



Hacı Güzel Güleç

Kastamonu University, haciguzelgulec@hotmail.com.tr, Kastamonu-Turkey

Hüseyin Demirel

Karabük University, hdemirel@karabuk.edu.tr, Karabük-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.3.2A0118>

**METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK KASTAMONU İLİ GÜNEŞLENME ŞİDDETİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ**

ÖZ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerji sistemlerinin tasarımı güneş ışınımı şiddetinin tahmini oldukça önemlidir. Güneş enerjisi, global güneş ışınımına bağlıdır. Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kastamonu'ya ait 2009-2016 yılları arasında ölçülmüş; aylık açık gün sayısı, aylık ortalama nispi nem, aylık ortalama hava basıncı, aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam güneşlenme süresi, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık toplam güneş ışınım şiddeti değerleri kullanılmıştır. Geniş kullanım alanı bulunan yapay sinir ağları (YSA) metodu ile aylık toplam güneş ışınımı şiddeti tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Güneş Işınım Şiddeti, Güneş Enerjisi, Meteoroloji, Nispi Nem

**ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED PREDICTION OF INTENSITY OF INSOLATION
IN THE CITY OF KASTAMONU USING METEOROLOGICAL DATA**

ABSTRACT

Prediction of the intensity of solar radiation is of utmost importance in the designing process of solar energy systems, one of the renewable energy sources. Solar power depends on the global solar radiation. This study measures the solar radiation data obtained from Turkish State Meteorological Service for the period between 2009 and 2016 for the city of Kastamonu; the number of clear days per month, monthly average relative humidity, monthly average atmospheric pressure, monthly average temperature, monthly average hours of daylight, monthly average wind speed and monthly total intensity of solar radiation were used. The monthly total intensity of solar radiation was predicted using artificial neural networks (ANN), a commonly used method.

Keywords: Artificial Neural Networks, Intensity of Solar Radiation, Solar Power, Meteorology, Relative Humidity

How to Cite:

Güzel Güleç, H. ve Demirel, H., (2017). Meteorolojik Veriler Kullanılarak Kastamonu İli Güneşlenme Şiddetinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, **Technological Applied Sciences (NWSATAS)**, 12(3):114-121, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.3.2A0118.



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gün geçtikçe artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte elektrik enerjisine talepte artmaktadır. Elde edilen elektrik enerjisinin büyük kısmı petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan sağlandığı için küresel anlamda çevre sorunları meydana getirmektedir. Bunun yanında fosil yakıtların tükenecek olması, çevreye zarar vermeyen tükenmeyen enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından ve diğer enerji kaynaklarının oluşmasında dolaylı yönden etkilidir. Ayrıca güneş enerjisinin temiz, tükenmez ve kullanımının kolay olması onu diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında daha cazip hale getirmektedir [1 ve 2]. Alternatif enerji kaynakları olarak; güneş, rüzgâr, biyokütle, gelgit, dalga ve akarsular sayılabilmektedir. Fakat alternatif enerji kaynakları arasında çevre dostu ve sürekliliği olan enerji kaynağı olarak ilk akla güneş enerjisi gelmektedir. Pek çok uygulamaları olan güneş enerjisinde küresel güneş radyasyon verileri, güneş enerjisi uygulamaları için en önemli parametredir. Dünya yüzeyine, yatay bir düzleme gelen güneş enerjisi yılın gününe, günün hangi saati olduğuna ve atmosferik şartlara bağlı olarak değişmektedir [3]. Böylelikle güneş enerjisinin ekonomik, verimli ve doğru bir şekilde kullanılabilirliği zamana ve yere göre değişmektedir. Doğrudan ve difüze olmak üzere güneş enerjisi iki bileşenden oluşmaktadır [4 ve 6]. Son zamanlarda güneş radyasyonunun doğru tahminine duyulan ihtiyaç, güneş radyasyonu verilerinin bazı enerji sistemlerinin kontrol ve optimizasyon işlemlerinde kullanılmalarından dolayı artmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde global güneş radyasyonunun tahmini için en yaygın kullanılan metotlardan birisi de yapay sinir ağlarıdır [5 ve 13].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

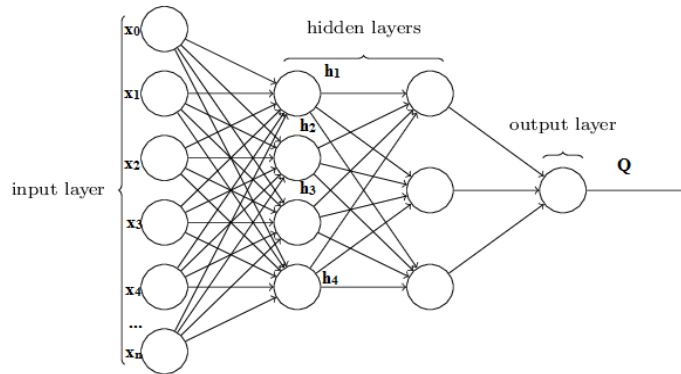
Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları alanında yatırımlar devletimizde desteği ile hızla artmaktadır. Bu çalışma Kastamonu il merkezinde aylık güneşlenme şiddetinin YSA ile tahmini yapılarak, Kastamonu'ya yapılacak olan güneş enerji yatırımlarına yön verilmesi açısından önemlidir. Bundan dolayı yatırımcıların güneş enerji sistemleri kurulmadan önce kâr zarar analizi yapmalarına olanak sağlayacak bir çalışmadır. Bu çalışmada daha sonra fizibilite ve maliyet çalışmaları da yapılabilir.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

İnsanoğlunun tabiatı araştırma ve taklit etmesinden ortaya çıkan ürünlerden bir tanesi de YSA'lar beyindeki sinir hücrelerinin çalışmasını taklit ederek sistemlere öğrenme, genelleme yapma, hatırlama yeteneği kazandırmayı amaçlayan bilgi işleme sistemleridir [8]. YSA'lar beyin en basit işlem elemanı olan nöronu hem işlevsel hemde şekilsel olarak taklit eder ve bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır [9]. YSA'lar öğrenme, hafızaya alma ve verilerin arasındaki ilişkileri ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Böylece, YSA, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik tabii yetenekleri ile ilgili problemlere çözüm üretir [10]. YSA'ların tahmin tekniği birçok bilimsel araştırmalarda kullanıldığı görülmektedir. Örnek olarak Sezgin ve arkadaşları GTA yöntemi kullanılarak üretilen sic (p) esaslı kaplanan çeliklerinin aşınma miktarlarının yapay sinir ağları ile tahmini yapmış ve gerçeğe yakın değerler elde etmiştir [11]. Kaya ve arkadaşları ise Kastamonu ilinin rüzgar enerjisi potansiyelini YSA ile tahmin etmiştir [12].

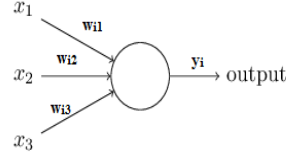
YSA modeli Literatürde 100'den fazladır. Bilimsel araştırmalarda beynimizin güçlü düşünme, hatırlama ve problem çözme yeteneklerini bilgisayara aktarmaya çalışmışlardır. Bazı araştırmacılar ise, beynin fonksiyonlarını kısmen yerine getiren birçok modelleri oluşturmaya çalışmışlardır [7]. Karmaşık, eksik, bulanık, belirsiz bilgileri YSA da işlemedeki başarılar nedeniyle, birçok endüstriyel probleme uygulanabilmektedir. Yapılarındaki paralellikten dolayı çok hızlı çalışabilmeleri, onların özellikle gerçek zamanlı olaylarda çalışmalarını sağlamaktadır [14]. Eldeki veriler kullanılarak YSA'lar öncelikle eğitilmekte ve sonrasında eğitimde kullanılmayan veriler test edilmektedir. YSA'ların eğitimi zaman almasına rağmen; kullanım sürecinde hızlı karar verme yeteneğini kazanırlar. Hataları tölere etme, öğrenme, genelleme yeteneklerinden dolayı lineer ve lineer olmayan sistemlerin devre modellemelerinde geniş uygulama alanları vardır [15 ve 16]. Bunlardan dolayı YSA' lar robotik sistemlerde, kontrol uygulamalarında, desen tanıma işlemlerinde, tıpta, güç sistemlerinde, sinyal işlemede, sosyal ve fizyolojik tahminlerde ve sistem modellemeleride kullanılmaktadır [17].

Yapısal ve matematiksel olarak birbirinden farklılık gösteren YSA'lar Şekil 1'de görüldüğü gibi genellikle giriş, çıkış ve gizli katman olarak üç ana katmandan meydana gelirler. Giriş katmanındaki hücre sayısı, YSA'ya yapılan giriş sayısı kadardır. Çıkış katmanındaki hücre sayısı, YSA'dan alınacak bilgi sayısı kadardır. Gizli katmandaki hücre sayısı ise, deneysel olarak bulunur. YSA'nın öğrenme kapasitesini arttırmak için hücre sayısı ve hücreler arası bağlantı sayısını arttırmak gerekir fakat YSA'nın eğitimi uzun zaman alır. YSA'ların matematiksel farklılıkları ise eğitilmelerinde kullanılan algoritmalar ve hücre çıkışında kullanılan aktivasyon fonksiyonunun tipinden kaynaklanır. Aktivasyon fonksiyonları üstel fonksiyonlar ihtiva etmelerinden dolayı lineer olmayan modelleme elde edilebilmektedir. YSA'da giriş hücre sayısı, giriş veri sayısına, çıkış hücre sayısı ise çıkışta alınan veri sayısına eşittir. Gizli hücre sayısı için bazı denklemler verilmiş fakat genel olarak deneme yoluyla bulunmuştur [11].



Şekil 1. Çok katmanlı yapay sinir ağı
(Figure 1. Multi-layer artificial neural network)

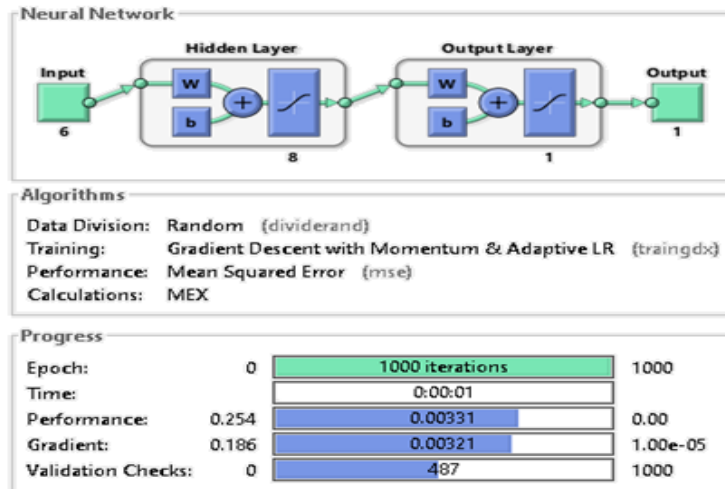
Bir yapay sinir hücresi ise Şekil 2'de görülmektedir. Nöronun görevi ise; girişteki sayıları, kendi ağırlık değerleri ile çarparak, daha sonra çarpımları toplamak. Toplamı bir yumuşatma fonksiyonu (genelde sigmoid veya tanh) geçirdikten sonra çıkışa vermektir.



Şekil 2. Yapay sinir hücresi
(Figure 2. Artificial neural cell)

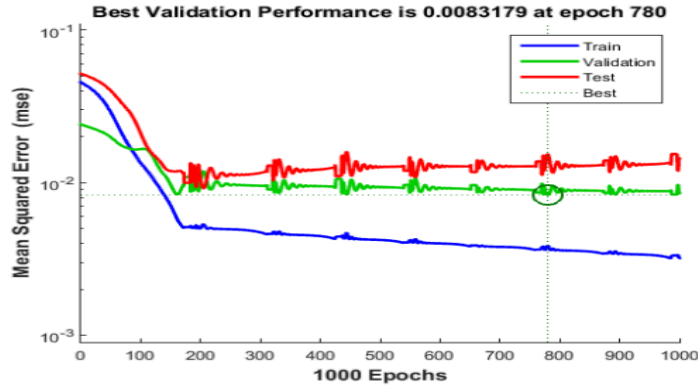
4. UYGULAMADA KULLANILAN YSA MODELİ (ANN MODEL USED IN APPLICATION)

Bu çalışmada; Kastamonu ilinin aylık toplam global güneşlenme şiddeti ($\text{cal}\div\text{cm}^2$) değerleri, Kastamonu Meteoroloji Müdürlüğü'nden 2009-2016 yıllarında alınan veriler olan aylık açık günler sayısı, aylık ortalama basınç (hPa), aylık ortalama nisbi nem (%), aylık ortalama rüzgâr hızı (m_sec), aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), aylık toplam güneşlenme süresi (saat) gibi meteorolojik verilerden yararlanarak YSA modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Uygulamada YSA modeli, farklı tabaka ve nöron sayıları için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi çözüm mimarisini "1000" iterasyon sonucu ileri beslemeli YSA modeli temsil etmektedir. Yapay sinir ağını eğitmek için geriye yayılma algoritması ve eşik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. YSA modeli tasarımı ve eğitimi için Matlab nntool arayüzü kullanılmıştır. İleri beslemeli YSA yapısının eğitimi sırasında giriş verileri olarak Kastamonu'nun 2009-2014 yıllarında aylık açık günler sayısı, aylık ortalama basınç (hPa), aylık ortalama nisbi nem (%), aylık ortalama rüzgâr hızı (m_sec), aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), aylık toplam güneşlenme süresi (saat) verileri kullanılmıştır. YSA yapısının eğitim sürecinde çıkış verileri olarak ise 2009-2014 tarihlerindeki global güneşlenme şiddeti ($\text{cal}\div\text{cm}^2$) alınmıştır. Buna göre 2015-2016 yılına ait aylık açık günler sayısı, aylık ortalama basınç (hPa), aylık ortalama nisbi nem (%), aylık ortalama rüzgâr hızı (m_sec), aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), aylık toplam güneşlenme süresi (saat) verilerine göre 2015-2016 tarihlerindeki aylık toplam global güneşlenme şiddeti ($\text{cal}\div\text{cm}^2$) tahmin edilmiştir. Kastamonu ili aylık toplam global güneşlenme şiddeti ($\text{cal}\div\text{cm}^2$) tahmini yapılırken Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan 6 farklı veriden yararlanılmıştır. Bu veriler ile YSA'da eğitilmiştir.



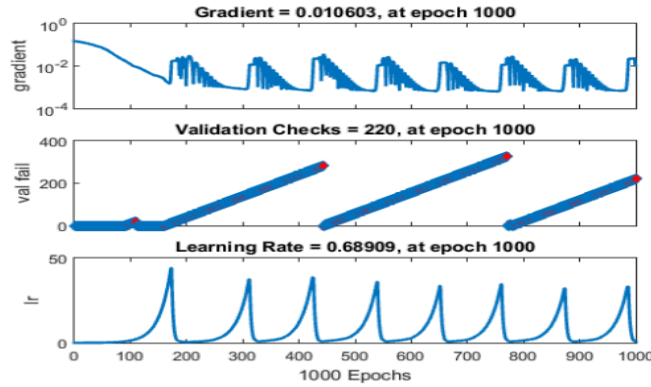
Şekil 3. Kullanılan MATLAB nntool arayüzü ve eğitim verileri
(Figure 3. Used MATLAB nntool interface and training data)

Yapılan eğitimde durma kriteri olarak "1000" iterasyon, "0" hata $1.00e.-05$ gradient değeri ve "1000" doğrulama(validation) hata sayısı kullanılmıştır. Eğitim 1 saniye sürede "1000" iterasyona ulaşarak durmuştur. Dividerand fonksiyonu ise eğitim verilerini randomize şekilde %75, %15, %15 olarak kendi içinde eğitim doğrulama ve test olarak ayırmıştır. Performans fonksiyonu ise ortalama karesel hata "mse" kullanıldı. Kullanılan MATLAB YSA arayüzü ve eğitim verileri toplu olarak Şekil 3'te gösterilmiştir. Eğitim aşamasında öğrenme algoritması olarak ise adaptif öğrenme oranlı hatanın geriye yayılarak azaltılması seçilmiştir.



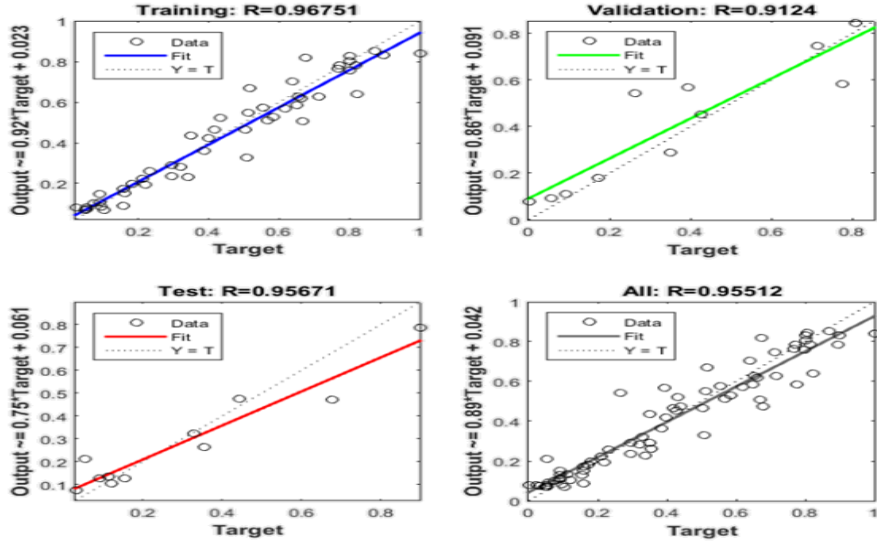
Şekil 4. Eğitim doğrulama ve test verilerine ait eğitim anındaki performans fonksiyonunun değişimi
(Figure 4. Change of performance function in training validation and training data)

Eğitim, doğrulama ve test verilerine ait eğitim aşamasındaki performans fonksiyonlarının değişimleri Şekil 4'te; gradyent değeri, doğrulama hatası ve öğrenme oranı değişimleri ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Gradyent değeri, doğrulama hatası ve öğrenme oranı değişimleri
(Figure 5. Gradient value, validation error and learning rate changes)

Modelleme performansının gösterilmesi için gerçekte olması gereken çıkış ile YSA'nın çıkışının karşılaştırması ise eğitim, doğrulama ve test verilerinin ve bütün verilerin sonuçlarına ait regresyon eğrileri ise Şekil 6.'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm datalar için regresyon 1'e yakın çıkmış yani YSA model çıkışı gerçek verilere çok daha yakın değerler almıştır.

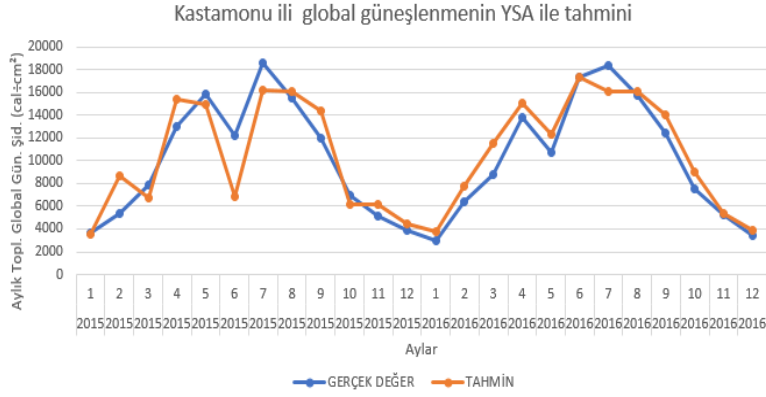


Şekil 6. Eğitim, doğrulama ve test verilerinin tüm datanın sonuçlarına ait regresyon eğrileri
 (Figure 6. Regression curves of the results of all data of training, validation and test data)

Kastamonu ilinin 2015-16 yıllarına ait aylık toplam global güneşlenme şiddeti ($\text{cal} \div \text{cm}^2$) Kastamonu Meteoroloji Müdürlüğünden alınmış ve YSA'nın verileri ile Tablo 1' de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Kastamonu ilinin 2015-16 yıllarındaki aylık toplam global güneşlenme şiddeti ($\text{cal} \div \text{cm}^2$) ve YSA'nın tahmin değerleri
 (Table 1. Monthly total global sunshine intensity ($\text{cal} \div \text{cm}^2$) of Kastamonu in 2015-16 and estimated values of ANN)

Yıl	Ay	Gerçek Değer	Tahmin
2015	1	3656.8	3502.72075
2015	2	5314.4	8654.15008
2015	3	7874.7	6705.67671
2015	4	13042.1	15339.8605
2015	5	15870.1	14886.9801
2015	6	12230.9	6818.29247
2015	7	18543.2	16190.5586
2015	8	15450.3	16074.5603
2015	9	12007.3	14385.6448
2015	10	6975.7	6151.03598
2015	11	5079.6	6195,48298
2015	12	3878.4	4491.26798
2016	1	2936.1	3797.08985
2016	2	6426.3	7717.27271
2016	3	8746.2	11463.3841
2016	4	13761.1	15037.902
2016	5	10659.7	12347.8166
2016	6	17300.1	17375.8614
2016	7	18333.7	16118.1191
2016	8	15706.4	16016.344
2016	9	12370	13990.0686
2016	10	7536.5	9036.23278
2016	11	5276.3	5333.6051
2016	12	3472.4	3863.25995



Şekil 7. YSA' nın çıkış verileri ile gerçek verilerin karşılaştırılmasını gösteren grafik
(Figure 7. Graph showing comparison of ANN output data with actual data)

Yukarıdaki Tablo 1'de YSA'nın yapmış olduğu tahmin değerleri ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır. YSA'nın yaptığı tahminlerin gerçek değerlere yakın olduğu hem Tablo 1'de hem de Şekil 7'deki grafikte görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kastamonu'ya ait 2009-2016 yılları arasında ölçülmüş; aylık açık gün sayısı, aylık ortalama nispi nem, aylık ortalama hava basıncı, aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam güneşlenme süresi, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık toplam güneş ışınım şiddeti değerleri gibi verilerden faydalanılarak yapay sinir ağıları metodu ile güneş radyasyon değerleri ileriye yönelik olarak tahmin edilmiştir. Yüksek bir hassasiyet ile sonuçların doğruluğu test edilmiş ve yapay sinir ağıları metodunun güneş radyasyon değerlerinin tahmin edilmesinde başarılı bir şekilde kullanılacağı görülmüştür. Güneş enerji sistemlerinin kurulumu ve ne kadar elektrik elde edileceği sistem kurucuları tarafından hesaplama kolaylığı sağlanacağı görülmüştür. Bu çalışmadan yola çıkarak Kastamonu'ya enerji konusunda yapılacak yatırımlara yön verilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Inamdar, S.S. ve Vaidya, A.P., (2015). Performance Analysis of Solar Photovoltaic Module for Multiple Varying Factors in MATLAB/Simulink, Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), International Conference on. IEEE, 562-567.
2. Rustemli, S. ve Dincer, F., (2011). Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in Matlab/Simulink, Elektronika ir Elektrotehnika, 109(3), 35-40.
3. Behrang, M.A., et al. (2010) The Potential of Different Artificial Neural Network (ANN) Techniques in Daily Global Solar Radiation Modeling Based on Meteorological Data. Solar Energy 84.8:1468-1480.
4. Shafiqur, R. and Mohandes, M., (2008). Artificial Neural Network Estimation of Global Solar Radiation Using Air Temperature and Relative Humidity. Energy Policy 36.2:571-576.



5. Jiacong, C. and Lin, X., (2008). Study of Hourly and Daily Solar Irradiation Forecast Using Diagonal Recurrent Wavelet Neural Networks. *Energy Conversion and Management* 49.6:1396-1406.
6. Atik, K., Deniz, E. and Yıldız, E., (2007). Meteorolojik Verilerin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 10.1.
7. Elmas, Ç., (2011). *Yapay Zekâ Uygulamaları*. Seçkin Yayınevi, Ankara.
8. Bahadır, E. ve Özdemir, A.Ş., (2016). *Akademik Başarı Tahmininde Yapay Sinir Ağları*, Burç Yayınevi, Konya.
9. Yurtoğlu, H., (2005) *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*, Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü.
10. Sağıroğlu, Ş., (2001). *Yapay Sinir Ağları ve Mühendislik Uygulamaları Semineri*, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği. Erciyes.
11. Sezgin, C.T., Kaya, Ü. ve Akkaş, M., (2016). GTA Yöntemi Kullanılarak Üretilen Sic (P) Esaslı Kaplanan Çeliklerinin Aşınma Miktarlarının Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, *Technological Applied Sciences*, 11(4), 146-152.
12. Kaya, Ü., Caner, M. ve Oğuz, Y., (2016). Rüzgâr Türbin Modelleri Kullanarak Kastamonu İli Rüzgâr İle Elektrik Üretim Potansiyeli Tahmini. *Technological Applied Sciences*, 11(3), 65-74.
13. Fadare, D.A., (2009). Modelling of Solar Energy Potential in Nigeria Using an Artificial Neural Network Model. *Applied energy* 86.9:1410-1422.
14. Bayır, R., (2008). *Yapay Zekâ Teknikleri Dersi Ders Notları*.
15. Kalogirou, S.A., (1999). Applications of Artificial Neural Networks in Energy Systems. *Energy Conversion and Management* 40.10:1073-1087.
16. Özçalık, H.R., (2003). and Ahmet Küçüktüfekçi. *Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları İle Düz ve Ters Modellenmesi*. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 6.1:26-35.
17. Soteris, A.K. and Bojic, M., (2000). Artificial Neural Networks for the Prediction of The Energy Consumption of a Passive Solar Building, *Energy* 25, 479-491.