

## Küresel Güneş Radyasyonu Tahmin Modelleri için Yapay Sinir Ağı Tabanlı WEKA Kullanımı

Selmin ENER RÜŞEN<sup>1\*</sup> ve Abdulkadir KILINÇVUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü /Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman

<sup>2</sup>Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı/Fen Bilimleri Enstitüsü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Türkiye

\*Sorumlu yazar: [selmin.enerrusen@gmail.com](mailto:selmin.enerrusen@gmail.com)

(Geliş Tarihi: 14 Ocak 2023, Kabul Tarihi: 20 Aralık 2023)

(2nd International Conference on Innovative Academic Studies, January 28 - 31, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Rüßen, S. E. & Kılınçvur, A. (2023). Küresel Güneş Radyasyonu Tahmin Modelleri için Yapay Sinir Ağı Tabanlı WEKA Kullanımı. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(11), 238-243.

**Özet** – Dünyada artan nüfus ve gelişen teknoloji enerjiye olan ihtiyacı giderek artırmakta olup, bu ihtiyacı çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak karşılamak çok önemlidir. Bu yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele sahip, en yaygın ve en ulaşılabilir olan güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden üretilen potansiyelin yanı sıra iklimsel etkilerin belirlenmesi küresel güneş radyasyonu hesaplamaları ile kolayca ortaya çıkartılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemiz İç Anadolu Bölgesinde seçilen iki istasyon için makine öğrenme algoritmaları WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) yazılımı kullanılarak küresel güneş radyasyonu tahmin çalışması yapılmıştır. İklim şartlarına göre değişen ortalama sıcaklık, güneşlenme şiddeti ve güç talebi gibi parametreler nedeniyle güneş enerjisi santrallerinde gelecek günlerin enerji üretimini tahmin etmek zordur. Bu çalışma ile seçilen iki istasyon için hesaplanan tahmin sonuçları ve doğruluğu kesin olarak bilinen yer gözlem istasyonundan elde edilen veriler istatistiksel hata analizi yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. WEKA makine öğrenme algoritmaları hesaplamaları ile bulunan küresel güneş radyasyonu tahminleri sonuçlarının seçilen iki istasyon için kullanılabilir olduğu görülmüştür. Yeryüzü ölçüm istasyonu ağının yetersiz olduğu veya yer verisinin doğruluğu kesin olmayan alanlarda küresel güneş radyasyonu tahmini yapılmasında WEKA makine öğrenme algoritmalarının kullanılabilmesi belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Küresel Güneş Radyasyonu, Makine Öğrenme Algoritmaları, WEKA.

### 1. GİRİŞ

Dünya da artan nüfus, endüstriyel, ulaşım ve tarım gibi birçok etkenin atmosfere bıraktığı sera gazı etkisi, iklim değişikliğine neden olmaktadır. Sera gazı oluşumun da etkisi büyük olan karbondioksit gazı ve emisyonlarının büyük çoğunluğu, fosil kökenli enerjiye dayanmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı emisyonların %45'i kömür, %30'u petrol ve %20'si doğal gazdan oluşmaktadır. [1] Dünyada yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlara dayalı enerji sektörünün azaltılmasına yönelik son yıllarda yenilenebilir enerjiye dönüşüm yaygınlaşmaktadır.

Yerel ve küresel atmosferik emisyonun azalması, sürdürülebilir olması ve mevcut dünya enerji talebini karşılamaya yetecek kapasitede olması, yenilenebilir enerjinin, iklim azaltma hedeflerine ulaşmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. [2] Temiz ve yenilenebilir enerji sistemleri özellikle de güneş enerjisi dünya üzerinde verimli bir potansiyele sahiptir. Güneş radyasyonu, yeryüzüne ulaşan en temel yenilenebilir enerji kaynağıdır. [3] Yeryüzündeki güneş radyasyonu ise o bölgenin iklim koşullarına (maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, güneşlenme süresi, yağış miktarı, rüzgar hızı vb. parametreler)

bağlıdır. [4] Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında yaygın olarak kullanılan ve potansiyeli büyük bir enerji kaynağı olsa da zaman değişkenli parametreleri bulunmaktadır. Saatlik, günlük, aylık ve mevsimsel olarak iklimsel etkileri farklı olmaktadır. İklim değişikliğinin etkisi olarak ısınma oranı artmaya devam etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) araştırmacılar tarafından, 20. Yüzyılın 1850'den bu yana en sıcak düzineler arasında olduğunu belirtmektedir [5][6]. İklim değişikliğinin etkileri giderek artarken, gelecekteki iklimde güneş radyasyonunun değişimi ve tahmin edilmesi literatürde yaygın bir konu olmaktadır. Güneş radyasyonu zengin bölgeler arasında bulunan, 36°K ve 42°K Kuzey paralelleri arasında Türkiye yer almaktadır.

Güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretimi sağlayan sistemlere Fotovoltaik (FV) denilmektedir. Son 30 yıl içerisinde FV sistem teknolojileri çalışmaları hızla gelmiştir [7]. FV sistemlerin en küçük parçaları yarı iletken malzemelerden oluşturulan hücre yapısında olup, bu hücreler seri bağlanarak modüller ve paneller oluşturulmaktadır. Hücreler gelen güneş ışınlarını soğurur yapıdadır ve ışınım enerjisi elektrona dönüştürmektedir. Elektronlar hücrelerin alt ve üst bölgelerine yerleştirilen kontak noktalar ile toplanarak elektrik gerilimi oluşturur. İstenen gerilim değeri elde edilebilmesi için hücreler birbirine seri olarak bağlanmaktadır. FV sistemler kullanılarak, küçük ölçekli veya megawatt boyutlarında büyük ölçekli Güneş Enerjisi Sistemleri (GES) güç istasyonları oluşturulabilir.

GES güç santrallerinin kurulumu ve tasarımı için yapılması gereken güneş radyasyonu tahmin hesaplarının, yatırım, bakım maliyeti, vb. tüm parametrelerin doğru hesaplanması ve analiz edilmesi çok önemlidir. Tüm hesaplamaların iklimsel koşullara ve özellikle enerjiyi en fazla etkileyen küresel güneş radyasyonu tahminlerine göre doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Halihazırda kurulu GES güç istasyonlarının ise doğru küresel güneş radyasyonu tahminleri ile sürdürülebilirliği ve verimlilik hesaplamalarının yapılması gerekmektedir [8].

Doğruluğu kesin olan küresel güneş radyasyonu ancak yer yüzü ölçüm istasyonlarından kalibrasyonu yapılmış ölçüm cihazları ile ölçülebilmektedir. Tüm dünyada yeteri kadar

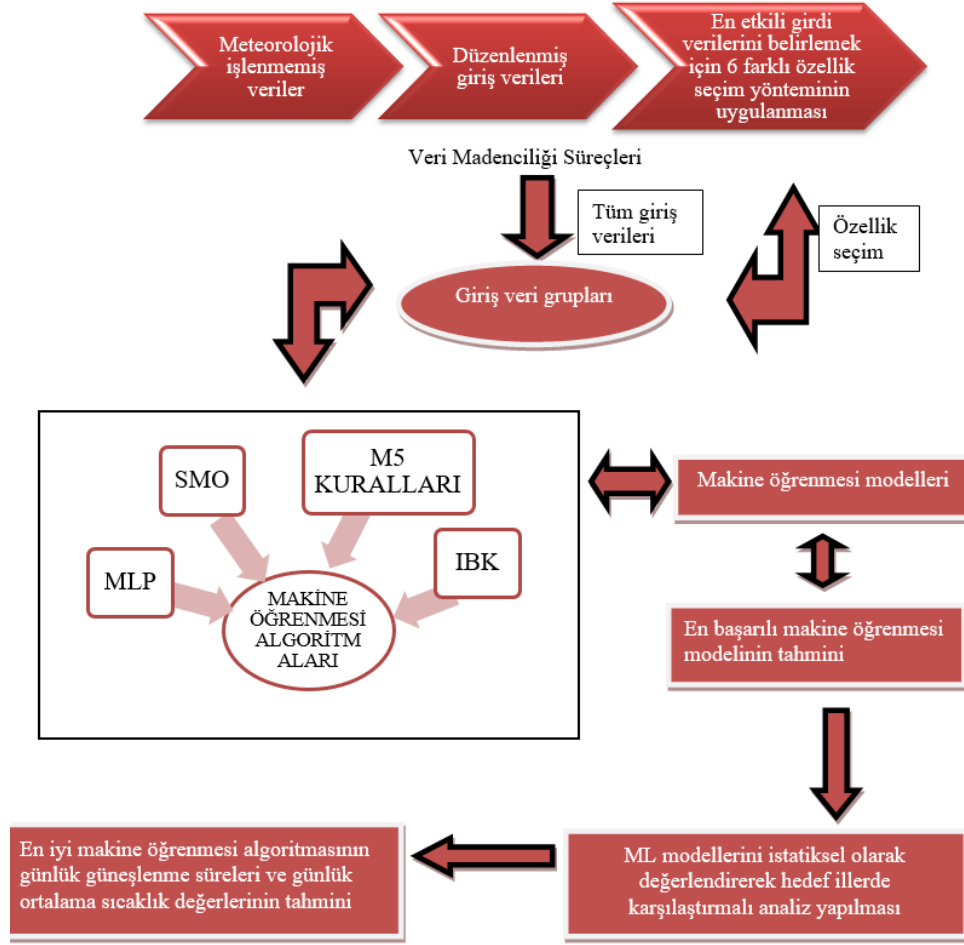
yeryüzü ölçüm istasyonu ağı bulunmamaktadır ve var olan her yeryüzü istasyonlarından elde edilen küresel güneş radyasyonu verilerinin doğruluğu malesef güvenilir değildir. Bu nedenle geçmişten bu güne pek çok küresel güneş radyasyonu tahmin modeli geliştirilmiştir [9].

Küresel güneş radyasyonu tahmin modelleri istatistiksel tahmin metodları ile başlamıştır [10-12]. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte istatistiksel metodların yanı sıra uydu tabanlı, hibrit, yapay zekâ tabanlı, makine öğrenmesi algoritmaları WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ve deneysel tahminleme metodları da kullanılmaktadır [13]. Sıklıkla kullanılan makine öğrenme algoritmaları: yapay sinir ağları (ANN), destek vektör makinesi (SVM), destek vektör regresyonu (SVR), en yakın komşu (kNN), karar ağaçları algoritmaları şeklindedir [13,14].

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan aynı enlem üzerindeki iki istasyon küresel güneş radyasyonu tahmini yapmak üzere belirlenmiştir. Küresel güneş radyasyonu tahmini yapay zekâ tabanlı, makine öğrenmesi algoritmaları içeren WEKA yazılımı ile yapılmıştır. Dört farklı makine öğrenmesi algoritması multilayer perceptron (MLP), support vector machines (SVM,SMO), k en yakın komşu (IBK,kNN) ve M5 kuralları (M5 Rules) kütüphaneleri kullanılarak seçilen aynı enlemde yer alan Aksaray ve Nevşehir illerinin günlük güneşlenme süreleri ve günlük ortalama sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.. Yazılım içerisinde yer alan dört farklı algoritma kullanılarak doğruluğu en yüksek algoritma tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda kullanılan yöntem ve süreç Şekil 1'de verilmiştir. Meteorolojik veriler hangi adımlardan geçirilmektedir ve hangi metodlar kullanılarak hesaplanmaktadır şekilde görülmektedir.

İç Anadolu Bölgesi'nde seçilen iki istasyon Aksaray ve Nevşehir illeridir. Seçilen iki istasyon için elde edilen ortalama yıllık güneşlenme süresi yaklaşık 2844 saat ve yıllık ortalama küresel güneş enerji radyasyonu yaklaşık 1568 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olarak bildirilmiştir [15]. Oldukça yüksek Güneş enerjisi potansiyeline sahip bu istasyonlar ayrıca aynı enlem üzerinde yer almaktadır. Tablo 1'de seçilen iki istasyon için coğrafi özellikler bulunmaktadır.



Şekil 1. Tahmin yöntemi süreç analiz döngüsü

Tablo 1. Seçilen iki istasyonun coğrafi özellikleri

İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Yüz Ölçümü
Aksaray	38,3705	33,9987	970	7659 km <sup>2</sup>
Nevşehir	38,6163	34,7025	1260	5485 km <sup>2</sup>

Tablo 2’de seçilen iki istasyon için Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınan sıcaklık, basınç, rüzgar hızı gibi bilgiler verilmiştir.

Tablo 2. Seçilen iki istasyonun meteorolojik verileri

İstasyon	T (°C)		P (hPa)		WS (m/s)	
	MİN	MAX	MİN	MAX	MİN	MAX
Aksaray	-29	40	895,6	1008,3	2	7
Nevşehir	-23,6	39,5	864,4	1009,1	2	6,5

Yeryüzü ölçüm istasyonlarından alınan tüm meteorolojik veriler yıllara, aylara ve günlere göre ayrılarak üç ana başlık altında çalışılmıştır. WEKA algoritmalarında kullanılan ölçüm verilerinin bir

bölümü modelin eğitiminde ve kalan veriler ise modeli test etmek için kullanılmıştır. İki istasyon için belirlenen eğitim, test verilerinin sayısı ve temel özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Seçilen iki istasyon için belirlenen eğitim ve test giriş verilerinin temel yapısı

Meteorolojik ve Kategori			
	Eğitim Verileri	Test Verileri	Zaman Aralığı
TOPLAM	4672	1168	2009-2010
ORAN	80%	20%	
SEÇİM TÜRÜ	RASTGELE	RASTGELE	
GİRİŞ VERİLERİ	GÜN, AY, YIL, GÜNLÜK ORTALAMA SICAKLIK, GÜNLÜK ORTALAMA RÜZGAR HIZI, GÜNLÜK MAKSİMUM RÜZGAR HIZI, GÜNLÜK TOPLAM GÜNEŞLENME SÜRESİ		
ÇIKIŞ VERİLERİ	GÜNLÜK TOPLAM GLOBAL GÜNEŞ RADYASYONU		

WEKA makine öğrenmesi algoritmaları yazılımı yapay zekâ tabanlı olup küresel güneş radyasyonu tahmin hesaplamalarında kullanılan yeryüzü ölçüm veri havuzu kullanılmaktadır. Bu havuz oldukça geniştir ve verilerin çeşitliliği, farklı özellikleri ve birbiriyle kombinleri tahmin modellerinin keskinlik performansını doğrudan etkilemektedir. Veri havuzunun farklı aralıkları seçilerek yani veriler kısıtlanarak kesinliği yüksek hesaplamalar oluşturulabilir [16,17]. Burada kullanılan WEKA yazılımı açık kaynaklı olup Waikato Üniversitesi tarafından JAVA program dili kullanılarak geliştirilmiştir. WEKA algoritmalarında veri setinin özelliklerine göre farklı parametreler belirlenerek veri kısıtlaması yapılmış ve tahmin modelleri seçim süreçlerindeki parametrelere göre değerlendirilmiştir. Tüm uygulamalarda 10 kat çaprazlı doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

#### IV. MODELLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ

Makine öğrenmesi algoritmaları ile geliştirilen modellerin birbirleri arasında ve kendisi ile tahmin verilerinin performansını karşılaştırmak için ölçüm ve analiz yöntemleri kullanılmıştır [15]. Ortalama kare hatası (MSE), kök ortalama kare hatası

(RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), simetrik ortalama mutlak yüzde hatası (SMAPE) ve ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) çalışmada kullanılan hata ölçüm algoritmalarıdır. Korelasyon katsayısı (R) ve belirleme katsayıları (R2) olarak iki farklı tür de istatistiksel analiz yöntemi uygulanmıştır. Bu sayılan hata ölçüm algoritmalarının formülleri aşağıdaki (1)-(5) numaralı denklemlerde yer almaktadır.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (3)$$

$$SMAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|O_i - P_i|}{(|O_i| + |P_i|) * 0.5} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{ABS(Actual_t - Forecast_t)}{Actual_t} * 100\% \quad (5)$$

Ayrıca korelasyon katsayısı ve belirleme katsayıları olan  $i$  farklı istatistiksel analiz yöntemi formülleri (6) ve (7) numaralı denklemlerde yer almaktadır.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (6)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (7)$$

Formüllerde bulunan  $O_i$ ,  $P_i$ ,  $\bar{O}$  ve  $\bar{P}$  değerlerinin sırasıyla ölçüm, tahminleme, ölçüm ortalaması ve tahmin ortalaması olarak sıralanmaktadır. Yüzde hata değerleri, çeşitli verikümelere tahmin performansını karşılaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ölçekten bağımsız bir tahmin hatası hesaplama yöntemi olan MAPE, ölçüm ve tahmin değerleri sıfır olduğunda veya sıfıra yakın bir değere sahip olduğunda yanlış sonuç vermektedir. Ölçüm ve tahmin sonuçları sıfır veya sıfıra oldukça yakın bir değere sahip olduğundan bu sorunu çözmek için SMAPE algoritması kullanılmıştır. Tahmin hatası hesaplama yöntemi olan MAPE için elde edilen ölçüm ve tahmin değerleri arasındaki ortalama mutlak yüzde hatası %10'dan düşük ise son derece doğru tahmin yapılmış olarak kabul edilmektedir. 10-20 arasında ise iyi tahmin, 20-50 arasında ise makul tahmin ancak elde edilen sonuçlar %50'nin üzerinde ise yanlış yani hatalı tahmin yapılmış olduğu sonucuna varılmaktadır. Seçilen iki istasyon için Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan yeryüzü ölçüm değerleri ve WEKA algoritmalarından elde edilen tahmin değerleri istatistiksel hata analiz yöntemleri kullanılarak kıyaslanmıştır.

## V. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye İç Anadolu Bölgesinde aynı enlem üzerinde yer alan ve benzer iklim ve coğrafi özelliklerine sahip Aksaray ve Nevşehir istasyonları için küresel güneş radyasyon tahmin çalışmaları yapılmıştır. Yapay zekâ tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları içeren WEKA algoritmaları kullanılarak yapılan tahmin çalışmaları içerisinde yeryüzü ölçüm verileri düzenlenerek toplam da yedi farklı giriş verisi ve bir çıkış verisi tanımlanmıştır. Çıkış verisi her bir istasyon için ayrı olmak üzere küresel güneş radyasyonu tahmin değeri olarak seçilmiştir.

WEKA programında bulunan Çok Katmanlı Algılayıcılar (Multi Layer Perceptron-MLP), IBK, SVM ve M5 Rules algoritması kullanılmıştır. MLP, özellikle sınıflandırma ve genelleme yapma durumlarında etkin çalışan bir algoritmadır. Elde edilen sonuçlara göre mutlak yüzde hatası olan MAPE değerlerine göre doğru tahmin edilip edilmediği ve aynı enlem üzerinde bulunan istasyonların mutlak yüzde hata değerlerinin birbirine yakın olup olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak aynı enlemde bulunan iki istasyon için MAPE değerleri birbirine yakın olduğu ve benzer coğrafi ve iklimsel özellikler gösteren iki istasyonun benzer küresel güneş radyasyonu tahmin sonuçlarına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, seçilen tüm verilerde küresel güneş radyasyonu üzerinde en etkili parametrenin günlük güneşlenme süresi olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre,

Bu çalışmada özellikle aynı enlem üzerinde yer alan, benzer coğrafi özellikler gösteren iki istasyon seçilerek küresel güneş radyasyonu tahmini yapılmıştır. Böylece benzer özellikler taşıyan ve iklimsel özellikleri benzer olan istasyonların küresel güneş tahmininde birbirleri yerine kullanılabilirliği gösterilmiştir. Benzer özellikte olan ancak güvenilir yeryüzü verisi elde edilemeyen benzer bölgeler için, elde olan bir istasyona ait veri seti kullanılarak tüm komşu istasyonların küresel güneş radyasyonu tahmini yapılabilir olacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda Türkiye'nin veya dünyanın benzer iklim özellikleri gösteren farklı bölgelerinde, yeterli veri seti olmamasına rağmen kolayca uygulanabilen çeşitli makine öğrenme algoritmalarının kullanılmasıyla doğruluğu yüksek küresel güneş radyasyonu tahmini yapılabilmesi öngörülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan veri seti için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ve WEKA ile yapılan hesaplamalarda destek olan Doç. Dr. Kadir Sabancı'ya teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Kavlaz, I. (01.2019) Coal in the Axis of Domestic and National Energy Policies. [Online]. Accessible from: <https://setav.org/assets/uploads/2019/01/A265.pdf>
2. Benghanem, M. "Artificial intelligence techniques for prediction of solar radiation data: A review."

- International Journal of Renewable Energy Technology, 3(2), 189-220. 2012.
3. Basharat, F., Dehghan, A.A. , Faghih, A. R. “Empirical models for estimating global solar radiation: A review and case study”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 21, pp. 798-821, 2013
4. Bakırcı, K. , Kirtiloglu, Y. “Effect of climate change to solar energy potential: a case study in the Eastern Anatolia Region of Turkey”. Environmental Science and Pollution Research, vol. 29, pp. 2839-2852. October 2020
5. Pandey, C. K., & Katiyar, A. K. “Solar radiation: Models and measurement techniques.” Journal of Energy, 2013.
6. 2023 The IPCC website. [Online]. Erişilebilir: <https://www.ipcc.ch>
- [1] Kavlaz, I. (01.2019) Coal in the Axis of Domestic and National Energy Policies. [Online]. Accessible from: <https://setav.org/assets/uploads/2019/01/A265.pdf>
- [2] Benghanem, M. “Artificial intelligence techniques for prediction of solar radiation data: A review.” International Journal of Renewable Energy Technology, 3(2), 189-220. 2012.
- [3] Basharat, F., Dehghan, A.A. , Faghih, A. R. “Empirical models for estimating global solar radiation: A review and case study”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 21, pp. 798-821, 2013
- [4] Bakırcı, K. , Kirtiloglu, Y. “Effect of climate change to solar energy potential: a case study in the Eastern Anatolia Region of Turkey”. Environmental Science and Pollution Research, vol. 29, pp. 2839-2852. October 2020
- [5] Pandey, C. K., & Katiyar, A. K. “Solar radiation: Models and measurement techniques.” Journal of Energy, 2013.
- [6] 2023 The IPCC website. [Online]. Erişilebilir: <https://www.ipcc.ch>
- [7] REN21, “Renewables 2019 Global Status Report. Renewables Now, Paris: REN21 Secretariat,” 2019, May 2020, [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf).
- [8] O. Kisi, (2014), Modeling Solar Radiation of Mediterranean Region in Turkey by Using Fuzzy Genetic Approach, Energy, cilt: 64, sayfa: 429–436.
- [9] S. Ener Rusen, (2017), Karaman İli Küresek Güneş Radyasyonunun Heliosat Metot Kullanılarak Belirlenmesi, Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, cilt:6, sayı:2, sayfa:467-474.
- [10] A. Angstrom (1924), Solar and terrestrial radiation, Q. J. R. Meteorol. Soc.
- [11] Yadav vd., (2014), Selection of Most Relevant Input Parameters Using WEKA for Artificial Neural Network Based Solar Radiation Prediction Models, Renewable and Sustainable Energy Reviews, cilt:31, sayfa:509-519.
- [12] C. Voyant, G. Notton, S. Kalogirou et al., (2017), Machine Learning Methods for Solar Radiation Forecasting: a Review, Renewable Energy, cilt:105, sayfa: 569–582.
- [13] T. Muneer, E. J. Gago, and S. Etxebarria, (2017), Monthly-Averaged Hourly Solar Diffuse Radiation Models for World-Wide Locations, Future Cities and Environment, cilt: 1.
- [14] Bilhan ve Emikönel, (2021), Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyelinin Analizi ve Kurulu Güneş Enerji Santralleri, Avrupa Bili ve Teknoloji Dergisi, özel sayı:24, sayfa:289-294.
- [15] G. Notton, C. Paoli, S. Vasileva, M. L. Nivet, J.-L. Canaletti, and C. Cristofari, (2012), Estimation of Hourly Global Solar Irradiation on Tilted Planes from Horizontal One Using Artificial Neural Networks,” Energy, cilt:39, sayı: 1, sayfa: 166–179.
- [16] E. Frank and I. H. Written, (1998), Generating Accurate Rule Sets Without Global Optimization, in Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning, sayfa. 144–151.
- [17] R. J. Hyndman and A. B. Koehler, (2006) Another Look at Measures of Forecast Accuracy, International Journal of Forecasting, cilt: 22, sayı: 4, sayfa: 679–688.