

## Ardışık Gözlem İstasyonu Verileri ile Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Yöntemi Kullanılarak Akım Tahmin Çalışması

Evren TURHAN\*<sup>1</sup>

### Öz

Nehir akım verilerinin sürekli olması su kaynakları üzerine inşa edilecek yapıların tasarımı aşamalarında oldukça önemlidir. Geçmiş zaman kayıtlı akım verileri ele alındığında eksik akımların söz konusu olduğu görülebilmektedir. Dolayısı ile hidrometeorolojik olarak eşdeğer gözlem istasyonu verileri kullanılarak literatürde farklı yöntemlerle tahmin çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada hidrolojik süreçlerin lineer olmayan özellik göstermeleri nedeniyle Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon (ÇDOR) metodu ile akım tahmini değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Uygulama yeri olarak Seyhan ve Doğu Akdeniz Havzaları'ndaki aynı akarsu güzergahında yer alan ardışık akım gözlem istasyonları tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda; 1729 nolu gözlem istasyonunun bağımsız; 1721 ve 1730 nolu istasyonların önceki 6 ay verilerinin ise bağımlı değişkenleri oluşturduğu modeller hem eğitim hem de test aşamaları için en yüksek korelasyon ve en düşük hata değerlerini vermiştir. 1829 nolu istasyonun bağımsız değişken; 1820 ve 1830 istasyonlarının ise bağımlı değişken olduğu model yapılarında sırasıyla 1 önceki ay ve 3 önceki ay giriş verilerinde en iyi sonuçlar görülmüştür. 1829-1830 istasyonları ile elde edilen Model-3 eğitim sonucu belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) 0.943 olup, test sonucu ise 0.969 dolaylarında ortaya çıkmıştır. Bu modelde Ortalama Karesel Hata (OKH) sıfıra çok yakın olduğu için tüm modeller açısından en iyi değerlendirme kriteri olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ardışık Gözlem İstasyonları, ÇDOR, Akım Tahmini, Seyhan Havzası, Doğu Akdeniz Havzası.

## Streamflow Prediction Study with Sequential Gauging Station Data Using Multiple Nonlinear Regression Method

### Abstract

The continuous of the river flow data is quite important in the design stages of hydraulic structures to be constructed on water resources. It can be seen that there are missing data when the past recording flow data is considered. Therefore, prediction studies are carried out with different methods by using hydrometeorologically equivalent gauging station data in the literature. In this study, streamflow prediction evaluations have been performed with the Multiple Nonlinear Regression (MNL) method due to the nonlinear relationship of hydrological processes. Sequential gauging stations located on the same river route in Seyhan and Eastern Mediterranean Basins were preferred for the case study. As a result of the study, models in which the streamflow gauging station- No: 1729 is the independent variable and the previous 6-months data of stations- No: 1721 and 1730 are dependent variables give the highest correlation and lowest error values for both training and testing phases. In which the station of No: 1829 is the independent variable and in the model structures where the stations of No: 1820 and 1830 are the dependent variables, the best results have been seen in the input data of the previous 1-month and previous 3-months, respectively. In consequence of Model-3 training created with the 1829-1830 stations, the coefficient of determination ( $R^2$ ) has been 0.943, and the test result has been around 0.969 value. Because Mean Squared Error (MSE) is very close to zero in this model, it has been determined as the best evaluation criteria in terms of all models.

**Keywords:** Sequential Gauging Stations, MNL, Streamflow Prediction, Seyhan Basin, Eastern Mediterranean Basin.

<sup>1</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, eturhan@atu.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0742-4848>

## 1. Giriş

Nüfusun hızlı bir şekilde artması mevcut su kaynaklarının planlanmasını ve ileriye dönük mühendislik çalışmaları bakımından ayrıntılı incelemeler yapılmasını gerekli kılmaktadır. Etkili bir planlama sürecinde birçok meteorolojik ve hidrolojik verilerden faydalanılmaktadır. Özellikle tasarım aşaması için yağış, akım, sıcaklık vb. gibi verilerin tam olması oldukça önemlidir. Ancak çoğu durumda farklı birçok sebepten ötürü bahsedilen bu verilerin noksan olduğu görülmektedir. Dolayısı ile drenaj havzaları içerisindeki su kaynaklarının kayıtlı gözlemlenmiş verileri ile tahmin yaparak söz konusu eksikliklerin giderilebilmesi mevcut literatüre hidroloji alanında olumlu katkılar sunmaktadır.

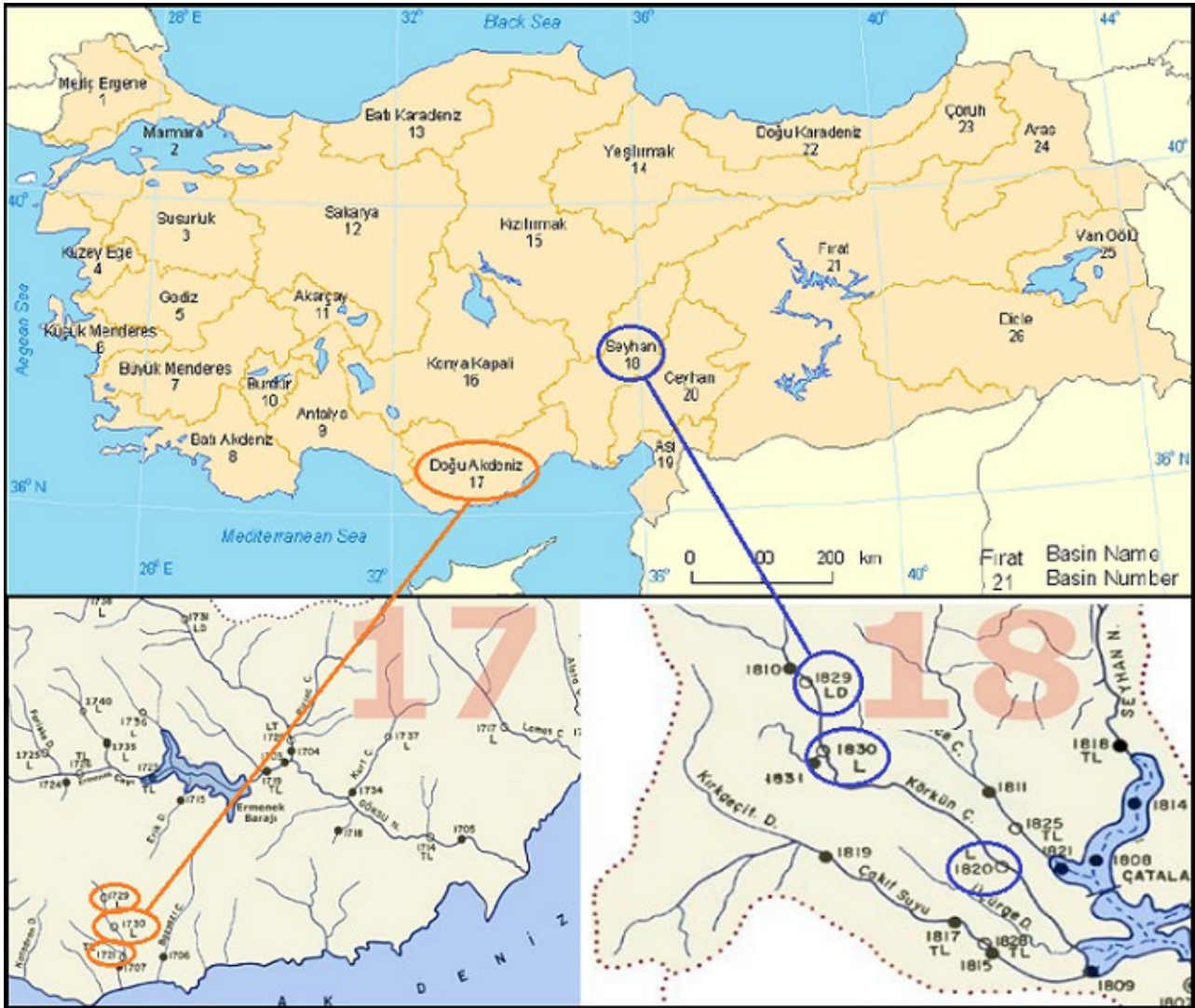
Hidrometeorolojik süreçlerin çoğunlukla karmaşık özellik göstermeleri, doğadaki su çevrimi gibi sistemlerin davranışının modellenmesini gerektirebilmektedir. Bu nedenle lineer olmayan modellerin nehir akım verilerinde kullanılmaları etkin tahmin modelinin oluşması anlamında yararlı olacaktır (Turhan, 2012). Literatürde su toplama havzalarının modellenmesinde çeşitli metotların kullanıldığı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Akım tahmininde Yapay Zeka (YZ) yöntemlerinin ele alındığı ve geleneksel metotlardan Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) analiz sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirmelerin yapıldığı uygulamalar dikkat çekmektedir (Gümüş ve ark., 2011; Zakaria ve Shabri, 2012; Terzi ve Önal, 2012; Gümüş ve Kavşut, 2013; Gümüş ve ark., 2013; Rezaeianzadeh ve ark., 2014; Turhan ve Özmen-Çağatay, 2016a; Ravansalar ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2018; Poul ve ark., 2019; Yıldırım ve Kandemir, 2020; Turhan, 2021; Burgan, 2022; Babacan ve Saka, 2022). Ayrıca su kaynaklarının yönetimi süreçleri için akım harici çeşitli meteorolojik verilerin tahminlerinde de YZ ve ÇDR metotları kullanılmaktadır (Yıldırım ve Kandemir, 2018; Dayan ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2021; Üneş ve ark., 2021). Bahsedilen veri eksikliklerinin tamamlanmasında ÇDOR yönteminin ele alındığı çalışmalar literatürde yer almaktadır (Seçkin ve ark., 2010; Seçkin, 2011; Rezaeianzadeh ve ark., 2014; Anusree ve Varghese, 2016; Turhan ve Özmen-Çağatay, 2016a; Turhan ve ark., 2016b; Harun ve ark., 2021).

Bu çalışmada aynı akarsu kolunda bulunan ve Doğu Akdeniz Havzası'nda Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'ne ait olan 1721, 1729 ve 1730 ile Seyhan Havzası'nda EİEİ'ye ait 1820, 1829 ve 1830 numaralı ardışık akım gözlem istasyonları verilerinden faydalanılmıştır. 1729 ve 1829 nolu istasyon verileri bağımsız değişkenler olarak değerlendirilerek, diğer istasyon verileri kendi aralarında farklı giriş seçenekleri ile MS-Excel programında ÇDOR yöntemi aracılığıyla tahmin analizi gerçekleştirilmiştir. Verilerin %70'i eğitim, kalan %30'u ise test kümesi olarak kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar belirlilik katsayısı ( $R^2$ ), Ortalama Karese Hata (OKH) ve Ortalama Mutlak Göreceli Hata (OMGH) performans kriterlerine göre yorumlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı ve Kullanılan Akım Verileri

Doğu Akdeniz ve Seyhan Havzaları, Türkiye'nin su kaynakları rezervi yönünden zengin havzalarındandır (Şekil 1). Türkiye'nin güneyinde bulunan Seyhan Havzası, 36°30' ile 39°15' kuzey enlemleri ve 34°45' ile 37°00' doğu boylamları arasında konumlanmaktadır. Havzanın drenaj alanı yaklaşık 22.035 km<sup>2</sup>'dir. Ortalama yıllık akım değeri 6 km<sup>3</sup>'e ulaşmaktadır. Seyhan Havzası'nın Akdeniz Bölgesi sınırlarında Akdeniz iklimi, İç Anadolu Bölgesi'ni kapsayan alanlarda ise karasal iklim özellikleri görülmektedir. Su kaynakları Seyhan Nehri ve alt kollarından oluşmaktadır. Ana kollarını Göksu ve Zamantı Nehirleri olarak ifade etmek mümkündür (Seyhan Havzası Taşkın Yönetim Planı, 2020).



Şekil 1. Doğu Akdeniz ve Seyhan Havzaları ile belirtilen akım gözlem istasyonlarının lokasyonları (Uluğtekin ve ark., 2005; EİEİ, 2011)

Türkiye'nin yine güney kesiminde bulunan Doğu Akdeniz Havzası, doğrudan denize ulaşan birçok drenaj alanına sahiptir. Bu havzanın iki önemli su kaynağı bulunmaktadır. Bunlar Göksu ve Tarsus (Berdan) akarsuları olarak belirtilebilir. Havza çoğunlukla Akdeniz iklimi özelliklerine sahip olup; yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir (Doğu Akdeniz Havzası Taşkın Yönetimi Planı, 2019). Çalışma kapsamında, Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan 1721, 1729 ve 1730 numaralı ardışık Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ile Seyhan Havzası'ndaki 1820, 1829 ve 1830 numaralı AGİ'ler tercih edilmiştir. 1721 nolu AGİ, Mersin ili Anamur-Ermenek karayolunun 18. km'sindeki Anamur Çayı Alaköprü üzerinde konumlandırılmıştır. 1729 nolu AGİ, Anamur Dibek Köprüsü yönünde 42. km'de Sugözü mevkiisindeki tahta köprü yakınlarındadır. 1730 nolu AGİ ise Anamur-Ermenek karayolunun 15. km'sinden sonraki ilk köprü kesitinde yer almaktadır. 1820 nolu AGİ, Adana ili Karaisalı ilçesinin 12 km kadar kuzeydoğusunda Körkün Suyu üzerindeki Hacılı köyü köprüsü yakınlarındadır. 1829 nolu AGİ, Adana ili Pozantı-Çamardı karayolunun 27. km'sinde Kamışlı bölgesinde Körkün Suyu üzerinde yer almaktadır. 1830 nolu AGİ ise 1829 AGİ'de olduğu gibi Pozantı-Çamardı karayolu Kamışlı'ya 19 km mesafede Karakuz mevkiindedir. Seçilen söz konusu AGİ'ler ile ilgili daha detaylı genel bilgiler Tablo 1'de gösterilmektedir (EİEİ, 2011).

**Tablo 1.** Akım Gözlem İstasyonlarının Genel Bilgileri (EİEİ, 2011)

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (K)	Boylam (D)	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Değerlendirme Süresi (yıllar)
1721	Anamur Çayı-Alaköprü	36°10'33"	32°53'44"	313.20	1995-2011
1729	Anamur Çayı-Sugözü	36°19'00"	32°46'42"	9.50	1995-2011
1730	Anamur Çayı-Dibek Köprüsü	36°15'45"	32°48'50"	60.0	1995-2011
1820	Körkün Suyu-Hacılı Köprüsü	37°17'44"	35°09'17"	1440.80	1994-2011
1829	Körkün Suyu-Kamışlı	37°33'00"	34°57'25"	1065.10	1994-2011
1830	Körkün Suyu-Karakuz	37°28'54"	35°04'15"	1230.50	1994-2011

## 2.2. Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ve Değerlendirme Kriterleri

Bu çalışmada akım tahmininde ÇDOR analizlerinden faydalanılmıştır. Genel manada regresyon analizi belirlenen değişkenler arasında anlamsal olarak bir ilişki olup olmadığını saptayabilmek, ilişki söz konusu ise bu ilişkiyi temsil eden regresyon denklemini bulmak, bu denkleme kullanarak da tahmin yapısı oluşturmaktır. Herhangi iki değişken arasında anlamsal bir ilişki olup olmadığına karar vermek için çoğunlukla korelasyon katsayısına veya determinasyon

katsayısına bakılmaktadır. Eğer korelasyon katsayılarının mutlak bakımından değeri 1'e yakın ise iki değişken arasında bağımlılığın güçlü olduğu, dolayısıyla da deterministik bir ilişkiye yaklaştığı düşünülmektedir (Turhan ve Özmen-Çağatay, 2016a). Doğrusal regresyonda bağımlı değişkenin 'y'; bağımsız değişkenlerin  $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_r$  ile ifade edilmesi durumunda aralarındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Denklem 1) (Kaya ve Babacan, 2021):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_j x_j + \dots + \beta_r x_r + \delta \quad (1)$$

Denklem 1'de  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots, \beta_r$  bilinmeyenlerine '*Regresyon Katsayıları*' adı verilmektedir.  $\beta_j$  katsayısı, diğer değişkenler sabit olarak değerlendirildiğinde  $x_j$  ifadesindeki bir birim değişim sonucunda  $y$  değişkeninde oluşan değişim miktarını temsil etmektedir.  $\beta_j$  ( $j=1,2,\dots,r$ ) parametreleri ise '*Kısmi Regresyon Katsayıları*' olarak adlandırılmaktadır.  $\beta_0$  sabit bir sayıyı göstermekte ve tüm  $x_j$  değişkenleri sıfıra eşit olduğu durumdaki değeri ifade etmektedir. ' $\delta$ ' ise hata sabitidir (Gümüş ve Kavşut, 2013). Regresyon için veriler sürekli reel sayılar olarak ele alınmıştır. Dolayısı ile eksik veri sayısının tahmini etkileyecek düzeyde fazla olmadığı düşünüldüğünden regresyon analizi açısından uygun olduğu öngörülmüştür.

ÇDOR lineer regresyon ile aynı formül yapılarına sahip olmakla birlikte lineer olmayan regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında nonlineer bir ilişkinin var olup olmadığı sorgulanmaktadır. ÇDOR'de genelde lojistik, üstel ve polinom denklemlerinden yararlanılmaktadır. Örneğin ' $M$ ' bağımlı değişkeni ile Denklem 2'de verilen bağımsız değişkenler arasında üstel bir fonksiyon olduğu düşünülerek lineer olmayan regresyon analizi bağıntısı şu şekilde gösterilebilir:

$$M = \lambda a_1^{\beta_1} a_2^{\beta_2} a_3^{\beta_3} \dots a_p^{\beta_p} \quad (2)$$

burada  $\beta_p$  p'nci model parametresini,  $\lambda$  çarpımsal hata terimini ve p değişken sayısını belirtmektedir (Seçkin ve ark., 2010).

Değerlendirme kriterleri olarak literatürde sıklıkla kullanılan  $R^2$  belirlilik katsayısı, Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Ortalama Mutlak Göreceli Hata (OMGH) sonuçlarından faydalanılmıştır (Seçkin ve ark., 2010; Turhan ve Özmen-Çağatay, 2016a; Turhan ve ark., 2016b). Bu kriterlerle ilgili formüller aşağıda gösterilmiştir (Denklem 3, 4 ve 5):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{gözlenen} - Q_{ortalama})^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{gözlenen} - Q_{hesaplanan})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{gözlenen} - Q_{ortalama})^2} \quad (3)$$

$$OKH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{gözlenen} - Q_{hesaplanan})^2 \quad (4)$$

$$OMGH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \left( \frac{Q_{gözlenen} - Q_{hesaplanan}}{Q_{gözlenen}} \right) \right| * 100 \quad (5)$$

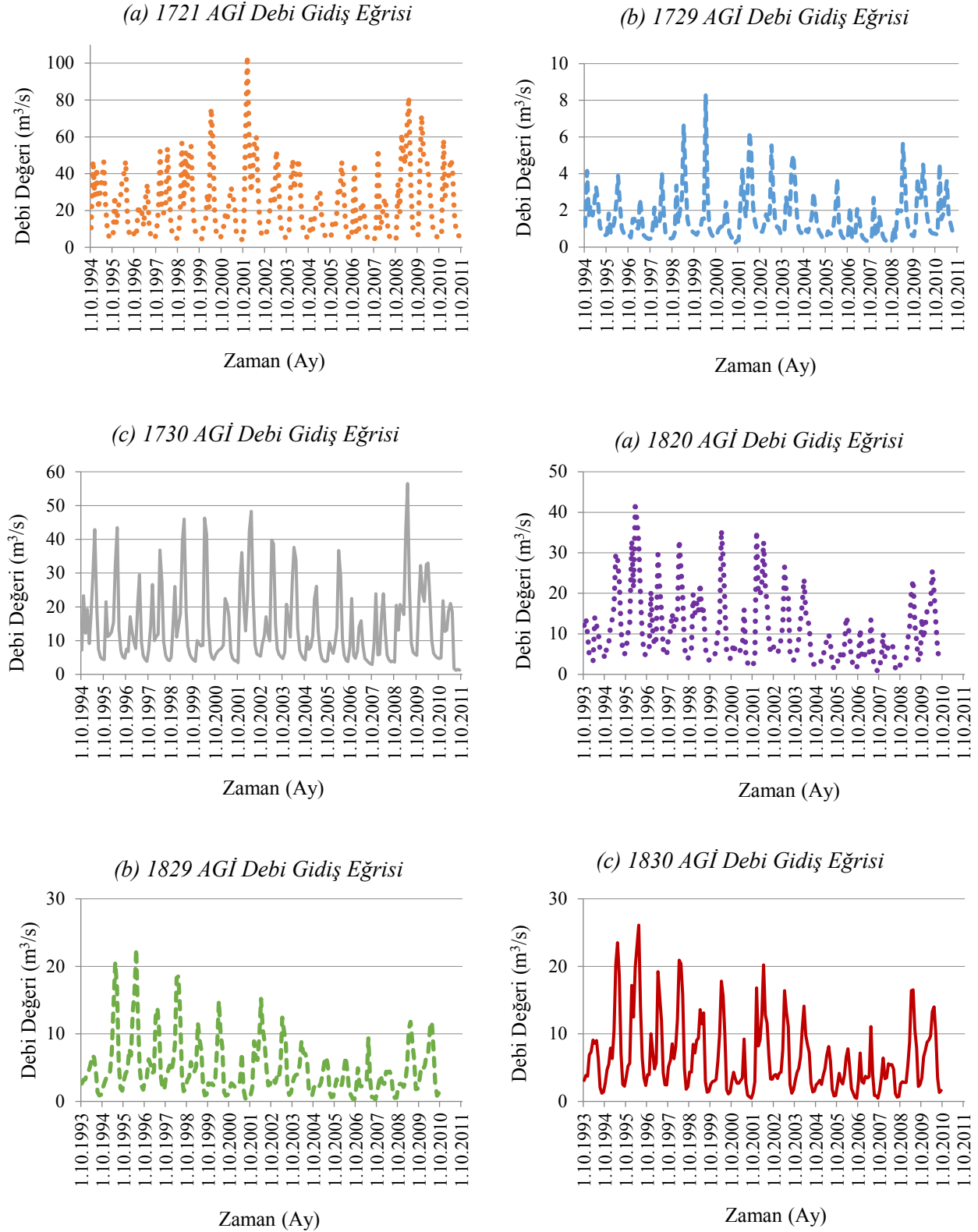
Performans kriterlerinin sıfıra,  $R^2$  değerinin ise 1'e yakın olması tahmin yönünden iyi bir model olabileceğini göstermektedir. ÇDOR yöntemi ile tahmin analizi MS-Excel programında gerçekleştirilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada aynı akarsu kolu üzerinde yer alan ve Doğu Akdeniz Havzası'ndaki 1721, 1729 ve 1730 ile Seyhan Havzası'ndaki 1820, 1829 ve 1830 numaralı ardışık akım gözlem istasyonlarının sırasıyla 1995-2011 ve 1994-2011 yılları arası ortalama aylık akım verilerinden yararlanılmıştır. Modellemelerde zaman gecikmesi kullanılmış olup; Doğu Akdeniz Havzası AGİ'lerinde 1994 su yılı; Seyhan Havzası'nda ise 1993 su yılı gözlemleri eksik olduğundan en fazla altı önceki zaman aylık verileri gecikme adımı bakımından değerlendirilmiştir. 1729 ve 1829 nolu istasyon verileri bağımsız değişkenler olarak girişte kullanılmış, diğer istasyon verileri kendi aralarında farklı seçenekler düşünülerek MS-Excel programında ÇDOR yöntemi ile tahmin analizi gerçekleştirilmiştir. Verilerin %70'i eğitim, kalan %30'u test sürecinde ele alınmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar  $R^2$ , OKH ve OMGH performans kriterlerine göre incelenmiştir. Hesaplamalarda kullanılan AGİ'lerin istatistiksel parametreleri Tablo 2'de verilmektedir. Debi gidiş eğrilerine göre 1729 AGİ'nin en düşük debi değerlerinde seyrettiği, 1730 ile 1830 AGİ'lerin ise birbirine oldukça yakın olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 2). Diğer AGİ'lere kıyasla 1721 AGİ'nin en yüksek debilere sahip olduğu dikkat çekmektedir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan istasyonların tüm gözlem süresindeki istatistiksel bilgileri (EİEİ, 2011)

İstasyon No	Ortalama Akım (m <sup>3</sup> /s)	Minimum Akım (m <sup>3</sup> /s)	Maksimum Akım (m <sup>3</sup> /s)	Yıllık Verim (L/s/km <sup>2</sup> )	Yıllık Akış Yüksekliği (mm)	Yıllık Toplam Akım (hm <sup>3</sup> )
1721	24.00	1.86	507.00	81.20	2557	802.00
1729	1.55	0.18	40.40	183.00	5791	55.00
1730	13.90	0.17	221.00	168.00	5303	318.00
1820	12.70	0.59	528.00	8.28	261	376.00
1829	5.36	0.24	212.00	5.57	176	187.00
1830	6.67	0.29	68.00	6.19	195	240.00



**Şekil 2.** Gözlem istasyonlarının debi gidiş eğrileri

1729-1721 AGİ Model 6 eğitim aşaması için  $0.831 R^2$  belirlilik katsayısı ve 29.725 OMGH değeri elde edilirken; test aşamasında ise  $0.819 R^2$  ve 39.921 OKH değeri gözlemlenmiştir. Tablo 3'te 1729 ile 1721 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları ve Şekil 3'te ise 1729-1721 AGİ Model 6 eğitim ve test korelasyon grafikleri görülebilmektedir.

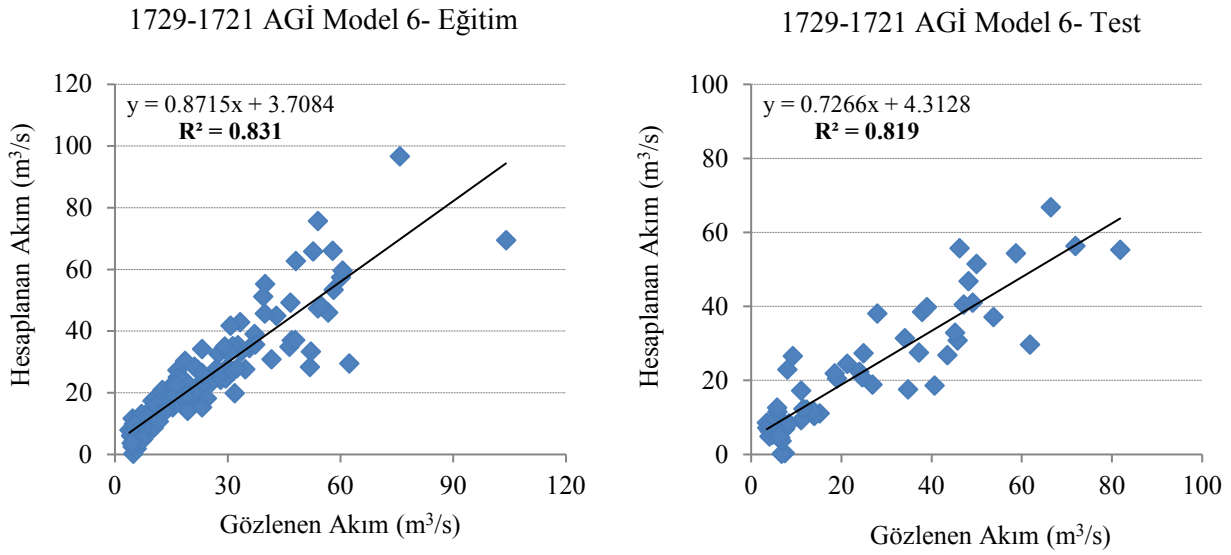
**Tablo 3.** 1729 ile 1721 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları

Model No	Giriş Verileri	Çıkış Verisi	ÇDOR					
			Eğitim			Test		
			R <sup>2</sup>	OKH	OMGH	R <sup>2</sup>	OKH	OMGH
1	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.774	75.886	37.584	0.785	99.884	35.544
2	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-2</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.801	66.949	35.947	0.783	100.390	38.024
3	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-3</sub> Q1721 <sub>t-2</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.811	64.184	34.759	0.818	88.647	37.879
4	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-4</sub> Q1721 <sub>t-3</sub> Q1721 <sub>t-2</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.826	59.132	31.567	0.816	88.369	38.114
5	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-5</sub> Q1721 <sub>t-4</sub> Q1721 <sub>t-3</sub> Q1721 <sub>t-2</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.831	57.251	29.206	0.817	87.212	40.007
6	Q1729 <sub>t</sub> Q1721 <sub>t-6</sub> Q1721 <sub>t-5</sub> Q1721 <sub>t-4</sub> Q1721 <sub>t-3</sub> Q1721 <sub>t-2</sub> Q1721 <sub>t-1</sub>	Q1721 <sub>t</sub>	0.831	57.394	29.725	0.819	86.701	39.921

(*t*: AGİ'nin o aya ait; *t-1*: bir önceki; *t-2*: iki önceki, *t-3*: üç önceki, *t-4*: dört önceki, *t-5*: beş önceki, *t-6*: altı önceki aylara ait zamanlarını göstermektedir.)

Tablo 4'te 1729 ile 1730 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları ve Şekil 4'te ise 1729-1730 AGİ Model 6 eğitim ve test korelasyon grafikleri görülebilmektedir. 1729-1730 AGİ düzenlemesi Model 6 eğitim aşaması için 0.881 R<sup>2</sup> ve 15.756 OKH değerlerini alırken; test aşamasında ise 0.839 R<sup>2</sup> ve 20.062 OKH değerlerini oluşturmuştur. Tablo 5'te 1829 ile 1820 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları ve Şekil 5'te ise 1829-1820 AGİ Model 1 eğitim ve test korelasyon grafikleri görülebilmektedir. Modellemede eğitim açısından en yüksek R<sup>2</sup> 0.798, test açısından ise 0.874 olarak bulunmuştur. Hata değerinin minimum olduğu değerlendirme kriteri ise OKH 6.285 değeri ile test safhasında gözlenmiştir. Tablo 6'da 1829 ile 1830 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları ve Şekil 6'da 1829-1830 AGİ Model 3 eğitim ve test korelasyon grafikleri verilmiştir.

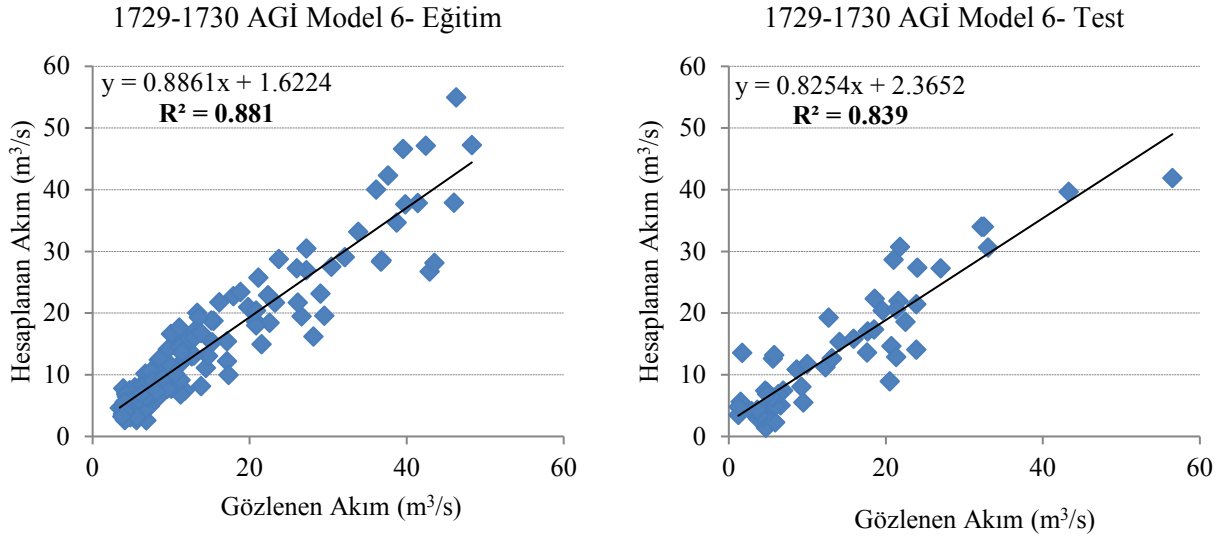




Şekil 3. 1729-1721 AGİ Model 6 eğitim ve test korelasyon grafikleri

Tablo 4. 1729 ile 1730 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları

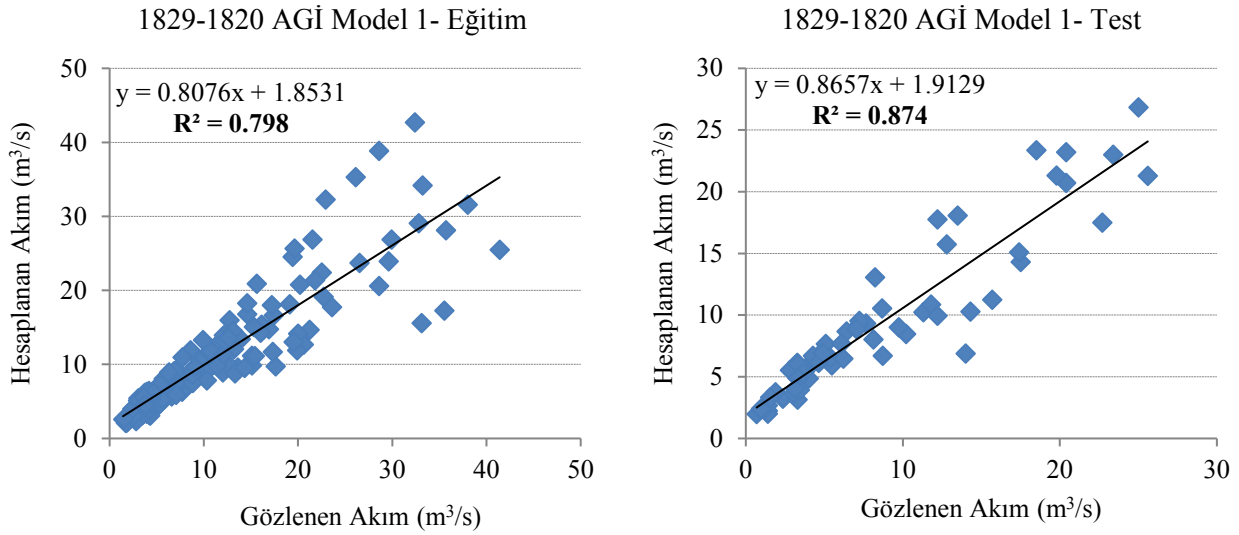
Model No	Giriş Verileri	Çıkış Verisi	ÇDOR					
			Eğitim			Test		
			R <sup>2</sup>	OKH	OMGH	R <sup>2</sup>	OKH	OMGH
1	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.846	20.326	23.290	0.814	23.105	46.401
2	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-2</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.878	16.059	22.923	0.836	20.449	47.040
3	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-3</sub> Q1730 <sub>t-2</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.878	16.061	22.977	0.836	20.430	47.044
4	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-4</sub> Q1730 <sub>t-3</sub> Q1730 <sub>t-2</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.880	15.876	21.626	0.835	20.536	46.743
5	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-5</sub> Q1730 <sub>t-4</sub> Q1730 <sub>t-3</sub> Q1730 <sub>t-2</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.880	15.854	21.967	0.836	20.488	46.948
6	Q1729 <sub>t</sub> Q1730 <sub>t-6</sub> Q1730 <sub>t-5</sub> Q1730 <sub>t-4</sub> Q1730 <sub>t-3</sub> Q1730 <sub>t-2</sub> Q1730 <sub>t-1</sub>	Q1730 <sub>t</sub>	0.881	15.756	22.662	0.839	20.062	47.945



Şekil 4. 1729-1730 AGİ Model 6 eğitim ve test korelasyon grafikleri

Tablo 5. 1829 ile 1820 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları

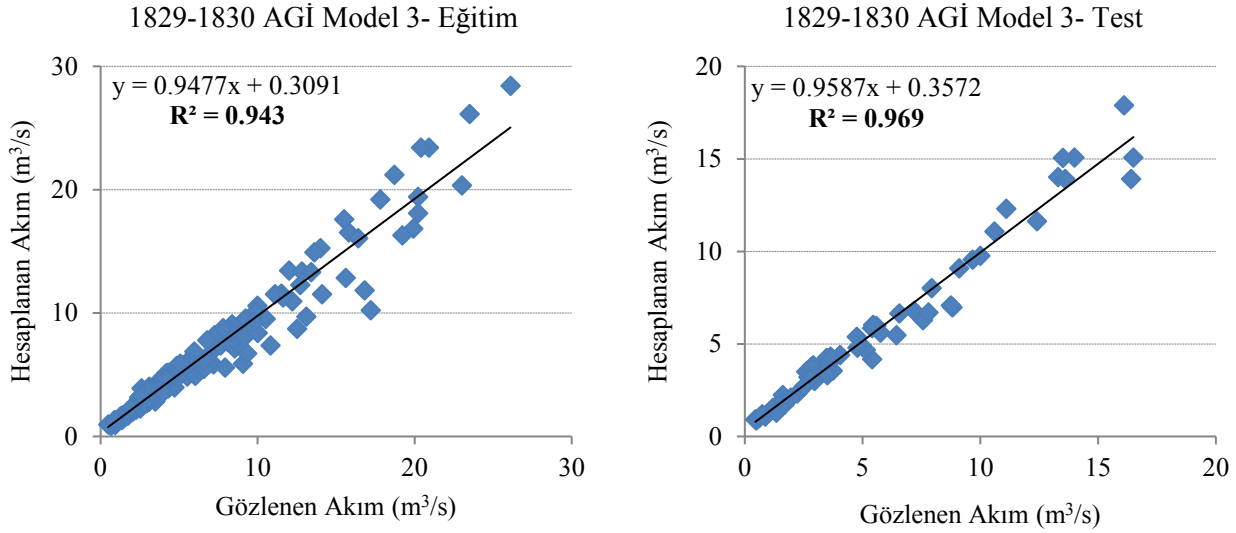
Model No	Giriş Verileri	Çıkış Verisi	ÇDOR					
			Eğitim			Test		
			R <sup>2</sup>	OKH	OMGH	R <sup>2</sup>	OKH	OMGH
1	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.798	16.108	22.719	0.874	6.285	41.182
2	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-2</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.800	15.949	23.414	0.874	6.331	41.884
3	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-3</sub> Q1820 <sub>t-2</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.801	15.835	23.758	0.872	6.479	42.622
4	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-4</sub> Q1820 <sub>t-3</sub> Q1820 <sub>t-2</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.804	15.588	24.590	0.872	6.561	42.810
5	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-5</sub> Q1820 <sub>t-4</sub> Q1820 <sub>t-3</sub> Q1820 <sub>t-2</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.810	15.238	24.998	0.867	6.929	46.249
6	Q1829 <sub>t</sub> Q1820 <sub>t-6</sub> Q1820 <sub>t-5</sub> Q1820 <sub>t-4</sub> Q1820 <sub>t-3</sub> Q1820 <sub>t-2</sub> Q1820 <sub>t-1</sub>	Q1820 <sub>t</sub>	0.809	15.226	25.285	0.867	6.865	44.886



Şekil 5. 1829-1820 AGİ Model 1 eğitim ve test korelasyon grafikleri

Tablo 6. 1829 ile 1830 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları

Model No	Giriş Verileri	Çıkış Verisi	ÇDOR					
			Eğitim			Test		
			R <sup>2</sup>	OKH	OMGH	R <sup>2</sup>	OKH	OMGH
1	Q1829 <sub>t</sub> Q1830 <sub>t-1</sub>	Q1830 <sub>t</sub>	0.943	1.817	14.675	0.968	0.627	17.501
2	Q1829 <sub>t</sub> Q1830 <sub>t-2</sub> Q1830 <sub>t-1</sub>	Q1830 <sub>t</sub>	0.943	1.813	14.476	0.969	0.612	17.454
3	<b>Q1829<sub>t</sub></b> <b>Q1830<sub>t-3</sub></b> <b>Q1830<sub>t-2</sub></b> <b>Q1830<sub>t-1</sub></b>	<b>Q1830<sub>t</sub></b>	<b>0.943</b>	<b>1.810</b>	<b>14.177</b>	<b>0.969</b>	<b>0.609</b>	<b>17.630</b>
4	Q1829 <sub>t</sub> Q1830 <sub>t-4</sub> Q1830 <sub>t-3</sub> Q1830 <sub>t-2</sub> Q1830 <sub>t-1</sub>	Q1830 <sub>t</sub>	0.946	1.725	14.574	0.968	0.627	17.698
5	Q1829 <sub>t</sub> Q1830 <sub>t-5</sub> Q1830 <sub>t-4</sub> Q1830 <sub>t-3</sub> Q1830 <sub>t-2</sub> Q1830 <sub>t-1</sub>	Q1830 <sub>t</sub>	0.947	1.674	15.446	0.969	0.625	20.029
6	Q1829 <sub>t</sub> Q1830 <sub>t-6</sub> Q1830 <sub>t-5</sub> Q1830 <sub>t-4</sub> Q1830 <sub>t-3</sub> Q1830 <sub>t-2</sub> Q1830 <sub>t-1</sub>	Q1830 <sub>t</sub>	0.947	1.671	15.559	0.969	0.617	19.302



Şekil 6. 1829-1830 AGİ Model 3 eğitim ve test korelasyon grafikleri

Özellikle Tablo 6 ve Şekil 6'daki modelleme yapısında eğitim açısından en yüksek  $R^2$  0.943, test aşamasında ise 0.969 olarak elde edilmiştir. Hata değerinin tüm modellemeler bakımından en düşük olarak gözlemlendiği bu sonuçlarda OKH özellikle test aşamasında sıfıra oldukça yakın bir değer üretmiştir. Bu çalışma kapsamında birbirine yakın, ardışık ve havza özellikleri açısından oldukça benzer yapılar sahip gözlem istasyonları tercih edildiğinden giriş verilerine topoğrafik ve coğrafi karakteristikler dahil edilmemiştir. Bu parametrelerin elde edilen sonuçlara etkisinin ihmal edilecek düzeyde olabileceği değerlendirilmiş olup, sadece akım verileri açısından modellemeler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma bir bütün olarak göz önüne alındığında özellikle maksimum  $R^2$ ; minimum OKH ve OMGH kriterleri açısından 1829 ile 1830 AGİ ÇDOR sonuçları en uygun model yapısı olarak değerlendirilebilir. Test aşamasında yaklaşık 0.97 determinasyon katsayısı ve 0.609 OKH çalışmanın optimum değerleri olarak dikkat çekmektedir. Sonrasında 1829 ile 1820 AGİ sonuçları en iyi ikinci model yapısı olarak görülmektedir. Özellikle OKH kriteri açısından yine en düşük sonuçlar ortaya çıkmıştır. 1729 ile 1730 AGİ sonuçları ise üçüncü iyi model yapısı olarak gözlenmiştir. Ancak her iki değerlendirme ölçütleri bakımından eğitim aşamasına göre test sürecinde yüksek oranlar tespit edilmiştir. 1729 ile 1721 AGİ ÇDOR modelleme sonuçları en düşük korelasyonu oluşturmuştur. Hatta söz konusu ölçütlerden OKH bu modelleme yapısında maksimum değerler vermektedir. 18 nolu AGİ istasyon verileri ile oluşturulan model yapıları 17 nolu AGİ'ler ile elde edilen modellemelere nazaran test aşamasında yüksek korelasyon ve OKH kriteri yönünden düşük hata değerleri ortaya koymaktadır. Tüm eğitim ve test sonuçları sadece 1829 ile 1830 AGİ modellemeleri haricinde birbirine yakın değerler üretmiş olup, yaklaşık 0.80 ve üzeri korelasyon değerlerine ulaşmıştır. Giriş veri sayıları ele alındığında ise 17 nolu istasyonların modellerinde 6

önceki ay verilerinin dahil olduğu modellemeler eksik gözlemlerin tahmininde başarılı görülürken, oysaki 18 nolu AGİ'lerin tahmininde yüksek başarı daha az giriş yapıları ile elde edilmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışmada aynı akarsu güzergahında yer alan ve Doğu Akdeniz Havzası'ndaki 1721, 1729 ve 1730 ile Seyhan Havzası'ndaki 1820, 1829 ve 1830 numaralı ardışık akım gözlem istasyonları verilerinden yararlanılmıştır. 1729 ve 1829 AGİ verileri bağımsız değişken; diğer istasyonların verileri ise bağımlı değişken olmak üzere çeşitli giriş kombinasyonları üzerinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Modellemelerde Doğu Akdeniz Havzası AGİ'lerinde 1994 su yılı; Seyhan Havzası'nda ise 1993 su yılı gözlemleri eksik olduğundan en fazla 6 önceki zaman aylık verileri gecikme zamanı olarak öngörülmüştür. Literatürde zaman serisi olarak girdi parametrelerinde çeşitli önceki adım sayıları söz konusu olup, çalışma genelinde 6 ay ve öncesi girişlerin bir önceki model değerlendirmelerine kıyasla sonuçlarda pek bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Dolayısı ile modellemeler bu çerçevede, MS-Excel programı kullanılarak ÇDOR yöntemi ile analiz edilmiştir. Verilerin %70'i eğitim, kalan %30'u ise test sürecinde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar belirlilik katsayısı ( $R^2$ ), Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Ortalama Mutlak Göreceli Hata (OMGH) performans kriterlerine göre incelenmiştir.

Modelleme sonuçlarına göre 1829 ile 1830 AGİ ÇDOR sonuçları en uygun model yapısı olarak ifade edilebilir. Bu modellemede eğitim aşamasında en yüksek  $R^2$  0.943 ile, test aşamasında ise 0.969 olarak elde edilmiştir. Hata değerinin tüm modellemeler bakımından en düşük olarak gözlemlendiği bu sonuçlarda OKH kriteri özellikle test aşamasında sıfıra çok yakın bir değer vermiştir. Birbirine oldukça yakın istasyonlarda korelasyon değerlerinin yüksek, hata miktarlarının ise düşük olduğu söylenebilir. İlerleyen zamanlarda çeşitli hidrometeorolojik verilerin giriş verisi olarak değerlendirildiği çalışmalarla birlikte doğrusal olmayan regresyon sonuçları elde edilebilir, bu sonuçların literatürdeki uygulamalarla olan benzerlik ve farklılıkları irdelenebilir. Su kaynaklarının etkili yönetimi süreçleri ele alındığında eksik verilerin doğruya yakın bir şekilde tahmin edilmesi büyük önem taşımakta olup, bu sayede mevcut su kaynakları üzerine inşa edilmesi planlanan yapıların özellikle tasarımı açısından uygun çözümler gerçekleştirilebilecektir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Anusree, K., ve Varghese, K. O. (2016). Streamflow prediction of Karuvannur River Basin using ANFIS, ANN and MNLR models. *Procedia Technology*, 24, 101-108. [https://doi: 10.1016/j.protcy.2016.05.015](https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.015)
- Babacan, H. T., ve Saka, F. (2022). Makine öğrenmesi ile Aksu Deresi'nde akış tahmin modeli geliştirilmesi. *Türk Hidrolik Dergisi*, 6(1), 1-11.
- Burgan, H. İ. (2022). Comparison of different ANN (FFBP GRNN RBF) algorithms and multiple linear regression for daily streamflow prediction in Kocasu river – Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(5), 4699-4708.
- Dayan, F., Demirci, M., Üneş, F., ve Taşar, B. (2021). Nehirlerdeki katı madde miktarının Bulanık SMGRT yöntemi ile tahmini. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(4), 294-307.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) (2011). *Akım gözlem yıllıkları*, Ankara. (Erişim tarihi: 01.06.2022)
- Gümüş, V., Kavşut, M. E., ve Yenigün, K. (2011). Yağış-akış ilişkisinin modellenmesinde YSA kullanımının değerlendirilmesi: Orta Fırat Havzası uygulaması. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 6(1), 389-397.
- Gümüş, V., ve Kavşut, M. E. (2013). Zamanti Nehri-Ergenusağı istasyonu eksik aylık akım verilerinin tahmini. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji GU J Sci Part:C*, 1(2): 81-91.
- Gümüş, V., Soydan, N. G., Şimşek, O., Aköz, M. S., ve Kırkgöz, M. S. (2013). Yağış-akış ilişkisinin belirlenmesinde farklı yapay sinir ağı yöntemlerinin karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 37-49.
- Harun, M. A., Safari, M. J. S., Gul, E., ve Ghani, A. A. (2021). Regression models for sediment transport in tropical rivers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 53097-53115. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14479-0>
- Kaya, Y. Z., Zelenakova, M., Üneş, F., Demirci, M., Hlavata, H., ve Mesaros, P. (2021). Estimation of daily evapotranspiration in Košice City (Slovakia) using several soft computing techniques. *Theoretical and Applied Climatology*, 144, 287-298. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03525-z>
- Kaya, S., ve Babacan, E. K. (2021). Bayesci yaklaşım ile regresyon modellerinde parametre tahmini. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 439-462. <https://doi.org/10.31466/kfbd.910703>
- Poul, A. K., Shourian, M., ve Ebrahimi, H. (2019). A comparative study of MLR, KNN, ANN and ANFIS models with Wavelet Transform in monthly stream flow prediction. *Water Resources Management*, 33, 2907-2923. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02273-0>
- Ravansalar, M., Rajae, ve Kisi, O. (2017). Wavelet-linear genetic programming: A new approach for modeling monthly streamflow. *Journal of Hydrology*, 546, 461-475. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.018>
- Rezaeianzadeh, M., Tabari, H., Yazdi, A. A., Isik, S., ve Kalin, L. (2014). Flood flow forecasting using ANN, ANFIS and regression models. *Neural Comput & Applic*, 25, 25-37. <https://doi.org/10.1007/s00521-013-1443-6>
- Seçkin, N., Güven, A., ve Yurtal, R. (2010). Taşkın debilerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Batı Karadeniz Havzası örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1-2), 45-57.
- Seçkin, N. (2011). Modeling flood discharge at ungauged sites across Turkey using neuro-fuzzy and neural networks. *Journal of Hydroinformatics*, 13(4), 842-849. <https://doi.org/10.2166/hydro.2010.046>
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2019). *Doğu Akdeniz Havzası taşkın yönetim planı*. Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2020). *Seyhan Havzası taşkın yönetim planı*. Ankara.

- Terzi, Ö., ve Önal, S. (2012). Application of artificial neural networks and multiple linear regression to forecast monthly river flow in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 7(8), 1317-1323. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1426>
- Turhan, E. (2012). *Seyhan Havzası'nın yağış-akış ilişkisinin yapay sinir ağları yöntemi ile modellenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Turhan, E., ve Özmen-Çağatay, H. (2016a). Eksik akım verilerinin tahmin modelinin oluşturulmasında yapay sinir ağlarının kullanımı: Asi Nehri-Demirköprü akım gözlem istasyonu örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1), 93-106.
- Turhan, E., Özmen-Çağatay, H., ve Çetin, A. (2016b). Yapay sinir ağı yöntemleri ile Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası yağış-akış ilişkisinin modellenmesi ve yağışlı-kurak dönemler açısından irdelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 227-241.
- Turhan, E. (2021). A comparative evaluation of the use of artificial neural networks for modeling the rainfall-runoff relationship in water resources management. *Journal of Ecological Engineering*, 22(5), 166-178. <https://doi.org/10.12911/22998993/135775>
- Uluğtekin, N., Bektas, F., Dogru, A. O., Goksel, C., Alaton, I. A., ve Orhon, D. (2005). The use of remote sensing and GIS technologies for comprehensive wastewater management. *Conference: 31. International Symposium on Remote Sensing of Environment, Global Monitoring for Sustainability and Security*, USA.
- Üneş, F., Taşar, B., Demirci, M., Zelenakova, M., Kaya, Y. Z., Varçin, H. (2021). Daily suspended sediment prediction using seasonal time series and artificial intelligence techniques. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 23, 117-137. <https://doi.org/10.54740/ros.2021.008>
- Yıldıran, A., ve Kandemir, S. Y. (2018). Yağış miktarının yapay sinir ağları ile tahmini. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 97-104.
- Yıldıran, A., ve Kandemir, S. Y. (2020). Porsuk çayı akım verilerinin değerlendirilmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(1), 329-340. <https://doi.org/10.24012/dumf.448627>
- Zakaria, Z. A., ve Shabri, A. (2012). Streamflow forecasting at ungaged sites using support vector machines. *Applied Mathematical Sciences*, 60(6), 3003-3014.
- Zhang, Z., Zhang, Q., ve Singh, V. P. (2018). Univariate streamflow forecasting using commonly used data-driven models: literature review and case study. *Hydrological Sciences Journal*, 63(7), 1091-1111. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1469756>