

GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİNİN TAHMİNLENMESİ: BURSA ÖRNEĞİ

Necla TEKTAŞ¹
Ebru KORKMAZ²

¹Doç. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, ntektas@bandirma.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8190-4532

²Ekonometri Yüksek Lisans Öğrencisi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-3671-9047

Tektaş, Necla ve Korkmaz, Ebru. "Güneş Işınım Şiddetinin Tahminlenmesi: Bursa Örneği". ulakbilge, 81 (2023 Şubat): s. 169–175. doi: 10.7816/ulakbilge-11-81-05

ÖZ

Günümüzde çevre kirliliği, sanayileşme, nüfus artışı, yakıt kullanımı ve doğaya zarar veren faktörlerin de etkisiyle dünyamızın en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu sorunun çözümünde yenilenebilir enerji kaynakları, doğal kaynaklardan elde edilmesi, çevreye zarar vermemesi, tükenmeyen enerji kaynağı olması ve sürdürülebilir olması gibi özelliklerinden dolayı ilk sıralarda yer almıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, ucuz, temiz potansiyeli yüksek, çevreye zararı oldukça az olduğundan tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarına alternatif olarak görülmektedir. Ayrıca, Türkiye güneş enerjisi açısından avantajlı konumda yer almaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına göre uygun bölge ve illerin belirlenmesi ve yatırımların buna göre planlanması önemlidir. Bu çalışmada güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda önemli parametrelerden olan güneş ışınım miktarı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada büyükşehir, sanayi, turizm, nüfus ve coğrafi konum gibi parametreler dikkate alınarak Bursa ili için analizler yapılmıştır. 2015-2019 yılları için günlük/saatlik güneş ışınım verileri Matlab programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Yapay sinir ağları ile yapılan tahminlemede kullanılan Bayesian Regularizasyon, Levenberg-Marquardt ve Scaled Conjugate Gradient yöntemleri ile çözümler yapılmıştır. Bunların içinde Bayesian Regularizasyon yöntemi en iyi sonucu vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahminleme, Güneş Işınımı, Yapay Sinir Ağları

*Bu çalışma, Ebru KORKMAZ'ın Doç.Dr. Necla TEKTAŞ danışmanlığında yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Makale Bilgisi:

Geliş: 27 Ekim 2022

Düzeltilme: 24 Aralık 2022

Kabul: 9 Ocak 2023

© 2023 ulakbilge. Bu makale eative Commons Attribution (CC BY-NC-ND) 4.0 lisansı ile yayımlanmaktadır.

Giriş

Yaşadığımız yüzyılda sanayileşme, nüfus artışı, yakıt kullanımı ve kentleşme gibi çevreye zarar veren faktörlerin etkisiyle çevre kirliliği gün geçtikçe artmaktadır. Çevre kirliliğinin oluşmasındaki nedenlerden biri olan nüfus artışı ve buna bağlı olarak ihtiyaçların artması ve toplumsal taleplerin değişmesi gibi faktörlerle beraber enerjiye olan ihtiyaçta da artış meydana gelmiştir. Özellikle ham madde temininde ve üretimi sırasında fosil kaynaklı enerji kullanımı oldukça artmıştır. Fosil kaynaklı enerjilerin kısıtlı olması ve bitecek olmasının da etkisiyle yeni enerji kaynaklarının araştırılması süreci ivme kazanmıştır. Bu nedenle çevreye zarar vermeyen ve doğa dostu aynı zamanda tükenmeyecek oluşu yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Yenilenebilir sözcüğü doğadaki kaynaklardan elde edilebilen ve doğa tarafından daima üretilebilen anlamına gelmektedir. İnsanlığın varoluşuyla birlikte zaman içerisinde, gelişen teknoloji ile insanların üzerinde kullanım imkânlarının arttığı kaynakların sürdürülebilir olması ve doğa da sınırsız bulunmasından dolayı birçok alanda enerji bakımından rekabet eden yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yöneliş olmuştur (Kanat, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi, deniz kökenli enerjiler ve biyokütle enerji gibi enerji çeşitleri altında incelenmektedir (Önal & Yarbay, 2010). Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan elde edilen, doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak ulaşılan, sürdürülebilir ve kıt olmayan enerji kaynağı ayrıca fosil yakıtlar gibi üretim esnasında CO₂ gaz salınımı olmadığından dolayı çevre kirliliğine, iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açmamaktadır. Ayrıca dünyayla birlikte ülkemizde de artışa geçen enerji ihtiyacına yönelik, çok yüksek fiyatlara ithal ettiğimiz fosil enerji kaynaklarına alternatif olarak önemli bir pay almaktadır.

Güneş enerjisi, evrende en bol olan yenilenebilir enerji kaynağı olmasının yanı sıra çevre dostu, temiz, sınırsız ve işletme maliyetleri düşük bir enerji kaynağıdır. Ülkelerin gelişimi, enerjiye olan arz ve talebin artışıyla yenilenemez enerji kaynaklarının tükenmesinden dolayı güneş enerjisi kullanımı gün geçtikçe rağbet gören bir enerji türü konumuna gelmiştir. Bu kapsamda yapılan girişimler, çalışmalar insan yararına olan atılımlar güneş enerjisinin vazgeçilemez bir konumda olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini verimli ve daha etkin bir şekilde kullanması adına özellikle son zamanlarda yaşanan olumlu gelişmeler, öngörülen hedeflerin gerçekleştirilmesi açısından da katkı sağlamaktadır (İnan, Akbulut & Aslan, 2018). Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olan Türkiye, coğrafi konumundan dolayı elverişli iklim koşulları sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılmasını da kolaylaştırmaktadır (Ervural, 2018).

Güneş enerjisinin potansiyelini belirlemek için yapılan çalışmalarda güneş ışınım şiddetinin miktarı önemli bir parametredir. Bu parametrenin hesaplanması ve tahmin edilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Güneş ışınım miktarının tahmini için yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler; regresyon yöntemleri, yapay sinir ağları yöntemleri, Uyarlanabilir Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Otomatik Regresif Hareketli Ortalama (ARIMA), Box-Jenkins ve hibrit model olan Yapay Sinir Ağları(YSA) ile Dalgacık Ayırıştırma Yöntemi(Wavelet Decomposition) ve Ampirik Mod Ayırışımı (Empirical Mode Decomposition) modelleri kullanılmaktadır(Baharin & Rahman, 2013; Deniz & Atik 2007; Kaya,2020; Mengeş & Sonmete, 2005; Tektaş,2010; Uslu,2011).

Güneş ışınımının bölgelere ve illere göre hesaplanması, uygun yerlerin belirlenmesi, farklı tahmin yöntemleri kullanılarak pek çok yeni çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Bursa iline ait 2015-2019 yılları arasındaki güneş ışınım miktarı verileri kullanılarak yapay sinir ağları ile tahminleme yapılmıştır. Çalışmada Bursa ilinin seçilmesinin nedenlerine bakılacak olursa Türkiye'nin nüfus olarak dördüncü, ihracatta üçüncü, endüstri, tarım ve turizm açısından üst sıralarda yer alan ve aynı zamanda büyükşehir belediyesi olması, coğrafi bakımından konumu, yerli ve milli otomobil TOGG'un bu ilin sınırları içinde üretiliyor olması, çok sayıda organize sanayi bölgesinin ve fabrikaların olması nedeniyle enerji kullanımının çok yüksek olması bu ili seçmemizi etkileyen önemli faktörlerdir (Url-1). Yapılan bu çalışmanın, güneş enerjisi yatırımcılarının Bursa ili hakkında bilgi edinmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca literatürde Bursa iline güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların yetersiz olması da etkenler arasında yer almaktadır.

Yöntem

Yapay sinir ağları, beynin çalışma prensibinin modellenmesi esasına dayanan ve öğrenme yeteneğine sahip algoritmaları içeren bir yapay zekâ tekniğidir. YSA'lar tahmin, sınıflandırma ve kümeleme işlemlerini içeren tüm problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Gerçek hayat problemlerinin çoğu doğrusal olmayan bir yapıda olduğu için çözülmesi zor olan problemlerin çok kolay bir şekilde çözülmesini sağlamaktadır. YSA aynı zamanda zor olan problemlerin çözümünde tahminleme, öğrenme (derin öğrenme, makine öğrenmesi) görüntü işleme, işaret işleme sınıflama gibi alanlarda da kullanılıyor. YSA'nın diğer bir özelliği de kompleks problemlerdeki karmaşık türevleri kullanan ağ yapısına sahip olması da önemli bir avantajdır. YSA çalışmamızda ele alınan problemde çok sayıda verinin olduğu problemlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. YSA'nın yapısında girdi, çıktı ve gizli katman olmak üzere üç ana katman vardır. Tüm YSA algoritmaları temelde bu esasa göre çalışır. Problemin tipine, yapısına, doğrusal ve doğrusal olmamasına göre

bu algoritmalar tahminleme, sınıflama, kontrol, optimizasyon ve kümeleme problemlerinde kullanılır.

Bu çalışmada güneş ışınımının modelini tahmin etmek için Bursa örneği ele alınarak YSA tahminleme yöntemini kullanarak, çok değişkenli bir regülasyon modeli elde edildi.

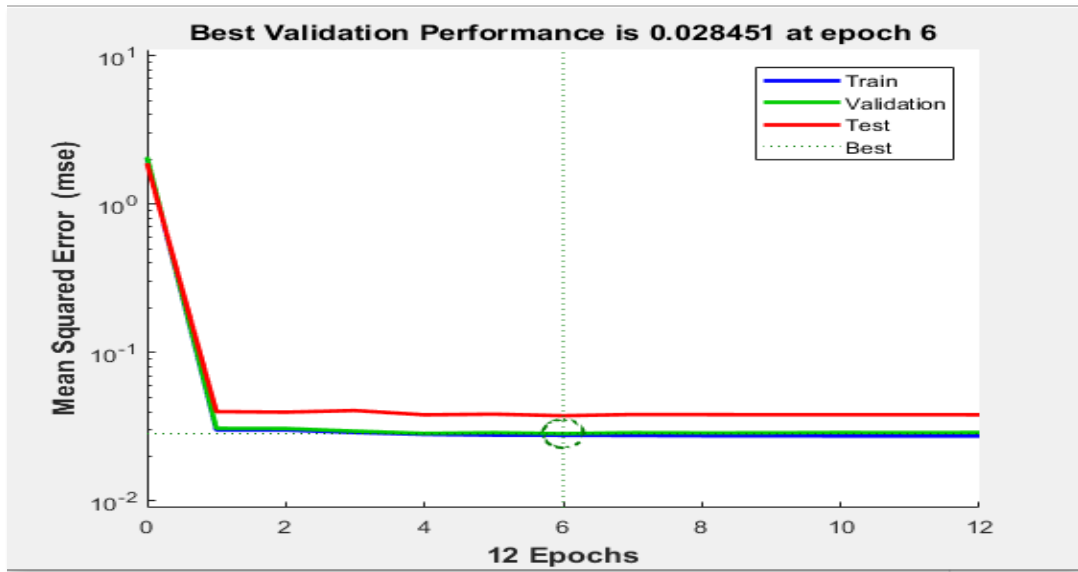
Bu çalışmada kullanılan veriler Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün onayı ve izni ile alınmıştır. Veri seti Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde Bursa iline ait güneş ışınımı ölçümü yapan istasyonların verisinden oluşmaktadır. Çalışmada, 2015-2019 yıllarına ait günlük/saatlik güneş ışınım miktarı, toplam yağış, nispi nem, buharlaşma, saatlik güneşlenme süresi ve aktüel basınç olmak üzere bir bağımlı beş bağımsız değişken kullanılarak analiz yapılmıştır.

Bulgular

Bursa iline ait 2015-2019 yılları olmak üzere beş yıllık veri, bağımlı değişken(Y) olarak günlük/saatlik güneş ışınım miktarı, bağımsız değişken olarak da toplam yağış (X_1), nispi nem(X_2), buharlaşma (X_3), saatlik güneşlenme süresi (X_4) ve aktüel basınç(X_5) kullanılarak analiz yapılmıştır.

Bursa iline ait bu veriler Matlab ortamının YSA geliştirme aracı olan "nntool" kullanılarak düzenlenmiş ve tahminleme yapılabilmesi için uygun duruma getirilmiştir. Verilerin temizlenmesi ve normalize edilmesinden sonra toplam 1818 adet verinin %70'i yani 1272 adet veri eğitim, %15'i yani 273 adeti veri doğrulama ve %15'i yani 273 adeti test için kullanılmıştır. Gizli nöron sayısı 10, gecikme sayısı olarak $t=2$ seçilmiştir. Gizli nöron ve gecikme sayısı sistem içerisindeki girdilerin sayısına ve çıktı katmanı da istenilen çıktı sayısı ile belirlenmektedir. Gizli katmanda en verimli şekilde kaç tane nöronun bulunacağı konusunda herhangi bir matematiksel test bulunmamaktadır. Deneme ve yanılma yöntemi uygulanarak karar verilmektedir.

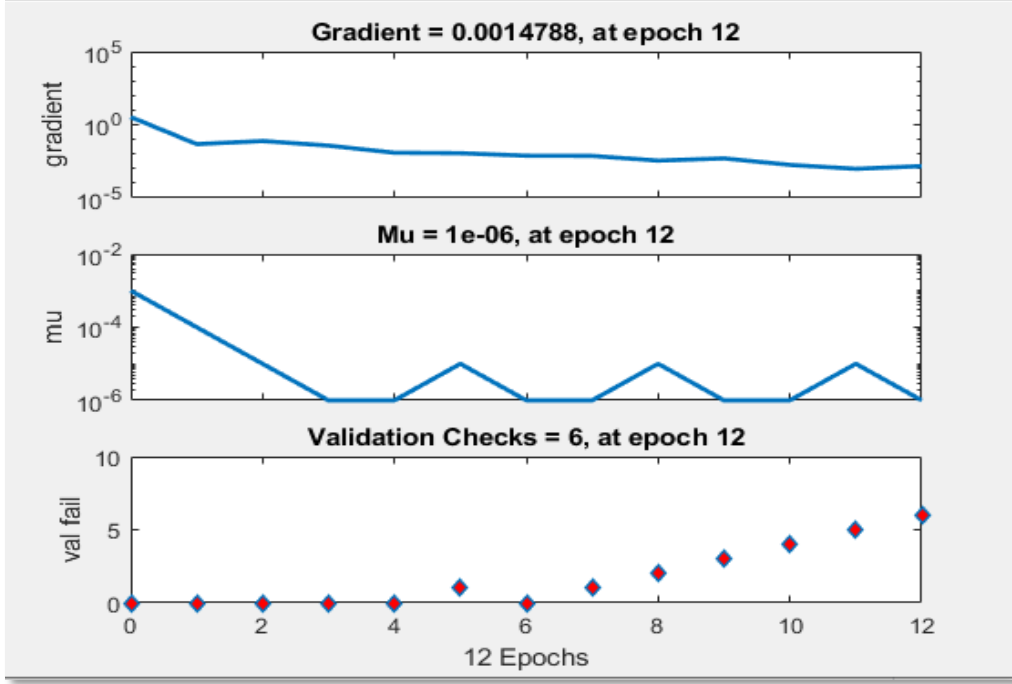
Modeli oluşturabilmek için Harici Girişli Doğrusal Olmayan Otoregresif (Nonlinear Autoregressive with (Exogenous), Input(NARX)) ve Doğrusal Olmayan Giriş-Çıkış (Nonlinear Input-Output) modelleri denenmiştir. Denemeler sonucunda, en iyi model (yüksek R ve düşük hata oranı) ile belirlenmiştir. Modellerden birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiş ve en iyi sonucu veren Doğrusal Olmayan Otoregresif (Nonlinear Autoregressive-NAR) modeli olmuştur.



Grafik 1. Bursa İli Verileri Eğitim, Doğrulama ve Test Kümelerine İlişkin Hata Performansları

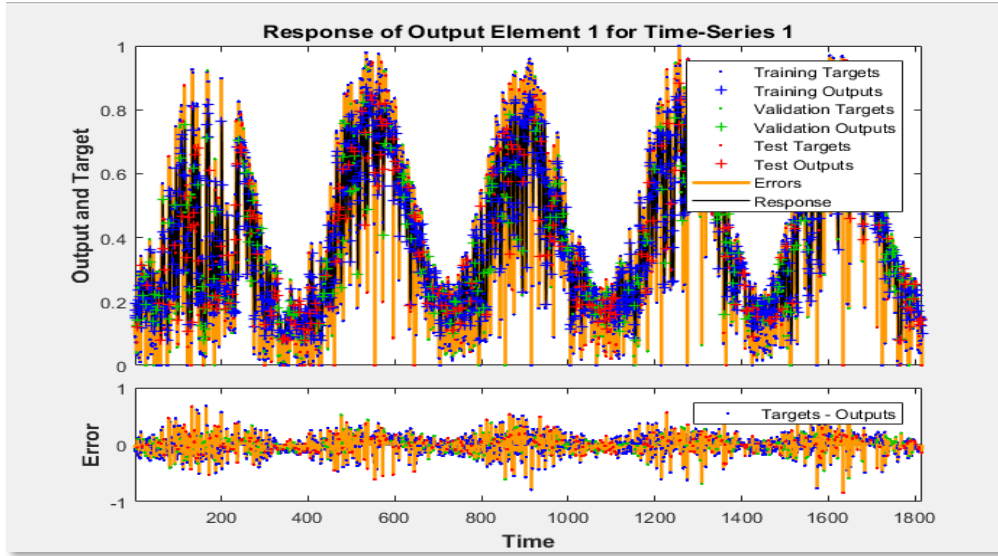
Grafik 1'de YSA modelinin eğitimi sonucunda Bursa iline ait güneş ışınım modeli için uygulanan eğitim, doğrulama ve test kümelerine ait hata performans değerleri görülmektedir. Buna göre 0,028451 en iyi performans değeri olarak hesaplanmıştır.

Grafik 2’de test verisi ve eğitim modelleri arasındaki uyumun kontrol edildiği eğitilen verilerin grafikleri aşağıda yer almaktadır.



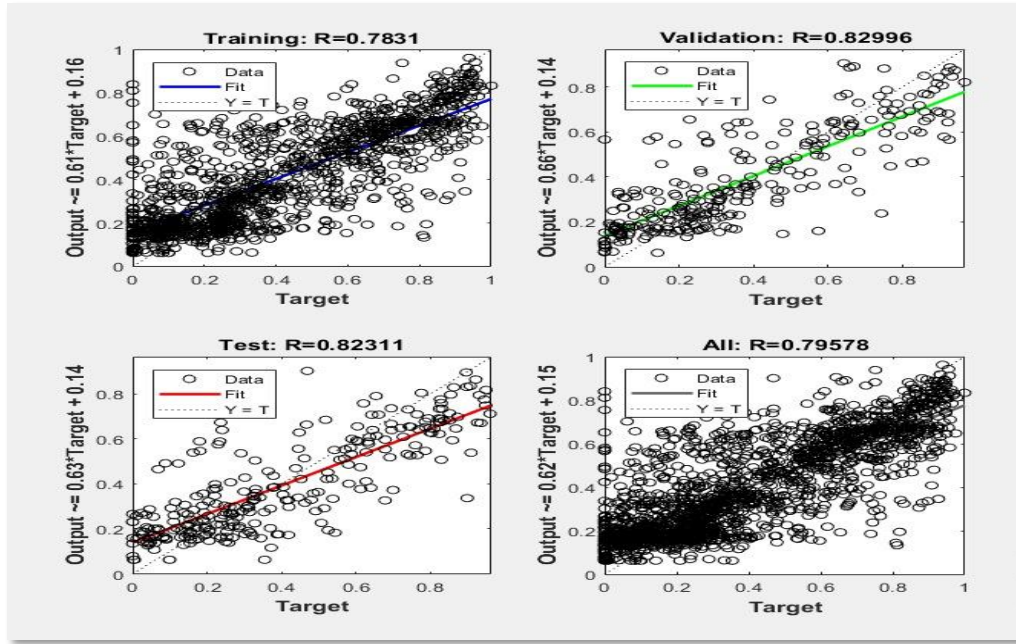
Grafik 2. Bursa İli Verilerinin Eğitim Grafiği

Bursa iline ait zaman serisi verilerine ait NAR modelinin eğitim doğrulama ve test sürecindeki sınır ağının sonuçları Grafik 3’te görülmektedir.



Grafik 3. Bursa İli Verilerinin Zaman Serisi Grafiği

Regresyon; iki veya çok değişkenli modellerde bağımlı değişkenin x_i (nispi nem, toplam yağış, saatlik güneşlenme süresi, buharlaşma ve aktüel basınç),bağımsız değişken y (günlük/saatlik güneş ışınımı) arasındaki ilişkinin matematik bir fonksiyonla ifade edilmesidir. Grafik 4’te verilere ait eğitim, doğrulama, test ve bütün olarak incelenen regresyon değerleri bulunmaktadır. Modelimizin sonucuna göre eğitim verilerinin %78 doğrulama verilerinin %83, test verileri ise %82 olarak regresyon eğrileri bulunmuştur. Ayrıca modelimiz bütün olarak ele alındığında bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki %80 oranında açıklanmıştır.



Grafik 4. YSA Regresyon eğrileri

Analizimizin deneysel sonuçları değerlendirmek için literatürde yaygın olarak kullanılan Hata Kareler Ortalaması (Mean Squared Error-MSE), Hatanın Mutlak Ortalaması (Mean Absolute Error- MAE) ve Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (Root Mean Squared Error-RMSE) formülleri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 1. Hata Değerlerinin Karşılaştırması

Yöntem	Levenberg-Marquardt	Bayesian Regularization	Scaled Conjugate Gradient
MSE	0,0253	0,0242	0,0282
RMSE	0,1589	0,1556	0,1681
MAE	0,1136	0,1104	0,1187

Tablo 1'e göre Bursa iline ait verilerin Bayesian Regularization, Levenberg-Marquardt ve Scaled Conjugate Gradient yöntemleriyle MATLAB programıyla hesaplanmış hata değerleri görülmektedir. Bu üç yöntemin MSE, RMSE, MAE değerleri karşılaştırıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Ele alınan üç yöntemin içinde en iyi sonucu veren Bayesian Regularization yöntemi olduğu görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Bursa ilinin sahip olduğu güneş enerji potansiyeli araştırılmış ve güneş ışınım miktarının tahminlenmesi Yapay Sinir Ağlarıyla (YSA) ile yapılmıştır. Analizde Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Bursa iline ait 2015-2019 yıllarına ait beş yıllık günlük/saatlik güneş ışınım miktarını tahminlemek için gerekli olan verileri kullanılmış ve modele dâhil edilen 1818 adet verinin istatistik analizleri MATLAB paket programı aracılığıyla yapılmıştır. Burada değişkenler toplam yağış, nispi nem, buharlaşma saatlik, güneşlenme süresi ve aktüel basınç olarak belirlenmiştir.

Yapılan analize göre; Bursa ilinin eğitim verileri %78, doğrulama verisi %88 ve test verileri %81 oranında gerçekleştiği görülmüştür. Hata değerlerine göre incelendiğinde ise; Bursa ili verileri YSA'da kullanılan Bayesian Regularizasyon yöntemi ile MSA değeri 0,0242, RMSE değeri 0,1556 ve MAE değeri ise 0,1104 ile en iyi sonuca ulaşılmıştır.

Çalışmamızın Bursa ilinin Sanayi ve Otomotiv şehri olmakla birlikte büyük metropol şehirleri arasında olması, literatürde Bursa ili güneş ışınım miktarının tahminlenmesi ile ilgili akademik çalışma yapılmaması

olması, yatırım yapacak sermaye şirketlerine rehberlik etmesi ve aynı zamanda akademik literatürde katkı sağlaması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'nin güneş enerjisi bakımından uygun ve zengin bir ülke olması pek çok şehir ve bölge için ilgili çalışmaların yapılması ve daha iyi sonuçların elde edilmesi için geliştirilecek modellerde; güneş ışınımını etkileyen parametrelerin sayısının artırılması, algoritmaların geliştirilmesi ve uzun dönem ölçüm verilerinin kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi. In *Öneri Dergisi*, 10, 39. <https://doi.org/10.14783/od.v10i39.1012000311>.
- Abramowitz, J. S. ve Jacoby, R. J. (2015). Obsessive-compulsive and related disorders: A critical review of the new Askın D., Iskender I. & Mamizadeh A., (2011) Dry Type Transformer Winding Thermal Analysis Using Different Neural Network Methods, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26(4): 905-913.
- Baharin, K.A. Rahman, HA ve G. K. (2013). IEEE Araştırma ve Geliştirme Öğrenci Konferansı, 191–19, ISBN : 978-605-68882-0-5, <https://doi.org/10.1109/SCORED.2013.7002570>
- Deniz, E., & Atik, K. (2007). Güneş Işınım Şiddeti Tahminlerinde Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analiz Yöntemleri Kullanımının İncelenmesi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27(2), 15–20. <https://doi.org/ISSN 1300-3615>
- Ervural, B. Ç. (2018). Yenilenebilir Enerji Planlaması İçin Bütünleşik Çok Amaçlı Bir Karar Modeli Önerisi [İstanbul Teknik Üniversitesi]. https://movisa.org.mx/images/NoBS_Report.pdf
- Fındık T., Taşdemir Ş. & Şahin I. (2010). The use of artificial neural network for prediction of grain size of 17-4 pH stainless steel powders, *Scientific Research and Essays*, 5(11): 1274-128.
- Gonzalez, S., (2000-07) Neural Networks for Macroeconomic Forecasting: A Complementary Approach to Linear Regression Models, Working Paper
- İnan, İ., Akbulut, İ., & Aslan, E. (2018). Enerji orununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi. *Türk Dünya Araştırmaları*, 11–40.
- Kaasta I. ve Boyd M., (1996), Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series, *Neurocomputing*, 10, 215-236.
- Kalogirou S. A. (2003). Artificial intelligence for the modeling and control of combustion processes: a review, *Progress in Energy and Combustion Science*, 29(6): 515-566.
- Kanat, H. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Yatırımlarını Etkileyen Faktörler: Konya Güneş Enerjisi Yatırımları Analizi. Selçuk Üniversitesi.
- Karataş C., Sozen A. & Dulek E. (2009). Modelling of residual stresses in the shot peened material C-1020 by artificial neural network, *Expert Systems with Applications*, 36(2): 3514-3521.
- Kaya, D. (2020). Güneş ışınım şiddetinin akıllı hibrit yaklaşımlar ile tahmini. <http://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/handle/11552/1767>
- Mengeş, H. O., & Sonmete, M. H. (2005). Konya'da Aylık Ortalama Toplam Güneş Işınımının Tahmini İçin Mevcut Bazı Modellerin Karşılaştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3), 237–244.
- Neseli S., Tasdemir S. and Yıldız S. (2009) .Estimation of surface roughness on turning with Artificial Neural Network, *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskisehir Osmangazi University*, XXII, 3, 65- 75.
- Önal, E., & Yarbay, R. Z. (2010). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği. In *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Vol. 9, Issue 18.
- Tektaş, M. (2010). Weather forecasting using ANFIS and ARIMA models. *Environmental Research, Engineering and Management*, 51(1), 5–10.
- Topal, M., & Topal, E. I. A. (2008). Bioyokütle Enerjisi ve Türkiye. May.
- Topaloğlu, V. (2007). Yapay Sinir Ağları ile Dalga Yüksekliği Tahmini. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33–54. https://doi.org/10.1501/csaum_0000000064
- Url-1<<https://www.kobi-efor.com.tr/dosya/endustri-tarim-ve-turizm-kentiyesil-bursa-ileri-teknolojide-iddiasıyla-h12867.html>>Erişim tarihi 15.4.2019

ESTIMATING SOLAR RADIATION INTENSITY: THE EXAMPLE OF BURSA

Necla Tektaş, Ebru Korkmaz

ABSTRACT

Today, environmental pollution has become one of the biggest problems of our world with the effect of industrialization, population growth, fuel use and factors that harm nature. In the solution of this problem, renewable energy sources have taken place in the first place due to their features such as being obtained from natural sources, not harming the environment, being an inexhaustible energy source and being sustainable. Solar energy, which is one of the renewable energy sources, is seen as an alternative to fossil energy sources, which is cheap, has a high clean potential and is less harmful to the environment. In addition, our country is in an advantageous position in terms of solar energy. For this reason, it is important to determine suitable regions and provinces according to renewable energy sources and to plan investments accordingly. In this study, calculations were made using the amount of solar radiation, which is one of the important parameters in solar energy studies. In the study, analyzes were made for the province of Bursa, taking into account parameters such as metropolitan, industry, tourism, population and geographical location. Daily/hourly solar radiation data for the years 2015-2019 were analyzed through the Matlab program. Solutions were made with Bayesian Regularization, Levenberg-Marquardt and Scaled Conjugate Gradient methods used in the estimation with artificial neural networks. Among these three methods, Bayesian Regularization method gave the best results.

Keywords: Forecast, Solar Radiation, Artificial Neural Networks