차간격_60분	운행노선수
group0	7.369	186.467	0.271	1.250	6.955
group1	27.186	673.394	0.525	2.409	9.886
group2	63.663	1563.56	0.496	7.111	15.778
group3	8.715	219.524	0.757	1.340	6.660

group1
유동인구 높음, 하차비율 높음

group2
유동인구 높음, 배차간격_60분 높음, 운행노선수 높음

ANOVA test & Box plot

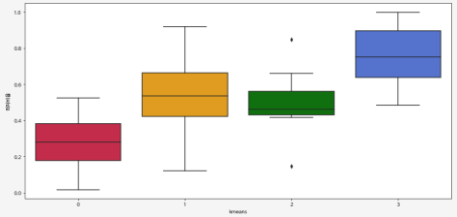
유동인구_전체



	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(kmeans)	3	31881.34	10627.11	216.789	0.00
Residual	146	7156.995	49.021	nan	nan

→ 유동인구_전체 변수가 그룹별로 유의미한 차이가 있음

하차비율



	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(kmeans)	3	5.692	1.897	74.909	0.00
Residual	146	3.698	0.025	nan	nan

→ 하차비율 변수가 그룹별로 유의미한 차이가 있음

구 별 SPCA & Clustering 결과

4. 영통구 Target : 31개

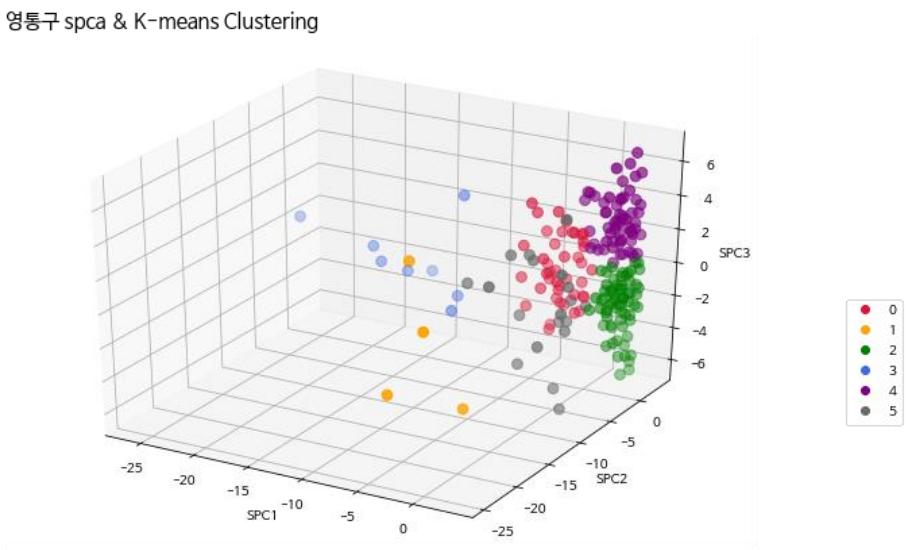
차원축소 & 클러스터링 결과

영통구

SPCA별 유의미한 변수

SPCA	변수명
SP1	주중전체승하차건수
SP2	유동인구_전체
SP3	주말승차비율

K-means Clustering



구 별 SPCA & Clustering 결과

Group별 SPCA 변수 평균 비교

group #	주중전체 승하차건수	운행노선수	유동인구 _전체	pop_평일
group0	1081.439	15.095	17.268	429.499
group1	1032.083	18.750	133.496	3193.767
group2	193.458	3.985	8.443	217.020
group3	4102.100	26.250	27.512	791.537
group4	249.322	4.984	8.063	203.663
group5	582.233	9.632	60.564	1518.980

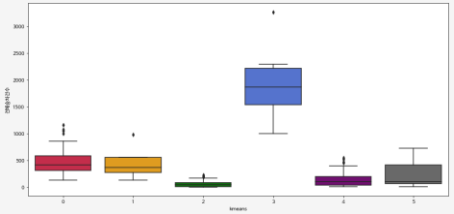
group1
유동인구 높음

group3
전체승하차건수 높음,
운행노선수 높음

group5
유동인구 높음

ANOVA test & Box plot

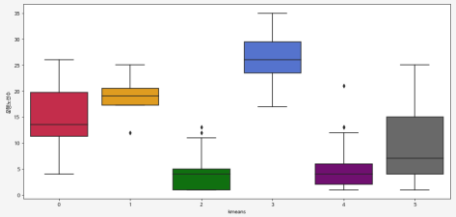
전체승차건수



	df	F	PR(>F)
C(kmeans)	5	124.626	0.00
Residual	195	nan	nan

→ 전체승차건수 변수가 그룹별로
유의미한 차이가 있음

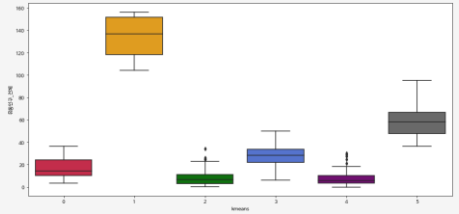
운행노선수



	df	F	PR(>F)
C(kmeans)	5	63.188	0.00
Residual	195	nan	nan

→ 운행노선수 변수가 그룹별로
유의미한 차이가 있음

유동인구_전체



	df	F	PR(>F)
C(kmeans)	5	207.067	0.00
Residual	195	nan	nan

→ 유동인구_전체 변수가 그룹별로
유의미한 차이가 있음

Multivariate Regression & PLSR

회귀 모델

Multivariate Regression: 다변량 회귀분석

$$\begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & y_{n3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1\,79} \\ 1 & x_{21} & \cdots & x_{2\,79} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \cdots & x_{n\,79} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{01} & \beta_{02} & \beta_{03} \\ \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{79\,1} & \beta_{79\,2} & \beta_{79\,3} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{n1} & \varepsilon_{n2} & \varepsilon_{n3} \end{pmatrix}$$

n: 구별 데이터 개수

$$cov(\varepsilon_{ij}, \varepsilon_{kl}) = 0, \quad \mathrm{i} \neq k$$
$$cov(\varepsilon_{ij}, \varepsilon_{il}) = \Sigma_{jl}$$

- X 사이의 상관성 뿐만 아니라 **Y 사이의 상관성**도 함께 고려할 수 있음
- 다만, X변수 간의 다중공선성 위험이 있어 **PLSR**에서 multivariate regression 사용
- 주요 3가지 변수 Y1: 교통량 ,Y2: 유동인구 , Y3: 전체 승차건수를 모두 종속변수로 설정해 다변량 회귀분석 진행

Multivariate Regression & PLSR

회귀 모델

PLSR: Partial Least Square Regression

- Y와의 공분산이 높은 k개의 선형조합 변수를 추출하여 적합시킨 회귀모형
- X 선형결합의 분산을 최대화할 뿐만 아니라 Y의 상관관계도 최대화하는 **축을 찾아 차원축소**
- 추출된 변수가 Y와의 상관관계를 반영

Why PLSR?

- **설명변수** (79개)에 비해 관측치 (구 별-37개,29개,53개,31개)가 많지 않기 때문에 사용
- **다변량** (상관관계를 갖는 다수의 Y)에 대한 회귀분석 가능
- 종속 변수와의 상관성을 고려한 잠재변수 도출을 통해 데이터 차원을 축소할 수 있음
- X변수들 간 **다중공선성의 위험성 감소**
- 추출된 소수의 변수로 효율적인 모델 구축 가능

Multivariate Regression & PLSR

PLSR Flow

- PLSR은 각 **구별**로 선정된 클러스터로 진행 (모든 구의 전체적인 흐름 동일)
- **Y1: 교통량 ,Y2: 유동인구 , Y3: 전체 승차건수**를 **동시에 고려**하는 다변량 분석기법 사용
- 예측한 Y1, Y2, Y3를 더해 **스마트 지수 생성** → 지수가 클수록 스마트버스정류장으로 교체 우선순위에 해당

X변수 삭제
Y와의 상관성이 높은 X변수는 삭제하여 136개에서 79개로 축소

→

Y의 값 분포 확인
기본값이 skewed 되어 있다면, log scaling을 진행하여 정규분포 형태로 변환

→

최적 차원 개수 찾기
MSE 최소, RPD 최대, R^2 최대가 되는 **최적의 차원 개수** 찾기

→

PLSR
최적의 차원 개수로 **회귀분석 진행**

→

Y 예측값
PLSR을 통해 얻은 예측값 확인

→

exp(Y 예측값)
회귀 전 log scaling 했다면, 다시 exp 취함

→

스케일링
$\widehat{y_1}$, $\widehat{y_2}$, $\widehat{y_3}$ 의 범위가 다르기 때문에 minmaxscaling 진행

→

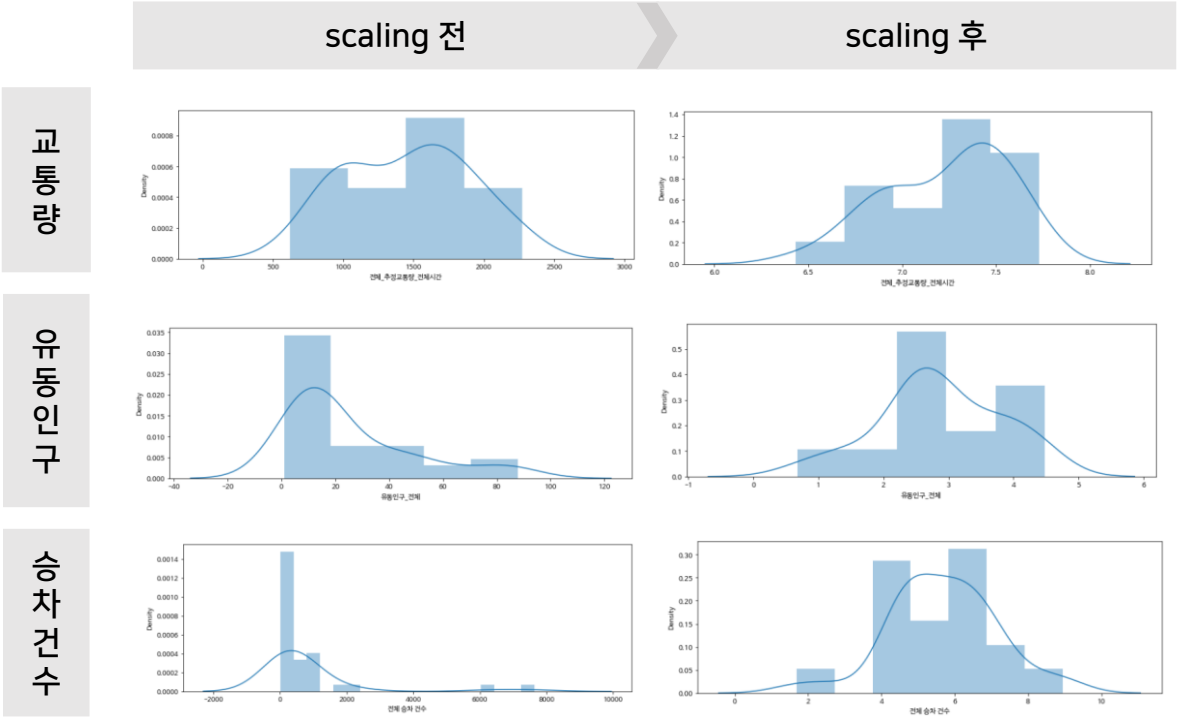
스마트지수 생성
정류장별로 scaled $\widehat{y_1}$,scaled $\widehat{y_2}$, scaled $\widehat{y_3}$ 를 모두 더하여 **스마트지수 생성**

구 별 PLSR 결과

PLSR 결과

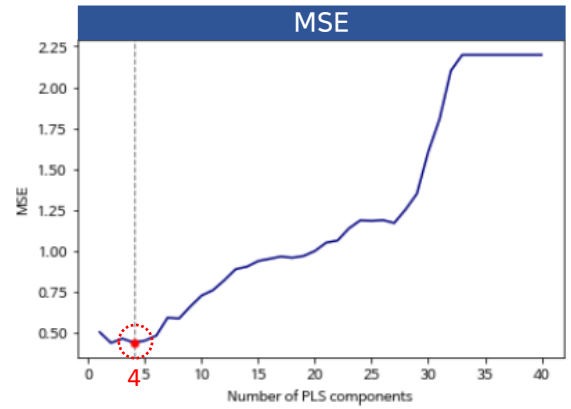
팔달구

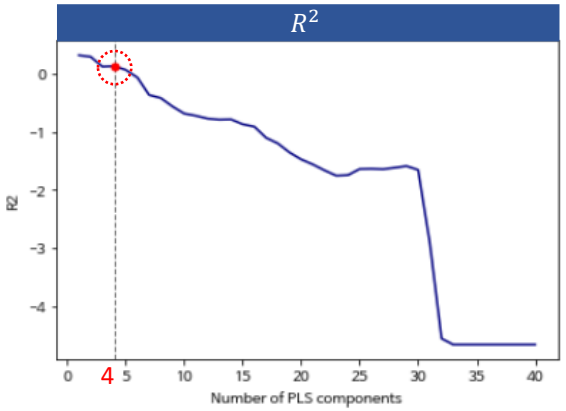
- 팔달구에서 선택된 2개의 클러스터로 진행 (10+27=총 37개 버스 정류장)
- Y의 값이 다소 skewed된 형태이기 때문에 log scaling 후 진행



구 별 PLSR 결과

최적 차원 개수 찾기

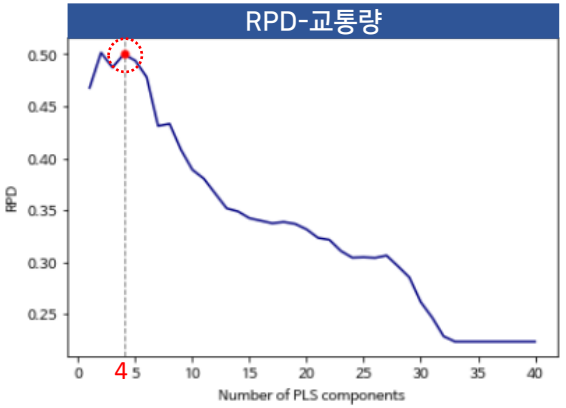


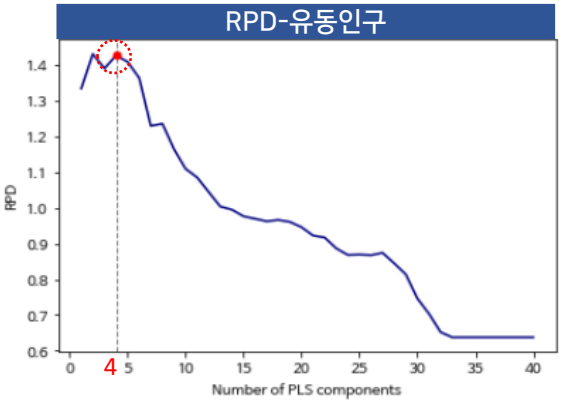


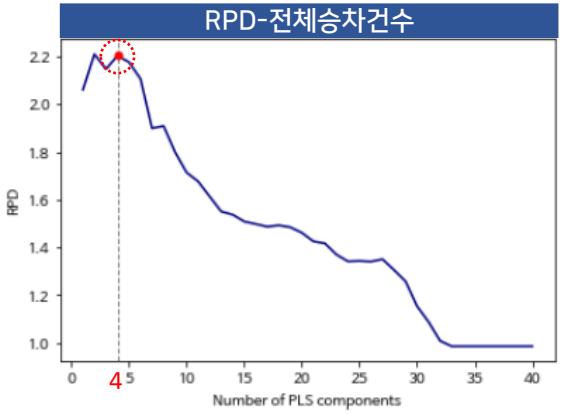
$$\text{MSE}=\frac{1}{df_E}\sum(Y_i-\hat{Y}_i)^2$$

$$R^2=\frac{\sum(\hat{Y}_i-\bar{Y}_i))^2}{\sum(Y_i-\bar{Y}_i)^2}$$

$$\text{RPD}=\frac{\sqrt{\frac{\sum(Y_i-\bar{Y}_i)^2}{n-1}}}{\sqrt{MSE}}$$



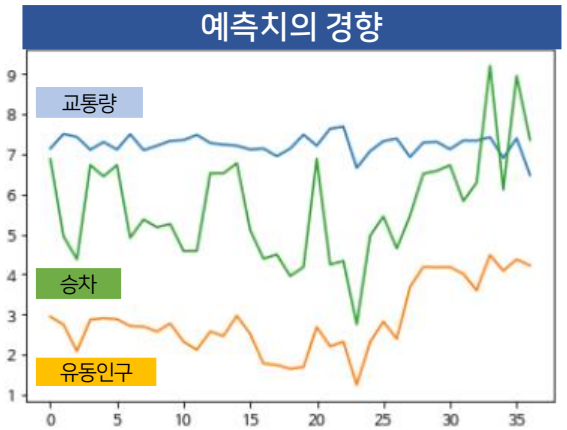


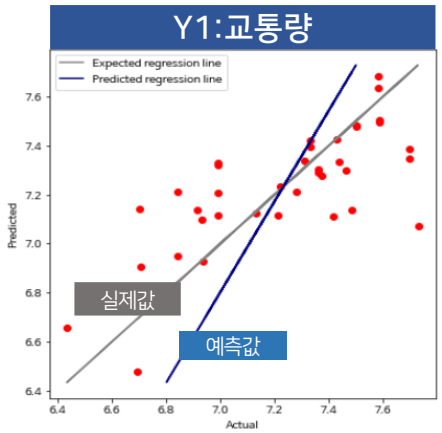


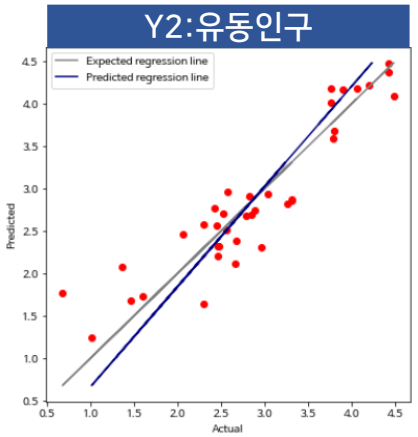
→ MSE 최소, RPD최대, R^2최대가 되는 차원개수 : 4

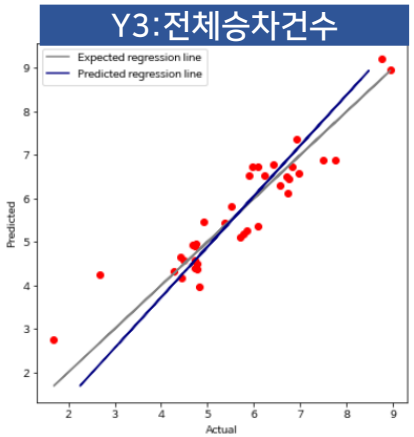
구 별 PLSR 결과

최적 차원 개수 4개로 PLSR 진행 (R^2: 0.7483 , MSE:187865.3472)









- 전체승차수와 유동인구 예측치가 매우 비슷한 양상
- 팔달구에서 전체 승차가 많은 버스 정류장은 유동인구가 많은 곳이라 할 수 있음

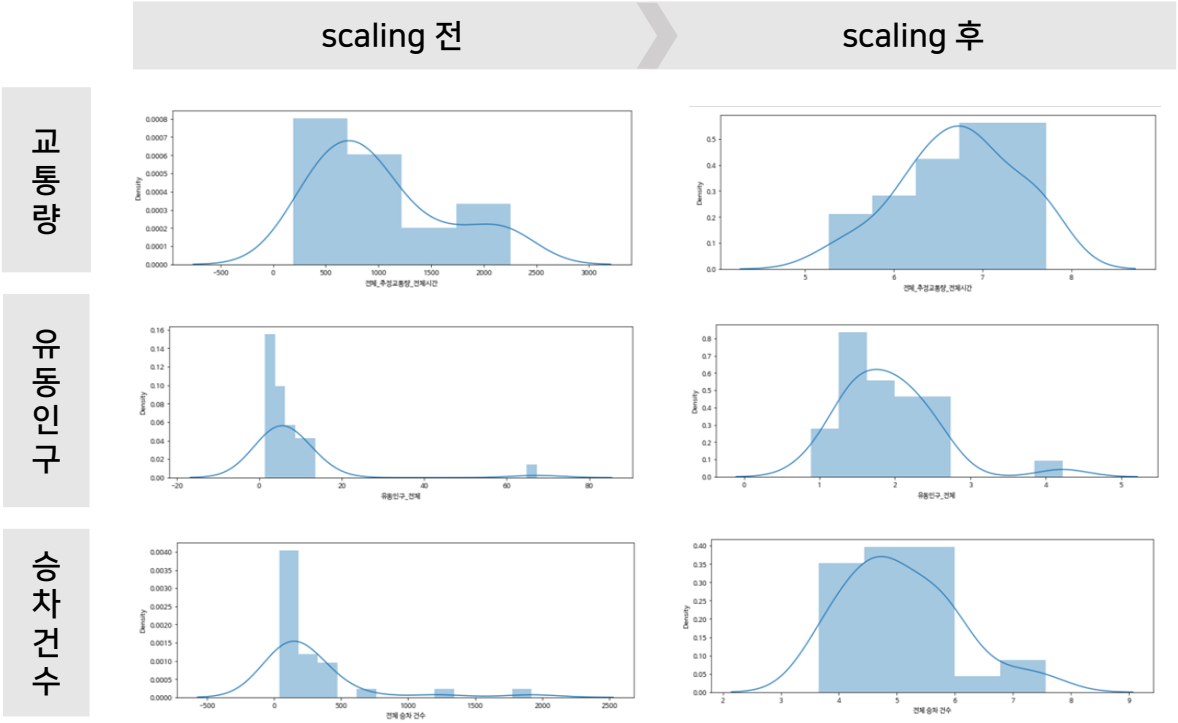
- 유동인구와 전체승차건수가 모형에 매우 잘 적합했음을 볼 수 있음
- 전체 R^2 = 0.75로 모형이 전체적으로 적합하다고 판단
- 위의 회귀식을 이용하여 $\widehat{y_1}$, $\widehat{y_2}$, $\widehat{y_3}$ 을 각각 구함
- 최종 스마트 지수 생성 : smart= scaled $\widehat{y_1}$+scaled $\widehat{y_2}$ + scaled $\widehat{y_3}$

구 별 PLSR 결과

PLSR 결과

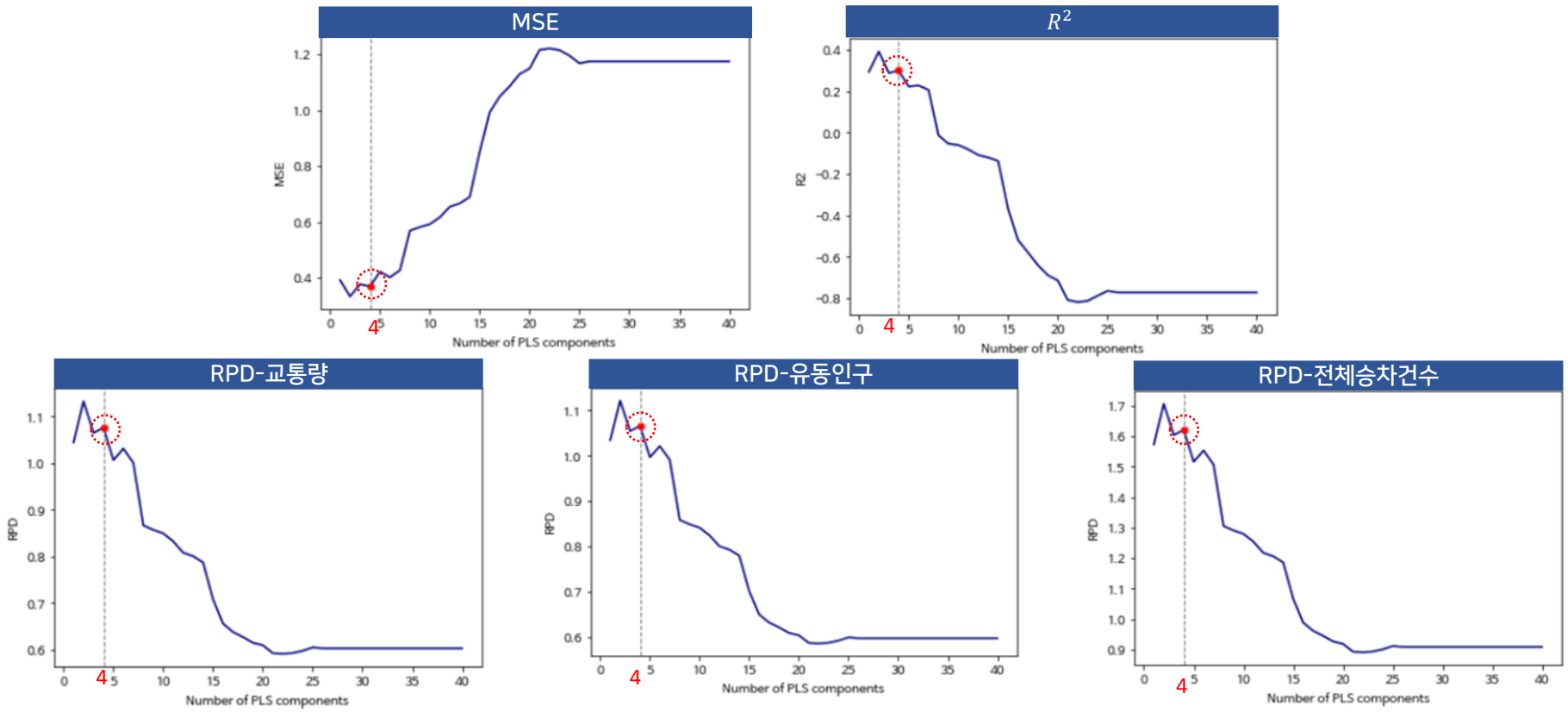
장안구

- 장안구에서 선택된 2개의 클러스터로 진행 (1+28=총 29개 버스 정류장)
- Y의 값이 다소 skewed된 형태이기 때문에 log scaling 후 진행



구 별 PLSR 결과

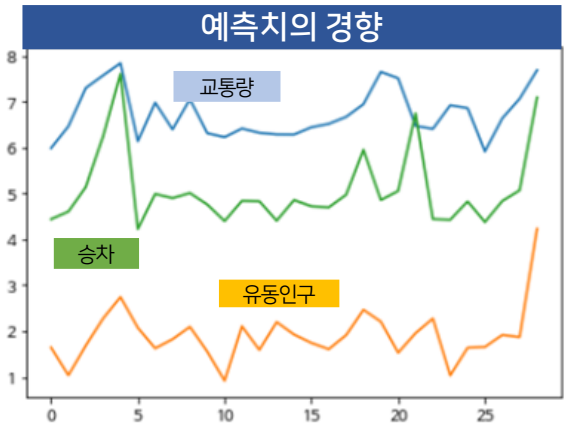
최적 차원 개수 찾기

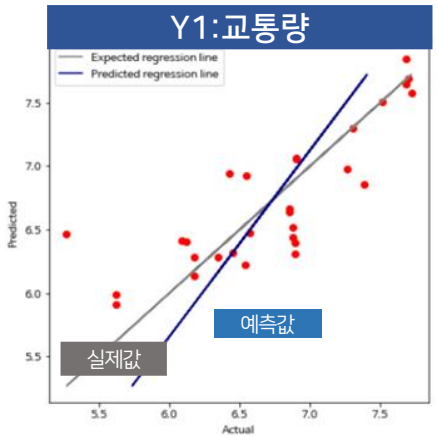


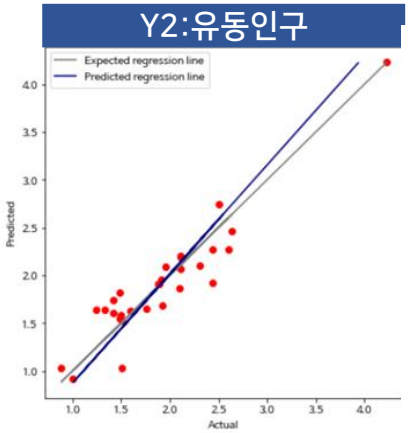
→ MSE 최소, RPD최대, R^2최대가 되는 차원개수 : 4

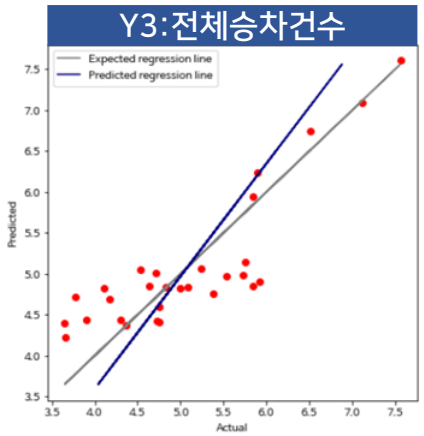
구 별 PLSR 결과

최적 차원 개수 4개로 PLSR 진행 (R^2: 0.9106 , MSE: 26553.7553)









- 전체승차수, 유동인구, 교통량 예측치가 비슷한 양상
- 장안구에서 전체 승차가 많은 버스 정류장은 유동인구가 많고 교통량이 많은 곳이라 생각됨

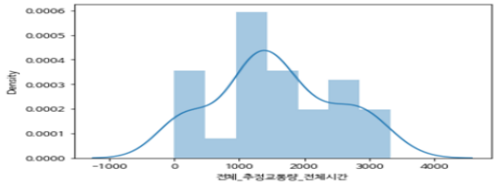
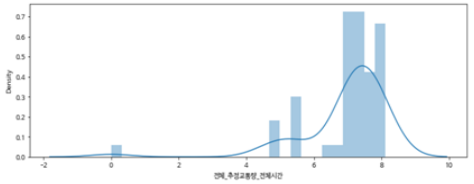
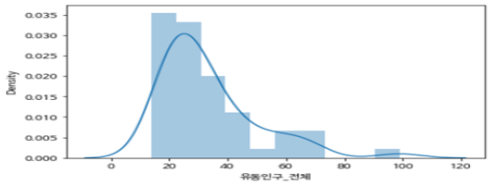
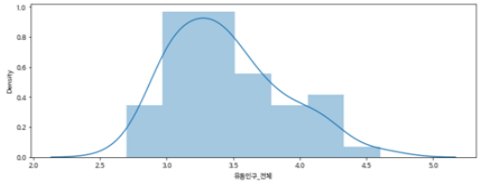
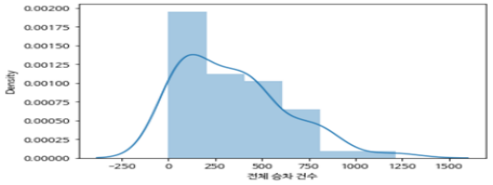
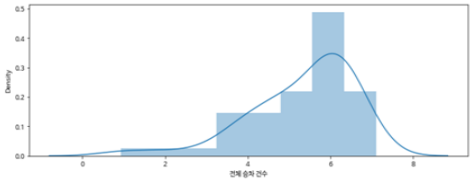
- 유동인구와 전체승차건수가 모형에 매우 잘 적합했음을 볼 수 있음
- 전체 R^2 = 0.91로 모형이 전체적으로 적합하다고 판단
- 위의 회귀식을 이용하여 $\widehat{y_1}$, $\widehat{y_2}$, $\widehat{y_3}$ 을 각각 구함
- 최종 스마트 지수 생성 : smart= scaled $\widehat{y_1}$+scaled $\widehat{y_2}$ + scaled $\widehat{y_3}$

구 별 PLSR 결과

PLSR 결과

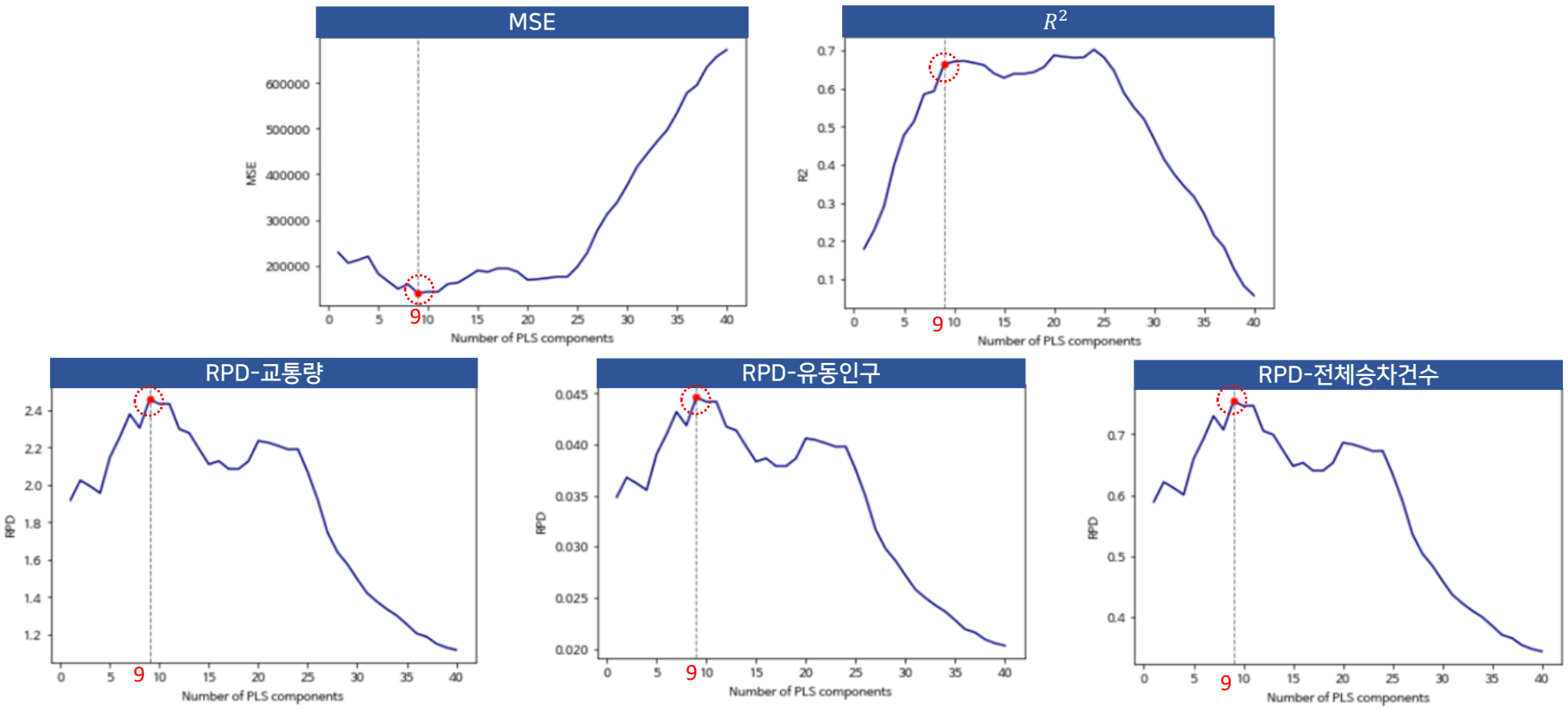
권선구

- 권선구에서 선택된 2개의 클러스터로 진행 (9+44=총 53개 버스 정류장)
- Y의 분포의 왜곡 정도가 심하지 않고 스케일링시 왜곡이 더 심해지므로 스케일링 없이 진행

	scaling 전	scaling 후
교통량		
유동인구		
승차건수		

구 별 PLSR 결과

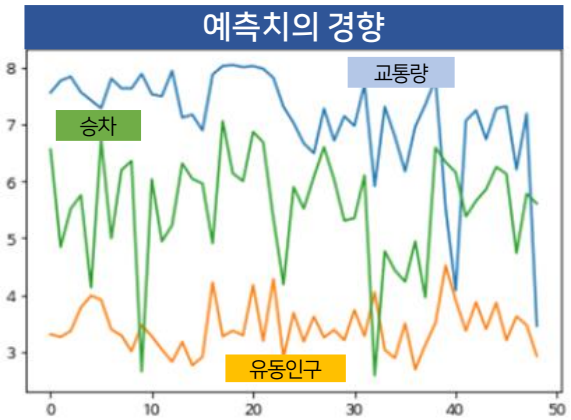
최적 차원 개수 찾기

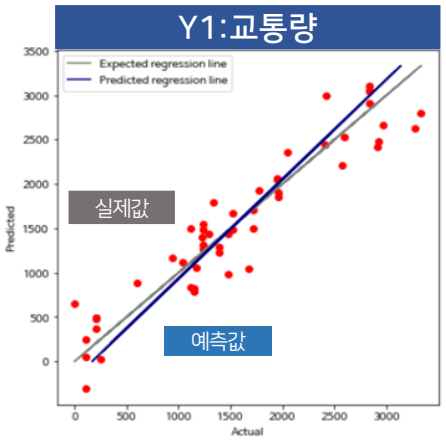


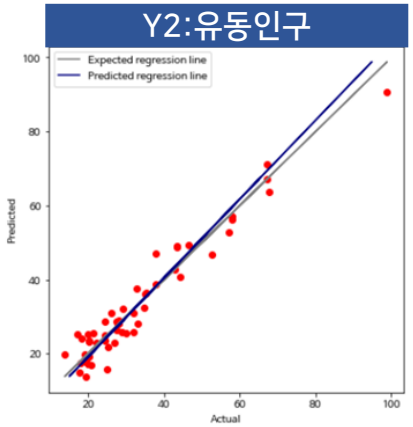
→ MSE 최소, RPD최대, R^2최대가 되는 차원개수 : 9

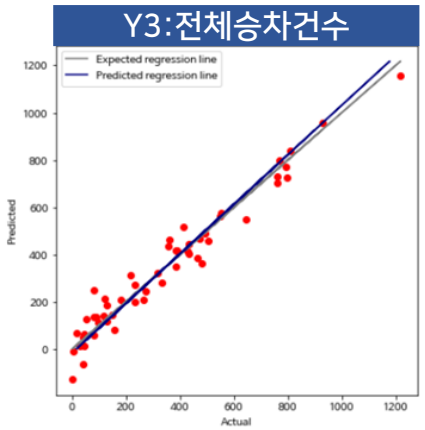
구 별 PLSR 결과

최적 차원 개수 4개로 PLSR 진행 (R^2: 0.9282, MSE: 31074.2998)









- 권선구는 다른 구에 비해 변수 간 경향성이 뚜렷하게 비슷하지는 않으며, 정도의 차이는 있지만 등락의 경향이 비슷한 양상을 보임

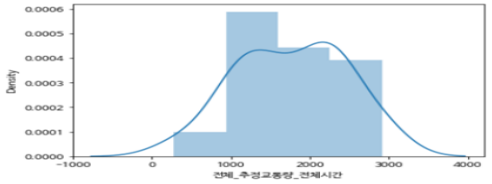
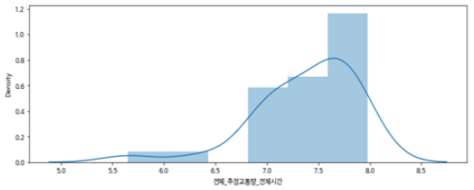
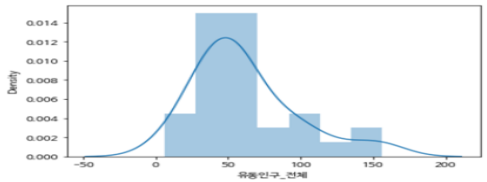
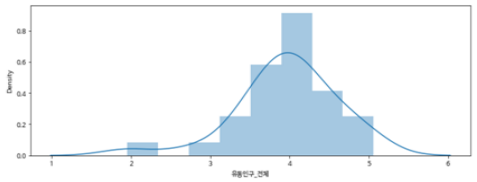
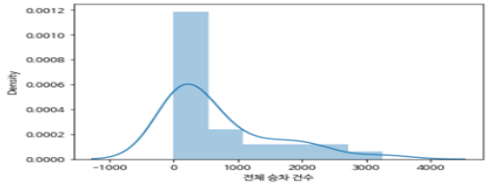
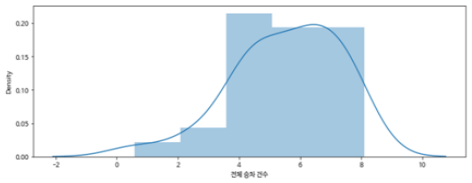
- 교통량, 유동인구와 전체승차건수가 모형에 매우 잘 적합했음을 볼 수 있음
- 전체 R^2 = 0.93로 모형이 전체적으로 적합하다고 판단
- 위의 회귀식을 이용하여 $\widehat{y_1}$, $\widehat{y_2}$, $\widehat{y_3}$ 을 각각 구함
- 최종 스마트 지수 생성 : smart= scaled $\widehat{y_1}$+scaled $\widehat{y_2}$ + scaled $\widehat{y_3}$

구 별 PLSR 결과

PLSR 결과

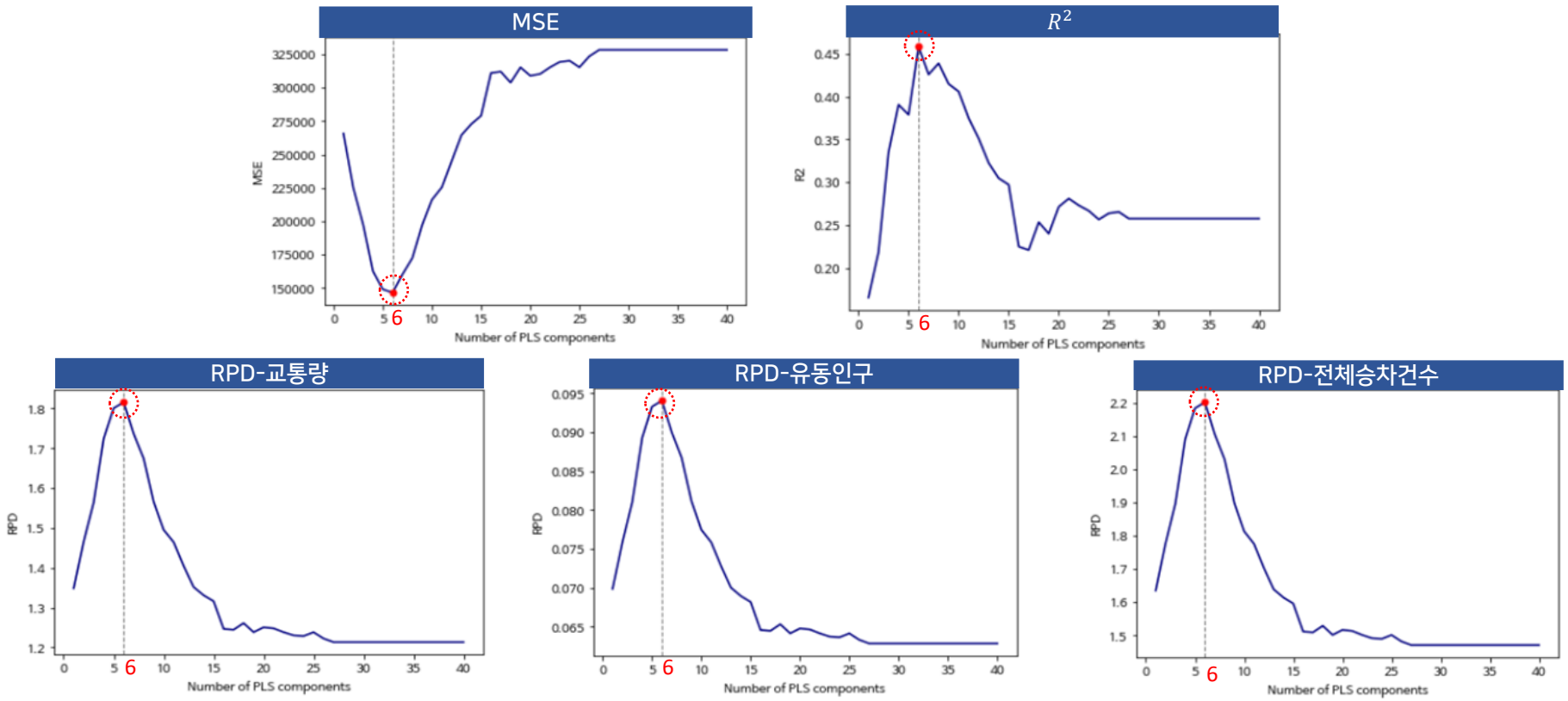
영통구

- 영통구에서 선택된 3개의 클러스터로 진행 (8+4+19=총 31개 버스 정류장)
- Y의 분포의 왜곡 정도가 심하지 않고 스케일링시 왜곡이 더 심해지므로 스케일링 없이 진행

	scaling 전	scaling 후
교통량		
유동인구		
승차건수		

구 별 PLSR 결과

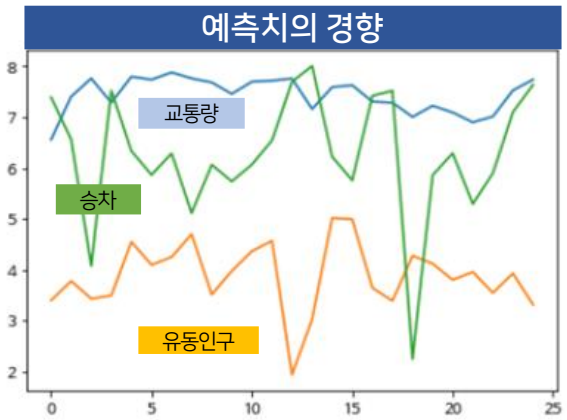
최적 차원 개수 찾기

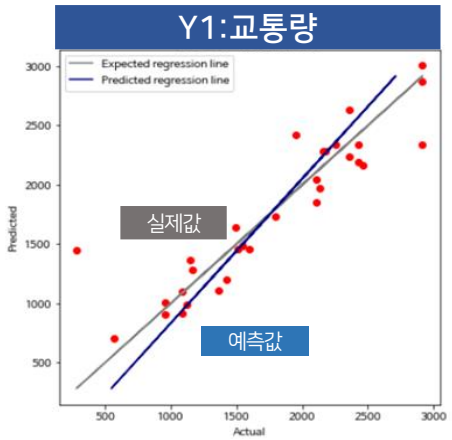


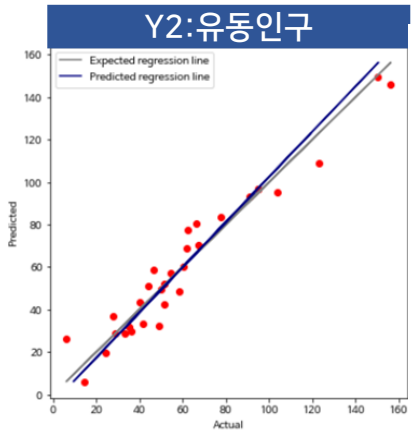
→ MSE 최소, RPD최대, R^2최대가 되는 차원개수 : 6

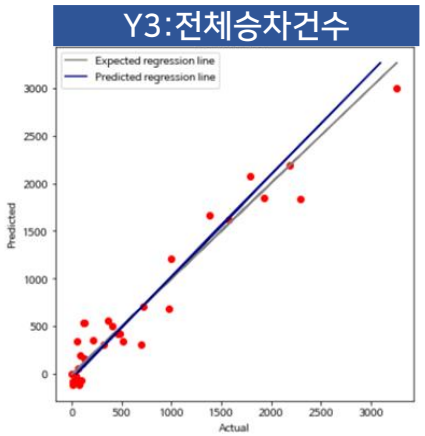
구 별 PLSR 결과

최적 차원 개수 4개로 PLSR 진행 (R^2: 0.8992, MSE: 42478.2176)









- 영통구는 다른 구에 비해 변수간 경향성이 비슷하지 않음

- 교통량, 유동인구와 전체승차건수가 모형에 매우 잘 적합했음을 볼 수 있음
- 전체 R^2 = 0.899로 모형이 전체적으로 적합하다고 판단
- 위의 회귀식을 이용하여 $\widehat{y_1}$, $\widehat{y_2}$, $\widehat{y_3}$ 을 각각 구함
- 최종 스마트 지수 생성 : smart= scaled $\widehat{y_1}$+scaled $\widehat{y_2}$ + scaled $\widehat{y_3}$

최적 입지 선정

1. 스마트 지수 기준 Ranking

스마트 지수

- 스마트 버스정류장 수요를 수치화한 값
- *PLS Regression*으로 추정한 추정치를 **스케일링**하여 더한 값
- (스마트 지수) = $\widehat{y_1} + \widehat{y_2} + \widehat{y_3}$

$\widehat{y_1}$: 전체 교통량 추정치
$\widehat{y_2}$: 유동인구 추정치
$\widehat{y_3}$: 승차건수 추정치

스마트 지수가 높을수록 스마트 버스정류장에 대한 수요가 높은 것을 의미하므로 높은 우선순위 부여

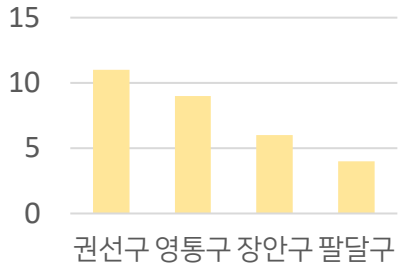
최적 입지 선정

2. Constraint

: 최대한 많은 사람들의 스마트 버스정류장 이용을 위한 제한조건

1. 구별 버스정류장 비율

기존의 구별 버스정류장 비율을 유지하여
고르게 구별 설치 개수 설정



	기존	비율	설치개수
권선구	429	0.36	11
영통구	345	0.29	9
장안구	253	0.21	6
팔달구	152	0.13	4

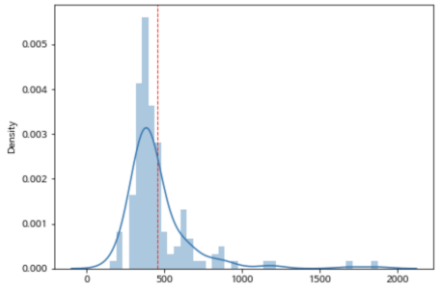
2. 버스정류장 간 평균 거리 계산

근접 거리에 스마트 버스정류장이 여러 개 설치되는 것 방지

PROCESS

1. 수원시_버스정류장 + 경기도 버스 노선 순서 & 정보 데이터를 이용하여, 버스 정류장에 대한 노선 순서 데이터 생성
2. 버스 노선 순서로 정렬 후, 이전 정류장과의 거리 계산 (연속된 순서의 정류장끼리만 계산)
3. **이전 정류장과의 평균 거리 계산**
4. 전체 노선에 대해 평균 거리 값 구함

노선번호	정류장명	lon	lat	next_lon	next_lat	거리(m)	노선 순서
16	화서역	126.990107	37.283895	126.991358	37.281791	197.940	15
	숙지중고교. 서호공원	126.991358	37.281791	126.995919	37.273909	731.636	16
	쌍우물택시쉼터	126.995919	37.273909	.	.		17
	수원역환승센터 (2승강장)	126.999279	37.265404	126.999248	37.262758	177.117	21
	평동동남아파트	126.999248	37.262758	126.995538	37.260691	435.015	22



전체 노선 평균 거리
Mean = 457.691
→ Constraint 458(m) 설정

4

MODEL

Optimization Process

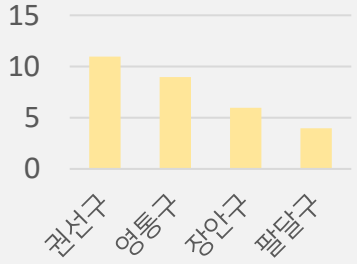
구내

Step1. 스마트 지수 기준으로 구내 버스정류장 우선순위 부여

Step2.

일정거리보다 가까운 버스정류장 중 낮은 우선순위의 버스정류장 제거

Step3.



x 2

우선순위의 버스정류장 구별 설치 개수의 약 2배수 선택

통합

Step4. 구별로 선택된 버스정류장 통합 후 우선순위 재부여

Step5.

구 경계에서 근접하게 선택된 버스정류장을 고려하여 일정거리 내에 있는 낮은 순위의 버스정류장 제거

Step6. 구별 버스정류장 비율 유지하여 우선순위의 버스정류장 선택

Step7. 유동인구 기준으로 광고 Target층 선정

4

MODEL

구내 Constraint

1. 스마트 지수 기준으로 구내 버스정류장 우선순위 부여
2. 일정거리보다 가까운 버스정류장 중 낮은 우선순위의 버스정류장 제거
3. 이후 구 경계에 있는 버스정류장까지 고려하기 위해 높은 순위의 버스정류장 구별 설치 개수의 약 2배수 선택

팔달구

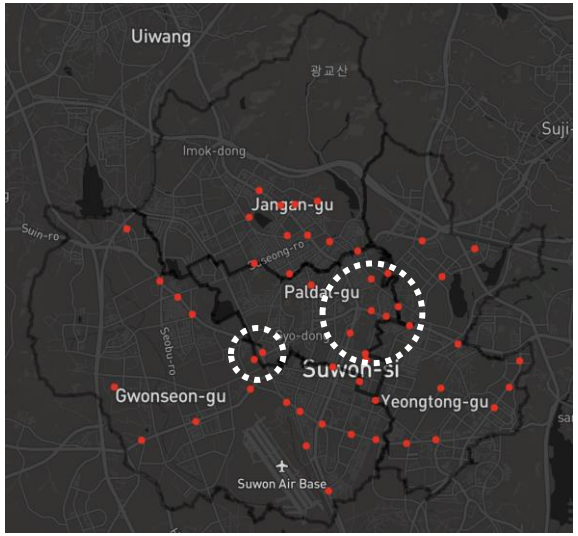
영통구

장안구

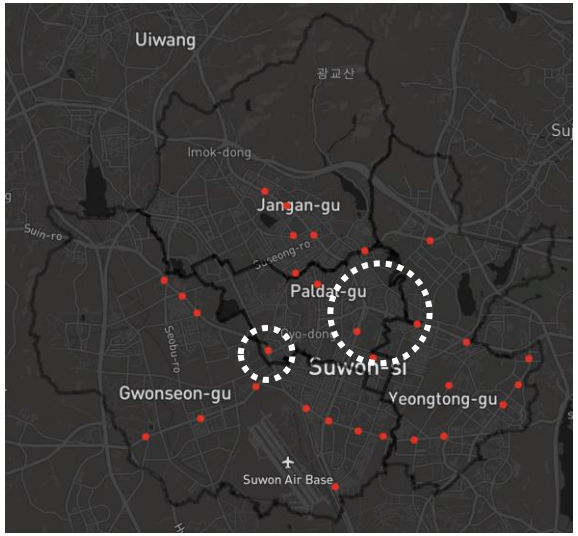
권선구

통합 Constraint

4. 구별로 선택된 버스정류장 통합 후 우선순위 재부여
5. 구 경계에 있는 버스정류장 고려하여 일정거리보다 가까운 버스정류장 제거
6. 구별 버스정류장 비율 유지하여 높은 순위의 버스정류장 선택



구내 Constraint 적용 결과



통합 Constraint 적용 결과

최종 입지 선정 결과

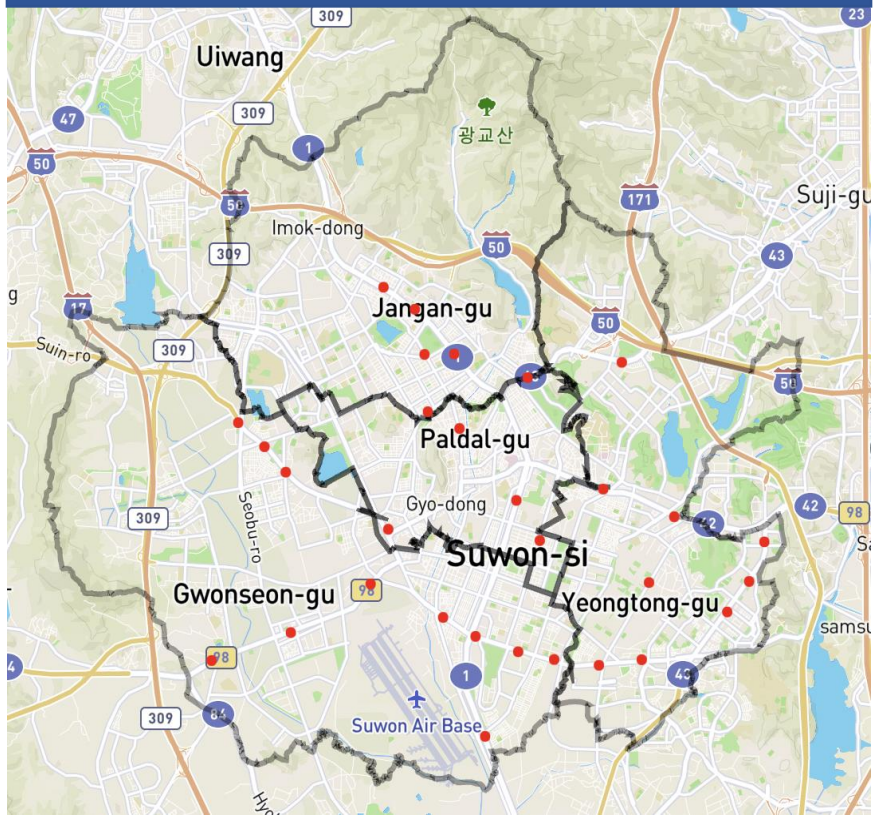
스마트 버스정류장 우선 설치위치 30개소

순위	정류장명	위도	경도
1	수원역.AK플라자	127.000904	37.267365
2	수원버스터미널	127.019716	37.249796
3	우만동4단지	127.030921	37.292248
4	한일타운.경기일보.홈플러스	127.006636	37.303467
5	곡반초등학교	127.036666	37.24599
6	영통아이파크캐슬1단지.래미안영통마크원2단지	127.046286	37.245039
7	고색역.고색초교.태산아파트	126.97993	37.250431
8	수원아이파크시티.선일초교	127.028889	37.247274
9	원천레이크파크아파트	127.062484	37.269424
10	수원광교박물관.광교카페거리	127.051198	37.294768
…	…	…	…
30	한국은행	127.00944	37.28665

Targeting

최종 결과 확인

최종 선정 입지 30개소

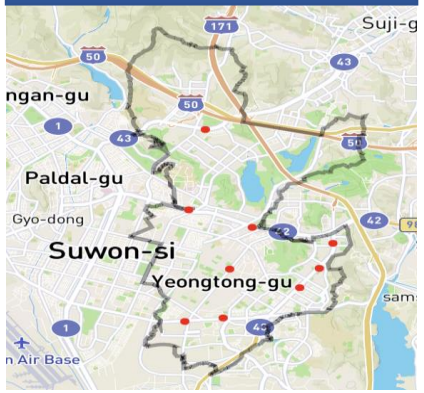


권선구(11개)

장안구(6개)

팔달구(4개)

영통구(9개)

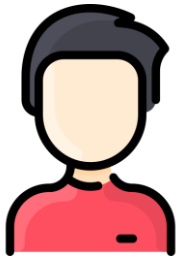


광고 Targeting

성별 가중치 부여

- 성별에 따른 광고 타겟팅 효과를 반영하기 위한 가중치 (구매의도지수) 부여

(여자 유동인구 수)
x (가중치 = 4.27)



(남자 유동인구 수)
x (가중치 = 2.94)

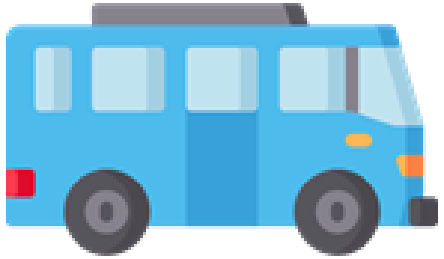
광고 Target층
: 유동인구가 가장 많은 (연령대 + 성별)

성별	여성	남성
구매 의도	4.27	2.94

옥외광고에서, 성별에 따른 광고효과의 차이 존재

출처: 성별과 관여도에 따른 옥외광고의 커뮤니케이션 효과(한광석,2005)

순위	정류장명	광고 Target층
1	수원역.AK플라자	20대 여성
2	수원버스터미널	40대 남성
3	우만동4단지	40대 남성
4	한일타운.경기일보.홈플러스	50대 여성
5	곡반초등학교	50대 여성
6	영통아이파크캐슬1단지.래미안영통마크원2단지	30대 여성
7	고색역.고색초교.태산아파트	50대 남성
8	수원아이파크시티.선일초교	40대 여성
9	원천레이크파크아파트	40대 여성
10	수원광교박물관.광교카페거리	40대 여성
…	…	…
30	한국은행	60대 남성



5

결론

결과 해석

1. 유동인구 & 교통량 많은 버스정류장

우선순위1. 수원역 .AK 플라자

- 근거리에 수원역 분당선과 1호선이 있고 AK 플라자, 롯데백화점, 수원메쎄, 아파트단지들이 많이 있어 스마트버스정류장의 수요가 높은 곳이라 예상할 수 있음.
- 또한, 중앙차로에 위치하고 있어 이용객의 대기먼지 노출도가 심하기 때문에 최우선적으로 고려되어야 할 곳

우선순위2. 수원버스터미널

- NC 백화점 앞에 위치하고 있고 근거리에 수원버스터미널, 이마트,초등학교, 중학교 및 아파트 단지들이 있어 이용인원이 많을 것이라 판단 가능
- 또한, 옆에 사거리를 두고 있어 교통량 또한 많아, 광고 접근성이 좋을것이라 예상됨

우선순위3. 우만동4단지

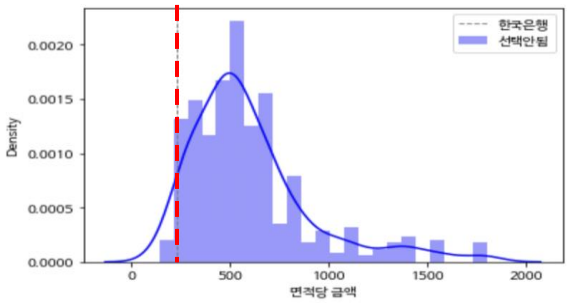
- 아파트단지 앞에 위치하고 있고 주변에 초등학교와 중학교, 월드컵 경기장 입구가 있어 이용인원이 많을 것이라 판단 가능
- 또한, 인근에 공영주차장과 사거리가 있고 8차선 도로에 위치하고 있어 교통량 또한 많아 광고 접근성이 좋을 것이라 예상됨

결과 해석

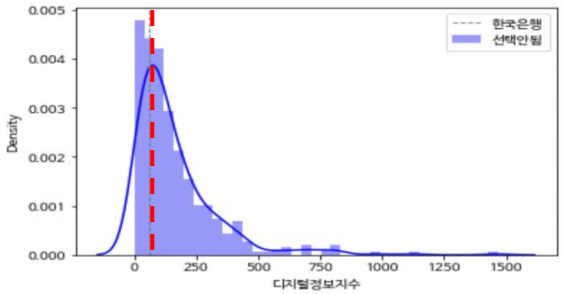
2. 취약계층을 위한 버스정류장

우선순위30. 한국은행

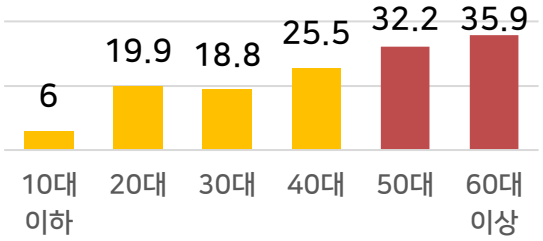
주변에 경로당, 요양병원, 한의원 등이 위치하고 있는 것으로 보아 고령인구가 많이 사용하는 지역임을 알 수 있음



면적당 금액이 다른 지역에 비해 낮은 것으로 보아 상대적으로 저소득층 지역임을 알 수 있음



디지털정보화지수가 다른 지역에 비해 낮은 것으로 보아 상대적으로 정보 소외계층임을 알 수 있음



연령별 유동인구 수

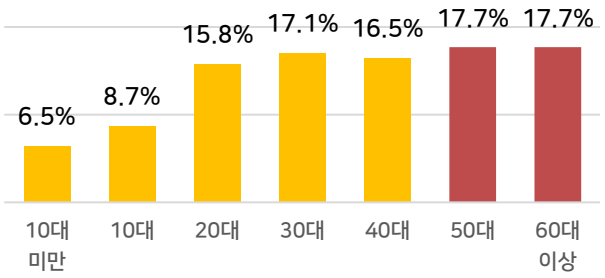
상대적으로 50대, 60대 이상의 유동인구 수가 많은 것으로 보아 고령인구가 많이 이용하는 지역임을 알 수 있음

결과 해석

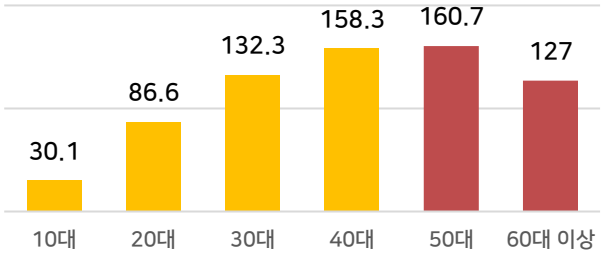
2. 취약계층을 위한 버스정류장

우선순위12. 세류2동 주민센터

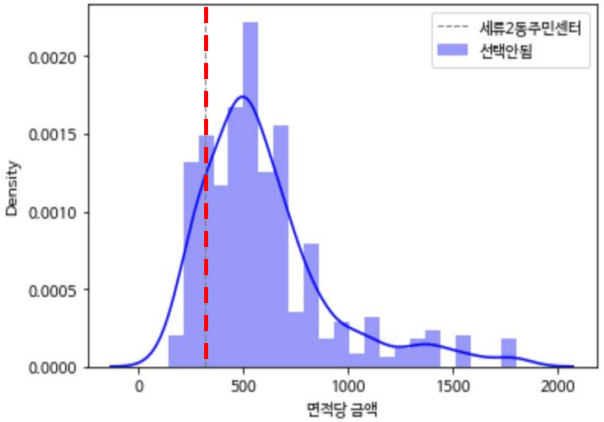
정류소 주변에 행정복지센터가 위치하고 있어 시민 편익 증진 및 주민 자치 기능에 기여하므로 공공성 실현



연령별 거주 인구



연령별 유동인구



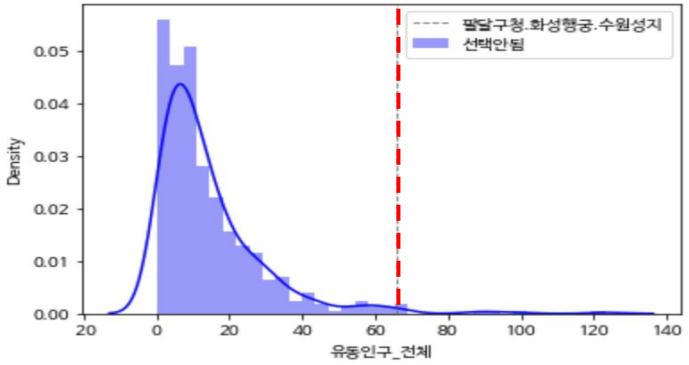
세류2동 주민센터 정류장 주변 아파트의 **면적당 금액**은 평균에 비해 낮으므로 상대적 저소득층 지역이라고 할 수 있음 따라서 기존 취약계층을 고려한 분석 목표에 부합하는 입지라 판단됨

결과 해석

3. 지역의 상징성 고려한 버스정류장

우선순위26. 팔달구청, 화성행궁, 수원성지

팔달구청. 화성행궁.수원성지 정류장 주변에는 박물관,전시관, 문화관 등의 관광지 및 명소가 많아 수원시의 상징성을 보여주는 지역이라 할 수 있음



타 정류장에 비해 유동인구가 월등히 많은 양상을 띠는 것으로 보아 관광지의 특성이 드러남

상징적이고 관광객이 많은 위치에 스마트 버스정류장을 설치함으로써 수원시 이미지 제고

결론

의의 및 한계점

의의	• 취약계층을 고려한 분석 - 디지털정보지수, 면적 당 금액 변수를 사용한 분석 • 최대한 많은 수원시민에게 스마트 버스정류장을 경험할 수 있도록 배치 - 구별로 각자 특성을 반영하여 고르게 배치 • 실제 사례를 참고하여 목표 설정하였기 때문에 현실성 있고 구체적인 결과 도출
한계점	• 데이터 문제 - 격자 데이터를 가장 가까운 버스정류장에 병합했기때문에 다소 부정확한 수 있음 - 수원시 미세먼지 측정소가 8개뿐이어서 정류장별 차이를 정확하게 파악할 수 없었음

출처

1. 출처

[1] ‘LH, 미세먼지 잡는 버스정류장 선보인다’, 중앙일보, 2019.04.28
[2] ‘수원시, '스마트챌린지 솔루션 확산사업' 대상지 선정’, 에듀인뉴스, 2021.03.08
[3] ‘수원시, 과학기술정보통신부 공모 선정으로 국비 27억 7000만원 확보’, 한국분양정보, 2021.02.22
[4] ‘수원시, 버스정류장 14곳에 온열의자 추가 설치’, 연합뉴스, 2018.02.13
[5] 2021년 신년사, 수원시장, 2021.01.01
[6] 수원시 대기오염 민감군 피해저감 방안 연구, 수원시정연구원 강은하, 2019
[7] 다변량 통계분석 방법을 이용한 Online Monitoring Methods , 포항공과대학교 화학공학과
[8] Variable and subset selection in PLS regression, technical university of Denmark, 2000.11.06
[9] Multivariate Linear Models, Washington University, 2010.11.08
[10] 성별과 관여도에 따른 옥외광고의 커뮤니케이션 효과, 한광석, 2005
[11] http://www.gisdeveloper.co.kr/?p=4784

2. 분석툴

python™ QGIS

감사합니다