

서울 기상 분석에 따른 태양광 패널 도로 'Solar Road'의 입지 선정



Team_ ...

팀원 이름...



프로젝트
배경

활용
데이터
정의

데이터
처리 방안,
활용 분석
기법

분석
결과

서비스
활용
방안

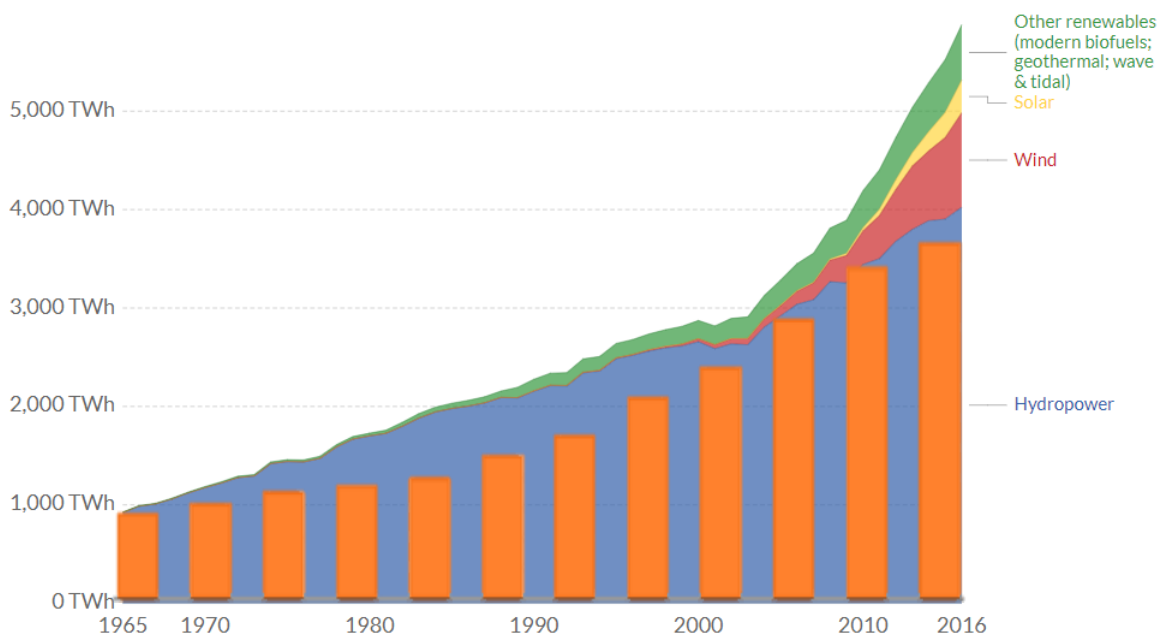
서비스
기대
효과

배경

전 세계 그리고 국내 신재생에너지에 대한 관심 및 수요 증가

Modern renewable energy consumption, World

Total renewable energy consumption, measured in terawatt-hours (TWh) per year. This data includes all renewable energy sources with the exclusion of traditional biomass.



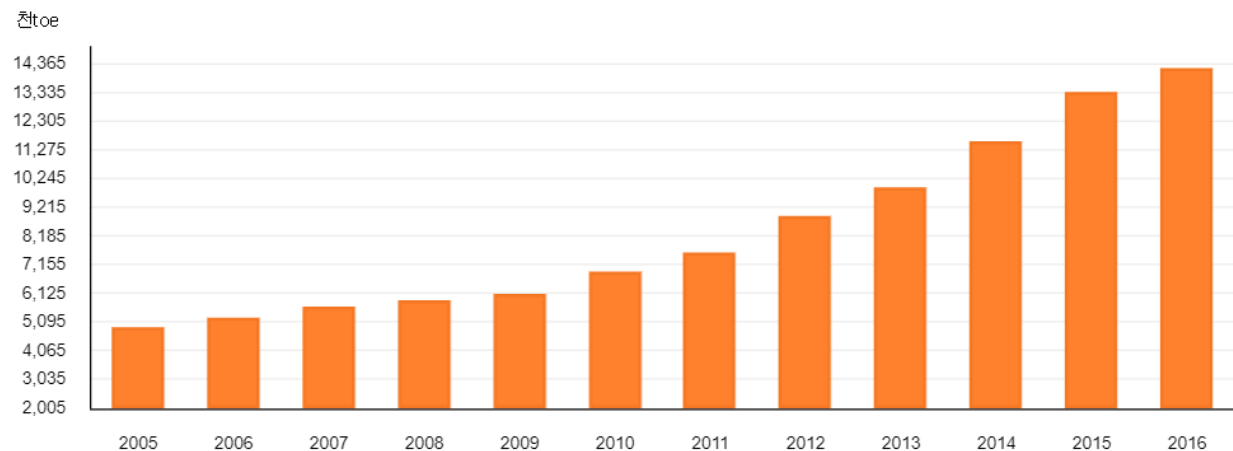
Source: BP Statistical Review of Global Energy

CC BY

출처 : <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

- ✓ 2016년 24.3%였던 전 세계 신재생에너지원 비중은 2040년까지 39.9%로 증가할 전망

신.재생에너지 보급현황

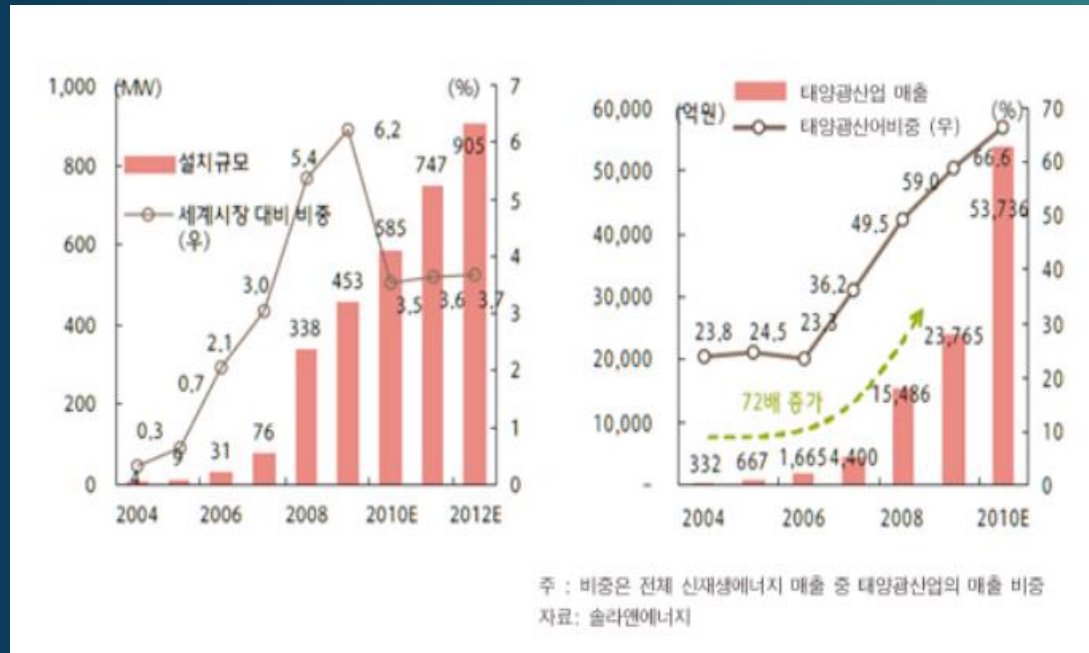


출처 : 한국에너지공단 신재생에너지센터「신재생에너지보급통계」

- ✓ 기후변화협약 발효 및 고유가 상황 등에 대응하기 위한 정부 투자와 민간참여에 힘입어 신재생 에너지 공급량 지속 증가
- ✓ 현재의 기술 수준으로 산출할 수 있는 신재생에너지 자원 잠재(생산)량 국내 생산 총 전력량의 22배

배경

신재생 에너지 - 태양광 에너지 - 솔라로드



출처: 신재생 에너지 데이터 센터 KIER

- ✓ “미래성장동력 발굴과 기술혁신정책 보고서”에 따르면 신재생 에너지 중 **태양광 발전**의 한국미래기술지수가 가장 높게 평가
- ✓ 국내 태양광발전 시장 규모는 정부의 정책적인 지원으로 최근 5년간 연평균 145.3%의 **고성장세**



태양광 에너지의 장점

- ✓ 에너지 변환 과정에 **기계적, 화학적 변환이 없음**
- ✓ 시스템 구조가 단순하여 **유지보수 거의 불필요**
- ✓ 소음, 방사성, 폭발의 **위험이 없음**

배경

신재생 에너지 - 태양광 에너지 - 솔라로드

기존 태양광 발전

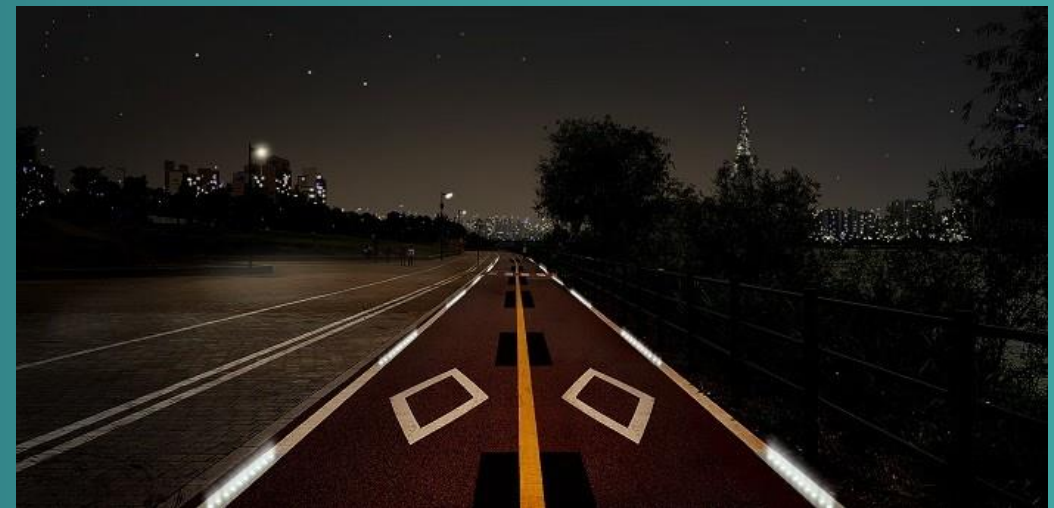
- ✓ 원전 1000MW 설비 용량을 갖추는 데 필요한 용지는 0.6km².
같은 용량의 태양광발전소는 **20배**나 넓은 13.2km²의 땅이 필요
- ✓ 임야, 도로 사면, 산, 해양 등에 설치할 경우 비용 증가 및
녹지 훼손 등의 **환경문제 발생**

솔라 로드 태양광 발전

- ✓ 솔라 로드는 태양광 발전 패널을 도로 분야에 적용하여
신재생 에너지를 생산하는 **태양광 발전 도로**
- ✓ 도로나 철도 같은 **유휴 공간** 활용 가능
- ✓ 도시의 개발 계획에 따른 **다양한 분야**
에 접목시킬 수 있을 것으로 예상



출처 : 연합뉴스



출처 : 제공 = 서울시

배경

신재생 에너지 - 태양광 에너지 - 솔라로드

솔라 로드를 자전거 도로에 적용시킨다
면 좁은 부지안에서도 효율적인
전력 생산을 할 수 있지 않을까?



자전거 도로데이터와 날씨 데이터
들을 수집, 분석하여
솔라 로드와 최적 입지를 선정

활용 데이터 정의

데이터 수집 경로 & 종류



기상청 기상자료개방포털에서 제공하는
'서울' 지역 날씨 데이터(평균기온(°C), 습도(%), 강수량
(mm)) 데이터 수집
2010-1-1 ~ 2018-12-31까지 총 108개월 데이터



에어코리아(한국환경공단)에서 제공하는 '서울' 지역
대기 질 인자 중 PM10 데이터를 데이터 수집
2010-1-1 ~ 2018-12-31까지 총 108개월 데이터



Nasa irradiation map에서 제공하는 '서울' 지역 일사
량 데이터 수집
2010-1-1 ~ 2018-12-31까지 총 108개월 데이터



우리마을가게 상권분석서비스에서 제공하는 '서울'지
역 유동인구, 직장인구와 주거인구 데이터 수집
가장 최근 데이터인 2018년 데이터



공공데이터포털에서 제공하는 서울시 자전거 데이터
(자전거 좌표, 자전거 폭·길이 데이터)와
사회 요인 변수 데이터(보안등 개수, 공원면적) 수집
가장 최근 데이터인 2018년 데이터

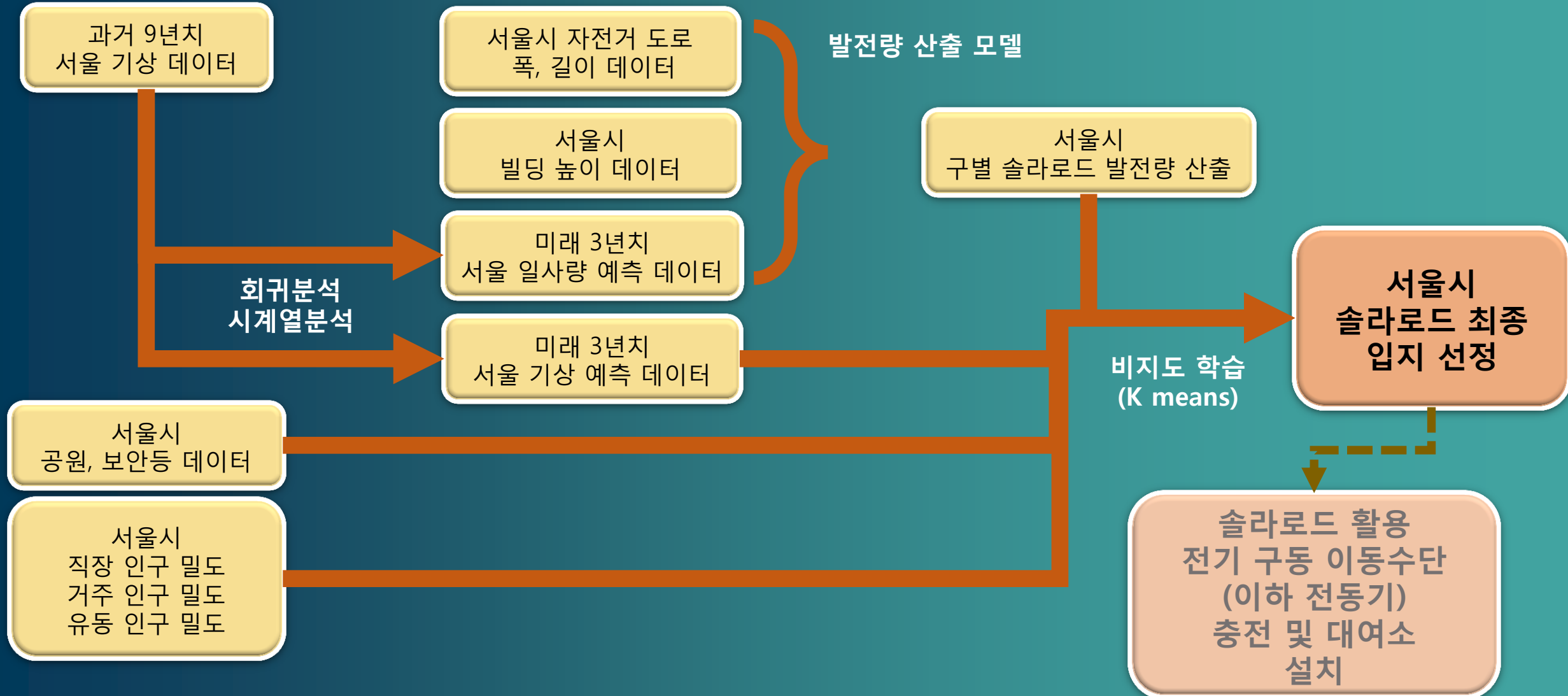
활용 변수 소개

인자	변수명	데이터타입	설명
날짜	date	Numeric	yyyy-MM-dd
일사량	solar	Numeric	일사량(kWh/m^2)
온도	temp	Numeric	온도(°C)
습도	humid	Numeric	습도(%)
강수량	rain	Numeric	강수량(mm)
미세먼지(pm10)	pm10	Numeric	미세먼지(μm)
자전거 도로 좌표	bike_location	Numeric	자전거 도로 좌표
자전거 도로 너비	bike_width	Numeric	자전거 도로 너비(m)
자전거 도로 길이	bike_length	Numeric	자전거 도로 길이(m)
보안등 개수	security_light	Numeric	보안등 개수
공원 면적	park_area	Numeric	공원 면적(m^2)
직장 인구 밀도	working_pop	Numeric	직장 인구 밀도(km^2)
거주 인구 밀도	resident_pop	Numeric	거주 인구 밀도(km^2)
유동 인구 밀도	floating_pop	Numeric	유동 인구 밀도(km^2)

[illegible]

데이터 처리 방안

데이터 처리 계획



데이터 처리 방안

기상 데이터 처리 방안

기상 데이터 변수 축소

- ✓ 태양광 에너지가 영향을 받는 주요 인자 선별 : 일사량, 온도, 미세먼지, 습도, 강수량 (손정훈, 정수종(2019))
- ✓ 이 변수들 중 일사량이 태양광 발전에 가장 큰 영향을 끼치므로(손정훈, 정수종(2019))
 , 일사량을 **주요 변수**로 하여 분석 필요

기상 데이터 정제

- ✓ 총 9년치의 월 별 기상 데이터 중 결측치의 경우 기상이 비슷한 지역의 유사 데이터 활용
- ✓ 유사 데이터가 없을 경우, 1개월 전후의 데이터 평균을 활용

변수 축소의 결과로 기상 데이터는 일사량, 온도, 미세먼지, 습도, 강수량을 정제하여 사용

데이터 처리 방안

일사량 데이터 처리 방안

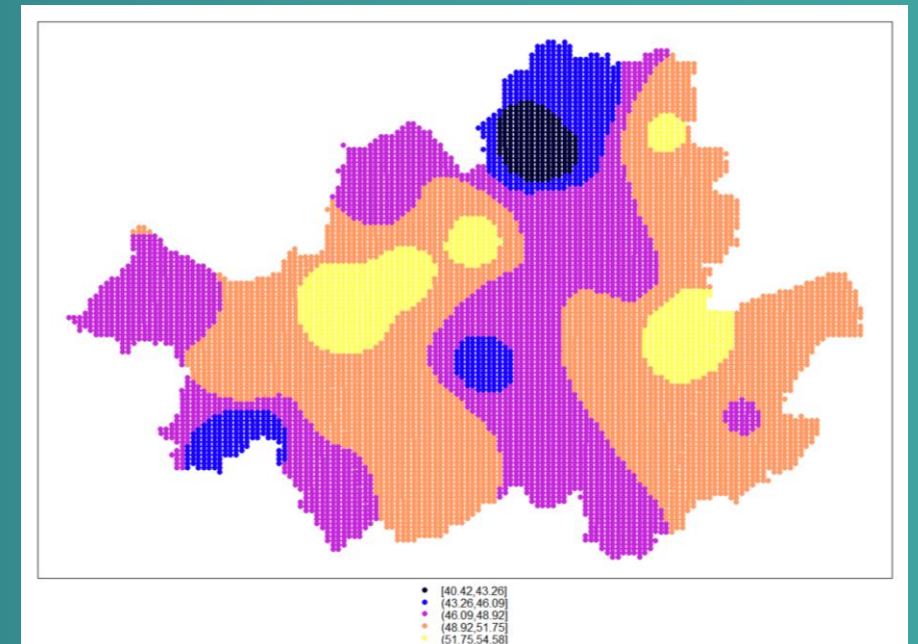
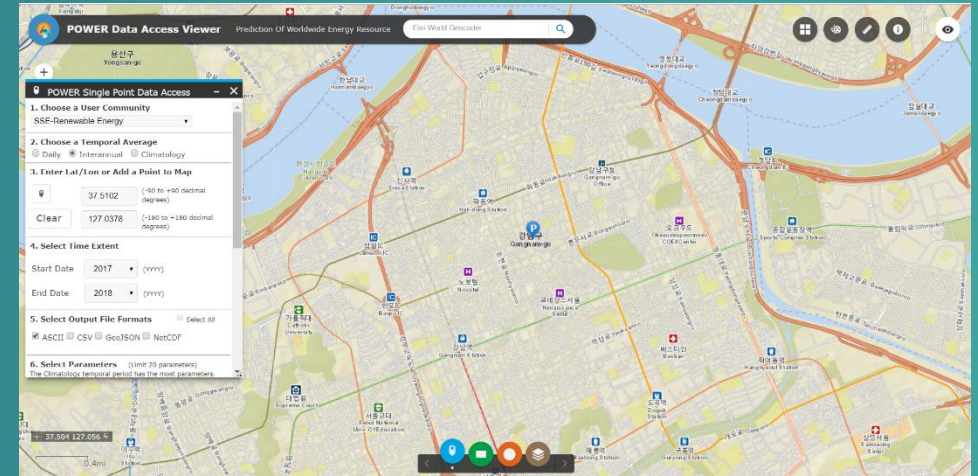
일사량 Crawling

- ✓ 서울시 구별 관측소 기준 Selenium을 이용하여 NASA irradiation map에서 9년치 일 별 일사량 추출
- ✓ 서울시 자전거 도로 좌표 22244개에 대하여 위와 같은 방법으로 일사량 추출

일사량 IDW 보간법

- ✓ 관측소 기준 추출된 일사량을 이용하여 IDW보간법 통해 서울시 전체 좌표 일사량 추출

Crawling 데이터와 IDW 보간법 데이터를 비교한 결과, Crawling데이터에 다량의 중복 데이터 확인 -> IDW 보간법 추출 일사량 사용



데이터 처리 방안

기타 데이터 처리 방안

보안등, 공원 데이터

- ✓ 두 데이터는 솔라로드의 **사회 비용 절감 측면**에서 고려되는 요소
- ✓ 보안등의 경우 솔라로드의 LED 패널이 보안등 대체 가능
따라서 보안등의 개수가 적을 지역구일수록 높은 입지 순위를 가짐
- ✓ 소규모 공원에 솔라 로드와 전력 생산을 통해 충분한 전력을 공급 가능



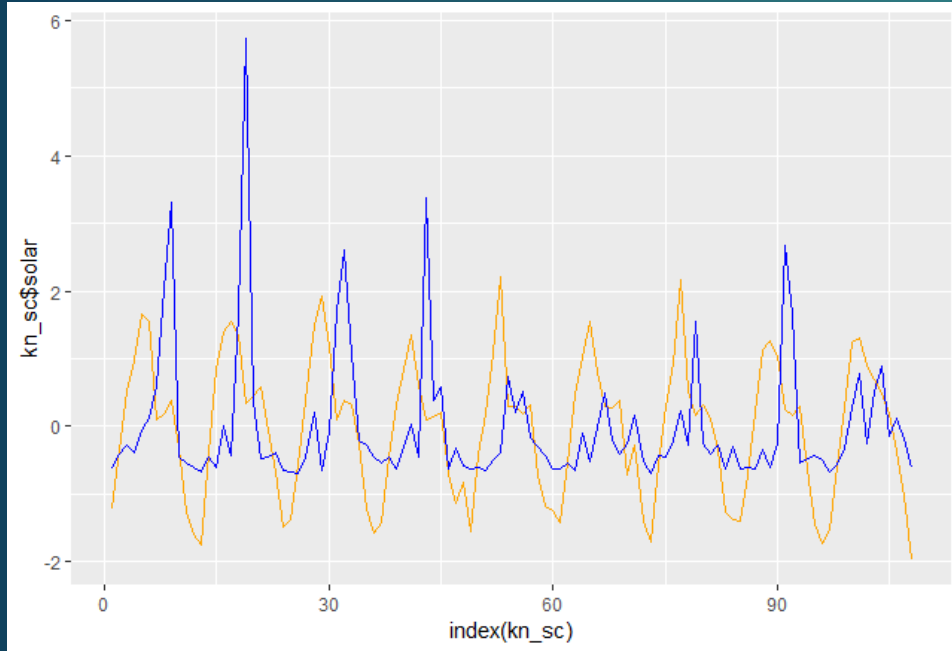
인구 데이터

- ✓ 사업화 과정에서 실시되는 **전동기 충전 및 대여소 설치**를 위한 **수요 인구 파악**을 위한 요소, 구 내에 인구가 많을수록 수요가 많을 것이라고 가정.
- ✓ 각 구 별 유동 인구, 직장 인구, 거주 인구 데이터(km²단위) 사용

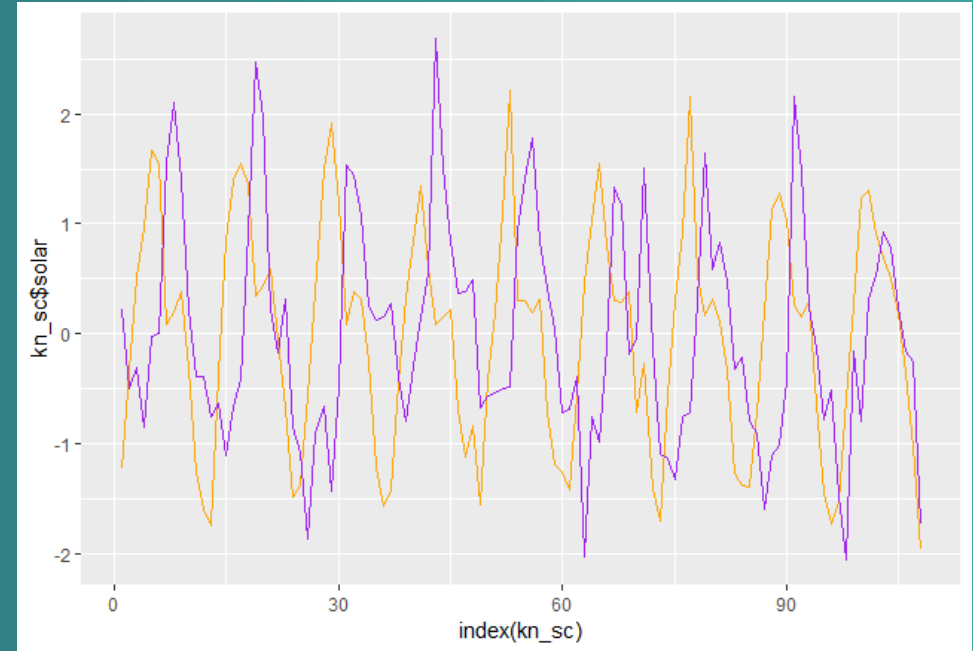


데이터 활용 분석기법

일사량과 기상 데이터 간의 상관 관계(1)



강남구 일사량, 강수량 관계

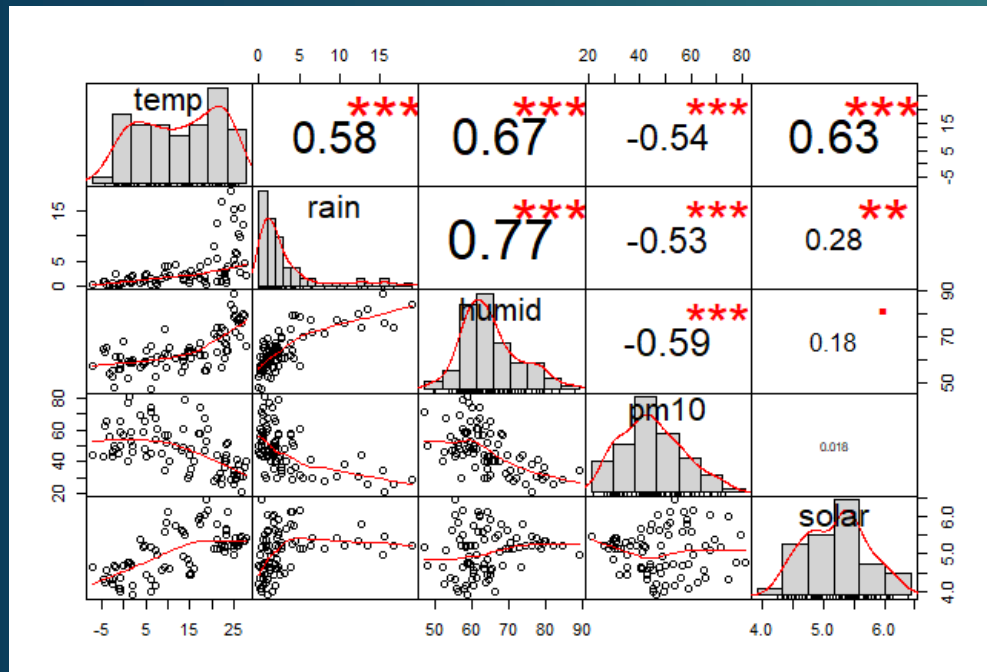


강남구 일사량, 습도 관계

- ✓ 강수량과 습도가 높아도 일사량은 전반적으로 낮지 않음 -> 여름의 계절적 특성(장마, 긴 일조시간) 으로 높은 강수량, 습도 수치의 동시 발현 -> 강수량과 습도는 발전량에 적게 영향을 미침.

데이터 활용 분석기법

회귀분석



기상 데이터 간 상관관계 분석

- ✓ 상관 관계 분석 결과 앞서 확인한 결과 와 같이 PM10은 다른 날씨 데이터 변수들에 비해 영향을 적게 주는 것을 확인가능하다.
- ✓ 온도와 강수량과 상관관계가 높은 것을 보아 한국의 계절적 특성에 크게 영향을 받는다.

```
call:
lm(formula = solar ~ temp + humid + rain + pm10, data = train_gu_list[[i]])

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.89718 -0.25581  0.00636  0.26504  0.95366

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.246669   0.580522   9.038 8.21e-14 ***
temp         0.057814   0.005545  10.426 < 2e-16 ***
humid        -0.030280   0.008624  -3.511 0.000741 ***
rain         0.037150   0.015561   2.387 0.019362 *
pm10         0.018902   0.003734   5.063 2.64e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3705 on 79 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6282,    Adjusted R-squared:  0.6093
F-statistic: 33.37 on 4 and 79 DF,  p-value: 2.758e-16
```

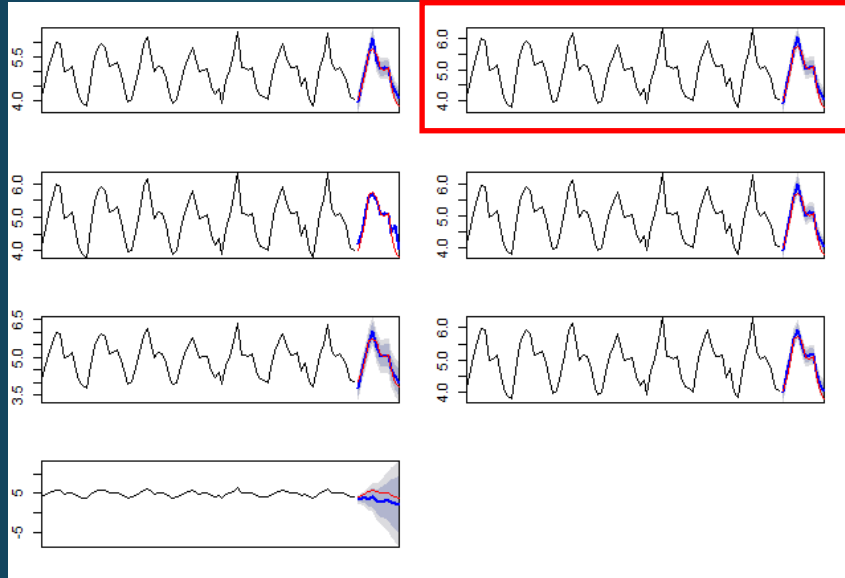
```
> vif_tgm1[[7]]
      temp      humid      rain      pm10
1.962128  3.145956  2.509376  1.642247
> sqrt_vif_tgm1[[7]]
      temp humid rain pm10
FALSE FALSE FALSE FALSE
```

p-value와 다중공선성 확인

- ✓ 일사량과 PM10은 연관관계가 적지만, p-value가 0에 수렴하므로 유의미한 영향을 끼침을 확인 할 수 있다.

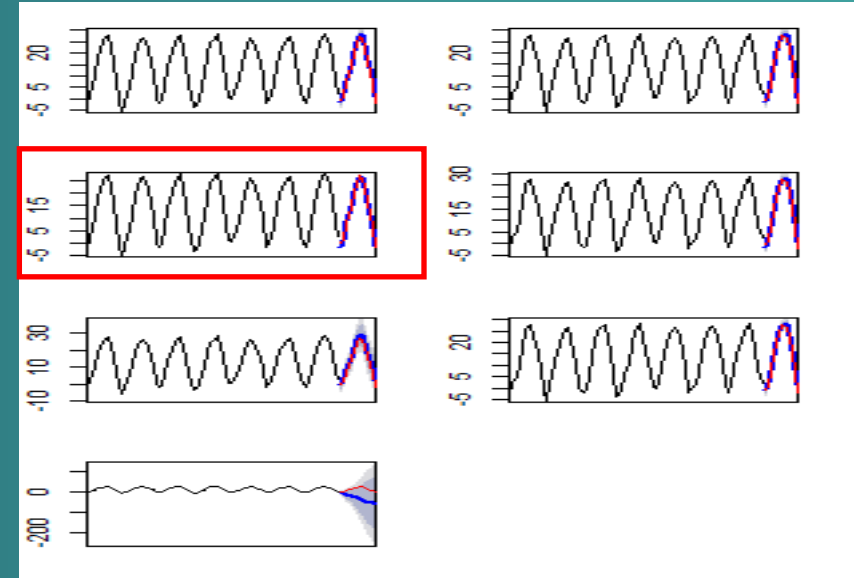
데이터 활용 분석기법

시계열 분석(1)



일사량을 7개 모델로 시계열 분석

- ✓ 일사량의 경우 지수평활법(ETS)이 가장 높은 예측 정확도를 보임



온도를 7개 모델로 시계열 분석

- ✓ 온도의 경우 Neural이 가장 높은 예측 정확도를 보임

데이터 활용 분석기법

시계열 분석(2)

✓ MASE(Mean Absolute Scaled Error)

예측 값과 실제 값의 차이를 평소에 움직이는 평균 변동폭으로 나눈 값
해당 수치가 낮을 수록 적합한 모델이다.

$$\text{MASE} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{|e_t|}{\frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T |Y_t - Y_{t-1}|} \right) = \frac{\sum_{t=1}^T |e_t|}{\frac{T}{T-1} \sum_{t=2}^T |Y_t - Y_{t-1}|}$$

모델 명/기상변수	일사량	온도	강수량	미세먼지(PM10)	습도
ARIMA	0.89	0.80	0.89	0.40	0.78
ETS(지수평활법)	0.73	0.74	0.62	0.77	0.51
Neural	0.91	0.51	0.95	0.65	0.77
TBATS	0.78	0.74	0.59	0.63	0.54
BATS	0.77	1.30	0.58	0.79	0.56
STL	0.73	0.66	0.51	0.41	0.58
STS	10.05	31.95	0.92	1.25	1.32

데이터 활용 분석기법

태양광 발전량 산출 모델(1)

태양광모듈 성능 시험성적서(블록화 된 후)

항목	기호	단위	시험결과	시험방법
최대출력 (maximum power)	Pmax	W	10.469	KS C IEC 60904:2005
단락전류 (short-circuit current)	Isc	A	5.761	
개방전압 (open-circuit voltage)	Voc	V	2.722	
충진률 (fill factor)	FF	%	66.76	
최대출력동작전압 (maximum power voltage)	Vpm	V	2.016	
최대출력동작전류 (maximum power current)	Ipm	A	5.193	
모듈 효율 (module efficiency)	Meff	%	16.75	
모듈 면적 (module area)	-	cm	625	

한축 테크의 태양광모듈 성능 시험성적서

How to calculate the annual solar energy output of a photovoltaic system?

Here you will learn how to calculate the annual energy output of a photovoltaic solar installation.

The global formula to estimate the electricity generated in output of a photovoltaic system is :

$$E = A * r * H * PR$$

E = Energy (kWh)

A = Total solar panel Area (m2)

r = solar panel yield or efficiency(%)

H = Annual average solar radiation on tilted panels (shadings not included)

PR = Performance ratio, coefficient for losses (range between 0.5 and 0.9, default value = 0.75)

r is the yield of the solar panel given by the ratio : electrical power (in kWp) of one solar panel divided by the area of one panel.

Example : the solar panel yield of a PV module of 250 Wp with an area of 1.6 m2 is 15.6%.

Be aware that this nominal ratio is given for standard test conditions (STC) : radiation=1000 W/m2, cell temperature=25 celcius degree, Wind speed=1 m/s, AM=1.5.

The unit of the nominal power of the photovoltaic panel in these conditions is called "Watt-peak" (Wp or kWp=1000 Wp or MWp=1000000 Wp).

H is the annual average solar radiation on tilted panels. Between 200 kWh/m2.y (Norway) and 2600 kWh/m2.y (Saudi Arabia). You can find this global radiation value here : Solar radiation databases

You have to find the global annual radiation incident on your PV panels with your specific inclination (slope, tilt) and orientation (azimut).

PR : PR (Performance Ratio) is a very important value to evaluate the quality of a photovoltaic installation because it gives the performance of the installation independently of the orientation, inclination of the panel. It includes all losses.

Example of detailed losses that gives the PR value (depends on the site, the technology, and sizing of the system):

- Inverter losses (4% to 10 %)
- Temperature losses (5% to 20%)
- DC cables losses (1 to 3 %)
- AC cables losses (1 to 3 %)
- Shadings 0 % to 80% !!! (specific to each site)
- Losses at weak radiation 3% to 7%
- Losses due to dust, snow... (2%)
- Other Losses (?)

Photovoltaic software의 태양광 발전량 산출 공식

✓ 솔라로드관련 업체중 한 곳을 선정하여 해당 업체의 솔라로드 패널의 규격을 사용해 발전량 산출

✓ Photovoltaic software의 태양광 에너지 수식을 사용

✓ 태양광 발전량 = 총 패널 면적 * 패널의 산출 효율성 * 연 평균 일사량 * 성능 비율

✓ 한축 테크 패널의 경우 음영율에 따라
손실율이 19~22% 까지 차이남



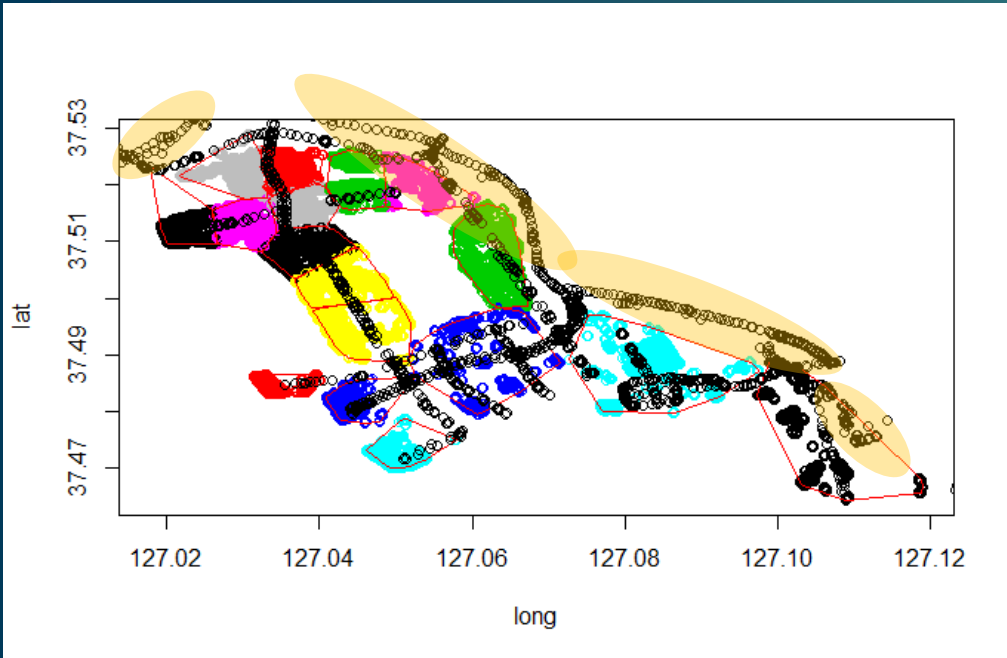
성능 비율 = 1 - 손실율



한축 테크 패널의 성능 비율은
78~81%

데이터 활용 분석기법

태양광 발전량 산출 모델(2)



강남구의 건물 높이 분류와 자전거 도로

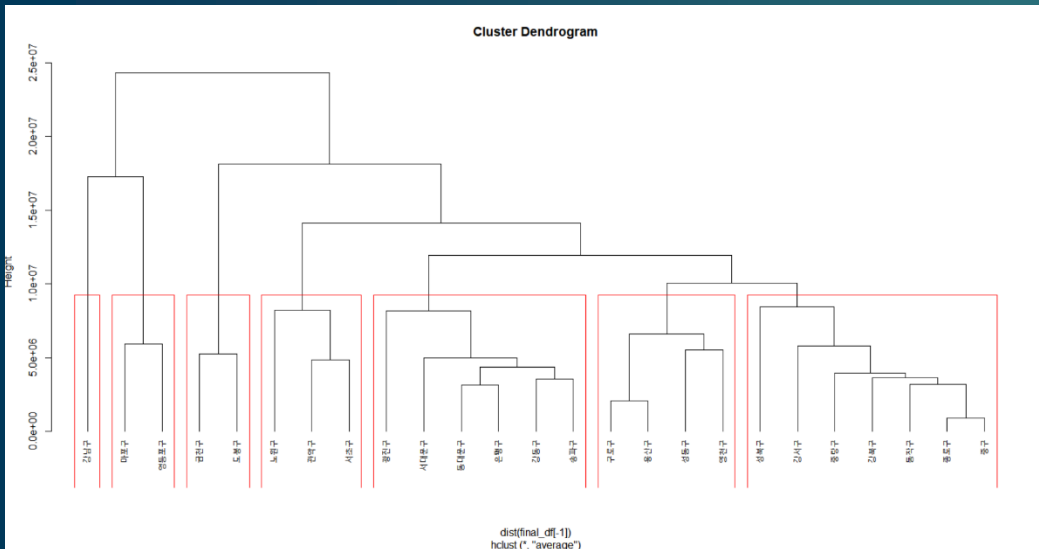
$$\begin{aligned} \text{발전량} = & (((\text{자전거 도로 폭} * \text{자전거 도로 길이}) / (\text{한 패널의 넓이})) * 3/5 * \\ & (\text{한 패널의 셀 넓이} * \text{패널 산출 효율성} * (\text{일 누적 일사량 예측값} * 365) * 0.78)) + \\ & (((\text{자전거 도로 폭} * \text{자전거 도로 길이}) / (\text{한 패널의 넓이})) * 2/5 * \\ & (\text{한 패널의 셀 넓이} * \text{패널 산출 효율성} * (\text{일 누적 일사량 예측값} * 365) * 0.81)) \end{aligned}$$

- ✓ 강남구의 자전거 도로 건물 음영에 속하지 않는 곳(노란색타원)과 속하는 곳을 구분 (좌표기준으로 구분) -> 2/5가 음영이 없는 곳
- ✓ 강남구 모든 자전거 도로에 솔라로드를 설치했을 때 연 발전량은 31209911 kWh

$$\text{발전량} = ((\text{자전거 도로 면적}) / \text{패널 넓이}) * \text{음영} * (\text{패널 셀 넓이} * \text{패널 산출 효율성} * (\text{연도별 누적 일사량 예측값}) * \text{성능비율})$$

데이터 활용 분석기법

비지도 학습 K means(1)



계층적 군집분석을 통해 적절한 군집의 개수 결정

✓ hclust(계층적 군집분석) 사용변수

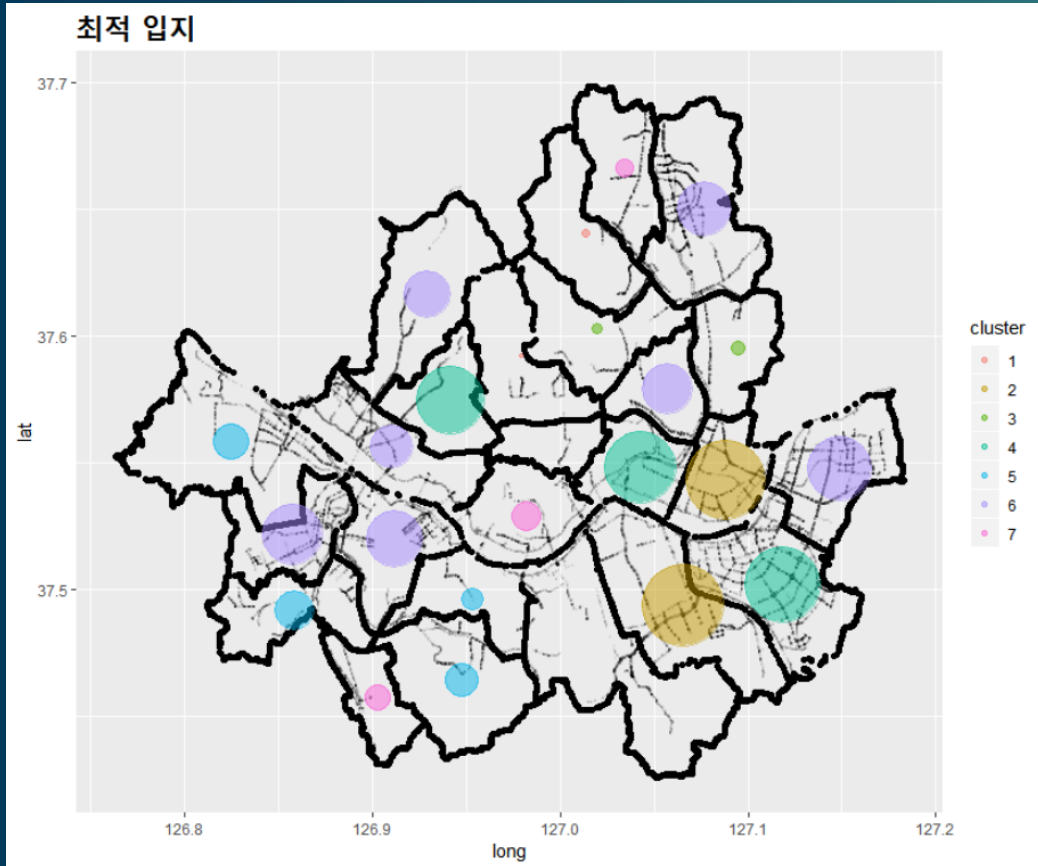
- 3년치 일사량 예측치를 이용하여 발전량 산출 모델을 통해 구한 발전량
- 인구 데이터(유동 인구 데이터, 거주 인구 데이터, 직장 인구 데이터)
- 지하철 역 개수
- 버스 정류장 개수
- 보안등 개수
- 공원 면적



7개의 군집 개수가 적절하다는 결과 도출

데이터 활용 분석기법

비지도 학습 K means(2)



k means 를 통해 도출해낸 최적 입지 지도

hclust에서 확인한 7개의 군집 개수를 통해 **k means** 사용



k means의 결과로 나온 cluster별로 **rank** 함수를 통해 구 별로
총 등수를 산출



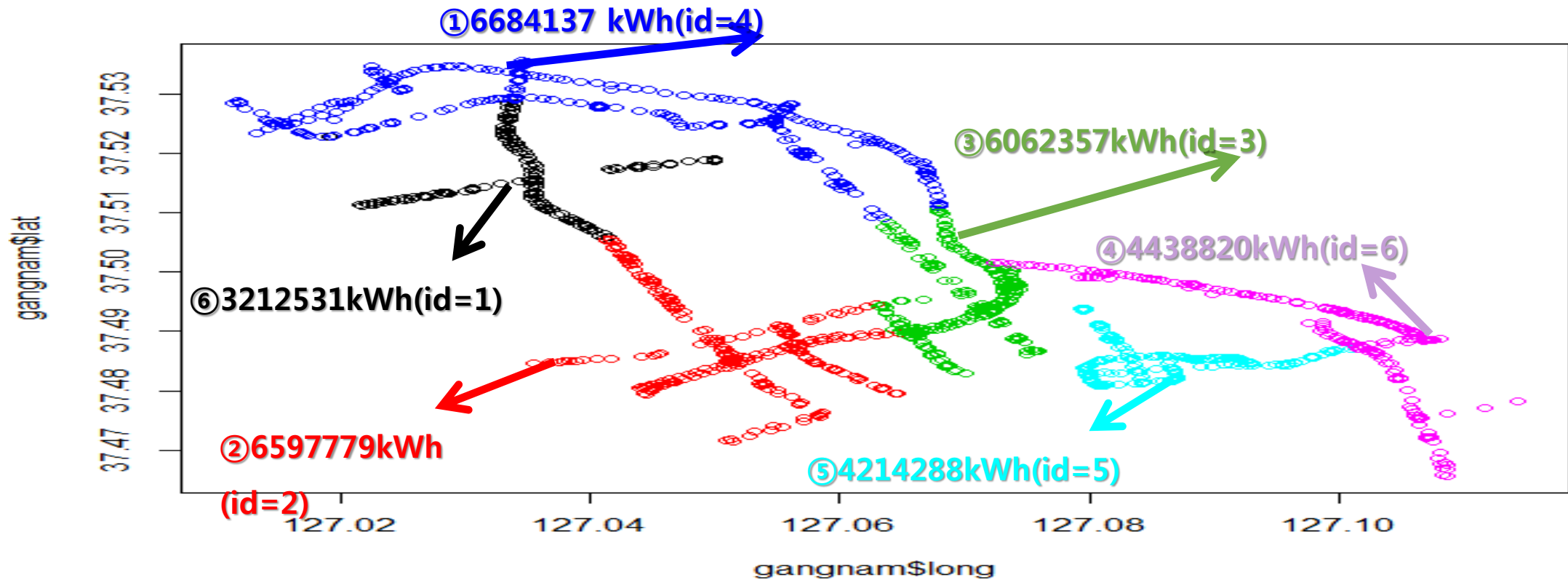
원 크기가 큰 지역구(전체 등급 합이 높은 구)가 모든
변수들을 고려했을 때 **좋은 입지**라고 할 수 있다.



강남구(Cluster 4)가

솔라로드 입지 최적의 지역구 선정

분석 결과



솔라로드 입지 최적의 지역구인 강남구를 기준으로 자전거 도로 태양광 발전량 분석 결과, ID=4인 자전거도로가 6684137 kWh의 발전량을 가짐을 알 수 있음.

또한, 4->2->3->6->5->1의 ID 순서대로 솔라로드를 설치하는 것을 추천.

서비스 활용 방안

① '태양의 도시, 서울' 사업 추진부서의 주무관의 고민

뚝섬유원지 자전거도로에
설치했던 솔라로드의
반응이 좋긴 했는데...
이 다음엔
어디에 설치해야 하지?

SEOUL

최신기사

서울 월드컵·뚝섬한강공원에 태양광 LED 보도블록 깔린다

송고시간 | 2019-05-26 11:15



서울시, 10월까지 태양광 광장·태양광 자전거도로 조성

(서울=연합뉴스) 고현실 기자 = 서울시는 10월까지 월드컵공원 별자리광장과 뚝섬한강공원 일대 자전거도로에 태양광으로 작동하는 LED 보도블록을 설치한다고 26일 밝혔다.

이 보도블록은 낮 동안 생산한 태양광 전력을 에너지저장시스템(ESS)에 저장했다가 LED 조명에 공급한다. 해가 진 후 조명을 작동해 바닥에 다양한 볼거리를 연출한다.

서울시는 월드컵공원 별자리광장에 지름 19m의 태양광 광장(솔라 스퀘어)을 만들어 테두리에는 하루 총 31.4kWh(킬로와트시)의 전력을 생산하는 태양광 보도블록 1천88장, 원안쪽에는 LED 조명 블록 2천453장을 각각 설치할 예정이다.

서비스 활용 방안

②카카오T 실무자의 고민: 전기자전거 충전소 입지

전기자전거 이용자들이
배터리가 방전된 자전
거를 아무데나 놓고 가
서, 자전거를 수거하고
충전하러 가는 시간과
비용이 많이 든다...

어떻게 하면 좋지?

KAKAO

kakao

카카오가 6일부터 공유 전기 자전거 서비스 '카카오T 바이크'를 시작한다. 단거리 이동 수단인 '마이크로 모빌리티' 분야로 진출해 기존 모빌리티(이동) 서비스가 제공하지 못한 '촘촘한' 이동 수요를 공략하겠다는 전략이다.

카카오는 지역별로 운영팀을 꾸려 전기 자전거를 관리한다. 별도 주차 장소가 지정되지 않아 실시간 전기 자전거 위치를 찾아다니며 충전, 배터리 교체 등 관리를 해야 하기 때문이다.

운영팀은 주차 실수로 전기 자전거가 보행을 방해할 경우 이를 적절한 장소로 옮긴다는 방침이다.

카카오 관계자는 이날 "공유 전기 자전거 서비스로 택시, 대리운전, 카풀 등 기존 카카오T 앱이 연계하지 못한 단거리 이동 수단을 제공하게 됐다"며 "대중교통 노선이 닿지 않거나 거리가 가까워 택시가 잡히지 않는 경우에 전기 자전거가 대안이 될 수 있다"고 밝혔다.

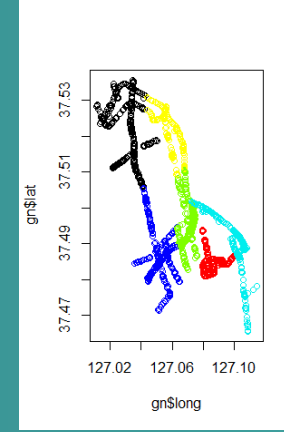
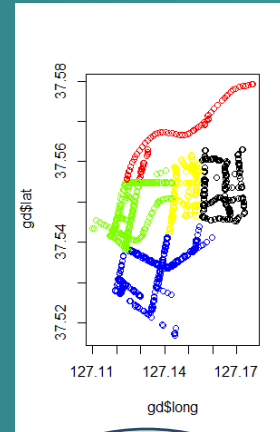
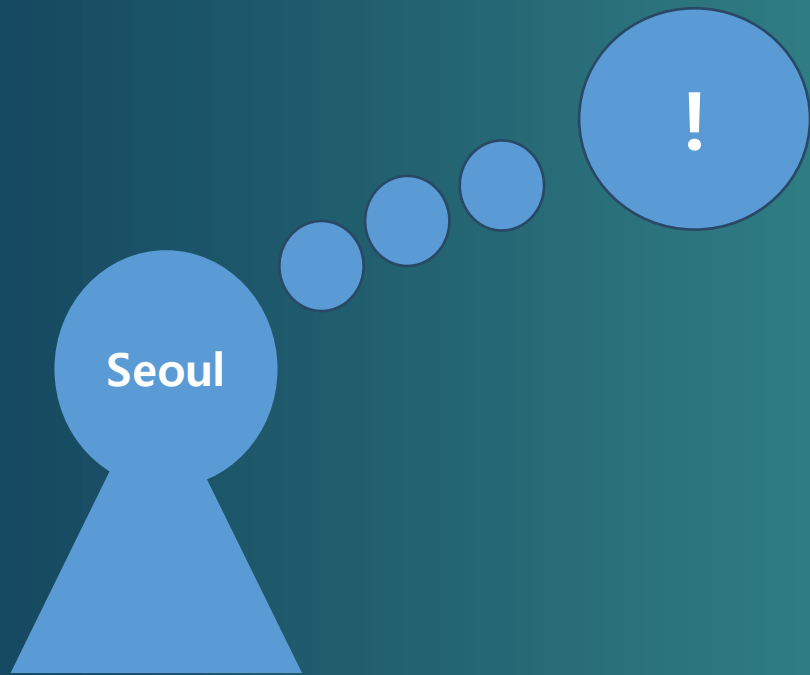
서비스 활용 방안



분석 모델 + 인구밀도 데이터 + 자전거 이용 로그
→ 솔라로드 설치 장소 / 전기 충전소 입지 결정

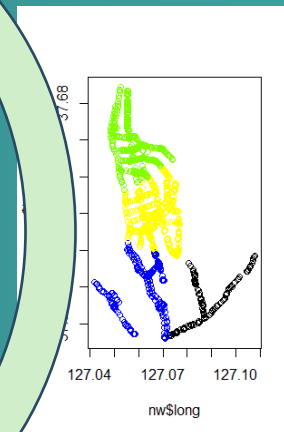
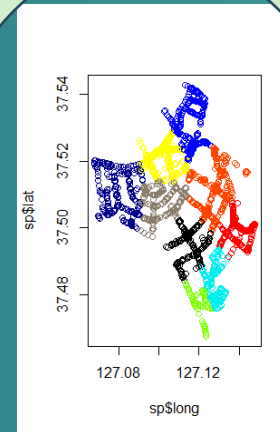
서비스 활용 방안

최적의 솔라로드 설치 장소 선정



A구

B구



C구

D구

서비스 활용 방안

③보안등 대용의 LED 조명 설치

일반 LED 보안등



모델에 따라 1일 25W~100W 소모

* (주)테크엔 모듈형 보안등(4구)(GNP) 제품 기준

** 위 사진은 해당 제품과 무관

태양광 LED 보도블록



1일 10kWh 생산, 7Wh 소모(3kWh 잉여)

3kWh = 3000W의 추가 전력 확보 가능!

서비스 기대효과

환경 오염 개
선

솔라로드의 최적
의 입지선정

친환경 태양광
에너지
전력 생산

솔라로드를 이용
한 충전소 설치
가능

전기 자전거 이용,
소공원 전력 지원,
보안등 등 다양한 곳에
전력 이용 가능

일반적인
태양광 보다 설치
부지 절약

참고자료

1) ...

감사합니다