

Calculation Method of Dedicated Transmission Line's Meteorological Data to Forecast Renewable Energy

신재생에너지 예측을 위한 송전선로의 계량 데이터 계산 방법

Ja-hyun Baek, Hyeonjin Kim, Soonho Choi, Sangho Park
 백자현, 김현진, 최순호, 박상호

Abstract

This paper introduces Renewable Energy forecasting technology, which is a part of renewable management system. Then, calculation method of dedicated transmission line's meteorological data to forecast renewable energy is suggested. As the case of dedicated transmission line, there is only power output data combined the number of renewable plants' output that acquired from circuit breakers. So it is need to calculate meteorological data for dedicated transmission line that matched combined power output data. this paper suggests two calculation method. First method is select the plant has the largest capacity, and use it's meteorological data as line meteorological data. Second method is average with weight that given according to plants' capacity. In case study, suggested methods are applied to real data. Then use calculated data to Renewable forecasting and analyze the forecasting results.

Keywords: Renewable Energy, Renewable Forecasting, Meteorological data, Weather data, Dedicated transmission line

I. INTRODUCTION

태양광발전, 풍력발전과 같은 신재생발전원은 기상 상황에 따라 간헐적으로 변동하는 특성을 가진다. 정부의 재생에너지 확대정책에 의해 이러한 특성을 가지는 신재생발전원의 연계가 급증하고 있으며, 이로 인해 전력계통 운영의 불확실성이 커지고 있다[1]-[3]. 이러한 불확실성을 줄이기 위해 신재생발전의 출력을 감시하고 예측하여 전력계통에 미치는 영향을 분석하고, 분석결과를 바탕으로 신재생발전을 제어하기 위한 신재생발전 관제 기술의 개발이 이루어지고 있다[4],[5].

본 논문에서는 신재생발전 관제 기술의 일환인 신재생에너지 출력예측 기술을 소개하고, 출력예측 기술에 필요한 신재생발전 전용선로 대표 기상 산정방법을 제안한다. 또한 사례연구를 통해 각 방법들의 실제 적용방법과 영향을 분석한다.

II. 재생에너지 출력예측 기술

본 논문에서 소개하는 재생에너지 출력예측 기술은 Fig. 1과 같다. 기상자료와 설비정보의 위도, 경도 정보를 활용해 각 발전소의 기상자료를 생성한다. 생성된 기상자료(관측실적 및 예보)와 과거 재생에너지 발전실적을 활용해 앞으로의 발전출력을 예측하는 기술이다. 이때 예측 알고리즘으로는 수식기반, 통계기법 그리고 머신러

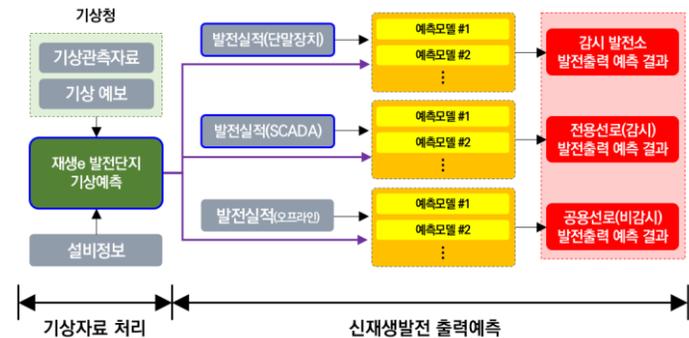


Fig.1. Renewable Energy Forecasting Process

닝 알고리즘 등이 활용된다[6].

예측대상은 활용할 수 있는 과거 발전실적의 형태에 따라 감시 발전소와 전용선로 그리고 공용선로로 구분된다. Fig. 2는 변전소의 주변압기를 중심으로 송/배전 계통을 간략하게 그린 그림이다. 감시 발전소는 단말장치가 설치되어 개별 발전소의 발전출력을 취득할 수 있다. 전용선로와 공용선로는 차단기(CB)의 취득 값을 활용하며, 신재생과 일반 수용가가 연계된 구분에 따라 전용선로와 공용선로로 나뉜다. 전용선로는 154kV, 22.9kV의 신재생발전소만 연계된 형태이며, 공용선로는 신재생발전소와 일반 수용가가 함께 연계된 형태이다.

Article Information

Manuscript Received August 15, 2022, Accepted September 16, 2022, Published online December 30, 2022

The authors are with KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation, 105 Munji-ro Yuseong-gu, Daejeon 34056, Republic of Korea.

Correspondence Author: Jintae Cho (jintae.cho@kepco.co.kr)



This paper is an open access article licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>. This paper, color print of one or more figures in this paper, and/or supplementary information are available at <http://journal.kepco.co.kr>.

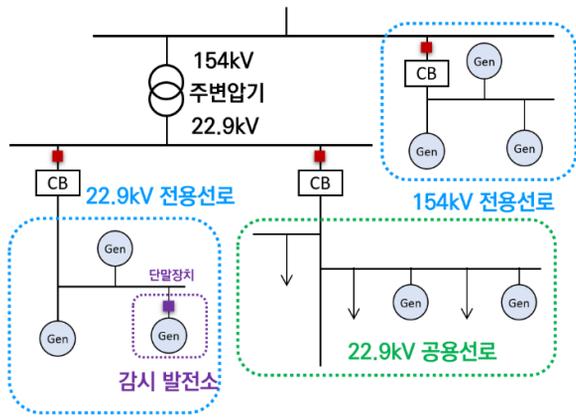


Fig. 2. The category of forecasting

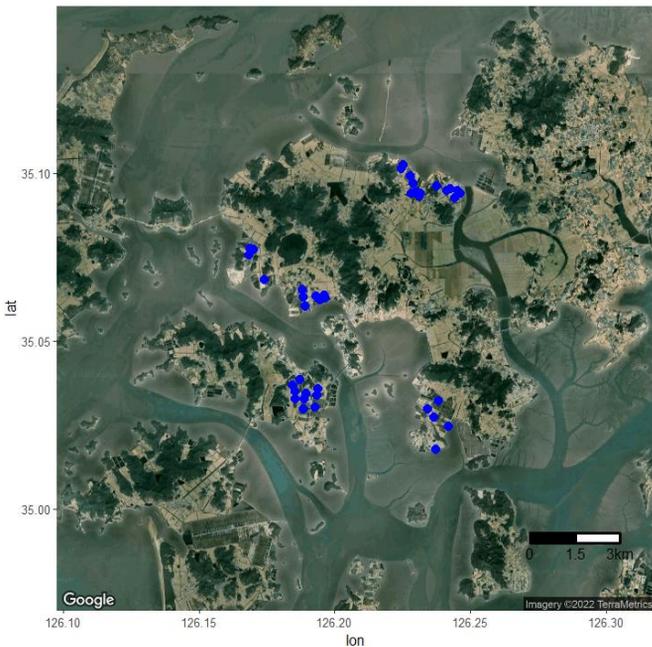


Fig. 3. Renewable plants that connected dedicated transmission line

본 논문의 예측 대상은 태양광발전만 연계된 전용선로로, 선로의 실시간 발전출력과 기상데이터를 활용해 발전출력을 예측하고자 할 때, 기상데이터를 생성하는 방법을 제안한다.

III. 전용선로 대표기상 산정방법

전용선로에는 여러 개의 신재생 발전소가 연계된다. Fig. 3은 실제 154kV 전용선로에 연계된 신재생 발전소의 위치를 나타낸 그림이다. 파란색 점으로 표시된 약 70개의 발전소가 10km 내에 존재한다. 이처럼 신재생발전이 넓게 분포되어 있으나 활용할 수 있는 발전실적 데이터는 전체 발전단지 출력에 합쳐진 값으로, 개별 발전단지의 출력은 알 수 없다. 그러나 선로에 연계된 신재생 발전소들의 용량이 서로 상이하기 때문에 각 발전소가 전체 선로 출력에 미치는 영향이 다르다. 이러한 전용선로의 특성을 고려하여 신재생 발전출력 예측을 위해 선로의 대표 기상을 산정하는 방법을 제안한다.

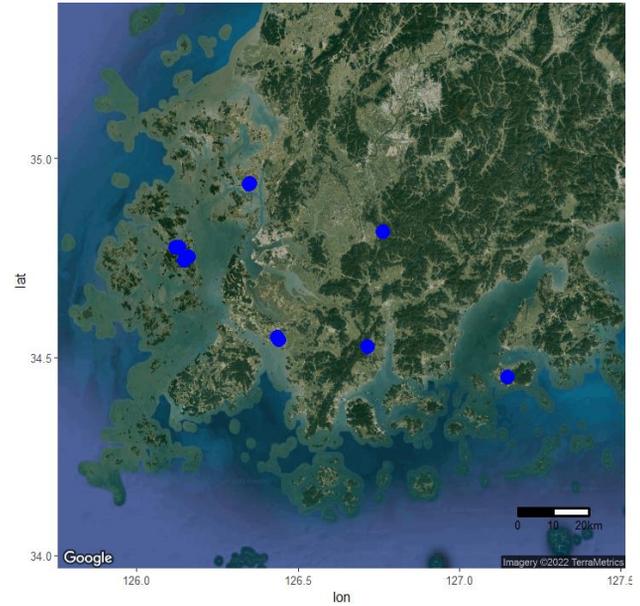


Fig. 4. Renewable plants used to case study

A. 대표 발전소 선정

선로에 연계된 신재생 발전소 중 가장 용량이 큰 발전소를 해당 선로의 대표 발전소로 선정하여, 대표 발전소의 기상을 선로의 기상으로 사용하는 방법이다. y 는 최종 대표기상, x 는 각 발전소의 기상, N 은 해당 선로에 연계된 전체 신재생발전소의 수를 의미한다.

$$y = \max(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

B. 가중치 평균

선로에 연계된 각 신재생 발전소의 용량을 기준으로 가중치를 부여하여 선로의 대표 기상을 산정하는 방법이다. Y 는 대표기상, x 는 각 발전소의 기상, c 는 설비용량, N 은 전체 발전소의 수를 의미한다.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i * c_i)}{\sum_{i=1}^N c_i}$$

IV. 사례연구

전남지역의 태양광 발전단지를 대상으로 하여 대표기상 산정방법 별 발전출력 예측 정확도를 분석하였다. 데이터는 2022년 6월 1일부터 6월 30일까지 1개월간 취득된 유효전력 값과 발전단지 위치로 보간 된 기상관측자료가 활용되었다.

전남지역의 발전출력 실시간 감시가 가능한 태양광 발전단지는 총 27개로, 전체 용량의 합은 92.5MW이다. 이 중 ESS가 연계되지 않고, 사례연구 기간 동안 데이터 연계에 문제가 없었던 18개 지점을 최종 사례연구 대상으로 선정하였으며, 총용량은 62.7MW이다. Fig. 4는 18개 발전단지의 지리적 분포를 나타낸 것으로, 파란색 점이 사례연구 대상이 되는 신재생발전단지이며, 발전출력 데이터는 Fig. 5와 같다.

18개의 태양광 발전소가 한 개의 전용선로에 연계되어있다 가정하여 전용선로 기상 산정 방법들을 비교분석 하였다. 활용한 방법은 단순 산술평균과 앞서 제시한 대표 발전소 선정방법, 가중치 평균 방법들로, 세 가지 방법으로 전용선로 기상을 산정한 후 이

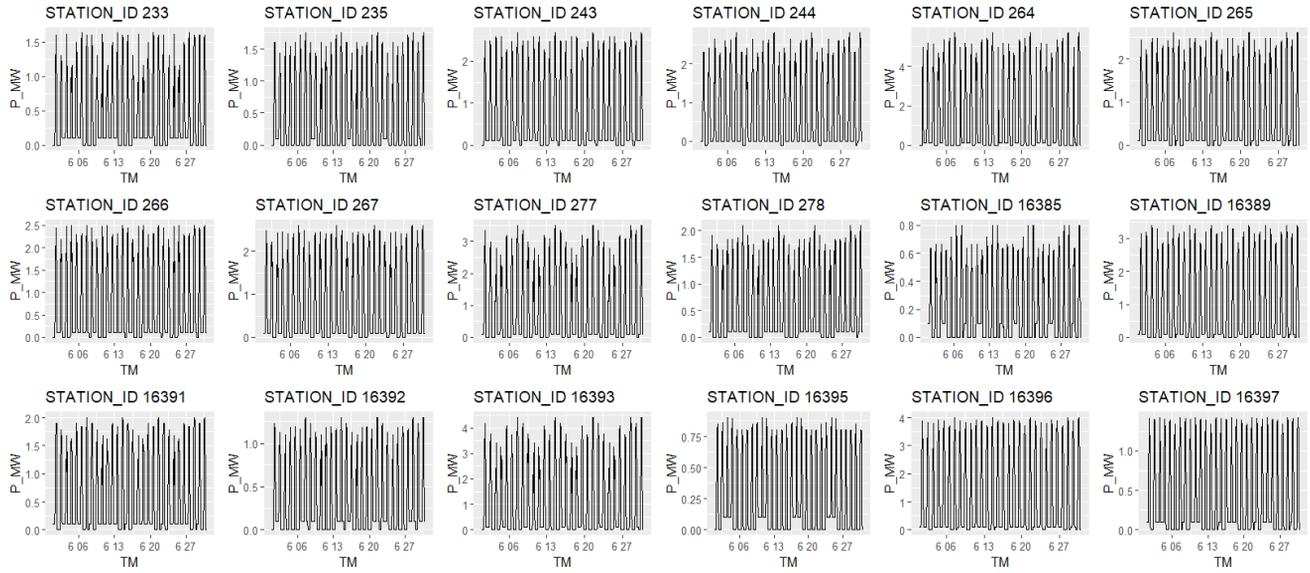


Fig. 5. Case study targets' real power output (June 2022)

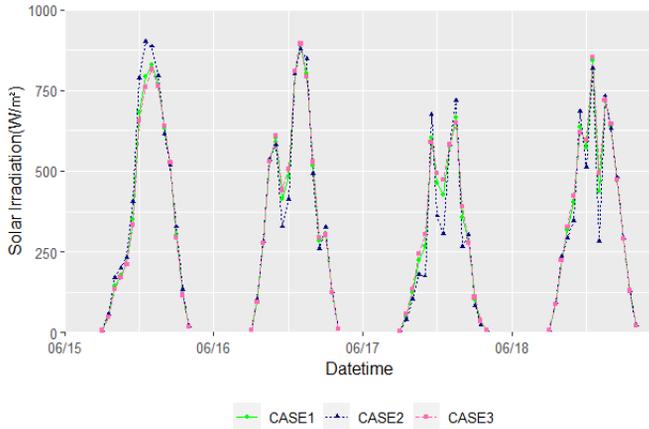


Fig. 6. Calculated solar radiation of dedicated transmission line

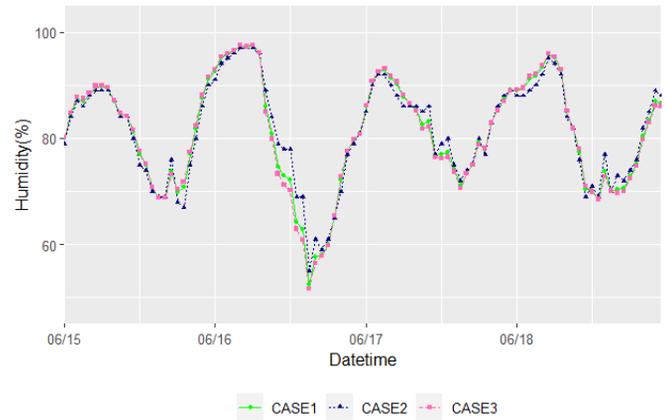


Fig. 8. Calculated humidity of dedicated transmission line

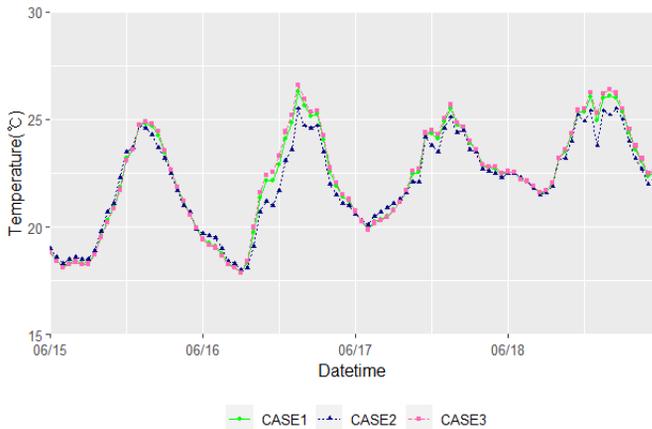


Fig. 7. Calculated temperature of dedicated transmission line

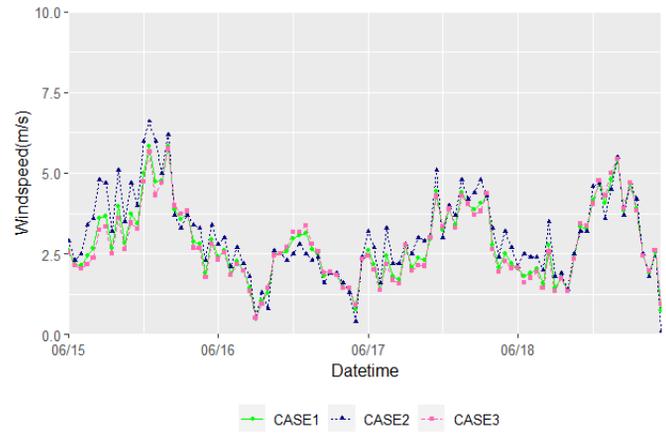


Fig. 9. Calculated wind speed of dedicated transmission line

값들로 발전출력 예측을 수행하였다. 활용한 기상값은 일사량, 기온, 습도로 전용선로의 기상 산정 결과는 Fig. 6~9과 같다.

Fig. 6은 전용선로의 일사량 산정결과이다. CASE1은 산술평균,

CASE2는 대표 발전소 선정방법, CASE3는 가중치 평균 방법이다. 6월 15일의 결과를 살펴보면 일간 최대 일사량 값이 CASE1은 792W/m², CASE2는 900W/m², CASE3는 760W/m²로, 약 140W/m²의 차이가 난다.

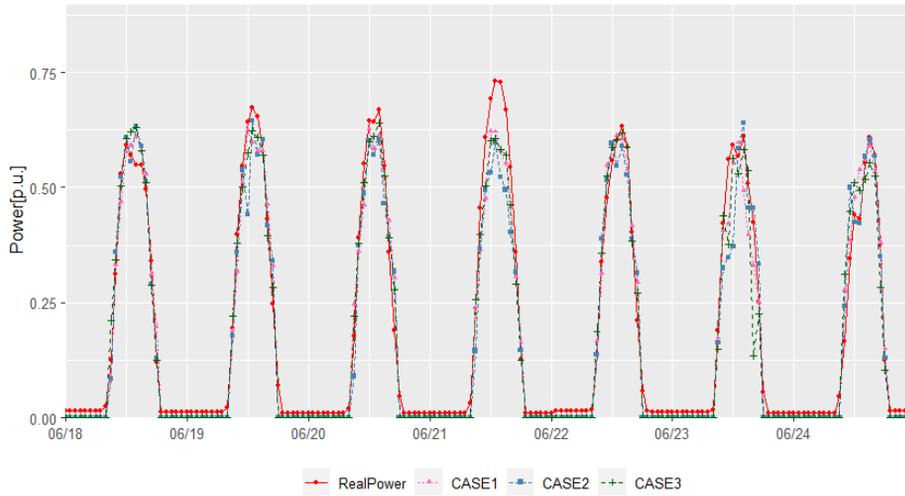


Fig. 10. Renewable forecasting results of each case

TABLE 1
Forecasting performance assessment of each case

	NMAE-10	RMSE-10
CASE 1	94.7%	0.065
CASE 2	93.72%	0.084
CASE 3	94.74%	0.071

Fig. 8~9는 기온, 습도, 풍속 산정 결과이다. 기온과 습도의 경우 산정 방법별 큰 차이는 없으나, 풍속의 경우 6월 15일 평균적으로 약 1m/s의 차이를 보였다. 각 CASE의 결과를 종합하여 살펴보면 산술평균인 CASE1과 가중치 평균인 CASE3의 결과가 유사하고, 대표 발전소 선정방법인 CASE2가 다른 두 방법에 비해 차이가 있다. 이는 선로에 연계된 신재생발전소들이 유사한 규모로 큰 용량을 가지고 있어 발생한 현상이다. 대표 발전소로 선정된 발전소의 설비용량의 전체 설비용량중 9%의 비중을 차지하고 있으며, 대표 발전소 외에 4개의 발전소가 유사한 비중을 차지하며 지리적으로 멀리 떨어져 있어 대표 발전소의 영향이 크지 않았음을 알 수 있다.

각 선로 대표기상 산정 방법에 대한 영향을 분석하기 위해 해당 기상자료를 사용해 출력예측을 수행한 결과는 Fig. 10과 같다. 예측을 위한 학습자료로는 2022년 6월 1일부터 6월 17일까지의 데이터를 활용했으며, 머신러닝 알고리즘 중 XGBOOST 기법을 활용해 6월 18일부터 6월 24일까지 7일을 예측하였다.

TABLE 1은 예측기간 동안 발전출력이 10%이상 발생했던 시점을 대상으로 NMAE와 RMSE를 통해 예측 정확도를 분석한결과이다. 예측 정확도 평가결과, NMAE 기준으로는 기상자료에 설비용량을 기준으로 가중치를 부여하여 평균을 낸 CASE3가 가장 높은 정확도를 보였고, RMSE 기준으로는 기상자료를 산술평균한 CASE1의 정확도가 가장 높았다. 이를 바탕으로 본 논문에서 제시한 대표 발전소 선정 방법과 가중치 평균 방법 중 가중치 평균 방법이 더 적합함을 알 수 있다.

V. 결론

신재생발전 출력예측 기술은 신재생에너지 관제 기술의 일환으로 기상자료를 바탕으로 앞으로의 발전출력 변화를 예측하는 기술

이다. 본 논문에서 소개한 신재생발전 출력예측 기술은 활용할 수 있는 발전실적 자료에 따라 개별 감시 발전소, 송·배전 신재생 전용선로, 일반 수용가가 함께 연계된 공용선로 단위로 예측대상을 구분한다. 이때 송·배전 신재생 전용선로는 다수의 신재생발전소가 연계되어 있으며, 연계된 전체 발전소 출력의 합을 활용할 수 있다. 따라서 이에 대응하는 전용선로 대표 기상을 산정하는 방안을 제시하였다. 제시한 방법은 크게 두 가지로, 첫 번째 방법은 선로에 연계된 발전소 중 설비용량이 가장 큰 발전소를 대표 발전소로 선정하여 해당 발전소의 기상을 활용하는 대표 발전소 선정 방법이다. 두 번째 방법은 설비용량을 기준으로 연계된 발전소들의 기상자료에 가중치를 적용하여 평균 값을 계산해 활용하는 가중치 평균 방법이다. 사례연구에서는 제안한 두 방법 외에 단순 산술평균을 추가하여 세 가지 방법에 대한 결과를 분석하였다. 사례연구는 실시간으로 발전실적 데이터가 취득되고 있는 감시 발전소의 기상 및 발전실적 데이터를 활용하였으며, 세 가지 전용선로 대표 기상 산정 방법의 결과를 시각화하여 그 차이를 분석하였다. 그 후 다양한 예측 알고리즘 중 XGBOOST 알고리즘에 세 가지 대표 기상을 입력으로 하여 예측결과에 대한 분석을 진행하였다. 그 결과 NMAE 기준으로는 가중치 평균 방법, RMSE 방법으로는 단순 산술평균이 가장 예측 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

본 논문에서 제안한 방식은 전용선로에 연계된 신재생발전소의 지리적 분포와 기상변수의 해상도별 변화 양상이 고려되지 않았다. 후속 연구를 통해 이러한 부분을 보완해 나갈 예정이며, 선로에 풍력발전, 에너지저장장치(ESS) 등이 연계되는 사례에 대한 연구를 수행할 계획이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) grant funded by the Korea government(MOTIE) (2019371010006A, Establishment and demonstration of local renewable management system)

References

[1] Ministry of Trade, Industry and Energy, "the Renewable Energy 3020 Implementation Plan", 2017.

- [2] Ministry of Trade, Industry and Energy, "REPUBLIC OF KOREA: 9th Basic Plan for Power Supply and Demand(BPLE) (2020-2034)", Dec. 2020.
- [3] Ministry of Trade, Industry and Energy, "Third Energy Master Plan", June 2019.
- [4] S. Choi, S. Park, and J. Baek, "Development of Local Renewable Management System", The Fall Conference for Society A 2021, 2021.
- [5] Korea Power Exchange, "The Electricity Market Operation Rule", pp. 739, January 2022.
- [6] J. Baek, S. Park, et al., "Renewable Forecasting Method for Local Renewable Management System", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 71, No. 8, 2022.