



GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİ TAHMİNLERİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI VE REGRESYON ANALİZ YÖNTEMLERİ KULLANIMININ İNCELENMESİ

Emrah DENİZ ve Kemal ATİK

Karabük Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 78050, Karabük
emrahdeniz67@hotmail.com, kemalatik@karaelmas.edu.tr

(Geliş Tarihi: 06. 09. 2007)

Özet: Yapılan çalışmada, yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemlerinin güneş ışınım şiddeti tahmini amacıyla kullanımında hangi yöntemin daha etkin olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla, Zonguldak iline ait 1995 ile 2004 yılları arasındaki aylık ortalamalar halinde on yıllık rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, deklinasyon açısı, nem miktarı, güneş ışınımı alımının gün uzunluğuna oranı ve aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınım şiddeti verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİGM) temin edilmiştir. Alman veriler düzenlenerek regresyon analiz yöntemi ve yapay sinir ağları (YSA) yardımıyla modeller elde edilmiştir. Bu modeller kullanılarak Ocak/2005 ve Aralık/2005 arasındaki toplam güneş ışınımının aylık ortalamaları hesaplanmış ve 2005 yılında ölçülmüş olan veriler ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler ile hesaplanan değerler arasında regresyon analiz yöntemleri kullanıldığında % 1.28, yapay sinir ağları kullanımında ise % 3.25'lik bir ortalama bağıl hata olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş ışınım şiddeti, Regresyon analizi, Yapay sinir ağları.

INVESTIGATION OF USING REGRESSION ANALYSIS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS IN ESTIMATE OF SOLAR RADIATION

Abstract: In this study, the more effective one of two methods, artificial neural network and regression analysis, was tried to be determined when they were used in estimation of the solar radiation intensity. For this purpose, wind velocity, air temperature, soil temperature, declination angle, humidity, the ratio of solar irradiation to daytime length, and monthly average of extraterrestrial solar radiation data between 1995 and 2004 belonging to Zonguldak city was obtained from Turkish State Meteorological Service (TSMS). Models were developed by regression analysis and artificial neural network (ANN) with the data obtained. Using these models, monthly average values of total solar irradiation between January/2005 and December/2005 were calculated and these calculated results were compared to measured results of the same period. It was determined that there are mean relative errors of 1.28 % and 3.25 % when the estimation was made by regression analysis and artificial neural network respectively.

Keywords: Solar radiation, Estimation method, Regression analysis, Artificial neural network.

SEMBOLLER

a, b, c, d	Çoklu lineer regresyon katsayıları
e	Döngü hatası
H_{um}	Aylık nem ortalaması
I_{gs}	Güneş sabiti (1367 W/m^2)
n	Gün içi güneş ışığı alımı süresinin aylık ortalaması (h)
N	Günlük ve aylık gün uzunluğu ortalaması (h)
n'	Günün yıl içindeki sıra numarası (Ocak-1'den başlayarak)
OKH	Ortalama karesel hata
OSH	Ortalama sapma hatası
Q	Aylık ortalama global güneş radyasyonu (MJ/m^2)
Q_0	Atmosfer öncesi güneş radyasyonu miktarı (MJ/m^2)
Q_0	Ölçülmüş ışınım şiddeti değeri (MJ/m^2)
Q_h	Hesaplanmış ışınım şiddeti (MJ/m^2)
R	Rüzgâr hızı (m/s)
r	Korelasyon katsayısı

t	Aylık ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
t_s	Aylık ortalama toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
w	Güneşin doğuşundaki saat açısı
$W_{1,j}$	Birinci katman ağırlıkları
$W_{2,j}$	İkinci katman ağırlıkları
YSA	Yapay sinir ağı
Net_j	Gizli katman işlem sonucu
F_j	Aktivasyon fonksiyonuna tabi tutulmuş sonuç
δ	Enlem
δ	Deklinasyon Açısı

GİRİŞ

Bir çok güneş enerjisi uygulamasında, mühendisler, hidroloji uzmanları, tarımcılar ve mimarlar çalışma bölgelerindeki insanların yaşamlarını sürdürürken gerçekleştirdikleri sosyal, kültürel ve ekonomik aktiviteleri (tarım, yerleşim vb.) düzenlemelerine yardımcı olmak amacıyla bölgedeki güneş enerjisi mevcudiyeti ve yeterliliği konusunda doğru bilgiye

ihtiyaç duyarlar (Toğrul ve Onat, 1999). Güneş enerjisinin mevcudiyeti ve miktarı güneş ışınım şiddeti ölçümleri veya çeşitli yöntemler yardımıyla hesaplanarak belirlenebilir.

Güneş ışınım şiddetinin hesaplanması fikri ilk defa Angstrom tarafından ileri sürülmüştür (Duffie and Beckman, 1991) Angstrom güneşlenme süresini ve açık havadaki ışınım şiddeti verilerini kullanmıştır. Prescott ise bu eşitlikte açık havadaki güneş ışınımı yerine daha uygun olan atmosfer dışı güneş ışınım şiddetini kullanmıştır (El-Sebaai ve Trabea, 2005).

Akpınar ve ark. (2005) Doğu Anadolu'daki bazı iller için hava şartları ve rüzgar gücünü lineer ve lineer olmayan regresyon metodlarını kullanarak modellemişlerdir. Geliştirdikleri modellerin çalışmalarda kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise, Hamdy ve ark. (2005) iki farklı gözlem istasyonundaki 2001 yılı için ölçülen Ultraviyole ve toplam güneş ışınım şiddetini kullanarak eğittiği YSA'yı 2002 yılı ölçümlerini test etmiştir. Sonuçta korelasyon katsayısını 0,99-0,74 arasında m süresi gibi ölçülmüş meteorolojik parametreleri kapsayan birçok eşitlik geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ise, güneş ışınım şiddetinin hesaplanması amacıyla kullanılan yöntemlerden olan yapay sinir ağı ve regresyon analizlerinden hangi yöntemin daha az bir sapma ile gerçek verilerin hesaplanmasında kullanılabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla Zonguldak iline ait on yıllık meteorolojik ve coğrafi parametreler temin edilerek ortalamaları alınmış 2005 yılı için güneş ışınım şiddeti tahmini amacıyla iki farklı yöntem kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

HESAPLAMA METOTLARI

Yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemleri kullanılarak Zonguldak iline ait aylık ortalama güneş ışınım şiddetini (H) hesaplayabilen modeller kurabilmek amacıyla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİGM) 1995 ile 2004 yılları arasında ölçülmüş nem miktarı (H_{um}), rüzgâr hızı (R), hava sıcaklığı (t), toprak sıcaklığı (t_s) ve güneş ışınımı alım süresinin (n) aylık ortalamaları alınmıştır. Eş. (1) kullanılarak günlük atmosfer dışı güneş ışınım şiddeti (Q_o) hesaplanmış ve aylık ortalamaları belirlenmiştir. Gün uzunluğu (N) ve deklinasyon açısı (δ) ise, Eş. (2-3) kullanılarak hesaplanmıştır (Bahel ve ark., 1987; Bin Gadhi ve ark., 1991).

$$Q_o = \frac{24 \times 3600 \times I_{gs}}{\rho} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n'}{365} \right) \left(\cos \phi \cos \delta \sin w_{ss} + \frac{\pi w}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (1)$$

Burada I_{gs} ; Güneş sabiti (1367 W/m^2), n' ; Günün yıl içindeki sıra numarası (Ocak-1'den başlayarak), ϕ ; Enlem derecesini ifade etmektedirler.

bulmuştur. Mellit ve ark. (2005) ise, Cezayir'de enlem, boylam ve rakımları farklı 60 meteoroloji istasyonu için 1991-2000 yılları arasındaki güneş ışınımı verilerini kullanarak farklı mimarideki YSA'larla fotovoltaiik bir sistemin verimini modellemiştir. Modelde kullanılan YSA'lar 3 girişli 12 çıkışlıdır. Gizli hücrelerinde 4 ve 8 hücre bulunmaktadır. 60 adet datadan 56'sı eğitimde 4'ü testte kullanılmıştır. Alam ve ark. (2006) 10 farklı meteoroloji istasyonundan alınan verileri YSA ile modellemiştir. 6 giriş bir çıkış hücresi vardır. Tymvios ve ark. (2005). Farklı mimarideki ve değişik giriş değişkenlerine sahip YSA'lar ile aylık global Radyasyon değerlerini tahmin etmiştir. Gizli katman sayısı 1 ve 2 almıştır. Giriş değişkeni olarak teorik güneşle rady, aylık maksimum Sıcaklık ve ay numarası değişkenlerinden her seferinde ikisi alınmıştır. Sözen ve ark. (2005) Türkiye'deki 12 şehir için 4 yıllık meteorolojik veriler kullanılarak güneş ışınım şiddeti değerini tahmin etmiştir.

Belirli bölgeler için güneş enerjisinin büyüklüğünü önceden belirlemek amacıyla; hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, nem, bulanıklılık, bulutluluk, güneş ışığı alı

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (2)$$

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n'}{365} \right) \quad (3)$$

1995-2004 yılları arasında aylık ortalamalar halinde belirlenen parametreler (Q_o , n/N , $\sin \delta$, H_{um} , R, t, t_s) lineer regresyon analizi ve yapay sinir ağları kullanılarak Zonguldak ilindeki aylık ortalama güneş ışınım şiddetini hesaplayabilen modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller yardımıyla hesaplanan ve DMİGM tarafından ölçülen 2005 yılına ait aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri grafik yöntem kullanılarak karşılaştırılmıştır.

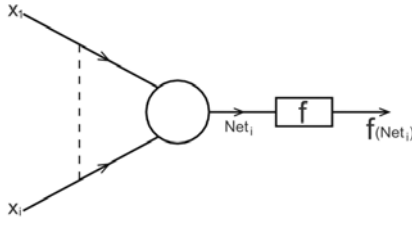
Regresyon Analizi

Lineer regresyon analizi bir "y" değişkeninin bir "x" değişkenine bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin; çoklu lineer regresyon analizi ise, "y" değişkeninin birden fazla değişkene (x_1, x_2, x_3, \dots) bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin belirlenmesi için kullanılan regresyon analiz yöntemleridir. Çoklu regresyon analizinin genel ifadesi Eş. (4)'te gösterildiği gibidir (Curtes, 1980; Uzun, 2000 ve Karagöz, 2001).

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots \quad (4)$$

Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin sinir hücresi (nöron) yapısından esinlenerek geliştirilmiş, modellenebilen ve öğrenebilen algoritmaya sahip sistemlerdir. Modelleme ve kontrol konularında geniş uygulama alanları bulmuştur. Şekil 1'de bir yapay sinir ağı hücresinin yapısı görülmektedir.



Şekil 1. Yapay sinir ağlarında bir hücrenin yapısı.

YSA'lar önce, eldeki veriler kullanılarak eğitilmekte ve sonra eğitim sırasında kullanılmayan verilerle test edilmektedir. YSA'ların eğitimi oldukça uzun zaman almasına rağmen; kullanım sırasında hızlı karar verme yeteneğine sahip olurlar. Öğrenme, genelleme ve hataları tolare etme yeteneklerinden dolayı hem lineer hem de lineer olmayan sistemlerin modellenmesinde çok geniş uygulama alanı bulmuşlardır (Kalogirou, 1999; Özçalık ve Küçüktüfekçi 2003). YSA'ndan kontrol uygulamalarında, robotlarda, desen tanıma işlemlerinde, tıpta, güç sistemlerinde, sinyal işlemede, sosyal ve fizyolojik tahminde bulunmada ve özellikle sistem modellemede faydalanılmaktadır (Soteris ve Bojic 2000; Üçgül ve ark. 2003).

YSA'lar yapısal ve matematiksel olarak birbirinden farklılıklar gösterirler. Genellikle giriş, çıkış ve gizli katman olmak üzere üç katmandan meydana gelirler. Giriş katmanındaki hücre sayısı, YSA'ya yapılan veri girişi sayısı kadardır. Çıkış katmanındaki hücre sayısı ise, YSA'dan alınacak bilgi sayısı kadardır. Gizli katmandaki düğüm sayısı ise, deneysel olarak bulunur. Hücre sayısı ve hücreler arasındaki bağlantı sayısı arttıkça YSA'nın öğrenme kapasitesi artar ancak 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.

Bir yapay sinir ağında giriş hücre sayısı, girişteki veri sayısına, çıkış hücre sayısı ise, çıkıştan alınan bilgi sayısına eşittir. Gizli hücre sayısı için bazı eşitlikler verilmiş fakat genellikle deneme yoluyla bulunmaktadır. Soteris ve Bojic (2000), Gizli hücre sayısının hesaplanması için Eş. (5)'teki bağıntıyı önermişlerdir.

$$\text{Gizli hücre sayısı} = \frac{1}{2} (\text{Giriş hücre sayısı} + \text{Çıkış hücre sayısı}) + \sqrt{\text{Eğitilecek Veri Sayısı}} \quad (5)$$

Bu çalışmada, ağların eğitilmesinde; hatanın çıkış katmanından daha alt katmanlara doğru yayılmasına imkân vererek, ağırlıklı bağlantıları optimize eden "geriye yayılım algoritması" olarak adlandırılan eğitim sistemi kullanılmıştır. Bu algoritma yapay sinir ağlarında en çok kullanılan metottur (Yılmaz ve Atik, 2007; Kurt ve ark., 2007; Şencan, 2006).

SONUÇLAR

Yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemleri ile ışınım şiddeti tahmini için modeller geliştirebilmek amacıyla kullanılan 1995-2004 yılları arasındaki veriler aylık ortalamalar halinde Tablo 1'de verilmiştir.

Lineer ve çoklu lineer regresyon analizleri kullanılarak, yedi değişkenin 127 farklı kombinasyon ile elde edilen modeller arasında en yüksek korelasyonun sağlandığı yedi değişkenli model olarak belirlenmiş ve yapay sinir ağlarında da bu yedi değişkenin tamamının yer aldığı bir mimari oluşturulmuştur. Regresyon analiziyle geliştirilen model Eş. (6)'da verilmiştir.

Tablo 1. 1995-2004 yılları arasında ölçülmüş meteorolojik verilerin aylık ortalamaları.

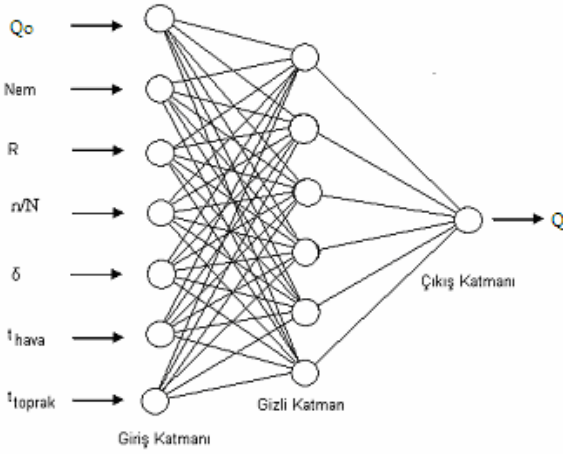
y	Q	Q ₀	n/N	t	t _s	Sinδ	H _{um}	R
1	4,3	14,2	0,30	6,1	5,9	-0,35	0,74	2,7
2	6,9	19,5	0,31	6,1	6,2	-0,22	0,71	2,8
3	10,8	26,8	0,41	7,4	8,3	-0,04	0,71	2,6
4	15,4	34,4	0,47	11,2	13,5	0,16	0,72	2,3
5	20,3	39,7	0,57	15,6	19,5	0,32	0,74	2,0
6	22,6	41,8	0,67	19,8	23,8	0,39	0,73	2,0
7	22,3	40,7	0,72	22,7	26,6	0,36	0,75	2,1
8	19,2	36,2	0,71	22,1	25,9	0,23	0,78	2,2
9	15,0	29,2	0,61	18,7	21,1	0,03	0,76	2,3
10	9,85	21,5	0,50	14,9	16,2	-0,17	0,77	2,4
11	5,88	15,6	0,41	11,6	11,2	-0,32	0,71	2,6
12	3,86	12,9	0,25	8,2	7,5	-0,39	0,71	2,8

$$Q=30,52154463-0,41219753.Q_0+5,109165708.n/N+28,45176541.Sin\delta-15,7180702.H_{um}-0,03554531.R-1,04944729.t+1,13166173.t_s \quad r=0,9999 \quad (6)$$

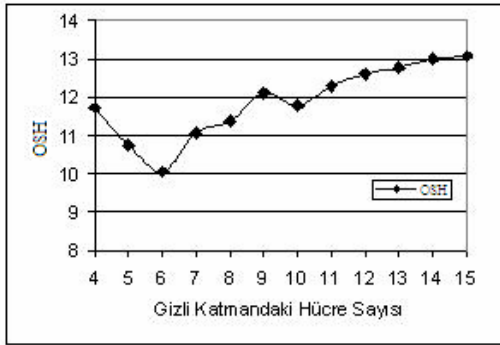
Zonguldak'daki global güneş radyasyonunu hesaplamak için, yedi değişken içeren (Q₀, n/N, sinδ, Hum, R, t, t_s) eşitliğin sahip olduğu korelasyon katsayısının literatürde hesaplanmış korelasyon katsayılarından daha yüksek olduğunu belirlenmiştir. Örneğin Toğrul ve Onat en yüksek korelasyon katsayısını 0.9932 olarak belirlemişlerdir.

Işınım şiddetini hesaplamak amacıyla geliştirilen YSA'nın mimarisi ise Şekil 2'de verilmiştir. Gizli katmandaki hücre sayısı Eş. (5) kullanılarak 7.46 olarak hesaplanmıştır. Gizli katmandaki hücre sayısını doğru olarak belirleyebilmek amacıyla bu sayı civarındaki gizli hücre sayıları denenerek en az bağıl hatayı vermiş olan 6 hücreli gizli katman tercih edilmiştir. Bu YSA girişte 7, gizli katmanda 6 ve çıkış katmanında 1 adet hücreden oluşmaktadır. Gizli katmandaki hücre sayısı OSH'nın değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir.

YSA'nın eğitimi 95182 tekrar ile istenilen döngü hatasına (e=0.00005) ulaşılarak tamamlanmıştır. Eğitim sonucu elde edilen birinci katmanın katsayıları (W_{1 ij}) Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Güneş ışınımının modellenmesinde kullanılan yapay sinir ağının mimari yapısı.



Şekil 3. Gizli katmandaki hücre sayısı ile OSH'nin değişimi.

Tablo 2. YSA'nın eğitim sonucu elde edilen katsayıları

i	W1 _{i,1}	W1 _{i,2}	W1 _{i,3}	W1 _{i,4}	W1 _{i,5}	W1 _{i,6}
1	-1,128	0,333	-0,029	0,218	-0,152	0,977
2	-2,461	0,060	-0,447	0,264	0,191	1,025
3	1,960	-0,296	0,036	0,163	0,0618	-0,109
4	2,259	-0,665	-0,339	0,239	0,477	1,778
5	-1,209	0,175	-0,136	0,248	0,135	2,596
6	0,987	-1,251	-0,761	0,325	0,937	1,697
7	6,936	-0,062	-0,530	0,090	0,405	0,261

YSA'nın eğitimi ile bulunan 2. katman ağırlıklarını kullanarak elde edilen model Eş. (7)'de verilmiştir. Bu eşitliğin korelasyon katsayısı ise $r=0,9986$ olarak belirlenmiştir.

$$Q=(1+\exp(-3,83651 F1-4,07444 F2-3,66822 F3+0,588553 F4+3,224499.F5+3,105416.F6))^{-1} \quad (7)$$

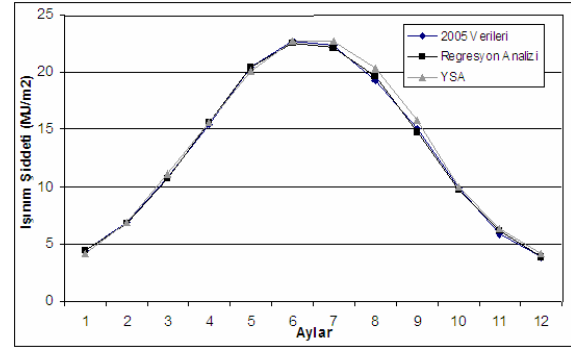
Burada aktivasyon fonksiyonları F1-F6 Eş. (8)'deki aktivasyon fonksiyonu yardımıyla hesaplanır.

$$F_j=1/(1+e^{-NET_j}) \quad (8)$$

Burada NET_j gizli katman işlem sonucudur ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. Eşitlikte kullanılan $W1_{i,j}$ birinci katman ağırlık değerlerini ifade etmektedir.

$$NET_j=W1_{i,1} Q_o+W1_{i,2} H_{um}+W1_{i,3} R+W1_{i,4} n/N+W1_{i,5} \sin \delta+W1_{i,6} t+W1_{i,7} t_s \quad (9)$$

Geliştirilen modeller kullanılarak tahmin edilen 2005 yılı güneş ışınım şiddeti değerleri ve DMİGM tarafından ölçülen 2005 yılı ışınım şiddeti değerleri Şekil 4'teki grafikte eğriler halinde gösterilmiştir.



Şekil 4. 2005 yılı için ölçülmüş ve hesaplanmış güneş ışınım şiddeti değerleri.

Şekil 4'te DMİGM tarafından ölçülen 2005 yılı güneş ışınım şiddeti değerleri ile geliştirilen modeller kullanılarak hesaplanan değerler arasında büyük oranda benzerlik olduğu görülmektedir. Hesaplanmış ve ölçülmüş aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerlerinin karşılaştırılmasını bilimsel olarak ifade edebilmek amacıyla istatistik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama sapma hata (OSH) istatistiksel göstergeleri kullanılmıştır. Geliştirilen modeller yardımıyla hesaplanan değerler ile, 2005 yılında ölçülen değerler kullanılarak ortalama sapma hatası ve ortalama karesel hata her iki yöntem için ayrı ayrı hesaplandı (Abdel-Salam ve El-Dib, 1991; Mossad, 2004). Güneş ışınım şiddeti için ortalama sapma hatası ve ortalama karesel hatanın genel ifadeleri Eş. (10-11)'de verilmiştir.

$$OKH=\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\left(\frac{\bar{Q}_h-\bar{Q}_o}{\bar{Q}_o}\right)^2\right)^{1/2} \quad (10)$$

$$OSH=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{\bar{Q}_h-\bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \quad (11)$$

Burada, n hesaplanmış ve ölçülmüş veri çiftlerinin sayısı, Q_h ortalama güneş ışınım şiddetinin hesaplanmış değerlerini ve Q_o ise yine ortalama güneş ışınım şiddetinin hesaplanmış değerlerini göstermektedir. Yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemleri ile tahmin edilen ve 2005 yılında DMİGM tarafından ölçülmüş aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri arasındaki ortalama karesel hata ve ortalama sapma hatası değerleri Tablo-3'de verilmiştir.

Tablo 3. YSA ve Regresyon Analiz yöntemlerinin sahip oldukları OKH ve OSH değerleri.

Kullanılan Yöntem	OKH (%)	OSH (%)
Regresyon Analizi	1,6	1,2
Yapay Sinir Ağları	4,1	3,2

Tablo 3'deki YSA ve Regresyon Analiz yöntemlerinin sahip oldukları OKH ve OSH değerlerinden her iki yöntemde kabul edilebilir hata değerleri içerisinde oldukları görülmektedir. Bu çalışmada regresyon analiz yönteminin YSA'dan daha yakın değerler sağlayacağı belirlenmiştir.

TARTIŞMA

- Güneş ışınım şiddeti tahmininde kullanılan her iki yöntemde oldukça düşük hata değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.
- Her iki yöntemde yüksek korelasyon katsayısı ve düşük hata değerlerine sahip olmalarından dolayı güneş ışınım şiddeti tahminlerinde etkin olarak kullanılabilirler.
- Regresyon analiz yönteminin YSA'dan daha yakın değerler sağlayacağı görülmüştür.
- YSA'da farklı mimariler ve değişik eğitim algoritmaları kullanılarak daha küçük hata değerine sahip modeller geliştirmek amacıyla çalışmalar yapılabilir.
- Geliştirilen modeller ileriki yıllardaki verilerle tekrar test edilerek kullanılabilirlikleri yeniden ispatlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Salam, M.S., El-Dib, A.F., M.A., Eissa, Prediction of Ground-Level Solar Radiation in Egypt, *Renewable Energy I*, 269-276, 1991.
- Alam, S., Kaushik, S.C., Garg, S.N., Computation of Beam Solar Radiation at Normal Incidence Using Artificial Neural Network, *Renewable Energy 31*, 1483-1491, 2006.
- Akpınar, E.K., Biçer, Y., Erdoğan, B., Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Bazı İllerin Hava Şartları ve Rüzgar Gücünün Modellenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi 89*, 58-64, 2005.
- Bahel, V., Bakhsh, H., Srinivasan, R., A Correlation for Estimation Solar Radiation of Global, *Energy 12*, 131-135, 1987.
- Bin Gadhi, S.M., Megdad, R.S., Albakri, S.A.A., Monthly Average Daily Global Solar Radiation in P.D.R. Yemen, *Renewable Energy I*, 109-113, 1991.
- Curtes, F. Gerald, *Applied Numerical Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, California Polytechnic State University, 1980.
- Duffie J.A., Beckman W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York: Wiley, 1991.
- El-Sebaai, A.A., Trabea, A.A., Estimation of Global Solar Radiation on Horizontal Surfaces Over Egypt, *Egypt. J. Solids 28*, 2005.
- Hamdy K. Elminir, Faiz F., Areed, Tarek S. Elsayed, Estimation of Solar Radiation Components Incident on Helwan Site Using Neural Networks, *Solar Energy 79*, 270-279, 2005.
- Kalogirou, S.A., Applications of Artificial Neural Networks in Energy Systems A Review, *Energy Conversion & Management 40*, 1073-1087, 1999.
- Karagöz, İ., *Sayısal Analiz ve Mühendislik Uygulamaları*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:176, Vipaş A.Ş., Bursa, 2001.
- Kurt H., Atik K., Özkaymak, M., Binark, A.K., Artificial Neural Network Approach for Evaluation of Temperature and Density Profiles of Salt Radiant Solar Pond, *Journal of The Energy Institute 80*, 46-51, 2007.
- Mellit, A., Benghanem, M., Hadj, A., Arab, A. Guessoum, A., A Simplified Model for Generating Sequences of Global Solar Radiation Data for Isolated Sites: Using Artificial Neural Network and a Library of Markov Transition Matrices Approach, *Solar Energy 79*, 469-482, 2005.
- Mossad, El-Metwally, Simple New Methods to Estimate Global Solar Radiation Based on Meteorological Data in Egypt, *Atmospheric Research 69*, 217-239, 2004.
- Özçalık, H. R., Küçüktüfekçi, A., Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları ile Düz ve Ters Modellenmesi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6*, 26, 2003.
- Soteris, A.K., Bojic, M., Artificial Neural Networks for the Prediction of the Energy Consumption of a Passive Solar Building, *Energy 25*, 479-491, 2000.
- Sözen, A., Arcaklıoğlu, A., Özalp, M., Çağlar, N., "Forecasting Based on Neural Network Approach of Solar Potential in Turkey", *Renewable Energy 30*, 1075-1090, 2005.
- Şencan, A., LiBr+LiNO₃+Li₂O+LiCl/H₂O ile Çalışan Çift Etkili Bir Soğurmalı Soğutma Sisteminin Analizi İçin Farklı Bir Yaklaşım, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 21*, 467-472, 2006.
- Toğrul, İ.T., Onat, E., A Study for Estimating Solar Radiation in Elazığ Using Geographical and Meteorological Data, *Energy Conversion & Management 40*, 1577-1584, 1999.
- Tymvios, F.S., Jacovides, C.P., Michaelides, S.C., Scouteli, C., Comparative Study of Angstrom's and Artificial Neural Networks Methodologies in Estimating Global Solar Radiation, *Solar Energy 78*, 752-762, 2005.
- Uzun, İ., *Nümerik Analiz*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., ISBN: 975-486-952-7, Kırıkkale, 2000.
- Üçgül, İ., Akarslan, F., Şencan, A., Doküma Kumaşların Kuruma Hızı Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmini, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi 23*, 1, 2003.

Yılmaz, S., Atik, K., Modeling Of A Mechanical Cooling System, Whose Capacity Is Controlled By The Modification Of The Condenser Temperature, By Using Artificial Neural Network, *Applied Thermal Energy* 27, 2308–2313, 2007.



Emrah DENİZ, 1977 yılı Zonguldak doğumludur. 2000 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programını bitirmiştir. 2003 yılında ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2004 yılında ZKÜ. Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2006 yılında ise Öğretim Görevlisi olarak atanmıştır. Halen KÜ.'de Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, yalıtım ve soğutma konularında çalışmaktadır.



Kemal ATİK, 1970 yılında Kayseri'de doğdu. 1992'de Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirdi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 1995'te Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2002'de Doktorasını tamamladı. Halen K.Ü. Teknik Eğitim Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. olarak çalışmakta ve Tesisat Anabilim Dalı Başkanlığı görevi yapmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları, iklimlendirme ve soğutma, sayısal analiz ve yapay sinir ağları konularında çalışmaktadır.