# ANKARA'DA AYLIK $ET_O$ MIKTARLARININ YAPAY SINIR AGLARI YÖNTEMI ILE TAHMIN EDILMESI

**Dr. Mohammad Taghi SATTARI[1] Doç. Dr. Kadri YÜREKLI[2]**
**Yard. Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA[3] Dr. Alper Serdar ANLI[4] GülKARAHAN[5]**
[1] mtsattar@tabrizu.ac.ir, Tebriz Üni. Ziraat Fak. Su Mühendisliği Bölümü, Tebriz, İran.
[2]kadriyurekli@yahoo.com, Gaziosmanpaşa Üni. Ziraat Fak. T.Y.S. Bölümü, TOKAT
[3]unlukara@erciyes.edu.tr, Erciyes Üni. Seyrani Ziraat Fak. T.Y.S. Bölümü, KAYSERİ
[4]asanli@agri.ankara.edu.tr, Ankara Üni. Ziraat Fak. T.Y.S. Bölümü, ANKARA
[5] g.k.60@hotmail.com, Bahçelievler mah., Bahçelievler cad., No: 51, TOKAT

**ÖZET**

Son yıllarda yapay sinir ağlarıyla (YSA) referans bitki su tüketimi tahminine ilişkin yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada büyük klima tipli Ankara istasyonuna ait Ocak 1975- Aralık 2006 tarihleri arasında, kaydedilen veriler kullanılarak İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları (İBGYYSA) modeliyle FAO 56 Penman Monteith yöntemine göre tahmin edilmiş referans bitki su tüketimi modelleri geliştirilmiştir. Çalışmanın amacı Minimum ve maksimum sıcaklığa, minimum ve maksimum bağıl neme, rüzgâr hızına ve güneşlenme süresine bağlı olan aylık $ET_0$ miktarının İBGYYSA modeli ile tahmin edilmesi olmuştur. İleri Beslemeli Geri Yayınımlı Yapay Sinir Ağları (İBGYYSA) modelinin sonuçları FAO 56 Penman-Monteith (PM) modeli ile hesaplanan $ET_o$ değerleri ile karşılaştırılmıştır. İBGYYSA modelinin doğruluğunu tespiti için Hata Kareler Ortalaması (MSE), Normalleştirilmiş MSE (NMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Minimum Mutlak Hata (MinAE), Maksimum Mutlak Hata (MakAE) ve Doğrusal Korelasyon Katsayısı (r) istatistikleri kullanılmıştır. İBGYYSA modelinin kurulmasında farklı girdi, gizli ve çıktı katmanları denendikten sonra 7 girdi katmanından; Aylık ortalamalar şeklinde minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum nem, maksimum nem, Rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, Aylık Zaman İndisi ve 4 gizli katmanından ve bir çıktı katmanından ($ET_0$) oluşan ağ en iyi sonucu vermiştir. Bu ağın sonuçlarına göre MSE= 0.002, NMSE= 0.006, MAE= 0.033, MinAE= 0.000, MakAE= 0.118 ve r= 0.997 olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler**: Yapay Sinir Ağları, İleri Beslemeli Geri Yayınım, $ET_0$, Ankara

**ESTIMATION OF MONTHLY $ET_0$ USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN ANKARA**

**ABSTRACT**

Recently, many researchs have been carriyed out about reference evapotranspiration ($ET_o$) estimations with Artificial Neural Network. In this research using Ankara meteorology station data from January 1975 to December 2006, Forward Feed Back Propagation Artificial Nerual Netwoks (FFBPANN) models were developed for estimated reference evapotranspirations according to FAO 56 Penman Monteith methods. The objective of the study is to estimate monhtly $ET_0$ values with FFBPANN model based on maximum and minimum tempetatures, maximum and minimum relative humudities, solar radiation and wind speed. Results of ANN model were compared with $ET_0$ values calculated by FAO 56 Penman-Monteith (PM) model. Performance of the results were evaluated by statistical performance criteria of Mean Square Error (MSE), Normalized Mean Square Error (NMSE), Absolute Mean Error (AME), Absolute Minimum Error (AMinE), Absolute Maximum Error (AMaxE) and Linear Correlation Coefficient (r). After trying different input, hidden and output layers, the network containing a layer with 7 nodes as of maximum and minimum tempetatures, maximum and minimum relative humudities, solar radiation, wind speed and mountly time indeses, and 4 hidden layers and one output node ($ET_0$) was found to be the best model. According to this network results, MSE= 0.002, NMSE= 0.006, AME= 0.033, MinAE= 0.000, MaxAE= 0.118 and r= 0.997.

**Key Words**: Artificial Neural Networks, Feed Forward Back Propagation, $ET_0$, Ankara

## 1. Giriş

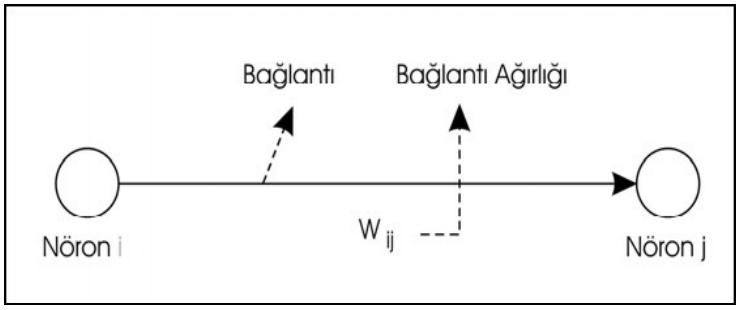
Radyasyon, sıcaklık, nem, Rüzgâr hızı, bitki tipi ve gelişme dönemi gibi birden fazla faktörden etkilenmesinden dolayı evapotranspirasyon veya bitki su tüketimi (ET), karmaşık ve doğrusal olmayan bir süreçtir. ET' in doğru tahmin edilmesi, hidrolojik su dengesi, sulama sistemlerinin planlanması ve yönetimi, su kaynaklarının planlanması ve yönetimi gibi birçok alan için son derece büyük önem taşımaktadır. Genellikle bitki su tüketimi, referans bitki su tüketimi ($ET_o$) ve bitki katsayıları ($K_c$) kullanılarak tahmin edilmektedir. Doğrudan bitki su tüketimi tahmini için en doğru yöntem, lisimetreler yoluyla kurulan su dengesi yöntemidir fakat lisimetre kullanımı çok pahalı, zaman alıcı, hassas ve dikkatli şekilde planlanmış denemeler gerektirmektedir. Bundan

dolayı, çeşitli iklim verileri kullanılarak $ET_o$'ın dolaylı tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Kumar et al. 2008). $ET_o$'ın dolaylı tahmin yöntemleri, basit pan buharlaşmasına dayalı yöntemlerden hem enerji hem de aerodinamik faktörleri içeren birleşik yöntemler gibi fiziksel esaslı yöntemlere kadar değişim göstermektedir. Allen et al. 2000, Walter et al. 2000, Itenfisu et al. 2003 ve Temesgen et al. 2005 tarafından FAO 56 Penman Monteith (FAO 56 PM) yöntemi uluslar arası standart $ET_0$ tahmin yöntemi olarak gösterilmiştir. Çok çeşitli bitki su tüketimi tahmin yöntemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu yöntemler farklı meteorolojik veriler kullandığı gibi yorucu bölgesel kalibrasyonlar gerektirmekte ve sınırlı düzeyde küresel geçerlilik arz etmektedir. Ancak 1990 yılında FAO tarafından çeşitli uluslar arası kuruluşlarla birlikte bir uzmanlar toplantısı gerçekleştirmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Referans bitki su tüketiminin tanımlanması ve hesaplanması için tek standart yöntem olarak FAO 56 Penman-Monteith yöntemi önerilmiştir (Allen et al., 1998).

Bitki su tüketimi tahmininde kullanılan FAO 56 PM yönteminde atmosfer şartlarındaki değişim referans bitki su tüketimiyle ($ET_o$) ifade edilirken bitkilere göre değişen şartlar ise bitki katsayılarıyla ifade edilmektedir. Bu nedenle iklim veya atmosferik şartlarda meydana gelen değişim doğrudan referans bitki su tüketimine yansıyacaktır. Allen et al., (1998), atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi veya referans evapotranspirasyonun ($ET_o$), yılın farklı dönemlerinde karşılaştırmalar yapılabilmesine izin verdiği gibi başka bölgeler arasında da karşılaştırmalar yapılabilmesine imkân tanıyan bir standart olduğunu bildirmiştir. FAO 56 PM yöntemi kullanılarak tek bitki katsayısı ($k_c$) veya çift bitki katsayısı ($k_e + k_{cb}$) ile referans bitki su tüketiminin düzeltilmesinden sonra bitkilerin su tüketimleri ($ET_c$) belirlendiği gibi kuraklık, tuzluluk, hastalık ve diğer etmenlerden kaynaklanan çeşitli stresler nedeniyle bitki su tüketiminde meydana gelen değişim de stres katsayısı ($k_s$) kullanılarak belirlenebilmektedir (Allen et al., 1998).

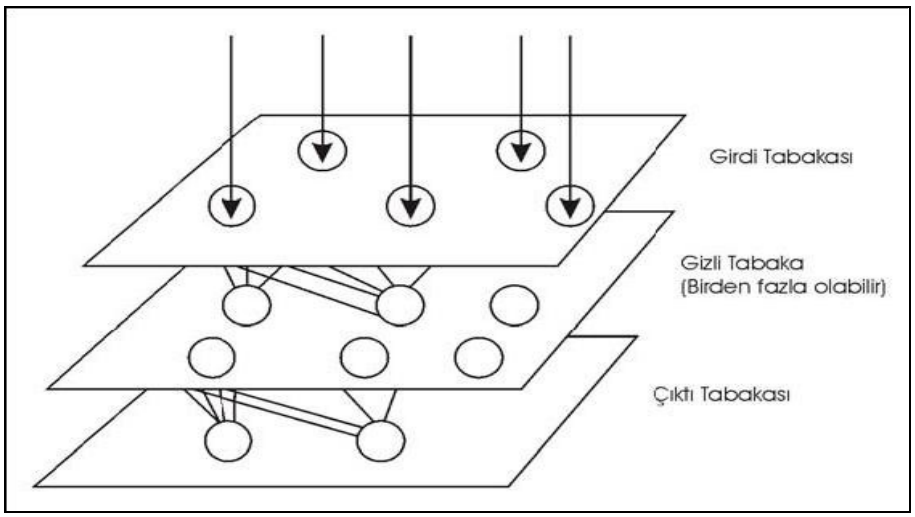
Kara kutu deyimi ile yapısal özellikleri ve çalışma tarzları ayrıntılı ve tam olarak ölçülüp değerlendirilemeyen ve dolayısıyla modellenmeleri oldukça güç veya imkansıza yakın olabilen sistemler kastedilir. Kara kutu modelleri içinde bulunan Yapay Sinir Ağları (YSA-Artificial Neural Network) yöntemi, olayın nedenini ve fiziğini önemsemeden sadece önceki girdi ve çıktı verisine bağlı olarak çözüm üreten bir yöntemdir. Yapay sinir ağlarının kullanılmasıyla diğer yöntemlere göre önemli üstünlüklere sahip olunabilecek ve farklı durumlar için daha doğru tahminlerde bulunulabilecektir.

Matematiksel açıdan YSA; parametreleri eğitilmiş ve kalibre edilmiş doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Geçen yıllarda YSA yöntemi fiziksel sistemlerin kontrolü, mühendislik problemleri, istatistik, su kaynakları yönetimi ve işletmesi, hidroloji gibi bir çok konuda kullanılmıştır. Simüle edilen sinir hücrelerini içeren programlarla nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak bir ağ oluşturulur. Bu ağlar; öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki çeşitli ilişkileri ortaya çıkarma kapasitesine sahiptir. Diğer bir ifadeyle YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretebilmektedir. Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insan doğumdan itibaren "yaşayarak öğrenme" süreci içerisine girer. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme gösterir ve öğrenme gerçekleşir. Aynı durum, YSA için de geçerlidir. Öğrenme, girdi/çıktı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitme algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlayana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur. Bir işlem elemanı, diğer nöronlardan sinyalleri alır, bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Genelde, işlem elemanları kabaca gerçek nöronlara karşılık gelir ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanır. Bu yapı da sinir ağlarını oluşturmaktadır. Sinirsel hesaplamanın merkezinde dağıtılmış, adaptif ve doğrusal olmayan işlem kavramları vardır. YSA'ların yapısını oluşturan üç ana eleman; temel işlem elemanı olan nöron, girdi ve çıktı yolunu sağlayan bağlantı ve bu bağlantıların sağlamlığını gösteren bağlantı ağırlığıdır (Şekil 1). Temel olarak, tüm YSA'lar benzer bir yapıya sahiptirler. Bu yapıda; bazı nöronlar girdileri almak için, bazı nöronlar ise çıktıları iletmek için dış mekan ile bağlantılı halindedir. Geri kalan tüm nöronlar ise gizli tabakalarda yer alır ve sadece ağ içinde bağlantıları vardır. Tipik olarak, bir YSA'da çeşitli matematiksel algoritmalardan bir tanesi kullanılarak üretilen çıktıların doğruluk düzeyinin maksimize edilmesi için gerekli olan ağırlık değerleri belirlenir.



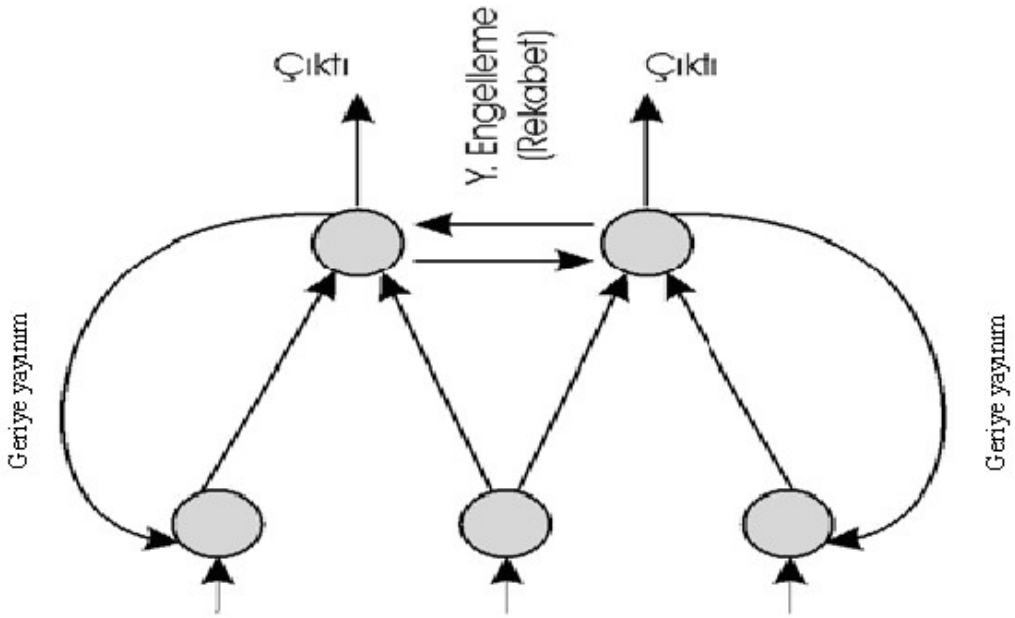
Şekil 1. YSA mimarisinin temel elemanları (Yurtoğlu, 2005)

YSA'lar önceki örnekleri kullanarak girdi değişkenler ile tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmış, diğer bir deyişle YSA eğitilmiş olur. Bu ilişki, bir kez ortaya çıkartıldıktan sonra, YSA yeni verilerle çalıştırılabilir ve tahminler üretilebilir. Bir ağın performansı, amaçlanan sinyal ve hata kriteri ile ölçülür. Ağın çıktısı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Geri Yayılma olarak adlandırılan bir algoritma hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağ eğitilir. Eğitme işleminin amacı, performans ölçümleri bazında optimum çözüme ulaşmaktır. YSA'larda, yapay nöronlar basit bir şekilde kümelendirilmektedir. Bu kümelendirme tabakalar halinde yapılmakta ve daha sonra bu tabakalar bir diğerine ilişkilendirilmektedir. Tek tabaka ya da tek eleman içeren bazı başarılı ağlar oluşturulabilmesine rağmen çoğu uygulama en az üç tabaka (girdi tabakası, gizli tabaka ve çıktı tabakası) içeren ağlara ihtiyaç duymaktadır (Şekil 2). Girdi tabakası, dışarıdan girdileri alan nöronları içerir ancak bu nöronlar girdi değerleri üzerinde bir işlem uygulamazlar. Sadece girdi değerlerini bir sonraki tabakaya iletir ve bu yüzden de bazı araştırmacılar tarafından girdi tabakası ağların tabaka sayısına dahil edilmezler. Çıktı tabakası ise çıktıları dışarıya ileten nöronları içeren tabakadır. Girdi ve çıktı tabakaları birer tabakadan oluşurken bu iki tabaka arasında birden fazla gizli tabaka bulunabilir. Bu gizli tabakalar çok sayıda nöron içerir ve bu nöronlar tamamen ağ içindeki diğer nöronlarla bağlantılıdır. Çoğu ağ türünde, gizli tabakadaki bir nöron sadece bir önceki tabakanın tüm nöronlarından sinyal alır. Nöron işlemini yaptıktan sonra ise çıktısını bir sonraki tabakanın tüm nöronlarına gönderir. Bu yapı, ağın çıktısı için bir ileri besleme yolu oluşturur. Bir nörondan diğerine olan iletişim hattı, sinir ağları için önemli bir parçadır. Bazı ağlarda, bir nöron aynı tabakadaki başka nöronlara engel oluşturabilir. Bu, yanal engelleme veya rekabet olarak adlandırılır ve en çok çıktı tabakasında kullanılır. Diğer bir bağlantı şekli ise geri yayılmadır. Geri yayılma, bir tabakanın çıktısının önceki tabakaya gönderilmesidir.



Şekil 2. YSA'ların genel yapısı (Yurtoğlu, 2005)

İleri beslemeli geri yayılma mimarisi 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. Bu mimarinin geliştirilmesinde birbirlerinden bağımsız olarak birkaç araştırmacının katkıları olmuştur. Asıl katkı ise Rumelhart et al. (1986) tarafından yapılmıştır. Ortaya çıkışından sonra, hem etkili hem de çok kullanışlı olması nedeniyle büyük bir popülarite kazanmış olup hala en çok kullanılan ağ türü olarak bilinmektedir. Çok sayıda farklı uygulama alanında kullanılmakta olup en büyük özelliği doğrusal olmayan yapı içeren problemlerde de etkili olabilmesidir. İleri beslemeli geriye yayınım sinir ağında da girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır (Şekil 3). Her birimin bağlanma şekli ve her kısımdaki hücre sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki hücreler arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Hücreler girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. Geriye doğru hata yayılması iki etaptan oluşmaktadır. Çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi hücrelerindeki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı ile çıktı birimindeki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı. Bir eğitim sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler atanmaktadır. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarıyla tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci bir sonuca vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar.




Şekil 3. Geri yayınım yapısı (Yurtoğlu, 2005)

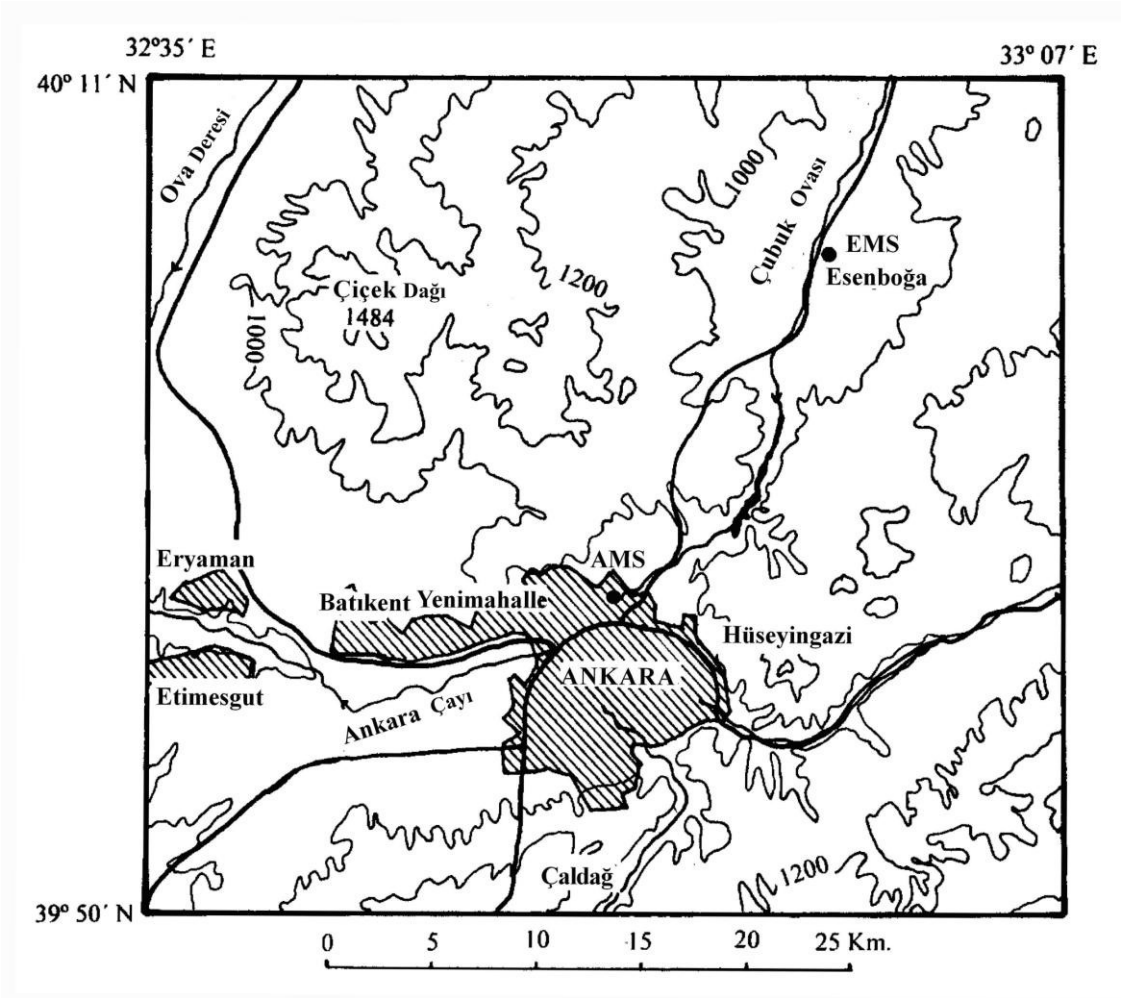
Kapsamlı iklim meteorolojik veri ihtiyacı, FAO 56 PM yönteminin adaptasyonunu azaltmaktadır. Daha az iklim verisine ihtiyaç duyan pan buharlaşması, sıcaklık ve radyasyon yöntemleri daha düşük doğrulukta sonuçlar vermektedir. Bu nedenle bu çalışma gerekli tüm iklim verilerinin gözlemlenmemesi durumunda daha doğru sonuçlar verecek alternatif bir metot olan Yapay Sinir Ağları yöntemiyle Ankara'nın $ET_0$ tahminlerinin yapılabilmesini amaçlamıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada dikkate alınan Ankara ili 39º57' kuzey enlemi, 32º53' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 4). Toplam yüzölçümü 25706 $km^2$ olan Ankara ilinin 12840 $km^2$' si (%49.95) tarım alanı, 4307.8 $km^2$' si (%16.76) çayır-mera, 3579.6 $km^2$' si (%13.93) orman-fundalık ve 4978.6 $km^2$'si (%19.36) tarım dışı alandır (Anonymous, 2007). Denizden ortalama yüksekliği

890 m olan Ankara'nın uzun yıllar yıllık yağış ortalaması 395.2 mm, ortalama nemi %61.25, ortalama sıcaklığı 11.8°C ve ortalama Rüzgâr hızı 1.92 m/s dir (Anonymous, 2010).




Şekil 4. Çalışma alanı, Ankara, Türkiye.

Bu çalışmada kullanılan Ankara iline ait Ocak 1975 ile Aralık 2006 yılları arası 31 yıllık meteoroloji verileri için yapılan istatistik analiz sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan verilerin istatistiksel özellikleri

| İstatistik | Ort. Sıc. (°C) | Min Sıc. (°C) | Mak Sıc. (°C) | Güneş Rad. | Rüzgâr hızı (m/s) | Ort. Nem (%) | Min. Nem (%) | Mak. Nem (%) | Yağış (mm) | ETo (mm/ay) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Ortalama* | 11.81 | -0.16 | 25.02 | 210.28 | 1.43 | 61.45 | 27.15 | 92.34 | 33.48 | 106.75 |
| *Standart Hata* | 0.42 | 0.42 | 0.44 | 5.07 | 0.02 | 0.57 | 0.55 | 0.28 | 1.34 | 2.92 |
| *Standart Sapma* | 8.24 | 8.19 | 8.65 | 99.35 | 0.31 | 11.10 | 10.81 | 5.49 | 26.33 | 57.28 |
| *Basıklık* | -1.23 | -0.86 | -1.08 | -1.25 | -0.11 | -1.03 | -0.23 | 2.97 | 0.30 | -1.17 |
| *Çarpıklık* | -0.05 | -0.18 | -0.31 | 0.02 | 0.05 | -0.08 | 0.86 | -1.88 | 0.90 | 0.22 |
| *En Büyük* | 27.20 | 15.00 | 40.80 | 399.20 | 2.40 | 83.50 | 59.00 | 100.00 | 122.40 | 238.99 |
| *En Küçük* | -4.00 | -21.50 | 4.40 | 31.80 | 0.70 | 37.50 | 9.00 | 71.00 | 0.00 | 21.23 |

### 2.2 FAO 56 Penman-Monteith Modeli

Atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi ($ET_o$) ise Allen et al. (1998)'de belirtilen yöntemler takip edilerek aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$ET_0 = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \dfrac{900}{T + 273}\; u_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,u_2)} \qquad (1)$$

Eşitlikte;

$ET_o$ : Referans evapotranspirasyon (mm gün$^{-1}$),
$R_n$ : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m$^{-2}$ gün$^{-1}$),
G : Toprak ısı akış yoğunluğu (MJ m$^{-2}$ gün$^{-1}$),
T : 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı (°C),
$U_2$ : 2 m yükseklikte Rüzgâr hızı (m s$^{-1}$),
$e_s$ : Doygun buhar basıncı (kPa),
$e_a$ : Gerçek buhar basıncı (kPa),
$e_s$-$e_a$ : Doygun buhar basıncı açığı (kPa),
$\Delta$ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C$^{-1}$),
$\gamma$ : Psikrometrik sabit (kPa °C$^{-1}$).

Referans bitki su tüketimi hesaplanmasında Ankara ili 1975-2006 yılları arası kaydedilen meteorolojik verilerden aylık ortalamalar olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır.

### 2.3 Yapay Sinir Ağları Modeli

Bu çalışmanın amacı $ET_0$ değerlerinin yapay sinir ağları modeli yardımı ile farklı veri kombinasyonları için tahmin edilmesidir. Çalışmada YSA modelinin inşasında farklı girdi kombinasyonları denenmiştir. Çizelge 2'de verilen farklı on veri kombinasyonu için YSA modelleri elde edilmiştir. Modelde Ankara iline ait Ocak 1975 ile Aralık 2006 yılları arasında alınan 31 yıllık meteorolojik veriler kullanılmıştır. YSA modeli eğitim sürecinde Ocak 1975 ile Aralık 1998 yılları arasında 23 yıllık veri kullanılırken elde edilen YSA modelinin testinde Ocak 1999 ile Aralık 2006 yılları arasında kalan 7 yıllık veri kullanılmıştır.

YSA Modelinin başarılı ve daha kolay tekniklerinden olan ileri beslemeli geri yayınım modeli kullanılmıştır. Girdi verilerin eğitiminde momentum eğitim kuralı ve aktivasyon fonksiyonu içinde -1 ile +1 arasında değişmekte olan hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılmıştır. İleri beslemeli geri yayınımlı (İBGYYSA) modelinin sonuçları FAO 56 Penman-Monteith (PM) modeli ile hesaplanan $ET_o$ değerleri ile karşılaştırılmıştır. İBGYYSA modelinin doğruluğunu tespiti için Hata Kareler Ortalaması (MSE), Normalleştirilmiş Hata Kareler Ortalaması (NMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Minimum Mutlak Hata (MinAE), Maksimum Mutlak Hata (MakAE) ve Doğrusal Korelasyon Katsayısı (r) istatistikleri kullanılmıştır. İBGYYSA modelinin kurulmasında farklı girdi; Aylık ortalamalar şeklinde minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum nem, maksimum nem, Rüzgâr hızı, güneş radyasyonu şiddeti, Aylık Zaman İndisi ve farklı gizli katmanları denenmiştir. Çalışmada $ET_o$ değerleri çıktı tabakası olarak dikkate alınmıştır. Modelin oluşumunda ve sonuçların değerlendirilmesinde Excel ortamında bulunan NeuroSolutions 5 yazılımı kullanılmıştır.

### 2.4 Verilerin standartlaştırılması

Yapay sinir ağları çalışmalarında ağı eğitmeden önce girdi ve çıktı verileri üzerinde yapılan ön işlemler ağın performansının artmasına neden olmaktadır. Eğitimden önce girdi ve çıktı verileri standartlaştırılarak belirli miktarlar arasında değişmekte olur. Bu çalışmada kullandığımız aktivasyon fonksiyonun hiperbolik tanjant (-1/+1) olduğundan dolayı veriler +1 ile -1 arasında standartlaştırılmıştır. Standartlaştırmada eşitlik (2) kullanılmıştır (Ochoa-Rivera et al. 2002).

$$Z = \frac{2*(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} - 1 \qquad (2)$$

Burada Z standartlaştırılmış veriler olarak +1 ile -1 değişmektedir. $X_{min}$ ve $X_{max}$ kullanılan veri setinin minimum ve maksimum değerleridir. Model simüle edildikten sonra ters işlem yapılarak orijinal $ET_0$ miktarları bulunmuş olur (Demuth ve Beale 2001)

## 2. Sonuçlar

Çalışmada denenen on farklı veri senaryosu için sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Her bir senaryo için farklı gizli tabaka sayıları denenmiştir. Çizelge 3'te bulunan sonuçlar her senaryo için elde edilen en iyi ağ mimarisidir.

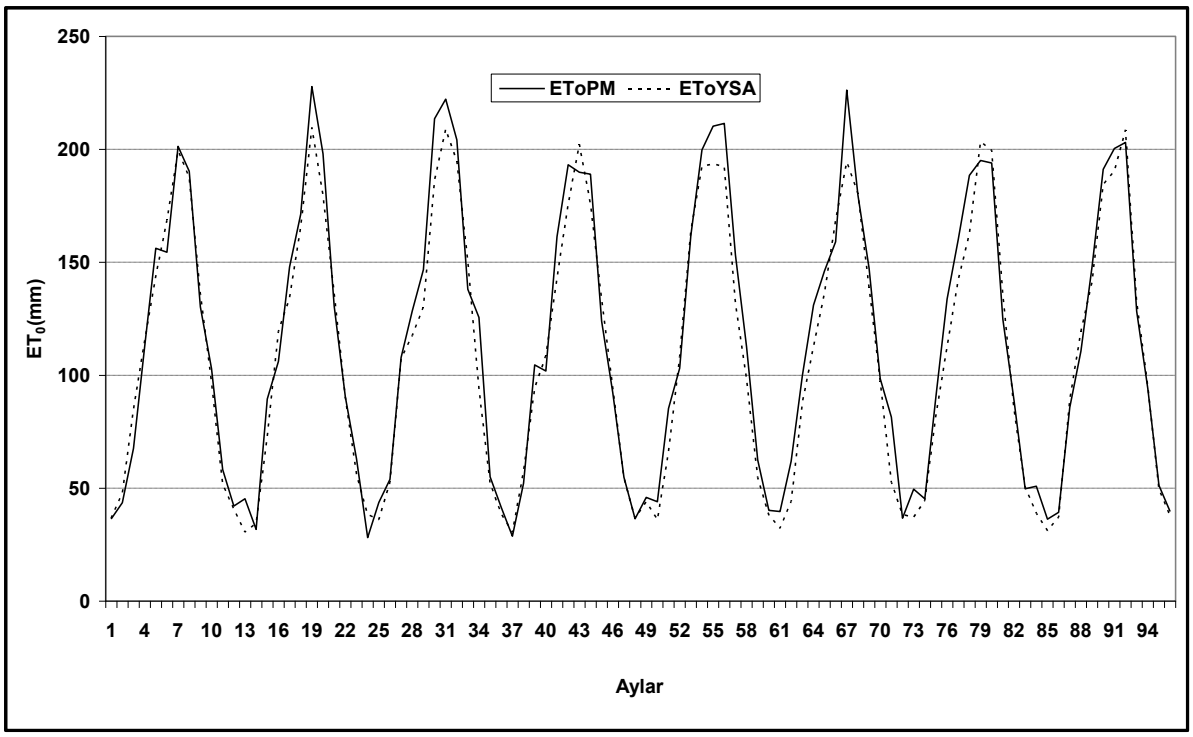
Çizelge 3. YSA Modeline Ait Sonuçlar

| Senaryo | Girdiler* | Gizli Katman | MSE | NMSE | MAE | MinAE | MakAE | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MinT, MakT, MakRH, MinRH, Rüzgâr, Rs, MTI | 4 | 0.002 | 0.006 | 0.033 | 0.000 | 0.118 | 0.997 |
| 2 | MinT, MakT, Rs, Rüzgâr, Ort.RH, Yağış, MTI | 3 | 0.003 | 0.009 | 0.040 | 0.000 | 0.159 | 0.996 |
| 3 | MinT, MakT, Rüzgâr, MTI | 3 | 0.004 | 0.012 | 0.045 | 0.000 | 0.174 | 0.995 |
| 4 | OrtT, MakRH, MinRH, Rüzgâr, Rs, MTI | 3 | 0.005 | 0.016 | 0.056 | 0.002 | 0.252 | 0.992 |
| 5 | MinT, MakT, Rs, MTI | 2 | 0.011 | 0.036 | 0.077 | 0.000 | 0.272 | 0.991 |
| 6 | MinT, MakT, Yağış, MTI | 3 | 0.013 | 0.042 | 0.082 | 0.002 | 0.316 | 0.989 |
| 7 | MinT, MakT, MakRH, MinRH, MTI | 3 | 0.012 | 0.039 | 0.081 | 0.000 | 0.296 | 0.988 |
| 8 | MinT, MakT, OrtRH, MTI | 3 | 0.013 | 0.042 | 0.081 | 0.002 | 0.331 | 0.987 |
| 9 | MinT, MakT, MTI | 3 | 0.014 | 0.048 | 0.087 | 0.001 | 0.349 | 0.987 |
| 10 | OrtT, MTI | 3 | 0.012 | 0.040 | 0.086 | 0.002 | 0.292 | 0.984 |

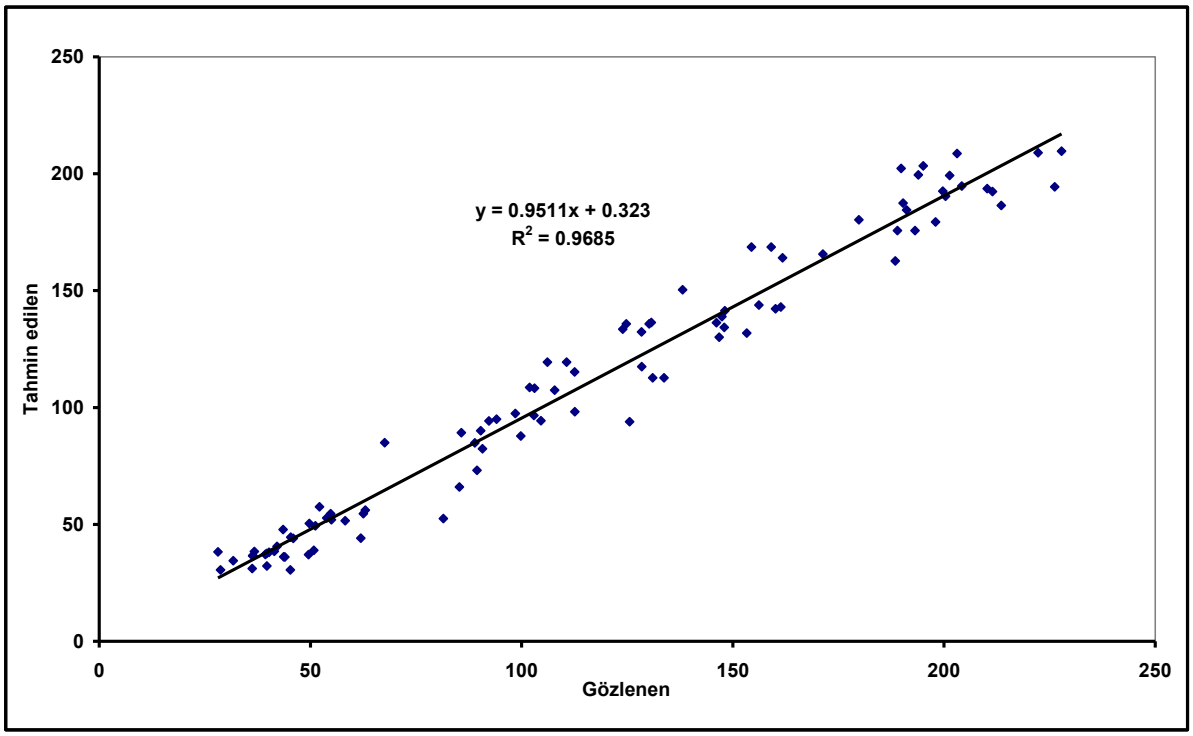
* MinT ve MakT: Minimum ve maksimum aylık sıcaklık ortalaması (°C), MinRH ve MakRH: Minimum ve maksimum aylık bağıl nem ortalamaları (%), OrtT ve OrtRH: Ortalama aylık sıcaklık ve bağıl nem, Rs: Güneş radyasyonu ($MJ/m^2$.ay), MTI: Aylık zaman indisi

Çizelge 3' ten de anlaşıldığı gibi İBGYYSA modelinde 7 girdi katmanından; Aylık ortalamalar şeklinde minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum nem, maksimum nem, Rüzgâr hızı, güneş radyasyonu şiddeti, Aylık Zaman İndisi ve 4 gizli katmanından ve bir çıktı katmanından ($ET_o$) oluşan ağ en iyi sonucu vermiştir (Senaryo 1). Bu ağın sonuçlarına göre MSE=0.002, NMSE=0.006, MAE= 0.033, MinAE=0.000, MakAE= 0.118 ve r= 0.997 olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya ait sonuçlar şekil 5 ve 6 da verilmiştir.

Bu çalışmada YSA modelinin kurması ve ($ET_0$) değerlerinin hesaplamalarında ayların ve mevsimlerin etkisini dikkate alma amacı ile Aylık Zaman İndisi (MTI) ile tanımlanan parametre ağ mimarisine dâhil edilmiştir. Aylık Zaman İndisi (MTI) Ocak-Aralık aylarını sırası ile ifade etmektedir. Burada her ay için bir indis tanımlanmıştır. Ocak ayı 1. indis, Şubat 2. indis iken Aralık ayı ise 12.indis olarak tanımlanmıştır.

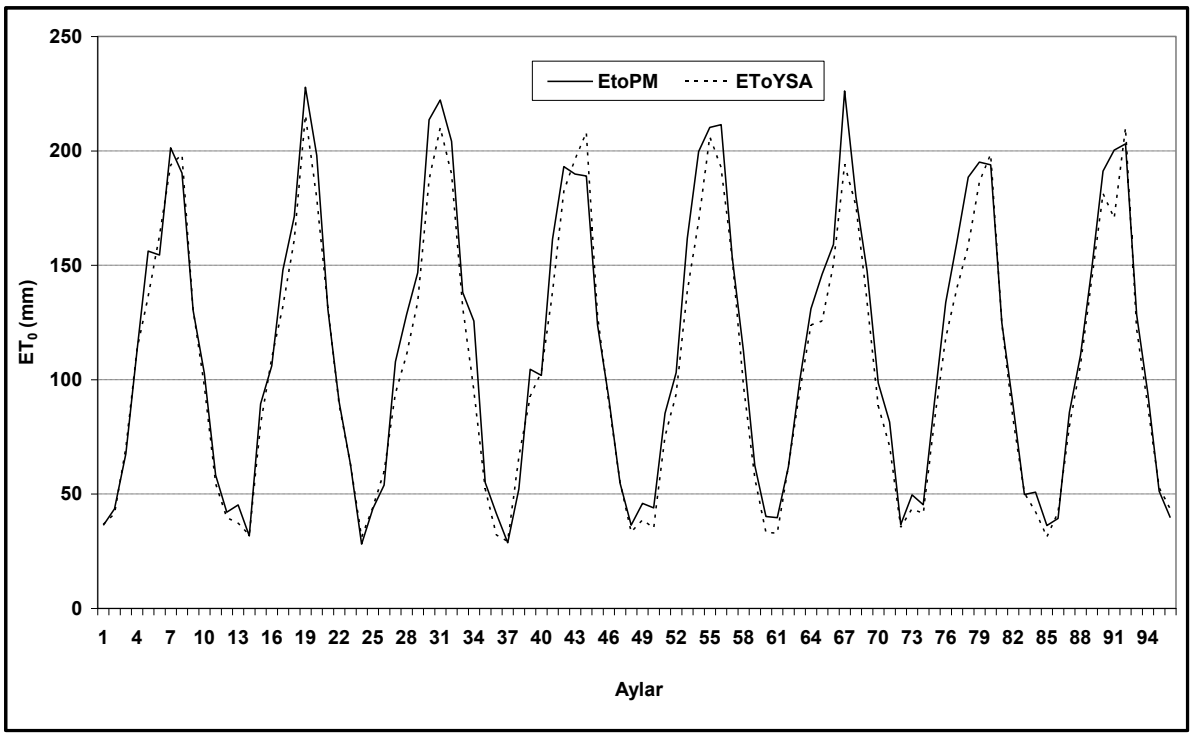



Şekil 5. Senaryo 1 için FAO 56 Penman Monteith $ET_o$ Modeli ile YSA $ET_o$ modeli değişimi

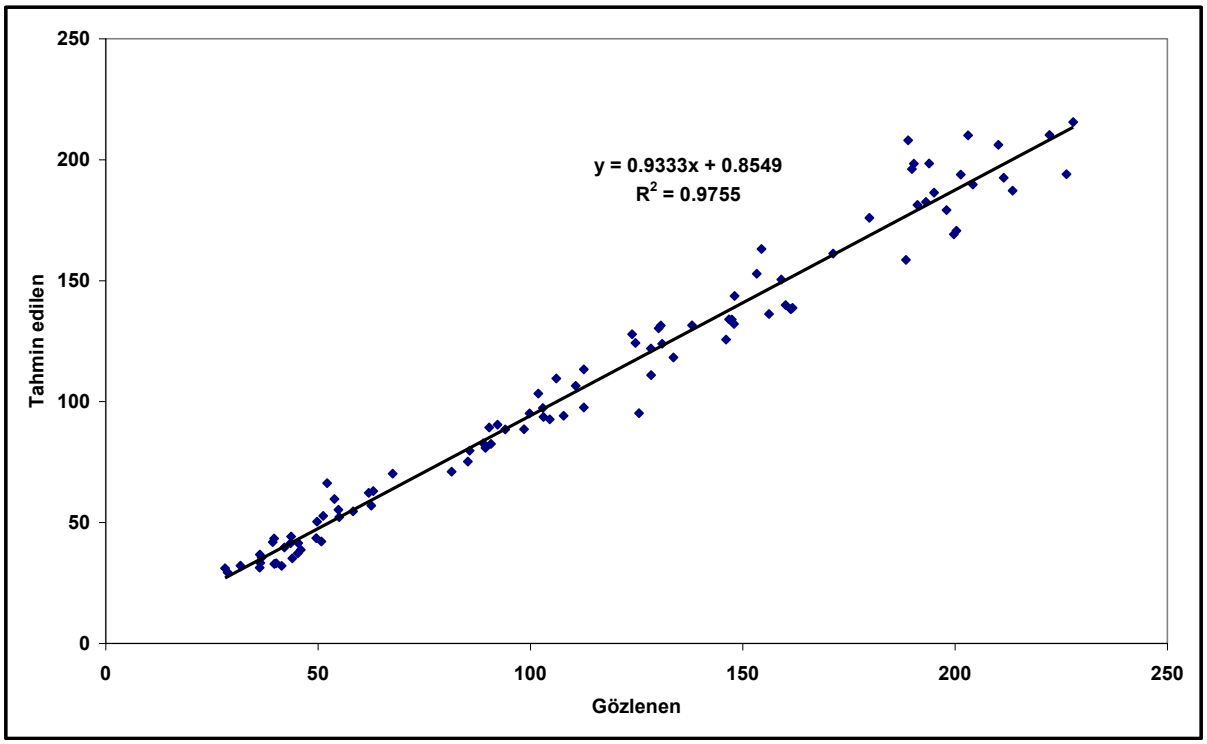



Şekil 6 FAO 56 Penman Monteith $ET_0$ modeline göre Senaryo 1 için YSA modeli dağılımı

10. senaryo 2 girdi katmanıyla; aylık ortalama sıcaklık ve aylık zaman indisi ve 3 gizli katmanı ile en kötü sonucu vermiştir. 10. senaryoda elde edilen ağın sonuçlarına göre MSE=0.012, NMSE=0.040, MAE=0.086, MinAE= 0.002, MakAE= 0.292 ve r= 0.984 olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya ait sonuçlar şekil 7 ve 8 de verilmiştir.




Şekil 7. Senaryo 10 için FAO 56 Penman Monteith $ET_o$ Modeli ile YSA $ET_o$ modeli değişimi




Şekil 8. FAO 56 Penman Monteith $ET_0$ modeline göre Senaryo 10 için YSA modeli dağılımı

## 3. Tartışma

Sulama ve drenaj sistemlerinin planlanması ve projelenmesi, sulama sistemlerinin işletilmesi ve yönetilebilmesi, hidrolojik su dengesinin kurulması ve su kaynaklarının planlanabilmesi için yörede yetiştirilen bitkilerin su tüketimlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Çeşitli meteorolojik veriler kullanılarak FAO 56 Penman Monteith yöntemiyle bitki su tüketimi tahmin edilebilmektedir. Ancak FAO 56 Penman Monteith yönteminde doğru ve güvenilir çok sayıda iklim verisine ihtiyaç duyulması bu yöntemin kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır. Bu çalışmada Ankara bölgesi için referans bitki su tüketimi (ET**o**) değerleri FAO 56 Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu değerler yardımıyla İleri Beslemeli Geri Yayınımlı Yapay Sinir Ağları yöntemine göre farklı girdi kombinasyonları için YSA modelleri elde edilmiş ve bu modeller kullanılarak tekrardan ETo hesaplamaları yapılmıştır. ETo hesaplamaları FAO 56 Penman Monteith yöntemine göre hazırlanmış bir Excel çalışma sayfası yardımıyla yapılmış ve YSA yöntemi için Excel ortamında bulunan NerouSolution 5 bilgisayar yazılımlarından yararlanılmıştır. Çalışma için Ankara istasyonuna ait gerekli iklim faktörlerinden ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama nispi nem, ortalama Rüzgâr hızı, güneş radyasyonu ve ortalama yağış ve aylık zaman indisi alınmıştır. Farklı girdi-çıktı katmanlardan oluşan YSA modelinin sonuçları FAO 56 Penman–Monteith yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu YSA modellerinin Ankara istasyonu için başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca uygulama açısından sadece sıcaklığın ölçüldüğü bir bölgede ve diğer iklim faktörlerinin bulunmadığı durumunda YSA modelinin nispeten başarılı sonuçlar verdiği (senaryo 9 ve senaryo 10) görülmüştür. Böylece YSA modelleri yardımıyla eksik verilerin tamamlanabilmesi söz konusu olabileceği gibi, yalnız birkaç iklim verisi yardımıyla YSA modelleri yardımıyla FAO 56 Penman Monteith yöntemine oldukça yaklaşık ETo sonuçları tahmini de söz konusu olabilecektir. Bir bölgede FAO 56 Penman Monteith yöntemi ETo verileriyle eğitilmiş YSA modelleri kullanılarak sulama otomasyonu daha kolay yapılabilecektir. Çok sayıda veri girdisiyle otomasyon yapılması daha zor ve karmaşık sistemleri gerektirirken yalnızca birkaç veriyle otomasyonun sağlanması doğal olarak daha kolay olacaktır.

Ayrıca bu çalışmada yağış faktörünün alınmasının YSA modelinin sonuçlarında önemli değişiklik göstermediği ve ETo hesaplamalarında önemli etken olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada zaman indisinin YSA modelinde girdi katmanı olarak alınması ile YSA modeli daha iyi sonuç vermiştir. Taymoor A. Awchiaylık (2008) tarafından yapılan benzeri bir çalışmada da aylık zaman indisinin girdi katmanı olarak alınması ile YSA sonuçlarının iyileştiği kanıtlanmıştır.

## 4. Kaynaklar


Allen, R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., (1998), Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, 300 p.

Allen, R. G., Walter, I., Elliott, R., Mecham, B., Jensen, M. E., Itenfisu, D., Howell, T. A., Snyder, R., Brown, P., Echings, S., Spofford, T., Hattendorf, M., Cuenca, R. H., Wright, J. L., Martin, D., (2000), Issues, requirements and challenges in selecting and spesifying a standardized ET equation. Proc., 4th National Irrigation Symposium, American Soceity of Agricultural Engineers (ASAE), St. Joseph, MI, USA.

Anonymous, (2007), TR5 Batı Anadolu Bölgesi Tarım Master Planı: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı.

Anonymous, (2010), Ankara Meteoroloji Bölge Müdürlüğü WEB Sayfası: http://www.ankara.dmi.gov.tr/merkezler-tanitim.aspx?m=2.

Demuth, H., and Beale, M (2001). Neural network toolbox for use with MATLAB. User Guide, V. 4.0, MathWorks, Inc., MA. www.mathworks.com.

Itenfisu, D., Eliot, R.L., Allen, R. G., Walter, I. A., (2003), Comparision of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE standardization effort. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129 (6): 440-448.

Kumar, M., Bandyopadhyay A., Raghuwanshi, N. S., Singh, R., (2008), Comparative study of conventional and artificial neural network-based $ET_0$ estimation models. Irrigation Science, 26: 531-545.

Ochoa-Rivera, J., Garcia-Bartual, R., and Andreu, J. (2002). Multivariate synthetic streamflow generation using a hybrid model based on artificial neural networks. Hydrol. Earth Sys. Sci., 6(4), 627-640.

Rumelhart, D. E., G. E. Hinton and R. J. Williams. (1986). Learning internal representation by error propagation. In: Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (Eds.), Paralel Distributed Processing.

Taymoor A. Awchi, (2008). Application of Radial Basis Function Neural Networks for Reference Evapotranspiration Prediction, Al-Rafidain Engineering, 16(1). 117-129.

Temesgen, B., Eching, S., Davidoff, B., Frame, K., (2005), Comparison of some reference evapotranspiration equations for California. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(1): 73-84.

Walter, I. A., Allen, R. G., Elliott, R., Jensen, M. E., Itenfisu, D., Mecham, B., Howell, T. A., Snyder, R., Brown, P., Echings, S., Spofford, T., Hattendorf, M., Cuenca, R. H., Wright, J. L., Martin, D., (2000), ASCE's standardized reference evapotranspiration equation. Proc., 4th national irrigation symposium, American Soceity of Agricultural Engineers (ASAE), St. Joseph, MI, USA.

Yurtoglu, H. (2005). Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi. Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayınları.