

Güneydoğu Anadolu bölgesi için global güneş ışımalarının ve güneşlenme süresinin istatistiksel metodlar ile tahmin edilmesi ve karşılaştırılması

Hibetullah KILIÇ^{*1}, Bilal GÜMÜŞ², Musa YILMAZ³

¹ Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik-Enerji Bölümü, Diyarbakır

² Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

³ University of California Los Angeles, Smart Grid Energy Research Center

Makale Gönderme Tarihi: 01.03.2016

Makale Kabul Tarihi: 09.05.2016

Öz

Günümüzde, gelişen teknolojilere paralel olarak enerjiye olan talep de artmaktadır. Artan bu enerji taleplerinin karşılanması konusunda bilim insanları yeni alternatif enerji kaynakları geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu çalışmaların büyük bir bölümü ise fosil yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynakları üzerinedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisi coğrafik koşullara bağlı olarak, bölgelere göre değişiklik arz etmektedir. Özellikle Türkiye’de güneydoğu Anadolu Bölgesi, Türkiye ortalaması olan 1400 kWh/m²-yıl’dan daha yüksek, bir güneş enerji potansiyeline sahiptir. Bu makalede, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için, güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünde önemli bir parametre olan, global güneş ışınımı (GGI) ve güneşlenme sürelerinin (GS) tahmininde, iki farklı istatistiksel yöntem ilk kez kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler, üstel ağırlıklı hareketli ortalama (ÜAHO) ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama bazlı gaussian dağılımı (ÜAHOG)’dur. Yapılan çalışmada, global güneş ışınımı ve güneşlenme süresinin iki farklı istatistiksel yöntemle tahmin edilmesi ve bu yöntemlerin birbirleriyle olan karşılaştırılması sunulmuştur. Ayrıca yöntemlerin başarı oranı, belirleme katsayısı R^2 ve ortalama mutlak yüzdelik hata (OMYH) kullanılarak test edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Hem GGI ve GS için ÜAHO ve ÜAHOG kullanılarak hesaplanan R^2 değerleri 1’e yakın olarak bulunurken, diğer taraftan ÜAHO ve ÜAHOG kullanılarak hesaplanan OMYH değerleri yöntemlerin mükemmel tahmin oranına sahip olduğunu gösteren 0-10(kWh/m²-gün) aralığında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar GGI ve GS tahmini için kullanılan her iki yöntemin de uygun olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Global güneş ışınımı; güneşlenme süresi; Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO); Gaussian dağılımı

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Hibetullah KILIÇ. Hibetullah.kilic@dicle.edu.tr; Tel: (412) 241 10 00 (7766)

Giriş

Global güneş ışımasını (GGI) ve güneşlenme süresi (GS); PV (fotovoltaik) panel, enerji dönüşüm sistemleri, ahşap kurutma, atmosferik çalışmalar, binalardaki termal yük analizleri, meteorolojik tahminler gibi güneş enerjisi uygulamalarda kullanılan iki önemli kavramdır. Bu iki kavramın çok geniş kullanım alanının olmasından ötürü ölçümü veya tahmin edilmesi hem araştırmacılar hem de endüstriyel alanlar için hayati öneme sahiptir (Pierro vd., 2015, Sozen, 2015).

Ülkelerin meteoroloji servislerinin global güneş ışımasını ve güneşlenme süresi gibi meteorolojik verilerinin ölçülmesinde büyük bir pay sahibi olmasının yanında bazı üniversite ve araştırma merkezlerinde de ölçüm istasyonları kurulmuştur. Fakat coğrafik ve ekonomik gibi bazı koşulların elvermemesinden dolayı bu ölçüm istasyonların her yerde kurulup ölçüm alınması mümkün olmamaktadır (Ozgoren vd., 2012). Ölçüm istasyonların kurulumunun mümkün olmadığı durumlarda global güneş ışıması ve güneşlenme süresi gibi verilerin tahmin edilmesi ve modellenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bunun yanında geleceğe yönelik global ışıma ve güneşlenme süresinin tahmini, güneş enerjisi sistemlerini kuracak ve bu alanda yatırım yapacak kişilere öngörü oluşturması açısından oldukça önemlidir. Kapasite ve potansiyel tahminlerinin yapılmasında bu verilerden faydalanılmaktadır (Kentli ve Yılmaz, 2015).

Global güneş ışımasının modellenmesi ilk olarak, Angström ve Prescott tarafından güneş süresi bazlı ve lineer regresyon modeli ile yapılmıştır. Bu modelmeden sonra sıcaklık, bulutluluk bazlı lineer ve lineer olmayan modeller geliştirilmiştir (Yadav ve Chandel, 2014). Güneşlenme süresi verisinin olmadığı durumlarda sıcaklık ve bulutluluk bazlı modeller tercih edilmektedirler. Sıcaklık ve bulutluluk bazlı modellerde daha iyi sonuç elde etmek için bulanık mantık gibi yöntemlerde kullanılmaktadır (Duzen ve Aydın, 2012).

Bahsedilen çalışmalar dışında son yıllarda yapay sinir ağı (YSA) da solar parametrelerin modellenmesinde sıklıkla kullanılmıştır. YSA özellikle lineer olmayan sistem davranışlarının, sınıflandırılması, kümeleme işlemleri, model derecelendirilmesi gibi sistemlerde başarılı sonuçlar vermesinden dolayı, meteorolojik bir parametre olan global güneş ışımasının da modellenmesinde çokça kullanılmaktadır (Shamim vd., 2015).

Meteorolojik olaylar zaman bağımlı olduklarından global güneş ışımasını ve güneşlenme sürelerinin analiz ve modellenmesinde ve tahmininde zaman serisi metodu da çok kullanılmaktadır (Güçlü vd., 2015). Zaman serileri metodu, zaman bağımlı modellerin arkasındaki fiziksel yapının analiz edilmesinde ve buna bağımlı olarak modellenmesinde büyük önem taşımaktadır. Zaman serileri metodu regresyon gibi geleneksel metotlarla birleştirilebildiği gibi aynı zamanda YSA ve bulanık mantık gibi modern yöntemlerle de birlikte çalışabilmektedir (Mulaudzi, 2013, Bakirci, 2015).

Bu çalışmada “Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO)” ve “Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Bazlı Gaussian Dağılımı (ÜAHOG)” gibi zaman serileri tabanlı istatistiksel metotlar kullanılmıştır. Bu metotlar ile global güneş ışımasını ve güneşlenme sürelerinin tahmini ilk kez bu makalede yapılmıştır. Çalışmada aynı zamanda bu iki yöntemin karşılaştırılması da yapılmıştır. Tahmin için kullanılan yöntemlerin başarıları ise, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY) ve R^2 gibi istatistiksel araçlarla incelenmiştir. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen ve Tablo 1’de belirtilen veriler baz alınarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan; Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman ve Mardin illeri için global güneş ışımasını ve güneşlenme süresinin tahmini yapılmıştır. Tablo 1’de gösterildiği üzere Gaziantep ve Şanlıurfa için 2010 yılından; Diyarbakır için 2008 yılından; Batman için 2006 yılından ve Mardin ili için 2015 yılından sonra global ışıma verilerinin ölçümü yapılmamaktadır. Bu nedenle, önceki

yılların verilerine bağlı olarak tahmin ve modelleme yapılması güneş enerjisi uygulamaları ve bu uygulamalara yapılacak yatırımlar için hayati öneme sahiptir. Makalede istatistikler yöntemler kullanılarak gelecek yılların tahmini yapılmış ve gelecekteki yılların olmayan ölçüm verilerinin yaratacağı dezavantajlı durum ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır (Bakirci, 2015).

Tablo 1. Meteoroloji genel müdürlüğü tarafından sağlanan güneydoğu Anadolu bölgesindeki beş ile ait verilerin süreleri

Şehir	Boylam(E)	Enlem(N)	Ölçülen veriler	
			Periyod	Toplam yıl
Gaziantep	37.22	37.04	1998-2010	12
Şanlıurfa	38.46	37.07	1998-2010	12
Diyarbakır	40.13	37.55	1998-2008	10
Batman	41.07	37.52	1998-2006	8
Mardin	40.45	37.07	2012-2015	4

Materyal ve Yöntem

Veri Toplama

Çalışmada kullanılmak üzere güneydoğu Anadolu bölgesindeki beş ile (Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman ve Mardin) ait olan aylık ortalama, günlük toplam global güneş ışıması ve güneşlenme süreleri verileri meteoroloji genel müdürlüğünden alınmıştır. Bu veriler, Gaziantep ve Şanlıurfa illeri için 12 yıllık, Diyarbakır ili için 10 yıllık, batman ili için 8 yıllık ve Mardin ili için 4 yıllık verilerden oluşmaktadır.

Bu verilerden Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Batman illeri için 1998-1999 yıllarına; Mardin ili için ise 2012-2013 yıllarına ait 2 yıllık veriler tahmin için kullanılmıştır. Tahmin için kullanılan iki yıllık veriler temel alınarak bu verilerden sonraki yıllar için, Gaziantep ve Şanlıurfa için 8, Diyarbakır için 6, Batman için 4, Mardin için ise 2 yılın verilerinin tahmini yapılmıştır. Ayrıca tahmin için kullanılan 2 yıllık veriler test verileri olarak adlandırılırken; tahmin edilen verilerin ait

olduğu yıllar ise tahmin yılları olarak adlandırılmıştır ve bu verilere ait bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Çalışmada, üstel ağırlık hareketli ortalama (ÜAHO), üstel ağırlık hareketli ortalama tabanlı gaussian (ÜAHOG) dağılım yöntemleri kullanılarak tahmin sonuçları elde edilmiştir. Kullanılan veriler her gün için, 24 örneğin toplanmasıyla oluşan günlük toplam örnekleri ifade eder. Bir yılın verilerini oluşturmak için her aya ait günlük toplam veri setinin ortalaması alınarak, günlük toplam aylık ortalama veri hesaplanması yapılır. Matematiksel ve istatistiksel işlemler için Microsoft EXCEL ve MATLAB programları kullanılmıştır.

Tablo 2. Tahmin için kullanılan verilerin sınıflandırılması

Şehir	Test sınıfı yılları		Tahmin sınıfı yılları	
	Periyod	Toplam yıl	Periyod	Toplam yıl
Gaziantep	1998-1999	2	2000-2010	10
Şanlıurfa	1998-1999	2	2000-2010	10
Diyarbakır	1998-1999	2	2000-2008	8
Batman	1998-1999	2	2000-2006	6
Mardin	2012-2013	2	2014-2015	2

Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO) Metodu

Eğer zaman serilerini doğal verilerden oluşmuş dizi olarak tanımlarsak, bu veri setinin ya da zaman serisinin davranışlarını analiz etmek için kullanılabilecek en basit ve yararlı yöntem ortalamalarının alınmasıdır. Bir seriye ait ortalamayı hesaplayabilmek için o serinin zaman ekseninin belirli bir aralıkta ilerlemesi gerekmektedir ve bu aralık şu şekilde ifade edilir: $t=1, t=2, \dots$ Bu zaman aralığındaki ilerleme basit bir şekilde serinin ortalamasının alınmasını sağlar. Herhangi bir serinin veya dizinin basit ortalaması önceki değerlerinin ağırlıklarından bağımsızdır. Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO) ise basit ortalamadan farklı olarak önceki değerlerin belirli bir oranda ağırlaştırılması ile elde edilir. Bu yöntem

kullanılarak önceki (geri bir zamana ait) değerlerin belirli bir oranda ağırlıklarıyla, sonraki zamandaki serinin değerinin ne olacağı tahmin edilebilir. Bir zaman serisine ait ortalama farklı yöntemler kullanılarak da elde edilebilir. Bu yöntemler öz bağımlı hareketli ortalama (ARMA) ve öz bağımlı tümleşik hareketli ortalamadır (ARIMA). Ancak bu makalede Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (ÜAHO) üzerine durulmuştur (Smith, 2012).

Herhangi bir zaman serisini $y_t, t=1, 2, 3, \dots, i$ şeklinde ifade edebilirsek, bu durumda bu zaman serisinin ortalamasını hesaplayabiliriz. Eğer i yeterince büyük, n ise i 'den küçük bir tam sayı seçilirse; y_t ortalamalar serisi olarak hesaplanabilir:

$$\bar{y}_{t.1} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t \quad (1)$$

$$\bar{y}_{t.2} = \frac{1}{n} \sum_{t=2}^{n+1} y_t \quad (2)$$

$$\bar{y}_{t.i-n+1} = \frac{1}{n} \sum_{t=i-n+1}^t y_t \quad (3)$$

$2 \leq n \leq i$ sağlandığı zaman, belirli bir n aralığındaki her ortalama seri şu şekilde hesaplanabilir.

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n} \sum_{t=t-n+1}^t y_t \quad (4)$$

Ortalama yaklaşım, herhangi bir t zamanında n değer $n-1$ zaman basamağında basit ortalaması olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı önceki değerleri ağırlıklı hareketli ortalaması ileriki zaman olan $t+1$ için, tahmin bilgisini içerir, dolayısıyla ilerleyen zamandaki değerler önceki değerlerin verilerini içerirler. Tüm n 'ler eşit olarak ağırlıklı, μ_t olarak tanımlanırsa her n 'nin ağırlığı $1/n$ 'e eşit olur ve n 'lerin ağırlıklarının toplamı 1 eder. $\mu_t = 1/n$, olarak tanımlanırsa denklem(4) şu şekilde ifade edilir:

$$\bar{y}_t = \sum_{t=t-n+1}^t \mu_t y_t \quad (5)$$

ÜAHO Metodunda μ düzeltme parametresi 0-1 aralığında değişmektedir. Düzeltme

parametresi μ 'nün $0 < \mu < 0.5$ aralığında olması yapılan tahminde daha eski verilerin etkisinde olduğunu, $0.5 < \mu < 1$ aralığında olması ise daha yakın zaman ait verilerin etkisinde olduğunu ifade eder. Üstel düzeltirmede, ağırlıklarının toplamının 1 olması geometrik olarak ÜAHO serisinin kısılması için kullanılabilir. Bu durumda ağırlıklar şu şekilde ifade edilir.

$$\mu(1 - \mu)^k \quad (6)$$

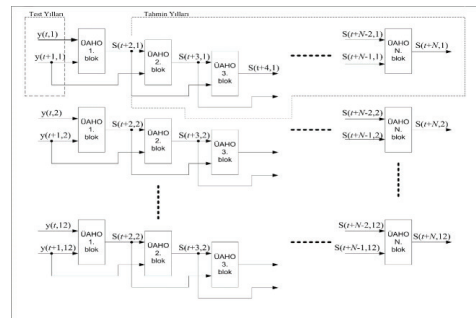
$k = 1, 2, 3, \dots, \infty$ olarak tanımlanmıştır. Yapılacak bazı matematiksel operasyonlardan sonra ortalama aşağıdaki gibi olur.

$$\bar{y}_t = \sum_{k=1}^n \mu(1 - \mu)^{k-1} y_{t-k+1} \quad (7)$$

Daha sonra denklem (5) tekrarlanan düzeltirme ilişkisi olarak şu şekilde ifade edilir.

$$S_t = \mu y_t + (1 - \mu) y_{t-1} \quad (8)$$

Düzeltilmiş tekrar eden ÜAHO algoritması Şekil 1 de gösterilmiştir. Şekil 1'de $y(t, 1)$ ve $S(t+2, 1)$ sırasıyla t yılının ilk ayını ve $t+2$ yılının ilk tahmin edilen ayını ifade eder. N ise tahmin edilen yıl sayısını ifade eder. ÜAHO algoritmasında her yılın ilk ayından son ayına kadar her tahmin değeri ayrı ayrı hesaplanır. Algoritma düzeltme operasyonundan dolayı kendinden önceki son iki yılın verilerine ihtiyaç duyar (Brockwell ve Davis, 1996, Bowerman ve O'Connell, 1979).



Şekil 1. ÜAHO algoritması

Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHOG) Modeli

Bu metotta test verisi olarak adlandırılan ilk iki yılın verileri kullanılarak her iki yıl için ayrı olarak Gaussian dağılım fonksiyonu oluşturmak. Daha sonra oluşturulan bu fonksiyonun katsayıları olan A, μ, σ Caruana yaklaşımı ile hesaplanır ve test yılları için Gaussian dağılım fonksiyonu oluşturmak. Oluşturulan Gaussian dağılım fonksiyonunda A , eğrinin maksimum noktasını, μ , eğrinin maksimum noktasının pozisyonunu, σ ise standart sapmayı ifade eder.

Gaussian dağılım fonksiyonu matematik, bilim mühendislik gibi bir çok alanın yanında, dünyadaki meteorolojik alana ait olan sıcaklık, global güneş ışınımı ve güneşlenme süresi gibi bir çok doğal olayın modellenmesinde kullanılmaktadır. Bir Gaussian dağılım fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir (Smith, 2012, Lewis, 1982).

$$y_t = Ae^{-(t-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (9)$$

Denklem (9)'un grafiği $t = \mu$ olan simetrik bir eğriyi ifade eder. Bu denklemde A eğrinin maksimum noktasının yüksekliğini ifade ederken, σ eğrinin genişliğini kontrol eder. Gaussian dağılım fonksiyonun yukarıda belirtilen parametreleri hesaplamak için, Caruana yaklaşımı kullanılabilir. Bu metotta ilk işlem denklem (9)'un logaritmasının alınmasıdır. Logaritma işleminden sonra denklem şu hali alır.

$$\ln y = \ln A + \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \quad (10)$$

Denklem (10)'un sağ tarafı şu şekildedir.

$$\ln y - \frac{\mu^2}{2\sigma^2} + \frac{2\mu t}{2\sigma^2} - \frac{t^2}{2\sigma^2} \quad (11)$$

Denklem (11) aşağıdaki eşitliğe benzetilir.

$$(a) + (bt) + (ct)^2 \quad (12)$$

Burada

$$a = \ln A - \mu^2/(2\sigma^2) \quad (13)$$

$$b = \mu/\sigma^2 \quad (14)$$

$$c = -1/(2\sigma^2) \quad (15)$$

Yukarıda yapılan matematiksel operasyonlarla Gaussian dağılımı fonksiyonun A, μ, σ parametreleri lineer bir denklemin a, b ve c katsayılarına dönüşür, bu operasyon ile aynı zamanda fonksiyonun kompleksliği azaltılmış olur. Caruana yaklaşımı kullanılarak (12)'deki denklemin katsayıları hesaplanabilir. Bu yaklaşımda amaç, regresyon analizi ile katsayıları a, b, c olan bir parabol oluşturarak, Gaussian dağılım fonksiyonun parametrelerini hesaplamaktır. Bu işlem için hata fonksiyonu şu şekilde tanımlanır.

$$e = \ln y - (a + bt + ct^2) \quad (16)$$

Hata fonksiyonu tanımlandıktan sonra e^2 in sırasıyla a, b ve c parametrelerine göre türevi alınıp sıfıra eşitlenir.

$$\begin{bmatrix} N & \sum_{n=1}^N t & \sum_{n=1}^N t^2 \\ \sum_{n=1}^N t & \sum_{n=1}^N t^2 & \sum_{n=1}^N t^3 \\ \sum_{n=1}^N t^2 & \sum_{n=1}^N t^3 & \sum_{n=1}^N t^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N \ln y \\ \sum_{n=1}^N (t) (\ln y) \\ \sum_{n=1}^N (t)^2 (\ln y) \end{bmatrix} \quad (17)$$

Denklem(17)'de N değeri 12'dir, bu da bir yılın aylarını ifade eder. Denklem (17) çözüldüğünde Gaussian dağılım fonksiyonun parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu = \frac{-b}{2c} \quad (18)$$

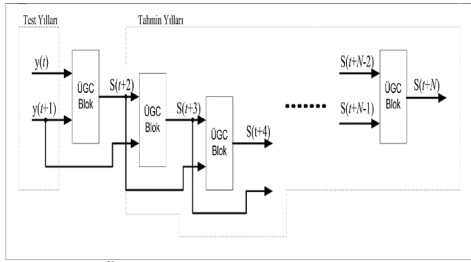
$$\sigma = \sqrt{\frac{-1}{2c}} \quad (19)$$

$$A = e^{(a-b^2)/4c} \quad (20)$$

Yukarıdaki işlemlerden sonra ÜAHO ortalama kullanılarak ileriki yılların A , μ , σ parametreleri ayrı ayrı tahmin edilir. ÜAHO ile ayrı olarak tahmin edilen parametrelerden, ileri ki yılların her biri için ayrı olarak Gaussian dağılım fonksiyonu oluşturulur. ÜAHO kullanılarak ileri ki yılların A , μ , σ parametreleri denklem (8)'in düzenlenmesiyle elde edilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir (Smith, 2012, John, 1995).

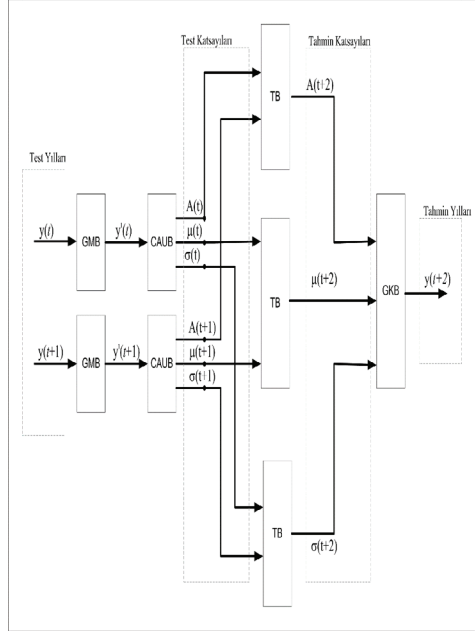
$$S_t = \beta(A, \mu, \sigma)_t + (1 - \beta)(A, \mu, \sigma)_{t-1} \quad (9)$$

ÜAHOG metodunun çalışma prensibi Şekil 2, Şekil 3, ve Şekil 4'de gösterilmiştir.



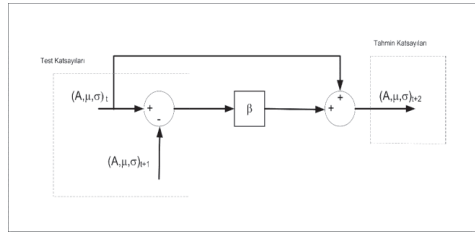
Şekil 2. ÜAHOG dağılım modeli algoritması

ÜAHOG metodunun algoritması Şekil 2'de blok diyagramı olarak gösterilmiştir. Şekilde t veri setinin ilk yılını temsil ederken, $t+N$ ise veri setinin son yılını ifade eder. $y(t)$ ilk test yılını $y(t+1)$ ise ikinci test yılını ifade eder, buna karşılık $S(t+2)$ ilk tahmin yılını ifade ederken $S(t+N)$ son tahmin yılını göstermektedir. Şekilde ÜGC Caruana yaklaşımı ÜAHOG fonksiyonunun kısaltılmış halidir, bu işlem ise Şekil 3'deki blok diyagramı ile açıklanmıştır. ÜGC blok diyagramı GMB Gaussian modelleme bloğu, Caruana Blok (CAUB), tahmin bloğu (TB) ve Gaussian konstrüksiyon bloğundan (GKB) oluşmaktadır. Şekil 3'de $y'(t)$ ve $y'(t+1)$ sırasıyla $y(t)$ ve $y(t+1)$ Gaussian modellerini ifade etmektedir. Şekil 4'te gösterilen tahmin (TB) ise ÜAHO ile yapılan tahmin ve işleminin algoritmasını ifade etmektedir.



Şekil 3. ÜGC blok diyagramının algoritması

Tahmin algoritmasında $y(t)$ ve $y(t+1)$ test yılı sınıfı iken $S(t+2)$ 'den $S(t+N)$ kadar olanlar ise tahmin yılı sınıfıdır.



Şekil 4. Tahmin Blok (TB) algoritması

Yöntemlerin doğruluğunu tespit etmek için, belirleme katsayısı (R^2) ve Ortalama Mutlak Yüzdelerik Hata (OMYH) kullanılmıştır. OMYH için tahminde şu kriterler temel alınmıştır. $0 \leq \text{OMYH} \leq 10$ mükemmel tahmin doğruluğunu, $10 \leq \text{OMYH} \leq 20$ iyi tahmin doğruluğunu, $20 \leq \text{OMYH} \leq 50$, idare eder tahmin doğruluğunu, $\text{OMYH} \geq 50$, yanlış tahmini belirtir. Diğer taraftan R^2 değerlendirme parametresi tahmin

verilerin ne kadar gerçek veriler ile örtüştüğünü ifade eder. Eğer R^2 , 1'e yakın ise, tahmin verilerinin yüksek oranda gerçek veriler ile örtüştüğünü, 0'a yakın olduğunda da tahmin verilerinin gerçek verilerle örtüşmediğini ifade eder (Smith, 2012, Lewis, 1982). R^2 ve OMYH şu şekilde ifade edilir:

$$R^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (S_j - S_{j,avg}) \cdot (y_j - y_{j,avg})}{\sqrt{[\sum_{j=1}^N (S_j - S_{j,avg})^2] \cdot [\sum_{j=1}^N (y_j - y_{j,avg})^2]}} \quad (20)$$

$$OMYH = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{(S_j - y_j)}{y_i} * 100 \quad (21)$$

S_j y_j tahmin değerini, y_j ise ölçülmüş değeri ifade eder. $S_{j,avg}$ ve $y_{j,avg}$ sırası ile S_j ve y_j 'nin ortalama değerlerini ifade eder.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu makalede Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama (ÜAHO) modeli ve Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHOG) modeli sunulmuştur. Sunulan bu modellerin karşılaştırmalı grafikleri çizilmiş, aynı zamanda yöntemlerin ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) ve belirleme katsayısı (R^2) değerleri hesaplanarak yöntemlerin başarıları analiz edilip karşılaştırılmıştır.

Şekil 5 ve Şekil 6'da, sırasıyla Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama (ÜAHO) ve Üstel Ağırlık Hareketli Ortalama bazlı Gaussian Dağılım (ÜAHOG) yöntemlerinin Global Güneş Işınımı (GGI) ve güneşlenme süreleri (GS) grafikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5'deki grafiklerde geçen GGI(δ), GGI(t-ÜAHO), GGI(t-ÜAHOG) sırasıyla ölçülen GGI, ÜAHO yöntemi ile tahmin edilen GGI ve ÜAHOG yöntemi ile tahmin edilen GGI ifade etmektedirler. Diğer taraftan Şekil 6'da geçen GS(δ), GS(t-ÜAHO), GS(t-ÜAHOG) sırasıyla ölçülen GS, ÜAHO yöntemi ile tahmin edilen GS ve ÜAHOG yöntemi ile tahmin edilen GS ifade etmektedirler.

Tablo 3 ve Tablo 4'de ise sırasıyla ÜAHO ve ÜAHOG yöntemi ile hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri verilmiştir. Hesaplanan OMYH ve R^2

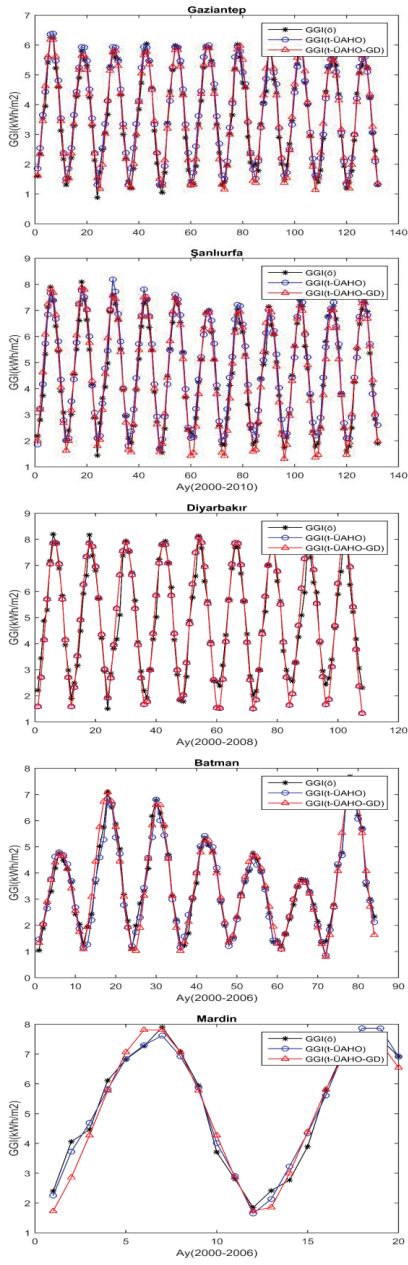
değerleri analiz edildiğinde her iki yöntem içinde kabul edilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. ÜAHO yönteminde hem GGI hem de GS için hesaplanan OMYH değeri 0-10(kWh/m²-gün) aralığındadır ve bu aralıkta ki sonuçlar mükemmel tahmin doğruluğunu ifade etmektedir. ÜAHO yöntemi için hesaplanan R^2 değeri 1 yakın olması, yöntemde tahmin edilen değerler ile ölçülen değer arasında yüksek derecede bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Tablo 3 verilerin analizini göstermektedir. ÜAHO ortalama yöntemi ile yapılan tahminin başarı oranı oldukça yüksektir.

Tablo 3'deki veriler analiz edildiğinde ÜAHOG yöntemi kullanılarak hesaplanan OMYH ve R^2 değerleri GGI için oldukça başarılı sonuçlar verirken, GS için ise Diyarbakır ve Batman illerinde mükemmel tahmin doğruluğunu ifade eden 0-10(kWh/m²-gün) dışında olup; iyi tahmin doğruluğunu ifade eden 10-20(kWh/m²-gün) aralığında bulunmaktadır.

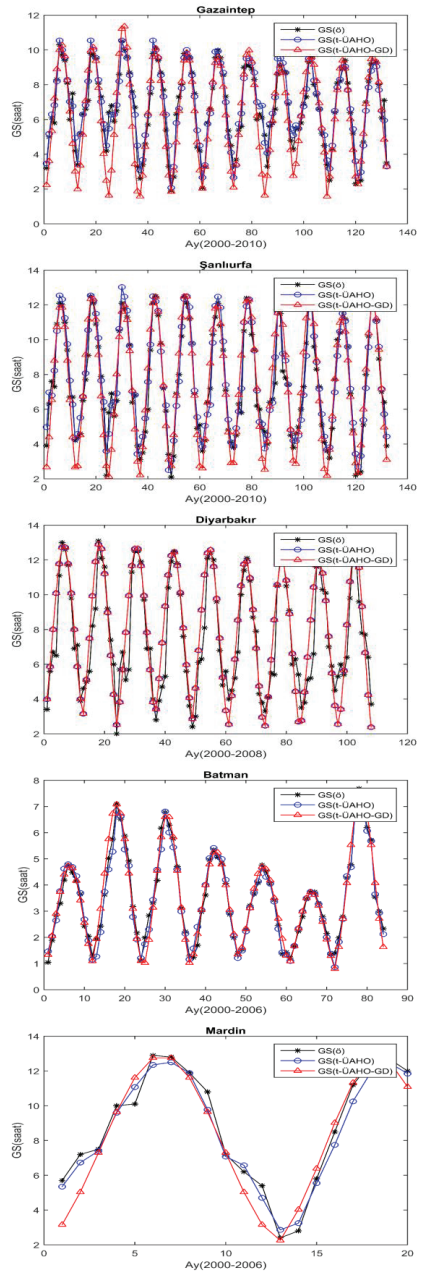
ÜAHOG yönteminde hesaplanan belirleme katsayısı (R^2) değeri analiz edildiğinde hem GGI hem de GS için oldukça başarılı kabul edilen 1'e yakın bir değer elde edilmiştir. Belirleme katsayısının 1 yakın olması, yöntemle tahmin edilen verilerin ölçüm verileri ile yakın olduğunu ifade etmektedir.

ÜAHO ve ÜAHOG yöntemleri karşılaştırmalı olarak analiz edildiğinde hem OMYH hem de R^2 değerleri bakımından tüm iller için hesaplanan değerler göstermektedir ki, ÜAHO yöntemi, ÜAHOG yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat bu durum ÜAHOG yönteminin başarısız olduğunu göstermemektedir.

Sonuç olarak hem ÜAHO hem de ÜAHOG yöntemlerinde minimum iki yıllık veriler temel alınarak yapılan, GGI ve GS kısa ve uzun vadeli tahminlerinde kabul edilebilir tahmin doğruluğu ile sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 5.ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemlerin karşılaştırmalı global güneş ışınım(GGI) grafikleri



Şekil 6.ÜAHO ve ÜAHO-GD yöntemlerin karşılaştırmalı Güneşlenme Süreleri (GS) grafikleri

Tablo 3. ÜAHO kullanılarak hesaplanan OMYH ve R² değerleri

Şehir	Tahmin edilen Yıllar	OMYH/GGI(kWh/m ² -gün)	R ² /GGI	OMYH/GS(saat-gün)	R ² GS
Gaziantep	2000-2010	7,113	0,97	9,122	0,95
Şanlıurfa	2010-2010	7,569	0,96	6,427	0,948
Diyarbakır	2000-2008	6,663	0,968	7,459	0,935
Batman	2000-2006	4,78	0,958	6,689	0,939
Mardin	2014-2015	6,998	0,946	6,468	0,941

Tablo 4. ÜAHOG kullanılarak hesaplanan OMYH ve R² değerleri

Şehir	Tahmin edilen Yıllar	OMYH/GGI(kWh/m ² -gün)	R ² /GGI	OMYH/GS(saat-gün)	R ² GS
Gaziantep	2000-2010	7,834	0,952	9,661	0,937
Şanlıurfa	2010-2010	8,808	0,956	5,177	0,91
Diyarbakır	2000-2008	5,207	0,95	13,932	0,917
Batman	2000-2006	8,528	0,957	10,662	0,904
Mardin	2014-2015	6,912	0,939	7,811	0,929

Özellikle güneş enerjisi bakımından oldukça verimli olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için 2015 yılından sonra GGI ve GS bu makalede sunulan iki yöntem ile tahmin edilmesi, ilerleyen yıllarda güneş enerji konusunda yatırım yapacak olan yatırımcılara ışık sunması açısından oldukça önemlidir.

Kaynaklar

- Bakirci, K., (2015). Models for the estimation of diffuse solar radiation for typical cities in Turkey. *Energy*, 82, pp.827–838. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215001176>.
- Duzen, H. & Aydin, H., (2012). Sunshine-based estimation of global solar radiation on horizontal surface at Lake Van region (Turkey). *Energy Conversion and Management*, 58, pp.35–46. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.028>.
- Güçlü, Y.S., (2015). HARmonic–LINear (HarLin) model for solar irradiation estimation. *Renewable Energy*, 81, pp.209–218. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148115002177>.
- Mulaudzi, S.T., (2013). Solar radiation analysis and regression coefficients for the Vhembe Region , Limpopo Province , South Africa , 24(3), pp.3–8.

- Ozgoren, M., Bilgili, M. & Sahin, B., (2012). Estimation of global solar radiation using ANN over Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39(5), pp.5043–5051. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.036>.
- Pierro, M, (2015). Model output statistics cascade to improve day ahead solar irradiance forecast. *Solar Energy*, 117, pp.99–113. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X15002212>.
- Shamim, M.A., (2015). An improved technique for global solar radiation estimation using numerical weather prediction. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 129, pp.13–22. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364682615000590>.
- Sozen, A. Mirzapour, A., Tark Ç.M., (2015). Selection of the best location for solar plants in Turkey. *Journal of Energy in Southern Africa*, 26(4), pp.52–63
- Yadav, A.K., Chandel, S.S., (2014). Solar radiation prediction using Artificial Neural Network techniques: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, pp.772–781.
- Kentli, F., Yilmaz, M., (2015). Mathematical Modelling of Two-axis Photovoltaic System with Improved Efficiency, *Elektronika Ir Elektrotechnika*. vol.21, no.4, pp. 40-43.
- Boland J., (1995), Time-Series Analysis of Climatic Variables, *Solar Energy*, 55, pp. 377–388.
- Brockwell, P., Davis, R. A., (1996). Introduction to Time Series and Forecasting , Springer- Verlag, New York, pp. 203-214.
- Bowerman, B. L., O’Connell, R. T., (1979). Time Series Forecasting, Duxbury Press, Boston, pp. 36-88.
- Lewis, C., (1982). International and business forecasting methods, Butterworths, London, pp. 254-268.
- Smith, J., (2012). Statistical Analysis handbook, Chapman and Hall, the Winchelsea press, Winchelsea, pp. 454-468.

To predict and compare global solar radiation and sunshine duration by using statistical methods for southeastern region of Turkey

Extended abstract

Dependent of development in technology it causes to increase in demand of energy. This problem is a dilemma for science and industry. To overcome this situation, scientist and researcher try to improve new solution for energy problem. Solar energy that is a crucial part of renewable energy is in the interest of scientists. Especially for regions in the world which has a high potential of solar energy, it is alternative solution to fossil fuel. Southeastern Anatolian region of turkey has rich in view of solar energy. Due to advantage of this region solar energy may be replaced to conventional energy types. Because countries such Turkey that has in progress of development has to solve their energy problem by various methods. Although that region of Turkey has a high potential, it is not enough to benefit from solar energy.

The aim is this paper to contribute for scientist, researchers and investigators by eliminating the disadvantages such as lack of solar parameters measurement stations due to geographical and economic problems in that field. The meteorological measurement station in Turkey are dependent to Meteorological service of Turkish state. In addition some station are established in University for scientific researches. That region of Turkey there is no enough measurement station. The contribution proposes in that paper tries to predict solar parameters by using earlier years' data.

The important parameters of solar energy are sunshine duration and global solar radiation. These parameters are used in conversion of solar energy to electrical energy. This paper proposes two statistical method which are used earlier year solar data to predict next years' solar parameters such as global solar radiation and sunshine duration.

First method is exponentially weighted moving average (EWMA). This method needs minimum two years' data for short or long term prediction. Second method is called as exponentially weighted moving average (EWMA) based Gaussian distribution method. It needs also two years' solar data for prediction.

Both mentioned method are applied to five cities of southeaster Anatolia region of Turkey that are Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman and Mardin. The two years' (1998-2000) data are used for test class years' data in Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Batman but in Mardin two years' data used for test class years are between 2012-2013. The predicted years for Cities of Gaziantep, Şanlıurfa are 10 years, for Diyarbakır are 8 years, for Batman are 6 years which are long term prediction. However for Mardin cities predicted years are 2 years and it is called as short term prediction. It is a obligation to selected this years for prediction because only that years solar data can be obtained from metrological service of Turkish state.

For both method two statistical tools which area mean average percentage error (MAPE) and determination coefficient (R^2). The computed MAPE for global solar radiation and sunshine duration in EWMA method is between 0-10(kWh/m²) that is excellent prediction accuracy and the computed R^2 for global solar radiation and sunshine duration is close to 1 which is indicated measured and predicted data are similar. The computed values of MAPE for EWMA based Guassian distribution method is also in acceptable range that is between 0-10(kWh/m²) for global solar radiation. On the other hands they are also indicated excellent prediction accuracy for sunshine duration excluding Diyarbakır and Batman cities it is indicated good prediction accuracy which is in the interval of 10-20(kWh/m²). The computed values of R^2 for both global solar radiation and sunshine duration in EWMA based Gaussian distribution method is close to 1 and it means the predicted data are fitted with measured data.

As a result EWMA method and EWMA based Gaussian distribution method have high prediction accuracy. However the result of EWMA methods has a higher prediction accuracy than values of EWMA based Gaussian distribution method.

Keywords: Global solar radiation, sunshine duration, EWMA, Gaussian distribution

mühendislikdergi

