



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0076015
(43) 공개일자 2024년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/10 (2014.01) G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/10 (2015.01)
G06N 20/00 (2021.08)
(21) 출원번호 10-2022-0158042
(22) 출원일자 2022년11월23일
심사청구일자 2022년11월23일

(71) 출원인
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
주식회사 에이치에너지
경상북도 포항시 남구 청암로 87, 609호(지곡동, 체인지업그라운드)
(72) 발명자
김호연
경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교
서영주
경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
판현기, 임동우

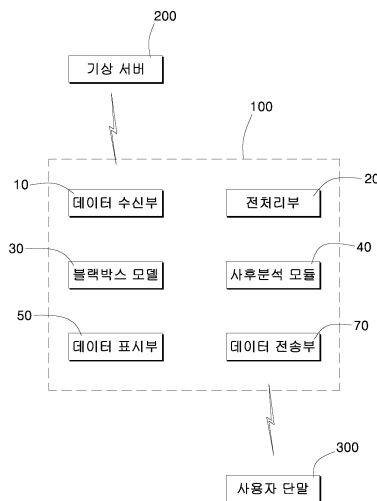
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 설명가능한 인공지능 모델 기반 태양광 발전량 예측 방법

(57) 요약

기상정보를 포함하는 데이터셋으로 예측 발전량을 도출하는 블랙박스 모델과, 상기 블랙박스 모델에 적용되는 사후분석 모듈이 탑재된 장치에서 수행되는 태양광 발전량 예측 방법으로서, 상기 사후분석 모듈로, 데이터셋 변화에 대한 예측 발전량 변화를 추출하는 b 단계와; 상기 예측 발전량 변화에 대한 데이터셋에 포함된 입력 변수들의 기여도를 분석하고, 입력 변수 및 해당 입력 변수의 분석 기여도를 상기 장치의 표시부에 표시하는 c 단계;를 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법이 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2023.01)
Y02E 10/56 (2020.08)

(72) 발명자
김경영
경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교
김동주
경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교

임성빈
서울특별시 서대문구 신촌로 1길 29 래디앙아파트
601호
김민석
서울특별시 양천구 신월로13길 13 삼익2차플라주아
파트 101동 604호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345354019
과제번호	2022R1A6A1A03052954
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	인공지능연구원
기 여 율	1/1
과제수행기관명	포항공과대학교
연구기간	2022.06.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기상정보를 포함하는 데이터셋으로 예측 발전량을 도출하는 블랙박스 모델과, 상기 블랙박스 모델에 적용되는 사후분석 모듈이 탑재된 장치에서 수행되는 태양광 발전량 예측 방법으로서,

상기 사후분석 모듈로, 데이터셋 변화에 대한 예측 발전량 변화를 추출하는 b 단계와;

상기 예측 발전량 변화에 대한 데이터셋에 포함된 입력 변수들의 기여도를 분석하고, 입력 변수 및 해당 입력 변수의 분석 기여도를 상기 장치의 표시부에 표시하는 c 단계;

를 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 b 단계 수행 전,

상기 데이터셋을 구성하는 입력 변수들 각각에는 예상 기여도가 부여되는 a 단계;를 더 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 c 단계의 표시는,

입력 변수 각각에 대해 상기 a 단계의 예상 기여도와, 상기 c 단계의 분석 기여도가 포함되는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 c 단계 수행 후,

예측 발전량이 실시간 발전량과 상이한 경우, 예측 발전량이 도출된 시점의 분석 기여도 및 입력 변수를 추출하는 d 단계;

를 포함하는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 d 단계에서 추출된 분석 기여도 및 입력 변수는 장치의 표시부에 표시되는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 c 단계는,

상기 장치와 통신하는 사용자 단말의 선택에 의해 제공되는, 태양광 발전량 예측 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 d 단계는,

상기 장치와 통신하는 사용자 단말에 의해 실시간 감시되는, 태양광 발전량 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 설명가능한 인공지능(eXplainable Artificial Intelligence: XAI) 모델을 기반으로 태양광 발전 예측을 위한 인공지능 모델을 학습하는 과정에서 이루어지는 의사결정 과정에 대한 이해로부터 모델의 예측 결과에 대해 개선 방향을 제공하고 발전량 예측 모델을 최적화하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양광 발전(Photovoltaics)은 태양광 패널이 마모되지 않는 한 영구적으로 활용할 수 있으며 친환경적인 에너지원인 태양광을 이용한다는 측면에서 지속가능한 발전 시스템 중 매우 중요한 역할을 차지하고 있다.

[0003] 최근 재생에너지에 대한 전력수요 변동성이 커짐에 따라 안정적인 전력계통 운영을 위해서는 정확한 발전량 예측 기술에 대한 필요성이 커지고 있다.

[0004] 국내에서는 민간 기업의 전력중개사업이 허용되고, 재생에너지 발전량을 하루 전에 예측해 제출한 결과에 대해 8% 오차를 이내로 발전량 예측할 시 3~4원의 정산금을 지급하는 재생에너지 발전량 예측제도가 시행됨에 따라 경제적인 수익에 큰 영향을 미치게 되어 정확한 발전량을 예측하는 것이 더욱 중요해진 상황이다.

[0005] 태양광 발전은 태양 에너지를 기반으로 전기를 생산하는 특성으로 인해 발전 설비의 환경적인 요소(태양광 패널의 방위각, 경사각, 태양광 패널의 용량)과 날씨 요인이 발전량에 큰 영향을 미치기에 두 데이터를 기반으로 발전량 예측을 수행한다.

[0006] 발전량 예측을 위해 주로 사용되는 날씨 요인은 기온, 습도, 이슬점온도, 풍향, 풍속, 자외선 강도, 운량, 운고, 기압, 강수량이 있으며, 날씨를 판단하기 위해 사용되는 모든 요인을 활용한다.

[0007] 하지만, 발전량 예측이 직접적인 발전소 수익과 직접적으로 연관되어 있다는 점에서 발전량을 정확하게 예측하는 것이 매우 중요한 일이지 날씨 데이터가 발전량과 사이의 인과관계를 검증하는 방법이 요구되는 상황이다.

[0008] 또한, 날씨 데이터는 급격하게 변화할 수 있는 요인을 항상 내재하기 때문에, 예측 모델이 잘못 예측하였을 때 모델이 어떤 과정에 의해서 판단을 내리게 되었는지 이해할 수 없어 모델을 신뢰할 수 없다는 한계가 존재한다.

[0009] 종래의 발전량 예측 기술은 앞서 기술한 기상 관측 데이터와 기상 예측 데이터를 기반으로 인공지능 기반의 시계열 예측 모델을 학습 후, 예보된 기상 데이터를 모델에 입력해 해당 시점의 발전량을 예측한다.

[0010] 발전량 예측에 대해 학습하기 전 입력 데이터로 활용될 수 있는지에 대한 여부를 확인하기 위해 상관관계(correlation) 분석 또는 PCA(Principal Component Analysis)를 수행해 변수 간 영향 정도를 확인했으나, 변수 간 영향에 대해 어떤 요인에 의해서 영향을 끼치는지 이해할 수 없다는 한계가 있다.

[0011] 상기 기술한 인공 지능 기반 발전량 예측 연구들은 내부 의사결정 과정이나 원인을 확인하기 어려운 블랙박스(black-box) 모델을 기반으로 연구가 진행되었는데, 이러한 이유는 모델의 구조가 간단해 의사결정 과정을 확인할 수 있는 화이트박스(white-box) 모델보다 예측 성능이 좋기 때문이다.

[0012] 하지만 블랙박스 모델들은 예측이 많이 벗어났거나 틀렸을 경우 인과관계에 대한 충분한 이해를 얻을 수 없다는 한계가 존재한다.

[0013] 이뿐만 아니라, 현재 태양광 발전 분야에서 활발하게 연구되고 있는 가상 발전소는 여러 지역에 있는 발전소들을 클라우드 형식으로 통합해 하나의 발전소처럼 관리하기에, 지역에 따라 다른 날씨 특성이 제대로 반영되어 발전소가 운영되는지 확인할 필요가 있다.

[0014] 가상 발전소의 경우 각 발전소에 대해 예측을 수행하는 것이 아닌 발전소에 대해 그룹을 지어 가상 발전소의 발전량에 대해 예측을 수행하는 방향으로 연구가 진행되고 있는데, 이 경우 예측 모델은 전체 발전소에 대한 예측 발전량을 성능으로 판단하기에 어떤 발전소에 대해서 학습이 잘 되었는지, 모델의 의사결정이 어느 시점부터 잘못 이루어졌는지 확인할 수 없어 모델의 성능을 신뢰할 수 없다는 한계가 있다.

[0015] 이에 따라, 신뢰성 있는 발전량 예측 모델을 개발하기 위해서 모델의 의사결정 과정을 확인하는 방법과 이를 위

한 인공지능 모델 구조에 대한 필요성이 높아지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-2338515호(공고일자 2021년12월13일)
- (특허문헌 0002) 등록특허공보 제10-2421393호(공고일자 2022년07월18일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 태양광 발전량 예측 모델을 학습 및 성능을 검증하는 과정에서 설명가능한 인공지능 모델을 기반으로 모델의 의사결정 결과를 이해하고 이를 통해 모델의 성능을 최적화하는 방법을 제공하는데 있다.
- [0018] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기에 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 상기 과제의 해결 수단으로서, 본 발명이 제안하는 설명가능한 인공지능 모델 기반 태양광 발전량 예측 방법은 기상정보를 포함하는 데이터셋으로 예측 발전량을 도출하는 블랙박스 모델과, 상기 블랙박스 모델에 적용되는 사후분석 모듈이 탑재된 장치에서 수행되는 태양광 발전량 예측 방법으로서, 상기 사후분석 모듈로, 데이터셋 변화에 대한 예측 발전량 변화를 추출하는 b 단계와; 상기 예측 발전량 변화에 대한 데이터셋에 포함된 입력 변수들의 기여도를 분석하고, 입력 변수 및 해당 입력 변수의 분석 기여도를 상기 장치의 표시부에 표시하는 c 단계;를 포함한다.
- [0020] 이러한 태양광 발전량 예측 방법은 상기 b 단계 수행 전, 상기 데이터셋을 구성하는 입력 변수들 각각에는 예상 기여도가 부여되는 a 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 또한 상기 c 단계의 표시는, 입력 변수 각각에 대해 상기 a 단계의 예상 기여도와, 상기 c 단계의 분석 기여도가 포함될 수 있다.
- [0022] 또한 상기 c 단계 수행 후, 예측 발전량이 실시간 발전량과 상이한 경우, 예측 발전량이 도출된 시점의 분석 기여도 및 입력 변수를 추출하는 d 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 또한 상기 d 단계에서 추출된 분석 기여도 및 입력 변수는 장치의 표시부에 표시될 수 있다.
- [0024] 또한 상기 c 단계는, 상기 장치와 통신하는 사용자 단말의 선택에 의해 제공될 수 있다.
- [0025] 또한 상기 d 단계는, 상기 장치와 통신하는 사용자 단말에 의해 실시간 감시될 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 개시된 기술을 토대로 인공지능 모델 기반의 태양광 발전량 예측 결과를 판단하는 과정을 확인해 태양광 발전 예측 모델의 발전량 예측에 대한 신뢰도를 높이고, 확인된 의사결정 과정을 분석해 예측 모델에 대해 개선 방향을 할 수 있는 통찰력을 얻을 수 있는 효과를 기대할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 효과는 이상의 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 태양광 발전량 예측 방법에 사용되는 태양광 발전량 예측 장치의 개략적인 구성도,
- 도 2는 본 발명의 태양광 발전량 예측 장치로 예측을 수행하는 과정을 나타낸 도면,

도 3 내지 도 5는 본 발명의 사후분석 모듈의 적용으로 나타날 수 있는 결과값에 대한 예시 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 블랙박스 모델을 기반으로 발전량 예측 모델 구조를 설정하는 단계, 상기의 발전량 예측 모델로 날씨 데이터에 대해 학습을 수행하는 단계, 블랙박스 모델에 적용할 수 있는 사후분석(post-hoc) 방법을 기반으로 입력 변수의 변화에 대한 발전량 변화를 확인하는 단계, 상기 확인 결과로부터 날씨 입력 변수에 영향을 검증하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 또한 모델의 내부 의사결정을 직관적으로 확인할 수 있는 유리박스(glass-box) 모델을 기반으로 예측 모델 구조를 설정하는 단계, 유리박스 모델을 기반으로 날씨 데이터에 대해 발전량 예측 모델을 학습하는 단계, 입력 변수에 대해 변수 중요도(feature importance)를 파악하는 단계, 지역적 해석(local explanation)을 기반으로 모델의 의사결정에 대해 직접적으로 이해하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명에서 말하는 블랙박스(black-box) 모델은 모델 내부 구조가 직관적으로 이해할 수 없을 정도로 많은 매개변수와 층으로 설계되어 있어 사람이 일일이 설명하기 어려운 인공지능 모델을 말하며, 발전량 예측 모델에 주로 사용되는 머신러닝(machine learning) 모델 중 boosting 기반 알고리즘들과 딥러닝(deep learning) 모델을 포함한다.
- [0032] 본 발명에서 말하는 유리박스(glass-box) 모델은 모델 내부의 모든 파라미터(parameter)에 대해 알 수 있어 모델이 어떻게 의사결정을 내리게 되었는지 알 수 있는 인공지능 모델을 말하며, 블랙박스 모델에 XAI 기술을 적용해 모델의 의사결정에 대해 인과관계 혹은 과정을 이해할 수 있는 모델을 포함한다.
- [0033] 상기 기술한 XAI 기술은 모델특정법(model-specific), 모델불특정법(model-agnostic) 관점에서 구분할 수 있고, 분석 범위에 따라 전역적(global), 지역적(local)으로 구분할 수 있지만 본 발명에서는 구분 기준에 따라 구분하지 않고 모든 기술을 포함한다.
- [0034] 본 발명에서 발전량 예측을 위해 사용하는 데이터는 주기적으로 예보 및 기록된 날씨 데이터로 온도, 습도, 운량, 강수량, 풍속, 일사량 날씨를 판단할 수 있는 요인을 말하며, 예측하고자 하는 데이터는 주기적으로 기록된 태양광 발전량으로 태양광 패널에서 태양광으로부터 발전된 전력량을 말한다.
- [0035] 발전량 예측을 위한 유리박스 모델 구조를 설정함에 있어서 사용하고자 하는 날씨 데이터를 충분히 학습할 수 있는 모델 구조를 선택하며 대표적으로 EBM(Explainable Boosting Machine) 모델을 활용해 본 발명에서 제안하는 방법을 수행할 수 있다.
- [0036] 발전량 예측을 위한 블랙박스 모델 구조를 설정함에 있어서 사용하고자 하는 날씨 데이터를 충분히 학습할 수 있는 모델 구조를 선택하며, 머신러닝 모델 관점에서 일반적으로 성능이 좋다고 평가되는 알고리즘인 AdaBoost(Adaptive Boosting), GBM(Gradient Boosting Machine), XGBoost(eXtra Gradient Boosting), LightGBM(Light Gradient Boosting) 알고리즘을 사용할 선택할 수 있고, 딥러닝 모델 관점에서는 시계열 적인 특성을 학습할 수 있는 LSTM(Long Short-Term Memory), 1D CNN(one dimensional convolutional neural network), 어텐션 메커니즘(Attention Mechanism) 기반 트랜스포머(Transformer) 구조를 활용한 딥러닝 모델을 선택할 수 있다.
- [0037] 블랙박스 모델에 활용할 수 있는 사후분석(post-hoc) 기법으로 LIME(Local Interpretable Model-Agnostic Explanation)과 SHAP(SHapley Additive exPlanations)을 사용하며, 상기 기술된 기법을 통해서 블랙박스 모델을 보다 간소화하여 발전량 예측에 대한 의사결정 과정을 설명할 수 있도록 하여 모델의 성능을 최적화할 수 있도록 할 수 있다.
- [0038] 단, 사후분석 기법에 따라 설명하고자 하는 범위와 의사결정을 이해하기 위한 변수의 기여도를 확인하는 방식은 기법마다 차이가 있기에 사용하고자 하는 사후분석 기법 내에서 도출된 분석 결과에 기반해 모델의 판단을 이해하여야 하며, 여러 기법으로 도출된 결과를 종합적으로 분석할 수 있지만 각 기법에 내에서 결과는 다를 수 있음을 명시한다.
- [0039] 상기 기술된 XAI 기법을 통해 모델의 판단에 대해 각 특성의 기여도를 확인하여 모델의 판단 과정을 이해함으로써 날씨 변수와 발전량에 대해 모델의 신뢰성을 확보할 수 있고, 발전량 예측이 크게 벗어나는 경우 어떤 날씨 요인이 모델의 판단에 크게 영향을 미쳤는지 분석해 입력 변수에 대해 추가적인 전처리를 수행하거나, 모델이 날씨 데이터에 대한 학습이 충분히 이루어지지 않았는지 분석해 모델의 하이퍼 파라미터(hyper parameter) 혹은

구조를 변경하여 학습을 수행해 예측 모델을 최적할 수 있도록 한다.

- [0041] 이하, 설명가능한 인공지능 모델 기반 태양광 발전량 예측 방법에 대해 첨부된 도면들을 참조하여 설명한다.
- [0042] 설명가능한 인공지능 모델 기반 태양광 발전량 예측 방법은 도 1에 도시된 태양광 발전량 예측 장치(100)에 의해 수행될 수 있다.
- [0043] 태양광 발전량 예측 장치(100)는 데이터 수신부(10), 전처리부(20), 블랙박스 모델(30), 사후분석 모듈(40), 데이터 표시부(50), 데이터 전송부(70)가 포함된 구성일 수 있다.
- [0044] 데이터 수신부(10)는 기상 서버(200)로부터 기상 정보를 수신하고, 전처리부(20)에 전송한다. 데이터 수신부(10)는 기상 정보 뿐 아니라 지역 발전소로부터 발전소 정보를 수신할 수도 있다. 기상 정보는 기온, 습도, 이슬점온도, 풍향, 풍속, 자외선 강도, 가시거리, 운량, 기압, 강수량 등을 포함한다. 발전소 정보는 발전소의 위도, 경도, 고도와 태양광 패널의 재원, 경사각, 방위각 정보를 포함할 수 있다.
- [0045] 전처리부(20)는 기상 정보와 발전소 정보 및 발전량 정보를 이용하여 블랙박스 모델(30)의 학습에 이용될 데이터셋으로 전처리 한다. 데이터셋의 요소들 중 일부 또는 전부는 예측 발전량에 어느 정도 기여할 것 같은지를 미리 예상하는 예상 기여도가 기록될 수 있고, 해당 부분은 모델의 연산에 관여되지 않는다.
- [0046] 블랙박스 모델(30)은 기상정보를 포함하는 데이터셋으로 예측 발전량을 도출하는 구성이며, AdaBoost(Adaptive Boosting), GBM(Gradient Boosting Machine), XGBoost(eXtra Gradient Boosting), LightGBM(Light Gradient Boosting), LSTM(Long Short-Term Memory), 1D CNN(one dimensional convolutional neural network), 어텐션 메커니즘(Attention Mechanism) 기반 트랜스포머(Transformer) 구조를 활용한 딥러닝 모델 중 어느 하나일 수 있다. 바람직하게는 상기 데이터셋을 학습 인자로 입력했을 때 예측 성능이 우수하게 나타나는 블랙박스 모델일 수 있다. 상기 예측 발전량은 예측 태양광 발전량을 의미한다.
- [0047] 사후분석 모듈(40)은 상기 블랙박스 모델(30)에 적용 가능한 것으로, 데이터셋 변화에 대한 예측 발전량 변화를 추출할 수 있게 하고, 예측 발전량 변화에 대한 데이터셋에 포함된 입력 변수들의 기여도를 분석할 수 있게 한다. 사후분석 모듈(40)로서, LIME(Local Interpretable Model-Agnostic Explanation)과 SHAP(SHapley Additive exPlanations)이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 LIME을 사용하여 블랙박스 모델을 설명이 가능한 데이터 주변에서의 최소 선형 결합을 통해 국부적으로 설명 가능하게 해석한다. 이는 블랙박스 모델을 보다 간소화하여 발전량 예측에 대한 의사결정 과정을 설명할 수 있도록 한다.
- [0048] 데이터 표시부(50)는 사후분석 모듈(40)에서 수행되어 알게 된 입력 변수 및 해당 입력 변수의 분석 기여도를 표시한다. 분석 기여도는 사후분석 모듈(40)에 의해 알게 되는 입력 변수의 기여도를 의미한다. 입력 변수 및 분석 기여도는 쌍을 이루어 데이터 표시부(50)에 표시될 수 있고, 데이터 전송부(70)에 전송되어 사용자 단말(300) 또는 관리자 단말에 전송되어 사용자 또는 관리자가 확인할 수 있다.
- [0050] 이하에서는 태양광 발전량 예측 장치(100)로 수행되는 태양광 발전량 예측 방법에 대해 설명한다.
- [0051] 도 1 및 도 2를 참조하면, 데이터 수신부(10)는 기상 서버(200)에서는 기상정보를, 지역 발전소에서는 지역 발전소 정보를 수신한다. 수신된 정보들은 블랙박스 모델(30)이 학습할 수 있도록 전처리부(20)에 의해 학습 데이터셋으로 전처리 된다. 상기 전처리로 학습 데이터셋이 구성되면, 블랙박스 모델(30)이 발전량 예측을 수행하고, 그 결과는 전력거래소에 제출된다.
- [0052] 블랙박스 모델(30)을 포함하는 장치(100)를 운용하는 발전소의 경우 전력거래소에 예측 발전량을 전송하고, 인센티브를 책정 받아야 하는데 예상되는 바와 같이 예측 발전량의 정확도가 수익에 미치는 영향이 상당하므로 블랙박스 모델(30)의 정확도를 향상시키는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 본 발명은 사후분석 모듈(40)로 데이터셋 변화에 대한 예측 발전량 변화를 추출하는 b 단계를 수행한다. 그리고 예측 발전량 변화에 대한 데이터셋에 포함된 입력 변수들의 기여도를 분석하고, 입력 변수 및 해당 입력 변수의 분석 기여도를 장치(100)의 데이터 표시부(50)에 표시하는 c 단계를 수행한다.
- [0053] 또한 상기 b 단계 수행 전에 상기 데이터셋을 구성하는 입력 변수들 각각에는 예상 기여도가 부여되는 a 단계를 더 포함한다.

- [0054] 데이터 표시부(50)에 표시되는 입력 변수 및 분석 기여도는 도 3과 같이 표현될 수 있다. 예시로 표현한 것이지만 사후 기법(SHAP 등)들을 사용했을 때의 결과가 도 3과 같이 도출된다는 것을 보여준다.
- [0055] 도 3의 경우 'shap'이라는 사후분석 모듈로 변수 기여도를 도출한 예시로서, 'global'의 경우 모든 예측에 대해 전체 평균값을 나타낸 것이고, 오른쪽 'local'의 경우 현재 예측에 대해 현재 변수의 기여도를 나타낸 경우이다. 현재의 경우 블랙박스 모델(30)이 자외선 지수를 가장 높게 보고 있다고 도출된 상황이다. 이와 같이 입력 변수 및 분석 기여도를 장치(100)를 운용하는 관리자가 확인할 수 있어, 관리자는 예측 정확도를 높이기 위해 생성한 입력 변수가 실제로 잘 사용되고 있는지 확인할 수 있고, 잘 사용되지 않는다면 그에 대한 부분도 알 수 있어 블랙박스 모델(30)의 최적화를 위한 인사이트를 얻을 수 있고, 이를 통해 블랙박스 모델(30)의 최적화에 기여할 수 있다.
- [0056] 한편, 예측 정확도는 높는데 변수 기여도는 예측한 바와 다른 변수 기여도가 도출될 수 있다. 이러한 경우 예측 정확도가 높아 예측이 잘 수행되었음에도 불구하고 변수 기여도가 상이했을 경우 사용된 날씨 변수 사이에 생각하지 못한 상관관계가 있다고 판단할 수도 있을 것이고, 현재 모델에 추가적인 새로운 변수를 사용해보는 방법을 고려할 수도 있다. 결과적으로는 기존의 예측 정확도만 가지고는 예측 성능이 좋았을 때 고려해야할 사항들에 대해서 불확실한 점들이 대부분이지만, 사후분석 모듈(40)을 기반으로 모델 개발에 대한 기존보다 설명력 있는 인사이트를 얻을 수 있다.
- [0057] 이를 위해 상기 c 단계의 표시는 입력 변수 각각에 대해 상기 a 단계의 예상 기여도와, 상기 c 단계의 분석 기여도가 포함될 수 있다.
- [0058] 상기 c 단계 수행 후, 예측 발전량이 실시간 발전량과 상이한 경우, 예측 발전량이 도출된 시점의 분석 기여도 및 입력 변수를 추출하는 d 단계를 포함할 수 있다. 또한 상기 d 단계에서 추출된 분석 기여도 및 입력 변수는 장치(100)의 표시부에 표시될 수 있다. 여기서 실시간 발전량은 실시간 태양광 발전량을 의미한다.
- [0059] 도 4와 도 5는 같은 데이터셋에 대해 학습된 다른 블랙박스 기반의 모델의 예측 결과를 모델 내부적으로 사용할 수 있는 사후분석 모듈(40)을 이용하여 변수기여도(도 4)와 attention(도 5)의 결과를 도출한 예시이다. 도 4는 모델의 발전량이 하루 중 발전량 추세를 잘 따라 가도록 하기 위해 '2일전 발전량'이라는 변수를 추가로 넣었다. 하지만, 실제로는 발전량 모델이 다른 날씨 데이터보다 '2일전 발전량' 변수를 주요 변수로 파악하고 있었고, 예측 결과를 추가적으로 분석해 본 결과 급작스럽게 날씨가 변화하는 날에는 '2일전 발전량' 변수가 없을 때보다 예측이 잘 이루어지지 않는 것을 확인하였다. 이렇게 예측을 위해 여러 변수를 넣었을 때 변수 기여도를 통해 결과를 분석함으로써 새로운 변수에 대한 영향을 확인하거나 기존의 필요하지 않는 변수에 대한 영향들을 확인할 수 있다. 도 5의 attention의 경우 현재 입력한 데이터에 대해 모델이 입력으로 사용한 데이터 중 어느 시점을 중요하게 보는지를 체크할 수 있는 자료로써 활용될 수 있고, 해당 자료는 현재 블랙박스 모델(30)이 발전량이 높은 시간대를 중요하게 보고 발전량 예측을 수행한다는 정보로 활용될 수 있다.
- [0060] 모든 사후분석 모듈(40)로 도출된 결과가 반드시 해당 결과로 인과관계가 있다고 설명하기는 어렵지만, 위와 같은 사례와 같이 사후분석 모듈(40)로 도출된 결과로부터 인사이트를 얻을 수 있고, 충분한 분석이 이루어졌을 때 사용자들에게 제공함으로써 신뢰도를 높일 수 있다.
- [0061] 이를 위해 상기 c 단계는 상기 장치(100)와 통신하는 사용자 단말(300)의 선택에 의해 제공될 수 있다. 또한 상기 d 단계는, 상기 장치(100)와 통신하는 사용자 단말(300)에 의해 실시간 감시될 수 있다.
- [0063] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0064] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

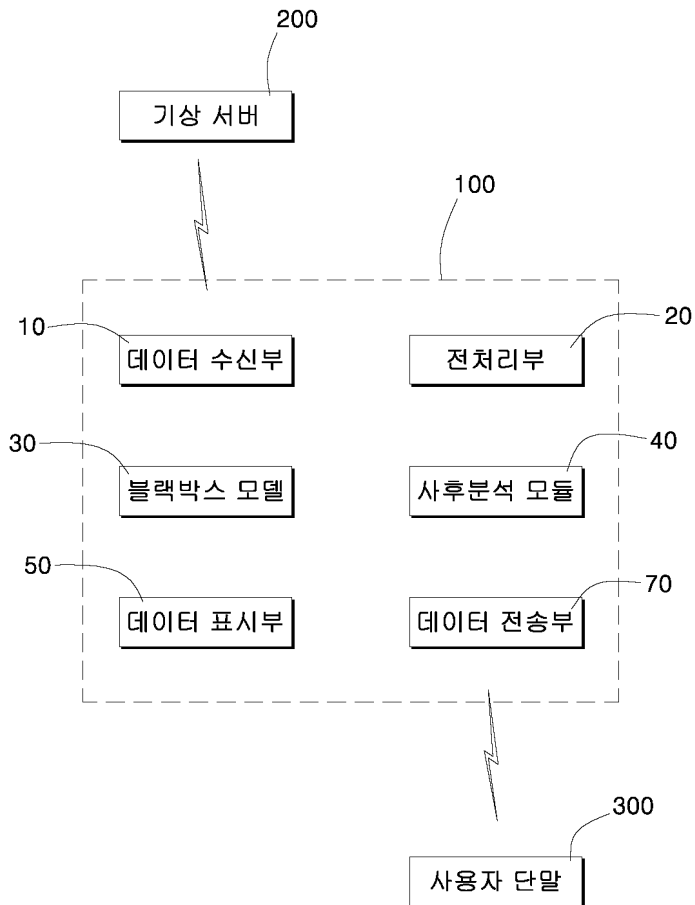
부호의 설명

- [0065] 100: 발전량 예측 장치

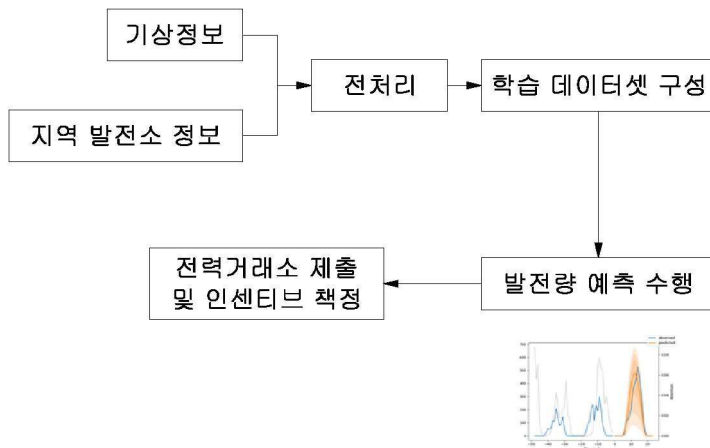
- 10: 데이터 수신부
- 20: 전처리부
- 30: 블랙박스 모델
- 40: 사후분석 모듈
- 50: 데이터 표시부
- 70: 데이터 전송부
- 200: 기상 서버
- 300: 사용자 단말

도면

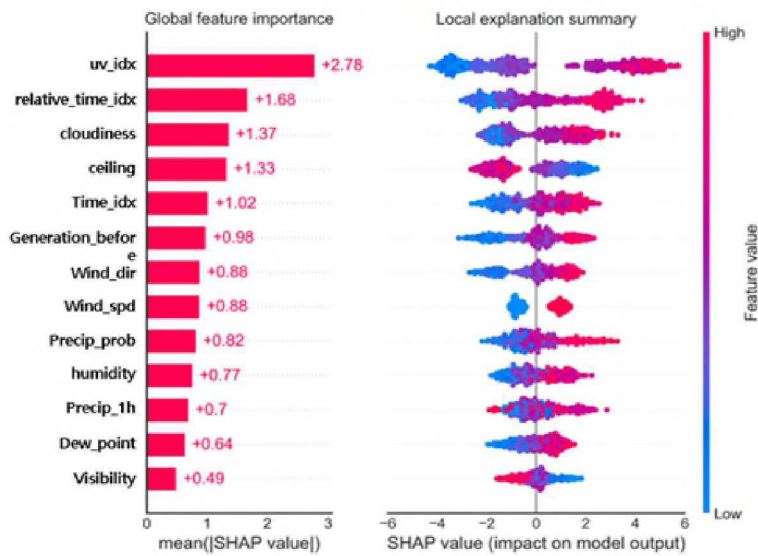
도면1



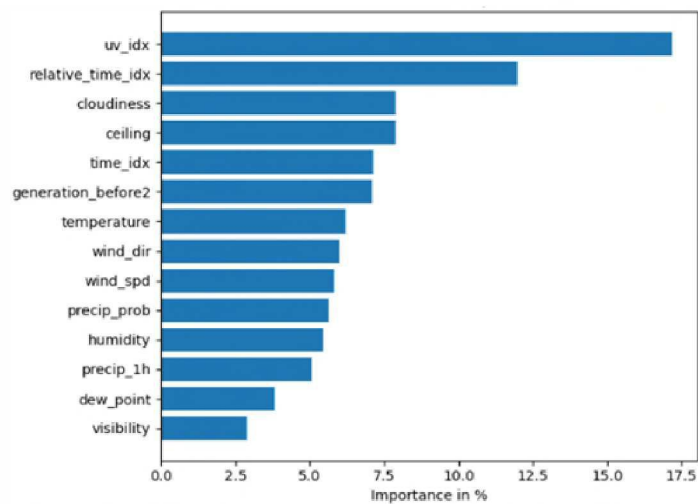
도면2



도면3



도면4



도면5

