통계적 기법을 이용한 일사량의 공간 및 시간적 상세화

정아현* · 이동현* · 김진영** · 김창기*** · 김현구*** · 이영섭****

*동국대학교 일반대학원 통계학과, 석사과정

**한국에너지기술연구원 신재생에너지자원 · 정책센터, 선임연구원

***한국에너지기술연구원 신재생에너지자원 · 정책센터, 책임연구원

****동국대학교 통계학과, 교수

Spatial and Temporal Downscaling of Solar Radiation Using Statistical Techniques

Jung A hyun* · Lee Dong-Hyun* · Kim Jin-Young** · Kim Chang Ki*** · Kim Hyun-Goo*** · Lee Yung-Seop****

*Master Course, Department of Statistics, Dongguk University

**Senior Researcher, Department of New and Renewable Energy Resource&Policy Center, Korea Institute of Energy Research

***Principal Researcher, Department of New and Renewable Energy Resource&Policy Center, Korea Institute of Energy Research

****Professor, Department of Statistics, Dongguk University

†Corresponding author: yung@dongguk.edu

Abstract

We evaluated the forecast performance of solar radiation on the Korean Peninsula from the solar radiation data provided by the UASIBS-KIER model of KIER with the solar radiation forecast data generated by the GFS model of the NCEP. In this study, the spatial and temporal downscaling of the GFS model, a cumulative solar radiation forecast model per 3 hours units, was conducted to measure forecast performance. First, in the case of spatial downscaling, K-means clustering of solar radiation values corresponding to all latitude and longitude values of the Korean Peninsula was performed, and seven clusters were formed. Second, in the case of temporal downscaling, the cumulative solar radiation forecast value over 3 h was converted to the cumulative solar radiation value over 1 h. To measure the downscaling performance, the downscaling results of the cumulative forecast over 1 h of the GFS model were compared with the observed solar radiation values of the UASIBS-KIER model. We performed downscaling by using the same average ratio as the cumulative value over 3 h. In addition, we performed downscaling by using the correlation between the cumulative value over 1 h by the UASIBS-KIER model. Based on the rRMSE and rMAE, the use of the correlation was found to be more efficient than the use of the same average ratio.

Keywords: 수평면전사량(Global horizontal irradiance), 상세화(Downscaling), 군집분석(Cluster analysis), 보간법(Interpolation), 상관관계(Correlation)

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.6, pp.89-94, December 2020
<https://doi.org/10.7836/kjes.2020.40.6.089>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 05 October 2020

Revised: 16 November 2020

Accepted: 20 November 2020

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

한국에너지기술연구원은 17년도에 개발한 UASIBS-KIER (University of Arizona Solar Irradiance Based on Satellite-Korea Institute of Energy Research) 모델을 통해 1km 공간 해상도에 대한 수평면 전일사량을 천리안 위성 영상 기반 태양자원지도의 형태로 제공한다. GFS (Global Forecast System)은 NCEP (National Centers for Environmental Prediction)에서 생성한 일기예보 모델로, 2019년 SW 업데이트를 통해 예측력이 강화되었다. GFS 모델은 3시간 단위의 누적 일사량 값을 제공하기 때문에 이 값을 1시간 단위 누적 일사량으로 상세화 시키고자 한다.

기존 연구를 살펴보면 Fiseha (2012)¹⁾는 회귀 모형을 기반으로 이용하여 기온을 상세화 했으며, Lee (2014)²⁾는 비매개변수 방법을 이용하여 일단위 강수량을 시간단위로 상세화 하였다. 그리고 Gutiérrez (2004)³⁾는 군집 분석 방법을 이용하여 상세화 하였다.

본 연구에서는 3시간 단위 누적 일사량 예보 모형인 GFS 모델의 공간적 상세화 및 시간적 상세화를 실시한다. 공간적 상세화의 경우 모든 위·경도 값에 해당하는 일사량 값을 한반도의 영역별 클러스터링을 실시하고, 시간적 상세화의 경우에는 3시간 단위 누적 일사량 예보 데이터 값을 1시간 단위 누적 예보 일사량 값으로 변환한다. 이 때, 상세화는 두 가지의 방법으로 진행되고 GFS 모델의 1시간 누적 예보 일사량으로 상세화 한 결과를 UASIBS-KIER 모델의 관측 일사량 값과 비교하여 어떤 방법의 상세화 성능이 좋은지 정확도를 평가한다.

2. GFS 모델의 공간적 상세화

2.1 사용된 데이터

제공된 GFS 모델 데이터에서 동북아시아 전역까지를 포함한 17,113개의 위·경도 자료에서 한반도 지역에 해당하는 189개의 위·경도 데이터를 이용한다. 자료는 UTC 시간 기준 으로 격자에서 예보시점부터 0시간, 3시간 그리고 192시간까지의 3시간 단위 누적 일사량 예보 값이다. 관측자료의 기간은 2018년 01월 01일부터 2019년 12월 31일까지 729개의 자료로 구성되어 있다. 분석에서는 하루에 해당하는 24시간까지의 예측 일사량 데이터를 사용하였다. 군집분석의 방법으로 K-means 방법을 사용한다.

2.2 K-means를 이용한 군집분석 결과

최적의 군집을 결정하기 위한 지표인 실루엣(Silhouette) 결과는 Fig. 1과 같다. 실루엣 결과로 얻어진 최적의 군집 개수는 2개지만, 한반도 일사량 군집이 단순하게 나눌 우려가 있었기 때문에 2번째로 높은 값인 7개로 군집 수를 결정하였다.

Fig. 1 Silhouette Results of Cluster Analysis

Table 1은 3시간 단위 누적 일사량 예보의 위·경도 데이터를 이용해 군집화를 한 다음 군집별로 지역 분포 및 일사량 관측 지점의 개수를 나타낸 것이다.

Table 1 Distribution of Regions by Clusters

Cluster	Region	Number
1	Seoul / Gyeonggi-do	37
2	Gangwon-do / Chungcheongbuk-do	14
3	Chungcheongnam-do	28
4	Gyeongsangbuk-do	30
5	Jeollabuk-do	23
6	Jeollanam-do / Jeju Island	26
7	Gyeongsangnam-do	31

3. GFS 모델의 시간적 상세화

3.1 사용된 데이터

GFS 예보 모델 데이터는 0시간부터 3시간, 0시간부터 6시간으로 누적되어있는 일사량을 3시간 단위로 차분하였다. UASIBS-KIER 모델의 자료는 해상도를 GFS 모델과 맞춘 다음 한반도 지역의 189개의 위·경도에 해당하는 1시간 누적 일사량 값을 사용하였다.

3.2 Downscaling (상세화)

첫 번째 방법은 3시간 단위로 얻어진 일사량에서 한 시간 누적된 일사량을 계산하기 위해 평균을 적용한다. t 시점과 $t+3$ 시점의 차이에 대해 같은 가중치를 두고 $t+1$, $t+2$ 시점이 동일한 값을 가지도록 한다.

두 번째 방법은 GFS 3시간 누적 예보 모델을 상세화하기 위해 참값에 해당하는 UASIBS-KIER 모델 기반의 1시간 누적 일사량과 GFS 모델의 3시간 누적 예보 일사량 간의 상관관계를 이용해서 상세화를 한다. UASIBS-KIER 모델의 3시간 누적 일사량 대비 1시간 누적 일사량에 해당하는 $t+1, t+2$ 그리고 $t+3$ 의 상대적인 비율을 계산한다. GFS 모델의 3시간 누적 예보 일사량 값에 계산한 비율을 각 시점의 가중치로 두었다.

3.3 Downscaling (상세화) 결과 및 정확도 비교

189개의 좌표 중 하나인 위도 33.25, 경도 126.25 좌표의 2018년 2월 19일 12 UTC (21 KST)에 생산된 모델의 3시간 누적 예보 일사량 값을 1시간 누적 예보 일사량으로 상세화한 결과다. Fig. 2는 평균 방법을 이용하였고, Fig. 3은 상관관계 방법을 이용하였다.

본 연구에서는 두 방법의 상세화 성능에 대한 정확도를 비교하기 위해 rRMSE (relative Root Mean Square Error)측도와 rMAE (relative Mean Absolute Error)측도를 이용한다. Table 2는 상세화 결과에 대한 rRMSE

Fig. 2 The Graph of Downscaling Result using Average Method (Wh/m^2)

Fig. 3 The Graph of Downscaling Result using Correlation Method (Wh/m^2)

와 rMAE를 나타낸 결과다.

Table 2 Comparison of rRMSE and rMAE between Methods

	(1) Use of Average	(2) Use of Ratio
rRMSE	0.2461	0.2332
rMAE	0.1312	0.1150

Table 3은 군집별 rRMSE와 rMAE 값을 나타낸 결과다. 앞선 군집화에서 형성된 7개의 군집에 대해서 같은 방법을 적용해 상세화 성능을 평가하였다.

Table 3 Comparison of rRMSE and rMAE between Methods by Clusters

Cluster	rRMSE		rMAE	
	(1) Use of Average	(2) Use of Ratio	(1) Use of Average	(2) Use of Ratio
1	0.2447	0.2311	0.1304	0.1141
2	0.2517	0.2383	0.1347	0.1183
3	0.2366	0.2244	0.1264	0.1107
4	0.2430	0.2302	0.1301	0.1144
5	0.2555	0.2447	0.1364	0.1200
6	0.2379	0.2244	0.1261	0.1102
7	0.2387	0.2260	0.1261	0.1104

4. 결론

위의 Table 2와 Table 3을 통해 평균으로 상세화한 방법과 비율을 이용하여 상세화한 방법의 정확도를 비교한 결과는 다음과 같다.

- (1) rRMSE와 rMAE를 확인한 결과 3시간 누적 일사량의 비율을 고려한 방법이 평균을 이용한 상세화보다 더 비교적 높은 정확도를 보이는 것을 알 수 있다.
- (2) 군집별로 rRMSE와 rMAE를 비교한 결과 모든 군집에서 상관관계 방법 중 3시간 누적 일사량의 비율을 고려한 방법이 평균을 이용한 상세화보다 더 비교적 높은 정확도를 보이는 것을 알 수 있다.
- (3) 향후 상세화에 있어서 Linear interpolation뿐 아니라 Polynomial interpolation과 같은 방법을 통해 상세화를 하거나 더 나아가 머신러닝 분야에서의 ANN (Artificial Neural Networks), SVM (Support Vector Machine) 방법을 사용한다면 정확도를 높일 수 있을 것이라고 생각한다.^{4,5)}

후기

본 논문은 2020년도 한국에너지기술연구원의 재원으로 통계적 기법 활용 일사량 예보 데이터 상세화 용역의 지원을 받아 수행한 연구 과제임.

REFERENCES

1. Fiseha, B. M., Melesse, A. M., Romano, E., Volpi, E., and Fiori, A., Statistical Downscaling of Precipitation and Temperature for the Upper Tiber Basin in Central Italy. *International Journal of Water Sciences*, Vol. 1, 2012.
2. Lee, T., Park, T., Lee, H., and Jeong, C., Temporal Downscaling of Precipitation from Daily to Hourly Based on Nonparaetric Approach: Assessment of the Climate Change Impacts on the Hourly Precipitation for the Gyeongnam Region, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 4, pp. 301-308, 2014.
3. Gutiérrez, J. M., Cofiño, A. S., Cano, R., and Rodríguez, M. A., Clustering methods for statistical downscaling in short-range weather forecasts, *Monthly Weather Review*, Vol. 132, No. 9, pp. 2169-2183, 2004.
4. Sachindra, D. A., Ahmed, K., Rashid, M. M., Shahid, S., and Perera, B. J. C., Statistical Downscaling of Precipitation Using Machine Learning Techniques, *Atmospheric Research*, Vol. 212, pp. 240-258, 2018.
5. Campozano, L., Tenelanda, D., Sanchez, E., Samaniego, E., and Feyen, J., Comparison of Statistical Downscaling Methods for Monthly Total Precipitation: Case Study for the Paute River Basin in Southern Ecuador, *Advances in Meteorology*, 2016.