

UAM 전국 대학생 올림피아드 (버티포트 부문)

- 입지 선정(개인적으로 github 올리려고 씬) -

○ 분석 목표

- 버티포트, 버티스탑의 최적 입지 선정

○ 활용 목적

- 2030년 이후 활용될 목적인 버티포트, 버티스탑의 설치를 위한 객관적 설치 기준 제시
- 데이터 분석을 통해 선정된 입지의 타당성 제고

○ 분석 환경 및 도구

- Python 3.11 & Anaconda 3.8(Jupyter notebook)
- Q-GIS 3.28.8

○ 분석 과제

- 30년, 35년 OD 교통량 데이터를 활용, 교통량 등을 고려한 행정동 선정
- 앞서 선정된 행정동 중 버티포트 최적 입지 선정
- 이외 행정동 중 버티스탑 최적 입지 선정

○ 활용 데이터

데이터명	내용	데이터타입
OD_교통량	행정동별 교통량	CSV
개별공시지가	필지단위별 개별공시지가	SHP
생산가능 인구	100m X 100m 단위 격자별 생산가능인구 수	SHP
주차장 접근성	500m X 500m 단위 격자별 주차장 접근성	SHP
표준노드링크	표준노드링크	SHP
표준노드링크_교통량	표준노드링크단위 교통량, 평균속도, 점유율, 통행 시간	JSON
하천경계	하천경계	SHP
행정동_경계	행정동	SHP
자연보전지역	자연보전지역	SHP
버스정류소	버스정류소 위치정보	CSV
전기차충전소	전기차 충전소 위치정보	SHP
제주공항 C구역	제주공항 C구역	SHP
제2공항 예정부지	제 2공항 예정부지	SHP
헬리패드	헬리패드 위치정보	SHP
제주관광지	마을단위 관광지 위치정보	CSV

- 선행 연구

- 도심항공교통(UAM) 버티포트(Vertiport) 최적입지 선정 및 경로선정을 통한 이동시간 효율성 분석(대한공간정보학회 2023 춘계학술대회)
- 선행 연구를 기반으로 입지 선정을 진행하였음

- 분석 프로세스

- 추가 예정

○ 분석 결과

- 분석은 1차, 2차 총 두 차례로 진행되었으며, 각각의 분석을 기술하도록 한다.

1) 1차 - 교통량 분석

1.1) zone 체계와 OD 교통량 결합

- 제주도의 행정동 공간 파일과 OD 교통량을 결합하여 교통량을 분석하였음
- OD 교통량 데이터의 경우, 43개 행정동을 zone으로 구분하여 각 zone마다 번호가 부여되어 있음



[그림 1] 행정동 경계와 zone 결합

- OD 교통량의 경우 각 행정동(zone)의 번호가 출발지, 도착지로 나뉘어져있음
- 예시로, 출발지가 1이면 도착지가 1~43까지의 교통량으로 행이 구성되어 있음
- 43^2 으로 약 1,800개의 행으로 구성

1.2) 서귀포시 행정동 결합

- 버티포트 최소 면적인 300m * 300m를 고려하여, 필요한 면적을 충분히 확보하기 위해 대정읍, 안덕면, 표선면, 남원읍, 성산읍을 제외한 나머지 서귀포시의 행정동을 결합하였음
- 따라서 기존 43개의 행정동 중 12개의 행정동을 결합하고, 결합된 행정동을 서귀포동으로 명하여 총 32개의 zone으로 분석을 수행함

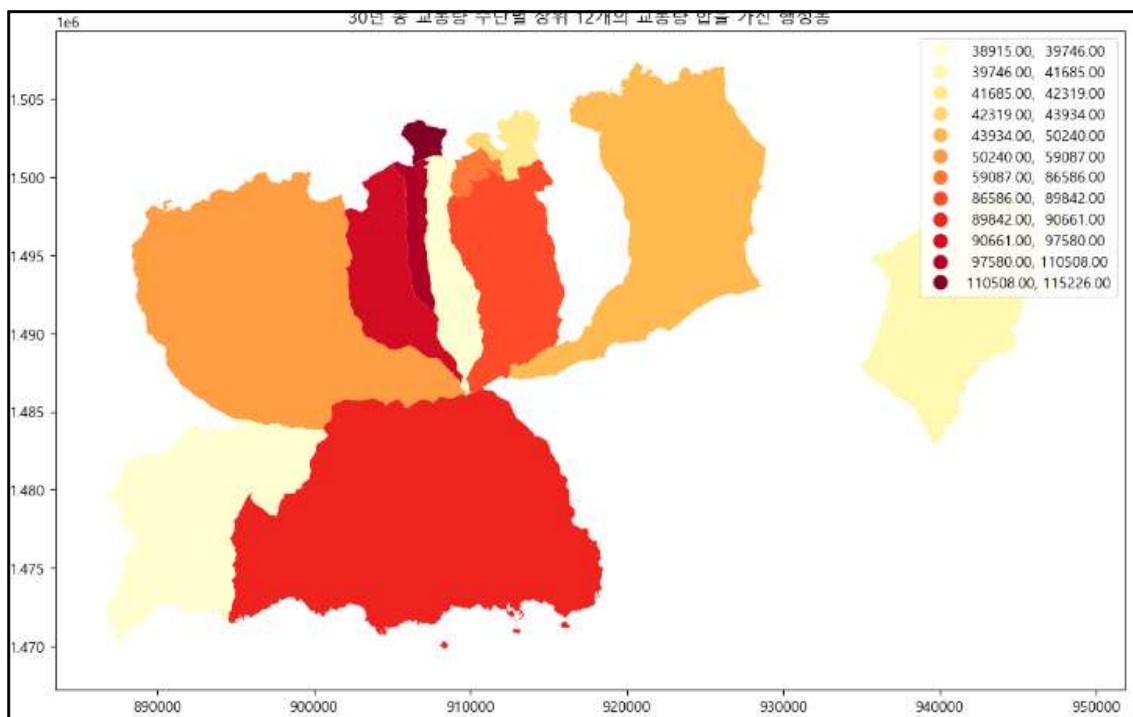
※ 결합한 행정동 : '송산동', '정방동', '중앙동', '천지동', '효돈동', '영천동', '동홍동', '서홍동', '대륜동', '대천동', '중문동', '예래동'

1.3) 데이터 전처리

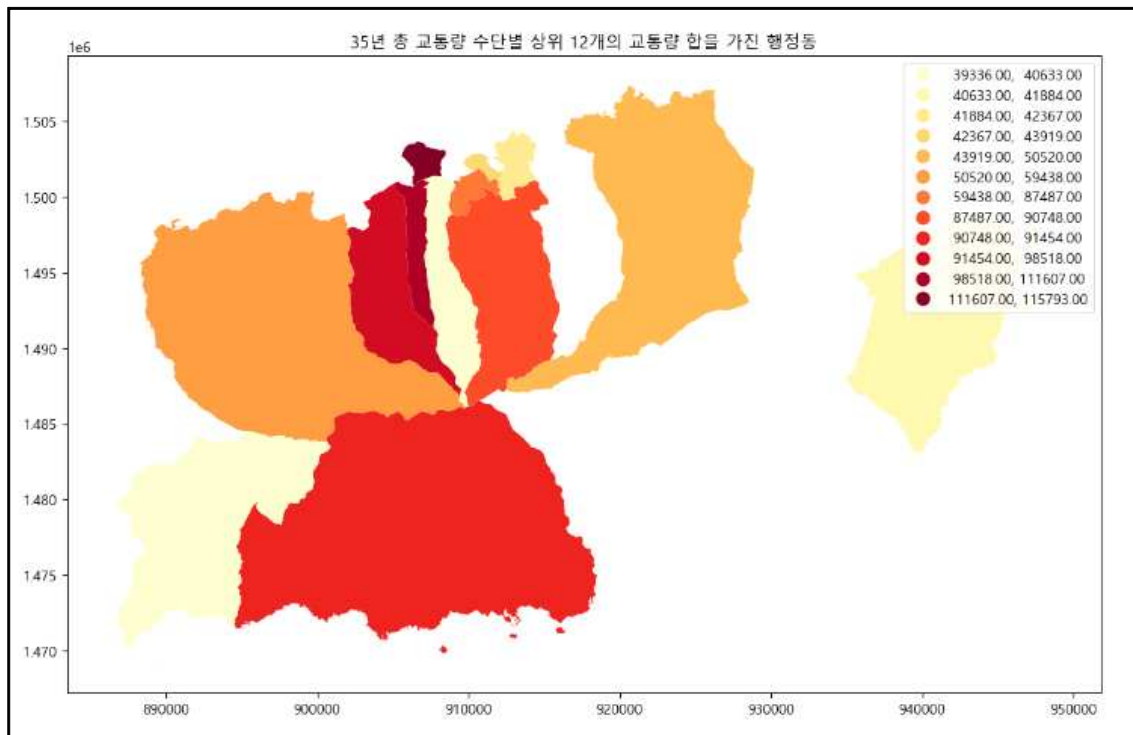
- OD 교통량 데이터는 결측치가 존재하지 않음
- 출발지: 용담이동과 도착지: 우도면과 그 반대인 교통량에 버스 교통량이 존재하, 이상치로 판단하여 0으로 대체하였음
- 데이터기준일자, 행정동코드, 행정동_영어명, 시군구 코드 등 변수는 분석에서 제외하였음
- OD 교통량 데이터의 경우, 승용차, 도보/자전거, 버스, 철도, 택시, 기타 등으로 수단별 교통량이 내재되어 있음
- UAM의 비용에 맞는 수요를 충족하기 위해 출발지와 도착지가 같은 교통량을 제거하고, 서로 다른 출발, 도착지의 교통량만을 분석에 활용하였음
 - ex) 출발: 애월읍, 도착: 애월읍의 교통량을 제거
- 이에 제주특별자치도의 교통수단과 행정동 간의 거리를 고려하여 버스, 승용차 및 택시 교통량만을 분석에 활용하였음

1.4) 교통량 기준 행정동 선정

- 앞서 출발지와 도착지가 다른 교통량들을 출발지를 기준으로 그룹화하여 교통량을 합산하였음
- 또한 도착지를 기준으로 그룹화하여 교통량을 합산한 후, 이 둘을 결합하였음
- 합산된 교통량을 내림차순하여 관광지, 면적, 인구 등을 고려한 후 총 13개의 행정동을 버티포트 입지 선정에 활용할 기준으로 도출하였음



[그림 2] 30년 기준 선정된 행정동

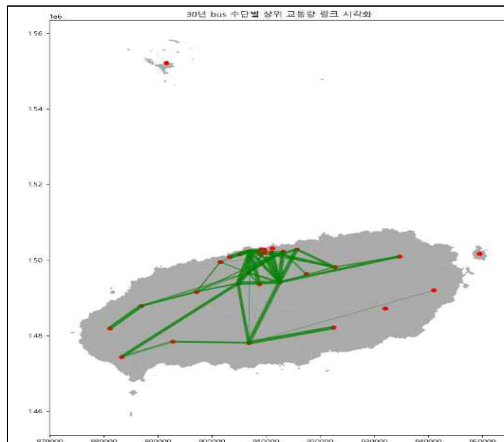


[그림 3] 35년 기준 선정된 행정동

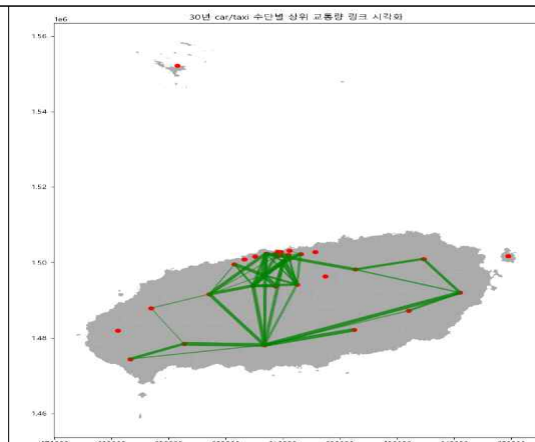
- 30년 기준 선정된 행정동
 - 용담이동, 연동, 노형동, 서귀포동, 아라동, 이도이동, 애월읍, 조천읍, 일도이동, 화북동, 성산읍, 오라동, 안덕면
- 35년 기준 선정된 행정동
 - 용담이동, 연동, 노형동, 서귀포동, 아라동, 이도이동, 애월읍, 조천읍, 일도이동, 화북동, 성산읍, 오라동, 안덕면
- 30년과 35년의 선정된 행정동이 같으므로 연도 구분 없이 동일한 행정동들을 버티포트의 입지 선정 기준으로 활용하였음

1.5) zone 체계별 교통량 시각화

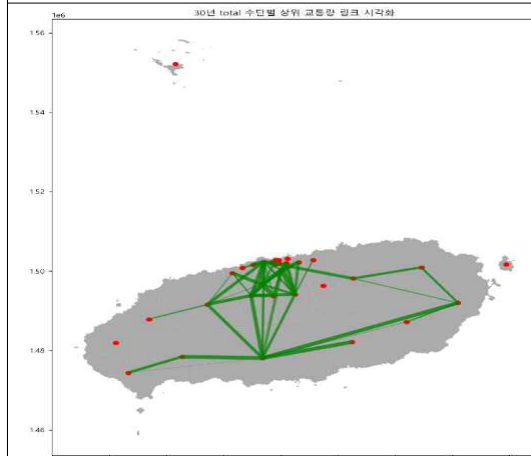
- 전체 교통량의 상위 100개 교통량을 추출하여 수단별, 교통량 순위별로 굵기가 다른 라인으로 시각화 하였음
- 출발지와 도착지의 중심점을 생성하여 이들을 직선으로 잇는 라인을 생성함
- 이를 통해 버티포트의 항로의 기반을 제공



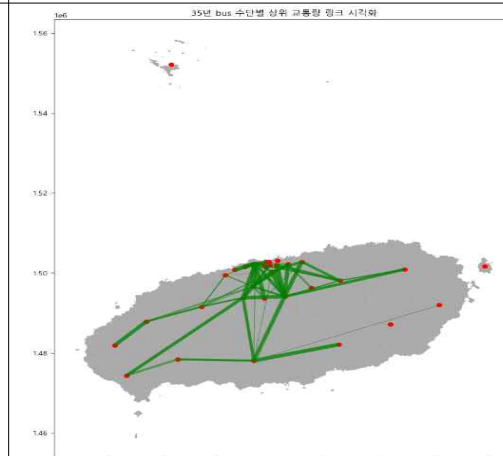
[그림 4] 30년 버스 교통량



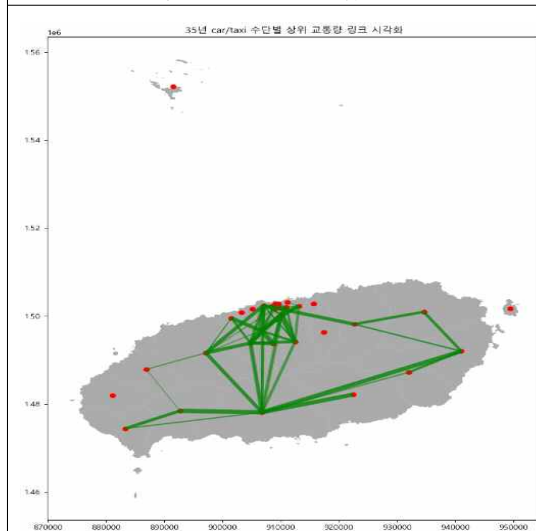
[그림 5] 30년 승용차+ 택시 교통량



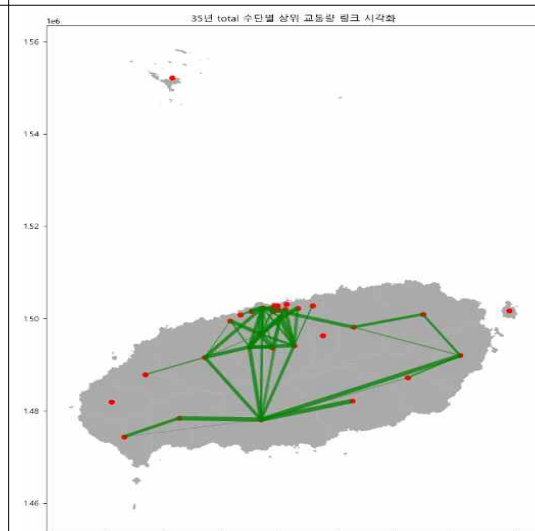
[그림 6] 30년 총합 교통량



[그림 7] 35년 버스 교통량



[그림 8] 35년 승용차+ 택시 교통량



[그림 9] 35년 총합 교통량

2) 2차 - 입지 선정

- 입지 선정은 버티포트, 버티스탑을 나눠서 진행하였음
- 선정된 행정동을 100m * 100m 단위 그리드로 변환하여 그리드 단위로 분석을 수행하였음
- 각종 데이터들을 결합하여 통합 데이터세트를 생성, 각 변수의 연산을 통한 점수화로 입지를 선정하였음
- 하천, 자연보전지역 등 UAM 이착륙이 불가능한 지역은 제외하였음
- 입지 선정은 4가지 요인을 정의하여 진행하였음

1. 교통 수요

- 1.1. 교통이 혼잡한 지역의 혼잡도를 완화하기 위함
- 1.2. 필요 데이터
 - 1.1.1 표준노드링크
 - 1.1.2 표준노드링크 단위 교통소통정보
- 1.3 표준노드링크와 교통소통정보를 매핑하여 100m * 100m 그리드에 할당
(한 그리드에 표준노드링크가 겹치는 경우 합계 및 평균을 활용)

2. 인구

- 2.1. UAM을 이용 가능한 잠재고객들을 도출하기 위함
- 2.2. 필요 데이터
 - 2.2.1. 구매력이 낮은 청소년(~14세)과 노년층(65세~) 제외한 생산가능인구
 - 2.2.2. 100m * 100m 그리드 단위 생산가능인구(15세 ~ 64세)

3. 저비용

- 3.1. 버티포트 및 버티스탑의 설계 비용을 최소화 할 수 있는 지역
- 3.2. 필요 데이터
 - 3.2.1. 필지단위 개별 공시지가
- 3.3. 필지 단위를 100m * 100m 그리드에 매핑(한 그리드에 필지가 겹치는 경우 평균값으로 활용)

4. 접근성

- 4.1 버스정류장, 주차장 등 UAM 이외 교통수단에 접근 용이성을 판단
- 4.2 제주도의 관광지에 접근이 용이함을 판단
- 4.3 필요 데이터
 - 4.3.1 주차장 접근성 (500m * 500m 그리드)
 - 4.3.2 버스정류장 위치정보
 - 4.3.3 전기차충전소 위치정보
 - 4.4.4. 관광지 위치정보
- 4.4 각 그리드의 중심점 좌표와 각 위치정보 간의 거리를 계산하여 최소 거리를 반환
- 4.5 주차장 접근성의 경우, 기준 그리드보다 범위가 크므로 기존 값을 할당

2.1) 데이터 전처리

2.1.1) 인구 측면

- 입지 선정의 기준이 되는 100m * 100m 그리드를 가진 데이터로, 그리드 단위 인구 수와 나머지 데이터를 공간 결합(Spatial Join)하였음
- 데이터 값이 N/A인 경우, 0으로 대체함
- 데이터 값이 Null인 경우, 0으로 대체함
- lbl(val의 소수점 셋째자리에서 버림), val 중 val(생산가능인구수)를 분석에 활용하였음

2.1.2) 교통 수요 측면

- 표준노드링크와 노드링크별 교통소통정보를 링크ID별로 속성 결합하였음
- 총 12,075개 링크 중 결합되지 않아 결측치가 된 약 200개의 링크는 0으로 대체함

2.1.2) 저비용 측면

- 필지단위 개별공시지가 데이터를 활용하였음
- ※ 국토교통부장관이 매년 공시하는 표준지 공시지가를 기준으로 시장·군수·구청장이 매년 1월 1일을 기준으로 조사하여 결정하는 개별토지의 m²당 가격
- 데이터 값이 Null인 경우, 0으로 대체함

2.1.2) 접근성 측면

- 주차장 접근성의 경우, 결측치가 없는 것으로 판명됨
- 버스정류소 위치정보의 경우, 결측치가 없는 것으로 판명됨
- 전기차충전소 위치정보의 경우, 결측치가 없는 것으로 판명됨
- 관광지 위치정보의 경우, 결측치가 없는 것으로 판명됨

2.2) 버티포트 - 통합 데이터세트 생성

- 100m * 100m 단위 그리드별 생산가능인구수 데이터를 기준으로, 공간결합을 통해 통합 데이터세트를 생성하였음
- 버티포트의 경우, 앞서 선정된 행정동들의 그리드만을 활용함
- 결합 전, 하천과 자연보전지역을 제외하였음
- 기존 188,323개의 그리드 중 버티포트의 그리드는 81,260개로 나타남

2.2.1) 행정동과의 결합

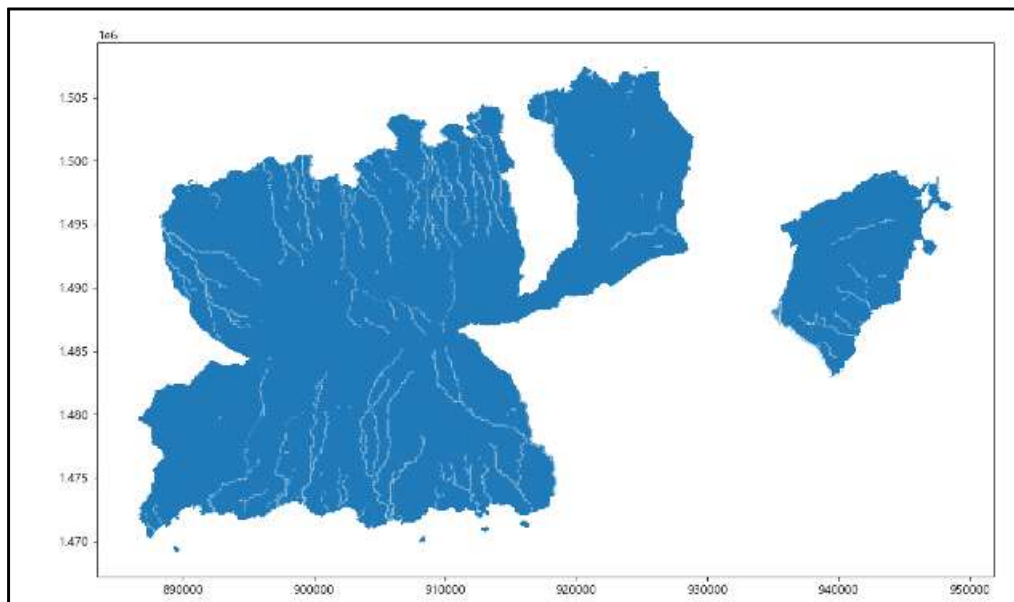
- 제주도의 모든 그리드 중 선정된 행정동들을 공간결합하여 그리드를 필터링 하였음



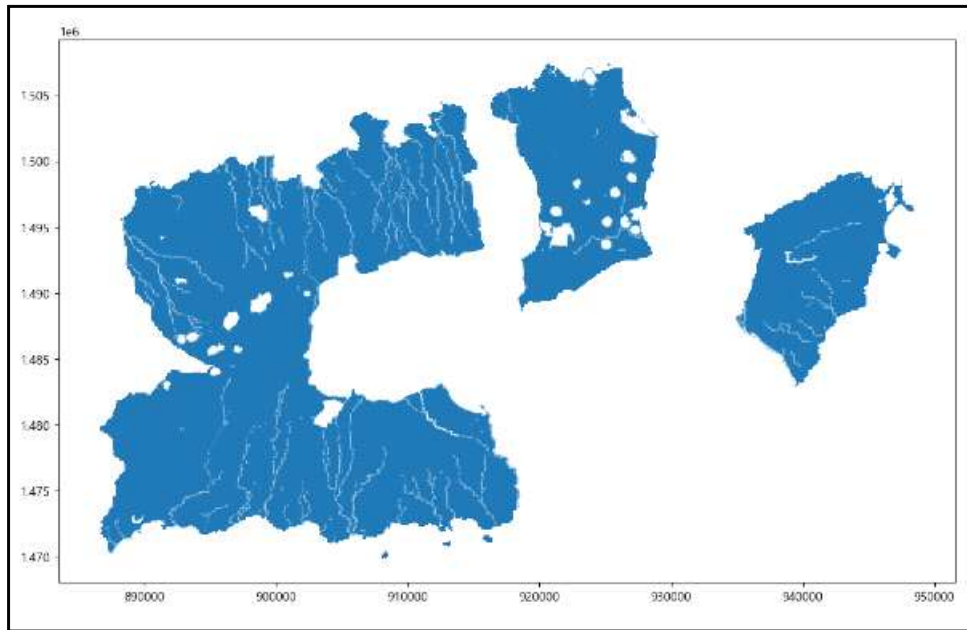
[그림 10] 행정동과 그리드의 결합 결과

2.2.2) 하천경계 및 자연보전지역 제외

- UAM 이착륙이 불가능한 하천경계와 자연보전지역은 분석에서 제외하였음
- 두 공간이 제외된 그리드들을 버티포트의 입지 선정에 위한 기준으로 사용하였음



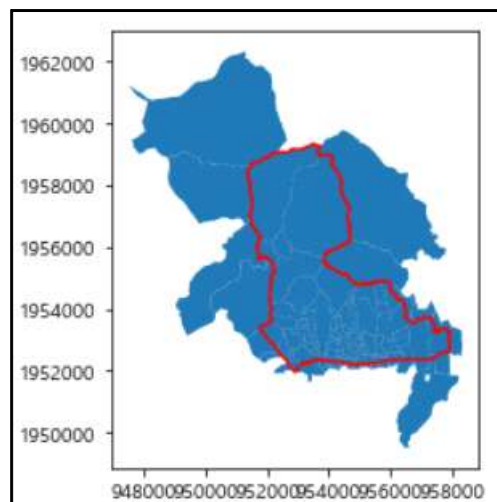
[그림 11] 하천경계 제외한 공간 결합 결과



[그림 12] 자연보전지역을 제외한 공간 결합 결과

2.2.3) 필지단위 개별공시지가와의 결합

- 앞서 도출된 그리드와 필지단위 개별공시지가를 결합하였음
- 공간결합의 방법은 intersects(교차)로 한 그리드에 여러 필지가 결합된 경우가 발생함



[그림 13] 공간 교차 예시

- 따라서 격자번호를 기준으로 그룹화하여 여러 필지의 개별공시지가를 평균으로 대체하여 변수들을 결합하였음
- 면적 대비 개별공시지가의 값으로 대체하려 하였으나, 개별공시지가는 있지만 면적이 0인 경우가 대부분으로, 면적은 분석에서 제외함
- 이외 변수들을 제거하고, 그리드별 개별공시지가의 평균값만 분석에 활용함

2.2.3) 주차장 접근성과의 결합

- 주차장 접근성의 경우, 500m * 500m 단위 그리드로 기준이 되는 100m * 100m 그리드와 결합할 때는 기존 값을 할당하였음

2.2.3) 주차장 접근성 이외 접근성 측면과의 결합

- 전기차충전소 위치정보, 버스정류소 위치정보, 관광지 위치정보는 각 그리드의 중심점을 생성하여 결합을 진행함
- 중심점과 각 위치정보의 모든 데이터와의 거리를 계산하여 가장 최소가 되는 거리를 값에 할당하였음

2.3) 통합 데이터세트 생성

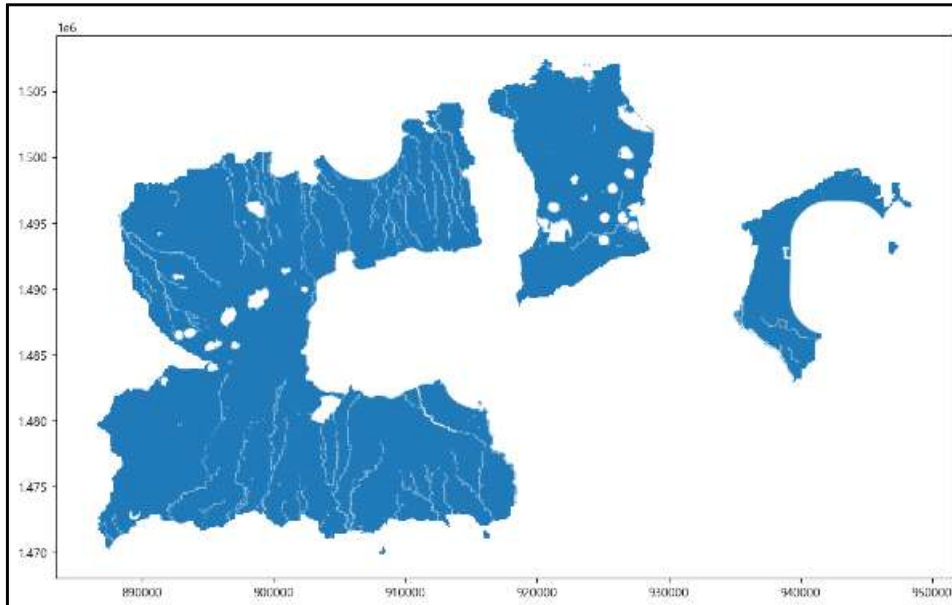
- 데이터들을 결합하여 100m * 100m 그리드 단위 통합 데이터세트를 생성하였음

변수명	내용
gid	100m * 100m 그리드 번호
ADM_NM	그리드의 행정동(zone) 한글명
pop	100m * 100m 그리드 단위 생산가능인구수
Price_mean	100m * 100m 그리드 단위 평균 개별공시지가
Park_access	100m * 100m 그리드 단위 주차장 접근성
Traffic_sum	100m * 100m 그리드 단위 교통량 합계
Min_dis_elec	각 그리드의 중심좌표에서 가장 가까운 전기차충전소와의 거리
Min_dis_bus	각 그리드의 중심좌표에서 가장 가까운 버스정류소와의 거리
Min_dis_tour	각 그리드의 중심좌표에서 가장 가까운 관광지와의 거리

- 또한 각 변수의 단위(원, 명 등)가 다르므로 MinMax 정규화를 통해 값 범위를 0~1 사이의 값으로 조정하여 값의 단위를 통일하였음
- 입지 선정을 위해 모든 독립변수의 관측값들을 합산하여 최종 스코어를 산정하였음
 - 1) 평균 개별공시지가의 경우, 공시지가가 낮은 곳이 버티포트 및 스탬의 설치가 용이한 것으로 판단하였음
 - 따라서 최대값 1과 관측값과의 차이로 변환하여 합산
 - 2) 격자와 버스정류장과의 최소 거리의 경우, 최소 거리가 작은 곳이 접근성이 용이한 것으로 판단하였음
 - 따라서 최대값 1과 관측값과의 차이로 변환하여 합산
 - 3) 격자와 전기차충전소와의 최소거리의 경우, 최소 거리가 작은 곳이 접근성이 용이한 것으로 판단하였음
 - 따라서 최대값 1과 관측값과의 차이로 변환하여 합산
 - 4) 격자와 관광지와의 최소거리의 경우, 최소 거리가 작은 곳이 접근성이 용이한 것으로 판단하였음
 - 따라서 최대값 1과 관측값과의 차이로 변환하여 합산

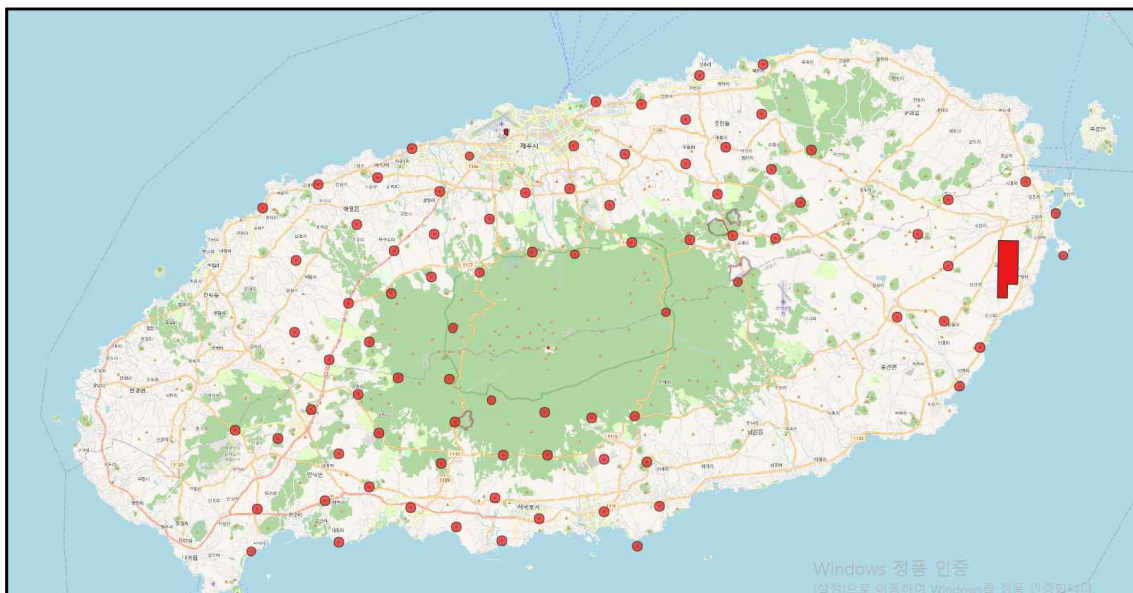
2.4) 버티포트 입지선정

- 최종 스코어를 내림차순하여 높은 점수 순으로 버티포트 입지를 선정하였음
- 입지 선정 시, 최소 설치 간격을 3km로 정의하여 한 그리드가 선택되면 3km m 방면의 그리드들은 전부 삭제하는 방식으로 진행하였음
- 버티포트로 미리 선정된 제주공항 C구역, 제2제주공항 예정부지를 3km 버퍼를 생성하여 버퍼 내 그리드들을 삭제한 후 진행하였음



[그림 14] 제주공항 C구역, 제2공항 예정부지 제외

- 약 79,000개의 그리드 중 85개의 그리드가 버티포트의 입지후보로 선정됨
- 버티포트 크기를 300m * 300m로 정의하여 버퍼를 생성하였음



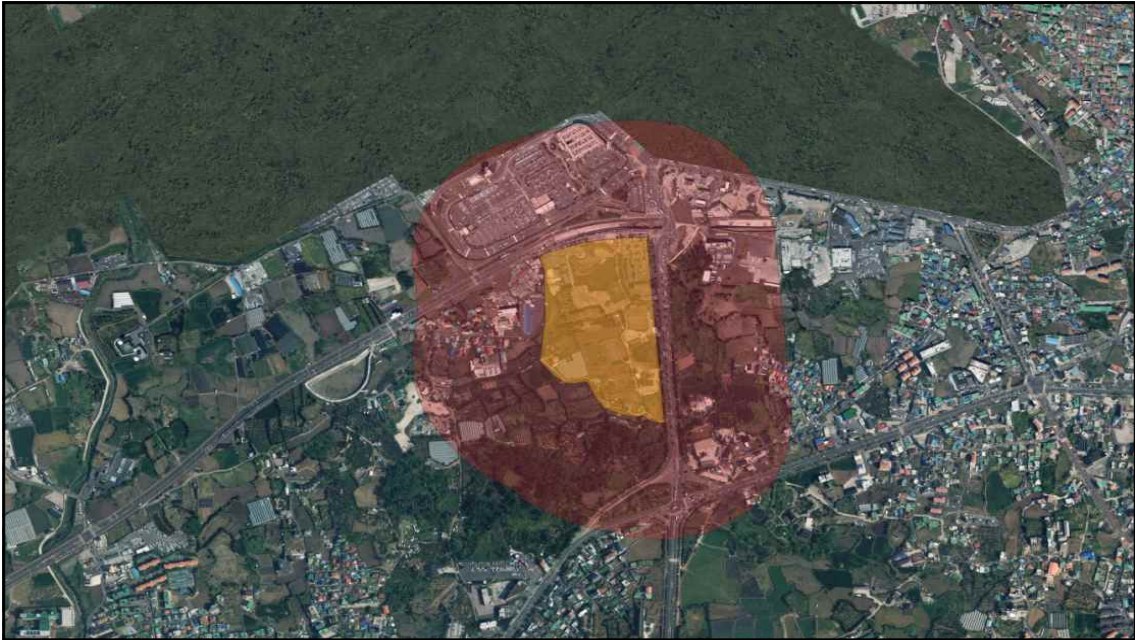
[그림 15] 버티포트 입지 후보

- 앞서 1차 - 교통량 분석을 통해 선정되었던 행정동들을 권역으로 정의하여

- 각 권역에서 1~2개의 버티포트를 선정하였음
- 제주공항 C구역과 제2공항 예정부지를 포함한 총 9개의 버티포트 입지가 선정되었음

1. 최종 버티포트 입지

1.1. 용담2동 제주공항 C구역



[그림 16] 제주공항 C구역

1.2. 성산읍 제2 제주공항 예정부지



[그림 17] 제2공항 예정부지

1.3. 애월읍 팍지해수욕장 인근



[그림 18] 광지해수욕장 인근 그리드

1.4. 대륜동 덕수초등학교 인근



[그림 19] 덕수초등학교 인근 그리드

1.5. 이도2동 제주 한일베라체 아파트



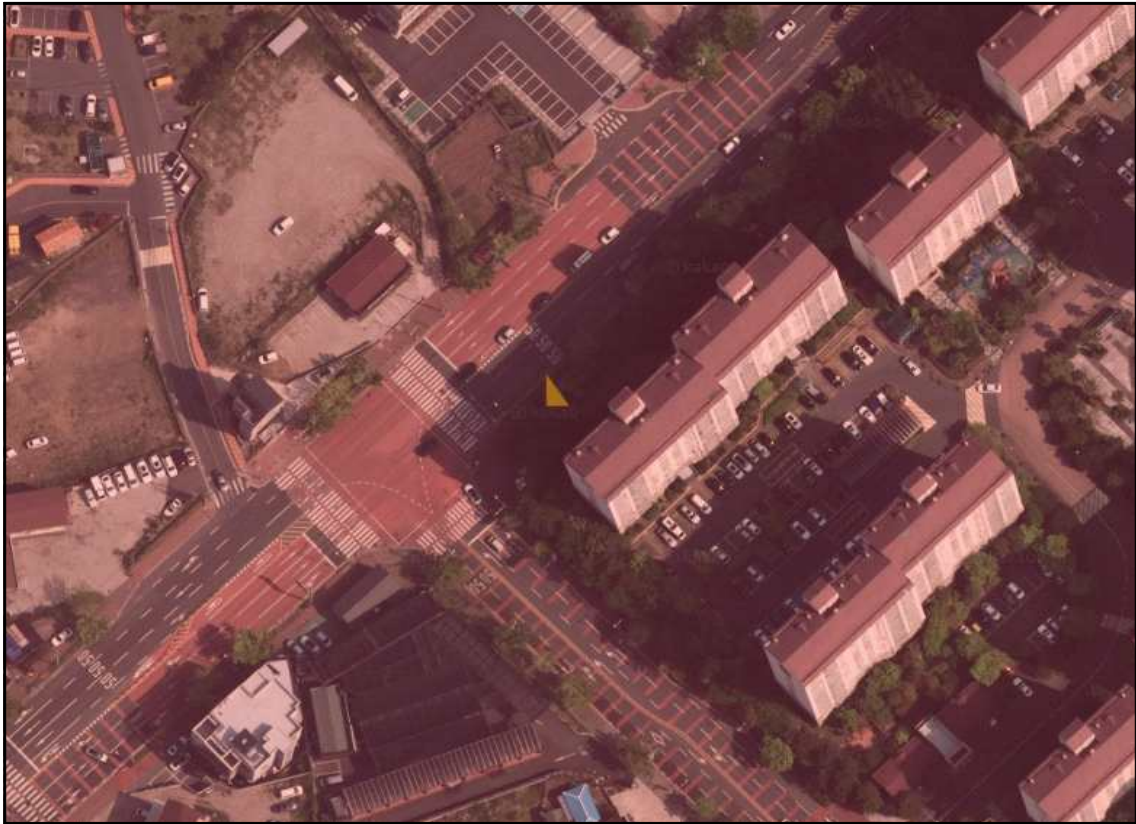
[그림 20] 한일베라체 그리드

1.6. 안덕면 수모루 교차로 인근 아파트



[그림 21] 수모루 교차로 인근 아파트 그리드

1.7. 노형동 중흥 S클래스 아파트



[그림 22] 중흥 S클래스 아파트 인근 그리드

1.8. 성산읍 시흥마을회관 인근



[그림 23] 시흥마을회관 인근 그리드

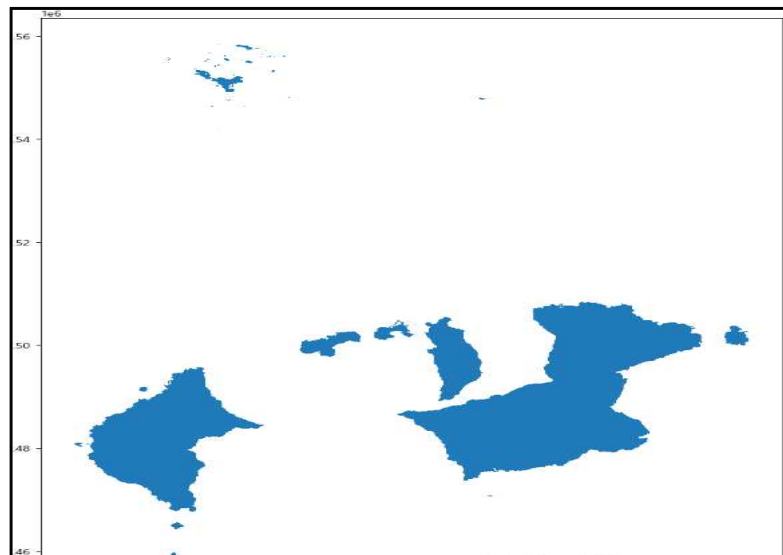
1.9. 조천읍 함덕중학교 인근



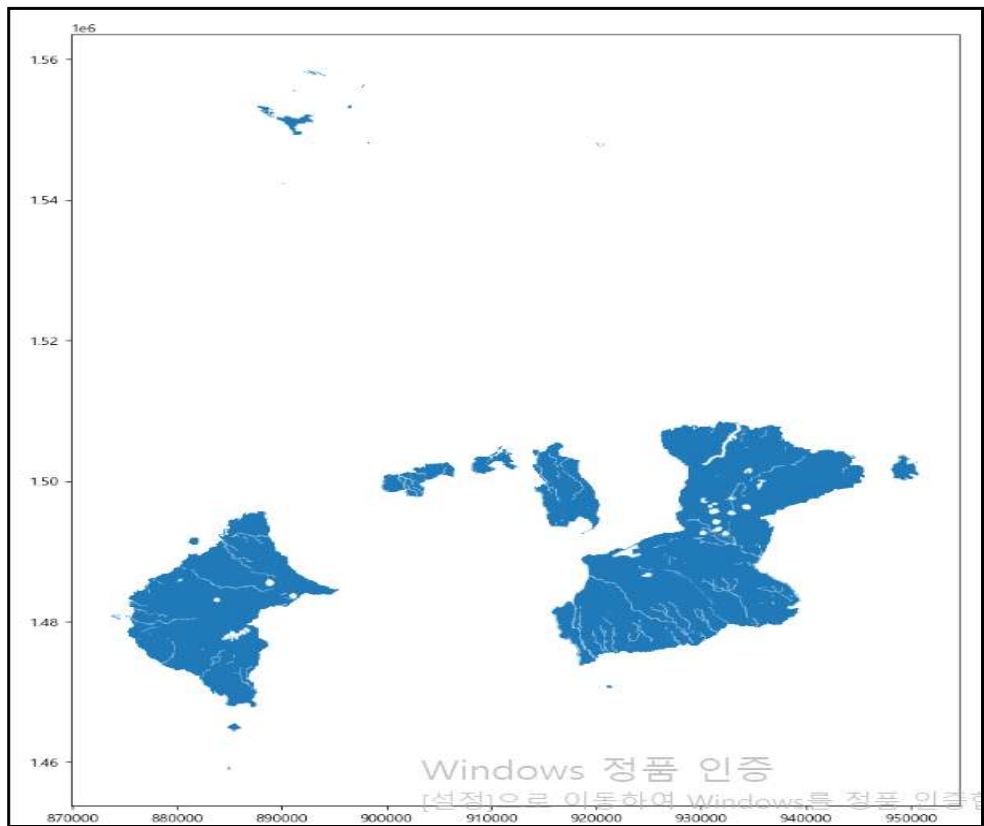
[그림 24] 함덕중학교 인근 그리드

2.5) 버티스탑 입지선정

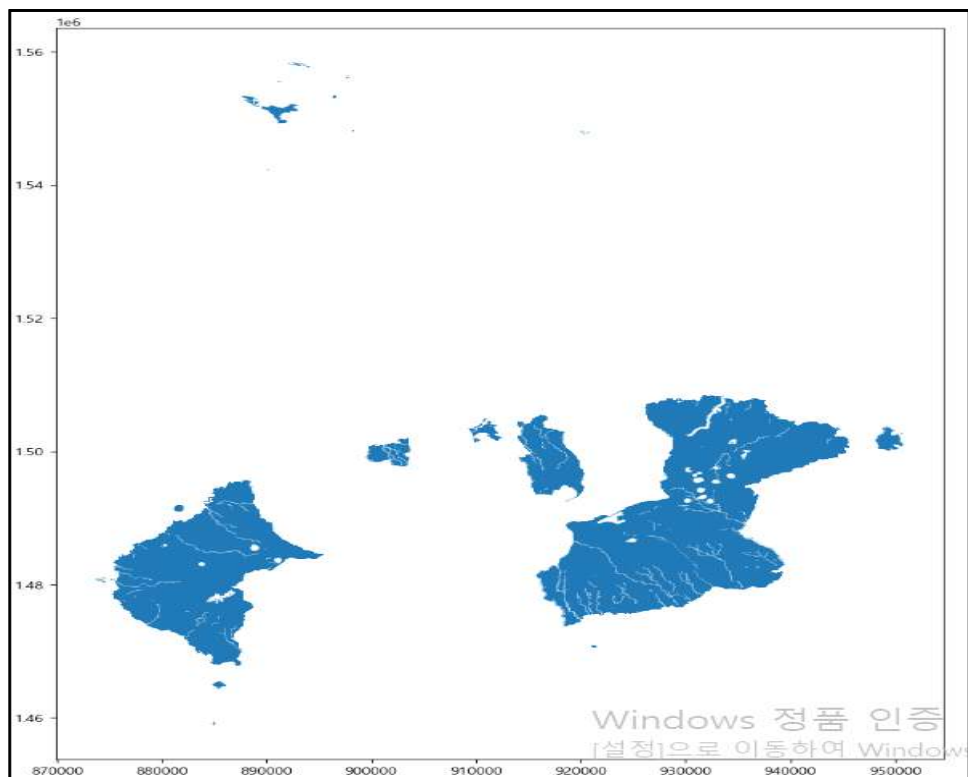
- 버티스탑의 경우, 1차 교통량 분석에서 선정된 행정동들을 제외한 나머지 행정동에서 입지후보를 도출하였음
- 데이터 전처리와 분석은 버티포트와 동일하게 진행하였음
- 헬리패드를 버티스탑으로 우선 선정하고, 버티포트 최소 설치 간격인 3km를 버티스탑 입지선정에도 동일하게 적용하였음



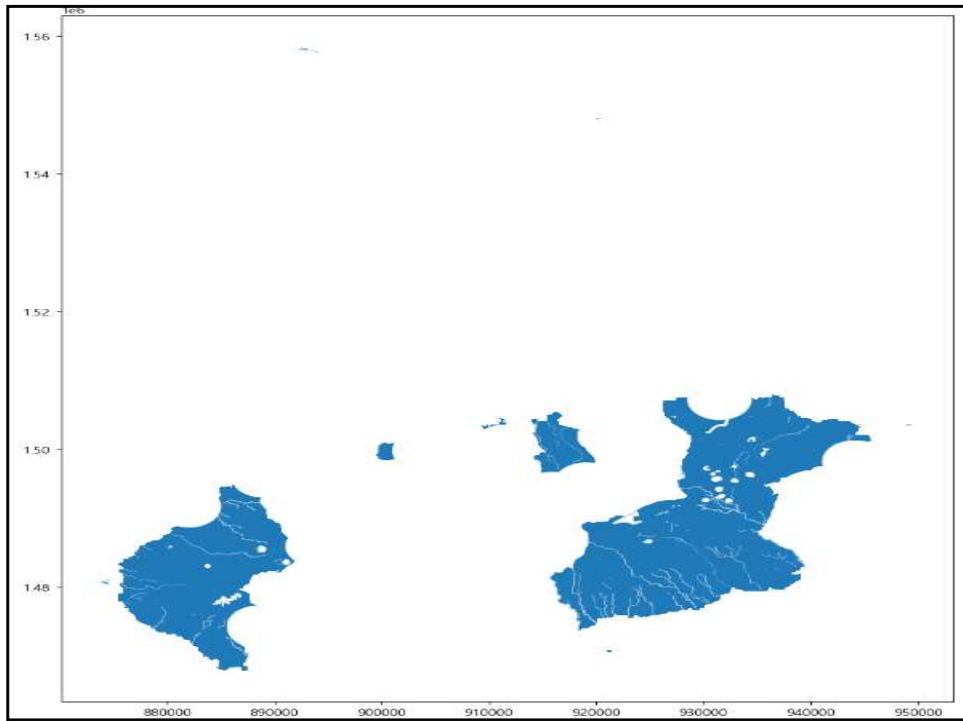
[그림 25] 기존 버티스탑 그리드



[그림 26] 하천경계 및 자연보전지역 제외

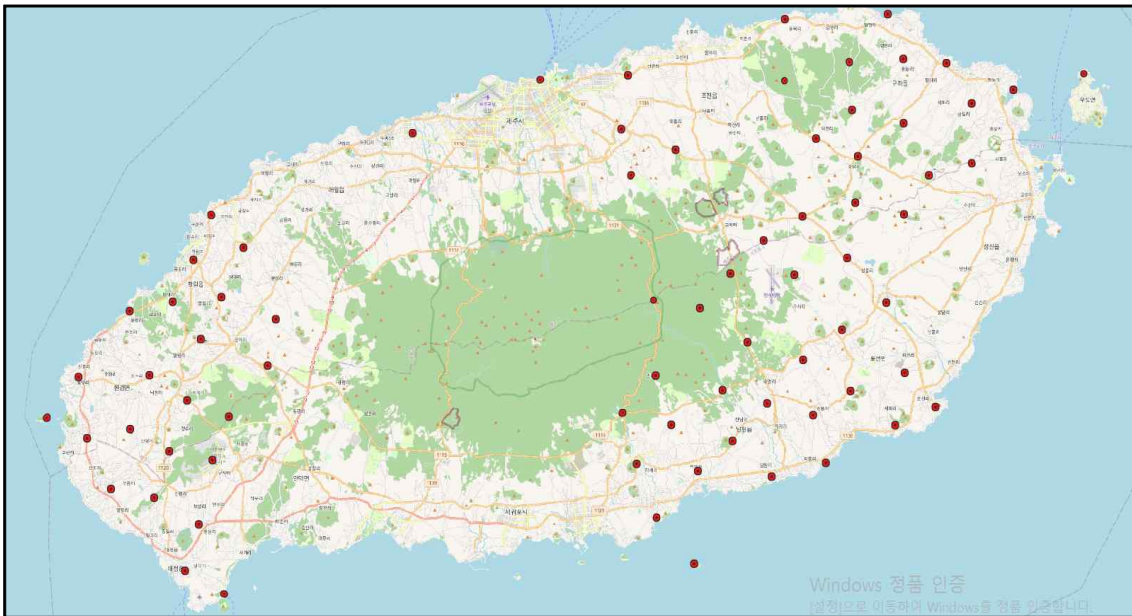


[그림 27] 제주공항 C구역과 제2공항 예정부지 제외



[그림 28] 헬리패드 위치정보를 기반으로 3km 버퍼 생성하여 제외

- 기존 188,323개의 그리드 중 버티스탑의 그리드는 72,579개로 나타남
- 72,579개의 그리드 중 최종 스코어를 기준으로 내림차순하여 버티포트 입지 선정과 동일한 분석을 수행하였음
- 따라서 총 78개의 버티스탑 입지후보가 선정되었음
- 버티스탑의 크기는 200m * 200m 크기로 정의하여 버퍼를 생성하였음



[그림 29] 버티스탑 입지 후보