

# 기후데이터와 태양광발전 데이터를 이용한 역전파 알고리즘 기반 패널 결함 검출 방법

이승민, 이우진  
 경북대학교 IT 대학 컴퓨터학부  
 e-mail : seung.min.lee.k@gmail.com, woojin@knu.ac.kr

## Backpropagation Algorithm based Fault Detection Model of Solar Power Generation using Weather Data and Solar Power Generation Data

Seung Min Lee, Woo Jin Lee  
 School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

태양광발전의 단점 중 하나인 불규칙 전력 생산문제로 인해, 장비 및 패널 결함에 실시간 대응하지 못하는 문제가 발생한다. 태양광패널 결함을 자동 검출하기 위해 기후데이터 및 패널 정보를 이용하여 신경망에 적용하고 역전파 알고리즘을 통해 학습하는 발전량 예측 및 실시간 결함 검출 모델을 제안한다.

### 1. 서론

태양광발전은 햇빛을 직류 전기로 바꾸어 전력을 생산하는 발전 방법이다. 태양광발전은 여러 개의 태양 전지들이 붙어있는 태양광 패널을 이용한다. 태양광발전량은 2 년마다 두 배씩 증가하였으며, 2002 년 이래로 매년 평균 48%의 성장을 하였고, 에너지 기술 분야에서 가장 빠르게 성장하고 있는 분야이다[1]. 신재생에너지 축진의 정부 주도 하의 보조 또는 장려 사업이 이루어지고 있어, 이제 막 산업화 단계에 들어서고 있지만, 기술 및 발전설비 구축에 어려움으로 인해 아직은 불안정하고 여러 장애 요인들이 나타나고 있다[2]. 예를 들어, 기후변화 및 먼지나 이물질에 의한 효율감소, 기타 패널 결함 등이 있다. 본 연구에서는 패널 결함을 자동 검출하기 위한 발전량 예측 모델을 제시하고자 한다. 신경망(neural network)에 기후 데이터와 태양광발전 데이터를 입력층으로 이용하고 단위 발전량 데이터를 출력층에 학습시켜 발전량을 예측한다. 신경망 학습 방법으로는 역전파(backpropagation) 알고리즘을 사용하고 오류율을 분석하여 최적의 신경망 학습률과 오차계수를 실험을 통해 알아낸다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 본 논문의 관련연구를 기술한다. 제 3 장에서는 기후 데이터와 태양광발전 데이터를 신경망에 적용해 발전량을 예측하는 알고리즘을 설명한다. 제 4 장에서는 실험용 데이터를 적용하여 패널결함을 검출한다. 마지막으로 제 5 장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대하여 논의한다.

### 2. 관련연구

태양광 발전량 예측 기술로 기후정보를 SVM(Support Vector Machine) 에 적용시킨 발전량 예측모델[3], 일사량에 데이터에 보정치를 적용시켜 신경망에 적용한 모델[4]이 있다. 그밖에 태양광시스템의 최적 설치 장소, 효율적 운전원리, 태양광 발전량 증가를 위한 패널 소재에 관한 연구 등이 있다.

### 3. 태양광 발전량 예측을 위한 알고리즘

태양광패널 발전량을 보다 정밀하게 예측하기 위해서 기후 데이터와 태양광발전 데이터의 모든 변수를 학습용 데이터로 활용, 최적의 신경망모델을 조직한다. 태양광 패널 결함 검출을 위한 예측변수는 표 1 과 같이 기후 정보 및 패널 정보로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 제주도 애월읍의 2014. 10. 05 ~ 2015. 02. 27 기간 중 일평균 기후 데이터와 태양광발전 데이터를 신경망 학습데이터로 활용한다.

표 1 기후 데이터와 태양광발전 데이터

Weather data					
Date	Temperature (°C)	Cloud (1/10)	Isolation (MJ/m <sup>2</sup> )	Sunshine (hr)	
2015-03-10	2.8	6.4	0.97	0.23	
2015-03-11	7.7	4.5	1.37	0.54	
2015-03-12	9.4	0.9	1.66	0.76	
2015-03-13	14	2.2	1.43	0.8	
2015-03-14	10.6	4.9	1.3	0.59	
Pannel data					
일시	단위발전 (kWh)	수평일사 (W/m <sup>2</sup> )	경사일사 (W/m <sup>2</sup> )	외기온도 (°C)	모듈온도 (°C)
2015-03-10	10	130	145	0.78	4.42
2015-03-11	21	205	248	6.50	13.25
2015-03-12	23	252	293	10.22	18.88
2015-03-13	22	196	234	10.99	17.10
2015-03-14	21	181	230	10.70	17.55

### 3.1 신경망 구성

신경망[5]은 인간의 뇌의 구조와 뇌에서 수행되는 정보처리 방식을 모방함으로써 인간이 지능적으로 처리하는 복잡한 정보처리 능력을 기계를 통해 실현하고자 하는 연구분야이다. 그림 1 은 신경망 모델로 입력층, 히든층, 출력층으로 나뉘는데 학습데이터를 입력층과 출력층에 넣어 히든층의 가중치값을 학습하고, 학습된 가중치값으로 입력에 따른 출력값을 예측한다. 기후 데이터와 태양광발전 데이터를 입력층 값으로 사용하고 히든층은 9 개로 구성하며 출력층은 단위발전량 값이다.

출력층  $u$  는 히든층 9 개중  $k$  번째에 가중치  $v_k$  를 적용하고  $\phi$  는 탄젠트값을 사용한다. 그리고  $k$  번째 히든층  $z_k$  는 가중치  $w_k$  를 적용하고 bias  $w_0$  를 적용한다. 가중치  $v_k, w_k$  의 초기값으로 -2~2 사이의 float 값을 사용한다. 마지막으로 정확도 향상을 위해 입력데이터와 단위발전데이터는 정규화 후 사용한다.

- $u = \phi(\sum_{k=1}^9 v_k z_k)$
- $z_k = \phi(\sum_{i=1}^8 w_{ik} x_i + w_0)$

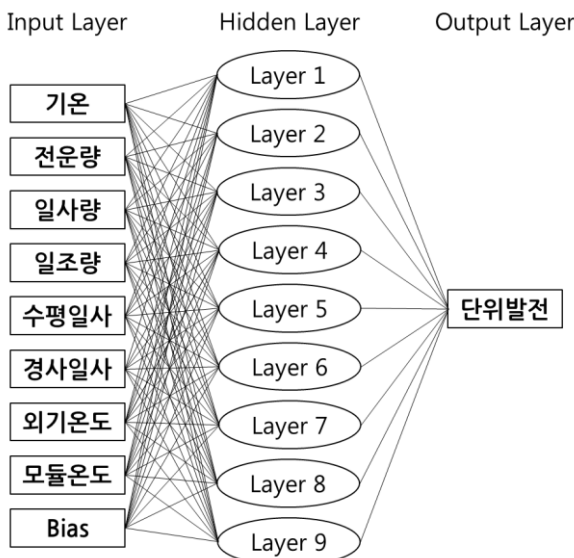


그림 1 단위발전 예측을 위한 신경망 모델

### 3.2 역전파(Backpropagation) 알고리즘을 이용한 신경망 학습

역전파(backpropagation)[6]는 신경망을 훈련시키기 위해 사용하는 학습방법으로 학습된 예측 값과 실제 값의 차이를 역으로 전파하며 가중치(weight)를 수정하는 알고리즘이다. 가중치  $v_k$  와  $w_i$  는 다음의 식을 이용한다.

- $Error = Target - u$
- $\Delta Output = Error * (1 - u^2)$
- $Change_k = \Delta Output * z_k$
- $v_k = N * Change_k + M * Change_{k-1}$

출력가중치  $v_k$  는 학습률  $N$  과 오차계수  $M$  을 이용한다. Target 은 목표 단위발전값이며  $u$  는 출력층값이다. 입력가중치  $w_i$  는 아래 식을 이용한다.

- $Error = \Delta Output * v_k$
- $\Delta Hidden_k = Error * (1 - u^2)$
- $Change = \Delta Hidden_k * x_i$
- $w_i = N * change + M * Change_{i-1}$

### 3.3 학습률 및 오차계수 수정

학습률 과다일 경우 학습속도는 빠르지만 오차계수가 좋지 않으면 불안정성 문제가 발생하고 학습용 데이터가 충분하지 않고 잡음이 있는 경우 Overfitting[7] 문제가 발생한다.

그림 2 는 학습률 변동에 따른 단위발전 데이터와 예측값 그래프이다. 그래프에서 학습률이 0.1 인 경우 실제 단위발전 데이터와 가장 비슷한 예측값을 보였다. 단위발전 데이터의 총합은 64.6 이며 오차계수가 0.01 일 때의 총합 68.5 을 보였고, 0.05 일 때 70.54, 0.1 일 때 75.0 을 보여 0.01 을 오차 계수로 사용한다.

### 4. 실험용 데이터 적용 및 패널결함 검출

제주시 애월읍의 2015. 03. 10 일부터 6 일간 데이터를 실험용 데이터로 패널 검출을 위한 발전량 예측을 시험하였으며 결과는 표 2 와 같다. 2015-03-10 데이터와 2015-03-14 데이터에서 신경망 출력값 대비 단위발전값이 작으며 오차범위는 -3.3 으로 패널결함 확인 후 재 학습작업이 필요하다.

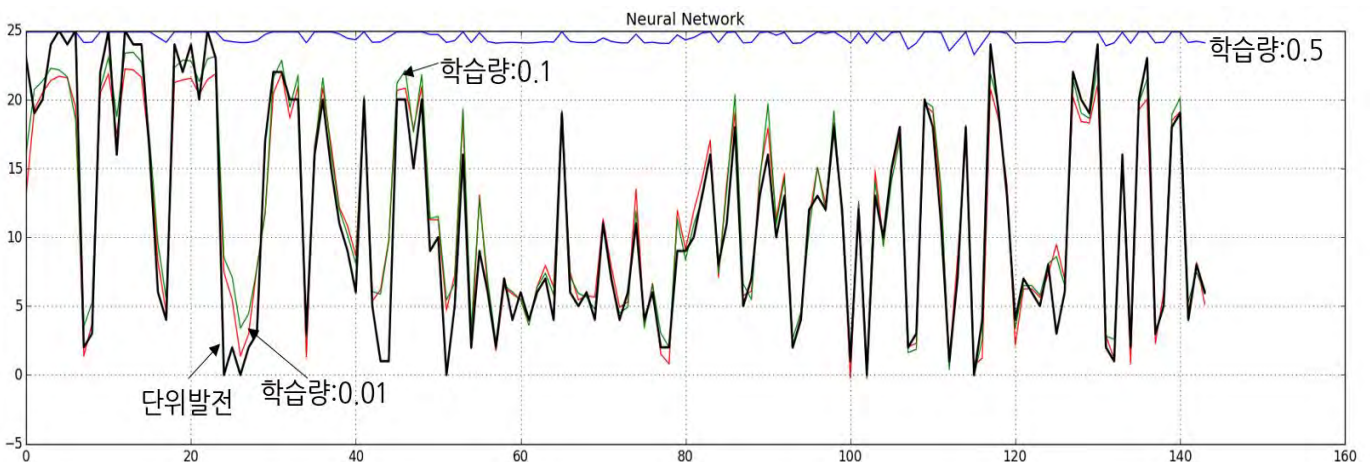


그림 2 단위발전 데이터와 학습률 변동에 따른 단위발전 예측값

표 2 신경망 출력값 및 태양광 단위발전값

일시	출력값	태양광 단위발전값
2015-03-10	13.2913	10.0
2015-03-11	20.0559	21.0
2015-03-12	23.2865	23.0
2015-03-13	21.0062	22.0
2015-03-14	19.1281	16.0
2015-03-15	22.5063	25.0

참고문헌

[1] Solar energy, <http://en.wikipedia.org/wiki/>  
 [2] 유권중, "태양광발전 개발 현황," 전기저널, pp. 39-44, 2010.  
 [3] N. Sharma, P. Sharma, D. Irwin, P. Shenoy, "Predicting Solar Generation from Weather Forecasts Using Machine Learning," IEEE International Conference on Smart Grid Communications, 2011.  
 [4] 송재주, 이상호, 정운수, "태양광 발전을 위한 발전량 예측 모델 분석," 디지털정책연구, Vol. 12, No. 3, pp. 243-248, 2014.  
 [5] Rowley, Henry A, Shumeet Baluja, Takeo Kanade, "Neural network-based face detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.1, pp. 23-38, 1998.  
 [6] Hecht-Nielsen, Robert, "Theory of the backpropagation neural network," IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 1989.  
 [7] Lawrence, Steve, C. Lee Giles, "Overfitting and neural networks: conjugate gradient and backpropagation," IEEE Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks, Vol.1, 2000.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 태양광 시스템 패널 결함 검출을 위한 기후 데이터 및 패널 데이터 전체를 활용한 발전량 예측 알고리즘을 제안하였다. 향후 연구에서는 알고리즘을 개선하고 학습용 데이터를 늘려 교차검증(Cross validation) 작업을 수행한 후 실제 환경에 적용시킨 태양광 관측 시스템을 운영할 계획이다.

Acknowledge

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성 [기술개발]사업의 연구결과로 수행되었음 (R0002971)