



GLOBAL GÜNEŞ IŞINIM DEĞERLERİ TAHMİNİNDE AMPİRİK MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF EMPIRICAL MODELS OF THE MONTHLY MEAN DAILY GLOBAL SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL SURFACE

The Journal of Global Engineering Studies

Volume:3 Issue:1 (2016) 12–18

□

3rd Anatolia Energy Symposium Special Issue

Abdülkadir Koçer ^{a*}

Murat Gökçek^b
Afşin Güngör^d

İsmet Faruk Yaka^c

^a Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Dumlupınar Bulvarı 07058 Kampüs, Antalya,
e-posta:akocer@akdeniz.edu.tr

^b Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez Yerleşke, Bor Yolu Üzeri, 51240,
Niğde, e-posta:mgokcek@nigde.edu.tr ^c Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
Dumlupınar Bulvarı 07058 Kampüs, Antalya, e-posta:ismetfarukyaka@hotmail.com,
e-posta:afsingunor@hotmail.com

Özet

Güneş enerjisi çevre duyarlılığı ve enerji üretimi açısından önemli bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi destekli sistemlerin tasarımında sistemin kurulacağı yerdeki ışınım verilerinin bilinmesi önemli bir ayrıntıdır. Işınım ölçümleri belirli noktalarda yapılmaktadır. Her yatırım yapılacak bölgede ölçüm istasyonu bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda daha önceki çalışmalardan ortaya çıkan deneye dayalı (ampirik) modeller kullanılarak güneş ışınım tahmini yapılmaktadır. Bu çalışmada Niğde ili ışınım tahmini için iki farklı ampirik modelin verileri ile meteoroloji verileri karşılaştırılmıştır. Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler:: Enerji, Güneş Enerjisi, Modelleme.

*Corresponding author

Abstract

Solar is an important energy source for the environment and energy production. The global solar radiation on horizontal surface at the location of interest is the most critical input parameter employed in the design and prediction of the performance of solar energy systems. In this study, 2 empirical sunshine based models are compared correlating the monthly mean daily global solar radiation on a horizontal surface with monthly mean sunshine records for Nigde, Turkey. Models are compared using the mean absolute percentage error (MAPE), the mean bias error (MBE) and the root mean squared Error (RMSE). According to our results, all the models fitted the data adequately and can be used to estimate the specific monthly global solar radiation. The agreement between the estimated and the measured data were remarkable and the method was recommended for use in Nigde, Turkey.

Keywords: Energy, Solar energy, modeling

1 Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve dışa bağımlılık dikkate alındığında yenilenebilir enerjinin önemi ortaya çıkmaktadır. En önemli ve diğer yenilenebilir kaynakların temeli olan Güneş, verimli kullanıldığında enerjiye olan ihtiyaç giderilebilir. Güneş ışınımın belirli istasyonlarda meteoroloji tarafından ölçülmektedir. Ölçüm yapılmayan yerlerde ışınım tahminleri yapmak için daha önceden deneysel olarak (ampirik) modeller ortaya çıkmıştır. Literatürde birçok örneği mevcuttur [1–6]. Angström ve Prescott (1924), aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu tahmin için ilk ve en yaygın kullanılan ilişkiyi denklemlerle ifade etmişlerdir [7, 8]. Birçok bölgede kullanılan lineer güneş ışınım modelinin oluşturulmasında temel oluşturmuştur. Mecibah ve diğerleri [1] tarafından birkaç ampirik formül geliştirilmiştir [1]. Bu formülleri güneş ışığı bazlı, sıcaklık bazlı ve bulutluluk bazlı olmak üzere üç ana kategoride toplamıştır. Besharat ve diğerleri [9] yaptığı çalışmada ampirik modelleri toplayarak; güneş ışığı bazlı, bulutluluk bazlı, hava sıcaklığı bazlı ve meteorolojik parametre bazlı şeklinde sınıflandırmıştır [9].

Bu çalışmanın amacı Niğde ili için iki farklı ampirik modelin verileri ile 2001-2010 yılları arasında ölçümü yapılan meteoroloji verilerin karşılaştırılarak modellerin kullanılabilirliği incelenmiştir. Çıkan sonuçlara ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata analizleri yapılmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

Global ışınım tahmininde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan global ışınım tahmin yöntemlerinde en önemli parametre güneşlenme süresi olup bunu hava sıcaklığı takip etmektedir. Birçok çalışmada güneş ışığı bazlı tahminlerle ilgili modeller geliştirilmiştir [10,11]. Bu çalışmada güneş ışığı bazlı modeller kullanılarak ölçümden bağımsız olarak hesaplamalar yapılmıştır. Literatürde geçen kuadratik (ikinci dereceden denkleme dayalı) ve logaritmik regresyon eşitlikleri kullanılarak modelleme yapılmıştır

Tablo 2.1: *Literatürde geçen regresyon modelleri*

Modeller	Model No.	Regresyon eşitliği
Kuadratik 1		$H/H_0 = a + b \cdot \left(\frac{S}{S_0}\right) + c \left(\frac{S}{S_0}\right)^2$
Logaritmik 2		$H/H_0 = a + b \cdot \log\left(\frac{S}{S_0}\right)$

Bilinmesi gereken parametrelerin başında atmosfer dışı ışıınım miktarı ve maksimum güneşlenme süresi gelmektedir. Aşağıda verilen standart eşitliklerle bu parametrelerin değerlerini hesaplayabiliriz

$$H_0 = \left(\frac{24 \times 60}{\pi} I_{SC} d_r [\cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta)] \right) \quad (2.1)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \frac{2\pi}{365} J \quad (2.2)$$

$$\delta = 0.4093 \sin \left[\frac{2\pi}{365} (248 + J) \right] \quad (2.3)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (2.4)$$

Denklemden geçen d_r bağıl yer-güneş mesafesi, δ denklinasyon açısı (rad), ω_s güneş batış açısı (rad), φ enlem (rad) ve J gün sayısı olup Ocak 1 den itibaren sayılır, I_{sc} güneş sabiti olup değeri $0.082 \text{ MJ/m}^2/\text{min}$ (1367 W/m^2) [11].

Verilen ay ile ilgili ortalama gün uzunluğu aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır [2].

$$S_0 = \frac{2\omega_s}{15} \quad (2.5)$$

Hesaplamalar sonunda kullanılan regresyon eşitliği için bulunan katsayılar Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2: *Regresyon model sonuçları*

Models	Regression equation
Kuadratik	$H/H_0 = 0.4799 + 0.2447(S/S_0) + 0.0491(S/S_0)^2$
Logaritmik	$H/H_0 = 0.7463 + 0.1848 \log(S/S_0)$

Global ışıınım değerlerinin bunların çeşitli regresyon modelleriyle tahmin edilmesi ve sonuçların gerçek değerler ile karşılaştırılması literatürde önemli yer tutmaktadır. Sonuçların karşılaştırmasında bir çok istatistiksel yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata analizleri yöntemi kullanılmıştır. Yöntemlerle ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir.

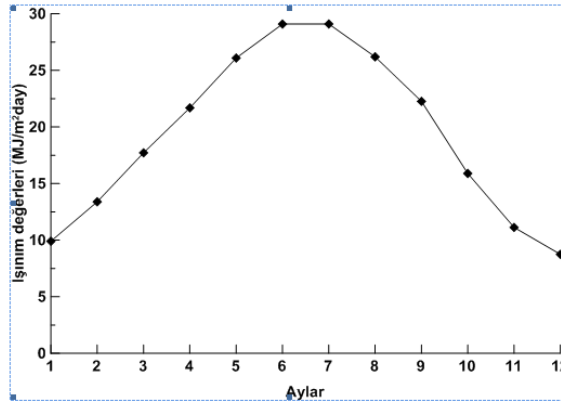
$$MAPE = ABS \left(\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_{i,m} - Y_{i,c}}{Y_{i,m}} \right) 100}{n} \right) \quad (2.6)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{i,m} - Y_{i,c}) \quad (2.7)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{i,m} - Y_{i,c})^2} \quad (2.8)$$

Denklemden geçen $Y_{i,m}$, $Y_{i,c}$ ve n değerleri sırasıyla ölçülen berraklık (clearness) indeksi (H_m/H_0), hesaplanan berraklık indeksi (H/H_0) ve gözlem sayısıdır.

Türkiye güneşlenme süreleri açısından önemli bir konumdadır. İç Anadolu Bölgesinde 1250 m yükseklikte, 37.59° enleminde 34.42° boylamında yer alan ve güneşlenme süresi 7.6 h/gün olan, Niğde ili için ölçümü yapılan güneş ışıınım değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Ölçümler pıranometre kullanılarak yapılmıştır. Ölçülen aylık güneş ışıınım değerlerini gösteren grafik Şekil 2.2'de verilmiştir. Niğde'nin yıllık toplam güneş ışıınım değeri 1935 kWh/m^2 ($5.3 \text{ kWh/m}^2\text{gün}$) olup toplam güneşlenme süresi 2759 saat(h) 'dir. Niğde iline ait, güneş ışıınım haritası Şekil 2.2' de verilmiştir.

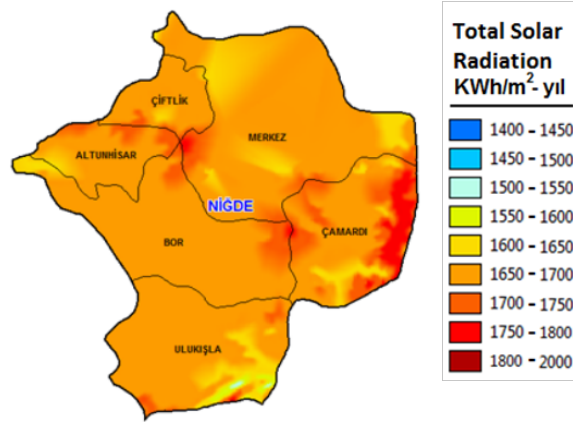


Şekil 2.1: Niğde ili için ölçülen aylık güneş ışıınım değerleri

Niğde ili için her bir aya ait aylık ortalama atmosfer dışında yatay düzleme gelen ışıınım miktarı (H_0) ve maksimum güneşlenme süresi (S_0) yukarıda verilen temel eşitlikler ile hesaplandı.

3 Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Niğde ili için iki farklı ampirik modelin verileri ile meteoroloji verileri karşılaştırılmıştır. Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ortalama sapma hatası



Şekil 2.2: Niğde ili güneş ışınım haritası

Tablo 3.1: Geliştirilen eşitliğe göre MBE, RMSE ve MAPE değerleri

	MBE		RMSE		MAPE	
	Kuadratik	Logaritmik	Kuadratik	Logaritmik	Kuadratik	Logaritmik
Ocak	-0,0535	-0,2229	0,7545	0,6353	0,2702	1,6573
Şubat	-0,4221	-0,6142	1,0523	0,9848	2,4634	4,1498
Mart	-0,152	0,0146	0,6677	0,6154	0,6889	0,2182
Nisan	0,4898	0,6597	1,1877	1,2014	2,6159	3,3634
Mayıs	-0,418	0,4907	0,793	0,8364	1,5173	1,9742
Haziran	0,2343	0,1676	1,1207	1,2067	1,0044	0,8001
Temmuz	0,19	-0,0743	1,161	1,2706	0,8541	0,0278
Ağustos	0,3685	0,1326	0,8535	0,8015	1,4996	0,6053
Eylül	-0,5046	-0,5935	0,9504	1,0732	2,1072	2,4767
Ekim	-0,2014	-0,0765	0,5167	0,4828	1,1371	0,342
Kasım	0,1227	0,2054	0,362	0,3567	1,271	1,9787
Aralık	0,2522	0,0471	0,5937	0,4336	3,5407	0,8486

(MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata analizleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Sonuçların geneline bakıldığında kuadratik modelin Ocak ve Kasım aylarında hata değerinin minimum olduğu, Nisan, Eylül ve Aralık aylarında ise maksimum olduğu görülmektedir. Logaritmik modelde ise hata değerinin en düşük olduğu aylar Mart, Temmuz ve Kasım aylarıdır. Şubat, Nisan ve Temmuz ayları hata değerinin maksimum olduğu aylardır. En iyi sonucun logaritmik model ile alındığı tespit edilmiştir. Her üç istatistiksel hata analizlerinde logaritmik model sonuçları sıfıra yakın çıkmıştır. En düşük MBE, RMSE ve MAPE değerleri sırasıyla 0.0146, 0.3567, 0.0278'dir.

4 Sonuç

Bu çalışmada Niğde ili için iki farklı ampirik modelin verileri ile meteoroloji verileri karşılaştırılmıştır. Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata analizleri yapılarak literatürdeki modellerin kullanılabilirliği incelenmiştir. En iyi sonucu veren modelin

logaritmik model olduğu tespit edilmiştir. Daha farklı modellerde uygulanarak farklı sonuçlar çıkarılabilir. Güneş ışınım değerlerinin ölçümü yapılmayan yerlerde bu gibi modellerin kullanılması ışınım tahmininde yol göstermektedir. Böylelikle güneş ışınımından faydalanılacak yatırım ve projeler için model kullanımı yol gösterici niteliktedir.

Kaynaklar

- [1] Mecibah, M. S., T. E. Boukelia, R. Tahtah, ve K. Gairaa, *Introducing the best model for estimation the monthly mean daily global solar radiation on a horizontal surface (Case study: Algeria)*, Renew Sustainable Energy Rev 36194-202.
- [2] K. Bakirci, *Models of solar radiation with hours of bright sunshine: a review*, Renewable Sustainable Energy Rev
- [3] K. Kaygusuz, *The comparison of measured and calculated solar radiations in Trabzon, Turkey*, Energy Sources, 21, (1999), 347–353.
- [4] C. Ertekin, O. Yıldız, *Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey)*, Energy Convers Management, 41 (2000), 311–330.
- [5] S. Tarhan, A. Sarı, *Model selection for global and diffuse radiation over the Central Black Sea (CBS) region of Turkey*, Energy Convers Management, 46,(2005), 605–613.
- [6] Togrul IT, H. Togrul *Global solar radiation over Turkey: comparison of predicted and measured data*, Renewable Energy, 25 (2002), 55–67.
- [7] A. Angstrom, *Solar and terrestrial radiation*, Q. J. Roy Meteor. Soc. 50, (1924), 121–125.
- [8] J. A. Prescott *Evaporation from water surface in relation to solar radiation*, Transactions of the Royal Society of Australia, 64 (1940), 114–125.
- [9] F. Besharat , A. A. Dehghan, and A. R. Faghih, *Empirical models for estimating global solar radiation: A review and case study*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21 (2013), 798–821.2
- [10] J. Almorox , C. Hontoria and M. Benito. *Models for obtaining daily global solar radiation with measured air temperature data in Madrid (Spain)*, Apply Energy, 88 (2011), 1703–1709.
- [11] R. S. Chen , E. S. Kang, J. P. Yang, and at all. *Validation of five global radiation models with measured daily data in China*, Energy Convers Management, 45 (2004), 1759–69.

- [12] H. Duzen and H. Aydin. *Sunshine-based estimation of global solar radiation on horizontal surface at Lake Van region (Turkey)*, Energy Convers Management, 58 (2012), 35–46.