

Yapay Sinir Ağı Yöntemleri ile Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesi ve Yağışlı-Kurak Dönemler Açısından İrdelenmesi

Evren TURHAN^{*1}, Hatice ÖZMEN ÇAĞATAY², Abdurrahim ÇETİN³

^{1,3}Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Geliş tarihi: 07.06.2016

Kabul tarihi: 23.11.2016

Öz

Son yıllarda yağış-akış ilişkisini modellemede yapay zeka tekniklerinin kullanımı çok yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'ndaki belirlenmiş Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) ve Çatalan, Karaisalı Yağış Gözlem İstasyonu (YAGİ) verilerinden yararlanılarak yağış-akış ilişkisinin modellenmesi üzerine çalışılmıştır. İleri Beslemeli Geri Yayınımlı (İBGYSA) ve Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA) gibi farklı Yapay Sinir Ağı (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon (ÇDOR) yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) analizi de yapılarak tahmin modeli test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, Yağış-akış, Aşağı Seyhan alt havzası, SYİ

Modelling of Rainfall-Runoff Relation with Artificial Neural Network Methods for Lower Seyhan Plain Sub-Basin and Assessment in Point of Rainy-Droughty Terms

Abstract

Recently, using artificial intelligence techniques for modelling of rainfall-runoff relation is a very common application. In this study, modelling of rainfall-runoff relation for Lower Seyhan Plain Sub-Basin was applied with using existed flow data of certain Flow Observation Stations (FOS) in this basin and rainfall data of Çatalan, Karaisalı Rainfall Observation Stations (ROS). Different artificial neural network methods as Feed Forward Back Propagation Neural Networks (FFBPNN) and Generalized Regression Neural Networks (GRNN) were used. Obtained results were compared with Multiple Non-Linear Regression (MNL) results. In this context, also analysing by using the Standardized Precipitation Index (SPI) method, estimation model has been tested.

Keywords: Artificial neural networks, Rainfall-runoff, Lower Seyhan sub-basin, SPI

* Sorumlu yazar (Corresponding author): Evren TURHAN, eturhan@adanabtu.edu.tr

1. GİRİŞ

Su kaynaklarının planlanması ve yönetimi su talebinin hızlı bir şekilde artış göstermesi neticesinde çok önemli bir duruma gelmiş olup, su yapılarının geliştirilmesinde daha detaylı ve geniş araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucunda, su yapılarının geliştirilmesinde önemli bir faktör olan akarsu akımlarının tahminine yardımcı olabilecek yağış-akış ilişkisinin modellenmesi konusu ele alınmaya çalışılmıştır. Farklı YSA yöntemleri kullanılarak içerisinde verimli tarım arazilerini barındıran Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nın yağış-akış ilişkisi modellenmeye çalışılmış, klasik ÇDOR yöntemi ile karşılaştırılarak YSA yöntemlerinin uygulanabilme durumları ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlarla birlikte SYİ metodu ile kuraklık analizi yapılmış, yağışlı ve kurak dönemleri içeren zaman periyotlarında YSA'nın akım tahminlerindeki yakınsaması değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde havza yağış-akış ilişkisinin modellenmesi konularında YSA yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Şahin [1], yaptığı çalışmada Karadeniz Bölgesi'ndeki yağış-akış ilişkisini İBGYSA, RTYSA ve GRYSA gibi farklı YSA metotları ile modellemiş, ÇDR yöntemi ile karşılaştırmıştır. Girdi verileri olarak yağış, sıcaklık, geçmiş akım değerlerini kullanarak akım tahminleri yapmıştır. Elde ettiği sonuçlar neticesinde ekstrapolasyon yapılması gerektiğinde akım tahminlerinde tercih edilmesi gereken YSA metodunun daha çok İBGYSA ve RTYSA yöntemleri olduğunu belirtmiştir.

Gümüş ve arkadaşları [2], yaptığı çalışmada Orta Fırat Havzası'nda bulunan 2122 numaralı AGİ'ye ait aylık ortalama akım verileri ile 17099 numaralı YAGİ ait aylık toplam yağış verileri arasındaki ilişkiyi araştırmışlar, İBGYSA metodu ile elde edilen sonuçları ÇDR yöntemi ile

karşılaştırmışlardır. Çalışma neticesinde İBGYSA yönteminin ÇDR yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Sattari ve arkadaşları [3] yaptıkları çalışmada YSA ile SYİ modellemesi ve geleceğe dair kuraklık analizinin yapılmasına yoğunlaşmışlardır. Modellemede İBGYSA metodunu kullanmışlar, farklı zaman dilimlerine ait yağış ve SYİ kombinasyonlarını girdi verisi olarak alıp, ileriye dönük kuraklık tahminlerinde bulunmuşlardır. Sonuç olarak modelin uzun dönem periyodunda SYİ değerlerini tahmin etmede sıkıntılar oluşturduğunu, fakat yağış serileri arasındaki korelasyon arttıkça sonuçların daha olumlu olabileceğini ifade etmişlerdir.

Turhan [4] yaptığı çalışmada YSA yöntemi ile Seyhan Havzası'nın yağış-akış ilişkisini modelleyerek, gözlenmiş yağış ve akım verilerinden akım tahminleri elde etmiştir. İBGYSA yöntemi ile ÇDR yöntemini karşılaştırmış, çalışma sonucunda İBGYSA yönteminin ÇDR yöntemine göre genelde daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Gümüş ve arkadaşları [5], yaptığı çalışmada Orta Fırat Havzası'nda bulunan 2157 numaralı AGİ'ye ait aylık ortalama akım verileri ile 17204 numaralı YAGİ'ye ait aylık toplam yağış verileri arasındaki ilişkiyi YSA metotlarından İBGYSA, GRYSA ve RTYSA ile araştırmışlar ve klasik bir metot olan ÇDR yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda RTYSA yönteminin diğer YSA'lara göre daha iyi sonuçlar verdiğini ve tüm YSA yöntemlerinin ÇDR yöntemine göre daha iyi yakınsama sağladığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, yağış-akış modellenmesinde YSA yöntemlerinden İBGYSA ve GRYSA metotları kullanılmış olup, akım bilgi elde etme süreçlerinin genelde lineer olmayan özellikte olması sebebiyle stokastik bir yöntem olan ÇDOR yöntemi ile karşılaştırılması gerektiği düşünülmüştür. Ayrıca Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'ndaki yağış verileri bakımından en uygun iki YAGİ olan Çatalan ve Karaisalı YAGİ verileri kullanılarak SYİ kuraklık analizi yapılmış, YSA akım tahmin yöntemleri ile elde edilen grafikler ışığında yağışlı

ve kurak dönem periyotları açısından modelin kullanılabilirlik derecesi değerlendirmeye alınmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası; Şekil 1’de görüldüğü üzere ülkemizin güneyinde Doğu Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası, Seyhan Havzası’nın en verimli topraklarını içerisinde barındıran, tarımsal yoğunluğun fazla olduğu bir havza özelliği taşımaktadır [6].

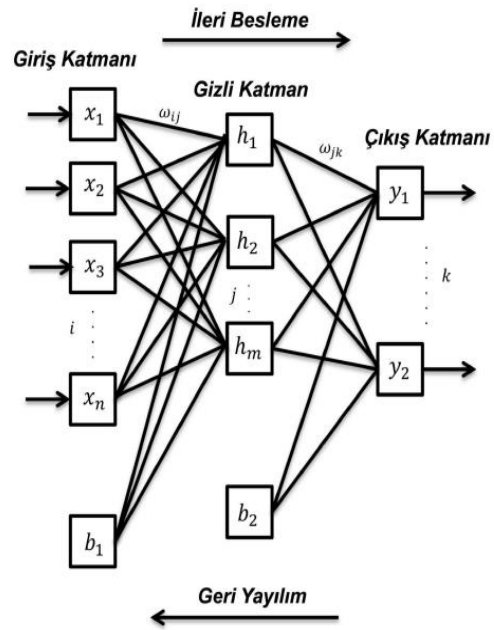


Şekil 1. Aşağı Seyhan Ovası alt havzası genel görünümü [7]

3.2. İleri Beslemeli Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları (İBGYSA)

En çok kullanılan YSA yöntemlerinden biridir. Giriş, gizli (ara) ve çıkış katmanlarından oluşmaktadır. Gizli katmanların sayısında bir sınırlama bulunmamakla birlikte genellikle bir veya iki sayıda değerlendirilmektedir. Bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar vasıtası ile giriş değerleri olarak verilmekte; giriş katmanı, girdi vektörü yardımı ile elde ettiği bilgileri ağırlık katsayısı ile çarparak gizli katmandaki hücre yapılarına iletmektedir.

Bilgi; gizli ve çıkış katmanında değişikliğe uğrayarak ağ çıkışı tamamlanmış olmaktadır. Aslında bu yapısı ile ileri beslemeli ağ modelleri non-lineer bir işleve sahiptir. Geri yayılım algoritması ise; gizli katmanda yeterli düzeyde hücre olmak kaydı şartı ile sürekli bir fonksiyonu arzu edilen yakınsamada yaklaştırabilmeyi sağlamaktadır. Şekil 2’de İBGYSA’nın genel şematik yapısı görülmektedir.



Şekil 2. İBGYSA genel şematik görünümü [8].

YSA’ların eğitiminde geri yayılım algoritması etkin olarak uygulanmaktadır. Geri yayılım algoritmasının temel kuralı arzu edilen veya ölçülmüş, mevcut değerler ile ağ çıkış değerleri arasındaki hatanın olabildiğince minimum düzeyde olmasıdır.

M katman yapısına sahip ileri beslemeli bir ağ için geri yayılım algoritması $m=1,2,3,4,\dots,M$ katman numarası olarak belirtilmek üzere,

x_i^m : m’inci katmandaki i biriminin girdisini,
 y_i^m : m’inci katmandaki i biriminin çıktısını,
 w_{ij}^m : (m-1)’inci katmandaki i birimini, m’inci katmandaki j birimine bağlayan ağırlık katsayısını ifade etmektedir.

İBGYSA uygulama aşamalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

Adım-1: w'ye reel değer ifade eden rastgele küçük başlangıç sayıları atanmaktadır.

Adım-2: Rastlantısal bir çalışma yapısı oluşturulup, m katmanındaki her bir j birimi için ileri yönde çıkış değerleri hesaplanmaktadır. Bu şekilde çıkış,

$$y_i^m = f(\sum_i y_i^{m-1} w_{ij}^m) \quad (1)$$

şeklinde elde edilmektedir.

Adım-3: Çıkış kısmı için δ olarak gösterilen hata terimleri hesaplanmaktadır.

$$\delta_i^m = (y_i^m - y_i^m) f'(X_i^m) \quad (2)$$

Adım-4: m=M,M-1,...,2 katmanlarındaki tüm i birimleri için geri yayınımla gizli katman birimleri için hata terimleri hesaplanmaktadır.

$$\delta_i^{m-1} = f'(X_i^{m-1}) \sum_i \delta_i^m w_{ij}^m \quad (3)$$

Adım-5: Tüm bu ağırlıklar w_{ij}^m 'ler kullanılarak elde edilmektedir.

$$w_{ij}^{\text{yeni}} = w_{ij}^{\text{eski}} + \Delta w_{ij}^m \quad (4)$$

Öğrenme katsayısı olarak η kullanılmakta, öğrenme aşamasında ağırlık katsayısında yapılan değişiklik Δw_{ij}^m eşitliğine göre ayarlanmaktadır. Dolayısı ile eşitlik;

$$\Delta w_{ij}^m = \eta \delta_i^m y_i^{m-1} \quad (5)$$

$$f(X,Y) = \frac{1}{(2\pi)^{(p+1)/2} s^{(p+1)}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \exp \left[-\frac{(X-X_i)^T (X-X_i)}{2s^2} \right] \exp \left[-\frac{(Y-Y_i)^2}{2s^2} \right] \quad (7)$$

Bu denklemde p, x vektörünün boyutu olup; n gözlenmiş veri sayısını, s ise düzeltme parametresini göstermektedir. D_i^2 skaler bir fonksiyon olarak kabul edilmek üzere;

$$D_i^2 = (X-X_i)^T (X-X_i) \quad (8)$$

olarak tanımlanırsa, bağımsız x değişkenine göre bağımlı y değişkeninin regresyonu;

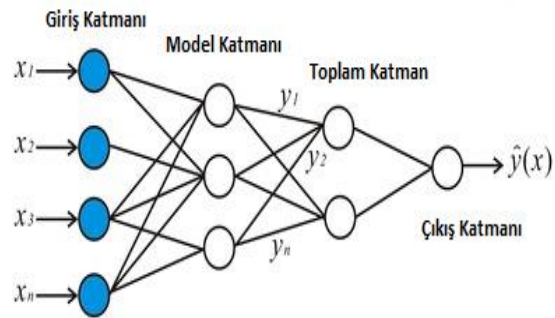
şekline dönüştürülmektedir.

Adım-6: Adım-2'ye dönülüp, toplam hata değeri kabul edilebilir bir seviyeye gelene kadar her bir adım için işlemler tekrarlanmaktadır [9].

3.3. Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA)

Geri yayınımla kullanıldığı gibi bir iteratif yapı içermemektedir. $f(x,y)$ müşterek olasılık yoğunluk fonksiyonunun bilinmesi halinde, bağımsız x değişkenine göre bağımlı y değişkeninin regresyonu şu şekilde yazılmaktadır:

$$E \left[\frac{y}{X} \right] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(X,y) dy}{\int_{-\infty}^{\infty} f(X,y) dy} \quad (6)$$



Şekil 3. GRYSA genel şematik görünümü [10]

Eğer olasılık yoğunluk fonksiyonu bilinmemekteyse gözlenen X^i ve Y^i değerlerinden bu fonksiyon tahmin edilebilmektedir.

$$Y(X) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \exp \left(-\frac{D_i^2}{2s^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \exp \left(-\frac{D_i^2}{2s^2} \right)} \quad (9)$$

şeklinde elde edilmektedir [5].

Model oluşturulurken transfer fonksiyonu olarak 'Logaritmik Sigmoid Transfer Fonksiyonu'

kullanılmakta ve çıkışlar (0,1) aralığında oluşturulmakta, çıkış katmanı ise doğrusal fonksiyon şeklinde olmaktadır. Bu sebeple veriler ağ yapısına girmeden normalize edilmelidir. Normalizasyon yapılması çok yüksek veriler olmasına rağmen bir sorun teşkil etmemektedir. Denklem (10) kullanılarak normalize işlemi gerçekleştirilmektedir.

$$Q_{ne} = \psi \frac{Q_e - Q_{min}}{Q_{mak} - Q_{min}} + \rho \quad (10)$$

Q_{min} ve Q_{max} her bir istasyonun minimum ve maksimum debisini; Q_e normalize edilmiş debi değerlerini göstermektedir. Denklemdaki Ψ ve ρ değerleri sırası ile 0,6 ve 0,2 sabiti olarak değerlendirilmiştir. Denklem ters işlem uygulanarak normalizasyon tamamlanmıştır.

$$OKH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{ölçülen} - Q_{hesaplanan})^2 \quad (11)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ölçülen} - Q_{ortalama})^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{ölçülen} - Q_{hesaplanan})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{ölçülen} - Q_{ortalama})^2} \quad (12)$$

3.4. Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon (ÇDOR)

Lineer regresyon ile temelde benzer olmakla beraber lineer olmayan regresyonda da ulaşılmak istenen hedef bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında lineer olmayan bir ilişkinin var olup olmadığıdır. Lineer olmayan regresyonda lojistik, üstel ve polinom denklemleri genelde kullanılmaktadır. Bu tip denklemlerde, üzerinde ilişki olup olmadığı irdelenen değişken ve bağımlı parametreler ele alınarak bulunması gereken birkaç bilinmeyen parametre mevcut olmaktadır. Örneğin P bağımlı değişkeni ile denklem (13)'te verilen bağımsız değişkenler arasında üstel bir fonksiyon düşünülerek lineer olmayan regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

$$P = v a_1^{\beta_1} a_2^{\beta_2} a_3^{\beta_3} \dots a_n^{\beta_n} \quad (13)$$

Burada β_i i'nci model parametresi, v çarpımsal hata terimi ve n değişken sayısını belirtmektedir [11].

Ortalama Karesel Hata (OKH) değerinin sıfıra, R^2 değerinin de 1'e yakın olması iyi bir tahmin yapıldığını göstermektedir. Saklı tabaka veya gizli katmanda tek nöron değeri yani hücre sayısı kullanılmıştır. Çıkış değeri ise 1'dir.

Tahmin verileri OKH ve Belirlilik Katsayısı (R^2) baz alınarak $Q_{ölçülen}$ gözlenmiş akım verilerini, $Q_{hesaplanan}$ modelleme sonucu elde edilen akım verilerini göstermektedir. Eldeki mevcut verilerin %70'i eğitim, %30'u test aşamasında kullanılmıştır. YSA yöntemleri ile yapılan modellemeler MATLAB programında yapılmış olup, MS Excel programı sonucu elde edilen ÇDOR değerleri ile karşılaştırılmıştır.

N ifadesi toplam veri olarak değerlendirildiğinde,

3.5. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi (SYİ)

SYİ genel olarak belirli bir zaman dilimi içerisinde yağış ölçümlerinin ortalama değerden farkının hesaplanan standart sapma değerine bölünmesi ile elde edilmektedir.

X_i : Belli bir zaman dilimindeki ortalama yağış değerini

X_i^{ort} : Seçilmiş bir zaman dilimi içerisindeki yağış değerleri ortalamasını

σ : Standart sapma değerini

göstermek üzere SYİ ifadesini şu şekilde yazabiliriz:

$$SYI = \frac{X_i - X_i^{ort}}{\sigma} \quad (14)$$

Ayrıca n ifadesinin belirli bir ay için gözlem sayısını, x ifadesinin ise o ayın ortalama yağış değerini ifade ettiği bir eşitlikte standart sapma değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (15)$$

İndeksin hesaplanmasında yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması nedenleriyle karmaşık bir yapı göstermekte ve bu nedenle yağış serileri öncelikle normal dağılıma uyacak hale getirilmektedir. Elde edilen SYİ değerleri yağış verilerinin eksik olması nedenleri ile lineer olarak artan ve azalan bir trend

göstermektedir. SYİ değerlerine normalizasyon işlemleri uygulanarak seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak hem de yağışlı dönemler aynı şekilde belirlenebilmektedir. SYİ değerleri kullanılarak yapılan kuraklık analizinde indeksin sürekli eksi değeri aldığı negatif zaman periyodu kurak dönem olarak addedilmektedir. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın orijin noktası olarak kabul edilmekte, pozitif değere yükseldiği ay ise kuraklığın bitiş noktası olarak belirlenmektedir. SYİ yöntemi ile kuraklık kategorisi Çizelge 1’de gösterilmektedir. Bölgedeki mevcut kullanılabilir su kaynaklarının koşullarına göre zaman aralıkları değişken olabilmektedir [12].

Çizelge 1. SYİ değeri-kuraklık kategorisi sınıflandırması [12]

<i>SYİ Değeri</i>	<i>Kuraklık Kategorisi</i>	<i>SYİ Değeri</i>	<i>Kuraklık Kategorisi</i>
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı	0-(-0,99)	Normale yakın kuraklık
1,50-1,99	Çok yağışlı	-1,00-(-1,49)	Orta şiddetli kuraklık
1,00-1,49	Orta şiddetli yağışlı	-1,50-(-1,99)	Şiddetli kuraklık
0,99-0	Normal	≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

3.6. Eksik Yağış Verilerinin Tamamlanması

Bir istasyondaki kayıtların bir kısmı eksik ise eksik olan kısmı tamamlayabilmek amacı ile yakın konumda bulunan istasyonların kayıtlarından faydalanılabilmektedir. En yakın üç istasyondaki ortalama yağışlar N_A , N_B , N_C ; eksik olan yağışa karşılık gelen okumalar ise P_A , P_B , P_C olarak değerlendirilirse ortalama yağışı N_x olan istasyondaki bilinmeyen yağış yüksekliği aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir [4]:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right) \quad (16)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası’nda bulunan ve mevcut datalar bakımından birbirleri ile uyumlu olan Çatalan ve Karaisalı YAGİ’lerinden aylık yağış ortalama değerleri ve Seyhan Havzası’nın 1817-1820-1821 nolu AGİ’lerinin önceki akım değerleri kullanılarak akım tahmin modellemesi oluşturulmaya çalışılmıştır [13]. YSA mimarisinde 6 adet giriş verisi alınmıştır. Bu 6 adet veriden 2 tanesi aylık ortalama yağış verileri olup, kalan 4 adedi 1817-1820-1821 AGİ’lerinden alınan akım verilerinin farklı kombinasyonlarla yerleştirilmesi şeklindedir (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 2 ve 3'te de görüldüğü üzere modelleme mimarileri 6 giriş verisi, 1 gizli katman ve 1 çıkış yapısı şeklinde oluşturulmuştur. Eğitim ve test dataları ayrı ayrı değerlendirilmiş, çıkış değerleri 1817-1820 ve 1821 AGİ'lerinin belirlenmiş zaman

dilimi için akım tahminleri şeklinde ele alınmıştır. YSA yöntemlerinin klasik bir yöntem olan ÇDOR yöntemine çok büyük oranda yakınsama sağladığı, bazı modelleme yapılarında az da olsa daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 2. İBGYSA ve ÇDOR modellemeleri için eğitim ve test sonuçları

Dene me	Giriş Katmanı	Çıkış	İBGYSA				ÇDOR			
			Eğitim		Test		Eğitim		Test	
			R ²	OKH	R ²	OKH	R ²	OKH	R ²	OKH
1	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1821 _t Q1817 _{t+1}	Q1817 _t	0,933	23,45	0,913	11,44	0,925	8,61	0,914	2,19
2	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1821 _t Q1820 _{t+1}	Q1820 _t	0,927	16,81	0,903	7,37	0,927	10,07	0,926	5,68
3	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1817 _{t+2} Q1821 _{t+1}	Q1821 _t	0,814	37,28	0,851	16,65	0,819	26,45	0,823	18,15
4	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1820 _{t+2} Q1821 _{t+1}	Q1821 _t	0,862	27,34	0,870	13,89	0,874	11,23	0,903	9,64
5	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1820 _{t+2} Q1817 _{t+1}	Q1817 _t	0,941	20,57	0,917	10,75	0,938	17,45	0,898	7,78
6	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1817 _{t+2} Q1820 _{t+1}	Q1820 _t	0,927	16,21	0,900	7,66	0,924	13,08	0,918	6,52

Yağış verileri 0,1 ile 0,9 arasında ölçeklendirilerek zaman aralığı (t) 1972-1979 yılları arası alınmış, eğitim ve test aşamalarında değerlendirilmiştir.

Toplamda 93 adet verinin 66'sı eğitim aşamasında, 27 veri ise test aşamasında kullanılmıştır.

Çizelge 3. GRYSA ve ÇDOR modellemeleri için eğitim ve test sonuçları

Deneme	Giriş Katmanı	Çıkış	GRYSA				ÇDOR			
			Eğitim		Test		Eğitim		Test	
			R ²	OKH	R ²	OKH	R ²	OKH	R ²	OKH
1	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1821 _t Q1817 _{t+1}	Q1817 _t	0,993	2,32	0,842	20,95	0,925	8,61	0,914	2,19
2	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1821 _t Q1820 _{t+1}	Q1820 _t	0,974	5,97	0,815	14,89	0,927	10,07	0,926	5,68
3	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1817 _{t+2} Q1821 _{t+1}	Q1821 _t	0,929	14,42	0,890	23,66	0,819	26,45	0,823	18,15
4	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1820 _{t+2} Q1821 _{t+1}	Q1821 _t	0,948	10,72	0,913	17,83	0,874	11,23	0,903	9,64
5	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1820 _t Q1820 _{t+1} Q1820 _{t+2} Q1817 _{t+1}	Q1817 _t	0,993	2,49	0,876	16,64	0,938	17,45	0,898	7,78
6	Pçatalan _t Pkaraisalı _t Q1817 _t Q1817 _{t+1} Q1817 _{t+2} Q1820 _{t+1}	Q1820 _t	0,980	4,38	0,917	7,28	0,924	13,08	0,918	6,52

Şekil 4 ve 5'teki grafikler İBGYSA ve GRYSA değerleri zamana bağlı olarak eğitim ve test aşamasında sınınanarak elde edilmiştir. Grafikler pik debiler haricinde çok büyük oranda yakın sonuçlar vermiş, eğitim aşamasında YSA yöntemlerinin ciddi bir korelasyon sağladığı görülmüştür. Eğrilerin dönüm noktalarında hata oranları

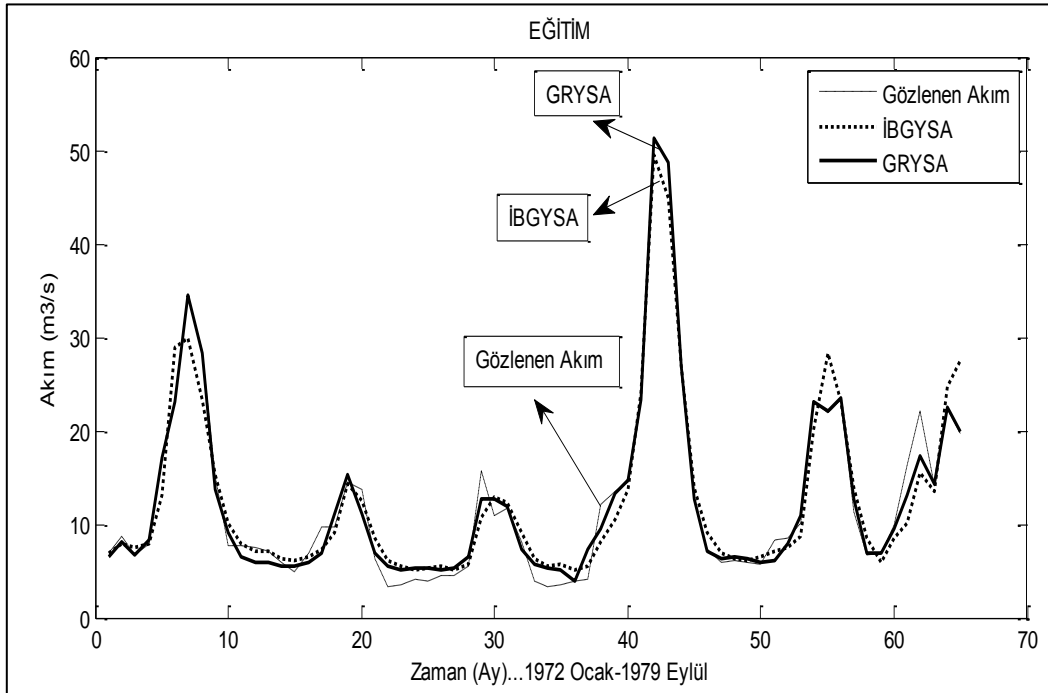
artmakta ve test aşamasında korelasyon biraz azalmakta ve yakınsaklıktan uzaklaşmaktadır. Bunun nedeninin test aşamasında sınınanan data sayısının az sayıda olması olarak düşünülmektedir. Her iki yöntemden GRYSA yönteminin ÇDOR yöntemine göre az dahi olsa daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Şekil 6 ve 7’de Deneme 6’nın klasik bir stokastik yöntem olan ÇDOR yöntemi ile elde edilen grafik sonuçları gösterilmektedir. Eğriler incelendiğinde YSA yöntemlerinin sonuçlarında görüldüğü gibi ÇDOR yönteminin de eğitim aşamasında ciddi bir yakınsama sağladığı, pik debilerde hata oranının arttığı ve kırılmaların gerçekleştiği dönüm noktalarında eğrilerin birbirinden uzaklaştığı göze çarpmaktadır. Fakat ÇDOR yöntemi test aşamasında YSA yöntemlerinden farklı olarak data sayısı az olmasına rağmen yakınsaklığı biraz da olsa sağlayabilmiştir. Şekil 8, 9, 10 ve 11’deki grafikler Deneme 6’da ele alınan YSA mimari yapılarına göre MATLAB programı çıktılarını oluşturmaktadır. Grafikler incelendiğinde; GRYSA metodunun eğitim aşamasında $y=x$ doğrusu ile neredeyse çakışmakta olduğunu, test aşamasında ise $y=x$ doğrusundan sapma gösterdiğini görebilmek mümkündür. Genelde

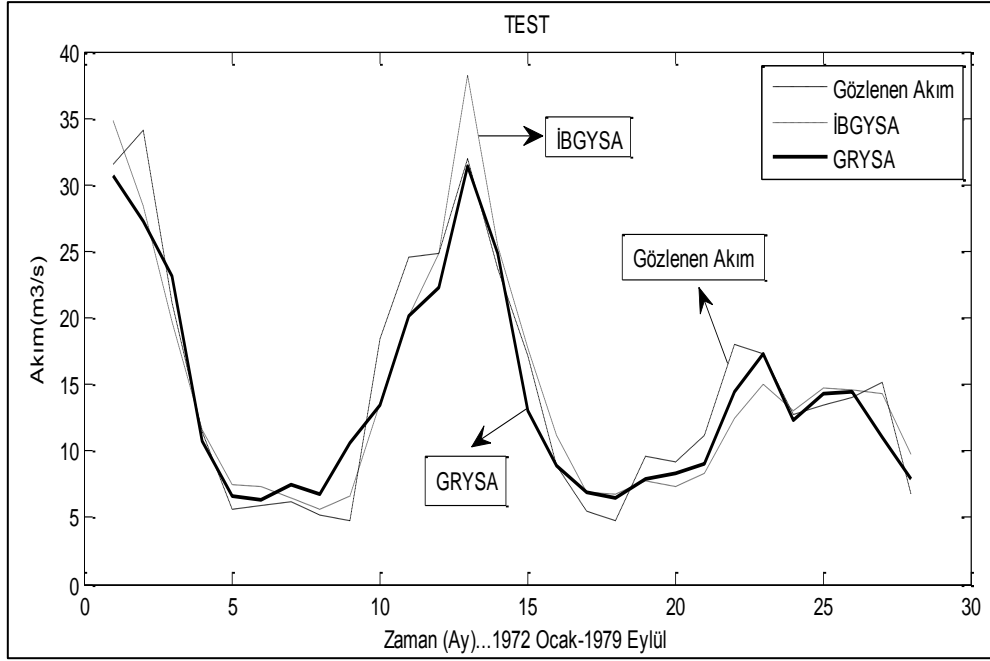
GRYSA yönteminin daha başarılı sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz.

Şekil 12’de ÇDOR yönteminin Eğitim ve Test aşamasındaki R^2 belirlilik katsayısı grafikleri bulunmaktadır. ÇDOR test aşamasında YSA metotlarına göre daha iyi bir yakınsama sağlamıştır. OKH değerinin daha düşük olması yani hata oranının azlığı bunda büyük bir etken olarak görülmektedir. Fakat R^2 değerleri göz önüne alındığında arada çok fazla bir fark olmadığı da aşikardır.

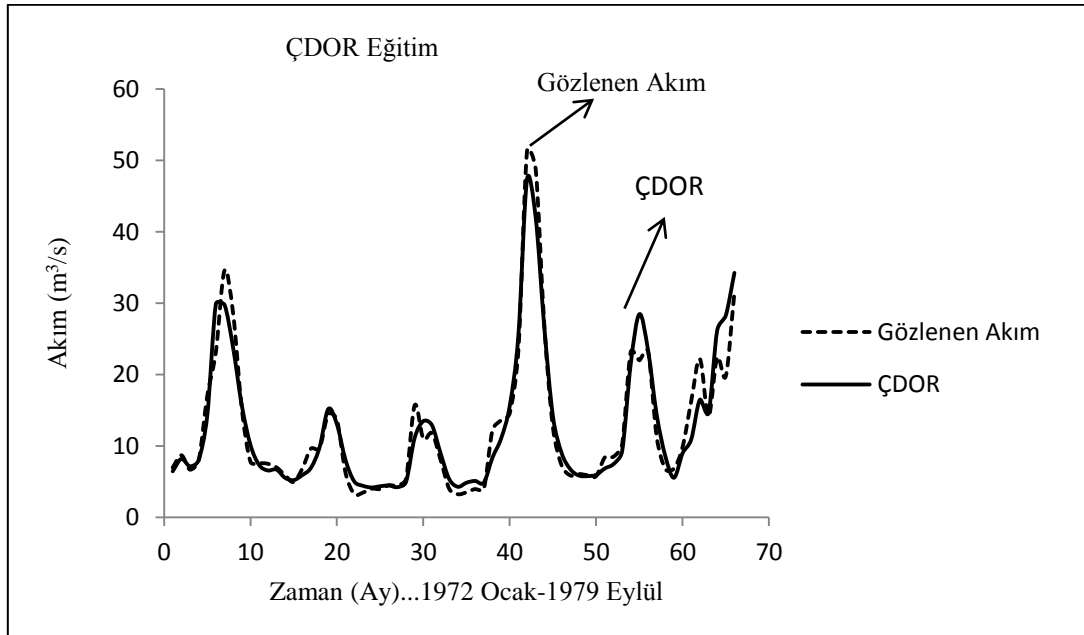
Şekil 13 ve 14’te Çatalan ve Karaisalı YAGİ dotaları kullanılarak SYİ metodu ile zamana bağlı (Veriler (t) 1972-1979 yılları arası alınmıştır.) SYİ değerleri grafiği MS Excel programı yardımı ile oluşturulmuştur.



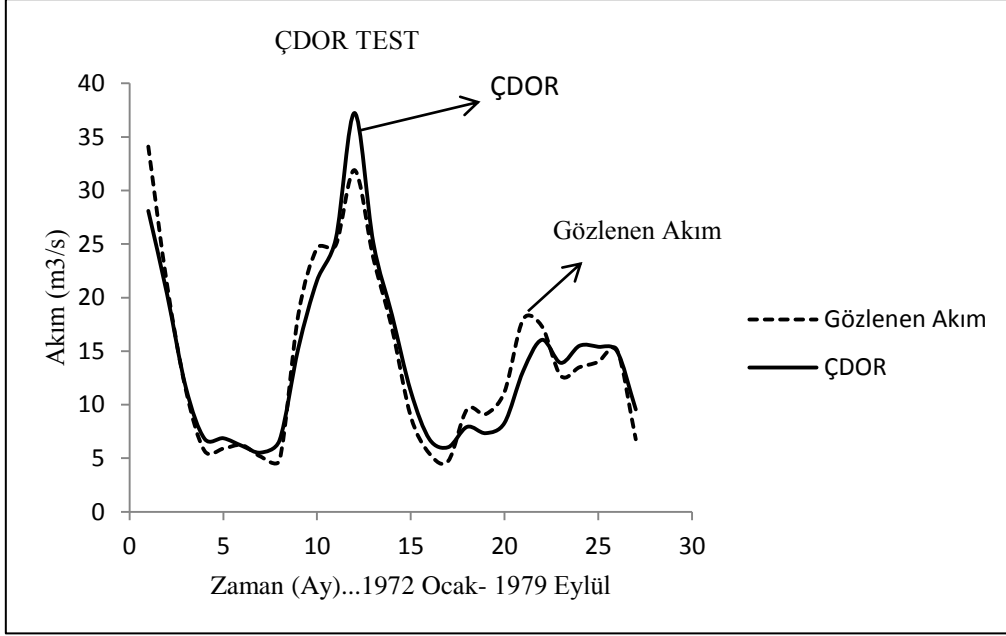
Şekil 4. Deneme 6’nın eğitim dönemi için İBGYSA-GRYSA yöntemleri ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri



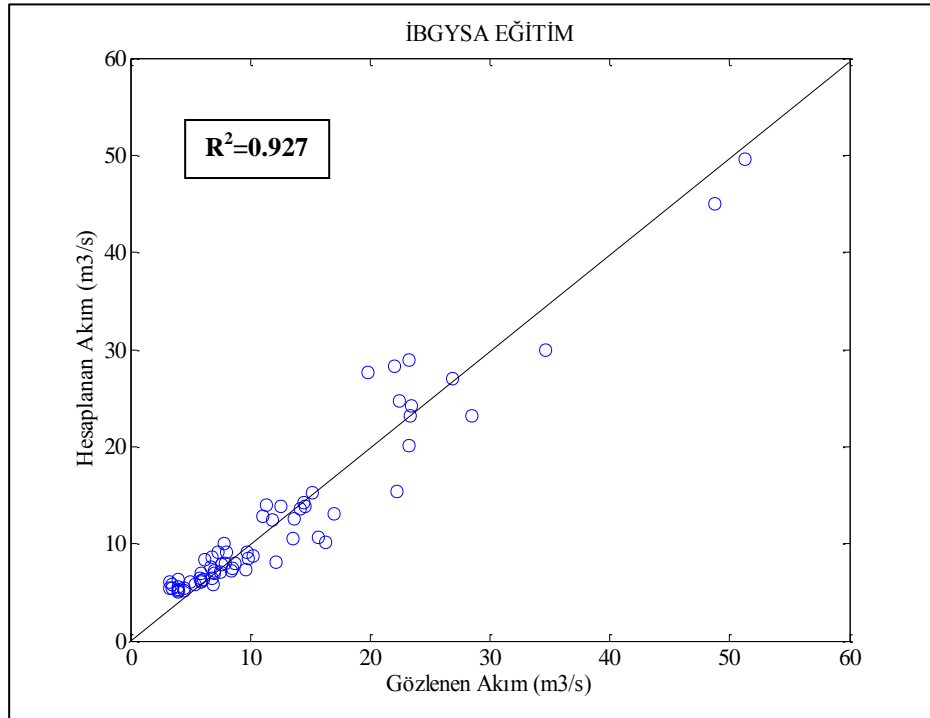
Şekil 5. Deneme 6'nın test dönemi için İBGYSA-GRYSA yöntemleri ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri



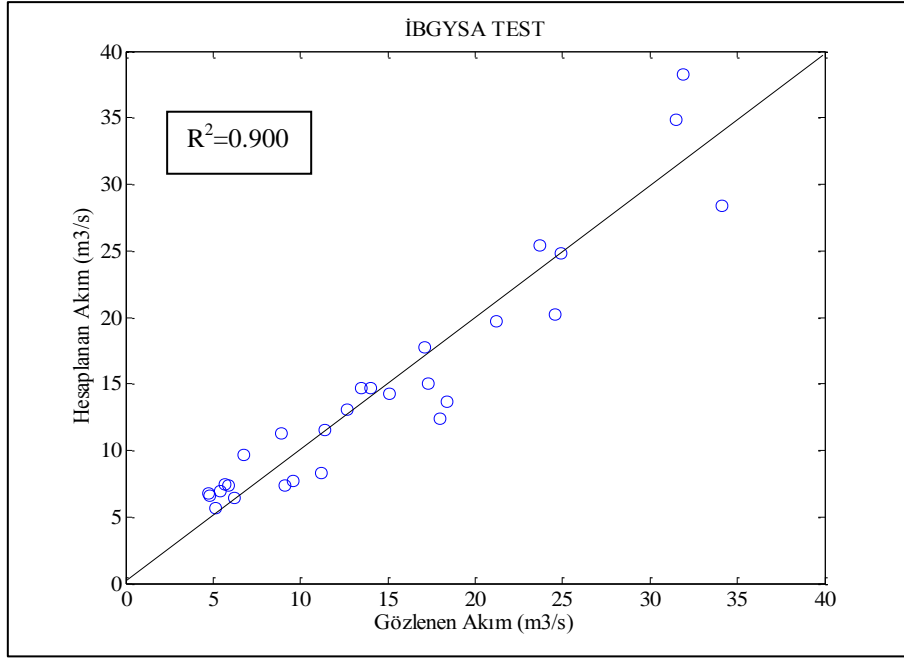
Şekil 6. Deneme 6'nın eğitim dönemi için ÇDOR yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri



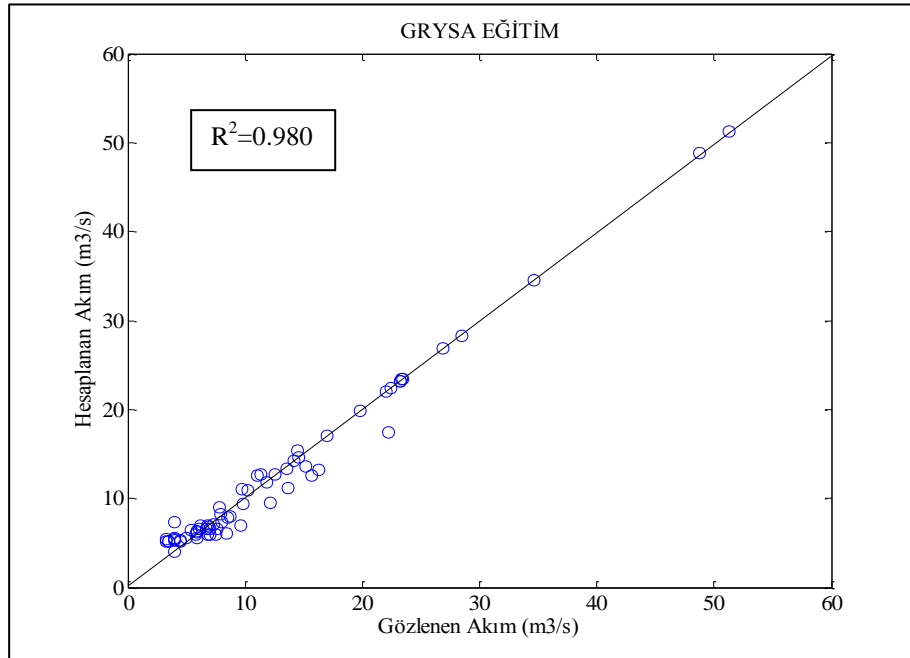
Şekil 7. Deneme 6'nın test dönemi için ÇDOR yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri



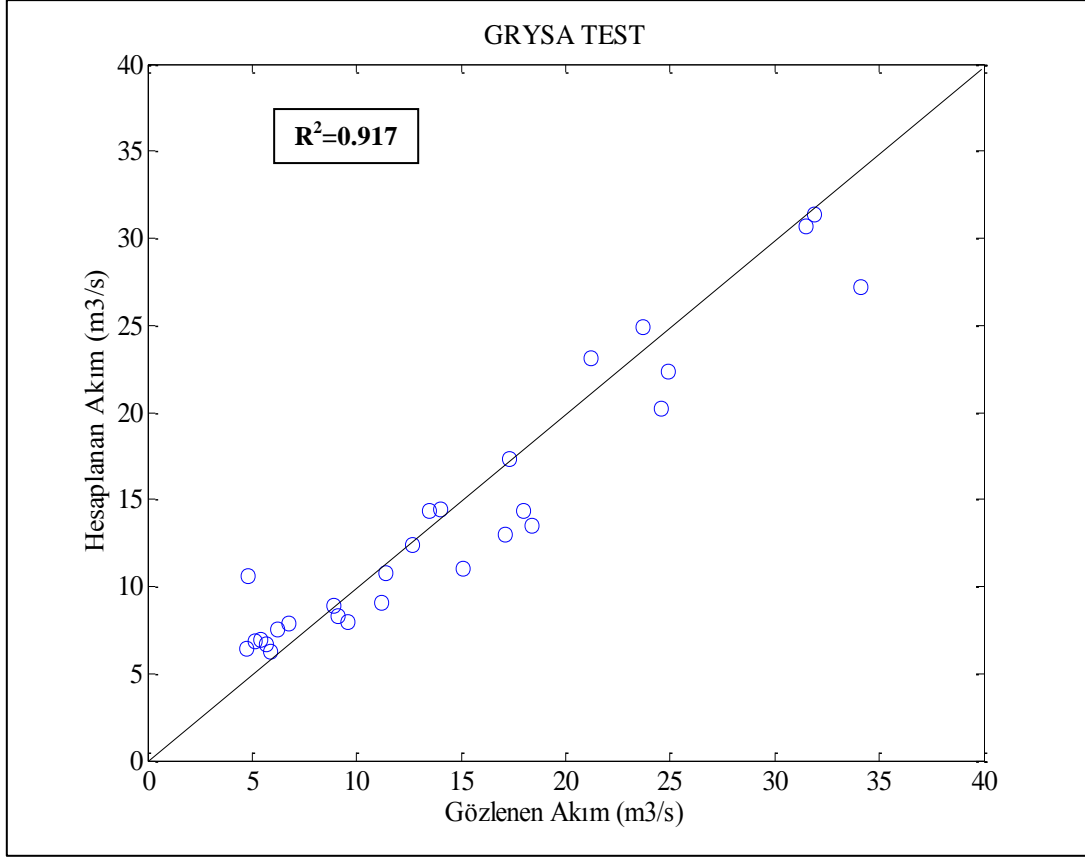
Şekil 8. Deneme 6'nın eğitim dönemine ait İBGYSA yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri belirlilik katsayısı (R^2)



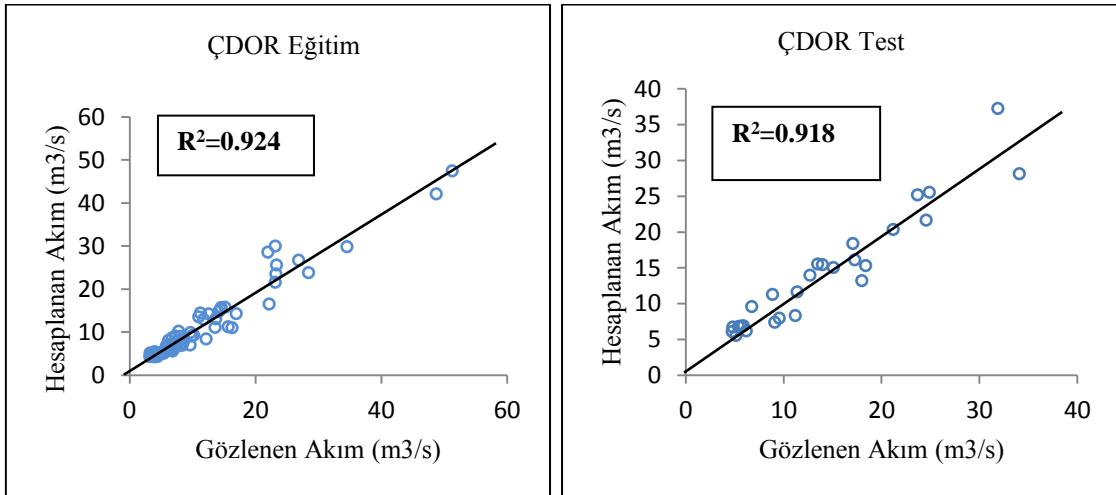
Şekil 9. Deneme 6'nın test dönemine ait İBGYSA yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri belirlilik katsayısı (R^2)



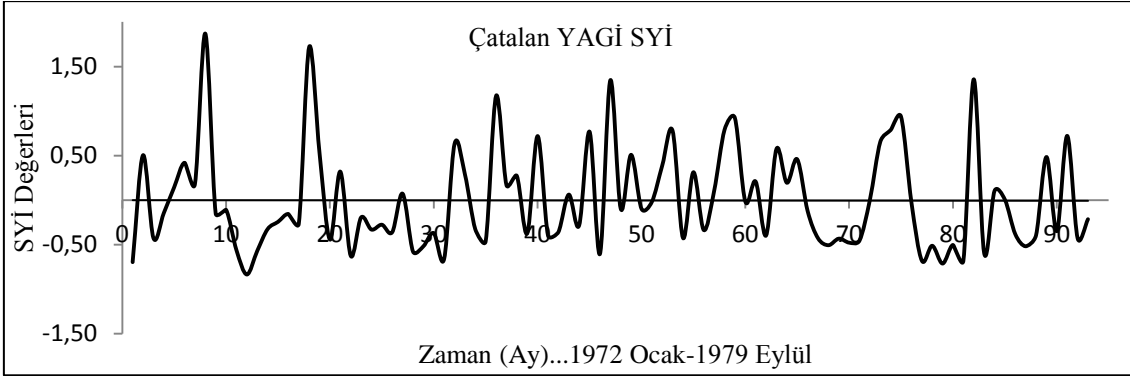
Şekil 10. Deneme 6'nın eğitim dönemine ait GRYSA yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri belirlilik katsayısı (R^2)



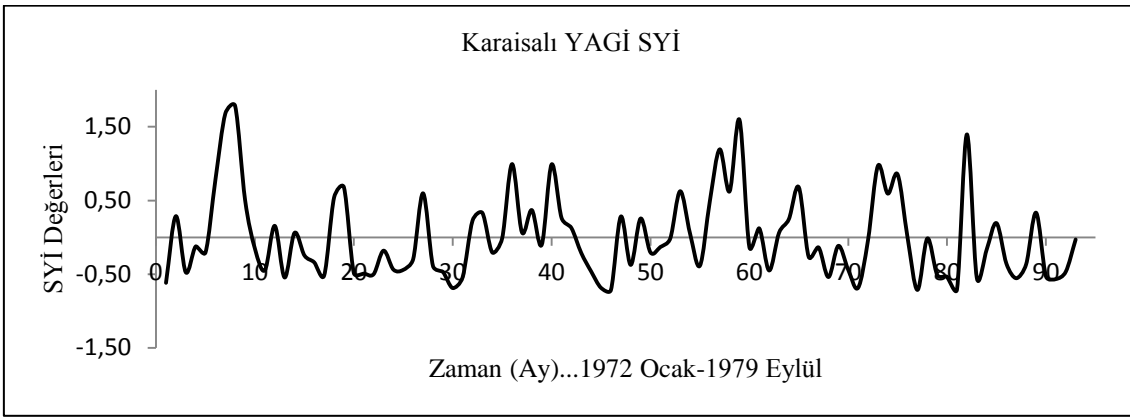
Şekil 11. Deneme 6'nın test dönemine ait GRYSA yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri belirlilik katsayısı (R^2)



Şekil 12. Deneme 6'nın eğitim (sol) ve test (sağ) dönemine ait ÇDOR yöntemi ile tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri belirlilik katsayısı (R^2)



Şekil 13. Çatalan YAGİ SYİ değerlerinin zamanla değişimi



Şekil 14. Karaisalı YAGİ SYİ değerlerinin zamanla değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma neticesinde yağış-akış modelinin Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'na uygulanmasında YSA yöntemlerinden GRYSA metodunun akım tahmin problemlerinde kullanılmasının iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Daha iyi sonuçları elde etmek bakımından çok fazla sayıda deneme yapılması gerekmekte olup, kullanılan girdi verileri haricinde yeni girdiler sağlanarak oluşturulacak daha farklı modelleme yapıları başarı düzeyini daha yukarılara çekebilecek, hataları daha düşük seviyelere indirilebilecektir.

Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda geliştirilen yağış-akış modelinin su kaynaklarının doğru ve sürdürülebilir işletilmesi konusunda özellikle yağışlı ve kurak dönemler açısından gerek duyulan

veri ve karar destek süreçlerinde ciddi kolaylıklar sağlayacağı aşikardır. İlerleyen zamanlarda modelleme ile ilgili duyarlılık düzeyinin belirlenebileceği ve girdilerdeki farklı değişkenlerin arzu edilen sonuçları yakalamada nasıl bir etkisi olabileceğine yönelik çalışmalar yapılabilir. Böylece girdi değişkenliği sonrasında modelin eksik kısımları tespit edilebilecek ve geliştirilmesi sağlanabilecektir.

6. KAYNAKLAR

1. Şahin, M., 2007. Karadeniz Bölgesindeki Yağış-Akış İlişkisinin Farklı Yapay Sinir Ağları Metotlarıyla Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
2. Gümüş, V., Kavşut, M.E., Yenigün, K., 2010. Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesinde Orta

- Fırat Havzası Uygulaması, 2. Su Yapıları Sempozyumu, 14-16 Ekim, Diyarbakır.
3. Sattari, M.T., Yürekli, K., Ünlükara, A., 2011. Karaman İlinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Kuraklığın Tahmini, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, Vol:4, No:1, pp:07-13.
 4. Turhan, E., 2012. Seyhan Havzası'nın Yağış-Akış İlişkisinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
 5. Gümüş, V., Soydan, N.G., Şimşek, O., Aköz, M.S., Kırkgöz, M.S., 2013. Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Vol:28, No:1, 37-49.
 6. Seyran, Z., 2009. Aşağı Seyhan Ovasının Geçmişten Günümüze Arazi Kullanımındaki Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
 7. Yeler, O., Şatır, O., Berberoğlu, S., 2014. Tarımsal Ürün Deseninin Çok Zamanlı Landsat Veri Seti Kullanılarak Objeler Tabanlı Belirlenmesi: Aşağı Seyhan Ovası Örneği, 5. Uzaktan Algılama- CBS Sempozyumu (Uzal-CBS), 14-17 Ekim, İstanbul.
 8. Doğru, F., 2015. Güncel Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Rezidüel Gravite Anomalilerinden Parametre Kestirimi, Hacettepe Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Vol:36, No:1, 31-43.
 9. Keleşoğlu, Ö., Akarsu, E.E., 2008. Betonarme Bir Binada Yıllık Isı Kaybı ve Enerji İhtiyacının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, e-Journal of New World Sciences Academy, Vol:3, No:2, A0079, 381-390.
 10. Konate, A.A., Pan, H., Khan, N., Yang, J.H., 2015. Generalized Regression and Feed-Forward Back Propagation Neural Networks in Modelling Porosity from Geophysical Well Logs, Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, ISSN 2190-0558, DOI 10.1007/s13202-014-0137-7.
 11. Seçkin, N., Güven, A., Yurtal, R., 2010. Taşkın Debilerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi: Örneksel Bölge Çalışması-Batı Karadeniz Havzası, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Vol.25, No:1-2, 45-57, Adana.
 12. Keskin, M.E., Terzi, Ö., Taylan, E.D., Yılmaz, A.G., 2007. Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi- TİKDEK, 11-13 Nisan, 350-359, İstanbul.
 13. EİEİ, 2005. Su Akımları Yıllığı Kitabı, Ankara.

