

# İKLİM SİSTEMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİNİ ETKİLEYEN METEOROLOJİK VERİLERİN AKILLI SİSTEMLERLE TAHMİNİ VE ÖRNEK UYGULAMA

Erdem IŞIK  
Mustafa İNALLI

## ÖZET

İklim sistemlerinin tasarımında meteorolojik parametrelerin tahmini oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Antalya iline ait 2000-2010 yılları için ölçülmüş meteorolojik veriler kullanılarak, yapay sinir ağları ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda genişçe kullanım alanı bulan yapay sinir ağları (YSA) metodu ile aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti, nispi nem ve sıcaklık değerleri tahmin edilmiştir. YSA modeli olarak Geriye Yayılımlı (GY) çok katmanlı YSA kullanılmıştır. YSA modelinin performansı orta katmandaki nöron sayısı, giriş sayısı, öğrenme katsayısı gibi parametreler değiştirilerek ayarlanmıştır. Oluşturulan YSA modeli ile istenen meteorolojik parametrelerin yüksek bir hassasiyetle tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**Yapay sinir ağları, Meteoroloji, Modelleme

## ABSTRACT

In design of climate systems, the prediction of meteorological parameters, is considerably important. In this paper; meteorological parameters belong to Antalya city between 2000-2010, which were taken from Turkish State Meteorological Service have been used. Found wide usage in recent years, artificial neural networks (ANN) method for the monthly average solar radiation intensity, relative humidity and temperature values were estimated. In this paper, back-propagation (GY) multi-layer artificial neural networks were used to estimate meteorological parameters in future. Performance of artificial neural networks was adjusted by changed number of neurons in hidden layer, learning rate and momentum constant. The model based on the artificial neural network (YSA) achieved solar radiation forecasting with high accuracy.

**Key Words:** Artificial Neural Networks. Meteorology, Modeling

## 1. GİRİŞ

Atmosferde meydana gelen hava olaylarının oluşumunu, gelişimini ve değişimini, nedenleri ve sonuçlarıyla inceleyen ve bu hava olaylarının canlılar ve dünya üzerindeki etkilerini araştıran bir bilim dalı olan meteoroloji, ilk çağlardan bu yana insanlığın dikkatini çekmiştir. Tarihin her döneminde insanlar, ellerindeki imkânlarla göre atmosferde neler olup bittiğini araştırma, anlama ve mümkünse tedbir alma çabası içerisinde olmuşlardır[1]. İklim, yerleşimlerin planlanmasını ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. İklimi oluşturan hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr, güneş ışınimleri ve yağışlar kişilerin açık mekânlarda ısasal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler. Özellikle güneşin ışınım etkisi ve hava sıcaklığı sıcak ve soğuk

hava koşullarında yapı içi ısısal konfor açısından önemlidir [2].Ancak, ülkemizde meteorolojinin önemi henüz tam olarak anlaşılmış değildir. Genel olarak meteorolojinin hava sıcaklığı ile ilgili olduğu düşünülmekte ancak mühendislik tarafı olduğu düşünülmemektedir[3] Meteorolojik olayların insan yaşamında büyük bir öneme sahip olması nedeniyle değerlerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Meteorolojik veriler çok sayıda değişkene bağlı olmaları ve her yerde ölçülememeleri sebebiyle, çeşitli yöntemler ile modellenmeye ve bu modeller yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmaktadır [4-6].

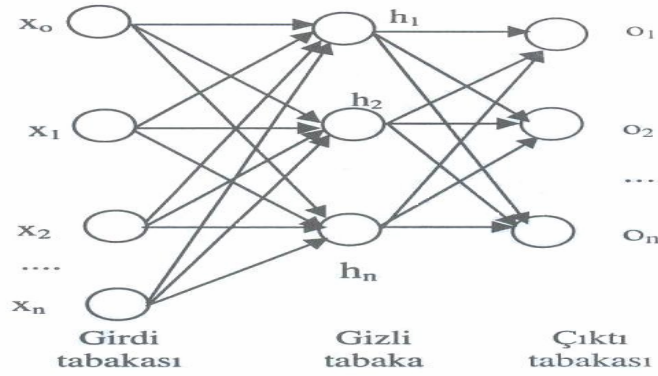
Bu modelleme çalışmalarından bazıları; Akpınar ve ark. (2005) Doğu Anadolu'daki bazı iller için hava şartları ve rüzgâr gücünü lineer ve lineer olmayan regresyon metotları kullanılarak modellemiştir. Geliştirdikleri modellerin çalışmalarda kullanılabilirliğini göstermişlerdir[7]. Tang ve ark. (2010) Çin'de global güneş ışınımının tahmini ve kalite kontrolü adlı çalışmaları geniş alanlar için modellerin kullanılabilirliğini göstermiştir [8]. Marti ve ark. (2011) meteorolojik veriler yardımıyla, küresel güneş ışınımı tahmini için YSA modelleri geliştirme çalışmaları yapmışlardır [9]. Bu örneklerde göstermektedir ki modelleme çalışmaları oldukça popülerdir. Bu popülerliği sağlayan ve besleyen öncelikli neden, meteorolojik parametrelerin her yerde ve sürekli ölçümünün yapılmasının mümkün olmamasıdır. Diğer bir neden ise, bilgisayar teknolojisinin gelişmesine bağlı olarak, daha fazla verinin işlenebilmesi ve meteorolojik parametrelerin akıllı sistemlere rahatlıkla uygulanmasıdır.

Güneş enerjisinin ekonomik, verimli ve doğru bir şekilde kullanılabilirliği zamana ve yere göre değişmektedir. Güneş enerjisi doğrudan ve difüze olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Güneş enerjisi tayfı; kızılötesi, görünür ve ultraviyole bölgelerini kapsamaktadır. Güneş radyasyonu ölçümleri; maliyet, bakım ve kalibrasyon ile ölçme ekipmanlarının gereksinimi nedeniyle zor olmaktadır. Birçok meteoroloji istasyonunda yatay yüzeye gelen tüm güneş radyasyonu ölçülebilmektedir. Ancak güneş enerjisinin tüm bileşenini oluşturan direk ve yayılı güneş radyasyonu bu meteorolojik istasyonlarda ölçülememektedir [9-11]. Çalışmalarda dikkat edilirse en çok üzerinde durulan parametre küresel güneş ışınımı değeridir. Global güneş radyasyonu verileri çeşitli mühendislik, mimarlık uygulamalarında ve pek çok araştırmada kullanılmaktadır. Bununla beraber güneş radyasyonu, hava sıcaklığı gibi hazır kullanılabilen bir veri değildir [12]. Güneş radyasyonu ölçümlerinde kullanılan piranometre cihazı birçok yerleşim yerinde ya sınırlı sayıda ya da mevcut değildir. Fakat birçok yerleşim bölgesinde rüzgâr hızı, nispi nem, buhar basıncı, hava basıncı, hava sıcaklığı, güneşlenme süresi gibi meteorolojik veriler ölçülebilmektedir. Bu meteorolojik verilerin, güneş radyasyonu değerinin doğru olarak hesaplanmasında oldukça etkili olduğu, yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Güneş radyasyonunun belirlenmesi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış ve değişik matematiksel ifadeler türetilmiştir. Son yıllarda güneş radyasyonunun doğru tahminine duyulan ihtiyaç, güneş radyasyonu verilerinin bazı enerji sistemlerinin kontrol ve optimizasyon işlemlerinde kullanılmalarından dolayı artmıştır. Dünyanın farklı yerlerinde küresel güneş radyasyonunun tahmini için en yaygın kullanılan metot yapay sinir ağıları metodudur [13-14].

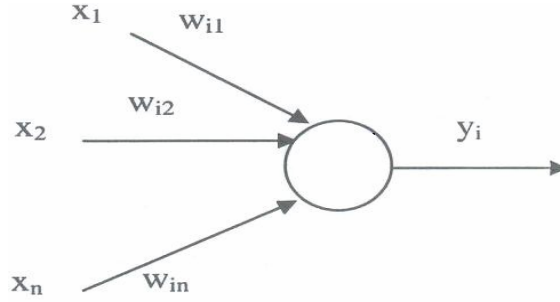
Çalışmanın yapıldığı; Antalya ili, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinin batı kesiminde yer alır. 36° 53' E ve 30° 42' B yer almakta olup, denizden yüksekliği 47 m'dir [15].Toros Sıradağları ilin kara sınırlarını meydana getirmektedir. İl güneyinde Akdeniz, doğusunda İçel, Karaman ve Konya, kuzeyinde Isparta ve Burdur, batısında ise Muğla İlleri ile çevrelenmektedir.1966 yılından bu yana "Meteoroloji Bölge Müdürlüğü" olarak faaliyet gösteren Antalya, pilot bölge olarak İstanbul ile birlikte 2005 yılı itibari ile bölgesel tahmin merkezi olarak da faaliyet göstermektedir. Aynı zamanda sinoptik ve deniz rasatları yapan bir meteoroloji istasyonudur. Ayrıca 2003 yılında kurulan bir otomatik meteoroloji istasyonuna da sahiptir. Bu çalışmada, Antalya ili için ölçülen bazı meteorolojik veriler yardımıyla, güneş radyasyonu, nispi nem ve sıcaklık değerleri Yapay Sinir Ağları metoduyla tahmin edilmiştir. Yapay sinir ağıları, lineer olmayan karmaşık problemlerin çözümünde özellikle son yıllarda kullanılmaya başlanan alternatif bir çözüm metodudur. Bu metot, eksik verilerin tamamlanması ve enerji sistemlerinin modellenmesi konularında oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu yeni metotla tahmin edilen güneş radyasyonu değerleri, ölçülen güneş radyasyonu değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; YSA metoduyla bulunan değerlerin, ölçüm değerleriyle uyum gösterdiği görülmüştür [16].

## 2.YAPAY SINİR AĞLARI

Yapay sinir ağı, sayısal bir modelleme tekniğidir. Yapay sinir ağı anahtar bilgi kalıplarını öğrenebilen çok boyutlu bilgi alanlarıdır. Bir şekilde yapay sinir ağı, insan beynini ve öğrenme sürecini taklit etmektedir. Bu nedenle sistem hakkında karakteristik bilgiye ihtiyaç yoktur. Yapay sinir ağı bunun yerine önceden girilmiş veriler olan girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Dolayısı ile yapay sinir ağı, bir veya daha fazla girdi ve çıktı arasındaki muhtemelen doğrusal olmayan ilişkinin hesaplanmasında kullanılmaktadır [17-18]. Yapay sinir ağlarının iki aşamalı çalışma şekli bulunmaktadır. Bunlardan biri; eğitime, diğeri; test (kullanma) aşamasıdır. Bir yapay sinir ağlarının kullanılabilmesi için önce eğitilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağı Şekil 1'de görüldüğü gibi temel olarak girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç tabakadan oluşmakta ve her tabakada birçok nöron (düğüm) bulunmaktadır. Yapay bir sinir hücresi Şekil 2'de görülmektedir. Burada nöronun görevi; girişindeki sayıları kendi ağırlık değerleri ile çarpmak, daha sonra çarpımları toplamak ve toplamı bir yumuşatma fonksiyonundan (genelde sigmoid veya tanh) geçirdikten sonra çıkışa vermektir. Bir nöronun çıkışındaki değerlerin genelde 0–1 (sigmoid) veya -1–1 (tanh) arasında olması istenir.



Şekil 1. Üç tabakalı bir yapay sinir ağı



Şekil 2. Yapay sinir hücresi

### 2.1.Model Performans Kriterleri

Bu çalışmada oluşturulan YSA modelinin performansları üç farklı istatistiksel ölçüt kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu ölçütler, Ortalama karesel hata karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve korelasyon katsayısı (R) gibi istatistiksel parametrelerdir.

Ortalama karesel hata karekökü (RMSE), ölçüm değerleri ile model tahminleri arasındaki hata oranını belirlemek amacıyla kullanılmakta ve RMSE değerinin sıfıra yaklaşması modelin tahmin kabiliyetinin artması anlamına gelmektedir. RMSE aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [19].

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{model,i} - Y_{gözlem,i})^2}{n} \right]^{1/2}$$

Burada  $Y_{model,i}$  ve  $Y_{gözlem,i}$  sırasıyla model tahminlerini ve ölçüm değerlerini, n ise gözlem sayısını göstermektedir.

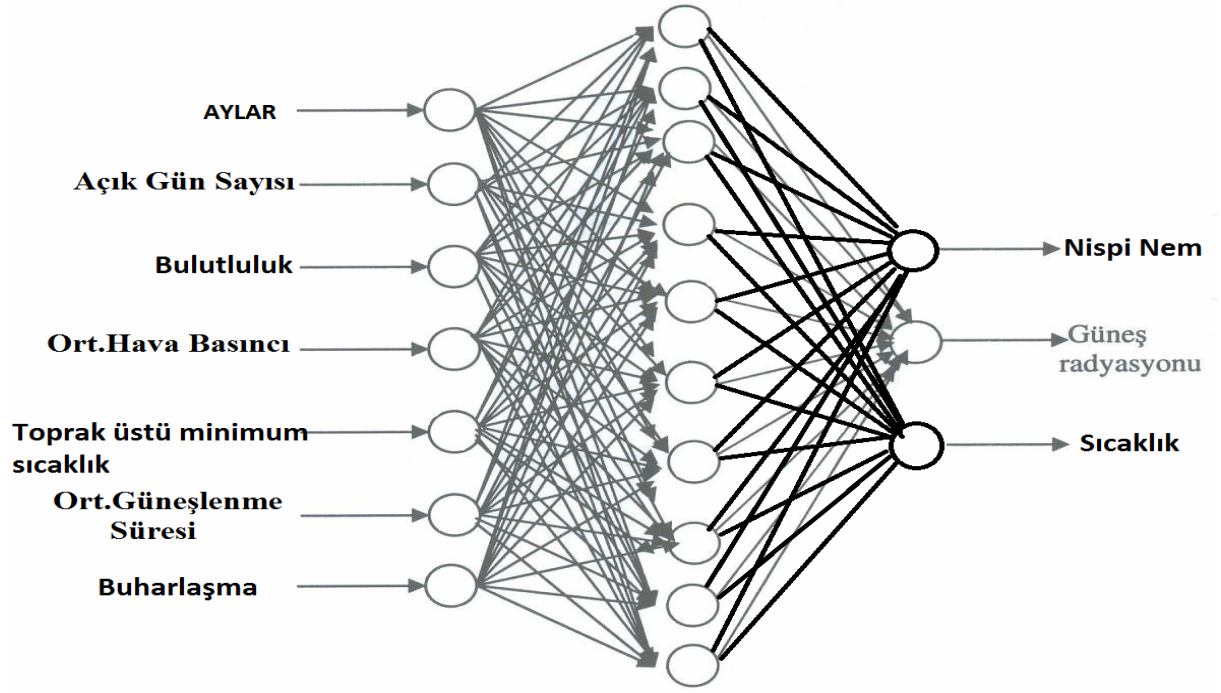
Ortalama Mutlak Hata (MAE), ölçüm değerleri ile model tahminleri arasındaki mutlak hatayı belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. MAE değeri sifira ne kadar yakın olursa modelinin tahmin yeteneği o kadar iyi demektir. MAE aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır[19].

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{gözlem,i} - Y_{model,i})$$

Korelasyon katsayısı (R), ölçüm değerleri ile model tahminleri arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. R değeri 0 ile 1 arasında değişmekte ve bu değerin 1'e yaklaşması model tahminleri ile ölçüm değerleri arasındaki bağımlılığın kuvvetli olduğu anlamına gelmektedir [20].

### 3.ÇALIşMADA KULLANILAN MODEL

Bu çalışmada; Antalya ilinin aylık güneş radyasyonu, sıcaklık ve nispi nem değerleri, farklı meteorolojik verilerden yararlanarak YSA modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Modelde; güneşlenme süresi, ortalama hava basıncı, açık gün sayısı, bulutluluk, buharlaşma ve aylık toprak üstü minimum sıcaklık girdi değerleri olarak alınmıştır. Uygulamada kullanılan YSA modeli, farklı tabaka ve nöron sayıları için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi çözüm mimarisini, 2000 iterasyon sonucu Şekil 3'de görölen tek gizli tabaka ve 10 nörona sahip ileri beslemeli YSA modeli temsil etmektedir. Yapay sinir ağını eğitmek için geriye yayılma algoritması ve eşik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir.



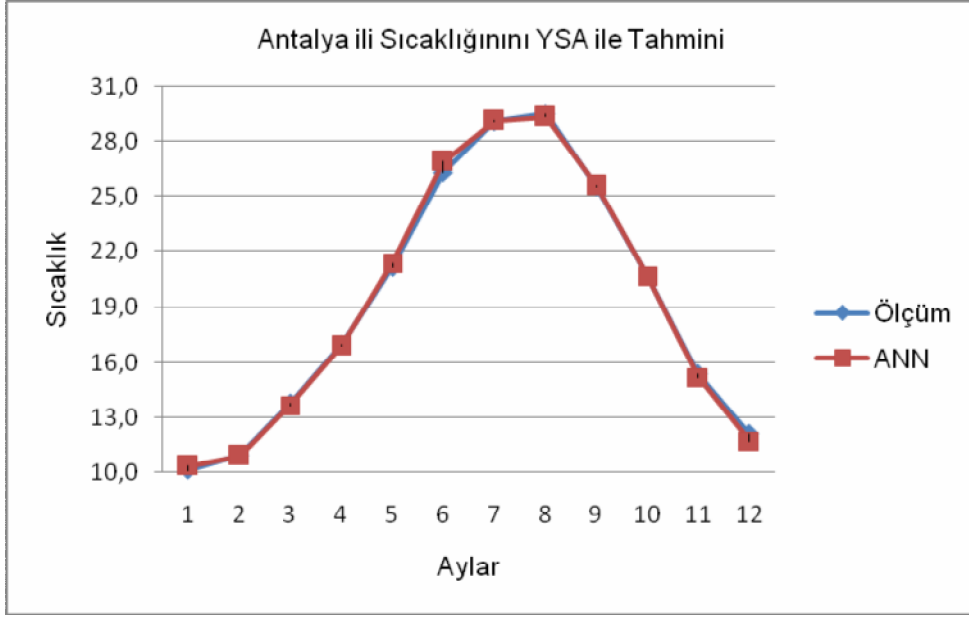
**Şekil 3.** Çalışmada kullanılan YSA modeli

Antalya ilindeki meteoroloji istasyonu tarafından 2000 – 2010 yılları arasında ölçülmüş değerlerin aylık ortalamaları DMİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Temin edilen bu veriler YSA'yı eğitmek için kullanılmıştır. Modelden elde edilen nispi nem, sıcaklık ve güneş radyasyonu değerleri, ölçülen gerçek değerlerle uyum göstermiştir. Çalışmada oluşturulan YSA modelinin performansları üç farklı istatistiksel ölçüt kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu ölçütler, Ortalama karesel hata karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve korelasyon katsayısı (R) gibi istatistiksel parametrelerdir. Tablo 1 de bu değerler görülmektedir.

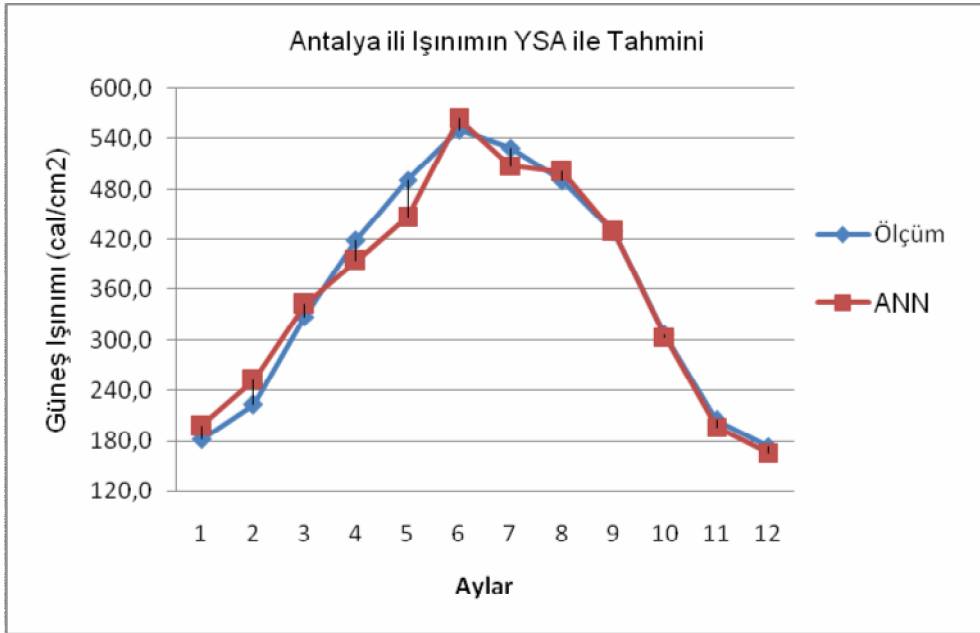
**Tablo 1.** YSA modelinin performans değerleri

Parametre	R değeri	RMSE değeri	MAE değeri
Sıcaklık	0,998	0,0077	0,055
Işınım	0,993	0,046	0,031
Nem	0,995	0,0237	0,0191

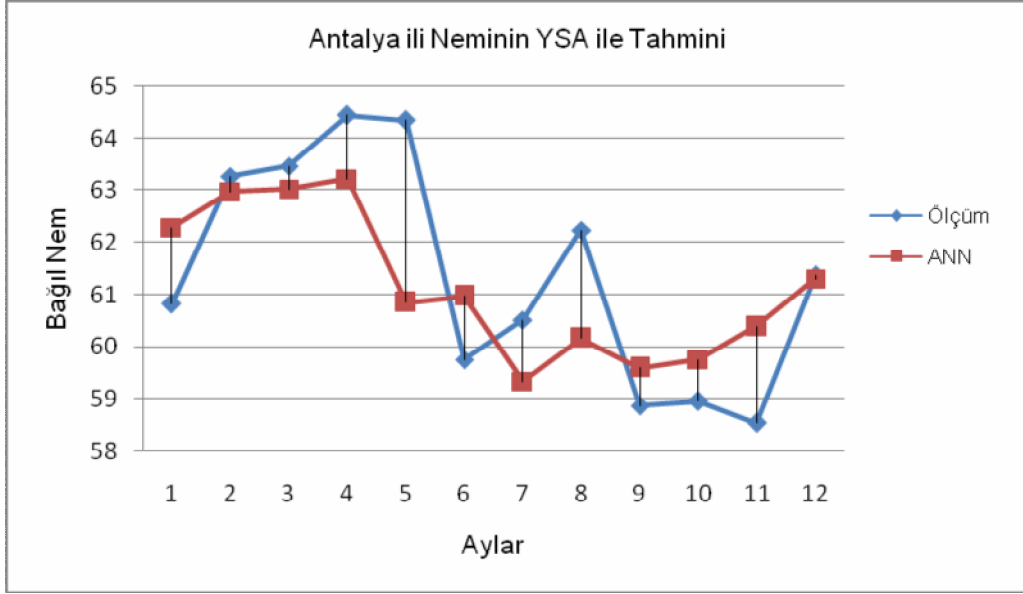
Bu sonuç; değişik meteorolojik veriler yardımıyla (girdi değerleri), istenen diğer meteorolojik değerlerin büyük bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermiştir. Model ve gerçek değerler arasındaki grafikler Şekil 4,5 ve 6'da görülmektedir.



**Şekil 4.** Antalya ili için YSA ile tahmin edilen sıcaklık değerlerinin, gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması



**Şekil 5.** Antalya ili için YSA ile tahmin edilen ışınım değerlerinin, gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması



**Şekil 6.** Antalya ili için YSA ile tahmin edilen bağıl nem değerlerinin, gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması

## SONUÇ

HVAC sistemleri için çok önemli parametre sayılabilecek sıcaklık, nem ve ışınımın önümüzdeki zaman dilimleri için bilmek çok önemlidir. Bu sebeple çeşitli parametrelerden yola çıkılarak modeller hazırlanmaktadır. Akıllı sistem uygulamalarının bir türü olan YSA'da bu modellerden biri olarak kullanılabileceği çalışmamız ile gösterilmiştir. Modelimiz ile Antalya ili için 2001-2010 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilere göre tahmin yapılmıştır. 2001-2010 yılları arasındaki 10 yıllık meteoroloji verileri YSA'nın eğitiminde kullanıldıktan sonra gerçek veriler ile model tarafından üretilen veriler için yapılan test sonucunda korelasyon katsayısı (R), Ortalama karesel hata karekökü (RMSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerleri oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Bu değerler YSA'nın uygun ağ mimarisi ve eğitim seti ile ışınım şiddeti, nispi nem ve hava sıcaklığı verilerinin tahmininde de başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca bu metod, güneş radyasyonu gibi ölçümü direkt olarak yapılamayan farklı yerleşim bölgelerinin güneş radyasyonunun tespit edilmesinde de rahatlıkla kullanılabilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Pepe O., *Dört Mevsim Meteoroloji Bülteni*, 1, 3-4, 2005
- [2] Gedik, Z. G., (1992), Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, YTÜ, İstanbul.
- [3] Kadioğlu M., [http://www.sabah.com.tr/Yasam/2010/06/05/afetler\\_ve\\_meteorolojinin\\_onemi](http://www.sabah.com.tr/Yasam/2010/06/05/afetler_ve_meteorolojinin_onemi), 2010
- [4] Atik K., Deniz E., Yıldız E., Meteorolojik Verilerin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1), 2007.
- [5] Behrang M A, Assareh E, Ghanbarzadeh A, Noghrehabadi A R, The Potential of Different Artificial Neural Network (ANN) Techniques in Daily Global Solar Radiation Modeling Based on Meteorological Data, *Solar Energy*, 84, 1468-1480, 2010.
- [6] Şencan A, Bezir N Ç, Ölçülebilir Meteorolojik Verilerle Güneş Radyasyonunun Yapay Sinir Ağları Metoduyla Tayini, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu*, Mersin, 235-239, 2003.



- [7] Akpınar, E.K., Biçer, Y., Erdoğan, B. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Bazı İllerin Hava şartları ve Rüzgar Gücünün Modellenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 89, 58-64, 2005.
- [8] Tang W., Yang K., He J., Oin J., Quality Control and Estimation of Global Solar Radiation in China, *Solar Energy*, 84, 466–475, 2010.
- [9]. Rehmana S ve Mohandes M, Artificial Neural Network Estimation of Global Solar Radiation Using Air Temperature and Relative Humidity, *Energy Policy*, 36, 571–576, 2008.
- [10] Jiang Y., Computation of Monthly Mean Daily Global Solar Radiation in China Using Artificial Neural Networks And Comparison with Other Empirical Models, *Energy*, 34, 1276–1283, 2009.
- [11] Özek N, Bezir N Ç, Isparta- Yalvaç'a Ait Yatay Yüzeyle Gelen Güneş Radyasyonu, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8–2, 151 – 153, 2004.
- [12] Rahimkhoob A, Estimating Global Solar Radiation Using Artificial Neural Network and Air Temperature Data in a Semi-Arid Environment, Technical Note, *Renewable Energy*, 35, 2131–2135, 2010.
- [13] Cao J, Lin X, Study of Hourly and Daily Solar Irradiation Forecast Using Diagonal Recurrent Wavelet Neural Networks, *Energy Conversion and Management*, 49, 1396–1406, 2008.
- [14] Fadare D A, modeling of Solar Energy Potential in Nigeria Using an Artificial Neural Network Model, *Applied Energy*, 86, 1410–1422, 2009.
- [15] <http://www.dmi.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?m=ANTALYA> erişim tarihi: 25.07.2011
- [16] Işık E., İnallı, M., Global Radiation Predict by Using Artificial Neural Network for Tunceli City, *e-Journal of New World Sciences Academy*, ISSN:1306-3111, 6(1), NWSA-4047-1, January 2011.
- [17] Mubiru J, Predicting Total Solar Irradiation Values Using Artificial Neural Networks, Technical Note, *Renewable Energy*, 33, 2329–2332, 2008.
- [18] Benghanem M, Mellit A, Alamri S N, ANN-Based modeling and Estimation of Daily Global Solar Radiation Data: A case Study, *Energy Conversion and Management*, 50, 1644–1655, 2009.
- [19] Singh, K.P., Basant, A., Malik, A., Jain, G., —Artificial neural network modeling of the river water quality—A case study, *Ecological modeling*, 220(6), 888-895, 2009.
- [20] [7] Doğan, E., Ateş, A., Yılmaz, E.C., Eren, B., 2008; —Application of Artificial Neural Networks to Estimate Wastewater Treatment Plant Inlet Biochemical Oxygen Demand, *Environmental Progress*, 27(4), 439-446.

## ÖZGEÇMİŞ

### Erdem IŞIK

1976 yılında Elazığ'da doğdu. 1997 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Uzun yıllar kamuda mühendis olarak çalıştıktan sonra 2010 yılında Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi oldu. Fırat Üniversitesinde 2004 yılında yüksek lisansını tamamladı. Halen, 35. madde ile Fırat Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta ve Makine Mühendisliği anabilim dalında Doktora Eğitimine devam etmektedir.

### Mustafa İNALLI

1961 yılında Elazığ'da doğdu. 1983 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı üniversitede 1987 yılında yüksek lisansını, 1994 yılında doktorasını tamamladı. Halen Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde, Termodinamik Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.