

## YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE GÖKSU NEHİRİ'NİN AKIM TAHMİNİ

Özlem Terzi \*, Mehmet Köse

**Özet:** Günümüzde kuraklık ve küresel ısınma hissedilir derecede arttığı için, su kaynaklarının kullanımı ve işletilmesi gibi konular oldukça önem kazanmaktadır. Akarsularda akım, ilgili kurumların akarsuyun belirli noktalarına kurdukları ölçüm istasyonları ile belirlenmektedir. Ancak, çeşitli sebeplerle veri alınamaması ve istasyonlarda arıza olması gibi durumlarda bu istasyonların işletilmesi zor olmaktadır. Bu gibi durumlarda eksik veriyi tamamlayabilmek için, son yıllarda su kaynakları mühendisliğinde geniş kullanım alanı bulan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile Göksu Nehri'nin akım tahmini yapılmıştır. Göksu Nehri'nde bulunan Karahacılı (1714), Kırkkavak (1719) ve Hamam (1720) akım gözlem istasyonlarından alınan 1990–2010 yılları arasında bulunan günlük akım değerleri kullanılarak YSA modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin performansları değerlendirilirken, belirginlik katsayısı ve ortalama mutlak hata değerleri kullanılmıştır. Modellerin performansları değerlendirildiğinde, YSA yönteminin akım tahmininde kullanılabilir olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Akım, yapay sinir ağları, Göksu Nehri.

## FLOW FORECASTING OF GÖKSU RIVER WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD

**Abstract:** Nowadays, it is important issues such as the use and operation of water resources because of appreciably increasing in drought and global warming. The river flow is determined by flow measurement stations established by relevant institutions on rivers. However, it is a difficult to operate these stations in such cases the absence of data and failure of the stations. In such cases, in order to complete the missing data, the flow estimation of Göksu River was made with artificial neural networks (ANN) method that most widely used in water resources engineering in recent years. For this purpose, it was used to develop ANN models daily flow values for the years 1990-2010 from Karahacılı (1714), Kırkkavak (1719) and Hamam (1720) measurement stations on the Göksu River. It was used determination coefficient and the mean absolute error to evaluate performance of the developed models. Comparing performances of the models, it was shown that ANN method can be used to estimate river flow.

**Key Words:** Flow, artificial neural networks, Göksu River.

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta. E-posta: [ozlemterzi@sdu.edu.tr](mailto:ozlemterzi@sdu.edu.tr)

## 1.GİRİŞ

Akım modelleri hidrolojik çalışmalarda çok önemli bir yere sahip olmakla birlikte günümüzde çalışmaların devam ettiği alanlardan biridir. Gelecekteki belli bir tarihte görülecek akımın tahmini, taşkın uyarılarının yapılması, taşkın kontrolü maksatlı haznelerin işletilmesi, akarsuyun su potansiyelinin belirlenmesi, kurak dönemlerde hidroelektrik üretiminin, şehir suyu ve sulama suyunun dağıtımı ve akarsularda ulaşımın planlanması açısından önem taşır (Bayazıt, 1998). Eldeki verilerin yardımı ile nehir akımı tahmininin yapılması su kaynakları projelendirme çalışmaları açısından önem taşımaktadır. Su kaynaklarının geliştirilmesi, planlanması ve yönetiminde hidrolojik verilerin toplanması ve analizi büyük önem taşır. Mevcut veriler genellikle sürecin toplamını tam olarak yansıtmadığından, daha güvenilir kararlar alabilmek için sürecin modellenmesi gerekmektedir. Modeller, planlama ve tasarım için veri üretmek ya da süreçlerin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için kullanılabilir (Toluk, 2006).

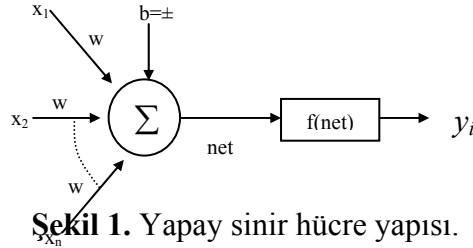
Son yıllarda, yapay sinir ağları (YSA) tekniği, özellikle fonksiyon tahmininde, ilişki analizinde iyi performans göstermiştir. YSA girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki karmaşık ilişkiler hakkında herhangi bir ön bilgi olmadan bu ilişkileri yakalayabilen doğrusal olmayan sistemlerdir. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, YSA kesin olmayan ya da eksik olan verileri tolere edebilir ve ilişkili olmayan aykırı bilgiyi ilişkilendirebilir (Jothiprakash ve Garg, 2009). YSA yöntemi hidroloji çalışmalarında son zamanlarda yaygın kullanım alanı bulmuştur (Terzi, 2006; Anctil vd. 2003; Seçkin vd. 2010). Golob vd. (1998) yapay sinir ağları metodu ile nehir akımı tahmini yapmışlardır. Bunun için Soca Nehri'ni (Slovenya) seçmişler, bu nehrin akım ve yağış verilerini alarak yeni modeller oluşturup, girdi ve çıktı olarak elde edilen değerleri modellemiş ve eğitmişlerdir. Sonuç olarak elde edilen değerlerin iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Golob, vd. 1998). Tuna vd. (2009) Çoruh havzasındaki hidrolojik kuraklığı değerlendirmek için Çoruh havzası içerisinde çeşitli nehirler üzerinde yer alan 6 akım gözlem istasyonuna ait 1965-2009 dönemi için günlük ortalama akım verilerini kullanarak eksik akımları YSA ile tahmin etmişlerdir. Dawson ve Wilby (2001) İngiltere' de bulunan Thames ve Mole Nehirlerinin akım tahminini yapabilmek için YSA metodu ile yağış değerlerini kullanarak modeller geliştirmişlerdir. Karmaşık yöntemlerin yerine YSA metodu ile geliştirilen modellerin daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Okkan ve Mollamahmutoğlu (2010) Gediz havzasında yer alan Yiğitler Çayı'na ait günlük akımların tahmini için bir YSA modeli geliştirmişlerdir. YSA modelini çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) modeli ile karşılaştırmışlar ve YSA modelinin ÇDR modeline göre daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Göksu Nehri üzerinde bulunan, Kırkkavak (1719) ve Hamam (1720) akım gözlem istasyonlarının akım verileri kullanılarak Karahacılı (1714) istasyonun akım tahmini için yapay sinir ağları (YSA) modelleri geliştirmektir. Model sonuçları ile gerçek veriler karşılaştırılarak YSA metodunun akım tahmini için uygunluğu araştırılmıştır.

## 2. Yapay Sinir Ağları

YSA, insan beynindeki sinir hücrelerinden esinlenerek geliştirilen yapay sinir hücrelerinin değişik bağlantı geometrileri ile birbirlerine bağlanarak meydana gelen karmaşık sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bilgi işlem süreçleri olarak nitelendirilebilen yapay sinir ağları, verilen girdilere karşı çıktılar üreten bir kara kutuya benzetilebilir (Kohonen, 1988). Bir yapay sinir hücresi, girdiler, ağırlıklar, toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş ana kısımdan oluşur. Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye

giren bilgilerdir. Bunlar ağıın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Ağırlıklar, girdi kümesi veya kendinden önceki bir tabakadaki başka bir işlem elemanın bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Şekil 1'de ağırlık, girdinin hücre üzerindeki etkisini göstermektedir.



Şekil 1. Yapay sinir hücre yapısı.

Toplam fonksiyonu girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Bu fonksiyon bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Hücrede toplanan net girdinin tümü (*net*) ise,

$$net = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + b \quad (1)$$

olarak elde edilebilir. Burada  $x_i$   $i$ . sinir hücresinin girdi değeri,  $w_{ij}$  ağırlık katsayıları,  $n$  bir hücreye gelen toplam girdi sayısı,  $b$  eşik değeri ve  $\Sigma$  toplam fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonu ise toplam fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemden geçirerek hücre çıktısını belirleyen bir fonksiyondur. Genel olarak, çok tabakalı algılayıcı modelinde aktivasyon fonksiyonu  $f(.)$  olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon kullanılarak hesaplanan sinir hücresinin çıktısı aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$y_i = f(net) = \frac{1}{1 + e^{-net}} \quad (2)$$

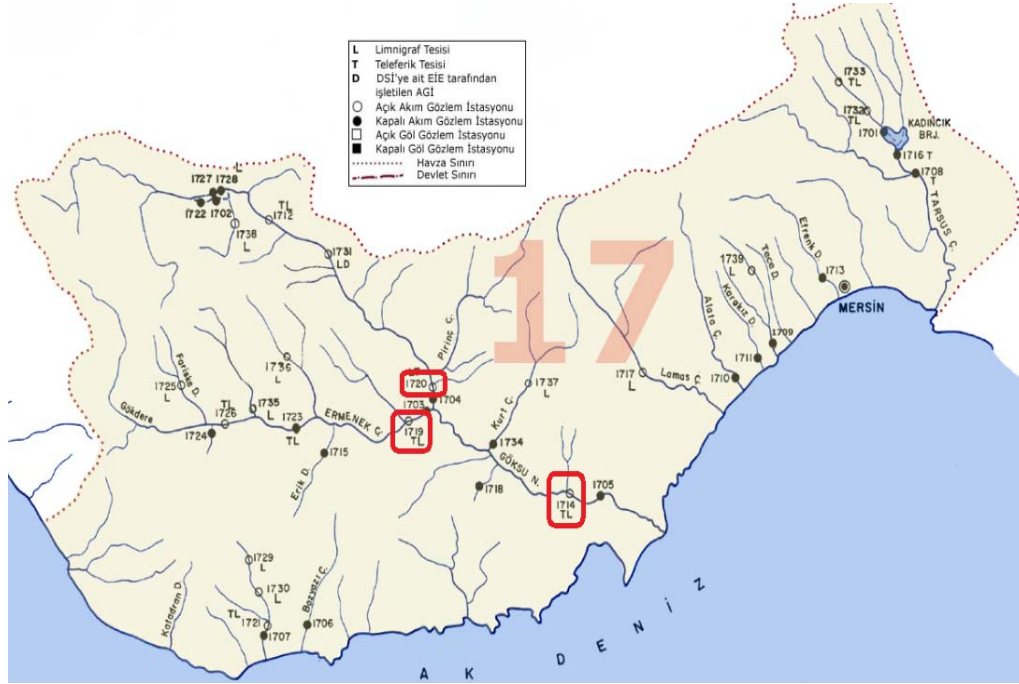
Sinir hücresinden elde edilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir (Öztemel, 2003). YSA bağlantılı olan birçok sinir hücresi içerir. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rasgele olmaz. Genel olarak, hücreler üç tabaka halinde ve her tabaka içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı ortaya çıkarırlar. Girdilerin uygulandığı tabaka girdi tabakası, çıktının elde edildiği tabaka çıktı tabakasıdır. Bu girdi ve çıktı tabakaları arasında gizli tabakalar bulunmaktadır. Çıktıları doğrudan gözlenemediği için bu şekilde adlandırılan gizli tabakalar bir veya daha fazla olabilir (Kartalopoulos, 1996).

Girdi tabakasındaki sinir hücreleri dış dünyadan aldıkları bilgileri gizli tabakalara, gizli tabakalar da, girdi tabakasından gelen bilgileri işleyerek çıktı tabakasına gönderirler. Çıktı tabakasındaki sinir hücreleri, gizli tabakadan gelen bilgileri işleyerek ağıın girdi tabakasından sunulan girdi kümesi için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.

Çok tabakalı algılayıcı ağı, girdi ve çıktı sinir hücreleri arasında bulunan bir veya daha fazla gizli tabakalı ağıdır. Yapay sinir ağlarında tek tabakalı algılayıcı modelinin çözüm üretmediği doğrusal olmayan ilişkiler söz konusu olduğunda çok tabakalı algılayıcılara ihtiyaç vardır. Çok tabakalı algılayıcı ağlarının eğitilmesi çok zor olabileceği gibi bazı durumlarda eğitim çok başarılı olabilir (Fausett, 1994).

### 3. Çalışma Bölgesi ve Veriler

Göksu Nehri, Antalya, Konya, Karaman ve Mersin illerinden akan ve Akdeniz'e dökülen 260 km uzunluğunda bir nehirdir. Hemen hemen aynı uzunlukta iki kolu vardır. Kuzey kolu Gökçay, güney kolu ise Gökdere'dir, ikisinin kaynağı da Toros Dağları'ndaki Geyik Dağları'dır. Geyik Dağları Antalya-Gündoğmuş ve Konya-Hadım arasındadır ve Alanya'nın 50 km kuzeyinde bulunur. Bu iki kol Karaman-Ermenek'i geçtikten sonra Mut'un güneyinde birleşerek Göksu adını alır ve daha sonra Taşucu ile Silifke arasında Akdeniz'e dökülür ([http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ksu\\_\(Kilikya\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ksu_(Kilikya))). Şekil 2'de Göksu Nehri verilmiştir.



Şekil 2. Göksu Nehri havzası

YSA modelleri geliştirilirken, Göksu Nehri üzerinde bulunan Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait 3 adet akım gözlem istasyonu verileri kullanılmıştır. EİE'den, Karahacılı (1714), Kırkkavak (1719) ve Hamam (1720) akım gözlem istasyonları için 1990–2010 yıllarına ait toplam 7670 adet günlük akım değerleri alınmıştır.

### 4. UYGULAMA

Çalışmada yapay sinir ağları metodu kullanılarak akım tahmin modelleri geliştirilmiştir. Modellemede toplam 7670 adet günlük akım verisi kullanılmış ve veriler aşağıdaki formül kullanılarak boyutsuzlaştırılmıştır.

$$F = \frac{(F_i - F_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})} \quad (3)$$

Burada, F, boyutsuz değer,  $F_i$ , ölçümlerdeki i. değer,  $F_{\max}$  ve  $F_{\min}$  ölçümlerdeki maksimum ve minimum değerlerdir. YSA modeli geliştirilirken Göksu Nehri üzerinde bulunan 1714, 1719 ve 1720 no.lu istasyonlara ait akım verileri girdi parametresi olarak, 1714 no.lu istasyona ait akım verileri ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle 1714 no.lu

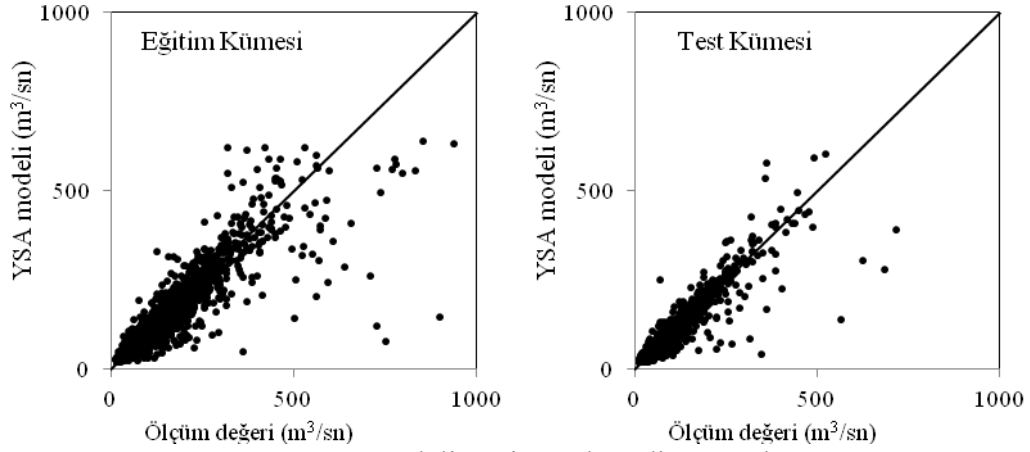
istasyonun sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5 gün önceki akım verileri ( $Q_{t-1}$ ,  $Q_{t-2}$ ,  $Q_{t-3}$ ,  $Q_{t-4}$ ,  $Q_{t-5}$ ) kullanılarak beş farklı model geliştirilmiştir. Ayrıca bu istasyona yakın iki istasyonun akım verilerinin de etkisinin olabileceği düşünülerek 1719 ve 1720 no.lu istasyonların akım değerleri ( $Q_{(1719)t}$  ve  $Q_{(1720)t}$ ) kullanılarak da model geliştirilmiştir. Bu modele de 1714 no.lu istasyonun 1 gün önceki akım değeri ( $Q_{t-1}$ ) ilave edilerek toplam yedi farklı model geliştirilmiştir.

Çalışmada, çok tabakalı ileri beslemeli YSA modeli kullanılmış olup ağırlıkların ayarlanmasında hatanın geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Aynı zamanda aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid (tansig) ve logaritmik sigmoid (logsig) aktivasyon fonksiyonları denenmiştir. Modelin eğitimi ve en iyi model yapısının seçimi için 6 Ekim 1990- 14 Haziran 2005 yılları arasındaki 5366 günlük veri kullanılmıştır. Daha sonra geliştirilen model 15 Haziran 2005 – 30 Eylül 2010 yıllarına ait 2299 günlük veri kullanılarak test edilmiştir. Farklı tabaka sayıları ve farklı gizli tabaka nöron sayıları kullanılarak çeşitli modeller geliştirilmiştir. Modellerin performansları belirginlik katsayıları ( $R^2$ ) ve ortalama mutlak hata değerleri (OMH) kullanılarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen YSA modellerinin eğitim ve test kümeleri için hesaplanan  $R^2$  ve OMH değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

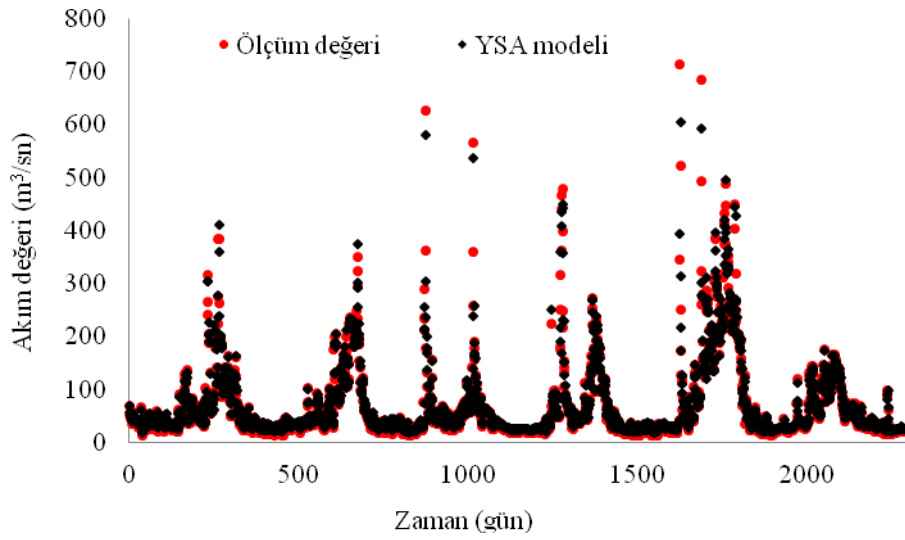
**Tablo 1.** Geliştirilen YSA modellerine ait  $R^2$  ve OMH değerleri

Model girdileri	Nöron sayısı	Eğitim		Test	
		OMH	$R^2$	OMH	$R^2$
$Q_{t-1}$	3	14,39	0,817	12,83	0,852
$Q_{t-1}, Q_{t-2}$	1	14,34	0,821	13,14	0,867
$Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}$	5	14,27	0,826	12,71	0,869
$Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4}$	1	14,95	0,817	13,60	0,869
$Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4}, Q_{t-5}$	2	13,11	0,825	11,29	0,872
$Q_{(1719)t}, Q_{(1720)t}$	2	29,71	0,549	26,68	0,530
$Q_{(1719)t}, Q_{(1720)t}, Q_{t-1}$	1	14,43	0,814	13,06	0,856

Tablo 1'de verilen modellerin OMH ve  $R^2$  değerleri dikkate alındığında, 1714 no.lu istasyonun 1, 2, 3, 4 ve 5 gün önceki akım verileri kullanılarak geliştirilen modellerin  $R^2$  değerleri, 1719 ve 1720 no.lu istasyonun verileri kullanılarak geliştirilen modellere göre daha yüksek elde edilmiştir.  $Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4}, Q_{t-5}$  girdili modelin test kümesi için OMH değeri 11.29 ve  $R^2$  değeri 0.872 olarak elde edildiği ve tüm modeller arasında en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Bu modelin eğitim ve test kümelerine ait saçılma diyagramları Şekil 2'de ve test kümesine ait zaman serisi ise Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 2'den görüldüğü gibi, modelin sonuçlarının  $45^\circ$  lik doğru etrafında olması, model sonuçlarının ölçümlerle uyduğunu göstermektedir. Ayrıca geliştirilen YSA modeli ile ölçüm değerleri arasında yüzde hata değeri % 2,47 olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen YSA modelinin akım tahmini için kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2. YSA modeline ait saçılma diyagramları



Şekil 3. YSA modelinin test kümesine ait zaman serisi

## 5. Sonuçlar

Çalışmada, Göksu Nehri'nin akım tahmini için çeşitli YSA modelleri geliştirilmiştir. Akım tahmin modelleri geliştirilirken, 1714 no.lu istasyonun 1, 2, 3, 4 ve 5 gün önceki akım değerleri ve 1719 ve 1720 no.lu istasyonların o günkü akım değerleri girdi olarak kullanılmıştır. Bu modellerden 1714 no.lu istasyonun 1, 2, 3, 4 ve 5 gün önceki akım değerleri ile geliştirilen modelin belirginlik katsayısı ve ortalama mutlak hata değerinin diğer modellere göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak, Göksu Nehri üzerinde akımdan akım tahmininde ve ölçüm yapılamayan durumlarda veya eksik verilerin tamamlanmasında YSA metodunun kullanılabilir olduğu görülmüştür.

## Kaynaklar

- Anctil, F., Perrin, C. and Andreassian, V. (2003). ANN Output Updating of Lumped Conceptual Rainfall/Runoff Forecasting Models. *Journal of the American Water Resources Association*, 39(5), 1269-1279.
- Bayazıt, M. (1998). Hidrolojik Modeller, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 228 s., İstanbul.
- Dawson C.W. and Wilby R.L. (2001). Hydrological Modelling Using Artificial Neural Networks, *Progress in Physical Geography*, 25, 80-108.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, New Jersey, p.461.
- Golob R., Stokelj T. and Grgic D. (1998). Neural Network- Based İnflow Forecasting, *Control Engineering Practice*, 6, 593-600.
- [http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ksu\\_\(Kilikya\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ksu_(Kilikya))
- Jothiprakash V. and Garg V. 2009. Reservoir Sedimentation Estimation Using Artificial Neural Network. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(9), 1035-1040.
- Kartalopoulos, S.V. (1996). *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications*. IEEE Press, New York, p.205.
- Kohonen T. (1988). *An Introduction to Neural Computing: Neural Networks*. 1, 3-6.
- Okkan U. ve Mollamahmutoğlu A. (2010). Yiğitler Çayı Günlük Akımlarının Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi ile Modellenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23, 33-48.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Seçkin N., Güven A. ve Yurtal R. (2010). Taşkın Debilerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi: Batı Karadeniz Havzası Örneği. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi* 1-2(25), 45-57.
- Terzi Ö. (2006). Yapay Sinir Ağları Metodu ile Eğirdir Gölü Su Sıcaklığının Tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 297-302.
- Toluk T. (2006). Akarsu Akımlarının Yapay Sinir Ağı Metotları Kullanılarak Modellenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya.
- Tuna H., Malkoç F., Öztürk D. ve Malkoç Y. (2009). Çoruh Havzasında Eksik Akım Verilerinin YSA Yöntemi ile Tamamlanması ve Hidrolojik Kuraklık Eğilimlerinin Belirlenmesi. *6. Hidroloji Kongresi*, 265-280.