

Meteorolojik Tahmin Destekli Yapay Sinir Ağı ile Gün Öncesi Saatlik Güneş Işınımı Kestirimi: Trabzon ili Örneği

Prediction of Day Ahead Hourly Solar Radiation by Meteorological Forecasting Supported Artificial Neural Network: A Case Study for Trabzon Province

Sibel Çevik¹, Recep Çakmak², İsmail Hakkı Altaş³

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
sibelcevik@ktu.edu.tr

²Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye
rcakmak@gumushane.edu.tr

³Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
ihaltas@ktu.edu.tr

Özetçe—Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi her geçen gün artmaktadır. Elektrik şebekesinin kararlı bir şekilde çalışmasını sağlamak için kesintili ve değişken karakteristiğe sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılacak olan üretimin doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada gün öncesi saatlik güneş radyasyonunu tahmin etmek için meteorolojik tahmin verileri ile desteklenen çok katmanlı yapay sinir ağı (YSA) sistemi önerilmektedir. Bu bağlamda sebep sonuç ilişkisine dayalı olarak çalışan bir YSA sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan yapay sinir ağı yapacağı güneş ışınımı kestiriminin doğruluğunu arttırmak için benzer gün seçim algoritması geliştirilmiştir. Mevsimleri kendi içerisinde değerlendirilerek, her mevsim için farklı bir yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, MATLAB benzetim programında MATLAB'ın YSA araç kutusunda bulunan kodlar kullanılmadan tasarlanmış, eğitilmiş ve test edilmiştir. Önerilen YSA sistemi kullanılarak Trabzon ili için gün öncesi saatlik güneş ışınımı tahmini yapılmıştır. Yapılan tahminlerin doğruluğu, ortalama mutlak yüzde hata (OMHY), karesel ortalama hata (KOH), ortalama mutlak hata (OMH) ve korelasyon katsayısı (r) performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler—Güneş ışınımı kestirimi; yapay sinir ağları; yapay zeka; tahmin; Trabzon.

Abstract— Electricity generation from renewable energy sources is increased day by day. Accurate estimation of electricity generation from the renewable energy sources which have intermittent and variable characteristics is a requirement to ensure stable operation of the electrical grid. In this study, a multi-layer artificial neural network (ANN) system, which is supported by meteorological forecasting data, has been proposed to predict day ahead hourly solar radiation. In this context, the ANN system which operates by based on cause-effect relationship has been designed. In order to increase accuracy of the solar radiation prediction of the designed ANN, a similar day selection algorithm has been developed. A unique ANN has been constituted for each season by evaluating the seasons within itself. The designed ANN model has been designed, trained and tested in MATLAB simulation environment without using codes of the MATLAB ANN toolbox. Day ahead hourly solar radiation of Trabzon province has been predicted by the proposed ANN. The accuracy of the predictions has been evaluated by the mean absolute percentage error (MAPE), the root means squared error (RMSE), the mean absolute error (MAE) and the correlation coefficient (r) performance measures.

Keywords— Prediction of solar radiation; artificial neural networks; artificial intelligence; forecasting; Trabzon.

I. GİRİŞ

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan Fotovoltaik (FV) sistemlerin fiyatları her geçen yıl düşmekte ve bu sistemlerle elektrik üretimi her geçen yıl artmaktadır. Güvenilir ve kararlı bir elektrik şebekesi oluşturmak için FV sistemlerden yapılacak olan elektrik enerjisi üretim miktarının doğru tahmin edilmesini gerekmektedir. Yapılacak olan tahminlerin doğruluğu geleceğin elektrik şebekesi olarak düşünülen akıllı elektrik şebekelerinde [1] yapılacak olan yük planlama [2] çalışmalarına olumlu katkı sağlayacak ve elektrik şebekesinin kararlı çalışması için yapılacak olan diğer planlama çalışmalarına fayda sağlayacaktır. FV sistemlerle elektrik üretimi yapılan bir bölgedeki güneş ışınımının tahmin edilmesi, bu sistemlerin üreteceği güç miktarlarının tahmin edilmesine olanak sağlayacaktır.

Güneş ışınımı ve FV güç tahmini/kestirimi çalışmalarında istatistiksel, fiziksel yaklaşımların yanı sıra yapay zekâ yöntemleri ve hibrit yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır [3]. Yapay zeka yöntemlerinden biri olan yapay sinir ağlarıyla (YSA) sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, bulutluluk gibi güneş ışınımıyla ilişkili veriler kullanılarak gün öncesi saatlik güneş ışınımı kestirimi çalışmaları yapılmıştır [4]-[6].

Hocaoğlu ve Serttaş [7] güneş ışınımı verisinin kendini tekrarladığı kabulüyle, saatlik güneş ışınımı verisine geçmişte en çok benzeyen en uzun güneş ışınımı serisini bularak kısa dönem saatlik güneş ışınımı tahminini Mycielski-Markov hibrit modeli ile yapmışlardır. Akarslan ve Hocaoğlu bir başka bir çalışmada [8], verileri mevsimsel olarak ayrıştırarak yaz ve kış verileri için lineer tahmin, diğer mevsimler için ise deneysel yöntem kullanılarak güneş ışınım tahmini yapmışlar, lineer veya deneysel tahmin yöntemlerinden hangisinin kullanılacağına karar vermek için açıklık indeksi verisinden faydalanmışlardır.

FV enerji üretimini gün öncesinden saatlik tahmin etmek amacıyla yapılan bir diğer çalışmada, geçmişe dönük veri ve ilgili günün hava tahmini kullanılarak havanın durumuna göre (güneşli, bulutlu, yağmurlu) aynı tipteki her saat için ayrı yapay sinir ağı kurulmuştur ve ağ ELM (Extreme Learning Machine) öğrenme algoritması ile eğitilmiştir [9]. Güneş ışınım tahmini yapılan diğer bir çalışmada, sayısal zekâ yöntemlerinden destek vektör makineleri (SVM) ve ELM kullanılmıştır. Hava istasyonundan alınan geçmiş ışınım değerleri ve sıcaklık değerleri kullanılarak zaman serileri oluşturulmuştur [10]. SVM yöntemi kullanılarak yapılan kısa dönem saatlik güneş ışınımı tahmin çalışmaları [11], [12] geçmiş güneş ışınım verilerini kullanarak Öklid normu ile benzer gün seçiminden sonra tahmin yapan sistemler önerilmiştir.

Gün öncesi yarım saatlik güç tahmini yapmak için geliştirilen çalışmada [13] tahmin gününün ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık meteorolojik tahmin değerlerine göre tahmin gününe benzeyen gün seçimi yapılmıştır. Benzer gün ile tahmin gününün maksimum,

minimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile benzer günün yarım saatlik güneş ışınım değerleri giriş olarak kullanılarak yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Gün öncesi saatlik güneş ışınımının kestirimi için önerilen çalışmada [14] geçmiş günlere ait güneş ışınımı verisi ve tahmin gününün meteorolojik tahmini bulut kapalılığı verisi kullanılarak regresyon tabanlı bir hesaplama yöntemi kullanılmıştır. [15] numaralı çalışmada gün öncesi FV güç üretimini kestirmek amacıyla günler beş farklı hava tipine ayrılmıştır. Daha doğru tahmin yapmak için, farklı hava tiplerine yönelik oluşturulan ağlardan en uygunu bulanık mantık yöntemiyle belirlenmiştir. [16] numaralı çalışmada ise kestirim yapılacak güne ait meteorolojik tahmin istasyonundan elde edilen saatlik sıcaklık ve nem tahminleri kullanılarak yapay sinir ağı yaklaşımı ile gün öncesi saatlik güneş ışınımı kestirimi yapılmıştır.

Trabzon ili Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Trabzon ili konum itibarıyla Türkiye'nin kuzeyinde bulunmasına karşın FV sistemler kullanarak güneş enerjisinden elektrik üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkelerden olan Almanya ile karşılaştırıldığında Trabzon'un yıllık güneş enerjisi potansiyeli Almanya'dan daha fazladır [20].

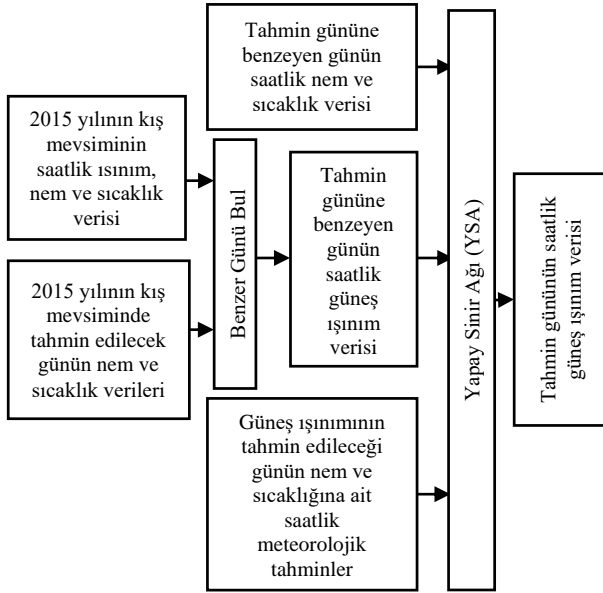
Bu çalışmada yukarıda detayları verilen literatür ışığında yapay zekâ yöntemlerinden yapay sinir ağları yaklaşımı kullanılarak meteorolojik tahmin destekli gün öncesi saatlik güneş ışınım tahmin sistemi önerilmiştir ve Trabzon iline ait verilerle test edilmiştir. Önerilen yapay sinir ağları MATLAB benzetim ortamında MATLAB'ın hazır araç kutuları ve bu araç kutularına ait hazır kodlar kullanılmadan tasarlanmış, eğitilmiş ve test edilmiştir.

Her bir mevsim kendi arasında değerlendirilerek dört farklı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Geçmiş yıllara ait güneş ışınımı, nem ve sıcaklık verileri benzer gün seçim algoritmasıyla birlikte kullanılarak yapay sinir ağları eğitilmiştir. Meteorolojik tahmin istasyonunun saatlik sıcaklık ve nem tahminlerine ait veriler kullanılarak tahmin gününe en çok benzeyen gün, yılın aynı mevsiminde aranmıştır. Benzer gün için elde edilen saatlik güneş ışınımı, sıcaklık ve nem değerleri kullanılarak her mevsim için ayrı olmak üzere çok katmanlı yapay sinir ağları oluşturulmuştur. Her bir ağ, eğitim yılından sonraki yıla ait aynı mevsimdeki ayların ilk, orta ve son günlerinin verileriyle test edilmiştir. Geliştirilen ağların performansları test setine ait gerçek veriler ve tahmin edilen değerler ışığında hesaplanan ortalama mutlak yüzde hata (OMYH), karesel ortalama hata (KOH), ortalama mutlak hata (OMH) ve korelasyon katsayısı (r) performans ölçütlerine göre değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde güneş ışınımı tahmini için önerilen yapay sinir ağı modelinden, yararlanılan veri kaynağından, benzer gün seçiminden, verilerin ölçeklendirilmesinden ve değerlendirme ölçütlerinden söz edilmiştir. Sonraki bölümde bu çalışmada elde edilen bulgular verilmiştir ve sonuçlar bölümünde elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

II. ÖNERİLEN YAPAY SİNİR AĞI MODELİ

Gün öncesi saatlik güneş ışınlamı tahmini/kestirimi için önerilen üç ara katmanlı yapay sinir ağı modeli Şekil 1’de gösterilmiştir. 2015 yılı verisi mevsimsel olarak ayrıştırılarak her mevsim için bir ağı olmak üzere 4 farklı ağı oluşturulmuştur. Yapay sinir ağı modeli oluşturulmadan önce her bir günün benzer günü belirlenmiştir. Benzer günler saatlik sıcaklık ve nem verileri kullanarak “Öklid normu” ile belirlenmiştir. 2016 yılının her mevsimindeki ayların ilk, orta ve son günleri test verisi olarak kullanılmıştır. Böylece her mevsim için dokuz günlük test seti ile her bir ağı test edilmiştir.

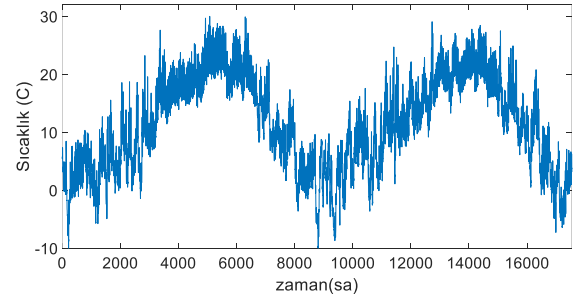


Şekil 1. Önerilen yapay sinir ağı modeli (örnek: kış mevsimi)

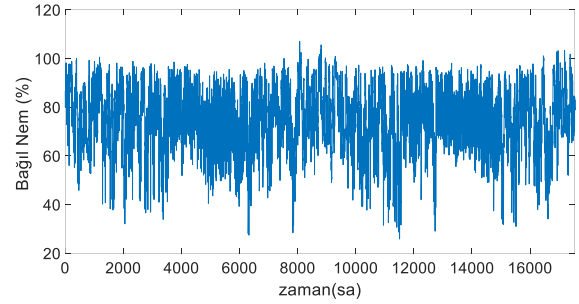
Tasarlanan çok katmanlı yapay sinir ağlarından her biri tahmin/kestirim çalışmalarında sıklıkla kullanılan geleneksel geri yayılım algoritması ile eğitilmiştir.

A. Veri Kaynağı

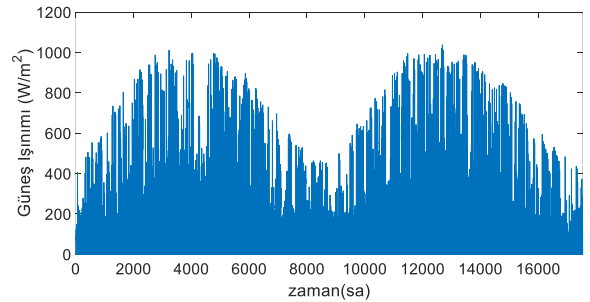
Kullanılan veri Trabzon (enlem: 40.991150, boylam: 39.784964) ili için, yatay düzleme gelen toplam güneş ışınlamı [17] numaralı kaynaktan, bağıl nem ve sıcaklık verisi [18] numaralı kaynaktan elde edilmiştir. 2015 ve 2016 yıllarına ait sıcaklık verisi Şekil 2’de, nem verisi Şekil 3’te, güneş ışınlamı verisi Şekil 4’te yer almaktadır.



Şekil 2. 2015-2016 yıllarına ait sıcaklık verisi



Şekil 3. 2015-2016 yıllarına ait bağıl nem verisi



Şekil 4. 2015-2016 yıllarına ait güneş ışınlamı verisi

Her mevsim için tasarlanan yapay sinir ağları 2015 yılı verileriyle eğitilip, 2016 yılının her ayının ilk, orta ve son günleri olmak üzere her mevsim için dokuz test örneği kullanılarak test edilmiştir.

B. Tahmin Gününe Benzeyen Gün Seçimi

Tasarlanan yapay sinir ağlarının girişlerinde kullanılmak üzere, tahmin edilecek gününün sıcaklık ve nem değerlerine göre tahmin edilecek güne en çok benzeyen gün tespit edilmiştir. Bu amaçla 2015 yılının her mevsimi içerisindeki her bir güne ait benzer gün, kendi mevsimi içerisinde, saatlik sıcaklık ve saatlik nem değerleri kullanılarak öklid normu ile belirlenmiştir.

C. Verilerin Ölçeklendirilmesi

YSA'nın giriş ve çıkışlarında kullanılan verilerin uygun bir biçimde ölçeklendirilmesi ağı performansı etkilemektedir [21]. Güneş ışınlamı, bağıl nem ve sıcaklık verilerinin her biri kendi arasında ölçeklendirilme işlemine tabi tutulmuştur. X_i , girdi değeri, X_{min} , girdi seti içerisinde yer alan en küçük sayı, X_{max} , girdi seti içerisinde yer alan en büyük sayı ve X' normalize edilmiş veri olmak üzere D-min-maks normalizasyon ifadesi Denklem 1'de gösterilmiştir.

$$X' = 0.8 * \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} + 0.1 \quad (1)$$

D. Değerlendirme Ölçütleri

Literatürde, tahminin doğruluğu analiz etmek için OMYH, korelasyon katsayısı(r), KOH ve OMH gibi performans ölçütlerinden yararlanılmıştır. OMYH(MAPE) Denklem 1'de, korelasyon katsayısı(r) Denklem 2'de ifade edilmiştir. OMYH performans ölçütüne göre %10'un altında yapılan tahminler "yüksek doğruluk" derecesinde, %10-%20 arasında ise "doğru", %20-%50 arasında ise "kabul edilebilir" ve %50'nin üzerinde ise "yanlış ve hatalı" tahmin olarak nitelendirilir [19]. Korelasyon katsayısının (r) da 1'e yakın olması yüksek doğruluk ifade etmektedir. Denklem 4'de ifade edilen KOH ve Denklem 5'de verilen OMH gibi hata değerleri de tahminin performansı hakkında fikir vermektedir. KOH ve OMH değerlerinin mümkün olduğunca düşük çıkması tahmin performansının yüksek olduğunun bir göstergesidir.

$$OMYH(MAPE) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|GI_{gerçek} - GI_{tahmin}|}{GI_{gerçek}} \right) * 100 \quad (2)$$

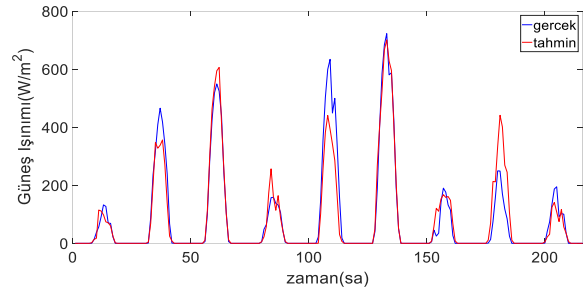
$$r = \frac{\sum (GI_{gerçek} - \bar{GI}_{gerçek})(GI_{tahmin} - \bar{GI}_{tahmin})}{\sqrt{\sum (GI_{gerçek} - \bar{GI}_{gerçek})^2 \sum (GI_{tahmin} - \bar{GI}_{tahmin})^2}} \quad (3)$$

$$KOH(RMSE) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (GI_{gerçek} - GI_{tahmin})^2} \quad (4)$$

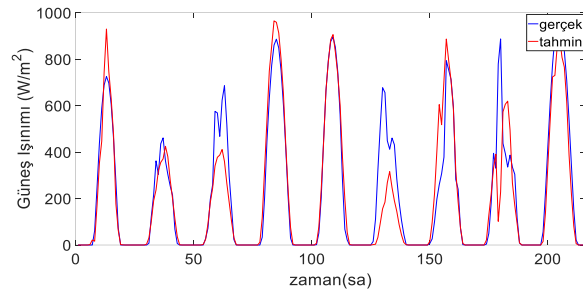
$$OMH(MAE) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |GI_{gerçek} - GI_{tahmin}| \quad (5)$$

III. BULGULAR

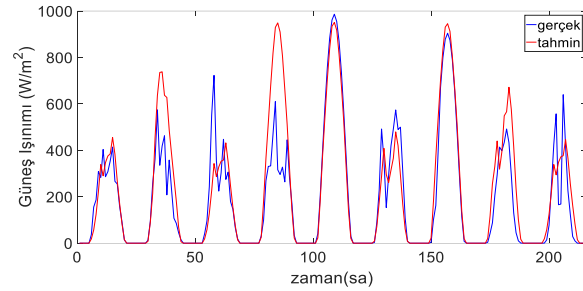
Her mevsim için tasarlanan yapay sinir ağlarının eğitiminin ardından ağa girilen test setleri neticesinde ağların tahmin performansları elde edilmiştir. Kış mevsimi için elde edilen sonuçlar Şekil 5'te, ilkbahar mevsimi için elde edilen sonuçlar Şekil 6'da, yaz mevsimi için elde edilen sonuçlar Şekil 7'de ve sonbahar mevsimi için elde edilen sonuçlar Şekil 8'de gösterilmiştir. Test setleri için elde edilen OMHY, KOH, OMH ve "r" performans ölçütleri Tablo I'de verilmiştir.



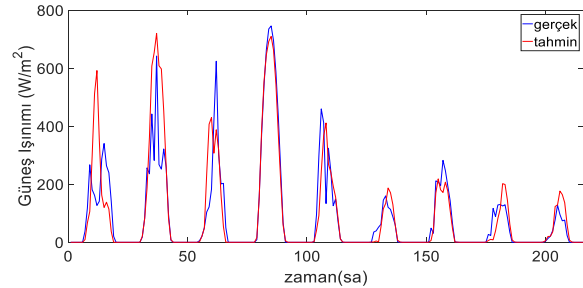
Şekil 5. Kış mevsimi test kümesinin gerçek ve tahmin edilen güneş ışınlamı değerleri



Şekil 6. İlkbahar mevsimi test kümesinin gerçek ve tahmin edilen güneş ışınlamı değerleri



Şekil 7. Yaz mevsimi test kümesinin gerçek ve tahmin edilen güneş ışınlamı değerleri



Şekil 8. Sonbahar mevsimi test kümesinin gerçek ve tahmin edilen güneş ışınlamı değerleri

Test Seti	Hata Kriteri			
	OMYH (%)	KOH (W/m ²)	OMH (W/m ²)	r
Kış Mevsimi	8.91	49.2	21.8	0.95
İlkbahar Mevsimi	12.11	119	58	0.91
Yaz Mevsimi	17.11	126	65.7	0.89
Sonbahar Mevsimi	12.80	83.7	36.2	0.87

Tablo I. Test setlerinin hata değerleri

Tablo I' de verilen OMYH performans kriterlerine göre kış mevsimindeki test seti için OMYH değeri %8.91 iken yaz mevsimine ait test için %17.11, ilkbahar ve sonbahar test setleri için yaklaşık %12 olarak gerçekleşmiştir. Trabzon ilinin deniz kıyısında olması ve yaz aylarında buharlaşmanın fazla olmasından kaynaklanan bulutlanma olaylarından dolayı yaz test setindeki OMYH değerinin yüksek çıktığı düşünülmektedir. Elde edilen OMYH performansları için [19] numaralı kaynakta belirtilen ölçütlere göre önerilen YSA sistemi kış test seti için yüksek doğruluk derecesinde, ilkbahar test seti doğru, yaz test seti için kabul edilebilir yakın doğru ve sonbahar test seti için doğru tahmin yapılmıştır.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada gün öncesi saatlik güneş ışıyım kestirimi için meteorolojik tahmin destekli yapay sinir ağı önerilmiştir ve Trabzon iline ait verilerle test edilmiştir. Önerilen yaklaşım ile her mevsim için ayrı yapay sinir ağı oluşturularak eğitilmiştir ve her mevsim için belirlenen farklı test örnekleri ile ağılar test edilmiştir. Test setlerinde elde edilen tahminlerin doğruluğu ortalama mutlak yüzde hata (OMYH), karesel ortalama hata(KOH), ortalama mutlak hata(OMH) ve korelasyon katsayısı (r) performans ölçülerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, önerilen meteorolojik tahmin destekli yapay sinir ağı sisteminin, Trabzon ili gibi yağış ve bulutluluk oranı yüksek olan bir şehir için kabul edilebilir hata ile tahmin yapabileceğini ortaya koymaktadır.

YAZAR KATKILARI

Birinci yazar çalışmanın sorumlu yazarı olup geliştirilen yapay sinir ağına MATLAB benzetim ortamında programlarının yazılması ve test edilmesi çalışmalarını gerçekleştirmiştir. *İkinci yazar* yapay sinir ağına tasarlanmasında, veri kaynaklarından veri temininde, literatür taramasında ve bildiri metnin editörlüğünde görev almıştır. *Üçüncü yazar* çalışmaya danışmanlık yapmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı (1001) kapsamında 115E943 numaralı proje ile desteklenmektedir. Yazarlardan Recep Çakmak, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na (BİDEB) Doktora Bursu desteği için teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- [1] H. Farhangi, "The path of the smart grid," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 8, no. 1, pp.18-28, January-February 2010.
- [2] R. Cakmak and I. H. Altas, "Scheduling of domestic shiftable loads via Cuckoo search optimization algorithm," 2016 4th International Istanbul Smart Grid Congress and Fair (ICSG), Istanbul, 2016, pp. 1-4.
- [3] C. Wan, J. Zhao, Y. Song, Z. Xu, J. Lin and Z. Hu, "Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid Energy Management," CSEE Journal of Power and Energy Systems, Vol. 1, No. 4, 38-46, December 2015.
- [4] J. Liu, W. Fang, X. Zhang and C. Yang, "An Improved Photovoltaic Power Forecasting Model With the Assistance of Aerosol Index Data," IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 6, No. 2, 434-442, April 2015.
- [5] S. Watetakarn and S. Premrudeepreechacharn, "Forecasting of Solar Irradiance for Solar Power Plants by Artificial Neural Network," 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), Bangkok, 2015, pp. 1-5.
- [6] F. Grimaccia, M. Mussetta and R. E. Zich, "Advanced Predictive Models towards PV Energy Integration in Smart Grid," 2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Brisbane, QLD, 2012, pp. 1-6.
- [7] F. O. Hocaoglu, F. Serttas, "A Novel Hybrid (Mycielski-Markov) Model for Hourly Solar Radiation Forecasting," Renewable Energy, Vol. 108, August 2017, pp. 635-643.
- [8] E. Akarslan, F. O. Hocaoglu, "A Novel Adaptive Approach for Hourly Solar Radiation Forecasting," Renewable Energy, Vol. 87, Part 1, Pages 628-633, March 2016.
- [9] Z. Li, C. Zang, P. Zeng, H.Yu, H. Li, "Day-ahead Hourly Photovoltaic Generation Forecasting using Extreme Learning Machine," 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Shenyang, 2015, pp. 779-783.
- [10] S. Ferrari, M. Lazzaroni, V. Piuri, A. Salman, L. Cristaldi and M. Faifer, "Computational Intelligence Models for Solar Radiation," 2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), Minneapolis, MN, 2013, pp. 757-762.
- [11] X. Yang, F. Jiang, H. Liu, "Short Term Solar radiation Prediction based on SVM with Similar Data," 2nd IET Renewable Power Generation Conference (RPG 2013), Beijing, 2013, pp. 1-4.
- [12] K. A. Baharin, H. A. Rahman, M.Y. Hassan, C. K. Gan, "Hourly Irradiance Forecasting in Malaysia Using Support Vector Machine," 2014 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON), Johor Bahru, 2014, pp. 185-190.
- [13] M. Ding, L. Wang, R. Bi, "An ANN-based Approach for Forecasting the Power Output of Photovoltaic System," Procedia Environmental Sciences, Volume 11, Part C, Pages 1308-1315, 2011.
- [14] O. Ceylan, M. Starke, P. Irminger, B. Ollis ve K. Tomsovic, "A Regression Based Hourly Day Ahead Solar Irradiance Forecasting Model By Labview Using Cloud Cover Data," 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), Bursa, 2015, pp. 406-410.
- [15] C.M. Huang, S. J. Chen, S. P. Yang, "One-Day-Ahead Hourly Forecasting For Photovoltaic Power Generation Using An Intelligent Method With Weather-Based Forecasting Models," IET Generation, Transmission & Distribution, Vol.9, No. 14, 1874-1882, May 2015.
- [16] X.Yan, D. Abbes, B. Francois, "Solar radiation forecasting using artificial neural network for local power reserve," 2014 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM), Tunis, 2014, pp. 1-6.
- [17] http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams_radiation-service.
- [18] <http://www.soda-pro.com/web-services/meteo-data/merra>

- [19] C. D. Lewis, "Industrial and Business Forecasting Methods", Butterworths Publishing, London, 1982.
- [20] R. Çakmak and İ. H. Altaş, "Solar energy potential of eastern black sea region of Turkey: A case study for Trabzon Province," 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO), Bursa, 2016, pp. 86-90.
- [21] S. Yavuz, M. Deveci, "İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı'nın Performansına Etkisi," Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Vol. 40, pp. 167-187, 2012.