

전기차 충전소 입지선정 플랫폼

여기e어때?

노정화 조재영 최승민 한지원



차례

I. 서론

- 주제선정배경
- 순서도
- 데이터 소개
- 데이터 전처리

II. 변수 선정

- 상관관계 분석
- PCA

III. 입지 선정

- 알고리즘 소개
- 모델적용
- 결과값

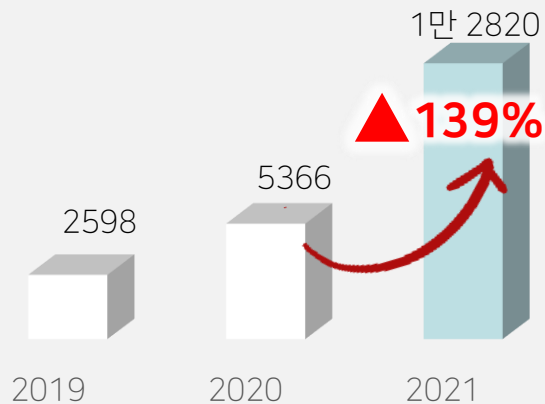
IV. 시연

V. 결론

- 의의
- 참고문헌 및 분석도구

인천 지난해 전기차 등록 139% 증가 **국내 1위**

[출처: 국토교통부]



지난해 인천 전기차 증가율이 138.9%를 기록했다. 국내 시·도 17개 중 가장 높은 폭의 증가율이다. 국토교통부는 지난 3일 ‘2021년도 12월말 기준 자동차등록 통계’를 발표했다.

인천에 누적 등록된 친환경 차는 전기차 1만2820대, 수소차 1021대, 하이브리드차 8만7046대 등 총 10만887대다. 인천 전기차 등록 대수는 꾸준히 증가하고 있다. 전기차 등록 대수는 2019년 2598대, 2020년 5366대, 2021년 1만2820대를 기록했다.

특히 지난해는 2020년 대비 139% 증가했다. 국토부는 인천이 전기차 보조금과 배정대수가 많아 국내 시·도 17개 중 가장 높은 폭의 증가율을 보였다고 설명했다. (...)

최근 전국적으로 전기차 등록대수 및 비율이 증가하는 추세이고,

인천 광역시는 특히 급격한 성장세를 보이고 있습니다.

이에 따라 전기차 인프라 입지선정 연구도 증가하고 있는 상황입니다.

전기차 대비 충전기 대수...
제주 77대 1위, 인천은 29대 불과

전기차 6위 도시 인천, 인프라는 ‘꼴찌’

(...) 전국에서 가장 인프라가 부족한 곳은 인천광역시였다. 인천시에 등록된 전기차는 1만4134대로 지방자치단체 중에서 여섯 번째로 많았지만, 충전기는 4102대(29%)에 불과했다. **충전기 보급률이 30% 미만인** 지방자치단체는 전국에서 **인천광역시가 유일**하다.

(...) “지방자치단체가 적극적으로 급속 충전기 보급을 확대해야 한다.”

[출처: 중앙일보]

그러나 기존의 많은 입지선정 연구에도 불구하고

인천시는 여전히 심각한 전기차 보급률 문제를 겪고 있습니다.

따라서 보다 **새로운 방향의 입지선정 분석**이 필요한 실정입니다.

기존 입지선정 분석의 한계

- 형평성 고려 미흡: 입지 선정 시 효율성만을 고려하여, 결과값이 특정 지역에만 집중적으로 치우친 경우가 잦음

출처: 전기차 충전소 입지의 공간적 형평성 분석 .대한건축학회논문집,37(12),211-221.



“전기차 충전소는 공간적으로 특정 지역에 집중되어 나타난다.

... 향후 공공 전기차 충전소의 입지에는 효율성보다는 형평성을 적극적으로 고려하여야 한다.”

- 경직된 분석 기법: 설계자의 주관에 따라 하나의 분석 알고리즘에 치우쳐 있거나, 입력변수의 가중치가 사전에 설정되어 있음
- 외부요인에 대한 고려 부족: 법률, 입지의 개방 범위 등 실질적인 변수들을 고려하지 않음

아이디어 구상

전기차 이용자의 급격한 증가에 따라, 부족한 전기차 인프라를 확충하기 위한 법률 개정 또한 수시로 이루어지고 있음

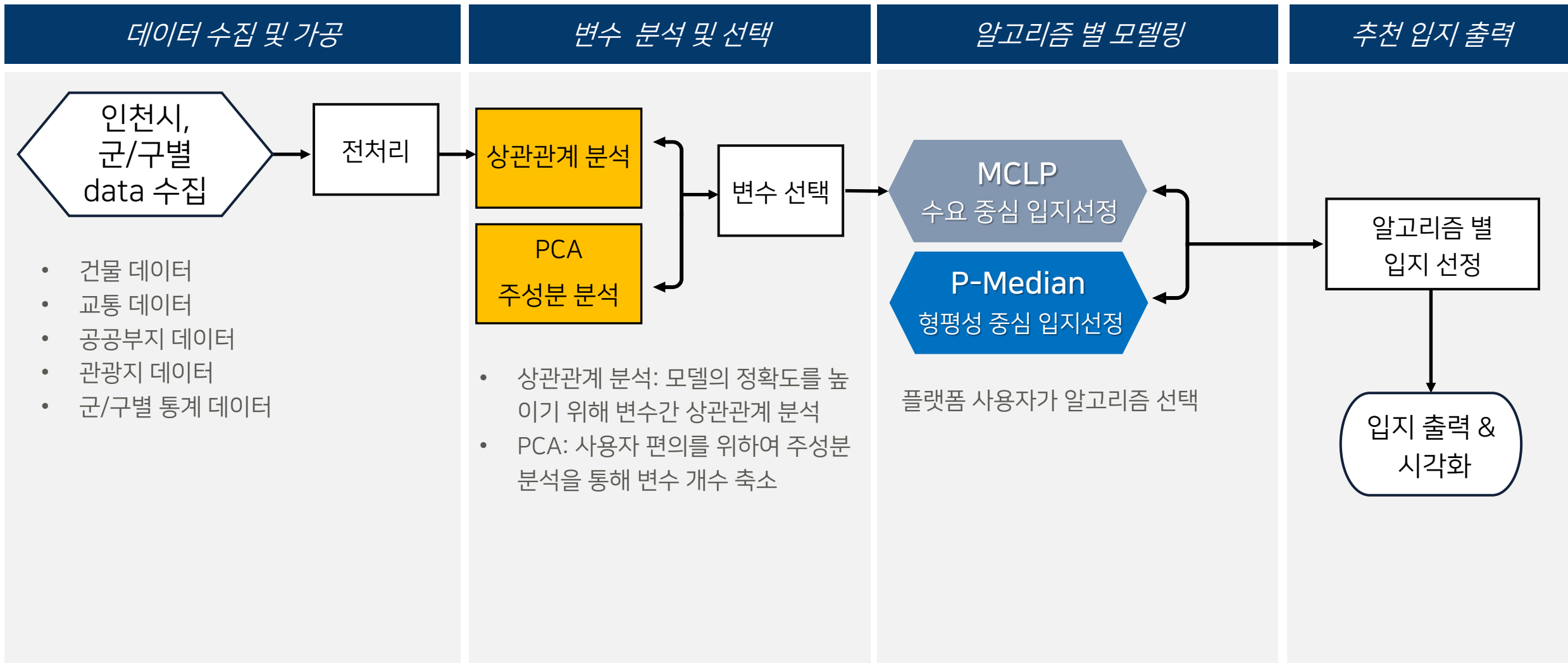
인천광역시 환경친화적 자동차 보급 촉진 및 이용 활성화에 관한 조례[시행 2022.4.21.][인천광역시조례 제 6849호, 2022.4.21., 일부개정]

부산광역시 환경친화적 자동차 보급 촉진 및 이용 활성화에 관한 조례[시행 2022.7.6.][부산광역시조례 제6729호, 2022.7.6., 일부개정]



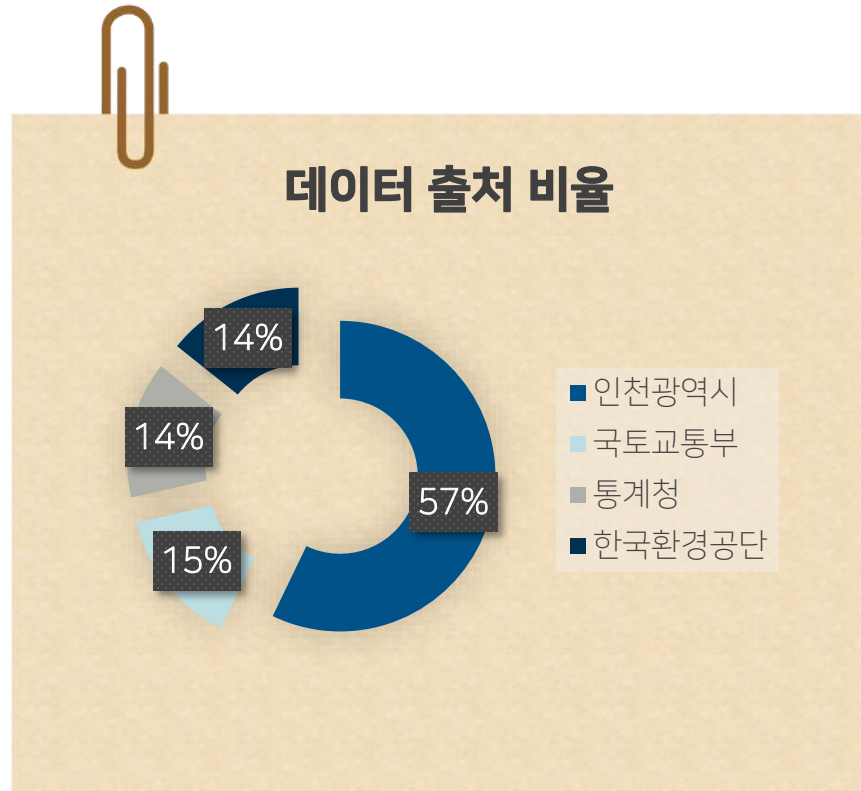
제도상의 변화를 유동적으로 반영할 수 있는 전기차 충전소 입지 추천의 필요성 파악

순서도(Flow Chart)



데이터 소개

최적의 전기자동차 충전소 입지선정을 위해 접근성, 기존 전기차 인프라 현황, 군/구별 통계 데이터 등을 **혼합적으로 고려**해야함을 인지하여, 선행 연구를 참고해 데이터를 다음 네 분류로 나누어 수집하고 파악함



데이터 분류	데이터 이름	출처
건물 데이터	1종 근린시설	• 국토교통부
	2종 근린시설	
공공부지 데이터	인천시 주차장 정보	• 인천광역시
	인천시 관광지 정보	
군/구별 통계 데이터	인천시 군/구별 세대수	• 통계청 • 인천광역시 • 한국환경공단
	인천시 군/구별 충전소 정보	
	인천시 군/구별 전기차 등록정보	
	인천시 군/구별 충전소 구축현황	
교통 데이터	인천시 도로별 교통량	• 인천광역시

BASE DATA PROCESSING



좌표가 없는 데이터

1종 근린시설.csv

2종 근린시설.csv

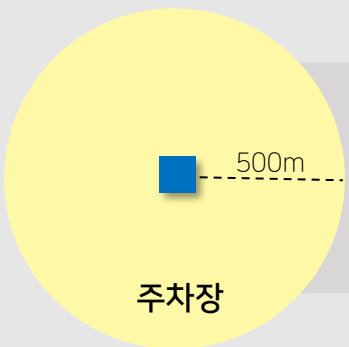
인천시 도로별 교통량.csv

1. 지역명에서 Geocoder-Xr, 구글 API 사용하여 위도, 경도 추출
2. 중복 데이터 제거
3. 결측값 처리 및 불필요한 변수 제거

건물 주소	종류	...	위도	경도
연수구 청학동 ...	1종	...	37.4182261	126.67481
연수구 옥련동 ...	1종	...	37.4154695	126.6546
연수구 동춘동 ...	1종	...	37.4254898	126.69722

LINK ID	...	위도	경도
1610012700	...	37.48680	126.65760
1610012700	...	37.48624	126.65861
1620013800	...	37.742321	126.498625

ADDITIONAL DATA PROCESSING

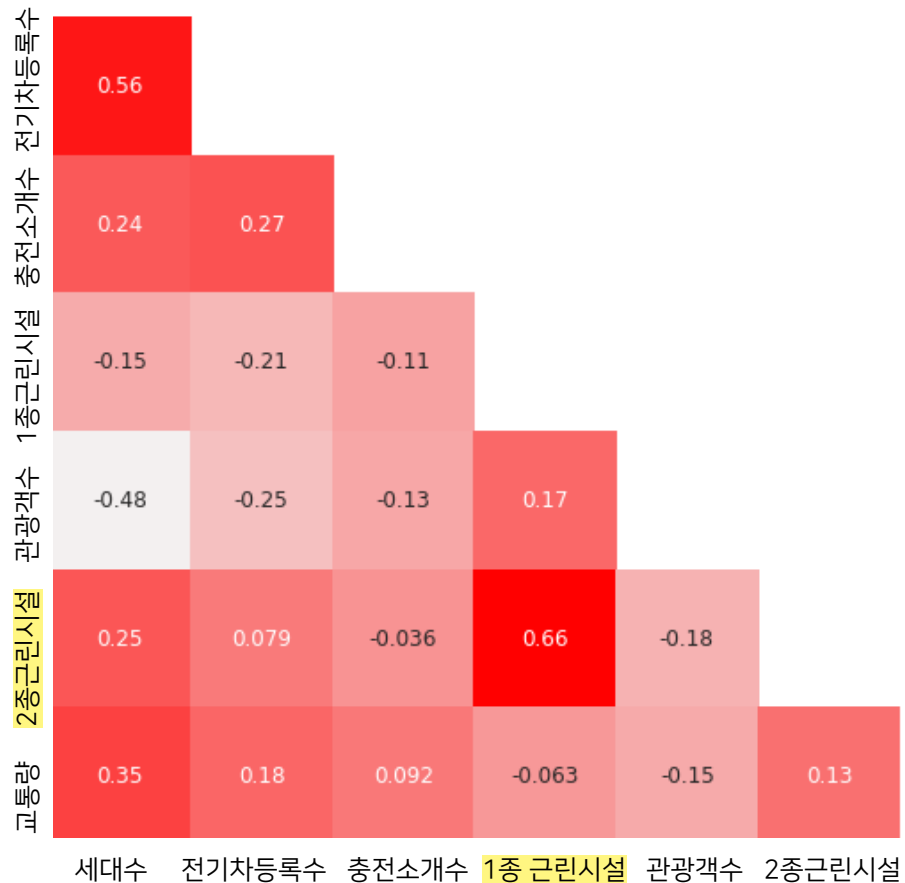


1. 충전소가 설치되지 않은 주차장 반경 500m 이내의 충전소, 교통량, 근린시설 개수 계산
2. 주변 충전소 개수가 적을수록 유력한 충전소 설치 후보이므로, 충전소 개수를 역수 처리함
3. 주차장이 해당된 군,구의 관광객수, 세대수, 전기차 등록수 데이터와 통합
4. 모든 변수에 MinMax 스케일링 적용하여 최종 데이터 완성

각 변수의 범위가 모두 상이하므로
모델의 정확도를 위해 스케일링 적용함

최종 데이터.csv

주차장명	위도	경도	충전소 개수	세대수	전기차 등록수	1종 근린시설	2종 근린시설	관광객수	교통량
강화 역사관 주차장	0.0986	0,1023	0,1573	0.0166	0.0167	.0.3066	0
돌산마루제1호	0.0986	0.9801	0.6226	0.1183	0.4469	0.4163	0.0040
관청리 주차장	0.0184	0.1023	0.157	0.3051	0.3215	0.3066	0
...
남동공단 1호	1	0.9801	0.6226	0.0015	0.0006	0.3066	0.2306



변수들 간 상관관계 분석의 필요성

- 변수들 간 상관관계가 높으면 특정 변수의 유의성을 상실함
- 변수들 간 높은 상관관계는 모델의 정확도를 저하시킬 수 있음

상관관계가 높은 변수

제 1종 근린시설

제 2종 근린시설

0.66으로 가장 높은 양의 상관관계를 가짐
제 1종 근린시설의 중요도가 더 높다고 판단,

제 1종 근린시설 데이터를 선택!

+ '건물수'로 변수명 변경!

차원축소의 필요성

- 플랫폼 사용자의 편의를 고려함과 동시에 효율적 알고리즘을 구축하기 위해서는 차원 축소가 필요함
- 변수의 개수를 줄이면서 원본 데이터의 정보를 최대한 보존할 수 있는 주성분 분석을 진행

주성분 분석 (PCA)

PCA: Principal Component Analysis

- 가장 널리 사용되는 차원 축소 기법 중 하나로 원본 데이터의 분포를 최대한 보존하면서 고차원 공간의 데이터들을 저차원 공간으로 변환
- 직교선형변환을 통해 분산이 큰 순서대로 새로운 좌표계를 반환함

Principal Component Analysis



충전소 개수

세대수

관광객수

전기차 등록수

건물수

교통량

필수 데이터

모델에 필수로 포함시켜야 하는 충전소 개수 데이터를 제외하고
나머지 5개 변수들을 이용해 분석 진행

선정 결과

- 변수들의 선형결합으로 이루어진 5개의 좌표계 반환(PC.1, PC.2, PC.3, PC.4, PC.5)
- 누적 66%의 설명력을 가진 PC1과 PC2를 선정해 각 좌표계를 이루는 계수의 절대값을 분석

PC.1 45%

PC.3

PC.2

PC.4

PC.5

21%

(원본 데이터에 대한 기여도)

PC.1과 PC.2 집중 분석

절대값이 클 수록 해당 좌표계에 큰 영향을 끼침

절대값이 0.5이상인 변수들을 최종 선정!

	PC.1	PC.2
세대수	0.61	-0.05
전기차 등록수	0.54	0.05
건물수	-0.07	-0.86
교통량	0.28	-0.47
관광객수	-0.49	-0.16

ex. PC.1 = 0.61x세대수 + 0.54x전기차 등록수 -0.07x건물수 +0.28x평균 교통량 -0.49x관광객수

가중치 변수 생성

$$\begin{matrix}
 & \text{최종변수} \\
 \begin{pmatrix} w_1 & w_2 & w_3 & w_4 \end{pmatrix} & \times & \begin{pmatrix} \text{충전소 개수} \\ \text{세대수} \\ \text{전기차 등록수} \\ \text{건물수} \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} w_1 \cdot \text{충전소 개수}_1 + w_2 \cdot \text{세대수}_1 + w_3 \cdot \text{전기차 등록수}_1 + w_4 \cdot \text{건물수}_1 \\ \vdots \\ w_1 \cdot \text{충전소 개수}_n + w_2 \cdot \text{충전소 개수}_n + w_3 \cdot \text{전기차 등록수}_n + w_4 \cdot \text{건물수}_n \end{pmatrix}^T \\
 \mathbf{w}^T & & \mathbf{A}^T & & \mathbf{w}^T \mathbf{A}^T
 \end{matrix}$$

알고리즘 소개

MCLP:Maximal Covering Location Problem

- 커버리지 알고리즘의 한 종류로, 주어진 반경 하에 시설물이 커버하는 **수요량을 최대화**하는 위치를 선정함
- 반드시 모든 수요 지점에 서비스를 공급할 필요할 없음 → **제한된 예산을 고려한 현실적인 모델**

$$\text{목적함수 } Z = \max \sum_{i \in I} a_i y_i$$

a_i =수요지점 i에 존재하는 수요의 양, $w^T A^T$

y_i =수요지점 i에 최소 한 개의 시설물로 커버되는 경우 1을 반환, 그 외는 0

수요를 최대화하는 것이 목적!

P-Median:P-median problem

- 미디안 알고리즘의 한 종류로, 주어진 시설물의 개수 아래 시설물과 모든 수요 지점 간의 **거리를 최소화**하는 위치를 선정함
- 모든 수요지점으로부터의 거리를 계산함 → **형평성을 고려한 모델**

$$\text{목적함수 } Z = \min \sum_i \sum_j h_i d_{ij} y_{ij}$$

h_i =수요지점 i에 존재하는 수요의 양, $w^T A^T$

d_{ij} =수요지점 i와 시설물의 입지점 j 사이의 거리

y_i =수요지점 i에 최소 한 개의 시설물로 커버되는 경우 1을 반환, 그 외는 0

중심점으로부터의 거리합을 최소화 하는게 목적!



시나리오 설정 및 모델 적용

From.국가법령정보센터

인천광역시 환경친화적 자동차 보급 촉진 및 이용 활성화에 관한 조례[시행 2022.4.21.][인천광역시 조례 제 6849호, 2022.4.21., 일부개정]

- 전용주차구역 및 충전시설 의무 설치대상을 공공건물, 공중이용시설, 공영주차장은 총 주차대수 100개 이상에서 50개 이상으로 확대
- 주차대수 50개 이상 100개 미만 공영주차장 중 우선 설치 지역을 탐색하는 것을 시나리오로 설정

사용자 조정 변수 설정

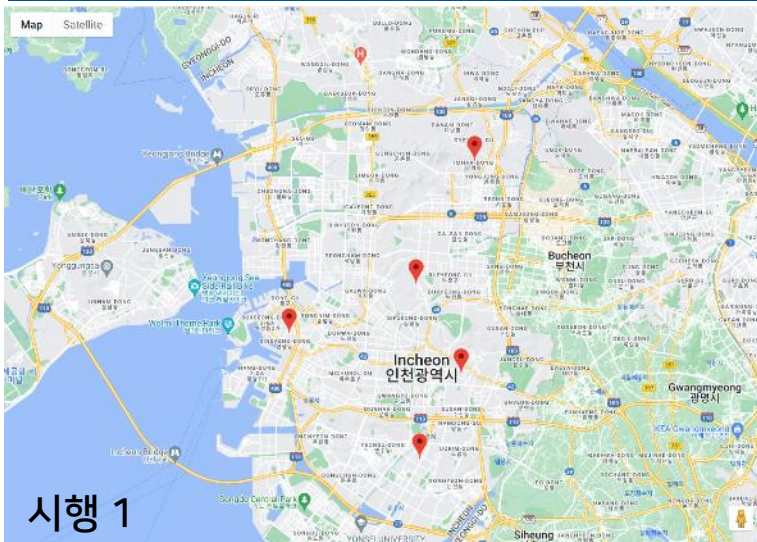
- 사용자는 목적에 따라 주차장 면수, 입지 개수, 알고리즘, 그리고 4개의 가중치 매개변수를 설정할 수 있음
- 사용자의 다양한 목적을 가정하여 총 3개의 시행 시나리오를 설정

사용자 조정 매개변수		시행 별 가중치				
주차장 면수(500이상 100미만)		충전소 개수(w_1)	세대수(w_2)	전기차 등록수(w_3)	건물수(w_4)	모든 가중치 동일 충전소 수요+ 접근성 우선 충전소 부족 지역 우선
선정할 입지 개수(5개)	시행1	1	1	1	1	
알고리즘(P-Median, MCLP)	시행2	0	0	2	2	
버스 별 가중치(w_1, w_2, w_3, w_4)	시행3	3	0	0	0	

알고리즘, 가중치 조합을 다르게 하여 입지 선정 알고리즘 실행!

결과 시각화: MCLP (제한된 예산 고려)

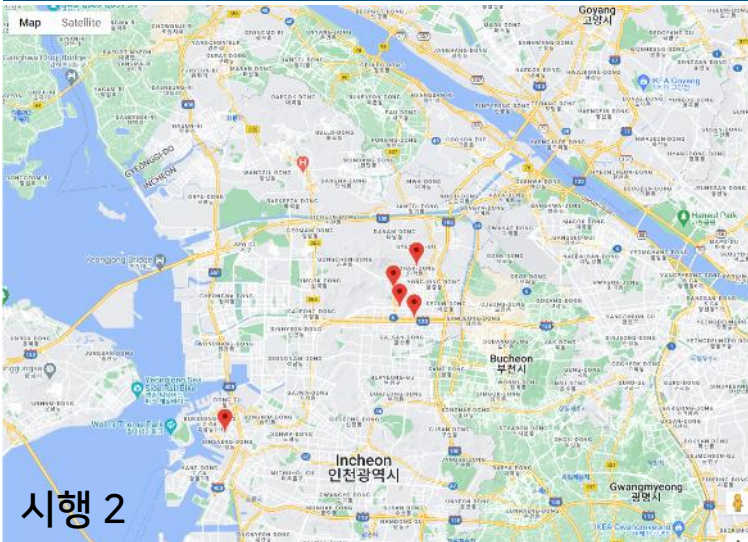
동일 가중치



만수어린이공원, 임학, 남동공단1호,
화랑로,경동공영주차장

네 가중치가 고르게 반영되어
도심지를 중심으로 선정됨

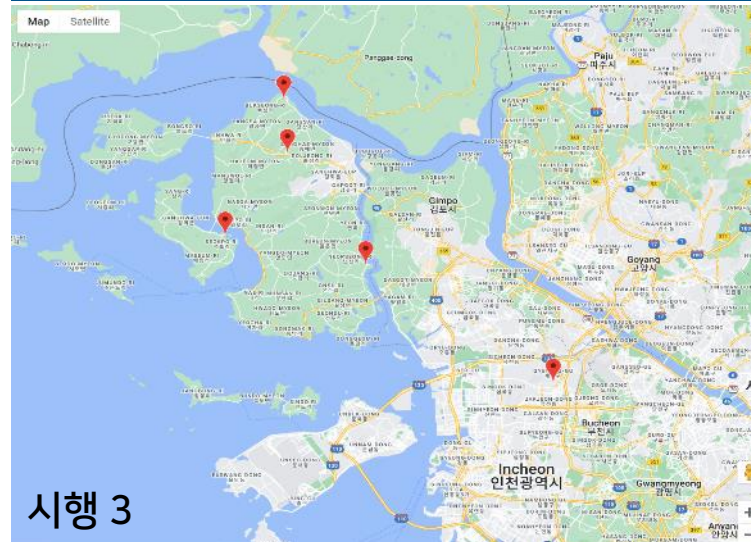
전기차 인프라 수요 + 접근성 우선



경인교대 환승, 내동공영주차장,
작전역 환승 동쪽(남측), 임학, 목수천

전기차 등록수가 가장 높은
계양구를 중심으로 지역이 선정됨

충전소 부족 지역 우선

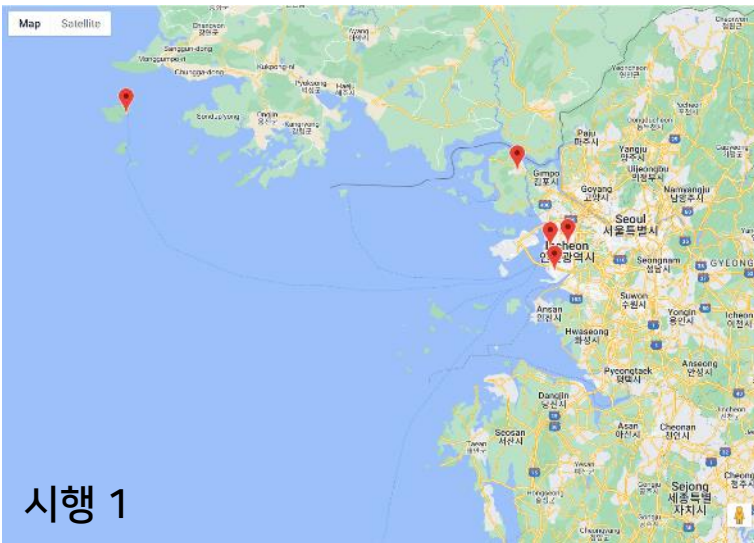


광성보주차장, 석포리 선착장 주차장,
강화평화전망대주차장, 고인돌 주차장, 임학

충전소 개수가 적은
관광지 위주의 지역이 선정됨

결과 시각화: P-Median (형평성 고려)

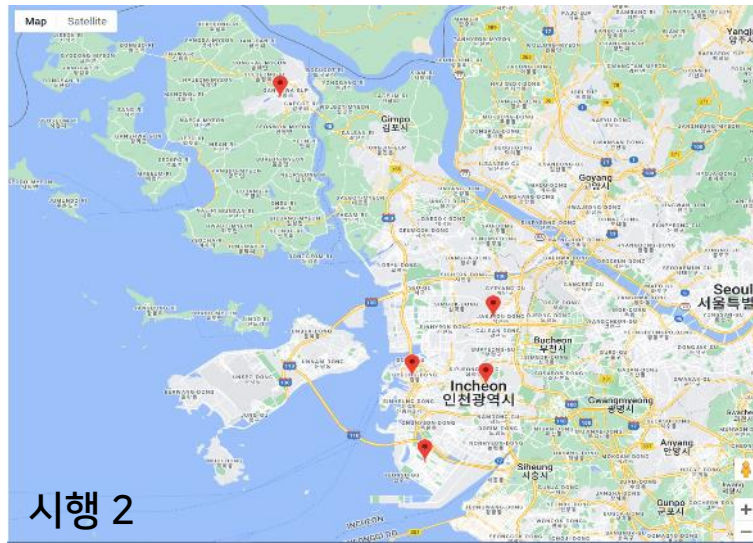
동일 가중치



신문리주차장, 백운남부1차,
제4공영주차장(송도), 경동공영주차장,
사곶해변 주차장

관광지 두 곳, 도심 지역 세 곳으로 각 변수
결과를 잘 반영한 분포를 보임

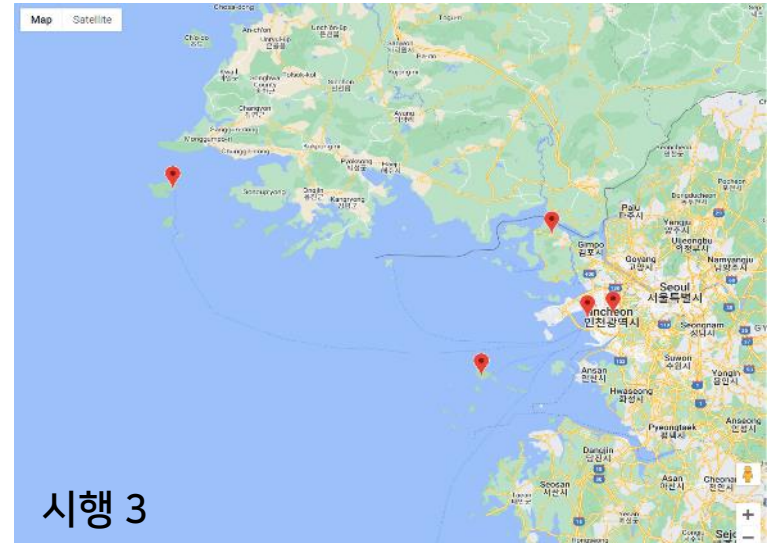
전기차 인프라 수요 + 접근성 우선



신문리주차장, 작전역 환승 서쪽(남측),
석산길, 제4공영주차장(송도)
경동공영주차장

전기차 인프라 수요가 높고, 주변에 건물 수
가 많은 도심지를 중심으로 분포되어 있음

충전소 부족 지역 우선



고인돌 주차장, 석산길,
연안부도로 제2노상주차장, 사곶해변 주차장,
서포리 해변 주차장

충전소 개수가 적은 관광지 위주,
MCLP보다 더 넓은 범위로 분포되어 있음

가이드 파일

사용자 맞춤 전기차 충전소 입지선정 시스템 활용 가이드

여기 e 어때

사용자 맞춤 전기차 충전소 입지선정 시스템

I. 제출 파일 목록

주차장 정보파일	입지선정 후보군으로서 주차장별 위경도에 따라 내리지 네 개 파일을 변수화 시킵니다. 공영 주차장만을 추출하기 위해 공영과 민영을 구분하는 열이 있어야 합니다. 또한 연수 제한 기능을 위해 주차 구획수가 필요합니다. 만약 이미 갖고 계신 파일이 공영 주차장 파일이라면 '주차장 구분' 열을 추가하고 '공영'으로 한을 채워주시면 됩니다.
전기차 충전소 파일	해당 지역의 모든 전기차 충전소의 위도와 경도를 모은 데이터입니다. 급속, 완속 관계없이 모두 합합니다.
전기차 등록수 파일	위도, 경도를 통해 후보군 주차장과 가까운 거리에 변수화 합니다. 인구밀도, 전기자 등록수의 합계를 계산해서 변수화 합니다. 전기자동차와 용도에 상관없이 군구별로 모두 다른 데이터를 사용합니다.
세대수 파일	군구별로 주민등록세대수를 보여주는 데이터로 주차장 데이터의 군구에 맞춰 변수화 합니다. KOSIS의 행정구역(시군구)별 주민등록세대수 사용을 권장합니다.
1층 근린시설 파일	주소와 위도, 경도로 이루어져 있습니다. 위경도를 추출해 주차장 데이터와의 거리를 계산해 변수화 합니다. 국토교통부 공공데이터 사이트의 건물정보 데이터입니다. 1층 근린시설만 선택해서서 데이터를 다운 받는 걸 권장합니다.

II. 준비데이터

1. 주차장 파일

	A	B	C	D	E	F
1	주차장명	주차장구분	주차구획수	위도	경도	군구명
2	김희갑사관주차장	공영	88	37.73605	126.5143	강화군
3	김희갑 갑초 제2공영주차장	공영	34	37.74232	126.4986	강화군

- ✓ 주차장명, 주차장구분, 주차구획수, 위도, 경도, 군구명 순으로 변수를 정렬해주세요
- ✓ 변수명이 사진과 다르다면 똑같이 수정해주세요

2. 전기차 충전소 파일

	A	B	C
1	충전소명	위도	경도
2	인천공항 청부합동정사	37.44099	126.4615
3	자이나라운 주차장	37.47614	126.6184

- ✓ 충전소명, 위도, 경도 순으로 변수를 정렬해주세요
- ✓ 변수명이 사진과 다르다면 똑같이 수정해주세요

3. 전기자 등록수 파일

	A	B	C	D	E	F
1	군구명	용 도	승 용	승 합	화물	합계
2	중구	비사업용	636	3	54	693
3	중구	사업용	55	12	0	67
4	동구	비사업용	82	0	18	100
5	동구	사업용	22	0	37	59

- ✓ 행정군구명과 합계를 제외한 열을 모두 제거해주세요
- ✓ 변수명이 사진과 다르다면 똑같이 수정해주세요 ("행정구"("X"), "군구명"("O"))

4. 세대수 파일

	A	B	C	D	E	F
1	행정구역	전체세대	1인세대	2인세대	3인세대	4인세대
2	인천광역시 강화군 강화읍(2871025000)	10716	4398	2998	1663	1117
3	인천광역시 강화군 선유면(2871031000)	3629	1389	1071	526	435

- ✓ 행정구역과 전체세대 열을 제외하고 모두 제거해주세요
- ✓ 변수명이 사진과 다르다면 똑같이 수정해주세요

5. 1층 근린시설 파일

	A	B	C
1	주소	위도	경도
2	인천광역시 연수구 청학동 492-11	37.41823	126.6748
3	인천광역시 연수구 독련동 552-3	37.41729	126.6513

- ✓ 주소와 위도, 경도 순으로 변수를 정렬해주세요
- ✓ 변수명이 사진과 다르다면 똑같이 수정해주세요

III. 매개변수 조정

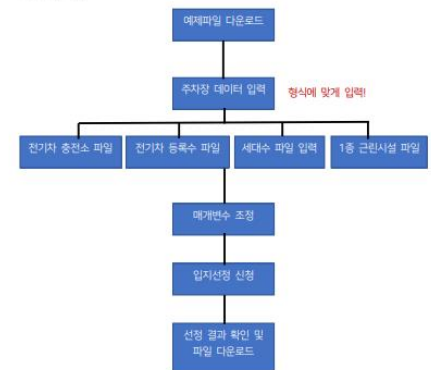
총 네 가지의 매개변수가 있습니다.

주차장 연수, 선정할 입지 개수, 알고리즘, 변수별 가중치를 설정해야 합니다.

먼저 어느 범위의 주차장 연수 안에서 입지를 선정할 것인지, P-median(평방성)과 MCLP(모듈성)중에서 어떤 방법을 이용할 것인지, 몇 개의 입지를 선정할 것인지 것인지를 설정합니다.

그리고 총 네 개의 변수들에 목적에 맞춰 가중치를 설정합니다.

IV. 전환과정



IV. 시연 (데모버전 주소: https://incheon.shinyapps.io/ev_demo)



인천광역시 맞춤형 전기차 충전소 입지선정

www.BANDICAM.com

기본 설정

파일 첨부

Browse... No file selected

입지 선정 개수 입력

1

주차장 면수 제한



분석 알고리즘

☐ MCLP ☒ P-median

입력변수 가중치 설정

반경 500m 전기차 충전소 개수(역수)

0

세대수

0

전기차 등록수

0

반경 500m 주차장 주변 건물수(제 1 근린시설)

0

분석하기

의의

1 기존 서비스와의 차별성

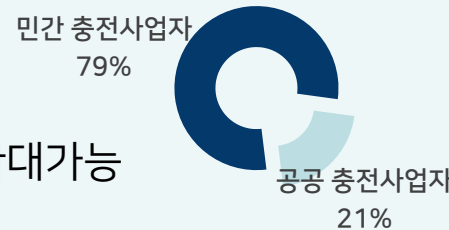
- 다중 분석 알고리즘 효율성 중심(MCLP)와 형평성 중심(P-Median) 중 사용자의 목적에 맞는 분석 기법을 선택할 수 있음
- 사용자의 의사결정 반영 입력 변수의 가중치 또한 사용자의 상황과 판단에 따라 조정하여 분석을 진행할 수 있음
- 외부요인 반영 사용자가 현행 정책 등을 고려하여 분석 범위를 구체화하고, 시의성 있는 입지 선정이 가능함
- 가이드&예제 파일 제공 기술적 숙련도가 부족한 사용자도 이해할 수 있는 세부적인 가이드 및 예제 파일 제공해 진입장벽을 낮춤

2 발전가능성

※ 전기차 충전기 운영기관은 민간 사업자의 비중이 높음!

공공사업자(형평성)와 민간 충전사업자(효율성)에게 각각 더 적절한 조건의 결과 제공

- 민간 충전사업자에게 전기차 충전기 설치 사업 컨설팅을 제공하는 형식으로 확장가능
- 인천광역시 외의 지역 중 전기차 인프라 확충이 필요한 지방자치단체에게도 플랫폼을 판매하여 사업 확대가능



형식만 같다면 주차장 데이터가 아닌 데이터로도 입지선정 가능(유희공간 등)

- 상대적으로 활성화가 덜 된 수소차 이용 확대 사업에도 적용 가능

의의

3 사회문제 해결 가능성

x 지역별 충전인프라 불균형

- 지역발전도가 낮아도 모든 수요 지점의 거리를 고려하는 P-Median 알고리즘을 선택지에 추가
- 지역간 경제발전 격차가 큰 경우라도 충전 인프라 도심 밀집 현상을 해소할 수 있음

x 전기차 충전소 부족

- 최적의 입지를 선정해 충전소 부족 문제를 효과적으로 해결

x 지구온난화 및 대기오염 심화

- 충전 인프라 확충을 통한 친환경차 이용 확대→ 온실가스 배출량 감소 및 대기오염 완화

4 실현가능성

아이디어의 기술적 구현 성공

- 플랫폼 데모 버전 완성
- 가이드 및 예제 파일 작성 완료

참고문헌

- (1) xEV TREND KOREA, 전기차 선호도 설문조사 결과, 2022.
- (2) 김종근, 이진형, 고선영, 제주도 전기버스 충전시설 최적입지선정, 한국도시지리학회지 제18권 2호, 2015.
- (3) 신윤선, 텍스트 마이닝을 통한 전기차 충전스테이션 인식에 관한 연구, 한국공간디자인학회, 2022.
- (4) 신외경, 전기자동차 충전 인프라 기술 동향, 전력전자학회, 2022.
- (5) 이재현, 박소영, 윤서연, 지역단위 수요 예측에 기반한 전기차 충전인프라 구축 방안 연구, 2021.
- (6) 인천광역시, 인천광역시 환경친화적 자동차 보급 촉진 및 이용 활성화에 관한 조례, 행정안전부, 2022.
- (7) 전호철, 전기자동차 보급에 따른 지역간 오염물질 및 온실가스 배출 영향 분석, 한국환경정책평가연구원, 2017.
- (8) 최명진, 이상헌, 유동인구를 고려한 확률적 최대지역커버문제, 국방대학교, 2009.
- (9) 한국전력거래소, 전기차 및 충전기 보급·이용 현황 분석, 2021.
- (10) 한진석, 서울시 전기차 충전인프라 설치 방안 연구: 직장 공용 충전인프라를 중심으로, 서울 도시 연구 제 19권 3호, 2018.
- (11) 홍진슬, 홍성조, 전기차 충전소 입지의 공간적 형평성 분석, 대한건축학회논문집, 37(12),211-221, 2021.

분석 도구



Geocoder-Xr

Google APIs