

(직접분석 보고서)

팀 명		일석삼조
과제명		미션 : <input checked="" type="checkbox"/> 미래가치 <input type="checkbox"/> 경제활력 <input type="checkbox"/> 민생·안전
		전기차 충전소 최적 입지 분석- 제주특별자치도 관광지를 기반으로
활용 데이터	공공	<div> <div> <div>공공데이터포털 - (</div> <div> <div>제주 관광공사_제주도 격자 데이터</div> <div>제주특별자치도_제주도장소(POI)데이터</div> <div>한국환경공단_전기자동차 충전소 정보</div> <div>한국전력공사_전기차 충전소 충전량</div> <div>제주특별자치도_시간대별_제주도민_250그리드단위_유동인구 현황</div> <div>제주특별자치도_성연령별_제주도민_250그리드단위_유동인구 현황</div> <div>제주관광공사_마을숙박업소</div> <div>제주관광공사_마을관광지)</div> </div> </div> <div> <div>국토정보맵 - (</div> <div> <div>국토통계 인구정보(제주시, 서귀포시) - 격자 500</div> <div>국토통계 건축물 연면적(제주시, 서귀포시) - 격자 500)</div> </div> </div> </div>

		국가공간정보포털 - (제주 행정구역 시군구_경계 제주 건물통합정보_마스터 제주 (도로명주소) 도로구간)
	민간	네이버지도 - 일반지도

과제 개요(150자)

제주도는 재생 에너지 중심 정책에 맞춰 전기차 보급이 활발하게 진행되고 있다. 그러나 제주도 내 전기차 보급률 증가에 비해 전기차 충전소의 수는 부족한 상황이다. 따라서 제주도가 관광지로서의 역할이 크다는 점을 고려해 전기차 급속충전기 최적 입지 선정을 진행하고자 한다.

활용 데이터 및 분석도구

<활용데이터 목록>

“운영기관(관리기관), 데이터 형태, 데이터 내용 ”의 형태로 작성하였다.”

데이터명	운영기관	데이터 형식
제주 관광공사_제주도 격자 데이터	제주관광공사(공공데이터포털)	CSV
제주특별자치도_제주도장소(POI)데이터	제주관광공사(공공데이터포털)	CSV
한국환경공단_전기자동차 충전소 정보	한국환경공단(공공데이터포털)	오픈 API
한국전력공사_전기차 충전소 충전량	한국전력공사(공공데이터포털)	CSV
제주특별자치도_시간대별_제주도민_250그리드단위_유동인구현황	제주특별자치도(공공데이터포털)	CSV
제주특별자치도_성연령별_제주도민_250그리드단위_유동인구현황	제주특별자치도(공공데이터포털)	CSV
제주관광공사_마을숙박업소	제주관광공사(공공데이터포털)	CSV
제주관광공사_마을관광지	제주관광공사(공공데이터포털)	CSV
국토통계 인구정보(제주시, 서귀포시) 격자 500M	국토정보맵	SHP
국토통계 건축물 연면적(제주시, 서귀포시) 격자 500M	국토정보맵	SHP
제주 행정구역 시군구_경계	국가공간정보포털	SHP
제주 건물통합정보_마스터	국가공간정보포털	SHP
제주 (도로명주소) 도로구간	국가공간정보포털	SHP

<분석 도구>

1. QGIS: 3.28.6 버전, 격자로 나누어진 제주도를 기반으로 데이터 전처리 및 분석 진행.
2. PYTHON: 3.10.9 버전, Jupyter Notebook 환경에서 분석을 진행.
3. TABLEAU_PUBLIC: 2023.1.2버전, 제주도 전기차 충전소 관련 데이터를 활용해 시각화.
4. MYSQL Workbench 8.0: 8.0.32 버전, 분석에 필요한 공공/민간 데이터를 DB로 옮겨 데이터 가공 및 전처리 과정에 사용.

창의성

일상에서 활용도가 높은 자동차를 바탕으로 환경에 도움이 되는 전기자동차를 소재로 선정했다. 이에 전기자동차를 많이 사용할 수 있는 환경을 구축하기 위해 전기자동차 충전소의 입지선정 주제를 생각해냈다.

다른 지역과 달리 관광 서비스가 많은 제주도의 특성을 살려서 관광 지역 위주로 최적 입지를 탐색했다. 또한 완속 충전기와 급속 충전기의 분리하여 완속 충전기보다 부족한 급속 전기차 충전기 설치에 초점을 두어 선정했다. 이로 인해 시민들이 짧은 시간으로 전기자동차 충전이 가능하게 했다.

관광지 데이터 탐색 과정 중 보편적인 기준을 조사해 POI 6가지로 구분하여 가중평균 점수를 이용해 최적 입지 선정의 정확도를 높일 수 있도록 구성했다.

참고한 논문 “전기차 급속 충전소의 최적 입지 선정 연구” 자료에서 사용한 진화 알고리즘을 활용한 분석이 아닌 확장성에 용이한 k-means알고리즘을 통해서 각 지역별 대규모의 데이터 크기를 분석해 성능을 평가하였다.

적합성

1. 현황 및 연구 배경

(1)전기차 충전소 유형

- (2) 제주도 전기차 충전소 현황
- (3) 제주도 전기차 충전소 이용 현황
- (4) 제주도 관광지 중심 분석 선정 이유
- (5) 급속 충전기 선정 이유

2. 충전소 입지선정 관련 연구

- (1) 분석에 참고된 기존 문헌

3. 입지 잠재력 평가 방법

- (1) 입지 잠재력 평가요소
- (2) 변수 설명 및 데이터 수집 및 가공 방법
 - (1) 500m 격자
 - (2) 충전소 이용률
 - (3) 가장 가까운 급속 충전소와의 거리
 - (4) 건축물 연면적 합
 - (5) 고정 인구수
 - (6) 유동 인구수
 - (7) POI 개수
- (3) 입지잠재력 평가기법
 - (1) 가중 평균 방법
 - (2) 관광지/비관광지 K-means 군집화

4. 입지 잠재력 분석 결과

- (1) 관광지/비관광지 K-means 군집화
 - (1) K 값 설정
 - (2) 관광지 구분 K-means 군집화
- (2) 격자 분석결과
 - (1) 신양섭지 해수욕장, 휘닉스 제주 근처

(2) 제주국제공항 근처, 노형동 시가지

(3) 신화역사공원 제주투자 진흥지구 주변

5. 실험 적합성 평가

(1) K-means를 통한 최적 입지 선정 후보 지역 설명

(1) K값 설정

(2) 관광지역의 K-means 군집화

(3) 급속 충전소 입지 후보 설명

(2) 랜덤 포레스트 분석을 통한 적합성 판단 결과

(1) 분석 배경

(2) 소개

(3) 분석과정

(4) 분석결과

(3) 결론

1. 현황 및 연구 배경

1) 전기차 충전소 유형

- 완속 충전기 (AC 단상 5핀, AC3상 7핀(완/급속)):

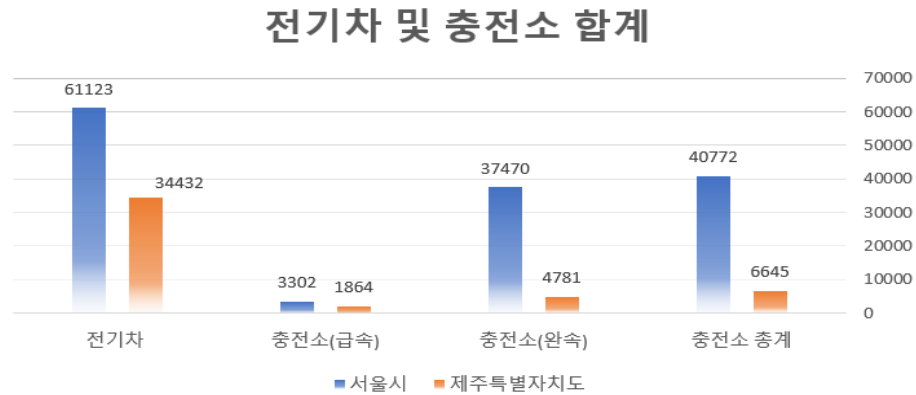
연결된 케이블을 통해 PEV에 220V 전압의 교류전력을 공급하고, 차량 내 탑재된 정류기를 사용하여 이를 직류로 변환하여 배터리를 충전하는 방식이다. 완전 방전된 전기차량이 완전충전까지 통상 4~5시간이 소요되며, 주로 오랜 시간 주차가 가능한 주택이나 아파트에 설치된다.

- 급속 충전기 (AC3상 7핀(완/급속), DC차 데모 10핀, DC 콤보 7핀):

연결된 케이블을 통해 제어신호를 주고받으며, 100~450V 전압의 직류 또는, 380V의 교류전력을 가변적으로 공급하여 전기자동차의 배터리를 충전하는 방식이다. 완전 방전된 전기차량이 약 80%의 충전까지 15~30분정도 소요되며, 고속도로나 휴게소

공공기관 등 외부장소에 설치된다. 고용량의 전력을 공급하여야 하므로, 완속 충전기 대비 높은 설치 비용이 든다.

<그림 1-1>전기차 및 충전소 합계



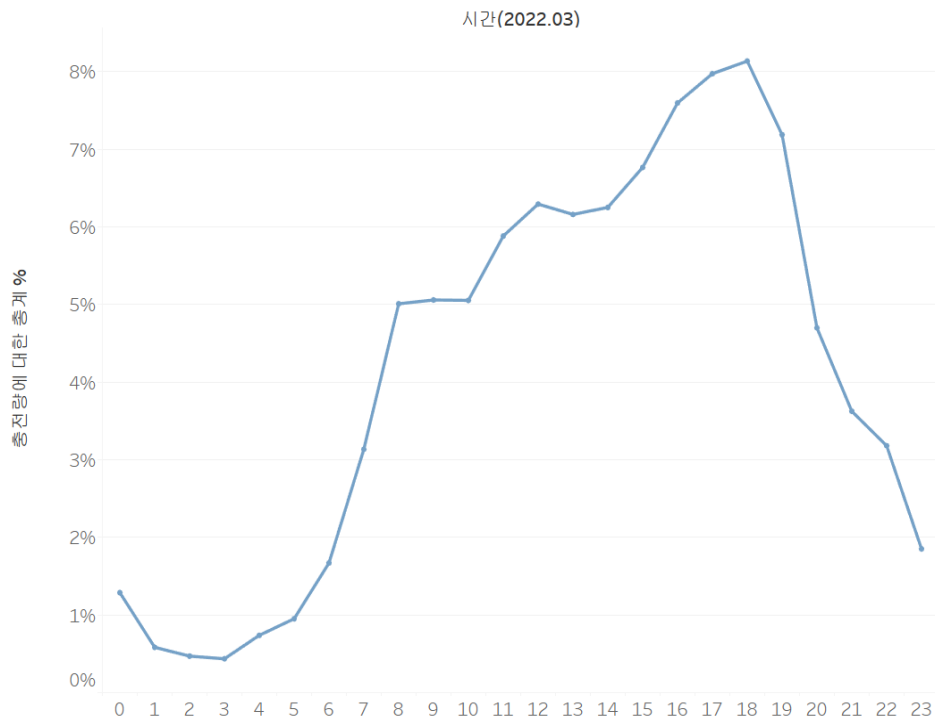
2) 제주도 전기차 충전소 현황

전기차 수요가 많은 서울시를 기준으로 제주특별자치도를 비교분석해본 결과 2023년 기준 제주도에 총 6645개의 전기차 충전소 중 급속은 1864개, 완속은 4781개 설치되었다. 서울시는 전기차에 대한 급속 충전소의 비율이 약 5.40 %이며 이는 제주도의 5.41%와 비슷하다. 하지만 제주도가 관광지로서의 특징을 갖는다는 점을 고려할 때, 급속 충전소의 수가 전기차의 수에 비해 적다고 판단된다.

3) 제주도 전기차 충전소 이용 현황

“한국전력공사_전기차 충전소 충전량” 데이터를 바탕으로 TABLEAU를 이용해 1일 평균 충전소 점유 시간을 시각화하였다. 2022년 3월의 평균 충전소 이용률을 가공한 결과 이용률이 24시간 중 오후 시간대에 증가했다가 야간에 감소하는 것을 볼 수 있다.

<그림 1-2> 전기차 충전소 이용률



4) 제주도 관광지 중심 분석 선정 이유

- 전기차 사용 활성화:

제주도는 전기차 충전 인프라가 다른 지역에 비해 활성화 되어있고, 다수의 관광객들도 전기차 렌터카를 사용하여 관광을 즐기고 있다. 그러므로 관광지 중심으로 전기차 충전소를 입지 선정하는 것은 많은 관광객들의 요구를 충족시키고, 관광 산업의 진흥에 따른 전기차 보급에 문제 해결에 대한 효과적인 방법론이다.

- 관광지 인구 밀집과 충전소 보충 필요성:

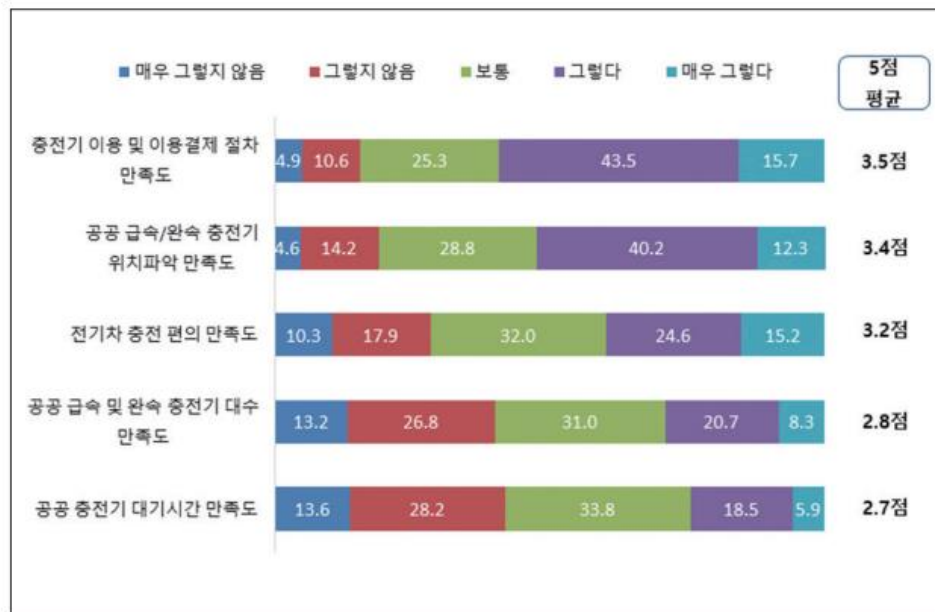
코로나 엔데믹의 영향으로 2022년도부터 제주도 방문 관광객의 수는 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며 이에 따라, 관광지의 유동인구 수와 렌터카/대중교통에 대한 수요도 증가하고 있다. 관광지는 인구 밀집도와 소비 패턴 등에서 기존의 거주/업무 지구와는 현격히 다른 특성을 보이므로, 급속 충전소에 대한 수요를 이들과 나누어 분석해야 한다.

결론적으로 제주도의 지역적 특성을 이용하여 전기차 이용 관광객들의 요구를 충족시키고, 제주도의 관광 산업과 친환경 이동 수단인 전기차 보급을 촉진하기 위한 효과적인 분석을 위해 연구 방향을 관광지 위주 입지 분석으로 선정하였다.

5) 급속 충전기 선정 이유

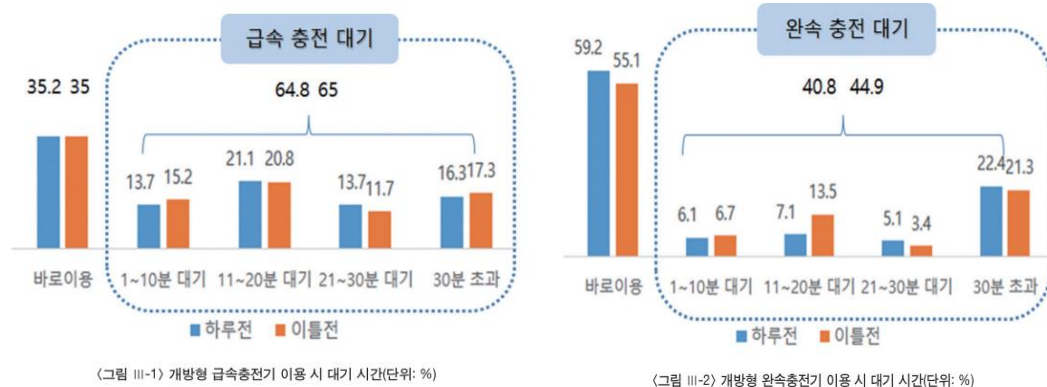
전기차에 대한 만족도는 80%이상으로 긍정적이었지만, 전기차 충전과 관련된 만족도는 전반적으로 낮은 수준이며, “전기차 충전 편의”, “공공 충전기 공급 규모”, “충전하기 위한 대기 시간”에 대해선 불만을 보였다.

<그림 1-3>전기차 충전 관련 만족도



그렇기에 단기적으로 공공 급속충전기 이용 대기 비율과 대기 시간을 감소시키는데 역량을 집중시킬 필요가 있고, 이를 위해 유동 인구의 비율이 높은 관광지 주변 입지가 공공 급속 충전 수요의 시. 공간적 분산 측면에서 급속 충전기 설치에 가장 적합하다는 결론을 도출할 수 있었다.

<그림 1-4> 개방형 급속.완속 충전기 이용 시 대기 시간



2. 충전소 입지선정 관련 연구

1) 분석에 참고된 기존 문헌

1. 전기차 급속 충전소의 최적입지 선정 연구, 김지규, 서울시립대학원, 2021

서울시 내 전기차 급속 충전소의 입지선정을 위한 연구를 진행하였으며, 충전소 최적 입지의 여러 요인을 한 번에 평가하기 위해서 AHP(계층화 분석 방법, Analytic Hierarchy Process)에서 변수를 설정하고 각 변수의 가중치를 공개하였다.

2. 서울시 최적의 전기자동차 충전소 위치 선정, 김장영, 수원대학교, 2017

서울시 내 전기차 충전소의 입지선정을 위한 연구를 진행하였다. 특히, 교통량과 유동인구를 중심으로 밀집 지역을 선정한 후 산술평균을 통해 밀집 지역 내에서 최적의 입지를 선정하였다.

3. 광양시 전기자동차 충전소 최적입지 선정, 윤효상 외 2인

머신 러닝 기법을 적극적으로 활용하여 광양시 내 전기차 충전소의 입지선정을 위한 연구를 진행하였다. 데이터의 결측치 및 이상치를 feature engineering을 통해 수정하였고, 머신 러닝 결과값을 클러스터링을 통해 군집 별 특징을 고려하여 수행한 입지선정이 특징이다.

4. POI 데이터를 활용한 활동 중심지 추출 및 분석 방법, 이영민, 국토연구원

POI 데이터를 활용하여 도시공간 내 활동 중심지를 추출 및 분석하는 방법을 제안하고, 세종시를 대상으로 해당 방법을 적용하는 연구를 진행하였다. 각 POI를 분류하여 활동 중심지 내부 속성을 분석하였으며, POI 데이터와 다른 형태의 데이터의 융합을 후속 연구로 제안하였다.

3. 입지 잠재력 평가 방법

1) 입지 잠재력 평가 요소

입지요인 후보 변수는 충전소 입지 결정에 영향을 미치는 요인으로서 충전소 입지선정 관련 선행 연구 (2. 충전소 입지선정 관련 연구)에서 제시된 변수들을 feature engineering 을 통해 가공 및 선별하였다.

<표 3-1> 연구에서 활용하고자 선별한 변수

변수명	설명
충전소 이용률	500m 격자 별 1일 평균 충전소 점유 시간(총 점유시간(분)/일)
가장 가까운 충전소와의 거리	500m 격자 별 중심지로부터 가장 가까운 급속 충전소까지 이격된 거리(m)
고정 인구수	500m 격자 별 주민등록주소지 기준 인구수(명)
건축물 연면적 합	500m 격자 별 건축물 등록대장 기준 건축물의 연면적 합(m ²)
유동 인구수	500m 격자 별 합산된 유동 인구수(명)
POI 개수	500m 격자 별 공공데이터포털에서 제공하는 관심지점정보 개수(개)

2) 변수 설명 및 데이터 수집 및 가공 방법

1. 500m 격자 (제주_관광공사 격자 데이터)

-변수 설명

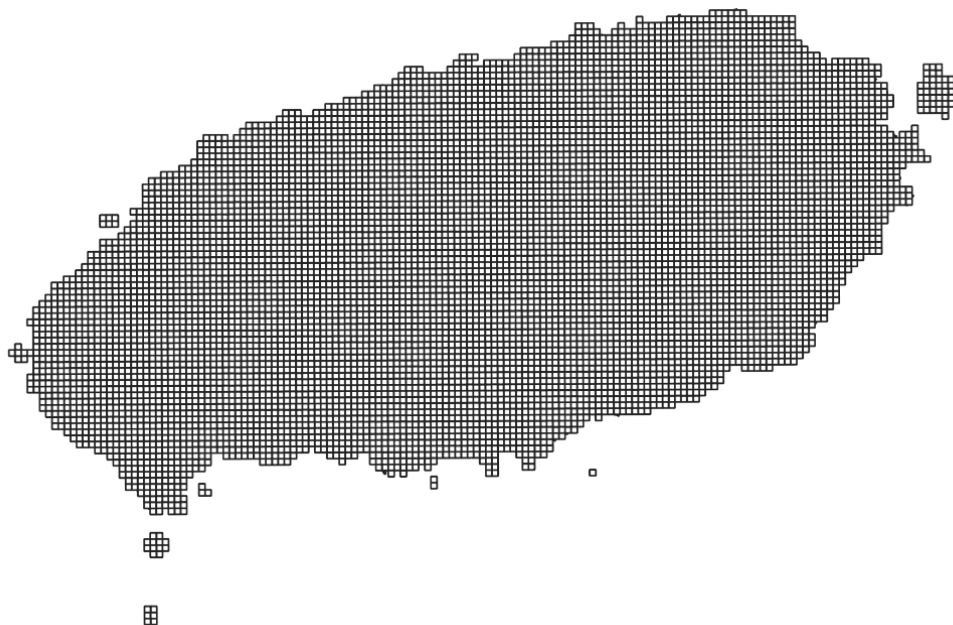
입지 분석이란 대상지가 위치한 기초조건과, 접근성, 주변환경 등 제반사항을 조사하여 대상지의 특성을 도출하고 특정 시설을 건립하는데 있어 적합한지의 여부를 평가/분석하는 것을 의미한다. 제주도 관광중심 전기차 급속충전기 최적 입지 선정 연구에서는 관광지와 전기차의 특성을 모두 고려하여 격자 분석을 수행하였다.

격자의 크기로 500m를 선택한 것은 제주도의 관광지와 전기차 충전소의 접근성과 편의성을 모두 고려해야 하기 때문이다. 관광객들은 관광지에서 충분한 시간을 보내기 원하므로 전기차 충전소도 관광지 주변에 위치하여야 한다. 일반적인 사람의 보행속도를 80m/min라 가정할 때, 250m는 약 3분 안에 도달할 수 있는 아주 가까운 거리인 반면, 1km는 약 12분 이상 걸어야 하므로 관광 중심 분석에는 적합하지 않다.

지역 특성을 고려할 때도, 관광지 주변을 과도하게 포함하는 1km 이상의 격자는 지역 특성의 밀집도를 고려하지 않아 정보의 손실이 발생하여 원활한 입지분석에 용이하지 않다. 반대로, 250m이하의 격자는 각 격자안에 들어 있는 특성이 주변 격자에 미치는 영향을 고려하지 않아 평균적인 지역 특성을 구할 수 없다.

결과적으로, 다양한 변수들을 종합하여 고려할 때, 500m 격자가 최적의 분석 격자 크기라고 판단하고 연구를 진행하였다.

<그림 3-1> 제주도 500m 격자 데이터 도식화 (국가 지점 번호)



2. 충전소 이용률

-변수 설명

충전소의 이용률 지표가 낮다는 것은 충전소 주변으로부터 유발되는 수요가 적고, 소비자가 직접 이용하기에 매력도가 부족한 곳임을 나타내 준다. 충전소 입지선정이 설치의 용이성을 고려함에 따라 이러한 지점의 경우 부정적인 영향이 입지 잠재력 점수에 반영되도록 충전소 이용률 변수를 설정하였다. 또한, 충전소가 존재하지 않는 지역의 경우 이미 설치된 충전소들이 적절한 입지 선정 기준에 따라 설치되었다고 가정하고 충전소 이용률에 0의 값을 부여하였다.

-데이터 수집 및 가공

2022년 03월 한달 간의 충전소 이용 내역 데이터(한국전력공사_전기차 충전소 충전량)를 활용하여 제주도 내의 개별 충전기 사용 현황을 1일 평균 충전소 점유 시간으로 가공하였다. 또한, 각 충전소의 이용률을 격자에 반영하기 위해, QGIS의 기능을 활용하여 격자 폴리곤 내에 포함되는 충전소의 평균 이용률을 분석하여, 격자 별 1일 평균 충전소 점유 시간을 도출해내었다.

<표 3-2>한국전력공사_전기차 충전소 충전량

충전시작시각	충전종료시간	이용시간(분)	위도	경도
2022-03-01 0:14	2022-03-01 0:53	38	33.55022	126.7504
2022-03-01 1:49	2022-03-01 2:29	40	33.49778	126.5144
2022-03-01 0:02	2022-03-01 0:49	47	33.48307	126.4726
2022-03-01 1:00	2022-03-01 2:19	78	33.55022	126.7504
2022-03-01 22:19	2022-03-01 22:40	21	33.49778	126.5144

<그림 3-2> 제주도 500m 격자 별 전기차 충전소 이용률

범례

제주도_전기차충전소_사용률

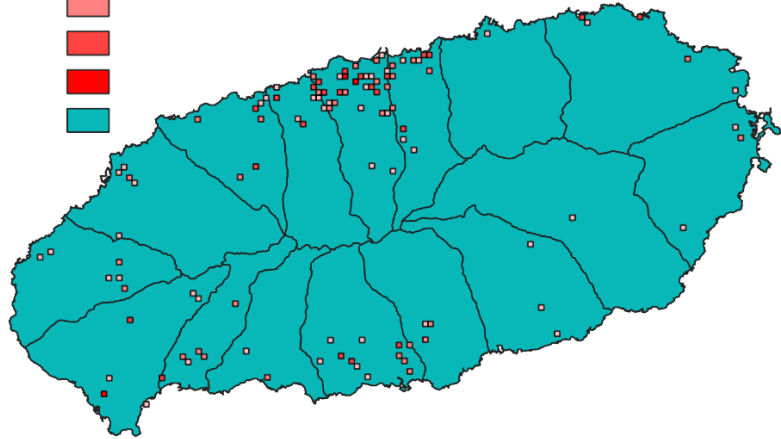
0.03 - 0.096

0.096 - 0.175

0.175 - 0.478

0.478 - 1.76

유역경계



3. 가장 가까운 급속 충전소와의 거리

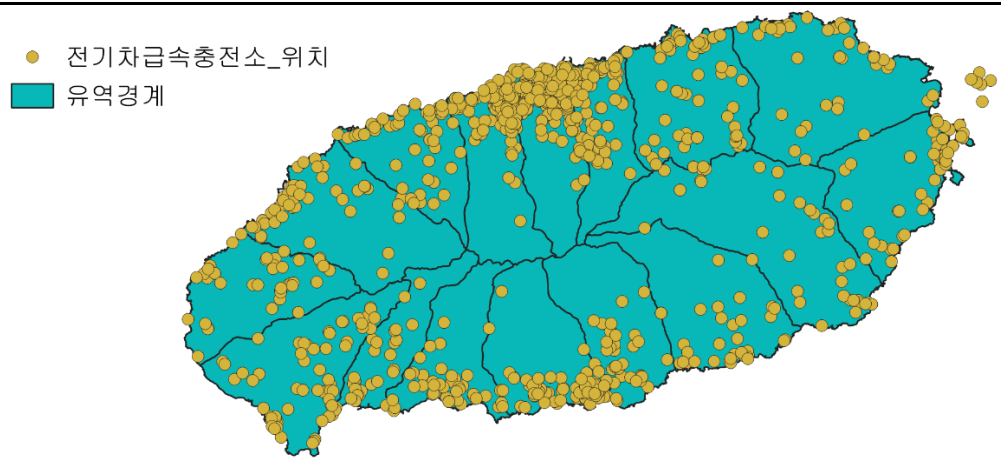
-변수 설명

기존 충전소와 거리가 멀수록 충전소 하나에 할당되는 충전 지역이 커지며 충전소 집중도는 낮아진다. 이를 입지 선정 요인에 반영하기 위해서 각 격자와 충전소와의 가장 가까운 충전소의 거리를 변수로 선택하였다. 한라산을 중심으로 형성된 산악지형과 부속도서를 가진 제주도의 지역 특성상, 충전소 설치가 필요한데 가장 가까운 충전소와의 거리가 먼 지점과, 산악지형과 같이 충전소 설치가 불가하여 가장 가까운 충전소와의 거리가 먼 지점을 구분할 수 없으므로 거리에 따른 가중치는 부여하지 않았다.

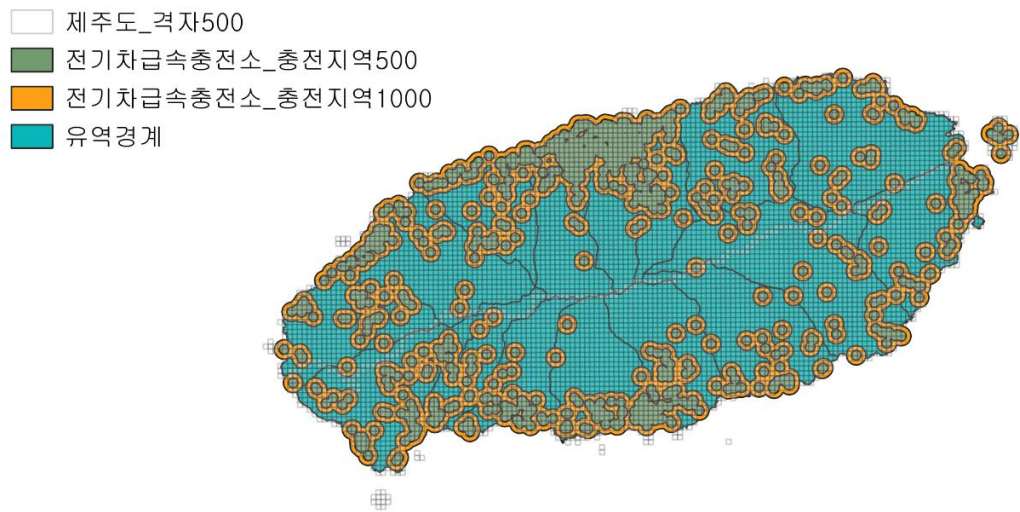
-데이터 수집 및 가공

한국환경공단에서 제공하는 전기자동차 충전소 정보 api(공공데이터포털-한국환경공단_전기자동차 충전소 정보)를 사용하여 제주도 내의 급속 충전소의 위치를 포인트로 나타내었다. 그리고 QGIS의 최근접 허브까지의 거리 기능으로 각 500m 격자의 중심점에서 각 급속 충전소 포인트의 최단거리를 계산하여 가장 가까운 충전소와의 거리를 격자 별로 도출해내었다.

<그림 3-3> 제주도 급속 전기차 충전소 포인트

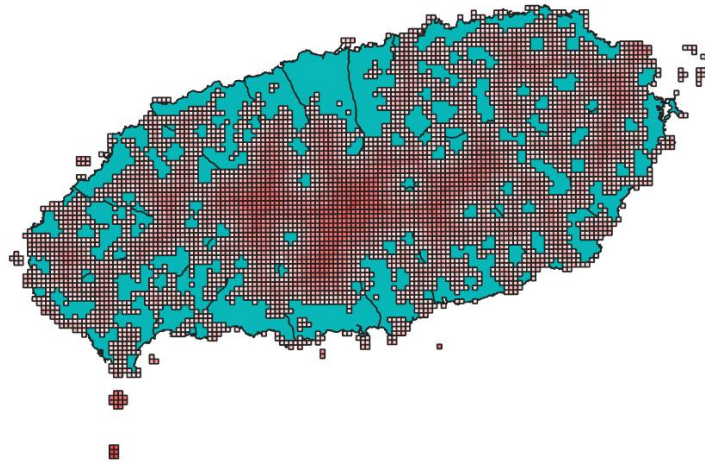


<그림 3-4> 제주도 급속 전기차 충전소 별 충전 지역(500m, 1000m)



<그림 3-5> 제주도 500m 격자 별 가장 가까운 급속 충전소와의 거리

전기차급속충전소_최단거리_격자



4. 건축물 연면적 합

-변수 설명

건축물 연면적이란 대지에 들어서 건축물 내부의 모든 바닥면적을 합한 크기로, 건축물 연면적의 합은 도시의 발전 정도를 측정할 수 있는 지표 중 하나로 사용된다. 주로 도시의 상업지구, 주거지역, 관광지 등에서 연면적 합이 크게 나타나며, 이는 자연스럽게 유동인구가 많고 이동 수요가 커져 주변의 운행되는 전기차 또한 다른 지역보다 많다는 예측으로 이어질 수 있다.

-데이터 수집 및 가공

국토 정보맵에서 제공하는 제주시와 서귀포시의 격자 500m 내의 국토 통계 건축물 연면적 합(국토정보맵-국토통계 건축물 연면적(제주시, 서귀포시) - 격자 500)을 사용하였다.

<그림 3-6> 제주도 500m 격자 별 건축물 연면적 합

제주도_건축물연면적합

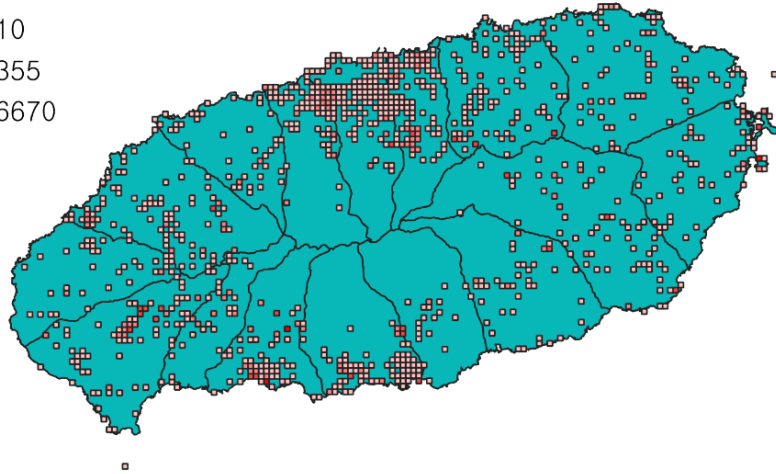
303 - 1248

1248 - 3710

3710 - 16355

16355 - 36670

유역경계



5. 고정 인구수

-변수 설명

고정 인구수는 해당 지역의 주민등록 데이터를 기반으로 특정 지역에 상시 거주하는 인구의 수를 의미한다. 이는 일반적으로 지역의 인구 특성과 인프라 구축에 중요한 지표로 사용된다. 관광지 중심 분석 관점에서, 고정인구수가 많다는 것은 해당 지역이 상대적으로 관광객이 많이 방문하는 지역일 가능성이 높다는 것을 의미한다. 전기차 충전소 입지분석의 관점에서도 고정 인구수는 변하지 않는 전기차 충전 수요로 평가된다.

-데이터 수집 및 가공

국토 정보맵에서 제공하는 제주시와 서귀포시의 격자 500m 내의 국토 통계 인구정보(국토정보맵-국토통계 인구정보(제주시, 서귀포시) - 격자 500)를 사용하였다.

<그림 3-7> 제주도 500m 격자 별 고정 인구수

제주도_고정인구

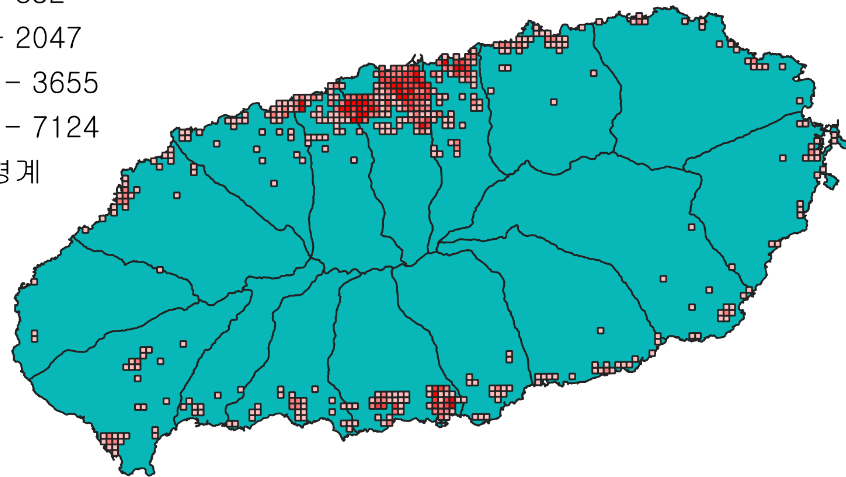
212 - 852

852 - 2047

2047 - 3655

3655 - 7124

유역경계



6. 유동 인구수

-변수 설명

유동인구수란 특정 시간대에 특정 지역에 일시적으로 존재하는 인구의 수를 의미한다. 이는 특정 지역의 인구 흐름과 활동 패턴을 이해하고 분석하는데 사용되며, 특정 지역의 혼잡도와 인기있는 장소, 교통 흐름을 파악하는데 용이하다.

완속 충전기에 비해 충전 시간이 짧지만 설치 비용이 높은 급속 충전기의 특성 상, 짧은 체류시간동안 많은 사람이 이용할 수 있도록 변화가, 즉 유동인구수가 많은 지점에 설치하는 것이 유리하다. 또한, 관광 산업이 발달한 제주도의 경우 관광객이 모두 유동인구수로 집계되므로, 고정인구수가 나타내지 못하는 급속 전기차 충전소의 수요를 입지 잠재력 평가에 반영할 수 있다.

-데이터 수집 및 가공

2015년 9월 제주도의 250그리드 단위 시간대별/성연령별 유동 인구수

데이터(공공데이터포털-제주특별자치도_시간대별_제주도민_250그리드단위_유동인구 현황, 제주특별자치도_성연령별_제주도민_250그리드단위_유동인구 현황)를 활용하였다. 시간대별 유동 인구수 데이터는 00시부터 24시까지 1시간 단위로 각 그리드의 유동 인구수 평균을 낸 데이터이다. 또한, 성연령별 데이터는 남/여와 10 이하 ~ 60대 이상의 연령 분포를 10살씩 나누어 총 12개의 카테고리 표현한 데이터이다. 각 데이터를 하루

단위로 평균 내어 가공하고, 250m 격자를 500m 격자로 병합하여 500 격자단위 하루 유동 인구수 데이터를 도출하였다.

<그림 3-8> 250m 격자, 500m 격자 국가지점번호 표현 차이

250m 격자

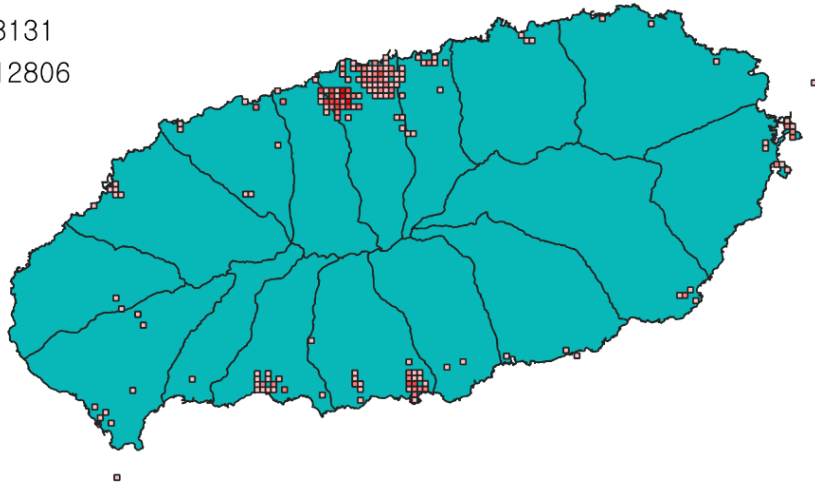
d c b a	나나 96a87d	나나 96b87d	나나 96c87d	나나 96d87d
	나나 96a87c	나나 96b87c	나나 96c87c	나나 96d87c
	나나 96a87b	나나 96b87b	나나 96c87b	나나 96d87b
	나나 96a87a	나나 96b87a	나나 96c87a	나나 96d87a
	a	b	c	d

500m 격자

b a	나나 96a87b	나나 96b87b
	나나 96a87a	나나 96b87a
	a	b

<그림 3-9> 제주도 500m 격자 별 유동 인구수

제주도_유동인구_격자



7. POI(Point of Interest) 개수

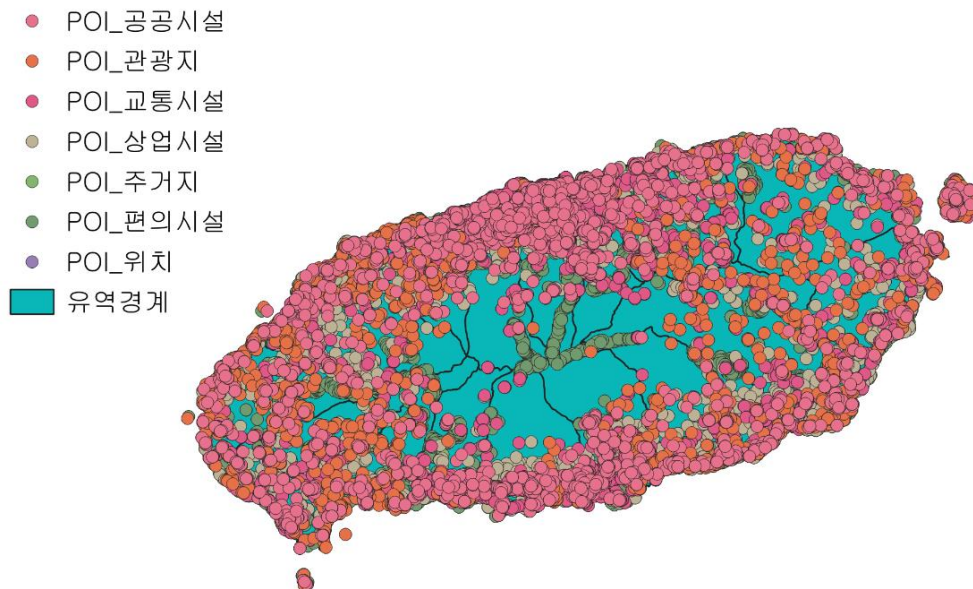
POI는 관심지점으로 특정 지역에서 사람들의 관심을 끌거나 주목받는 지점, 장소, 시설물을 의미한다. 이러한 POI는 관광객, 소비자, 사용자 등에게 유용한 정보를 제공하고, 주변 환경의 특징이나 서비스의 가용성을 나타낸다.

특히, POI의 개수가 많다는 것은 관광객이 이용할 수 있는 시설이 많다는 것을 의미하고 그중 체류시간이 긴 시설이나 사람들이 자주 찾는 유형의 시설이 많을수록 해당 지역 급속 전기차 충전소 설치에 유리하다고 판단할 수 있다.

데이터 수집 및 가공)

제주도 POI 데이터(공공데이터포털 - 제주특별자치도_제주도장소(POI)데이터)와 제주관광공사에서 제공하는 관광지/숙박업소 데이터(공공데이터포털 - 제주관광공사_마을숙박업소, 제주관광공사_마을관광지)를 활용하여 각 POI 유형을 공공시설, 관광지, 교통시설, 상업시설, 주거지, 편의시설의 상위 카테고리로 나누고, QGIS를 사용하여 각 상위 데이터가 포함된 개수를 격자로 표현하였다.

<그림 3-10> 제주도 POI 포인트



<표 3-2> POI 유형별 분류

공공시설	관광지	교통시설	상업시설	주거지	편의시설
공공기관	레저/스포츠	자동차관련	교육기관	주택관련	음식점
치안기관	숙박/관광	도로시설	기업	아파트	쇼핑/편의
공원/산	문화/종교	교통시설	금융기관	주택	호텔
동/식물	지명		언론기관		
의료/복지	예술		농공시설		

<그림 3-11> 제주도 500m 격자 별 상위 유형 분포

POI_공공시설

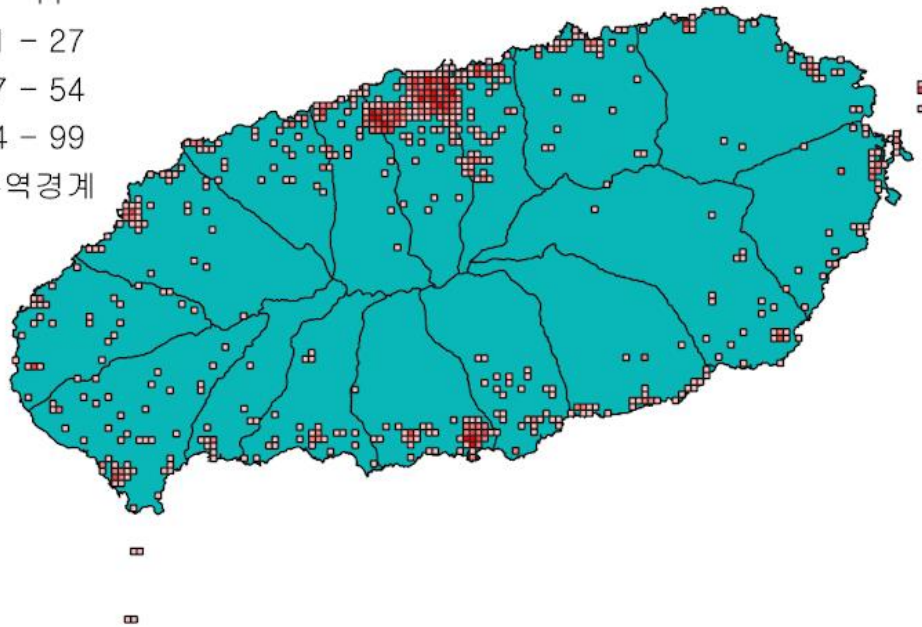
2 - 11

11 - 27

27 - 54

54 - 99

유역경계



POI_상업시설

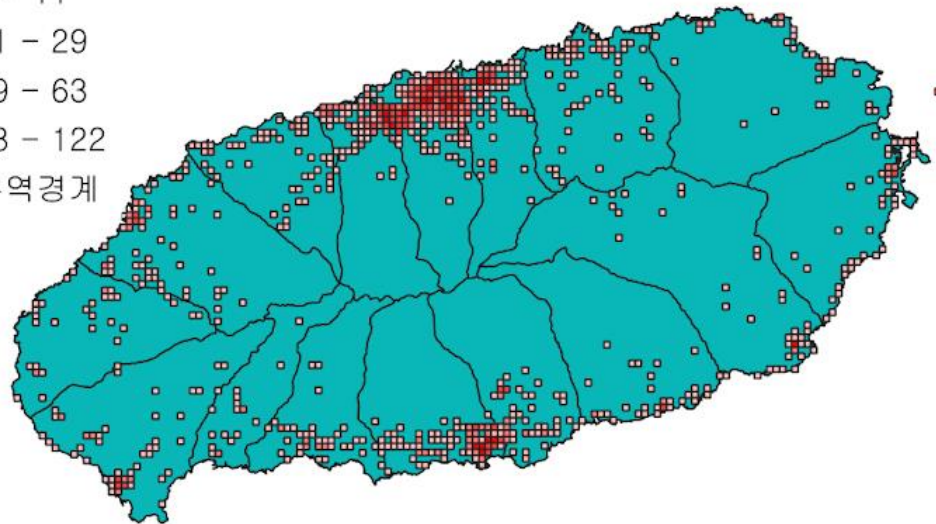
2 - 11

11 - 29

29 - 63

63 - 122

유역경계



POI_교통시설

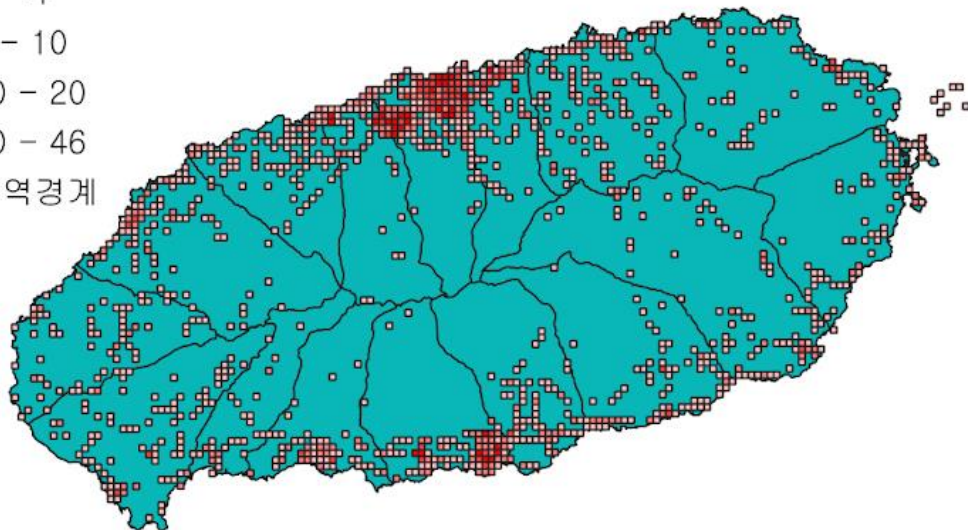
1 - 4

4 - 10

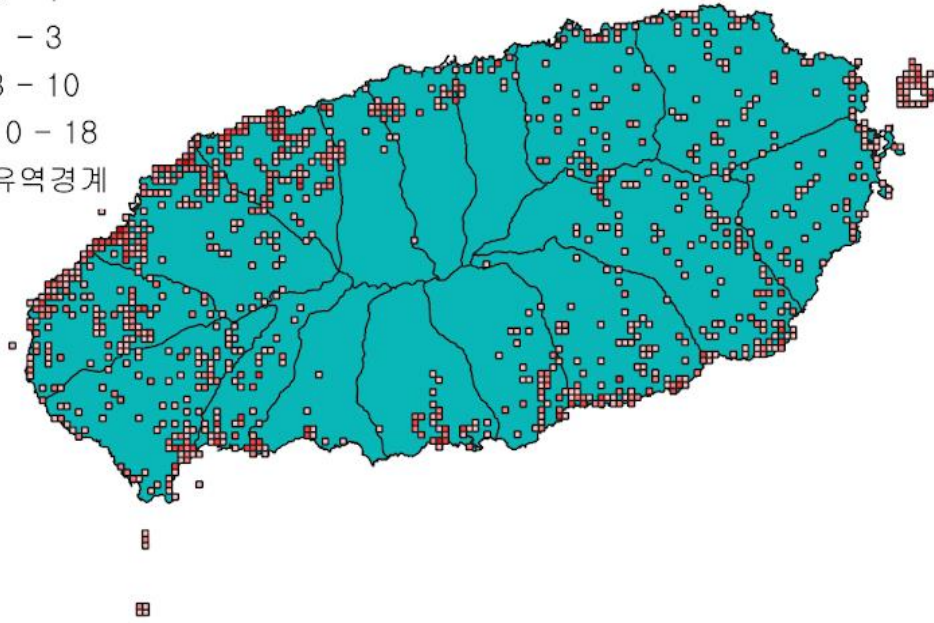
10 - 20

20 - 46

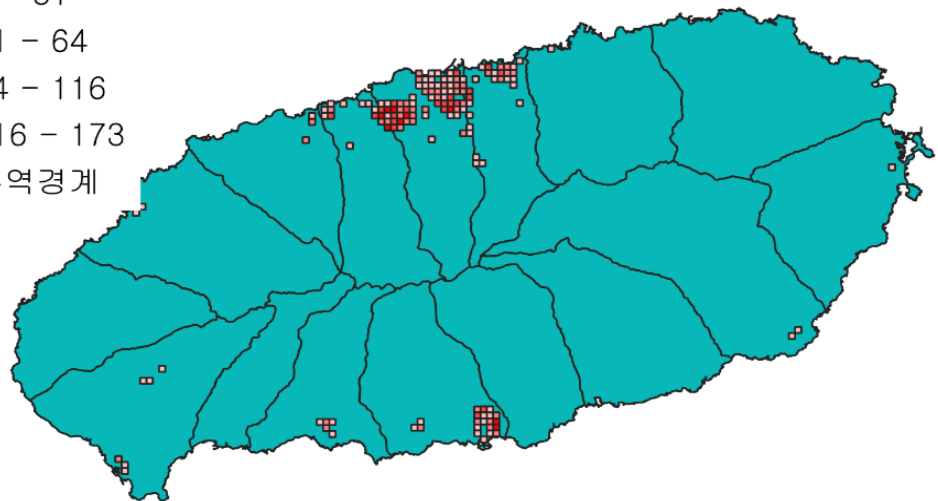
유역경계



POI_관광지



POI_주거지



POI_편의시설

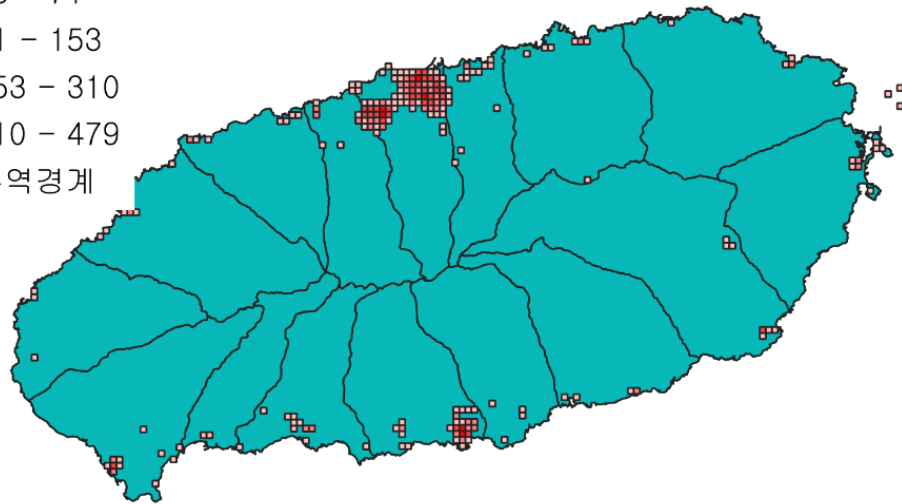
18 - 71

71 - 153

153 - 310

310 - 479

유역경계



3) 입지잠재력 평가 기법

1. 가중 평균 방법

가중 평균은 각각의 입지 결정인자 점수에 가중치를 적용하여 분석하는 방법으로 격자데이터에 방법론 적용이 용이하고 입지선정 연구에 자주 사용되는 방법론이다.

현 연구에서는 충전소 이용률, 가장 가까운 충전소와의 거리, 고정 인구수, 건축물 연면적합, 유동 인구수, POI 개수 6개를 변수로 설정하였으며, POI는 각 유형의 역할이 상이함에 따라 다시 6개의 상위 유형으로 나누어 총 11개의 변수를 가지고 가중평균 방법을 사용하였다.

각 변수는 관광지로 군집화 된 격자만 사용하였으며, 0~1사이 값으로 Min-Max 정규화를 진행한 후 가중평균에 적용되었다.

- 가중치 산정 방법(AHP)

AHP는 평가항목의 가중치(중요도)의 비를 가지고 문제를 해결하는 방식이며, 일반적으로 1/9~9점사이의 척도를 두고 1:1 쌍벽 비교를 통해 전체 항목 간의 비율척도를 결정하는 방법이다.

각 변수의 가중치는 전기차 급속 충전소의 최적입지 선정 연구*(김지규, 서울시립대학원, 2021)에서 선행 연구된 가중치를 사용하여 평가하였다.

<표 3-3> 가중치 산정 결과 (위 논문*에서 발췌)

공공시설	관광지	교통시설	상업시설	주거지	편의시설
0.018	0.020	0.019	0.018	0.020	0.018
고정 인구수	유동 인구수	건축물 연면적 합	충전소 이용률	최근접 충전소 거리	가중치 합계
0.083	0.089	0.367	0.144	0.204	1

2. 관광지/비관광지 K-means 군집화

가중 평균 방법을 단순히 모든 500m 격자에 적용하기에는 제주도의 지역적 특성을 고려하기 분석한 것이라 보기 어렵다.

- 관광 지역

제주도에서는 제주도민이 주로 거주하는 비 관광지 지역과 관광객이 방문하는 관광지의 구분이 분명히 존재한다. 관광객 및 유동인구가 주 소비자층인 전기차 급속 충전소는 비 관광 지역보다 관광 지역에 설치되는 것이 타당할 것이다.

하지만, 전체 격자를 고려한 가중 평균 방법에서는 각 변수가 나타내는 여러가지 의미를 구분하지 않고 전기차 급속 충전소의 입지를 결정한다. 예를 들어, 비 관광지(ex.주거지역)의 건축물 연면적 합이 높은 경우에는 완속 충전기가 필요하다는 지표로 해석되어야 하지만, 관광지의 건축물 연면적 합이 높은 경우에는 변화가로 급속 충전기가 필요하다는 지표로 해석되어야 한다.

<표 3-4, 그림 3-12> 건축물 연면적 합/고정 인구수 변수가 잘못 해석된 경우

GID	유동 인구수	고정 인구수	건축물 연면적 합
나나86a77b	6.46	1669.0	1394.29

나나86a77b와 나나86b77b는 아파트 단지로 높은 건축물 연면적 합/ 고정 인구수는 급속 충전소가 아니라 완속 충전소의 수요로 해석되어야 한다.



- 산악 지역

제주도는 중심에 솟아 있는 한라산을 중심으로 형성된 화산섬으로 한라산 주변은 높은 산악지형을 이루고 있다. 즉, 제주도의 중심부는 차량이동이 어렵고 전기차 충전소가 설치되기 어려운 곳이지만, 반대로 최근접 충전소 거리 변수는 제주도의 중심부로 갈수록 높아진다. 이는, <그림 3-5> 제주도 500m 격자 별 가장 가까운 급속 충전소와의 거리에서 제주도 중심부 격자일수록 최단 충전소 거리가 늘어나는 것으로 확인할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 연구에서는 관광지를 직접적으로 나타내는 변수들(POI_관광지, 편의시설, 유동 인구수)을 사용하여 선제적으로 관광지와 비 관광지를 군집화하고,

가중평균을 관광지에만 적용하는 방법을 사용하였다. 사용된 변수 또한 0~1사이 값으로 Min-Max 정규화를 진행한 후 K-means 군집화를 진행하였다. K-means 군집화화는 비지도학습 알고리즘 중 하나로, 데이터를 군집(cluster)을 나누는 알고리즘이다. 주어진 데이터셋을 K 개의 클러스터로 나누는 것이 목표이며, 각 클러스터의 특징을 얻어내고자 하는 알고리즘이다.

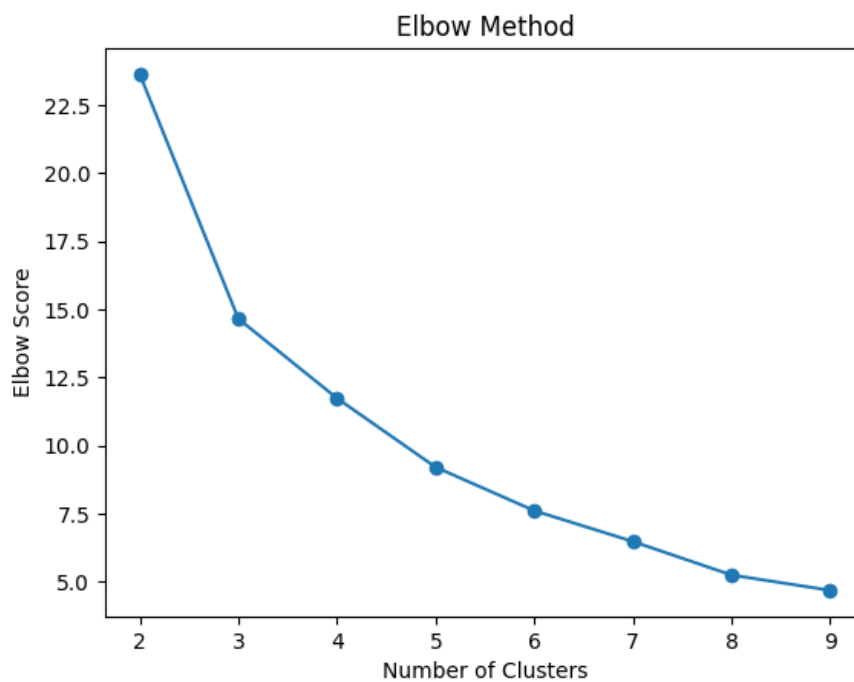
4. 입지 잠재력 분석 결과

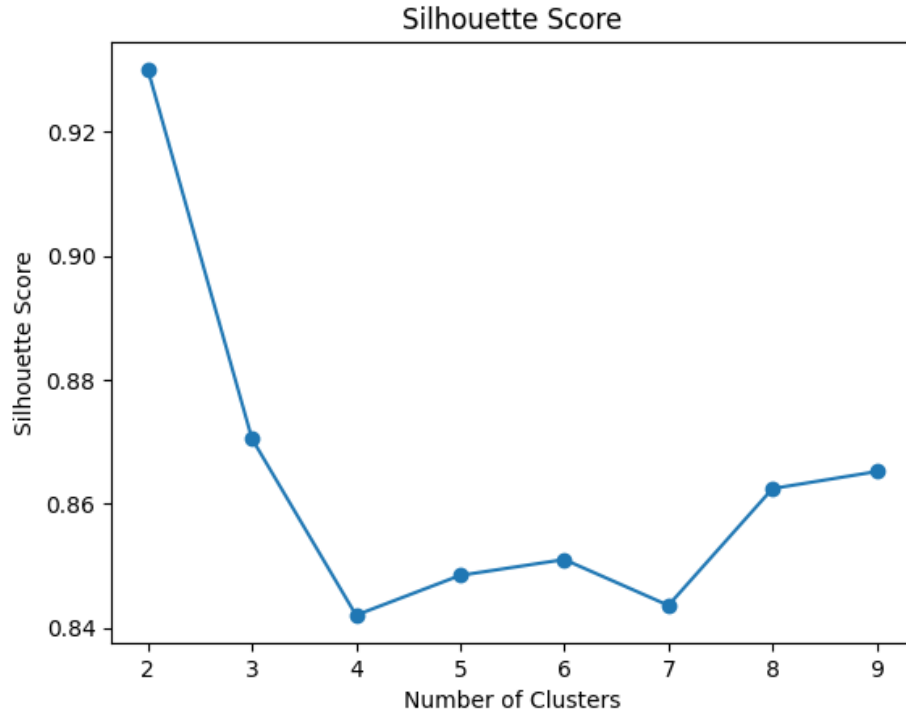
1) 관광지/비관광지 K-means 군집화

1. K 값 설정

K-means 클러스터를 실행하기 위해 우선적으로 몇개의 클러스터로 군집화할지, 최적의 K 값을 정해야 한다. 이를 위해 사용되는 방법은 주로 Elbow Method와 Silhouette 점수를 구하는 것이다. Elbow Method와 Silhouette 점수를 구하여 시각화한 그래프는 아래와 같다.

<그림 4-1> 관광지 구분 K-means의 Elbow Method, Silhouette score



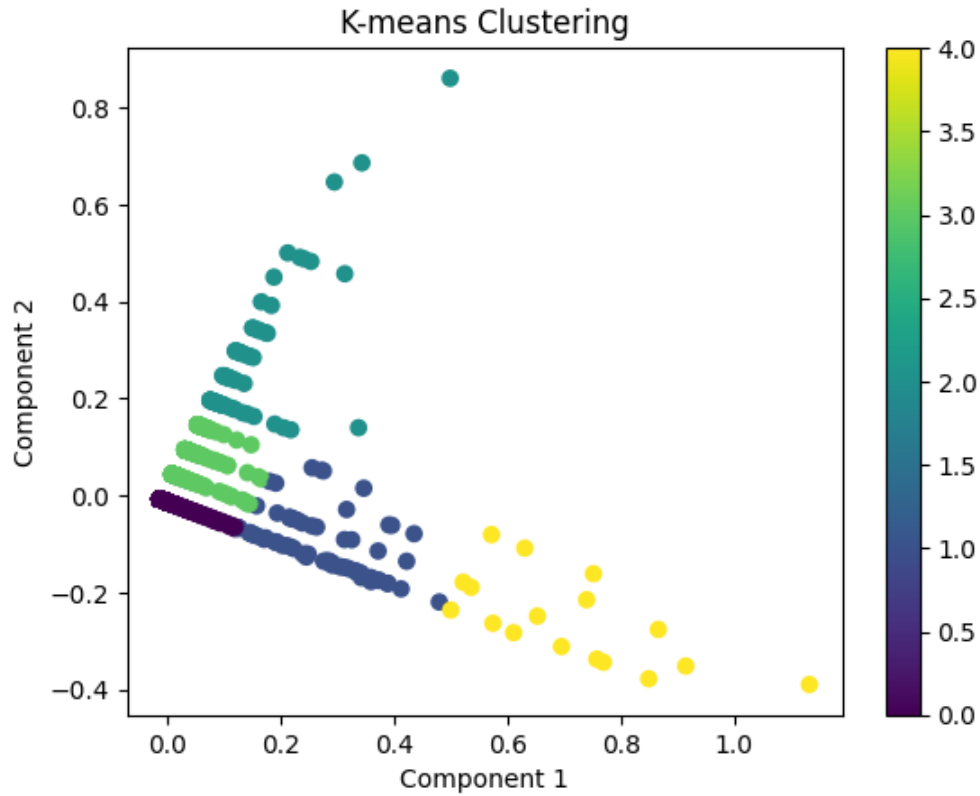


두 그래프를 보면 K=3으로 하는 것이 최적의 클러스터의 개수로 보이나, 이를 분석에 적용하기 힘들었다. K=3으로 적용할 경우 제주도 지역에서 관광지로 구해지는 지역의 개수가 매우 적었기 때문이다. 이러한 이유로, K=3 다음으로 최적의 개수로 보여지는 K=5로 설정하여 분석을 진행하였다. 이 클러스터링을 통해 POI_관광지, 편의시설, 유동인구 변수의 값이 매우 적은 클러스터를 비 관광지로 구분하였고, 비교적 세 변수의 값이 높은 클러스터를 관광지로 설정하였다.

2. 관광지 구분 K-means 군집화

K=5와 변수를 POI_관광지, 편의시설, 유동인구로 설정하여 K-means를 실행하였다. 그 결과를 PCA 로 차원을 축소하고 그린 그래프는 아래와 같다.

<그림 4-2> 관광지 구분 K-means Clustering



또한 각 클러스터의 특징을 분석한 결과는 다음과 같다. b_n은 관광지 POI개수 변수, Pop_n은 유동인구수 변수, f_n은 편의시설 POI개수 변수를 의미한다.

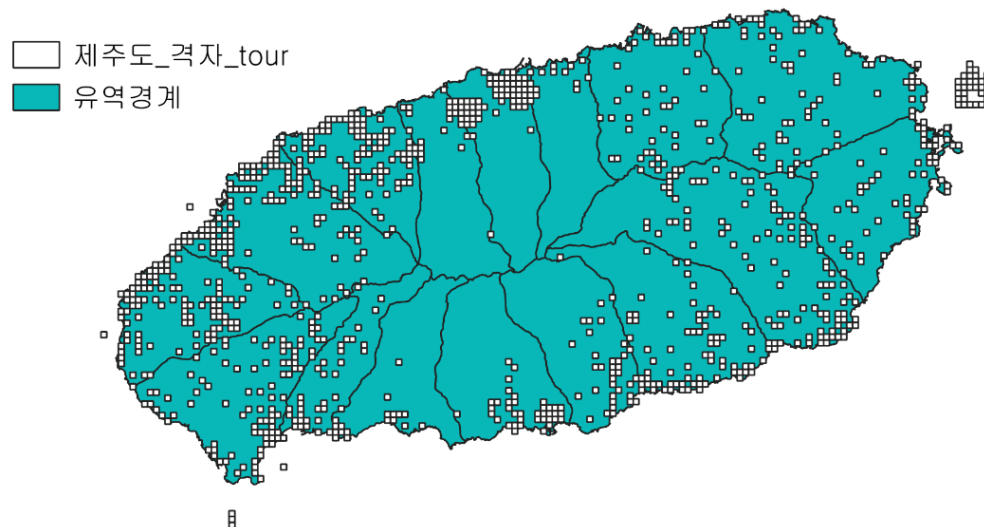
```
Cluster 0:
Cluster Size: 6826
Cluster Features:
- b_n: 0.0
- Pop_n: 0.0026950556424027027
- f_n: 0.002482219831211512
-----
Cluster 1:
Cluster Size: 78
Cluster Features:
- b_n: 0.027065527065527152
- Pop_n: 0.13241119366558932
- f_n: 0.25772174937101866
-----
Cluster 2:
Cluster Size: 82
Cluster Features:
- b_n: 0.3116531165311652
- Pop_n: 0.011244470352966586
- f_n: 0.025434085238555965
-----
Cluster 3:
Cluster Size: 855
Cluster Features:
- b_n: 0.07608836907082553
- Pop_n: 0.00489547637549117
- f_n: 0.007334969295193479
-----
Cluster 4:
Cluster Size: 17
Cluster Features:
- b_n: 0.062091503267974
- Pop_n: 0.44447153139399653
- f_n: 0.6213926071472431
-----
```

0번 클러스터의 변수 별 특징을 봤을 때, 세 변수의 값이 모두 매우 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 관광지역의 특성에 비례적인 영향을 주는 세 변수의 값이 모두 낮다는 의미이므로, 0번 클러스터는 관광지역이라고 보기 어렵다. 따라서 0번 클러스터를 비관광지로, 나머지 1~4번 클러스터를 관광지역으로 설정하였다. 1~4번 클러스터의 변수 별 특징은 0번 클러스터의 변수 별 특징보다 비교적 매우 높으며, 이는 0번 클러스터에 비해 관광지역으로서의 특징을 갖는 지역으로 볼 수 있다. 해당 지역이 관광지역으로서 인기가 많거나, 관광 목적으로 많은 사람들이 찾는 지역임을 시사합니다.

1~4번 클러스터의 각 변수 별 특징을 보았을 때, 1번 클러스터는 다른 지역에 비해 유동인구와 편의시설 변수의 값이 상대적으로 높은 클러스터이다. 2번 클러스터는 관광지 지 변수의 매우 값이 높은 클러스터이다. 3번 클러스터는 나머지 관광지 클러스터에 비해 모든 변수의 값이 상대적으로 낮은 클러스터라고 볼 수 있다. 그러나 세 변수 중 관광지 변수가 가장 높다. 4번 클러스터는 세 변수의 값이 모두 상대적으로 클러스터이며, 특히 유동인구와 편의시설 변수의 값이 매우 높다.

K-means 클러스터링을 통해 6825개의 격자 지역이 비관광지로, 나머지 1032개의 격자 지역이 관광지로 구분되었다. 이후의 모든 분석은 관광지역으로서의 특징을 갖는 1032개의 격자를 기반으로 진행하였다.

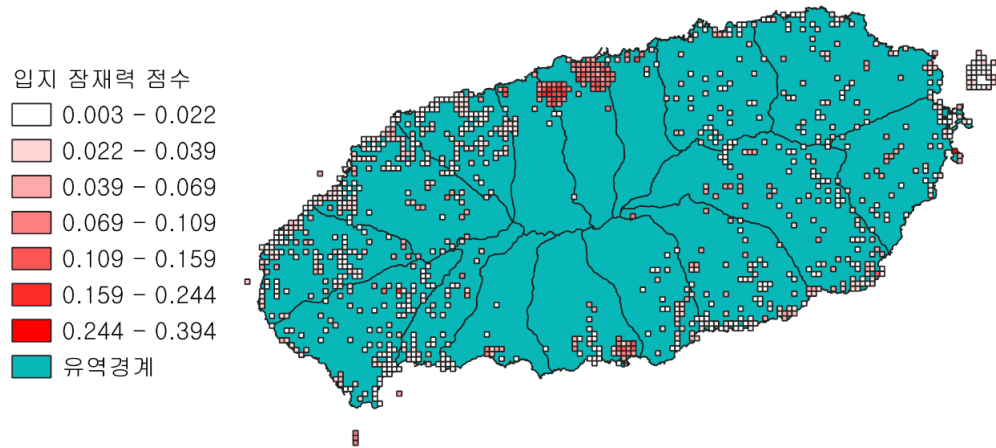
<그림 4-2> 관광지 군집 도식화



2) 격자 분석 결과

선제적으로 수행한 군집화에서 관광지 격자에만 가중 평균을 수행하였으며, 입지 잠재력 점수가 클수록 충전수요와 공급이 불안정하여 빠른 시일 내에 전기차 급속 충전소를 설치해야 함을 의미한다.

<그림 4-3> 제주도 500m 격자 별 입지 잠재력 점수



<표 4-1, 그림 4-4> 입지 잠재력 분석 결과 전기차 급속 충전소 입지 후보

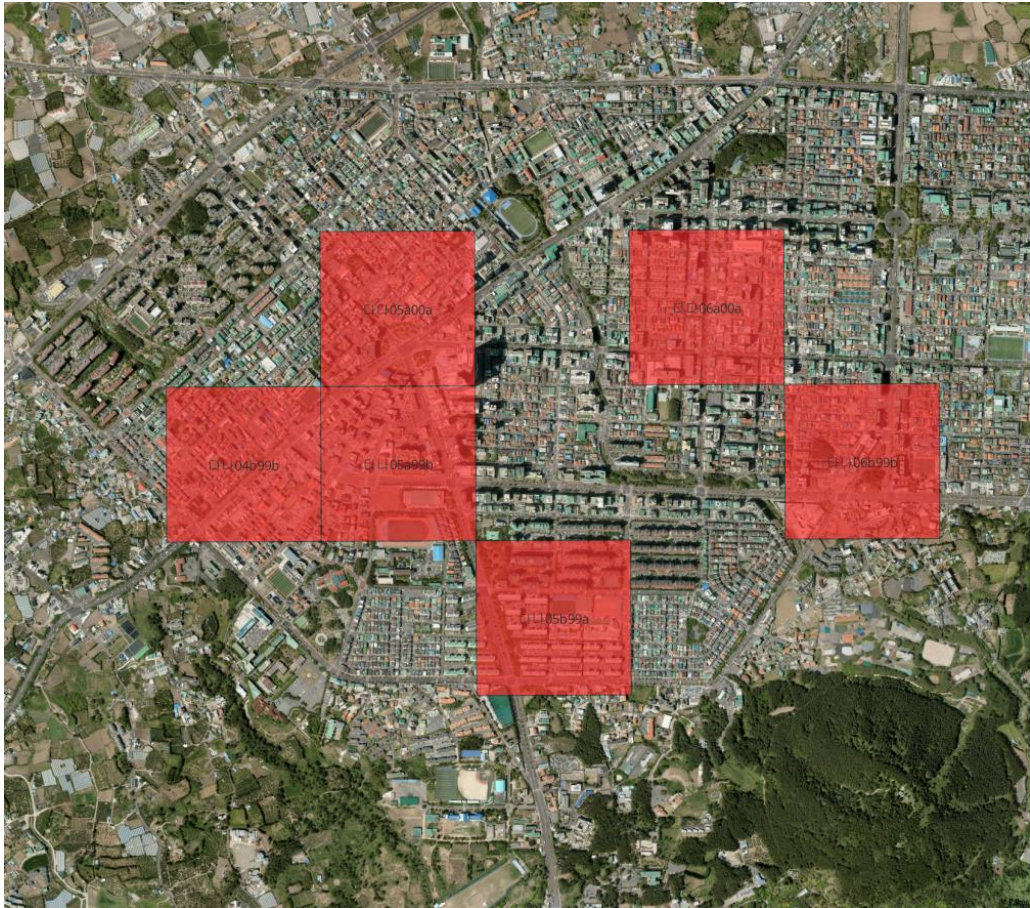
1. 신양섭지 해수욕장, 휘닉스 제주 근처

GID	입지 잠재력 점수	유동 인구수 _정규화	건축물 연면적 합 _정규화
다나46b93b	0.3943	0.03786	1.000



2. 제주국제공항 근처, 노형동 시가지

GID	입지 잠재력 점수	유동 인구수 _정규화	편의시설 _정규화
다다05a00a	0.2143	0.4264	0.647
다나04b99b	0.1843	0.4506	0.461
다나05a99b	0.1809	0.5342	0.469
다나05b99a	0.2443	0.5633	0.308
다다06a00a	0.2028	0.8450	0.889
다나06b99b	0.1906	0.8382	0.551



3. 신화역사공원 제주투자 진흥지구 주변

GID	입지 잠재력 점수	최근접 충전소 거리 _정규화	건축물 연면적 합 _정규화
나나89b79b	0.2408	0.0402	0.6304



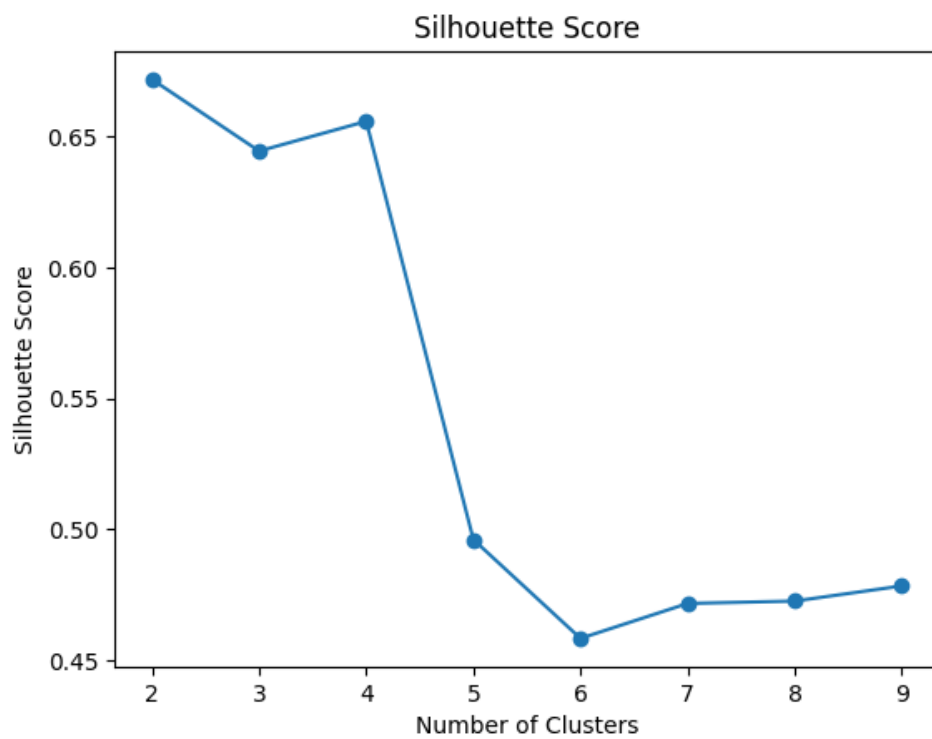
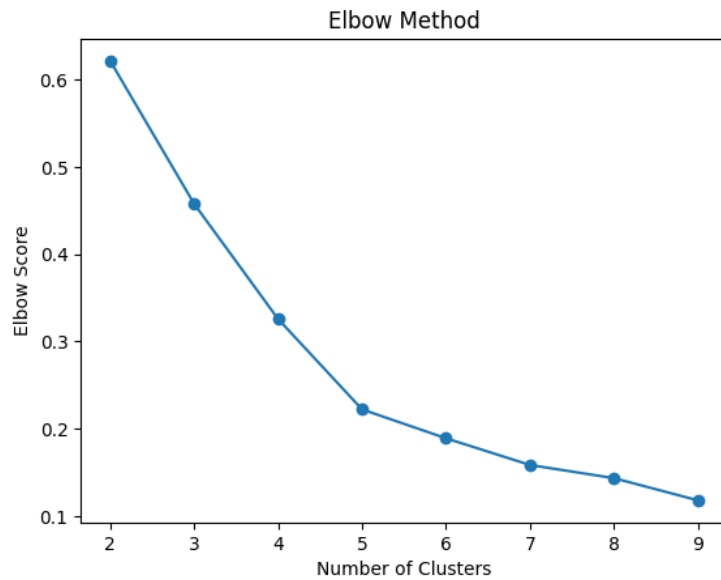
5. 실험 적합성 평가

1) K-means를 통해 최적 입지 선정 후보 지역 설명

관광지역으로 구분된 격자만을 기반으로 K-means 클러스터링을 다시 한번 실행하였다. 이를 통해 같은 관광지로 구분된 지역이라도, 각 지역마다 변수들의 특징이 다르다는 것을 확인할 수 있다. 비슷한 특성을 갖는 지역들의 군집을 만들어, 각 관광지가 다른 관광지에 비해 어떤 특징을 갖고 있는지 알 수 있다. 또한 급속 충전소 입지 후보로 선정된 지역들이 어떤 특성을 갖는 클러스터에 속하는지 확인할 수 있으며, 이를 토대로 후보 지역이 어떤 특징을 갖는 지역인지 알아보고자 한다.

1. K 값 설정

<그림 5-1> 관광지역 k-means의 Elbow Method, Silhouette score

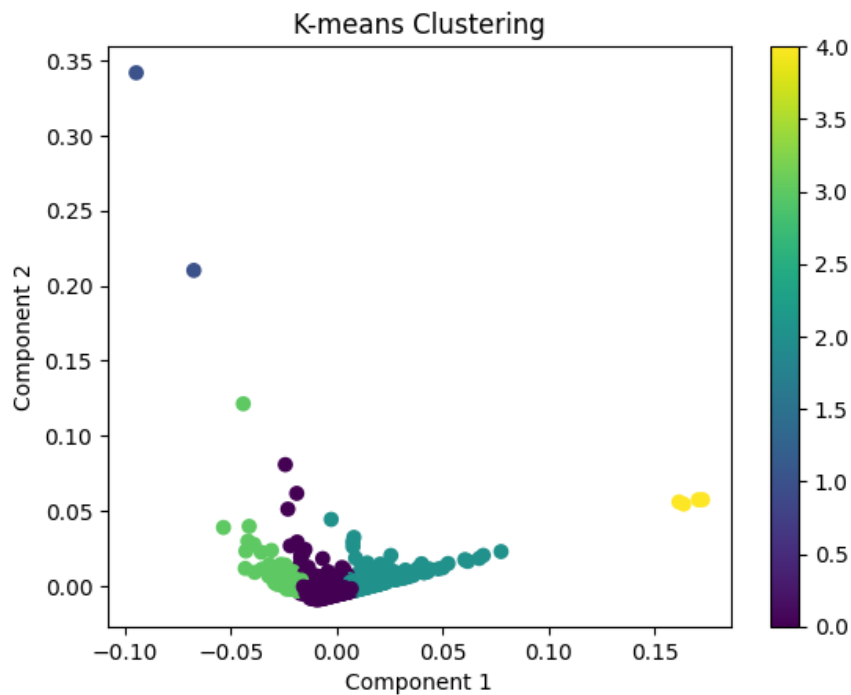


두 그래프를 고려하였을 때, K=5가 최적의 클러스터 개수를 판단된다.

2. 관광지역의 K-means 군집화

K=5와 변수를 분석에 쓰인 모든 변수로 설정하여 K-means를 실행하였다. 그 결과를 PCA로 차원을 축소하고 그린 그래프는 아래와 같다.

<그림 5-2> 관광지역의 K-means Clustering



각 클러스터의 특징을 분석한 결과는 다음과 같다. a_n_w는 공공시설 POI개수 변수에 가중치를 곱한 값, b_n_w는 관광지 POI 개수 변수에 가중치를 곱한 값, c_n_w은 교통시설 POI 변수에 가중치를 곱한 값, d_n_w는 상업시설 POI개수 변수에 가중치를 곱한 값, d_n_w는 상업시설 POI 개수 변수에 가중치를 곱한 값, e_n_w는 주거지 POI 개수 변수에 가중치를 곱한 값, f_n_w는 편의시설 POI 개수 변수에 가중치를 곱한 값, Dist_n_w는 전기차 충전소까지의 최단거리 변수에 가중치를 곱한 값, Pop_n_w는 유동 인구수 변수에 가중치를 곱한 값, build_n_w 건축물 연면적 합 변수에 가중치를 곱한 값, Pop_s_n_w는 고정 인구수 변수에 가중치를 곱한 값, Usage_n_w는 충전소 이용률 변수에 가중치를 곱한 값을 의미한다.

```

Cluster 0:
Cluster Size: 258
Cluster Features:
- a_n_w: 6.9062720225510645
- b_n_w: 166.23600344530647
- c_n_w: 24.494438827098104
- d_n_w: 5.40369956789829
- e_n_w: 0.3584711206703256
- f_n_w: 5.40369956789829
- Dist_n_w: 3287.684569020086
- Pop_n_w: 17.254850507081986
- build_n_w: 250.34776772526695
- Pop_s_n_w: 39.38678732007536
- Usage_n_w: 0.0
-----
Cluster 1:
Cluster Size: 688
Cluster Features:
- a_n_w: 38.530655391120455
- b_n_w: 199.12790697674473
- c_n_w: 80.0271739130435
- d_n_w: 31.952468806136874
- e_n_w: 11.191020298427159
- f_n_w: 31.952468806136874
- Dist_n_w: 949.0241867996868
- Pop_n_w: 71.71883257186197
- build_n_w: 352.2889894006964
- Pop_s_n_w: 158.60610383505468
- Usage_n_w: 14.216499461407622
-----
Cluster 2:
Cluster Size: 2
Cluster Features:
- a_n_w: 0.0
- b_n_w: 111.1111111111112
- c_n_w: 123.9130434782612
- d_n_w: 13.1524008350733
- e_n_w: 0.0
- f_n_w: 13.1524008350733
- Dist_n_w: 1416.5466122423886
- Pop_n_w: 175.1934711019375
- build_n_w: 29918.394303067023
- Pop_s_n_w: 0.0
- Usage_n_w: 0.0
-----
Cluster 3:
Cluster Size: 80
Cluster Features:
- a_n_w: 644.3181818181818
- b_n_w: 86.11111111111113
- c_n_w: 709.9184782608695
- d_n_w: 584.2484342379958
- e_n_w: 676.4450867052024
- f_n_w: 584.2484342379958
- Dist_n_w: 339.73994263565567
- Pop_n_w: 1881.0255012873347
- build_n_w: 1213.2543144653648
- Pop_s_n_w: 3720.9462731611457
- Usage_n_w: 563.9548646729268
-----
Cluster 4:
Cluster Size: 4
Cluster Features:
- a_n_w: 40.90909090909095
- b_n_w: 138.88888888888895
- c_n_w: 30.978260869565776
- d_n_w: 24.42588726513555
- e_n_w: 0.0
- f_n_w: 24.42588726513555
- Dist_n_w: 19824.624428436226
- Pop_n_w: 0.0
- build_n_w: 183.20730403301758
- Pop_s_n_w: 24.757860752385202
- Usage_n_w: 0.0
-----

```

0번 클러스터는 모든 변수에 대한 값이 전체적으로 비교적 낮은 값을 갖고 있다. 1번 클러스터는 고정 인구수와 건물 연면적 합의 변수가 높은 편이다. 또한 충전소 이용률도 상대적으로 높다. 2번 클러스터는 유동 인구수와 건물 연면적 합의 높다. 이에 비해 상업시설과 편의시설의 개수가 상대적으로 적다. 3번 클러스터는 고정 인구수와 유동 인구수 모두 크며 건물 연면적 합도 비교적 큰 값을 가지고 있다. 충전소 이용률도 상대적으로 높다.

3. 급속 충전소 입지 후보 설명

첫번째로 급속 충전소 입지 후보로 선정한 지역은 신양섭지 해수욕장, 휘닉스 제주 근처이다. 이 지역은 2번 클러스터에 속하고 있다. 또한 세번째로 급속 충전소 입지 후보로 선정한 지역인 신화역사공원 제주투자 진흥지구 주변도 2번 클러스터에 속한다. 2번 클러스터에는 두 개의 지역이 들어가는데, 두 지역 모두 입지 잠재력 점수가 높아 급속충전소 입지 후보로 선정되었다. 이 두 지역은 위의 클러스터 특성 정보에 따르면, 유동 인구수와 건물 연면적 합의 높은 관광지 지역이라는 것을 알 수 있다.

두번째로 급속 충전소 입지 후보로 선정한 지역은 제주국제공항 근처, 노형동 시가지이다. "다나056a00a, 다나04b99b, 다나05a99b, 다나05b99a, 다다06a00a, 다나06b99b"를 급속 충전소 입지 후보로 선정했는데, 이 6개의 지역 모두 3번 클러스터에 속한다. 주위에 있는 6개의 지역이 모두 같은 클러스터에 들어있다는 것을 통해, 클러스터링이 유의하게 이루어졌다고 유추할 수 있다. 6개의 지역은 위의 클러스터 특성 정보에 따르면, 고정 인구수 및 유동 인구수가 크며 건물 연면적 합과 충전소 이용률도 상대적으로 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다.

랜덤 포레스트 분석을 통한 적합성 판단 결과

- 분석 배경

최적화 기법을 사용하여 최적 입지를 결정하는 기존 선행 분석을 넘어, 이번 분석에서는 최적 입지를 결정하는데 있어 최적화 기법의 중요한 변수 중 하나인 입지 잠재력 변수에 대해 머신 러닝 모형들을 통해 예비적 차원의 검토를 수행하고 활용가능성과 적합성을 확인하고자 한다.

- 랜덤 포레스트 방법론 소개

랜덤 포레스트(Random Forest)는 의사결정나무(decision tree)의 배깅(Bagging) 앙상블(Ensemble) 기법이다. 먼저 배깅 앙상블은 분류 혹은 추정 문제 등에 있어 불안정성을 개선하고자 개발된 것으로, 부트스트랩(Bootstrap)을 사용하여 학습용 데이터에서 표본들을 복원 추출하고 해당 표본들로 기저 분류기를 학습한 결과들을 평균 혹은 다수결을 통해 모형의 최종 결과를 결정하는 앙상블 기법이다. 랜덤 포레스트는 배깅 기법을 토대로 여러 결정 트리를 묶어 하나로 만든 것으로, 각기 다른 방향으로 과대적합된 트리들을 묶음을 평균 냄으로써 예측 정확성은 향상시키면서 과적합은 줄일 수 있다.

- 분석 과정

이번 분석에서는 선행 석분석에서 분류 문제에 탁월한 성능을 보이는 것이 증명된 머신러닝 모형들을 분석에 사용하였다. 모형들을 학습하기 위한 데이터의 변수로 앞서 소개한 관광지 기준 POI 개수(11개)를 Min-Max를 통해 정규화하여 독립변수로 선정했고, 각 POI에 맞춰 선정한 가중치 값을 <표 3-3> 기존 정규화된 값들을 곱한 입지 잠재력 변수를 종속변수로 선정해 분석하였다.

또한, 전체 데이터를 학습용 데이터(Training Data)와 테스트용 데이터(Testing Data)를 각각 80%와 20%의 비율로 나누어 학습용 데이터를 통해 본 연구에서 사용된 모형을 학습한 후 테스트용 데이터를 활용해 모형의 성능을 평가 및 비교하였다. 머신러닝 모형의 구성 및 분석은 Python 프로그램의 Scikit-Learn을 사용했다.

<표 5-1>사용한 변수 목록

독립변수	Dist:격자 중심점에서 전기차 충전소까지의 최단거리 Pop: 유동 인구수 Pop_s: 고정 인구수 building: 건축물 연면적 합 a: 공공시설 POI 개수 b: 관광지 POI 개수 c: 교통시설 POI 개수 d: 상업시설 POI 개수 e: 주거지 POI 개수 f: 편의시설 POI 개수 <div>※Min-Max 정규화 적용</div>
종속변수	Weight: 가중치 * 정규화 값(입지 잠재력 변수)

랜덤 포레스트로 성능을 평가하기에 앞서 분석결과의 성능을 평가하기 위해 Mean Squared Error (MSE)와 R-squared(결정계수)를 사용했다.

1. MSE는 실제값과 예측 값 간의 차이 제곱의 평균을 나타낸다. 이 값이 작을수록 모델의 성능이 좋다고 볼 수 있다.
2. R-squared는 모델이 얼마나 데이터를 설명할 수 있는지에 대한 지표로, 0에서 1 사이의 값을 갖는다. 1에 가까울수록 모델이 데이터를 잘 설명하고 있다고 볼 수 있다.
3. OOB(out-of-bag) 평가는 별도로 과도 평가 데이터를 제거함으로써, 이를 통해 모델의 검증에 사용한다. OOB 점수가 1에 가까울수록 모델 성능이 좋다.

3) 랜덤 포레스트 분석결과

<그림 5-3>랜덤 포레스트 분석 결과

```
# 결과 출력
print(f"Mean Squared Error: {mse:.8f}")
print(f"R-squared: {r2:.4f}")
print("OOB Score:", rf_reg.oob_score_)
```

```
Mean Squared Error: 0.00000048
R-squared: 0.9992
OOB Score: 0.9653038209141875
```

1. Mean Squared Error (MSE)는 약 0.00000048 정도로 매우 작기에 모델이 학습 데이터에 대한 오차가 매우 작은 것으로 판단할 수 있었다.
2. R-squared (결정 계수)는 약 0.9992 정도로 모델이 전체 데이터 중 약 99.92%를 설명하고 있다고 볼 수 있다
3. OOB Score는 약 0.965 정도로 96.5%의 성능을 보이고 있다고 볼 수 있다.

3) 결론

랜덤 포레스트와 같이 유용성이 입증된 머신 러닝 모형을 전기차 충전소의 최적 입지 문제에 적용하여 충전소 후보지에 대한 공간적인 검토가 이루어졌다는 점에서 의의가 있다.

또한 머신 러닝 모형을 활용하여 지역적 특성과 관련된 다양한 변수들을 학습 및 테스트하여 최적 입지 결정을 위한 예비적인 검토를 수행하는 연구라는 점에서, 최근 이슈가 되고 있는

전기차 보급 활성화와 같은 전기차 관련 시설에 대한 최적 입지를 결정하는데도 유용하게 활용될 수 있다는 실무적 이점을 가지고 있다.

마지막으로 제주도 특성에 맞춰 최적 입지 분석을 수행했을 때 결과가 우수했으며, 이를 토대로 제주도와 같은 지역적 특성(관광지에 맞춘 최적입지 수행)에 맞는 타 지역에서도 위와 같은 모델을 적용했을 때 충분히 활용할 수 있을 것이다.

활용성

제주특별자치도 급속 전기차 충전소 최적입지 결정 모델의 활용성과 업무 수행 계획

제주특별자치도에 전기차 보급이 점점 확대되면서, 급속 충전소의 위치는 매우 중요한 이슈가 되고 있다. 그 중에서도 관광산업이 발달하고, 관광객이 집중되는 제주특별자치도에서는 친환경을 선호하는 소비자들의 요구 및 환경 보전과 맞물려 이 문제가 더욱 심각하게 느껴진다.

이에 저희는 제주도의 공공데이터를 활용하여 관광중심 급속 전기차 충전소의 최적 입지를 결정하는 분석을 수행하였다. 밑으로는, 관련 업종 및 부서에서 이 분석 모델을 실제 업무에 적용하여 업무 수행을 어떻게 도와줄 수 있는지 구체적인 계획을 제시하고자 한다.

분석 모델의 활용성

이 분석 모델은 기관의 결정 과정에서 중요한 도구가 될 수 있다. 특히, 제주도 관광공사나 전기차 충전소를 설치하고 운영하는 사업자, 또는 관련 정책을 수립하는 지방정부가 이 모델을 참조할 수 있다.

1) 제주도 관광공사

제주도 관광공사는 제주도의 관광 사업을 발전시키고 홍보하는 역할을 수행하는 공공기관으로, 급속 전기차 충전소 최적입지 결정 모델을 활용하여 다음과 같은 업무 수행 계획을 수립할 수 있다.

1. 관광 산업 지원:

전기차 충전소 최적 입지 결정 모델을 활용하여 전기차 충전 인프라의 발전 방향과 계획을 수립한다. 이를 통해, 관광 산업 협력 업체들에게 전기차 충전소에 관한 지역적인 정보를 제공하고 관련 기업들이 충전소 설치와 관련된 사업계획을 수립할 수 있도록 도와 지역 관광의 질을 개선한다.

2. 관광 환경 조성:

전기차 충전소 최적입지 결정 모델을 활용하여 관광객들의 이동 경로와 편의성을 고려한 충전소 설치를 계획한다. 이를 통해 관광지 주변에 충전소를 설치하여 관광객들이 전기차를 운전하며 불편함 없이 여행할 수 있는 환경을 조성한다.

3. 관광 관련 정보 제공:

전기차 충전소 최적입지 결정 모델에 사용된 공공데이터(예를 들면, 급속 충전소의 위치와 사용률 등)를 시각화하여 관광 정보 플랫폼에 반영함으로써, 관광객들이 충전소의 여러 정보들을 활용하여 여행 일정을 조정하고, 충전소가 있는 관광지를 방문할 수 있도록 도와 관광의 편의성을 높인다.

또한, 제주도 관광공사에서는, 제주도의 유동인구 및 전기차 충전소 이용률 등의 데이터를 실시간으로 업데이트하고, 월별, 날씨별로 나누어 다각도로 분석함으로써 급속 전기차 충전소 최적입지 결정 모델을 고도화하는 데 적합하다.

2) 전기차 충전소 운영사

전기차 충전소 운영사는 전기차의 충전소의 설치, 운영, 관리 및 고객 서비스 등을 담당하는 주체이다. 급속 전기차 충전소 최적입지 결정 모델을 활용하여 다음과 같은 업무 수행 계획을 수립할 수 있다.

1. 효율적인 충전소 설치 및 운영:

전기차 충전소 설치 및 운영은 지방 정부의 보조가 있음에도 사업 초기 자금이 많이 들고 입지가 좋지 않을 경우 운영상으로도 지속적으로 손해를 볼 수 있다. 최적입지 결정 모델을 활용하여 충전소 설치에 필요한 요건을 고려하여 전략적인 위치를

선정하여 충전소의 수급 및 수요를 최대화하고, 관리 및 운영에 효율성을 높일 수 있다.

2. 서비스 향상 및 수익 창출:

최적 입지 결정 모델을 활용하여 충전소 위치를 관광지, 주요도로, 상업지역 등 관광객과 이용자들이 편리하게 접근할 수 있는 인기 장소에 설치함으로써, 전기차 운전자들에게는 편의성과 접근성을 제공하고, 충전소 운영사는 수익을 창출 할 수 있다.

또한, 충전시간이 20~30분 정도 걸리는 급속 전기차 충전소의 특성을 활용하여 전기차 충전소 운영사는 머무르는 고객들을 상대로 추가적인 관광 경험을 제공할 수 있다. 이는, 지역 관광의 편의성과 다양성을 높이는 선순환으로 이어진다.

3) 제주특별자치도 지방 정부

제주특별자치도 지방정부는 지역경제 발전, 주민 복지 증진과 같은 지역민들을 위한 정책부터 친환경과 관광지역을 보전하기 위한 정책, 기본적인 관광 인프라를 구축하는 역할까지 다양한 업무를 맡고 있다. 급속 전기차 충전소 최적입지 결정 모델을 활용하여 다음과 같은 업무 수행 계획을 수립할 수 있다.

1. 전기차 인프라 구축 정책 수립:

최적입지 결정 모델을 활용하여 제주도 내에 전기차 충전소를 적절한 위치에 설치할 수 있는 정책을 수립한다. 이를 통해 전기차 보급과 이용환경을 개선하고, 친환경적인 교통 수단의 보급에 전기차 충전소 운영사, 제주도 관광공사 등이 협력할 수 있도록 돕는다.

2. 에너지 전환 정책:

친환경 에너지인 전기로의 인프라 전환을 도모하기 위해서, 전기차의 보급과 함께 재생에너지와의 결합을 촉진하고, 지속 가능한 에너지 정책의 일환으로 활용한다. 이를 통해, 제주특별자치도의 깨끗한 관광 자원을 보존하여 궁극적으로 관광 산업 전반에 긍정적인 영향을 줄 수 있다.

4) 결론

공공데이터로 제공되는 POI, 유동/고정인구, 전기자동차 충전소 정보/이용률 데이터는 이미 주기적으로 최신화되는 경우가 많으므로, 추가적인 분석 및 데이터 구축 비용 없이 데이터 추출 및 간단한 가공만으로 급속 전차가 충전소 최적입지 결정 모델을 활용 및 업무에 적용이 가능하다.

정책 활용

1. 「제주특별자치도 전기자동차 보급 촉진 및 이용 활성화」 기여

- 제주특별자치도는 전기차 충전 인프라 편의 확대를 위해 지난 22년 6월 「제주특별자치도 전기자동차 보급 촉진 및 이용 활성화에 관한 조례」를 개정한 바 있다.

<그림 1-1> [시행 2022. 11. 23.] [제주특별자치도조례 제3239호, 2022. 11. 23., 일부개정]

구분	기존 조례	개정 조례
*전용주차구역 의무설치범위	규정 없음	신축시설 및 공공기축시설 총주차대수의 5% 공공기축 시설이 아닌 기축시설 총주차대수의 2%
**전기차 충전시설 의무설치수량	공공건물 및 공중이용시설 총주차대수의 2% 이상 주차장법에 따른 주차장 총주차대수의 2.5% 이상	신축시설 총주차대수의 5% 기축시설 총주차대수의 2%

※ 기축시설: 2022. 1. 28. 전에 건축허가를 받은 시설 ※ 출처-제주특별자치도 공식 홈페이지

1-1) 기존 건물 주변 주차장을 기준으로 전기차 충전시설의 의무설치 수량을 의무적으로 배분했으나, 시설 유형에 따라 신축 시설과 공공 기축시설로 나눠 설치 수량을 규정했으며, 이 중 신축시설 속 전기차 충전소 설치 수량의 비율은 약 2배 이상 늘어났다.

이는 데이터 분석을 통해 진행한 충전소 입지 선정 결과와 제주특별자치도에서 개정한 조례 속 정책 방향(“도내 공공시설 및 공중이용시설의 충전 인프라가 점차 확대되어 전기차 이용자들의 충전 편의가 증대 활용”)이 서로 일치하다.

1-2) 또한 제주특별자치도지사와 지속적인 면담을 가져 충전시설을 구축하는 과정에 기여하고자 한다. 전기자동차 보급 및 충전시설 구축 관련 중요 시책 관련 조례 중 다음과 같은 내용이 있다.

<출처: 제주특별자치도-전기자동차 및 충전 인프라 조례 내용 일부 발췌>

2-2) 제4조(도지사의 책무) 제주특별자치도지사(이하 “도지사” 라 한다)는 지역적 특성에 맞는 전기자동차 보급 촉진 및 이용 활성화와 전기자동차 연관 산업의 육성을 위한 시책을 수립하고 시행하여야 한다. <개정 2022.6.30.>

2-3) 제14조의2(전용주차구역 및 충전시설의 설치 대상시설 등) ① 영 제18조의5 각 호 외의 부분에서 “조례로 정하는 시설” 이란 다음 각 호와 같다. <개정 2022.6.30.>

1. 공공건물 및 공중이용시설로서 「건축법 시행령」 제3조의5 및 별표 1에 따른 용도별 건축물 중 다음 각 목의 시설

- 1-1). 제1종 근린생활시설
- 1-2). 제2종 근린생활시설
- 1-3). 문화 및 집회시설
- 1-4). 업무시설
- 1-5). 숙박시설
- 1-6). 관광 휴게시설 (이하 생략)

이번 입지 선정 분석은 제4조에 나와 있듯, 제주도의 지역적 특성에 맞춘 전기 자동차 이용 활성화 증진에 필수적인 요소이다. 공공건물 중 관광 지역에 맞춰 최적인 전기차 충전소를 배치할 수 있다.

2. 제주도는 2000년대 초반부터 CFI 2030(Carbon Free Island 2030) 정책을 근간으로 재생 에너지 중심의 장기적 에너지 정책을 시행하고 있다.

<그림 1-2> CFI 2030 단계별 성과목표

• 단계별 성과목표

구분	1단계(2012)	2단계(2020)	3단계(2030)
목표	탄소 없는 섬 시범모델 구축	전력부문 탄소 없는 섬 기반 구축	전 부문 탄소 없는 섬 조성
세부목표	가파도 Carbon Free Island 구축, WCC 참관코스화	신재생에너지(50%), 스마트그리드, 전기차 운행	화석연료 사용 없는 세계적 녹색성장 도시 구축
분야별목표	충전인프라 445기	해상풍력 1GW, 육상풍력 300MW, 태양광 30MW, 전기차 30% (94천대)	해상풍력 2GW, 육상풍력 300MW, 태양광 100MW, 전기차 100% (371천 대, 충전인프라 225천 기)

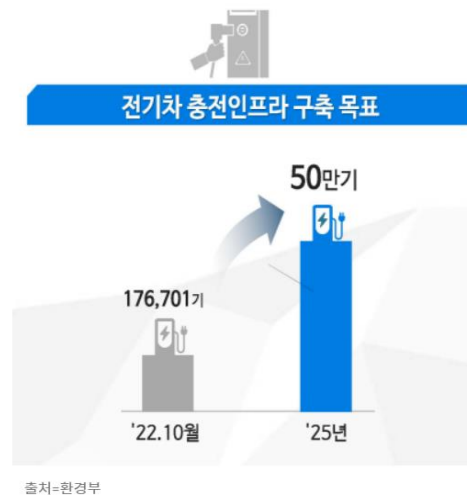
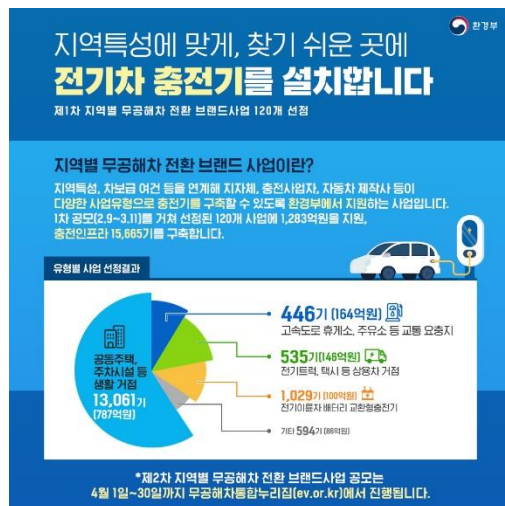
<출처: 카본프리 아일랜드 제주 공식 홈페이지>

이 중 우리의 데이터 분석 내용과 관련된 “전기차 대규모 보급” 이 주요 내용이라고 볼 수 있는데, 현재 전기차 보급이 다른 지역에 비해 급속히 이루어지고 있으며, 이와 더불어 전기차 충전기 보급도 빠른 속도로 늘어나고 있는 상황이다.

그러나 전기차 보급 대비 충전소 보급 증가율이 2017년부터 정체되고 있는데, 이는 제주도 에너지 정책인 “CFI 2030” 목표에 성공적인 도달에 어려움이 있는 상황이다. 그렇기에 전기자동차 충전기가 원활히 보급될 수 있는 획기적 방안 마련이 절실한 상황이다. 정책 브리핑에서 알 수 있었던 점은 전기차에 대한 대중적 인식은 우리가 매일 접하는 가전 제품에 가까운 개념이며, 전기차 충전 형태는 스마트폰을 충전하는 형태로써 전기차와 충전소는 상호 독립된 개념이 아닌 상호 연계된 하나의 개체로 보아야 하며 전기자동차의 보급을 담보하기 위해선 원활한 전기 자동차 충전기 보급이 담보되어야 한다고 밝힌 바 있다.

3. 환경부 정책 (지역특성과 연계한 전략적인 전기차 충전기 활성화 도모)

<그림 1-3> 지역별 무공해차 전환 브랜드 사업



출처: 환경부

올해 환경부는 2월부터 3월까지 공모를 거쳐 지역특성과 연계한 전략적인 전기차 충전기 설치를 위해 제1차 지역별 무공해차 전환 브랜드 사업을 진행한 바 있다.

"지역별 무공해차 전환 브랜드 사업" 은 지역 특성, 전기차 보급 여건 등을 연계하여 지자체, 충전사업자, 자동차 제작사 등이 다양한 사업유형으로 충전기를 구축할 수 있도록 환경부에서 지원하는 사업이다. 선정된 사업의 사례를 구체적으로 살펴보면 강원도는 속초 등 영동지방 주요

관광지의 공용주차장에, 도로공사 등은 영동·동해 고속도로에 이번 사업을 통한 충전시설 251기를 구축하여 전기차 사용자가 강원도 관광단지 곳곳을 충전 걱정 없이 여행할 수 있도록 할 계획임을 알 수 있었다.

이러한 환경부의 정책 방향은 전기차를 포함해 무공해차에 대한 대중화 시대를 확대하기 위해선 충전 기반 시설의 구축을 통해 편리한 충전환경을 조성하는 것에 초점을 맞춰야 한다는 것을 알 수 있다.

따라서 이번 전기차 충전소 입지 분석을 통해 선정된 입지는 제주도의 지역적 특성인 관광지의 비중이 높은 점과, 실질적으로 급속보다 완속 충전기의 비율이 월등히 높다는 점을 고려했을 때 환경부의 정책 방향과 일치하다고 볼 수 있다. 이번 입지 선정을 계기로 제주도를 비롯해 다양한 지역의 특성을 고려한 입지 선정 분석에 기여할 수 있다는 점이 분석 배경이라고 볼 수 있다.

<출처: <https://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=10525&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=1593450>

기대효과

1. 국민 편의 증진

전기차 충전소의 최적 입지 결정은 국민들의 편의를 증진시킬 수 있다.

제주도에서는 전기차의 급속 충전기 부족으로 인한 불만이 지속되고 있는데, 이에 대응하여 전기차 충전소를 적절한 위치에 설치함으로써 이 문제를 해결할 수 있다. 최적 입지 결정을 통해 전기차 운전자들은 기존보다 더 편리하게 충전할 수 있는 환경을 누릴 수 있을 뿐만 아니라, 관광 시 전기 렌트카를 이용하는 경우에도 충전 인프라에 대한 우려를 줄여줄 것이다. 이는 국민들의 전기차 이용에 대한 부담을 줄이고, 전기차 보급과 사용을 촉진하는데 도움을 줄 것이다.

2. 경제적 효과

(1) 전기차 활용 제주 여행 상품 활성화

제주관광공사는 전기자동차 도입 확대에 따라 전기차를 활용한 관광상품을 적극적으로 추진하고 있는 상황이다. 이는 부가가치 관광객 유치를 확대하기 위한 것으로, 제주의 우수한 전기자동차 관련 인프라를 소개함과 동시에 고부가가치 관광객 유치 활성화와 관련된 정책을 펼치고 있다고 볼 수 있다.

전기차 관광 상품은 여행객들이 직접 전기자동차에 탑승해 제주도 관광명소를 구경 및 체험하는 상품으로, 아웃도어 액티비티를 활용한 외국인 특수목적 관광객(SIT: Special Interest Tourist)의

제주방문을 말한다. 실제로 2018년 06월 06일 싱가포르 자동차협회(Automobile Association of Singapore), 아시아나항공, 현지 언론사(Wanbao) 등과 함께 개발한 '전기자동차 자가운전' 상품을 첫 출시를 한 뒤 긍정적인 반응을 보인 바가 있다.

출처: 제주관광공사, http://www.ijto.or.kr/korean/Bd/view.php?btable=report_info&bno=1442&p=2&lcate

따라서 관광지 속 전기차 충전에 대한 불편사항을 어느 정도 해소함으로써, 관광 시설에 최적화된 전기차 충전소 입지 선정을 통해 장기적인 관점에서 전기차를 활용한 관광상품을 적극적으로 추진하는 과정에 충분히 기여할 것으로 기대된다.

(2) 효율적인 전기차 급속 충전기 입지 선정 및 충전 인프라 구축

현 연구에서 선정된 입지 선정 후보 3곳에 급속 전기차 충전소가 신설되었다고 가정하고 전기차 충전소 주변 1.5km 격자의 입지 잠재력 점수 합의 개선율을 살펴보았다

충전소 입지 후보	Before_Score	After_Score	개선율
신양섭지 해수욕장	0.481691217617522	0.421303334118818	12.53%
신화역사공원	0.274293912971930	0.257810878310647	6.00%
노형동 시가지	0.845903765585103	0.834526320309423	1.32%

충전소 입지 후보: 입지 잠재력 점수 순

Before_Score: 충전소 입지 후보 격자 주변 1.5km 격자의 입지 잠재력 점수의 합

After_Score: 충전소 신설 가정 후, 충전소 입지 후보 격자 주변 1.5km 격자의 입지 잠재력 점수의 합

개선율: $1 - (\text{After_Score} / \text{Before_Score})$

이를 통해, 현 연구에서 진행한 입지 선정 방법론이 실제로 지역 입지 잠재력 점수를 개선한다는 것을 확인하였으며, 입지 잠재력 점수가 높을수록 개선 효과가 뛰어나다는 것도 확인할 수 있었다.

그러므로, 관광중심 제주도 급속 전기차 입지 선정 방법론이 효율적인 전기차 급속 충전기 입지 선정 및 충전 인프라 구축 사업에 큰 기여를 할 수 있을 것이라 기대된다.

3. 사회적 기여

전기차 충전소의 효율적인 입지 결정은 사회적 기여도 측면에서 중요한 역할을 한다. 현재 대한민국 정부의 환경 정책에서 전기차는 핵심 요소로 인식되고 있으며, 제주도는 CFI 2030 정책을 통해 2030년까지 탄소 없는 섬을 만들기 위한 노력을 진행하고 있다. 전기를 통한 탄소 감축은 이러한 정책 목표를 달성하는 핵심 수단이다. 따라서 전기차 충전의 문제를 해결함으로써 전기자동차의 상용화를 촉진할 수 있으며, 전기자동차의 상용화는 탄소 사용량의 감소에 크게 기여한다고 볼 수 있다. 이는 환경 보전을 위한 중요한 요소로 작용하며, 제주도의 탄소 중립화 및 지속가능한 발전을 이루는데 기여할 것이다.