

## YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK SU SEVİYESİNİN TAHMİN EDİLMESİ: YALOVA GÖKÇE BARAJI ÖRNEĞİ

Yunus DAMLA<sup>1\*</sup>, Temel TEMİZ<sup>2</sup>, Erdiñç KESKİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup> Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

### ÖZET

Artan dünya nüfusu ve küresel ısınmanın oluşturduğu kuraklığın etkisi ile su gibi ikamesi olmayan bir kaynağın, canlıların ihtiyaçlarını karşılayacak oranda muhafaza edebilmek, dünya kamuoyunun üzerinde durduğu önemli konular arasında yer almaktadır. Akarsulardaki su seviyesinin düşük olduğu dönemlerde gerekli olan su ihtiyaçlarını karşılamak ve akarsuların oluşturmuş olduğu düzensizliği ortadan kaldırılması için biriktirme haznelerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada Yalova Gökçe Barajının 2000-2019 yılları arasındaki, barajın su seviyesinin oluşmasında etkili olan Sellimandıra deresinin akış debisi, havzasının yağış ve buharlaşma değerleri, baraj su tahliyesi, sızıntı suyu miktarı ile barajın su seviyesi ölçümleri kullanılarak, 2019 yılı baraj rezervuardaki su seviyesinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yapay sinir ağı kullanılarak oluşturulan modellerde günlük verilerden elde edilen aylık veri setleri çok katmanlı yapay sinir ağı fonksiyonu olan Levenberg-Marquardt algoritması ile değerlendirilmiş ve %94,14 determinasyon oranı ile tahmin verilerinin gerçek su seviyesine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak tahmin edilen 2019 yılı ortalama baraj su seviyesi 73,77m iken, barajdaki gerçek ortalama su seviyesi 72,13m olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar altında Yalova Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde, YSA modelinin başarılı sonuçlar verdiği ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Baraj Su Seviyesi, Tahmin, Yağış, Buharlaşma,

## **ESTIMATION OF WATER LEVEL BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK: EXAMPLE OF YALOVA GÖKÇE DAM**

### **ABSTRACT**

With the increasing world population and the effect of the drought caused by global warming, being able to preserve a non-substituted resource such as water to meet the needs of living things is among the important issues that the world public opinion emphasizes. During the periods when the water level in the rivers is low, the accumulation chambers should be constructed to meet the water requirements required and to eliminate the irregularity created by the rivers. In this study, the artificial nerve of the water level in the reservoir of 2019 was used by using the flow rate of Sellimandıra stream, which is effective in the formation of the water level of the dam between the years 2000-2019 of the Yalova Gökçe Dam, the precipitation and evaporation values of the basin, the dam water discharge, the amount of leachate and the water level of the dam networks are intended to be estimated. In the models created using artificial neural network, monthly data sets obtained from daily data were evaluated with the Levenberg-Marquardt algorithm, which is a multi-layered artificial neural network function, and it was determined that the prediction data with 94.14% determination rate was close to the real water level. As a result, the average dam water level in 2019 was 73.77m, while the real average water level in the dam was measured as 72.13m. Under these results, it can be stated that ANN model gives successful results in estimating the water level of Yalova Gökçe Dam.

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Dam Water Level, Forecast, Rainfall, Evaporation.

## 1. GİRİŞ

Su, bütün canlıların yaşamını sürdürmesi için ihtiyaç duyduğu, başka bir madde ile ikame ettirilemeyen ve bundan dolayı hayati önem taşıyan vazgeçilmez bir maddedir. Canlı ve cansız, tüm çevre üzerinde etkisi olan su, yaşamın başlangıcı olarak sayılabilir. Canlı bir varlık olan insanın suya olan etkisini, kendisine fiziksel, sosyal ve kültürel anlamda fayda sağlamak amacıyla gerçekleştirmiştir. Bu durumun insanı tarihsel süreçte toplumsal hale getirdiği antik çağlardan itibaren bütün medeniyetler boyunca görülmüş ve benzer ya da farklı medeniyetlerin suya yakın yerlerde kurularak sudan faydalanmayı amaçlamışlardır. Bir bölgedeki su ihtiyacı; nüfus yoğunluğu, nüfus artışı, yaşam seviyesi, tarım ve endüstride verim artışı ile ekonomik kalkınma gibi faktörlerine bağlıdır. Ancak akarsu, göl, yeraltı suyu, pınar, deniz ve yapay yağmur gibi su kaynaklarında kullanılacak su miktarı sınırlıdır. Aynı zamanda doğal hidrolojik çevrim içinde su hareket halinde olduğundan belirli bir yerdeki ve zamandaki miktarı da değişmektedir [1]. Hidroloji, yer küresinde (yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilim dalıdır [2]. Su, hayatın var olması için gerekli olan doğal kaynaklarının en başında gelir. Yerküremizde su çeşitli hallerde (katı, sıvı, gaz) bulunmakta ve çeşitli kısımların arasında belli bir çevrimde dönüp durmaktadır. Yeryüzünde insanın varlığı doğal hidrolojik çevrimi etkileyebilmektedir. Küresel ısınma ile sıcaklıklar yükselmekte, insan ve hayvan sağlığını korumak (canlı yaşamının devamını sağlamak ) için daha fazla su ihtiyaç olacaktır. Suyun tarım, hayvancılık ve endüstriyel faaliyetlerde kullanımı gibi santrallerde üretilen enerjiyi kullanmak durumunda olan birçok ekonomik faaliyet aynı zamanda suya ihtiyaç duymaktadır. Bu faaliyetlerde gerekli olan su miktarı, toprak ısındıkça ve yağış miktarları azaldıkça azalmakta ve kalitesi düşmekte aynı zamanda hem çevreye hem de diğer canlıların yaşamını sürdürmesinde önemli bir tehlike oluşturmaktadır [3]. Son dönemlerde değişen yağış rejimleriyle birlikte su kaynakları yönetimi daha da önem kazanmıştır. Bu bağlamda akım, göl ve baraj seviyesi gibi konularda tahmin çalışmaları da büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında gelen yapay sinir ağları başarıyla kullanılmaktadır. Bu konularda yapılan çalışmalardan biri Van Gölü su seviyesinin yükselmesi ile kıyı kesimlerinin su altında kalmasında dolayı göl su

seviyesinde zamanla oluşan değişimlerin modellenmesinde kullanılmıştır. Bu çalışma ile yapay sinir ağı ile yağış ve göl su seviyesi arasındaki ilişkinin modellenebileceği sonucuna varılmış, aynı zamanda göl suyu seviyesindeki dinamik değişimler incelenmiştir [4]. Ayrı bir çalışmada, Akdeniz Bölgesinde yer alan Hatay, Antakya Yârseli Barajı ve havzasının 1796 günlük ölçüm verileri yapay sinir ağı yöntemi kullanarak baraj haznesinin seviye değişimi tahmini yapılmıştır. Yapay sinir ağının modellenmesinde Boyesian düzenlenme tekniği kullanılmıştır. Bu ise Levenberg-Marquardt (LM) eğitim algoritması kullanılarak ağırlık ve bias katsayıları yenilenmiştir. Yapılan yapay sinir ağı modellemeleri çalışmasında bulunan tahmin sonuçları geleneksel yöntemle bulunan veriler ile kıyaslandığında iyi performans verdiği tespit edilmiştir [5]. Çalışmaların başarılı sonuçlar vermesi sonrasında benzer çalışmalarda zamanla artış görülmüştür. Örneğin, Ülkemiz için önemli bir yere sahip Konya Ovasının ana su kaynağı olan Beyşehir Gölü'nün su seviyesi değişimlerinin yapay sinir ağı yönteminin kullanılarak belirlenmesi bu çalışmalardan biridir. DSİ tarafından ölçülen ve 1962 ile 1990 yılları arasındaki Beyşehir Gölü'ne giren akım- kayıp akım, yağış, buharlaşma, çekilen akım ve seviye ölçümleri kullanılarak yapay sinir ağı ile seviye değerleri tahmin edilmiş, elde edilen tahmin değerleri geleneksel yolla elde edilmiş olan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Beyşehir Gölü için yapılmış olan bu çalışma ile geleneksel yöntemlerle yapılan göl su seviye ölçümlerinin değerlendirilmesinde karşılaşılan zorluklar ortadan kaldırılarak en kısa sürede göl su seviyesinin bulunması amaçlanmıştır [6]. Yine, Sınır komşumuz olan Irakta, Kerkük'ün Kuzeybatısında bulunan Dibis Barajının su seviyesinin tahmin edilmesi için çalışma yapılmıştır. Yapay sinir ağının girdi verileri olarak 10 yıllık veriler kullanılmıştır. Bu veriler baraja giren akım değerleri, barajdan çıkan akım değerleri, yağış ve başlangıç su seviyesi ölçümleridir. Bu verilerin %80'ni eğitim verisi kalan %20'sini ise test verisi olarak kullanmıştır. Yapay sinir ağı modellemesinde bütün modeller ileri beslemeli geri yayılım öğrenme algoritması kullanılmıştır. Analizlerde dört farklı analiz modeli oluşturulmuştur. Bu analiz modelleri; yağışlı/yağışsız, başlangıç su seviyeli/ başlangıç su seviyesiz şeklinde oluşturulmuştur. Bu çalışmada başlangıç su seviyesinin önemli bir veri olduğu sonucuna varılmıştır [7]. Ayrıca, tahmin çalışmalarında YSA modellerinin yanında farklı teknikler de kullanılmaktadır. Bursa İznik Gölü'nde minimum göl seviyesi değişimlerinin otoregresif hareketli ortalama (ARMA) tekniğini ile kurulmuş modeller ile tahmin doğruluğunun test edilmesine çalışılmış. Girdi verileri olarak 1955-2002 yılları arasındaki Elektrik İşleri Genel Müdürlüğünden (EİE) alınmış olan Bursa İznik Gölü'nün günlük su seviye

kayıtları kullanılmıştır. Bu 47 yıllık veriler günlük ölçümler aylık verilere dönüştürülerek 46 yıllık veriler modellerin (AR, MA ve ARMA) eğitimi için son bir yıllık veri ise test ve tahminin doğrulaması için kullanılmıştır. ARMA modeli ile elde edilen analiz sonuçlarının, minimum göl seviyesi tahmininde diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan analiz incelendiğinde herhangi bir veri setine ihtiyaç duymadan sadece kendi minimum su seviyesi veri seti ile minimum su seviyesinin tahmin edilebileceği tespit edilmiştir [8]. Başka bir çalışmada, Van Gölünün günlük su seviyesi tahmini için iki farklı sinir ağı modeli kullanılmıştır. Bu sinir ağları; İleri beslemeli sinir ağları (FFNNs) ve radyal temel fonksiyonlu sinir ağları (RBNNs) modelleridir. Bulunan analiz sonuçları ortalama kare hata (MES) ve  $R^2$  (determinasyon) katsayısı kullanılarak tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve FFNN algoritma modelinin RBFNN algoritma modelinden daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiş. Yapılan bu çalışma ile elde edilen tahmin sonuçlarına göre gelecekte Van Gölü'nün su seviyesinde düşmelerin olacağı, dolayısıyla Van Gölü sahil çevresindeki hızlı gelişen ve yoğun yerleşimin olduğu bölgelerde suyun artışı tehdit oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır [9]. Yalova Gökçe Barajı için yapılan bir çalışmada, iklim değişikliğinin göl su seviyesindeki etkisi incelenmiş ve barajdaki su seviyesi değişimlerine meteorolojik verilerin etkisi araştırılmıştır. Bunun için baraj havzasındaki günlük yağış, günlük buharlaşma, göl su seviyesi kotları, baraj gölün giren debi ile barajdan çıkan debi değerleri kullanılmış, bu değerlerin aylık ve yıllık değişimleri irdelenmiştir. Sonuç olarak 2023 yılı nüfus ve kişi başına düşen su miktarı bakımından küresel ısınmanın etkisi ile baraj su seviyesindeki değişimlerin yetersiz kalacağı ifade edilmiş [10].

## 2. MATERYAL

Yalova Gökçe Barajı, Marmara bölgesi için önemli su kaynaklarının başında gelmektedir. Çevresinde bulunan yerleşim alanlarına sağladığı içme ve kullanma suyu açısından önemlidir [11]. Yalova Gökçe Barajındaki 2019 yılı su seviyesi tahmininin yapılabilmesi için Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü ve Yalova Meteoroloji Şube Müdürlüğü'nden temin edilen 2000-2019 yılları arasındaki günlük yağış miktarı, buharlaşma değerleri, baraj su seviyesi değerleri, baraj haznesine giren debi ile çıkan debi değerleri alınmıştır. Alınan bu veriler ile 2019 yılı Yalova Gökçe Barajı rezervuarında meydana gelen su seviyesi değişimleri YSA ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## 2.1. Çalışma Alanı

Yalova ilinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının önemli bir kısmını Sellimandıra deresinden karşılanmaktadır. Ancak yaz aylarında Sellimandıra deresinin suyunun azalması ve tamamen kurumması, Yalova ili için yeterli suyun teminine engel olmaya başlamış ve bu nedenlere bağlı olarak Yalova Gökçe Barajı, Sellimandıra deresi üzerine 1980-1989 yılları arasında inşa edilmiştir.



Şekil 1. Gökçe Barajı rezervuar alanı ve gövdesinin genel görüntüsü.

Tablo 1. Gökçe Barajı rezervuarının karakteristik bilgileri.

Minimum su seviyesi ( m )	43
Minimum su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	1.480
Minimum rezervuar alanı (km <sup>2</sup> )	0.225
Normal su seviyesi ( m )	79.50
Normal su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	21.791
Normal rezervuar alanı ( km <sup>2</sup> )	1.207
Maksimum su seviyesi ( m )	80
Maksimum su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	22.306
Maksimum rezervuar alanı (km <sup>2</sup> )	1.237
Yağış alanı ( km <sup>2</sup> )	86.5
Dolu savak eşik üst kotu ( m )	72

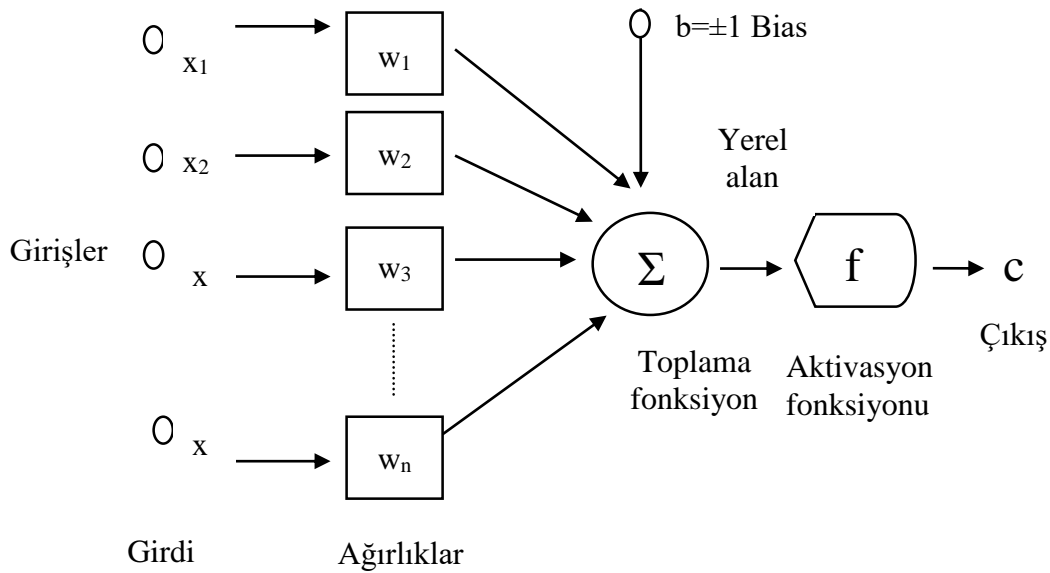
Gökçe Barajının hizmete girmesi ile yer altı suyu tarımsal kullanıma bırakılacak, aşırı çekim önlenmiş olacak ve dolayısıyla yer altı suyunun tuzlanma olasılığı da ortadan kalkacaktır. Sanayi tesisleri ve yerleşim birimleri de sürekli, güvenilir ve arıtmaya tabi tutulmuş daha kaliteli suya kavuşmuş olacaktır [12].

## 2.2. Yapay Sinir Ağları

İnsan beyninin öğrenme, birleştirme uyarılma ve genelleştirme yetenekleri sayesinde oldukça karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağıtılmış bir işletim sistemi olarak ifade edilir. İnsan beynindeki nöronların haberleşmeleri kimyasal bir ortamda oluşturdukları elektriksel sinyaller aracılığı ile yapmaktadırlar. Bundan dolayı beyin çok yoğun elektriksel bir ağın yapısı gibi düşünülebilir. Gerek görüldüğünde komutlar merkezi sinir sisteminde üretilir ve ilgili motor organlarına iletir. Bu motor organlarda uyarıları doğrulayan geri beslemeli bağlantılar ile merkezi sinir sistemini yönetir ve denetler [13].

Yapay sinir ağları, insan beynini oluşturan sinir sisteminin taklit edilerek sinirsel algılayıcılar yardımıyla daha önceden öğrenilmiş veya sınıflandırılmış olan verileri kullanarak bunlardan yeni bilgiler oluşturabilen ve karar vererek sonuç oluşturabilen bilgisayar programlarıdır. Örüntü tanıma, sistem tanımlama, robotik sinyal işleme, nonlinear denetim alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [14].

Şekil 2'de de belirtildiği üzere yapay sinir hücreleri beş ana kısımdan oluşur. Bunlar; girdiler, ağırlıklar, toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktıdır.



Şekil 2. Yapay sinir ağı örneği [14].

Girdiler, diğer hücrelerden veya dış ortamdan hücreye giren bilgilerdir. Bunlar sinir ağının öğrenmesi istenen verilerdir. Ağırlıklar, girdi verisini ya da kendinden önceki bir tabakadaki başka



bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eder. Toplam fonksiyonu, girdiler ve ağırlıkların hepsinin bu işlem elemanı üzerindeki etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu, toplam fonksiyon ile elde edilmiş olan net girdiyi bir işlemden geçirerek hücrenin çıktısını oluşturan fonksiyondur [15].

Yapay sinir ağı sistemleri birden fazla sinir hücrelerini içerir. Bu sinir hücrelerinin bir araya gelmesi ise rastgele olmaz. Sinir ağı sistemlerinin oluşabilmesi için hücreler üç tabaka halinde ve her tabaka kendi içinde paralel olarak birleşerek sinir ağını oluşturmuş olurlar. Girdilerin oluşturduğu tabaka girdi tabakasını, çıktılarının olduğu tabaka da çıktı tabakasıdır. Oluşmuş olan bu girdi ve çıktı tabakaları arasında gizli tabakalar mevcut olup bunlar birden fazla sayıda olabilirler.[16]

Bir yapay sinir ağında çıktı oluşabilmesi için sinir ağı belirli verilerle önceden eğitilir, daha sonra ağa verilen bu verilerle genelleme ve karar verebilecek bir düzeye ulaşır ve sonrasında kazanılan bu yetenekle veri çıktıları oluşur. Bu durum denklem 1 ile ifade edilmiştir.

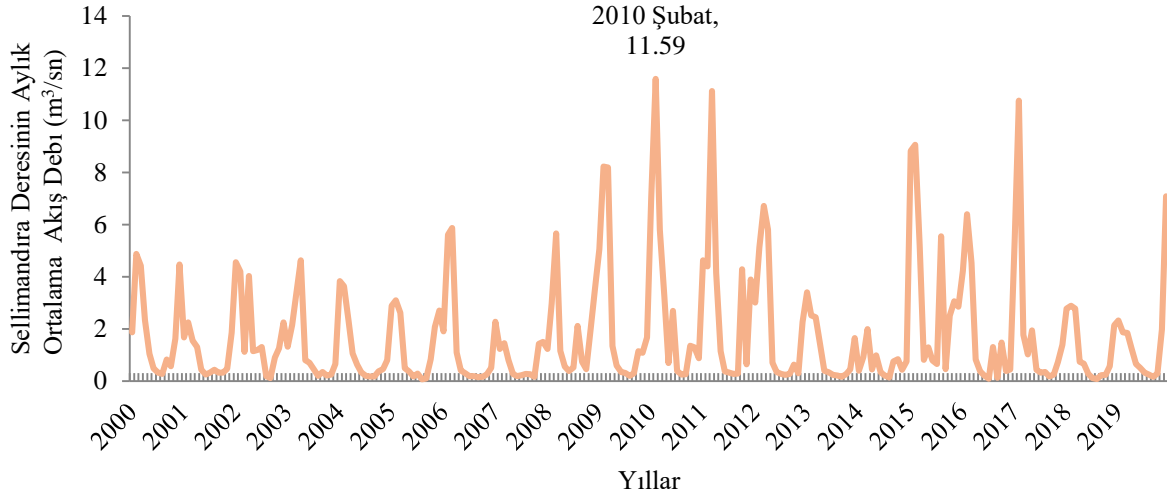
$$c = \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i + b \quad (1)$$

Denklem 1.'de;  $c$ , çıkışı,  $x_i$   $i$ . sinir hücresinin girdi değeri,  $w_{ij}$  ağırlık katsayıları,  $n$  bir hücreye gelen toplam girdi sayısı,  $b$  eşik değeri ve  $\Sigma$  toplam fonksiyonudur [15].

### 3. YÖNTEM

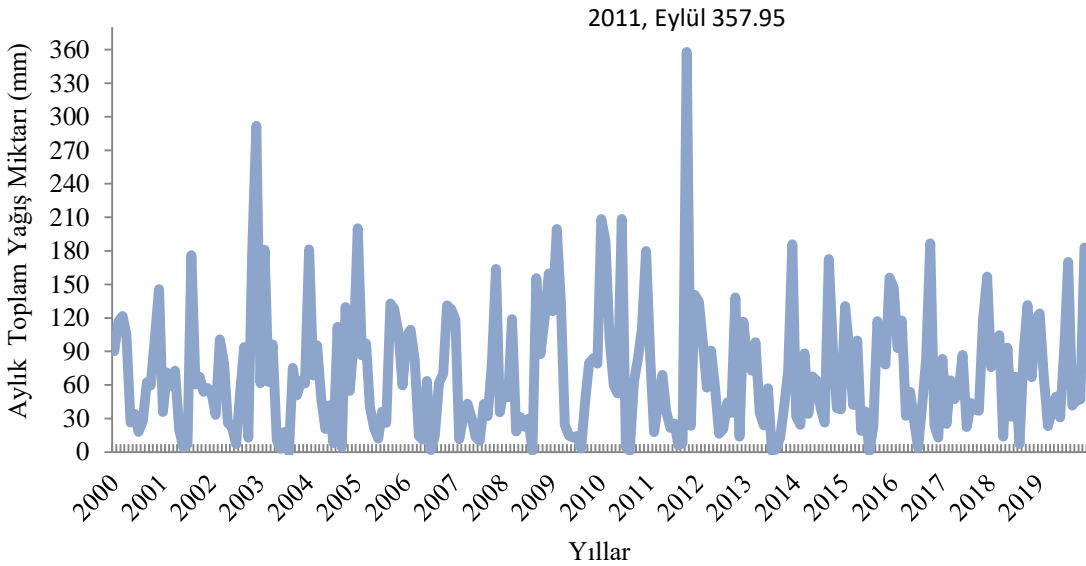
Çalışmada Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde yapay sinir ağının kullanımı planlanmış ve bu amaçla, DSİ 1.Bölge Müdürlüğünden Yalova Gökçe Barajına ait 2000-2019 yılları arasındaki günlük veriler temin edilmiştir. Bu verilerden türetilen aylık veriler kullanarak yapay sinir ağının analizi için girdi verileri oluşturulmuştur. Bu girdi verileri; Gökçe Barajının su kaynağını oluşturan Sellimandıra deresinin akış debisi, baraj havzasındaki Yalova İlının ile Çınarçık İlçesinin ortalama yağış ve buharlaşma değerleri, baraj su tahliyesi değerleri (içme suyu ve sulama suyu miktarı ile dolu savak tahliyesi miktarı) ve baraj sızıntı suyu miktarı kullanılmıştır. Çıktı verisi olarak ise baraj rezervuarındaki su seviyesi ölçümleri kullanılmıştır.





Şekil 3. 2000-2019 yılları arasındaki Sellimandıra deresinin aylık ortalama akış debisi.

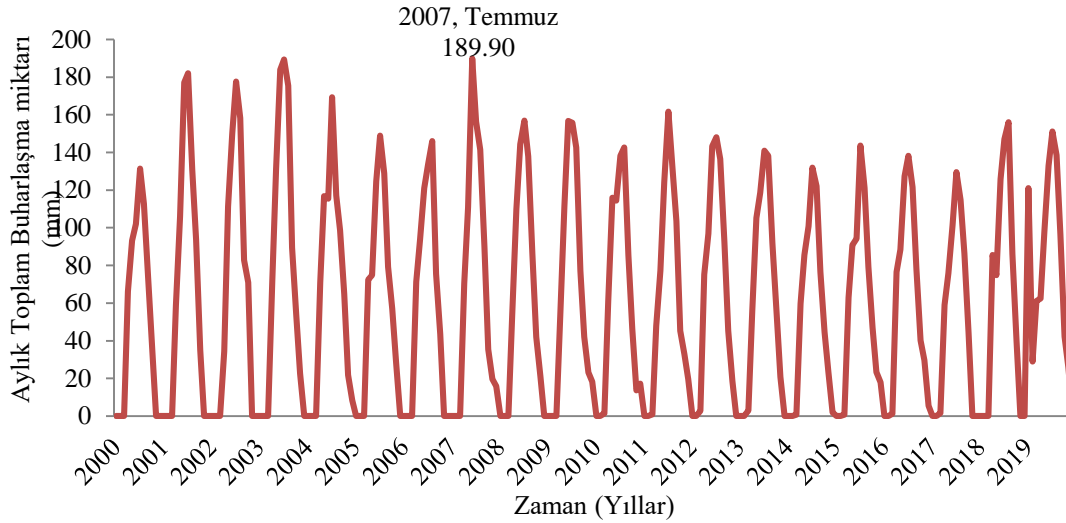
Sekil 3'te görüleceği üzere Sellimandıra deresinde en yüksek aylık ortalama akış debi mevsimsel yağışların etkisi etkile ile 2010 Şubat ayında  $11,59 \text{ m}^3/\text{sn}$  iken en düşük akış debisi ise Ağustos ve Eylül aylarında görünmektedir.



Şekil 4. 2000-2019 yılları arasındaki aylık toplam yağış miktarı.

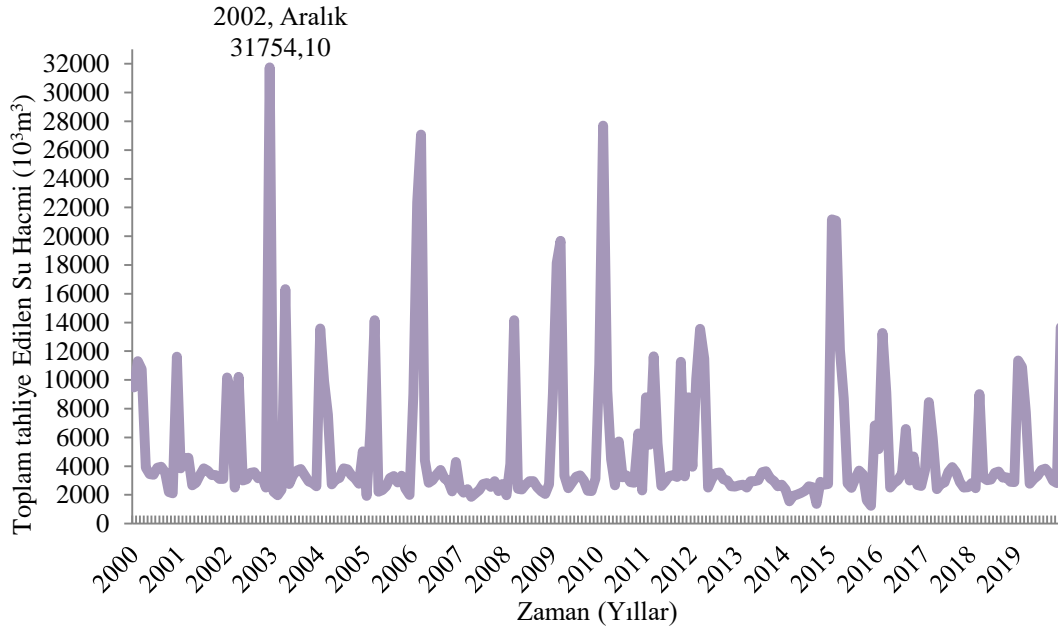
Sekil 4'te verilen şekilde Yalova Gökçe Barajı havzasına düşen aylık toplam ortalama yağış miktarı 2011 yılında  $357,95 \text{ mm}$  Eylül ayında iken en düşük yağış değerini ise 2015 yılında  $0,90 \text{ mm}$  değeri

ile Ağustos ayında almıştır. Mevsimsel etiler ile sonbahar ve kış aylarında yağış miktarı artmakta, yaz aylarında ise azalmaktadır.



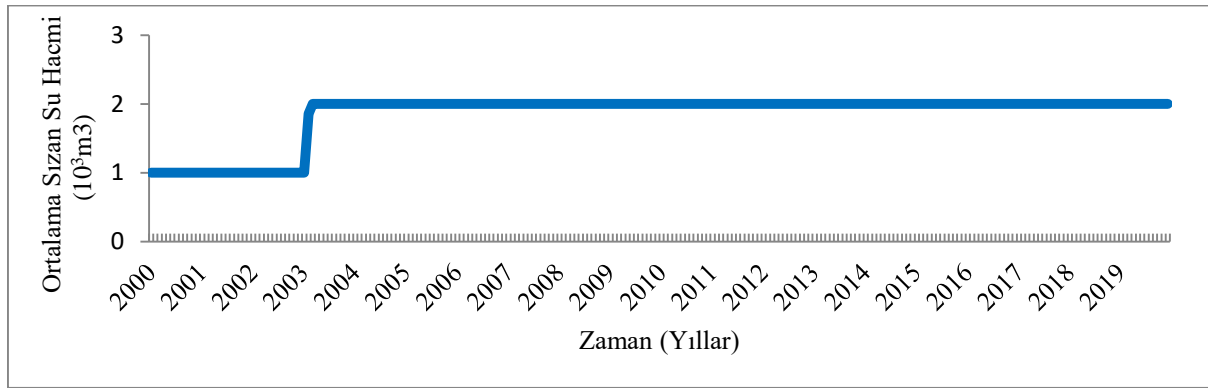
Şekil 5. 2000-2019 yılları arasındaki aylık toplam ortalama buharlaşma miktarı.

Şekil 5'te görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajı havzasındaki toplam aylık toplam buharlaşma miktarı 189,9 mm ile 2007 yılı Temmuz ayında görülmüş iken en düşük buharlaşma değerleri ise mevsimsel şartlar dolayısıyla buharlaşma ölçümlerinin yapılamadığı Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında görülmektedir.



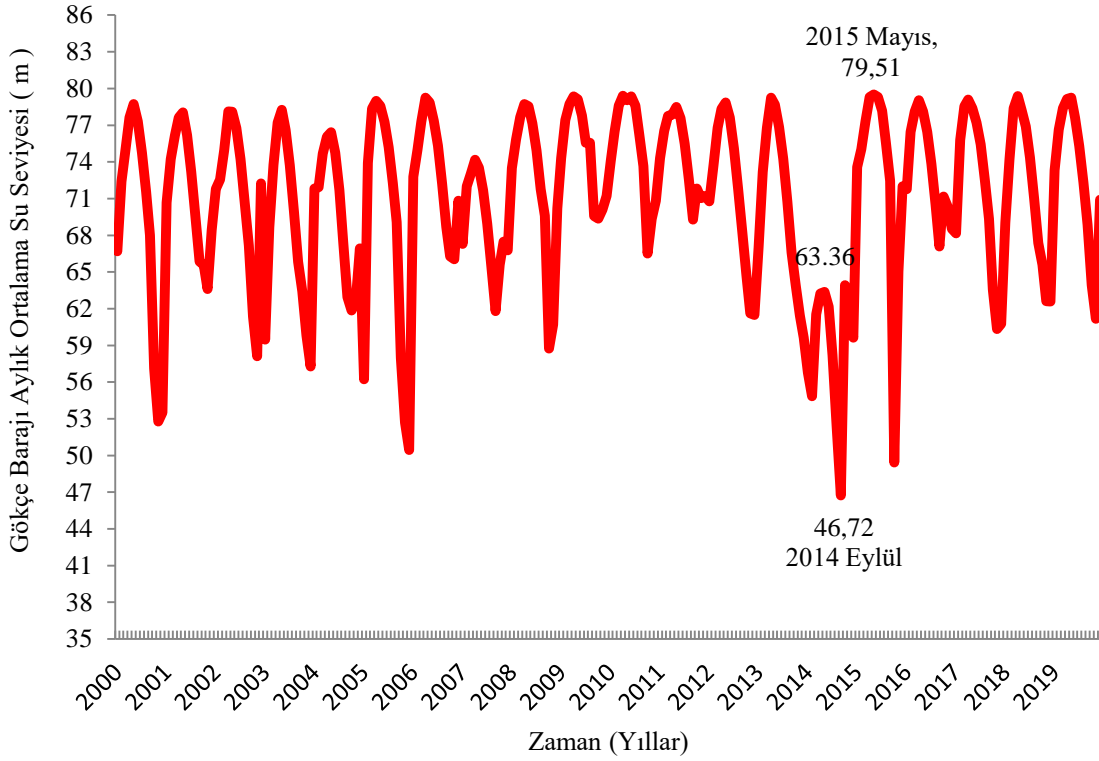
Şekil 6. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajından tahliye (dolu savak tahliye+içme suyu+ dip savak tahliyeleri) olan aylık toplam su miktarı.

Sekil 6'da görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajından mevsimsel yağışların oluşturduğu yüzeysel akışlar ve Sellimandıra deresinden gelen akış suları nedeni ile maksimum su seviyesine ulaşan baraj hacmi dolu savağından tahliye yapılarak, barajdaki taşkın suları kontrollü olarak tahliye edilmektedir. Gökçe Barajından toplamda aylık ortalama en yüksek tahliye değeri  $31,754 \times 10^6 \text{ m}^3$  değeri ile 2002 Aralık ayında olmuştur. Barajın içme suyu barajı olması nedeni ile sürekli olarak içme ve kullanma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı içme suyuna en çok ihtiyaç duyulan aylar ortalama  $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  değeri ile Temmuz ve Ağustos aylarında olmaktadır.



Şekil 7. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajından sızıntı su miktarı.

Sekil 7'de görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajından 2000-2003 yılları içerisinde ölçülen aylık ortalama sızıntı suyu miktarı  $1 \times 10^3 \text{ m}^3$  iken 2004-2019 yılları içerisinde aylık ortalama sızıntı suyu miktarı  $2 \times 10^3 \text{ m}^3$ 'tür. Bu durum baraj sızıntı suyunda bir miktar artış gözlemlenmiş daha sonra ise sızıntı suyu miktarının sabit değerinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 8. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajının aylık ortalama rezervuar su kotu.

Sekil 8’de görüleceği üzere 2000-2019 yılları arasında Yalova Gökçe Barajında mevsimsel yağışlar ve Sellimandıra deresinde gelen akışlar nedeni ile aylık ortalama rezervuardaki su seviyesi en yüksek değerini 2015 yılı Mayıs ayı 79,51 m değeri hesaplanmış olup buharlaşma ve su tahliyeleri etkisi ile en düşük su seviyesi 2014 yılı Eylül ayı 46,72m değeri olarak hesaplanmıştır. Gökçe Barajı 2000-2019 yılları arasında 2014 yılı hariç dolu savak eşik üst kotunun 72,00 olması nedeni ile kış mevsimi şartları dolayısıyla dolu savaktan su tahliyesi yapılmıştır.

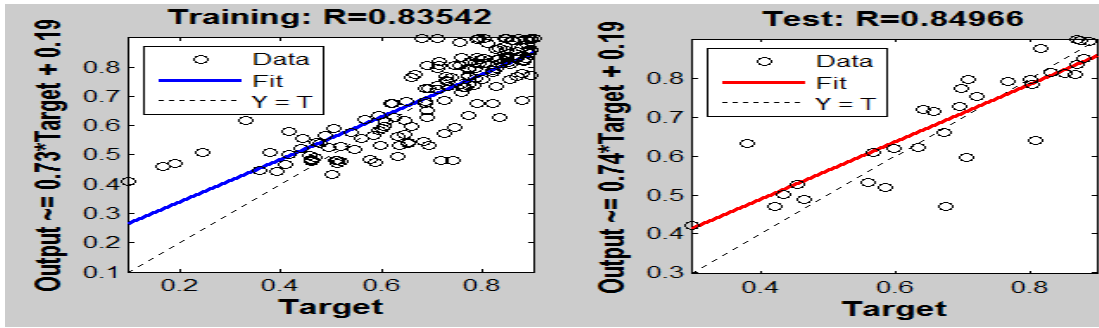
Yapay sinir ağının analizi için ileri beslemeli geri yayımlı bir yöntem olan Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Bunun için 2000-2019 yılı arasındaki verilerin; 2000 yılında 2018 yılına kadar olan verilerden 1368 adet (%95) verinin 1140 adet olan verisi ağın eğitim input verisi, 228 adet veri ise target verisi olarak, 2019 yılının verisi olan 72 adet (%5) verinin 60 âdeti test girdi, geriye kalan 12 adet veri ise sinir ağının test edilmesi için kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağında performansı etkileyebilecek hususlardan olan nöron sayıları, gizli hücre sayıları, çevrim sayısı, variant katsayısı, öğrenme ve momentum katsayılarında değişiklikler yapılarak analizler yapılmıştır. Bu analizlerin performans kriterleri ise korelasyon kat sayısı, determinasyon katsayısı,

ortalama kare hata ( MSE ), ortalama mutlak yüzde hata ( MAPE ) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri seçilmiştir.

#### 4. ANALİZ

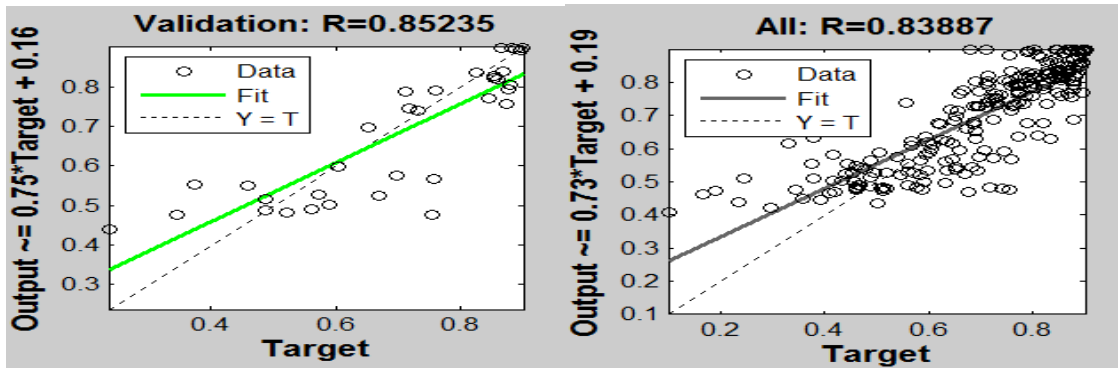
Yapılan bu çalışmada, Levenberg- Marquardt eğitim algoritması ile toplamda 112 adet analiz yapılmış olup korelasyon ( R ) değeri yüksek olan analize ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Bu analizde; Nöron sayısı:6, Gizli hücre sayısı: 9, Çevrim katsayısı: 750, Variant katsayısı: 1500, Öğreneme katsayısı: 0.80, Momentum katsayısı: 0.70 olarak seçilmiştir.



Şekil 9. Eğitim ve Test korelasyon ( R ) değerleri dağılımı.

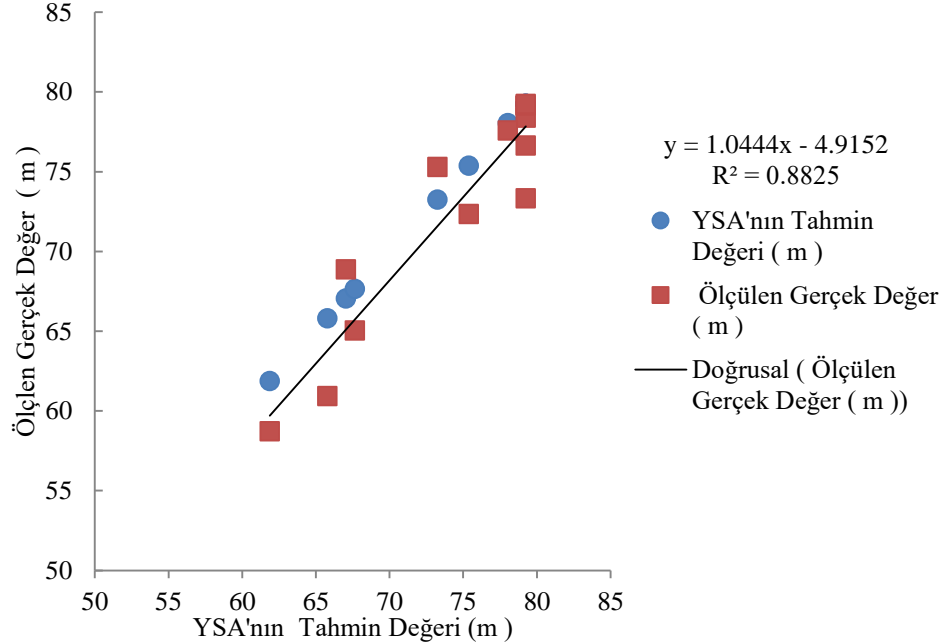
Şekil 9’da sinir ağının eğitim ve test korelasyon değerlerinin bir birine yakın olduğu görülmektedir.



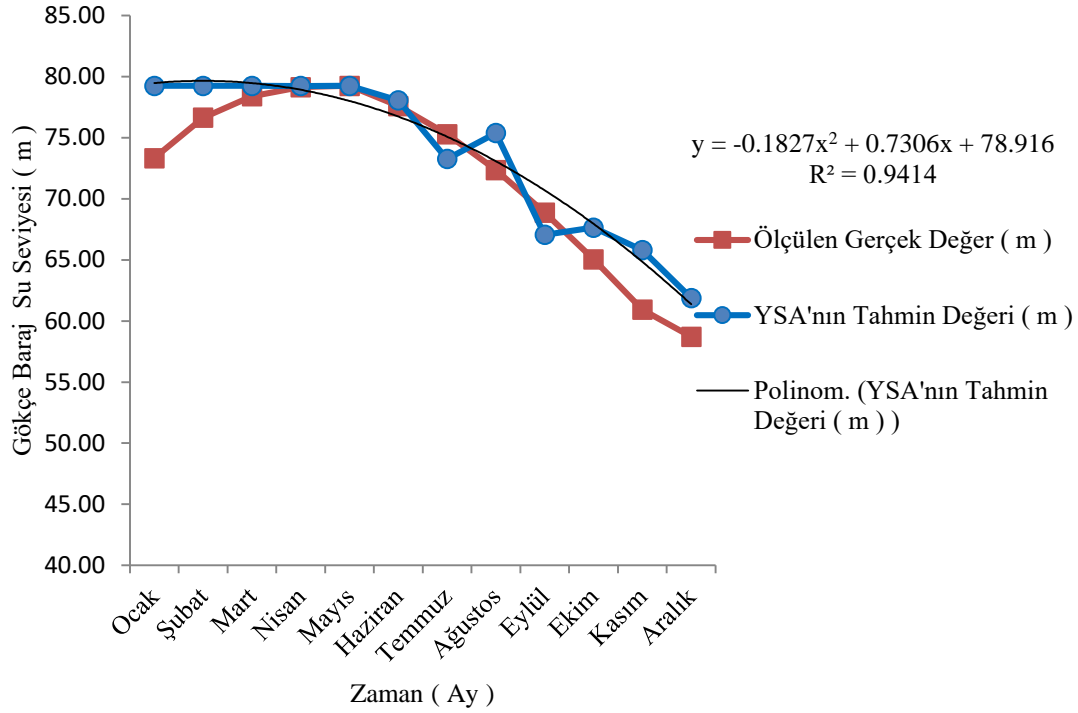
Şekil 10. Validation ve All korelasyon ( R ) değerleri dağılımı.

**Tablo 2. Analiz sonucunda rezervuarın gerçek seviyesi ile YSA'nın tahmin değerleri arasındaki değişimi.**

All R(%) Değeri	Aylar	Normalize Geçek Kot Değerleri	YSA'nın Tahmin Ettiği Normalize Değerler	Rezervuardaki Gerçek Su Seviyesi Değeri ( m )	YSA'nın Tahmin Ettiği Değerleri ( m )
83,89	Ocak	0,66938	0,89999	73,32	79,24
	Şubat	0,79820	0,89999	76,63	79,24
	Mart	0,86689	0,90000	78,39	79,24
	Nisan	0,89604	0,89920	79,14	79,22
	Mayıs	0,90000	0,89999	79,24	79,24
	Haziran	0,83561	0,85321	77,59	78,04
	Temmuz	0,74598	0,66655	75,29	73,25
	Ağustos	0,63153	0,74961	72,35	75,38
	Eylül	0,49612	0,42490	68,88	67,05
	Ekim	0,34698	0,44798	65,05	67,64
	Kasım	0,18650	0,37596	60,93	65,79
	Aralık	0,10000	0,22328	58,71	61,87

**Şekil 11. Tahmin değerleri ile Gerçek Değerlerin Saçılım Grafiği.(a)**

Şekil 11'deki saçılım grafiğinde YSA'nın tahmin değerleri lineer bir saçılım yaptığı, fakat yerinde ölçülen gerçek değerlerin ise dağınık bir saçılımda olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Tahmin değerleri ile Gerçek Değerlerin Aylara Göre Dağılım Grafiği.(b)

Şekil 12'de YSA'nın tahmin ettiği Mart, Nisan, Mayıs ile Eylül aylarındaki değerleri yerinde ölçülen değerlere grafikte çakışık olduğu, diğer ayların tahmin değerlerinin ise yerinde ölçülen grafikteki değerlerine yakın olduğu görülmektedir ve modelin kış aylarında hata aralığının arttığı ifade edilebilir.

Tablo 3. Levenberg-Marquardt eğitim fonksiyonu ile yapılan sonuç çizelgesi

MSE	MAE	MAPE (%)	All R	R <sup>2</sup> (b)	R <sup>2</sup> (a)
0,01263	0,089	29,62	83,88	94,14	88,25

Tablo 3'te en iyi performansa ait analiz sonuçları verilmiştir.



## 5. SONUÇ

Yapılan bu çalışma Yalova İli Gökçe Barajının rezervuarında bulunan su seviyesindeki değişimlerin yapay sinir ağı ile tahmin edilmesidir. Bu çalışma ile Gökçe Barajının su seviyesi ölçümleri, yapılan yapay sinir ağı tahmin verileri ile karşılaştırılmış olup bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak aşağıda belirtilen hususlar tespit edilmiştir.

Levenberg-Marquardt algoritması ile yapılan analizler sonucunda en iyi tahmin sonucunun korelasyon katsayısı (R) %83,88 ve determinasyon katsayısı  $R^2$  (a) %94,14'tür. Bulanan bu determinasyon oranı ise tahminlerde kabul edilebilir bir değerdir.

YSA'nın tahmin ettiği Mart, Nisan, Mayıs ile Eylül aylarındaki değerlerinin yerinde ölçülen değerlere yakın değerlere sahiptir. Temmuz ve Eylül ayı tahmin değerlerinin ise yerinde ölçülen değerlerden daha küçük olduğu, ayrıca diğer tahmin değerlerinin genel olarak ölçülen değerlerden yüksek olduğu görünmektedir.

Yapay sinir ağının tahmin ettiği 2019 yılı ortalama baraj su seviyesi 73,77m iken, barajdaki gerçek ortalama su seviyesi ise 72,13m olarak ölçülmüştür.

Bu çalışmada Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmış olup Gradient Descent with Momentum (GDM), BFGS Quasi-Newton (BFG), Scaled Conjugate Gradient (SCG), One Step Secant (OSS) gibi farklı algoritmaları kullanılarak da değişik tahmin sonuçları araştırılabilir.

Ayrıca bu çalışmanın veri araştırması yapılırken 1997- 2019 yılları arasındaki günlük yağış miktarı, buharlaşma değerleri, baraj su seviyesi değerleri, baraj haznesine giren debi değerleri bulunmuş fakat 1997-2000 yılı arasındaki toplam su tahliyesi ile ilgili değerler elde edilememiştir. Bu durumda yapay sinir ağları kullanarak bu çalışmada eksik olan 1997 -2000 yılları arasındaki toplam tahliye suyu hacmi araştırılabilir.

Yapılan analizler ile su seviyeleri tahmin değerleri ile Gökçe Barajının rezervuarındaki su seviyesinde ilerde su miktarında sıkıntı yaşanıp yaşanmayacağı veya dolu savaktan su tahliyesinin olup olmayacağının bir göstergesi olabilir. Bu tahmin değerleri ile Gökçe Barajının su seviyesinin bir önceki gerçekleşen değerlerine göre artışlar olacağı tespit edilmiştir. Bu durum da bir yıllık tahmin verisi ile su sıkıntısının yaşanıp yaşanmayacağı söylenebilir, ancak bu durum yalnızca bir ön bilgi olabilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde yapay sinir ağı algoritmalarının kullanılması baraj işletmesi çalışmalarında fayda sağlayacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Erkek, C., Ağırlioğlu, N., Su Kaynakları Mühendisliği, 7. Baskı, Beta Basım A.Ş., İkitelli Çevre Sanayi Sitesi 8. Blok No.38-40-42-44, Başakşehir, İstanbul, 2013.
- [2] Bayazıt, M., Hidroloji, Birsen Yayınevi, Davutpaşa Cad. Davutpaşa Emintaş Sitesi 103/430, Topkapı, İstanbul, 2013.
- [3] Albayrak, G. A., İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Yönetimine Etkisi, Ankara Örneği, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, 2017.
- [4] Altunkaynak, A., Forecasting Surface Water Level Fluctuations Of Lake Van By Artificial Neural Network. Water Resour Manage (21), 399-408., 2007.
- [5] Çalım, M.M., Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Baraj Hazne Kotu Tahmini., Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2008.
- [6] Yazar, A., Onüçyıldız, M., Yapay Sinir Ağları ile Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Belirlenmesi., Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(2), 21-30, 2009.
- [7] Abu Salam, Z., K., A., Yapay Sinir Ağları İle Dibis Barajının Seviye Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta, S., 1-45, 2018.
- [8] Özen, A., Ediş, S., Göl, C., İznik Gölü Minimum Su Seviyelerinin Zaman Serisi Yöntemleri İle Modellenmesi, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 8(24), 125-132, 2014.
- [9] Doğan, E., Kocamaz, U., Utkucu, M., Yıldırım, E., Modelling Daily water level fluctuations of Lake Van (Eastern Turkey) using Artificial Neural Networks. Fundam. Appl. Limnol., 187(3), 177-189, 2016.

- [10] Sönmez,O., Demir, F., Doğan, D., Impact of Climate Change on Yalova Gokce Dam Water Level, Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, ISITES2017 Baku – Azerbaijan, 29-30 September, 2017.
- [11] Doğan, E., Gümrükcüoğlu, M., Sandalci, M., & Opan, M. Modelling of evaporation from the reservoir of Yuvacik dam using adaptive neuro-fuzzy inference systems. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 23(6), 961-967., 2010.
- [12] Planlama Raporu, DSİ 1. Bölge Müdürlüğü, Duaçınarı, Ankara Yolu Cad., No:221 16260, Yıldırım, Bursa, 1978.
- [13] Soycan, Y.T. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmini, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, S 23., 2008.
- [14] Keskenler, M. F.<sup>1</sup> ve Keskenler, E. F.<sup>2</sup>, Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi, Rize, Takvim-i Vekayi, ISSN.2148-0087, Cilt 5, No:2., S 8-18., 2017.
- [15] Terzi, Ö., Köse, M., Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Göksu Nehrinin Akım Tahmini, SDV International Technologic Science, No. 3, S.3, December, 2012.
- [16] Kartalopoulos, S.V., Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications, IEEE Press, New York, S.205., 1996.