

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEĞİŞİK YAPAY SINIR AĞI METOTLARININ SU KAYNAKLARI  
VERİSİNİN UZUN ZAMAN ARALIKLI TAHMİNLERİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş. Müh. Erdem ASLAN**

**Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ**

**OCAK 2008**

**DEĞİŞİK YAPAY SİNİR AĞI METOTLARININ SU KAYNAKLARI  
VERİSİNİN UZUN ZAMAN ARALIKLI TAHMİNLERİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş. Müh. Erdem ASLAN  
(501041527)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007  
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU  
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Serhat ŞEKER (İ.T.Ü.)  
Doç.Dr. Hafzullah AKSOY (İ.T.Ü.)**

**OCAK 2008**

## ÖNSÖZ

Günümüzde, hidrolojik olayların araştırılmasında yeni yöntemler giderek önemli bir yer tutmaktadır. Bu yöntemlerden biri, gelişmiş özellikleri sayesinde çok kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Kullanıcıyı, herhangi bir ön kabul yapmadan doğrudan verilerle modellemeye sokması ve doğrusal olmayan davranış göstermesi büyük faydalar sağlamaktadır. Bu sebeple veri tahminleri için de iyi bir araç olmaktadır. Yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmayla kısa dönem tahminleriyle birlikte uzun dönem sonundaki tahminlerin keskinliğinin belirlenmesine çalışılmıştır. Genelleştirilmiş yapay sinir ağları, radyal tabanlı yapay sinir ağları ve ileri beslemeli geri yayılım sinir ağı yöntemleri ile kullanılan veri takımlarının ileriye dönük uzun dönem sonu tahminleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmayı hazırlamamda ve sunmamda bana yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sn. Prof. Dr. H. Kerem Cıgızoğlu' na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmada kullanılan veriyi bize sağlayan DSİ'ye ve USGS'e teşekkürlerimizi sunarız. Birçok aşamada sevgiyle emek harcayan anneme yardımlarından ve yanımda olmasından dolayı teşekkür ederim.

Ocak, 2008

Erdem ASLAN

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>xv</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xvi</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Su Kaynakları Mühendisliğinde Hidrolojik Tahminlerin Önemi	1
1.2. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Genel Bilgiler	2
1.3. Yapay Sinir Ağlarının Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı	3
1.4. İleri Dönemlere Ait Tahminlerin Analizi	4
<b>2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMLERİ VE ÇOK DEĞİŞKENLİ DOĞRUSAL REGRESYON</b>	<b>6</b>
2.1. Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA)	6
2.2. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)	8
2.3. İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları (İBGYSA)	11
2.4. Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon (ÇDDR)	14
<b>3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU KAYNAKLARI VERİSİ</b>	<b>16</b>
3.1. Günlük Ortalama Akım Verisi	16
3.2. Kurak Devreli Günlük Ortalama Akım Verisi	17
3.3. Aylık Ortalama Akım Verisi	19
3.4. Yeraltı Su Seviyesi Verisi	21
<b>4. YAPAY SİNİR AĞI VE ÇOK DEĞİŞKENLİ DOĞRUSAL REGRESYON TAHMİN SONUÇLARI</b>	<b>23</b>
4.1. Günlük Ortalama Akım Verisi Tahmin Sonuçları	23
4.1.1. Sakarya Havzası 1222 no.lu istasyona ait günlük ortalama akım verisinin yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile 1-30 gün sonrası tahmin sonuçları	23
4.1.1.1. İleriye dönük 1 gün sonrası için tahminler	25
4.1.1.2. İleriye dönük 2 gün sonrası için tahminler	29
4.1.1.3. İleriye dönük 3 gün sonrası için tahminler	33
4.1.1.4. İleriye dönük 10 gün sonrası için tahminler	37
4.1.1.5. İleriye dönük 20 gün sonrası için tahminler	40
4.1.1.6. İleriye dönük 30 gün sonrası için tahminler	45
4.1.2. İleriye dönük 1–30 gün sonrası tahmin sonuçları değerlendirmesi	49
4.2. Kurak Devreli Günlük Akım Verisi Tahmin Sonuçları	50

4.2.1. Meriç Havzası 105 no.lu istasyona ait kurak devreli günlük ortalama akım verisinin yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile 1–30 gün sonrası tahmin sonuçları	50
4.2.1.1. İleriye dönük 1 gün sonrası için tahminler	51
4.2.1.2. İleriye dönük 2 gün sonrası için tahminler	55
4.2.1.3. İleriye dönük 3 gün sonrası için tahminler	59
4.2.1.4. İleriye dönük 10 gün sonrası için tahminler	63
4.2.1.5. İleriye dönük 20 gün sonrası için tahminler	67
4.2.1.6. İleriye dönük 30 gün sonrası için tahminler	71
4.2.2. İleriye dönük 1–30 gün sonrası tahmin sonuçları değerlendirmesi	75
4.3. Aylık Ortalama Akım Verisi Tahmin Sonuçları	77
4.3.1. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 no.lu istasyona ait aylık ortalama akım verisinin yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile 1–30 ay sonrası tahmin sonuçları	77
4.3.1.1. İleriye dönük 1 ay sonrası için tahminler	78
4.3.1.2. İleriye dönük 3 ay sonrası için tahminler	81
4.3.1.3. İleriye dönük 10 ay sonrası için tahminler	83
4.3.1.4. İleriye dönük 20 ay sonrası için tahminler	86
4.3.1.5. İleriye dönük 30 ay sonrası için tahminler	88
4.3.2. İleriye dönük 1–30 ay sonrası tahmin sonuçları değerlendirmesi	90
4.4. Yeraltı Suyu Verisi Tahmin Sonuçları	91
4.4.1. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyona ait yeraltı suyu verisinin yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile 1–30 saat sonrası tahmin sonuçları	92
4.4.1.1. İleriye dönük 1 saat sonrası için tahminler	93
4.4.1.2. İleriye dönük 3 saat sonrası için tahminler	95
4.4.1.3. İleriye dönük 10 saat sonrası için tahminler	97
4.4.1.4. İleriye dönük 20 saat sonrası için tahminler	100
4.4.1.5. İleriye dönük 30 saat sonrası için tahminler	102
4.4.2. İleriye dönük 1–30 saat sonrası tahmin sonuçları değerlendirmesi	105
<b>5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ</b>	<b>109</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>112</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>115</b>

## KISALTMALAR

<b>İBGYSA</b>	: İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları
<b>RTYSA</b>	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
<b>GRYSA</b>	: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları
<b>OKH</b>	: Ortalama Kare Hatası
<b>ÇDDR</b>	: Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon
<b>OYF</b>	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
<b>USGS</b>	: United States Geological Survey
<b>YSS</b>	: Yeraltı Su Seviyesi
<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağları

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 3.1.</b> 1222 Kocasu-Rüstümköy Akım Gözlem İstasyonu verisinin istatistik analizi.....	17
<b>Tablo 3.2.</b> Gözlem istasyonu 1222; 1986-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları .....	17
<b>Tablo 3.3.</b> 105 Ergene-Uzunköprü Akım Gözlem İstasyonu verisinin istatistik analizi .....	19
<b>Tablo 3.4.</b> Gözlem istasyonu 105; 1970-1984 veri serisi, otokorelasyon katsayıları .....	19
<b>Tablo 3.5.</b> 1714 Göksu-Karahacılı Akım Gözlem İstasyonu versinin istatistik analizi .....	20
<b>Tablo 3.6.</b> Gözlem istasyonu 1714; 1974-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları .....	21
<b>Tablo 3.7.</b> USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004YSS veri serisi, otokorelasyon katsayıları .....	22
<b>Tablo 3.8.</b> USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004YSS veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları ...	22
<b>Tablo 4.1.</b> 1222 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi .....	24
<b>Tablo 4.2.</b> 105 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi .....	51
<b>Tablo 4.3.</b> 1714 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi .....	78
<b>Tablo 4.4.</b> USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004. no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi ...	92
<b>Tablo 4.5.</b> 1222 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları .....	106
<b>Tablo 4.6.</b> 105 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları .....	106
<b>Tablo 4.7.</b> 1714 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları .....	107
<b>Tablo 4.8.</b> USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları .....	108

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Şekil 2.1</b> : Bir GRYSA yapısı .....	8
<b>Şekil 2.2</b> : Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri .....	10
<b>Şekil 2.3</b> : Yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA) .....	12
<b>Şekil 3.1</b> : 1222 Kocasu-Rüstümköy Akım Gözlem İstasyonu'nun Sakarya Havzası içindeki yeri .....	16
<b>Şekil 3.2</b> : 105 Ergene-Uzunköprü Akım Gözlem İstasyonu'nun Meriç Havzası içindeki yeri .....	18
<b>Şekil 3.3</b> : 1714 Göksu- Karahacılı Akım Gözlem İstasyonu'nun Müteferrik Doğu Akdeniz Suları bölgesi içindeki yeri .....	20
<b>Şekil 3.4</b> : CT-GW 21 nolu gözlem kuyularının bulunduğu Fairfield bölgesinin Connecticut üzerindeki konumu.....	21
<b>Şekil 4.1</b> : 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	25
<b>Şekil 4.2</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	25
<b>Şekil 4.3</b> : 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	26
<b>Şekil 4.4</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı.....	26
<b>Şekil 4.5</b> : 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	27
<b>Şekil 4.6</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	27
<b>Şekil 4.7</b> : 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	28
<b>Şekil 4.8</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	28
<b>Şekil 4.9</b> : 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	29
<b>Şekil 4.10</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	29
<b>Şekil 4.11</b> : 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	30
<b>Şekil 4.12</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	30
<b>Şekil 4.13</b> : 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	31
<b>Şekil 4.14</b> : Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	31

<b>Şekil 4.15</b>	: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	32
<b>Şekil 4.16</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	32
<b>Şekil 4.17</b>	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini.....	33
<b>Şekil 4.18</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	33
<b>Şekil 4.19</b>	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	34
<b>Şekil 4.20</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	34
<b>Şekil 4.21</b>	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	35
<b>Şekil 4.22</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	35
<b>Şekil 4.23</b>	: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	36
<b>Şekil 4.24</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	36
<b>Şekil 4.25</b>	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	37
<b>Şekil 4.26</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	37
<b>Şekil 4.27</b>	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	38
<b>Şekil 4.28</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	38
<b>Şekil 4.29</b>	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	39
<b>Şekil 4.30</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	39
<b>Şekil 4.31</b>	: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	40
<b>Şekil 4.32</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	40
<b>Şekil 4.33</b>	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	41
<b>Şekil 4.34</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	41
<b>Şekil 4.35</b>	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 gün sonrası sürekli akım verisi tahmini .....	42
<b>Şekil 4.36</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	42
<b>Şekil 4.37</b>	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 gün sonrası sürekli akım verisi tahmini .....	43
<b>Şekil 4.38</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	43
<b>Şekil 4.39</b>	: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	44

<b>Şekil 4.40</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	44
<b>Şekil 4.41</b>	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 gün sonrası sürekli akım verisi tahmini. ....	45
<b>Şekil 4.42</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	45
<b>Şekil 4.43</b>	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	46
<b>Şekil 4.44</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	46
<b>Şekil 4.45</b>	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	47
<b>Şekil 4.46</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	47
<b>Şekil 4.47</b>	: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini .....	48
<b>Şekil 4.48</b>	: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	48
<b>Şekil 4.49</b>	: Günlük ortalama akım tahminlerinde kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi .....	49
<b>Şekil 4.50</b>	: Günlük ortalama akım tahminlerinde kullanılan yöntemlerin R <sup>2</sup> 'lerinin zamanla değişimi .....	50
<b>Şekil 4.51</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	52
<b>Şekil 4.52</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	52
<b>Şekil 4.53</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	53
<b>Şekil 4.54</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı....	53
<b>Şekil 4.55</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	54
<b>Şekil 4.56</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ....	54
<b>Şekil 4.57</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	55
<b>Şekil 4.58</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 1 gün sonrası kurak devreli değerlerinin saçılma diyagramı .....	55
<b>Şekil 4.59</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	56
<b>Şekil 4.60</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli değerlerinin saçılma diyagramı .....	56
<b>Şekil 4.61</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	57
<b>Şekil 4.62</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	57
<b>Şekil 4.63</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli akım verisi tahmini .....	58
<b>Şekil 4.64</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	58

<b>Şekil 4.65</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	59
<b>Şekil 4.66</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	59
<b>Şekil 4.67</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	60
<b>Şekil 4.68</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	60
<b>Şekil 4.69</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	61
<b>Şekil 4.70</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	61
<b>Şekil 4.71</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	62
<b>Şekil 4.72</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	62
<b>Şekil 4.73</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	63
<b>Şekil 4.74</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	63
<b>Şekil 4.75</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	64
<b>Şekil 4.76</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 10gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	64
<b>Şekil 4.77</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	65
<b>Şekil 4.78</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 10gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	65
<b>Şekil 4.79</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	66
<b>Şekil 4.80</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 10gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	66
<b>Şekil 4.81</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	67
<b>Şekil 4.82</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	67
<b>Şekil 4.83</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	68
<b>Şekil 4.84</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 20gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	68
<b>Şekil 4.85</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	69
<b>Şekil 4.86</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	69
<b>Şekil 4.87</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	70
<b>Şekil 4.88</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 20gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	70
<b>Şekil 4.89</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	71

<b>Şekil 4.90</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	71
<b>Şekil 4.91</b>	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	72
<b>Şekil 4.92</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	72
<b>Şekil 4.93</b>	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	73
<b>Şekil 4.94</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı....	73
<b>Şekil 4.95</b>	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	74
<b>Şekil 4.96</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 30gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	74
<b>Şekil 4.97</b>	: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini .....	75
<b>Şekil 4.98</b>	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı ...	75
<b>Şekil 4.99</b>	: Kurak devreli günlük akımların tahminlerinde kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi .....	76
<b>Şekil 4.100</b>	: Kurak devreli günlük akımların tahminlerinde kullanılan yöntemlerin $R^2$ 'lerinin zamanla değişimi .....	76
<b>Şekil 4.101</b>	: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini .....	78
<b>Şekil 4.102</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	78
<b>Şekil 4.103</b>	: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini .....	79
<b>Şekil 4.104</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	79
<b>Şekil 4.105</b>	: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini .....	80
<b>Şekil 4.106</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	80
<b>Şekil 4.107</b>	: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 ay sonrası akım tahmini .....	80
<b>Şekil 4.108</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	80
<b>Şekil 4.109</b>	: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini .....	81
<b>Şekil 4.110</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	81
<b>Şekil 4.111</b>	: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini .....	82
<b>Şekil 4.112</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	82
<b>Şekil 4.113</b>	: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini .....	82
<b>Şekil 4.114</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	82
<b>Şekil 4.115</b>	: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 ay sonrası akım tahmini.....	83
<b>Şekil 4.116</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	83
<b>Şekil 4.117</b>	: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini .....	83
<b>Şekil 4.118</b>	: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	83
<b>Şekil 4.119</b>	: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini ....	84

<b>Şekil 4.120</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	84
<b>Şekil 4.121</b> : 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini ...	85
<b>Şekil 4.122</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	85
<b>Şekil 4.123</b> : 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 ay sonrası akım tahmini .....	85
<b>Şekil 4.124</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	85
<b>Şekil 4.125</b> : 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 ay sonrası akım tahmini ....	86
<b>Şekil 4.126</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	86
<b>Şekil 4.127</b> : 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 ay sonrası akım tahmini .....	87
<b>Şekil 4.128</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	87
<b>Şekil 4.129</b> : 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 ay sonrası akım tahmini ....	87
<b>Şekil 4.130</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	87
<b>Şekil 4.131</b> : 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 ay sonrası akım tahmini .....	88
<b>Şekil 4.132</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	88
<b>Şekil 4.133</b> : 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini .....	88
<b>Şekil 4.134</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	88
<b>Şekil 4.135</b> : 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini .....	89
<b>Şekil 4.136</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	89
<b>Şekil 4.137</b> : 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini ...	89
<b>Şekil 4.138</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	89
<b>Şekil 4.139</b> : 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 ay sonrası akım tahmini .....	90
<b>Şekil 4.140</b> : Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı .....	90
<b>Şekil 4.141</b> : Aylık ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi .....	91
<b>Şekil 4.142</b> : Aylık ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin R <sup>2</sup> 'lerinin zamanla değişimi .....	91
<b>Şekil 4.143</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini	93
<b>Şekil 4.144</b> : Gözlenen ve GRYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	93
<b>Şekil 4.145</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini.	94
<b>Şekil 4.146</b> : Gözlenen ve RTYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı.....	94
<b>Şekil 4.147</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini .....	94
<b>Şekil 4.148</b> : Gözlenen ve İBGYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	94
<b>Şekil 4.149</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 saat sonrası yss tahmini ..	95
<b>Şekil 4.150</b> : Gözlenen ve ÇDDR ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	95
<b>Şekil 4.151</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini	95

<b>Şekil 4.152</b> : Gözlenen ve GRYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	95
<b>Şekil 4.153</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini.	96
<b>Şekil 4.154</b> : Gözlenen ve RTYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	96
<b>Şekil 4.155</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini .....	96
<b>Şekil 4.156</b> : Gözlenen ve İBGYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	96
<b>Şekil 4.157</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 saat sonrası yss tahmini ..	97
<b>Şekil 4.158</b> : Gözlenen ve ÇDDR ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	97
<b>Şekil 4.159</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 saat sonrası yss tahmini .....	98
<b>Şekil 4.160</b> : Gözlenen ve GRYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	98
<b>Şekil 4.161</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 saat sonrası yss tahmini .....	98
<b>Şekil 4.162</b> : Gözlenen ve RTYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	98
<b>Şekil 4.163</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 saat sonrası yss tahmini .....	99
<b>Şekil 4.164</b> : Gözlenen ve İBGYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	99
<b>Şekil 4.165</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 saat sonrası yss tahmini	99
<b>Şekil 4.166</b> : Gözlenen ve ÇDDR ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	99
<b>Şekil 4.167</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 saat sonrası yss tahmini .....	100
<b>Şekil 4.168</b> : Gözlenen ve GRYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	100
<b>Şekil 4.169</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 saat sonrası yss tahmini .....	100
<b>Şekil 4.170</b> : Gözlenen ve RTYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	100
<b>Şekil 4.171</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 saat sonrası yss tahmini .....	101
<b>Şekil 4.172</b> : Gözlenen ve İBGYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	101
<b>Şekil 4.173</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 saat sonrası yss tahmini.	102
<b>Şekil 4.174</b> : Gözlenen ve ÇDDR ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	102
<b>Şekil 4.175</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini .....	102
<b>Şekil 4.176</b> : Gözlenen ve GRYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	102
<b>Şekil 4.177</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini .....	103
<b>Şekil 4.178</b> : Gözlenen ve RTYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	103

<b>Şekil 4.179</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini .....	103
<b>Şekil 4.180</b> : Gözlenen ve İBGYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	103
<b>Şekil 4.181</b> : CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 saat sonrası yss tahmini .....	104
<b>Şekil 4.182</b> : Gözlenen ve ÇDDR ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı .....	104
<b>Şekil 4.183</b> : Saatlik yeraltı su seviyesi tahminleri için kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi .....	105
<b>Şekil 4.184</b> : Saatlik yeraltı su seviyesi tahminleri için kullanılan yöntemlerin R <sup>2</sup> 'lerinin zamanla değişimi .....	106

## SEMBOL LİSTESİ

$H_j$	: j gizli hücrenin girdisi
$O_n$	: n. hücre sonunda sinir ağı çıktı değerleri
$r_i$	: İlk günden itibaren i birim zaman sonrasının otokorelasyon katsayısı
$R^2$	: Determinasyon katsayısı
$e_p$	: p. girdi grubu için hata karelerinin toplamı
$e_y$	: Gözlenmiş noktaların regresyon düzlemine olan y uzaklığı
$s$	: Düzeltme parametresi
$T_n$	: n. hücre sonunda sinir ağı hedef değerleri
$w_{ij}$	: i hücrelerinden j hücrelerine giden ağırlıklı bağlantı ağırlıkları
$\alpha$	: Momentum oran terimi
$\delta_j$	: j. gizli birimleri için bir önceki birimdeki hataların ağırlıklı toplamı
$\theta_j$	: j hücrelerinin taraflılık değeri
$\eta$	: Etap boyutunu ayarlayan öğrenme oranı
$\phi$	: Radyal tabanlı fonksiyon

## **DEĞİŞİK YAPAY SINIR AĞI METOTLARININ SU KAYNAKLARI VERİSİNİN UZUN ZAMAN ARALIKLI TAHMİNLERİNDE KULLANIMI**

### **ÖZET**

Bu çalışmada, üç farklı yapay sinir ağı metodu ile ileriye dönük uzun zaman aralıkları sonunda Türkiye’den ve yurtdışından toplam dört havza genelinde günlük sürekli akım, kurak devreli günlük akım, aylık akım, yeraltı su seviyesi verisi tahmin uygulamaları yapılmıştır.

Çalışma sonuçları, yapay sinir ağları model tahminleri ile gözlenen zaman serileri karşılaştırmaları şeklinde sunulmuştur. Genelleştirilmiş Yapay Sinir Ağları, Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı ve İleri Beslemeli Geriye Yayılım Sinir Ağı modellemeler için kullanılmıştır. Ayrıca Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon sonuçlarına da karşılaştırma tutarlılığı için başvurulmuştur. Performans karşılaştırma kriterleri olarak, test süresi için elde edilen verinin ortalama kare hatası ve determinasyon katsayısı değerleri kullanılmıştır.

Uzun dönem sonu tahmin sonuçlarının bütün yöntemlerde her veri grubu için farklı verimlilikte olduğu söylenebilir. Ancak Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları yöntemi ileri dönemlerden sonra diğer yapay sinir ağı yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha iyi performans değerlendirme kriter değerlerine ulaşmıştır. Sonuç olarak, yapılan çalışmada GRYSA’nın, gösterdiği eğilim-tanımlama becerisi ile aylık akımlar ve özellikle yeraltı su seviyesi veri takımlarında uzun zaman aralıkları sonunda daha iyi olduğu görülmüştür.

## **THE USE OF DIFFERENT ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS IN LONG RANGE FORECASTING OF THE WATER RESOURCES DATA**

### **SUMMARY**

In this study, three different Artificial Neural Networks are applied to daily continuous river flow series, daily intermittent river flow series, monthly river flow series and ground water level series of four hydrologic regions from Turkey and United States in order to investigate the long range forecasting results.

Study results are presented by comparing the ANN model long-range forecasts and the observed time series. General Regression Neural Network, Radial Basis Functions Neural Network and Feed Forward Back Propagation Neural Network are used to identify the models. Multi Linear Regression is also employed for comparison with ANN model forecasts. Mean squared error and coefficient of determination are used as the performance comparison criteria.

It is seen that long-range forecasting results show variable performances for each type of data series. Nevertheless, General Regression Neural Network is seen to be more efficient compared with other ANN methods considering the performance evaluation criteria.

Consequently, GRNN method is found to be the best method because of defining data trend in monthly river flow series and specially ground water level data forecasting.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Su Kaynakları Mühendisliğinde Hidrolojik Tahminlerin Önemi

Su kaynaklarını geliştirme çabaları ülkemizde ve dünyada birçok mühendislik ve uzmanlık dallarını ilgilendiren bir konudur. Yapılan çalışmalar sonucu yıllar yılı elde edilen veriler (debi değerleri, yeraltı su seviyesi değerleri, erime ve buharlaşma değerleri, vs.) su kaynakları mühendisliğinde önemli bir yer teşkil etmektedir ve gelecekteki çalışmalar için ışık tutmaktadır. Gelecek zaman için yapılan öngörüler (taşkın ve kurak zaman debilerinin tahmini v.s.) sayesinde büyük ve küçük hidrolik yapıların tasarımında suyun alan ve zaman içindeki dağılımının, diğer bir deyimle miktarının ve aşırı debi değerlerinin bilinmesi hedeflenmektedir. Öngörülerin sağlıklı yapılabilmesi için mühendislik açısından hidrolojik çevrim bileşenlerinden akım değişkeni büyük bir öneme sahiptir. Çünkü hidrolojik çevrimin ancak yeryüzündeki bölümü kontrol altına alınabilmektedir (Kutoğlu ve Batur, 2003). Büyük debi, yüksek su seviyesi ve büyük hızlar ile karakterize edilen tüm yapılar için taşkın debilerinin bilinmesi ve bunların zararsız hale getirilmeleri gereklidir. Özellikle baraj, bağlama ve su kuvveti tesislerinde taşkın debilerinin bilinmesi büyük önem taşır (Erkek ve Ağırlioğlu, 1993).

Hidrolojik yapıların tasarımında akışların gelecekteki olası değerleri kullanılmaktadır. Yağışlar sonucu oluşan akışların gelecekteki değerlerini önceden tam olarak kestirmek mümkün olamamaktadır, yani rastgele değişkenlerdir. Bu rastgele değişkenlerin gelecekteki durumları, istatistik yöntemler ve kara kutu benzeşim modelleri (yapay sinir ağları, evrimsel hesaplamalar, bulanık mantık vb.) ile yaklaşık olarak belirlenebilir. Su kaynaklarının planlanması ve yönetiminin işleyişinde karar oluşturulmasında yağış-akış modellerinin kullanılması giderek artan bir öneme sahip olmuştur (Liong ve diğ., 2001). Akış modellerinde kullanılacak olan

akım değerleri nehir ve havza akımları olabileceği gibi yeraltı suyu akımları da olabilmektedir.

Bütün bu söylenenler ışığında, hidrolik yapıların tasarım ve işletilmesinde, debi tahminlerinde ve havzalarda yerleşke kurmaktan taşkın tahliyesine kadar uzanan ilgi alanlarında tahmin modelleri kullanmak zorunlu hale gelmiştir. Basit regresyon modelleri gibi birçok istatistiksel yöntemler ve dinamik yöntemler öngörü modellemesinde kullanılmaktadır. Bu bilinen modelleme teknikleri oldukça geniş bir alanda kullanılırken, bazı yeni yöntemleri de ön plana çıkmaktadır (Yurtoglu, 2005). Yapay sinir ağları (YSA) tekniği de bu yeni yöntemlerin en önemlilerinden birisidir. Yaygın olarak kullanılan istatistik modellerle karşılaştırıldığında, istatistiksel yöntemler modele alınacak değişkenlerin yapısı hakkında bilgiye gereksinim duyarlar ve birtakım varsayımları göz önüne alırlar. Fakat YSA değişkenlerin yapısı hakkında bilgi istemez ve ön kabul gerektirmez, doğrudan verilerle çalışır. Anlaşılması zor ve karmaşık trendleri belirlemek ve yapıları ortaya çıkarmak gibi avantajları sayesinde sık kullanım alanı bulmuşlardır. Ancak bazı durumlarda uygulama alanına bağlı olarak çok karmaşık problemlerde yavaş yakınsama sorunu gibi dezavantajlara da sahiptirler. Yine de basit olarak görülebilecek yapılarına rağmen öngörü ve tahmin işlemleri için çok uygundurlar. Bu çalışmada oluşturulacak modellemeler için üç farklı tipte YSA kullanılmıştır, kullanılan YSA'ların tarihçesi ve genel özellikleri hakkında açıklamalar aşağıda yapılacaktır.

## **1.2 Yapay Sinir Ağları ile İlgili Genel Bilgiler**

Bir yapay sinir ağı (YSA), insan beyninin biyolojik sinir ağlarına benzeyen kesin performans karakteristiklerinin oldukça büyük, paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemidir (Haykin, 1994). Sinir sisteminin modellenmesi sonucu ortaya çıkan YSA paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sisteminin özelliklerini taşımaktadır. İnsan beynini anlamaya çalışmak ve onun fonksiyonlarını taklit etmek isteğiyle yapay sinir ağlarının gelişimi yaklaşık 60 yılı aşkın bir süre önce başlamıştır (Mc Culloch and Pitts, 1943). Son on yılda, daha karmaşık algoritmaların gelişimi güçlü hesaplama araçları sayesinde yeni bir büyük dirilme

tecrübesi edinilmiştir. YSA tekniklerindeki gelişmeler bir devrim olarak Hopfield (1982)'in sinir ağlarındaki çabasıyla tecrübe edinilmiştir. Gerek hesaplama araçlarını elde etmek ve bir giriş uzayından diğerine bir süreci hesaplama konusunda geniş kapsamlı büyük araştırmalar, yapay sinir ağlarının potansiyel araştırmasına adanmıştır (Wasserman, 1989). Doksanların başından beri, YSA'lar yağış-akış modellemesi, taşkın tahmini, yeraltı suyu modellemesi, su kalitesi, su yönetimi politikası, sedimentasyon tahmini, hidrolojik zaman serileri ve hazne işletmesi gibi hidrolojik ilgi alanlarında başarıyla kullanılmıştır. Yapay sinir ağları gibi kara kutu modelleri hidrolojik modelleme için etkin araçlar olarak görülmektedir. Yapay sinir ağlarının, girdi ve çıktılar arasındaki bir takım var olan ilişkinin bilinmeyenliğini azaltan yeteneğe sahip olduğu farz edilmektedir (Chakraborty ve diğ., 1992; Jayawardena ve Fernando, 1998; Zhang ve Govindaraju, 2000). YSA'ların doğrusal olmayan yapısı, öğrenme yeteneği, genelleme yapısı bilgileri saklayabilmesi ve verilere göre kendi ilişkisini oluşturması gibi özellikleri yaygın kullanım alanlarına sahip olmalarını sağlamaktadır.

### **1.3 Yapay Sinir Ağlarının Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı**

YSA'ların su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yağış-akış ilişkisinin YSA ile başarılı bir şekilde modellenmesi Hsu ve diğ. (1995) tarafından gerçekleştirilmiştir. Campolo ve diğ. (1999a, b) YSA'ları şiddetli yağış ve düşük akım süreçlerinde nehir akım kestiriminde kullanmışlardır. Bazı araştırmacılar, örneğin Ranjithan ve diğ. (1993); Rogers ve Dowla (1994) değişik yeraltı suyu problemlerinde YSA'ları kullanmışlardır. Ayrıca YSA'lar birim hidrograf elde edilmesinde (Lange, 1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998) olumlu sonuçlar vermiştir. Havzalardaki yağış-akış ilişkisi modellemesinde günlük akımlar kullanılarak başarılı tahminlerde bulunulmuştur (Rajurkar ve diğ., 2004). YSA'lar ayrıca kurak devre akım kestiriminde (Cıgızoğlu 2002a) ve yağış-akış değerlerinin kestiriminde (Cıgızoğlu, 2002b, 2004b, Freiwan ve Cıgızoğlu, 2005) başarı ile kullanılmıştır. Su kaynakları üzerine çalışmalar için uygun zaman serisi giriş değerlerini seçmenin önemine yönelik Murray Nehri'nde araştırmalar yapılmıştır (Bowden ve diğ., 2005). Riad ve diğ. (2004), yarı kurak bölgedeki yağış-akış modelinde akış tahmini için

YSA yöntemini başarıyla uygulamış, çoklu doğrusal regresyon yöntemiyle kıyaslandığında aynı gözlem verileri üzerinde YSA sonuçlarının üstünlüğünü göstermiştir. Yeraltı su seviyeleri için YSA ile tahminler yapılmıştır (Daliakopoulou ve diğ., 2005). Yağış-akış modelleri için eğitim yöntemlerinin bir karşılaştırması Srinivasulu ve Jain (2005) tarafından yapılmış ve istatistik modellerden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağlarının su kaynakları mühendisliği uygulamaları için uygun bir alternatif yöntem olduğu gösterilmiştir (Sürel, 2006). Başka bir doğrusal regresyon ve sinir ağları arasındaki karşılaştırmada da yapay sinir ağlarının daha iyi performans sergiledikleri görülmüştür (Heuvelmans ve diğ., 2006). Farklı sinir ağı yöntemleri arasındaki bir diğer karşılaştırma Singh ve Deo (2007) tarafından yapılmış ve günlük nehir akımlarının modellenmesinde uygunlukları araştırılmıştır. Görüldüğü gibi YSA'lar su kaynakları öngörü uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılmakta ve tüm bu çalışmaların genelinde YSA'ların hidrolojik öngörü alanında diğer tekniklere nazaran daha etkili olduklarına yönelik bulgular yer almaktadır.

#### **1.4 İleri Dönemlere Ait Tahminlerin Analizi**

Bu çalışmanın temelinde yapılan, farklı yapay sinir ağı yöntemleri ve bir standart regresyon hesaplaması kullanılarak, YSA yöntemlerinin su kaynakları verisi üzerinde gerçek zamanlı tahmin kabiliyetlerinin bir araştırmasını, gelecekteki kısa ve uzun dönemler sonundaki performanslarının karşılaştırılmasını ve zamanın etkisinin analizini yaparak sunmaktır. Literatürde su kaynakları mühendisliğindeki YSA uygulamalarının çoğunda gelecekteki 1 birim zaman sonrası için tahminler yapılmıştır. Fakat diğer 2,3,....,30 v.s. birim zamanlık dönemler sonrasına yönelik tahminler için gerekli ilgi gösterilmemiştir. Eldeki optimum eğitim datası ile uzunca bir zaman aralığı sonunda kullanılan yöntemlerin performansları araştırılmalıdır. Bu yapılırken dikkat edilmesi gereken girdi uzayındaki eleman sayısının artmasıyla daha iyi tahminler yapılamadığıdır.

Bir nehir akımı tahmin sistemi içinde yağış-akış model yaklaşımını seçerken, eğitim aşaması için minimum veri gereksinimi ve farklı zaman aralıklarındaki tahminlerin güvenilirliği iki önemli konuyu teşkil etmektedir (Toth ve Brath, 2007). YSA

modellerinin performanslarının karşılaştırılması için her bir ileri zaman aralığı sonunda tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tahmin modellerinde kullanılan parametreler en iyi duruma göre seçilmişlerdir, fakat değişkenleri etkileyen unsurlar (mevsimsel etkiler, çevresel etkiler, insan etkisi v.s.) göz ardı edilmiştir. Zamanın ilerlemesiyle zayıflayan tahminler içerisinde en iyisi bulunmak istenmiştir. Bütün bunlar için gelişmiş özellikleri sebebiyle farklı YSA mimarileri tercih edilmiştir. Sistem teorik modellerin, gözleme dayalı modellerin yeni alternatifleri olduğu söylenebilir. Çünkü bu modeller veriler üzerinden sistem tepkisini araştırırlar. Yapay sinir ağları mimarilerinin ortaya çıkması ile sistem teorik modeller bir devrim yaşamıştır.

Giriş değerlerine bağlı çoklu adımlar sonrasına ait tahminler daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Anctil ve diğ. (2004) çalışmasında, bir adım ilerisi tahminleri için YSA ve bir tasarı (ön kabullere dayanan) modelin arasında, farklı eğitim setleriyle eğitimde YSA'ların daha iyi performansa izin verdiği, fakat tasarı modellerin ancak kısa eğitim setleri için daha sağlam görüldüğünün sonuçlarını sunar. Daha önceden söylendiği gibi YSA'lar bir ön kabul yapmaksızın doğrudan verilerle çalışır.

Farklı türden YSA yöntemlerinin, kullandıkları aktivasyon fonksiyonlarının farklı olması dolayısıyla zamana bağlı olarak değişimleri de farklı olmaktadır. Optimum sayıda eğitim verisiyle eğitilen ağların 1 birim zaman sonra ve daha uzun dönemler sonunda verecekleri tepki aynı olmayacağı için uygun aralıklar seçilmiş ve bu aralıklar sonundaki tahminlerin gücünün karşılaştırılması yoluna gidilmiştir.

## **2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPAY SINİR AĞI YÖNTEMLERİ VE ÇOK DEĞİŞKENLİ DOĞRUSAL REGRESYON**

Bu çalışmada dört havza genelinde günlük ortalama akım, kurak devreli günlük ortalama akım, aylık ortalama akım ve yeraltı suyu akımlarının YSA ile uzunca bir dönem için modellenmesi amaçlanmıştır. Su kaynakları mühendisliğinde, YSA ile yapılan uygulamaların birçoğu ileriye doğru sadece bir birim zaman sonrası düşünülerek oluşturulmuştur. Fakat uzun zaman aralıkları için fazla inceleme yapılmamıştır. Dolayısıyla zamanın ilerlemesiyle YSA tiplerinin nasıl sonuçlar vereceği bir araştırma konusu olarak durmaktadır. Bu çalışma ile kısa ve uzun dönemler için bir değerlendirme yapılacağı gibi modeller arasında da bir karşılaştırma yapılacaktır. Kullanılacak olan yöntemler sırasıyla; genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları (GRYSA) yöntemi, radyal tabanlı yapay sinir ağları (RTYSA) yöntemi ve ileriye doğru beslemeli geriye doğru yayılma yapay sinir ağları (İBGYSA) yöntemidir. Ayrıca YSA modellemesi ile tespit edilecek sonuçların tutarlılığını kontrol etmek amacıyla güçlü bir tahmin aracı olan çok değişkenli doğrusal regresyon (ÇDDR) yöntemi kullanılmıştır.

### **2.1 Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA)**

Specht (1991) tarafından önerilen genelleştirilmiş regresyon sinir ağı geriye yayılım yönteminde olduğu gibi bir iteratif eğitim işleyişi gerektirmemektedir. GRYSA eğitim verisini kullanarak girdi ve çıktı vektörleri arasındaki herhangi bir fonksiyonu tahmin etmektedir. Eğitim seti genişledikçe tahmin hatası sifıra iner. GRYSA tıpkı standart regresyon tekniklerinde olduğu gibi sürekli değişkenlerin tahmini için kullanılmaktadır. GRYSA standart YSA metodlarına güvenilir bir alternatif yöntem olduğunu göstermiştir (Sürel, 2005).

Radyal tabanlı fonksiyonlara benzer ve çekirdek regresyon denilen bir standart istatistik tekniğine dayanır. Tanım olarak bilindiği gibi regresyon,  $x$  ve eğitim seti verildiğinde bir  $y$  bağımlı değişkeninin en olası değerini bağımsız  $x$  değişkenine bağlı olarak tahmin eder. Regresyon yöntemi ortak kare hatasını en aza indirecek şekilde  $y$ 'yi tahmin eder. GRYSA, bir eğitim seti verildiğinde  $x$  ve  $y$ 'nin ortak olasılık yoğunluk fonksiyonunu (OYF) tahmin eden bir yöntemdir. OYF veriden bir ön kabul yapılmadan elde edildiği için sistem genel olarak idealdir.

$f(x,y)$  ortak OYF'sinin bilinmesi durumunda, bağımsız  $x$  değişkenine göre bağımlı  $y$  değişkeninin regresyonu;

$$E[y|X] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(X, y) dy}{\int_{-\infty}^{\infty} f(X, y) dy} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir.

Eğer olasılık yoğunluk fonksiyonu bilinmiyorsa gözlenen  $X^i$  ve  $Y^i$  değerlerinden bu fonksiyon tahmin edilir.

$$\hat{f}(X, Y) = \frac{1}{(2\pi)^{(p+1)/2} s^{(p+1)}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(X - X^i)^T (X - X^i)}{2s^2}\right] \exp\left[-\frac{(Y - Y^i)^2}{2s^2}\right] \quad (2.2)$$

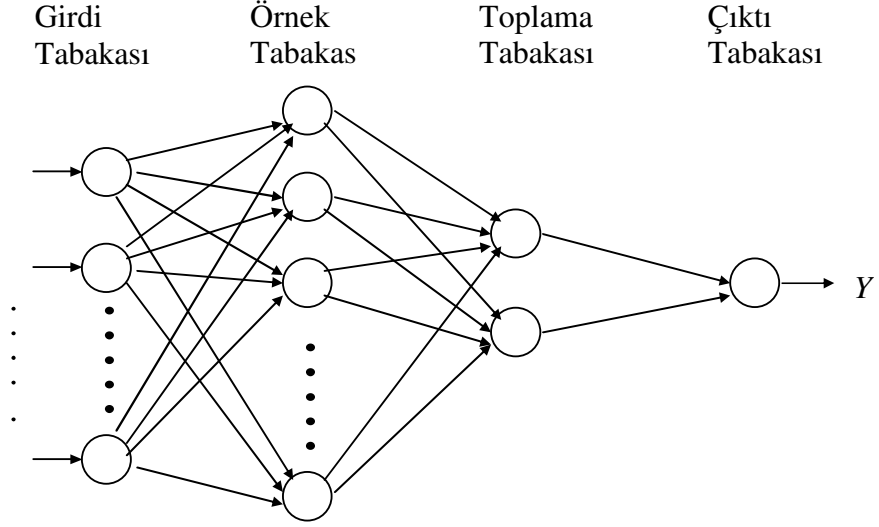
Bu denklemde  $p$ ,  $x$  vektörünün boyutu,  $n$ , gözlenen veri sayısı,  $s$  ise düzeltme parametresidir.  $D_i^2$  bir skaler fonksiyon olmak üzere,

$$D_i^2 = (X - X^i)^T (X - X^i) \quad (2.3)$$

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

$$\hat{Y}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n Y^i \exp\left(-\frac{D_i^2}{2s^2}\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{D_i^2}{2s^2}\right)} \quad (2.4)$$

şeklinde bulunur. GRYSA'nın yapısı Şekil 2.1'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi örnek tabakası, girdilerin alınıp örneklendiği yani sınıflandırıldığı tabaka, toplama tabakası girdi değerlerinin toplandığı tabakadır. Çıktı tabakası ise çıktı değerinin elde edildiği tabakadır.



Şekil 2.1: Bir GRYSA yapısı

## 2.2 Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)

Radyal tabanlı fonksiyonlar kavramı YSA literatürüne Broomhead ve Lowe (1988) tarafından kazandırılmıştır. Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı YSA modeli insan sinir sistemindeki sinir hücrelerinde görülen yerel etki-tepki davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur (Poggio and Girosi, 1990). Yerel tepki karakteristiği, sinir sisteminin bazı yerlerinde, örneğin görme sinirlerinin davranışlarında gözlenebilir. Bu sinirler görüş alanında bulunan değişik boyutlardaki görüntülere karşı duyarlıdır ve yerel olarak tepki vermeye ayarlanmıştır. Bunlar girdi uzayının sınırlı küçük bir bölümüne tepki verebilmektedir.

Radyal tabanlı fonksiyonların teorisi çok değişkenli fonksiyonların enterpolasyonuna dayanmaktadır. Burada amaç  $(x^s, y^s)_{s=1}^N$  ifadelerinin enterpolasyonunu yapmaktır. Bu durumda  $x^s \in R^d$  olmalıdır. Burada  $R^d$  merkez değeridir.

$$F(x) = \sum_{s=1}^N w_s \phi(\|x - x^s\|) + p(x) \quad (2.5)$$

$F$  lineer uzayda doğrusal bir fonksiyon olduğundan radyal tabanlı fonksiyonlar yaklaşımına göre temel bazı fonksiyonların lineer bir kombinasyonudur.

Bu denklemde  $\|\cdot\|$  ile gösterilen öklid normu,  $w_1, \dots, w_N$  reel sayılar,  $\phi$  gerçek değişkenli bir fonksiyon,  $p \in \prod_n^d$  ise en fazla  $n$ . derecede olabilen  $d$  sayıda değişkeni olan bir polinomdur. Bu enterpolasyon probleminde amaç  $w_1, \dots, w_N$  değişkenlerini bulmak ve  $p = \sum_{l=1}^D a_l p_j$  polinom terimini elde etmektir. Bu polinomda  $\prod_n^d$  standart temel ve  $a_1, \dots, a_D$  sayıları da reel katsayılardır. Enterpolasyon şartları şunlardır:

$$F(x^s) = y^s, \quad s = 1, \dots, N \quad (2.6)$$

$$\sum_{s=1}^N w_s p_j(x^s) = 0, \quad j = 1, \dots, D \quad (2.7)$$

Eğer veri noktalarından herhangi birisi için enterpolasyon problemi tek çözümlü ise  $\phi$  fonksiyonu radyal tabanlı fonksiyon olarak tanımlanır. Bu durumlarda denklem (5)'teki polinomun terimleri ihmal edilebilir ve denklem (2.6)'daki terimler ile toplandığında aşağıdaki denklem (2.8) meydana gelir.

$$\phi w = y \quad (2.8)$$

Bu denklemde  $w = (w_1, \dots, w_N)$ ,  $y = (y^1, \dots, y^N)$ , ve  $\phi$  de  $N \times N$  boyutunda bir matristir. Bu matris şöyle tanımlanabilir:

$$\phi = \left( \phi(\|x^k - x^s\|) \right)_{k,s=1,\dots,N} \quad (2.9)$$

Eğer  $\phi$  fonksiyonunun tersi mevcutsa enterpolasyon probleminin çözümü olan  $w$  değerleri kesin bir şekilde hesaplanabilir ve  $w = \phi^{-1} y$  formunu alır. En popüler ve en

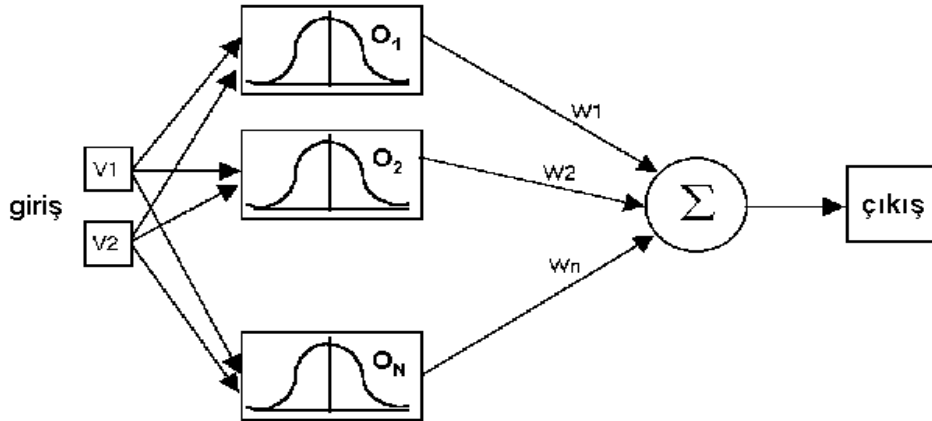
çok kullanılan Radyal Tabanlı Fonksiyonlar Gauss tabanlı fonksiyonlardır. Bunlar şöyle ifade edilir.

$$\phi(\|x - c\|) = e^{-\|x-c\|/2\sigma^2} \quad (2.10)$$

Bu fonksiyon  $c \in R^d$  merkezinde en yüksek değeri alır ve merkezden uzaklaştıkça değeri küçülür.

Radyal tabanlı fonksiyonların enterpolasyonunda kesin çözüm her  $(x^s, y^s)$  veri noktası için vardır. Normal şartlarda enterpolasyon probleminin kesin çözümü verilen noktalar arasında salınım yapan sıradan bir fonksiyondur. Kesin enterpolasyon işleyişinde karşılaşılan bir başka problem, temel fonksiyonların sayısının veri noktalarının sayısına eşit olması ve bu nedenle  $\phi$   $N \times N$  matrisinin tersini hesaplamının pratikte çok zor olmasıdır.

Radyal tabanlı fonksiyonlar yöntemi üç tabakadan oluşan bir YSA yöntemidir (Şekil 2.2). Girdi tabakası şebekeye giren verilerin yer aldığı tabakadır. Gizli hücre tabakasında ise hücreler yer alır. Burada temel fonksiyonların çıktıları hesaplanır. Çıktı tabakasında ise temel fonksiyonlar arasında doğrusal bir bağıntı veya kombinasyon bulunmaya çalışılır.



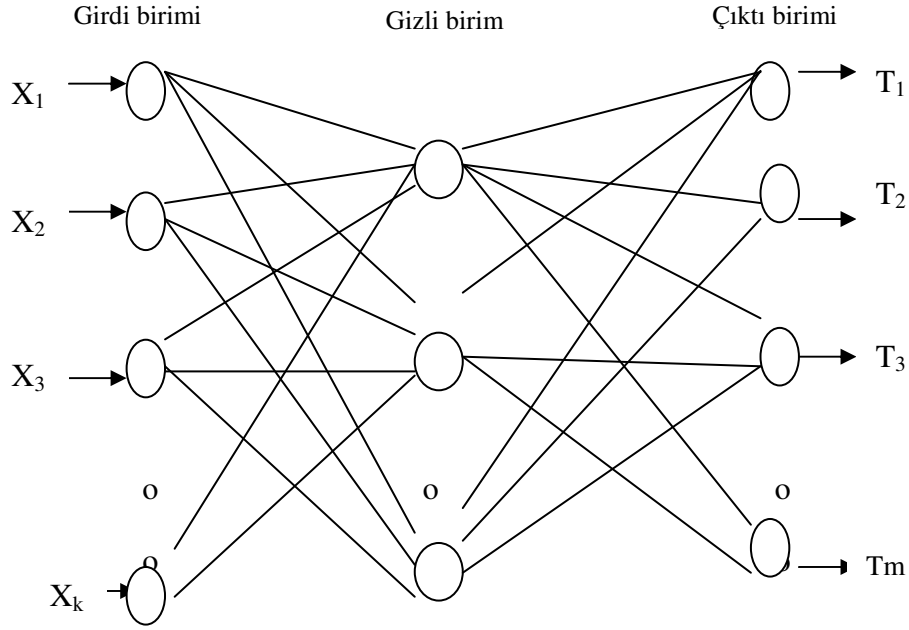
Şekil 2.2: Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri

### 2.3 İleriye Beslemeli Geriye Yayılım Sinir Ağları (İBGYSA)

Bu YSA yönteminde girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim birçok hücreden oluşmakta, birimler aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekli ve her kısımdaki hücre sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki hücreler arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Hücreler girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. İleriye doğru beslemeli geriye yayılım algoritması iki etaptan oluşmaktadır: (1) çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi hücrelerindeki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı, (2) çıktı birimindeki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı (Eberhart and Dobbins, 1990).

Bir eğitime sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler olarak atanmaktadır. Öğrenme algoritması, her iterasyonda eğitime başarı ile tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci bir sonuca vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar. Geriye yayılma algoritması gizli tabaka içeren YSA'larda kullanılan güçlü bir öğrenme algoritmasıdır. Bunun esası alt sistemlerden meydana gelen bir YSA'daki değişimlerin tamamen ve etkili bir şekilde hesaplanabilmesine dayanmaktadır (Şen, 2002).

Yeni bir girdi grubu sunulduğunda, ileriye doğru besleme ile yapay sinir ağının bağlantı kuvvetlerindeki öğrenilmiş ve saklanan bilgi sayesinde bir çıktı grubu elde edilir. Bir girdi, bir gizli ve bir çıktı biriminden oluşan üç birimli bir öğrenme ağı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA)

Her birinin girdi hücrelerinde  $X_i, i=1, \dots, k$  girdi değerleri, çıktı hücrelerin de  $T_n, n=1, \dots, m$  çıktı değerleri kümesi bulunan toplam  $N$  adet girdi grubu bulunmaktadır. Girdi değerleri gizli hücrelerindeki ilk ara bağlantı ağırlıkları,  $w_{ij}, j=1, \dots, h$  ile çarpılmakta, sonuçlar  $i$  indeksi boyunca toplanmakta ve gizli birimlerin girdileri olmaktadır. Örneğin:

$$H_j = \sum_{i=1}^k w_{ij} x_i, \quad j=1, \dots, h \quad (2.11)$$

ifadesinde  $H_j, j$  gizli biriminin girdisi,  $w_{ij}$  ise  $i$  hücresinden  $j$  hücresine doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli hücre bir sigmoid fonksiyonu yardımı ile bir gizli hücre çıktısı,  $HO_j$ , oluşturmaktadır.  $HO_j$  şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp[-(H_j + \theta_j)]} \quad (2.12)$$

Burada  $H_j$  hücresinin girdisi,  $f(H_j)$  hücre çıktısı, ve  $\theta_j$  başlangıç veya taraflılık değeridir. Başlangıç değeri,  $\theta_j$ , ağırlıklarla aynı şekilde öğrenilecektir.  $HO_j$  çıktısı bir sonraki birimin girdisi olmakta ve bu işlem çıktı birimine ulaşıncaya kadar devam etmektedir.  $n$  adet çıktı hücrelerine ulaşan girdi şu şekilde bulunmaktadır:

$$IO_n = \sum_{j=1}^h w_{jn} HO_{jn} , \quad n=1, \dots, m \quad (2.13)$$

Bu girdi değerleri daha önce tanımlanan sigmoid fonksiyonu tarafından işlenerek sinir ağı çıktı değerleri,  $O_n$ , elde edilmektedir. Daha sonraki ağırlık düzenlemesi ya da öğrenme süreci geriye doğru ilerleme algoritması ile sağlanmaktadır. Çıktı birimindeki  $O_n$ , hedef değeri  $T_n$  ile aynı olmayacaktır. Her girdi grubu için hata karelerinin toplamı,  $e_p$ ,  $p$ 'inci girdi grubu için şu şekilde bulunmaktadır:

$$e_p = \sum_{n=1}^m (T_n - O_n)^2 \quad (2.14)$$

Ortalama sistem hatası ya da ortalama kare hatası ( $OKH$ ) bütün girdi grupları için şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$OKH = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^m (T_{pn} - O_{pn})^2 \quad (2.15)$$

Burada  $T_{pn}$ ,  $p$ 'inci grup için  $T_n$  hedef değeri,  $O_{pn}$  ise  $p$ 'inci grup için  $O_n$  çıktı değeridir. Geriye doğru ilerleme algoritmasının amacı ortalama kare hatasının iterasyonla en aza indirilmesidir. Bu önce çıktı birimindeki her hücre için  $\delta_n$  gradyanının hesaplanması ile gerçekleştirilir:

$$\delta_n = O_n (1 - O_n) (T_n - O_n) \quad (2.16)$$

Hata gradyanı  $\delta_j$  daha sonra gizli birimler için bir önceki birimdeki hataların ağırlıklı toplamının hesaplanması ile bulunmaktadır:

$$\delta_j = HO_j (1 - HO_j) \sum_{n=1}^m \delta_n w_{jn} \quad (2.17)$$

Hata gradyanları daha sonra aę ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j x_i \quad (2.18)$$

$$w_{ij}(r+1) = w_{ij}(r) + \Delta w_{ij}(r) \quad (2.19)$$

$n$ 'inci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

$$\Delta w_{ji}(r) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(r-1) \quad (2.20)$$

Burada  $\alpha$ , sonuca hızlı ulaşılmasını sağlayan momentum oran terimi,  $\eta$ , etap boyutunu ayarlayan öğrenme oranı,  $r$  ise iterasyon numarasıdır.

#### 2.4 Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon (ÇDDR)

Sürekli zaman serilerinin geçmiş örneklerden yararlanarak gelecek tahmini çalışmalarında en çok kullanılan yöntemlerden birisi çok değişkenli doğrusal regresyondur.

$Y$  bağımlı değişkeninin  $X_1, X_2, \dots, X_m$  gibi bağımsız değişkenden etkilendiği kabul edilir ve aralarındaki ilişki için doğrusal bir denklem seçilirse  $Y$ 'nin regresyon denklemi şu şekilde yazılır.

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m \quad (2.21)$$

Bu denklemde, bağımsız değişkenler  $X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_m=x_m$  değerlerini aldığı anda  $Y$  değişkeninin beklenen değerini göstermektedir.

$a, b_1, b_2, \dots, b_m$  regresyon katsayıları basit regresyondakine benzer şekilde, gözlem noktalarının regresyon denkleminin gösterdiği düzlemden olan  $e_{yi}$  uzaklıklarının karelerinin toplamı olan,

$$\sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - a - b_1 x_{1i} - b_2 x_{2i} - \dots - b_m x_{mi})^2 \quad (2.22)$$

ifadesini minimum yapacak şekilde hesaplanır.

$Y$ 'nin  $X_1$  ve  $X_2$  gibi iki bağımsız değişkene göre regresyon denkleminin en basit hali şu şekli alır.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (2.23)$$

Burada  $b_i$  katsayılarına kısmi korelasyon katsayıları denilebilir, yani  $b_i$  katsayısı  $x_i$  değişkenindeki birim değişikliğe karşılık  $y$ 'de beklenen değişikliği gösterir.

Çok değişkenli regresyonda  $Y$  bağımlı değişkeni ile  $X_1, X_2, \dots, X_m$  bağımsız değişkenleri arasındaki doğrusal bağımlılığın bir ölçüsü

$$R = \left(1 - \frac{S_{ey}^2}{S_Y^2}\right)^{1/2} \quad (2.24)$$

şeklinde tanımlanan korelasyon katsayısıdır. Burada;

$$S_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N e_{yi}^2}{N - 3} \quad (2.25)$$

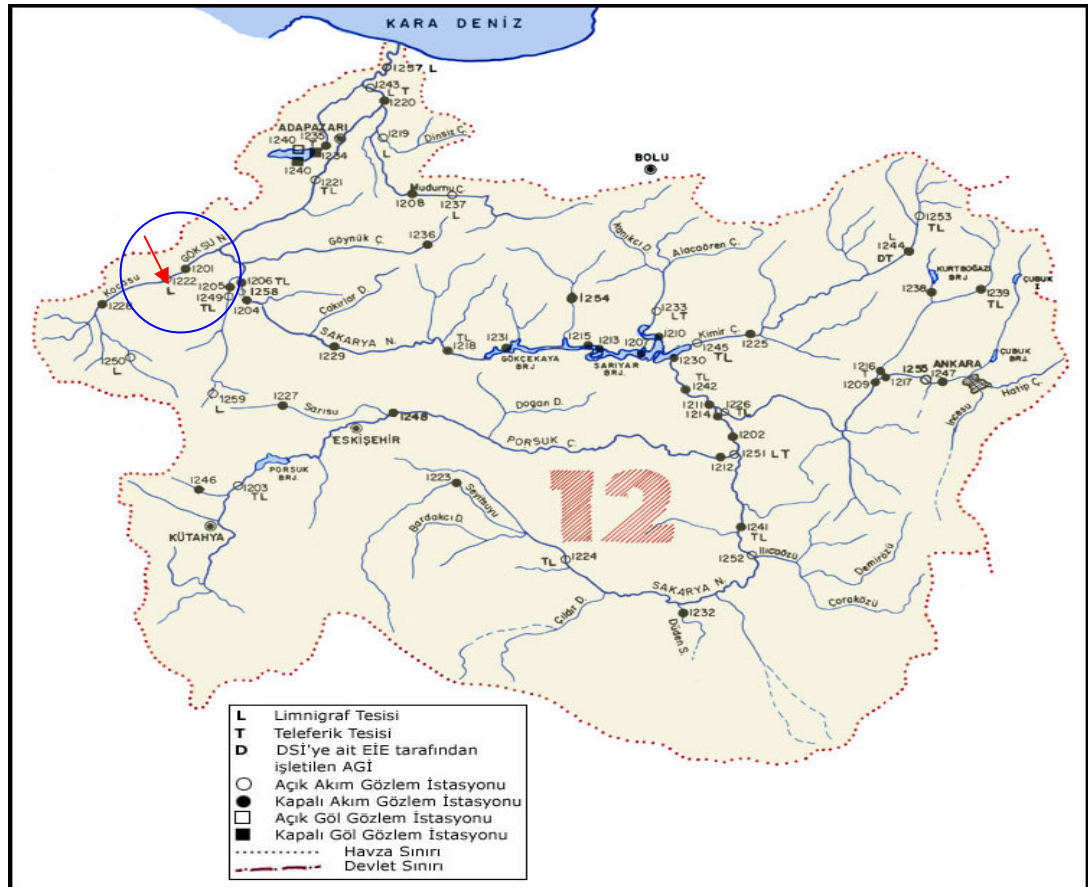
gözenmiş noktaların regresyon düzlemine  $y$  doğrultusundaki uzaklıkların varyansıdır.

$R$ 'nin değerinin 1'e yaklaşması regresyon denkleminin ifade ettiği ilişkinin deterministik bir ilişkiye yaklaştığını gösterir. Regresyon denklemindeki (22),  $m$  bağımsız değişkenin sayısı arttıkça  $R$ 'nin değeri de artar. Ancak bu durumda regresyon denkleminin yapılacak tahminlerdeki hata  $N - (m+1)$ ' e eşit olan serbestlik derecesinin azalması yüzünden artabileceği için bağımsız değişken sayısının artmasıyla regresyon denkleminin daha az hatalı tahminler vermesi ancak  $R$ 'nin  $m$  ile hızlı bir şekilde artması halinde mümkün olur (Bayazıt ve Yeğen, 1994).

### 3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU KAYNAKLARI VERİSİ

#### 3.1 Günlük Ortalama Akım Verisi

Hidrolojik çalışmaların düzenli yapılabilmesi için Türkiye geneli 26 ana akarsu havzasına ayrılmıştır. Kullanılan günlük ortalama akım verisi bu ana havzalardan birisi olan Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu'ndan elde edilmiştir. Sakarya Havzası'nın yağış alanı 56504 km<sup>2</sup>'dir. Akım gözlem istasyonunun yağış alanı ise 2021.6 km<sup>2</sup> olup Sakarya Havzası haritası üzerindeki yeri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: 1222 Kocasu-Rüstümköy Akım Gözlem İstasyonu'nun Sakarya Havzası içindeki yeri

Günlük ortalama akım verisinin bir kısmı YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılmış, geri kalanı test için kullanılmıştır. Tablo 3.1'de, hem tüm veri kümesine birden, hem de eğitim ve test için ayrılan kısımlara uygulanan istatistik sonuçları verilmiştir. Gözlem istasyonuna ait 1986-2000 yılları arasındaki günlük debi ölçümleri kullanılmıştır. Tüm verinin otokorelasyon katsayıları ise Tablo 3.2'de verilmiştir. Otokorelasyon katsayıları her sonraki zaman biriminin birinci zamana göre hesaplanmış bağımlılık değerleridir.

Tablo 3.1: 1222 Kocasu-Rüstümköy Akım Gözlem İstasyonu verisinin istatistik analizi

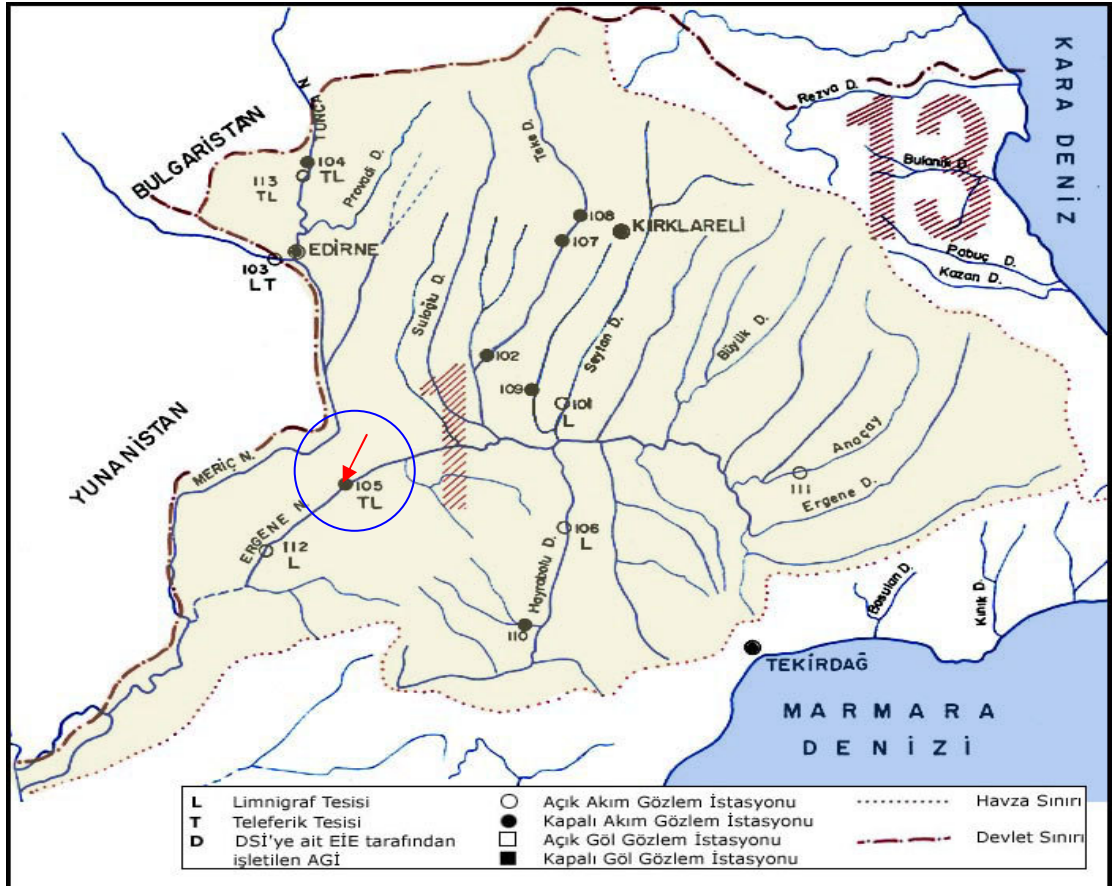
İstatistik Değerler	TÜM VERİ	EĞİTİM VERİSİ	TEST VERİSİ
Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	17.00848	18.13596	12.50
Ortanca (m <sup>3</sup> /s)	10.00	10.90	8.08
Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	19.96612	20.90876	14.81616
Varyans (m <sup>6</sup> /s <sup>2</sup> )	398.6461	437.1764	219.5185
Basıklık	16.981	16.470	10.040
Çarpıklık	3.045	2.993	2.747
En Küçük (m <sup>3</sup> /s)	0.05	0.08	0.05
En Büyük (m <sup>3</sup> /s)	237	237	110
Veri Adedi	5476	4380	1096

Tablo 3.2: Gözlem istasyonu 1222; 1986–2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları

Otokorelasyon Katsayıları	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$	$r_9$	$r_{10}$	$r_{11}$	$r_{12}$
	0.893	0.800	0.740	0.696	0.672	0.655	0.643	0.635	0.629	0.619	0.611	0.609

### 3.2 Kurak Devreli Günlük Ortalama Akım Verisi

Çalışmada kullanılan kurak devreli günlük ortalama akım verisi Meriç Havzası'ndaki 105-Ergene Nehri-Uzunköprü istasyonundan elde edilmiştir. Meriç Havzası'nın drenaj alanı 49482 km<sup>2</sup>'dir. 105 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı ise 10194.8 km<sup>2</sup>'dir. İstasyonun Meriç Havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: 105 Ergene-Uzunköprü Akım Gözlem İstasyonu'nun Meriç Havzası içindeki yeri

Kurak devreli günlük ortalama akım verisinin bir kısmı, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılmış, geri kalan kalanı test için kullanılmıştır. Tablo 3.3'te, hem tüm veri kümesine birden hem de eğitim ve test için ayrılan kısımlara uygulanan istatistik analiz sonuçları verilmiştir. Gözlem istasyonuna ait 1970-1984 yılları arasındaki günlük debi ölçümleri kullanılmıştır. Tüm verinin otokorelasyon katsayıları ise Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3: 105 Ergene-Uzunköprü Akım Gözlem İstasyonu verisinin istatistik analizi

İstatistik Değerler	TÜM VERİ	EĞİTİM VERİSİ	TEST VERİSİ
Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	29.31526	29.23356	29.64191
Ortanca (m <sup>3</sup> /s)	10.20	10.90	7.77
Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	69.53669	66.95793	79.04390
Varyans (m <sup>6</sup> /s <sup>2</sup> )	4835.351	4483.364	6247.938
Basıklık	153.202	177.847	92.866
Çarpıklık	9.93906	10.48290	8.36326
En Büyük (m <sup>3</sup> /s)	1690	1690	1170
En Küçük (m <sup>3</sup> /s)	0	0	0
Veri Adedi	5438	4350	1088

Tablo 3.4: Gözlem istasyonu 105; 1970–1984 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon Katsayıları	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$	$r_9$	$r_{10}$	$r_{11}$	$r_{12}$
$n$	0,84	0,64	0,51	0,43	0,37	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,26	0,25
	0	7	2	2	7	9	3	4	8	7	1	8

### 3.3 Aylık Ortalama Akım Verisi



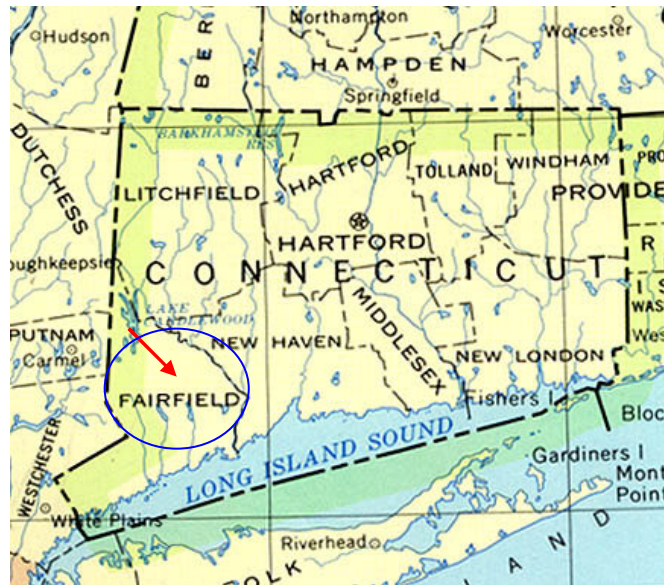
Örnek Varyans ( $m^6/s^2$ )	11809.31	12624.42	8523.52
Basıklık	4,16588	4.00449	4.29723
Çarpıklık	1.85923	1.82843	1.90421
En Büyük ( $m^3/s$ )	708	708	490
En Küçük ( $m^3/s$ )	24.8	24.8	33.0
Veri Adedi	288	231	57

Tablo 3.6: Gözlem istasyonu 1714; 1974–2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları

Otokorelasyon	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$
Katsayıları	0.534	0.256	0.068	-0.177	-0.343	-0.399	-0.326

### 3.4 Yeraltı Su Seviyesi Verisi

A.B.D. Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası yeraltı ve yüzey suları itibariyle su kaynakları açısından oldukça zengindir ve %32 yeraltı suyu kullanım oranına sahiptir. Kullanılan saatlik ortalama yeraltı suyu verisi Fairfield Havzası'ndaki USGS 410628073413301 CT-GW 21 no.lu yeraltı suyu gözlem kuyularından elde edilen su seviyeleridir. Fairfield bölgesinin Connecticut üzerindeki konumu Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: CT-GW 21 nolu gözlem kuyularının bulunduğu Fairfield bölgesinin Connecticut üzerindeki konumu

Yeraltı suyu verilerinin istatistik analizleri, USGS 410628073413301 CT-GW 21 no.lu istasyon için 11/6/2004 0:00 ile 12/7/2004 7:00 tarihleri arasında veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere uygulanmış ve istatistik analiz sonuçları Tablo 3.7’de gösterilmiştir. Tüm verinin otokorelasyon katsayıları ise Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.7: USGS 410628073413301 CT- GW 21, Yeraltı Su Seviyesi veri serisi istatistik analizi

İstatistik Değerler	TÜM VERİ	EĞİTİM VERİSİ	TEST VERİSİ
Ortalama (m)	22.323	22.26905	22.6742
Ortanca (m)	22.77	22.8	22.635
Standart Sapma (m)	0.884181	0.937242	0.106754
Varyans (m <sup>2</sup> )	0.781776	0.878422	0.011396
Basıklık	1.152997	0.450543	-1.328376
Çarpıklık	-1.601452	-1.389054	0.241428
En Büyük(m)	23	23	22.86
En Küçük (m)	19.94	19.94	22.51
Veri Adedi	751	651	100

Tablo 3.8: USGS 410628073413301 CT- GW 21; 11/6/2004-12/7/2004 Yeraltı Su Seviyesi veri serisi, otokorelasyon katsayıları

Otokorelasyon Katsayıları	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_6$
	0.9999	0.9997	0.9994	0.9991	0.9988	0.9985	0.9982

#### **4. YAPAY SINIR AĞLARI VE ÇOK DEĞİŞKENLİ DOĞRUSAL REGRESYON TAHMİN SONUÇLARI**

Çalışmada kullanılmak üzere her bir YSA metodu için MATLAB dilinde 3 farklı bilgisayar programı hazırlanmıştır. Veri setinin %80'lik kısmı eğitimde, kalan %20'lik kısmı ise test çalışmasında kullanılmıştır. Benzer şekilde ÇDDR yöntemi için test verileri hesaba katılmıştır. Verilerin hazırlanması ile test işlemine geçilmiştir. Test sonuçlarına göre üç YSA yöntemi ve ÇDDR yöntemi birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma kriterleri olarak, test süresi için elde edilen verinin ortalama kare hatası (OKH) ve determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerleri kullanılmıştır. Tahmin çalışması günlük ortalama akım, kurak devreli günlük ortalama akım, aylık ortalama akım, yeraltı suyu seviyesi için ayrı ayrı yapılmıştır.

##### **4.1 Günlük Ortalama Akım Verisi Tahmin Sonuçları**

Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde öncelikle ölçeklendirme çalışması yapılmıştır. Bunun için istatistik analiz sonucu elde edilen en yüksek akım değeri tüm veri değerlerine bölünmüştür. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edilerek bu veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlanmıştır.

##### **4.1.1 Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Ortalama Akım Verisi'nin Yapay Sinir Ağları ve Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon ile 1 – 30 Gün Sonrası Tahmin Sonuçları**

Geçmiş günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlere ait ortalama akım değerlerinin tahminine çalışılmıştır. Bunun için girdi hücrelerini temsil edecek matris uzunluğuna karar verilmesi gereklidir. Girdi tabakası için hücre sayısı diye adlandırılan bu matris için geçmiş gün sayısına karar vermek adına birtakım simülasyonlar yapılmıştır.

1 gün sonrasını tahmin için kullanılan YSA girdi tabakasındaki hücre sayısını belirlemek için yapılan simülasyonların toplu olarak karşılaştırması Tablo 4.1’de yer almaktadır. Bu araştırma sonucu olarak geçmiş 13 güne ait günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 13 hücreyi oluşturmuştur. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulunmuştur. Örneğin 3 gün sonrası tahmin edilirken 16. günün tahmini yapılmış olacak ve yine 16. günün eldeki gözlenen değeri ile karşılaştırılacaktır. Simülasyonda kullanılan 1986–2000 yılları arasındaki 15 yıl içerisinde ilk 12 yıla ait 4380 veri eğitim için, son 3 yıla ait 1096 veri test için kullanılmıştır.

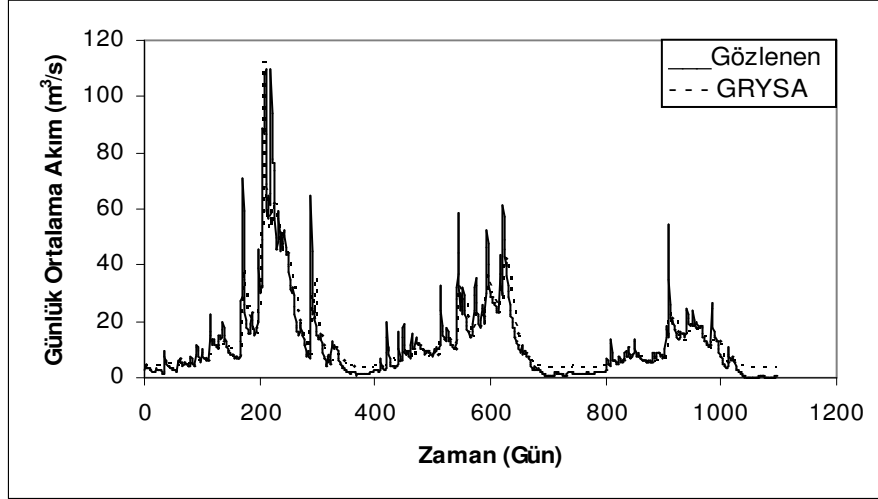
Tablo 4.1: 1222 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi  
(\* Tercih edilen giriş hücre sayısı)

Giriş Hücre Sayısı	1 gün sonrası için tahminler					
	İBGYSA		RTYSA		GRYSA	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
10	24.86	0.915	25.97	0.909	54.64	0.821
11	24.62	0.916	24.52	0.914	56.07	0.816
12	25.31	0.911	24.50	0.914	56.63	0.802
13 *	23.07	0.919	24.01	0.916	55.82	0.806
14	27.10	0.906	24.15	0.916	69.98	0.758

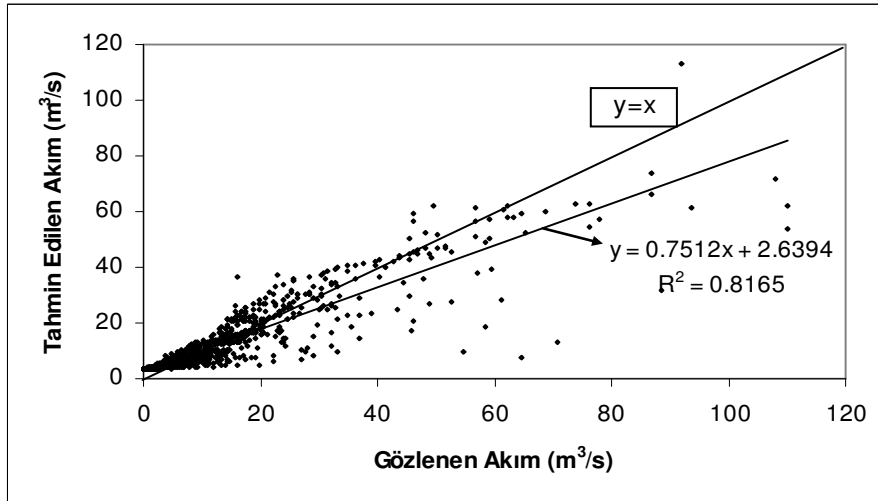
1 gün sonraki tahmin sonuçlarını elde etmek için yani 14. günün akım değerinin tahmini için ilk olarak GRYSA ile simülasyonlara başlanmıştır. Daha sonraki günlere ait (2 gün sonrası, 3 gün sonrası, 10 gün sonrası, 20 gün sonrası ve 30 gün sonrası) tahmin çalışmaları da benzer şekilde diğer karşılaştırma yöntemleri ile devam etmiştir. Her bir ileri zaman dilimi sonrası tahmini için seçilen parametrelerin değerleri ile karşılaştırma kriterleri değerleri verilecektir. Simülasyon modelleri sonucu oluşan tahminleri veren diyagramlar bu değerlerin ardından yer alacaktır. Saçılma diyagramı bize tahminlerin yaklaşıklığı hakkında önemli bilgiler vermektedir.

#### 4.1.1.1 İleriye Dönük 1 Gün Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 1 gün sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.08 alındığında en iyi sonucun elde edildiği tespit edilmiştir. Simülasyonlar sonucunda toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası 55.47 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.817 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



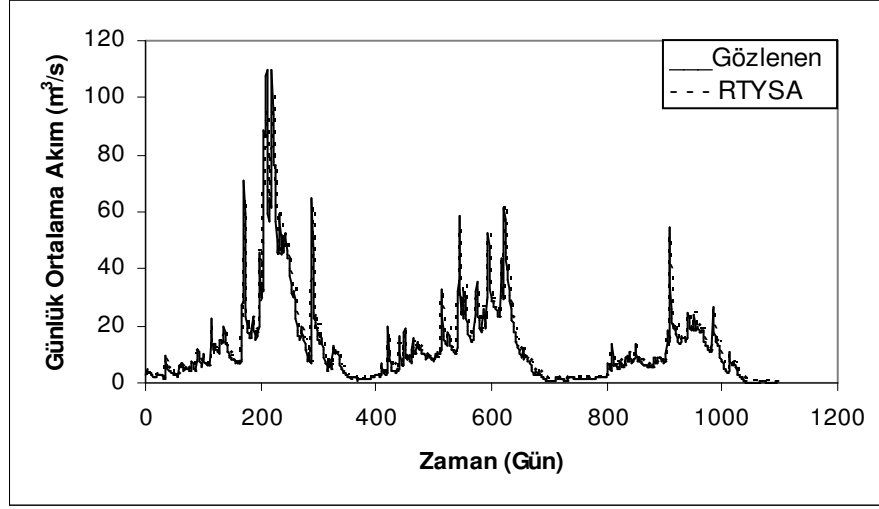
Şekil 4.1: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



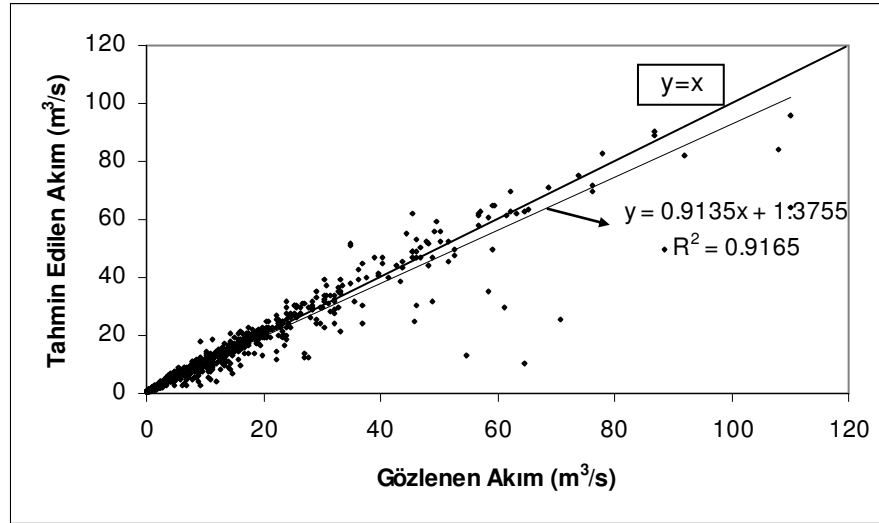
Şekil 4.2: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 1 gün sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.95 alındığında en iyi sonucun elde edildiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam

1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $23.69 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.917 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



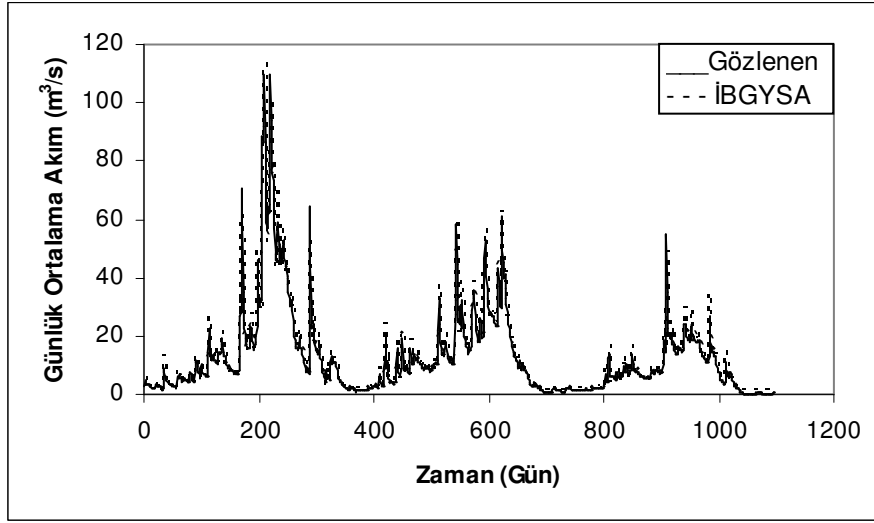
Şekil 4.3: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



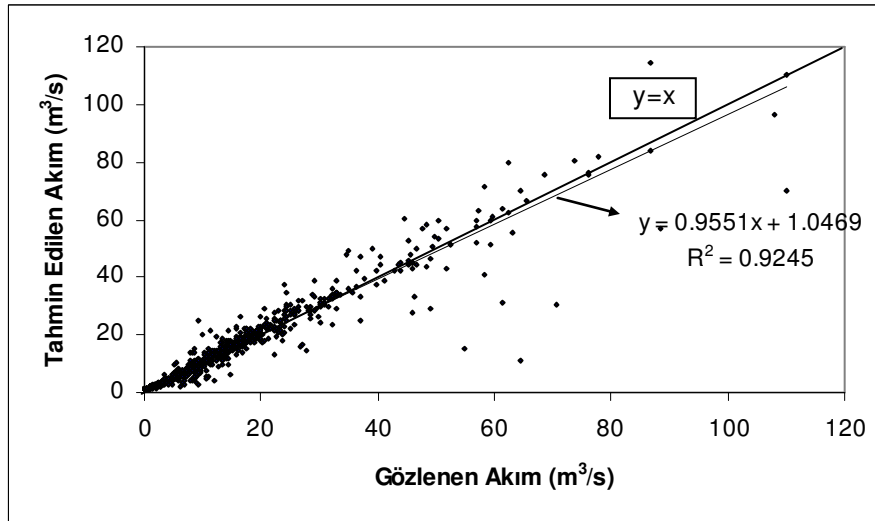
Şekil 4.4: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 1 gün sonraki akım tahmini için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 6 olarak alınmış ve program en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $21.44 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon

katsayısı 0.925 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler de Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

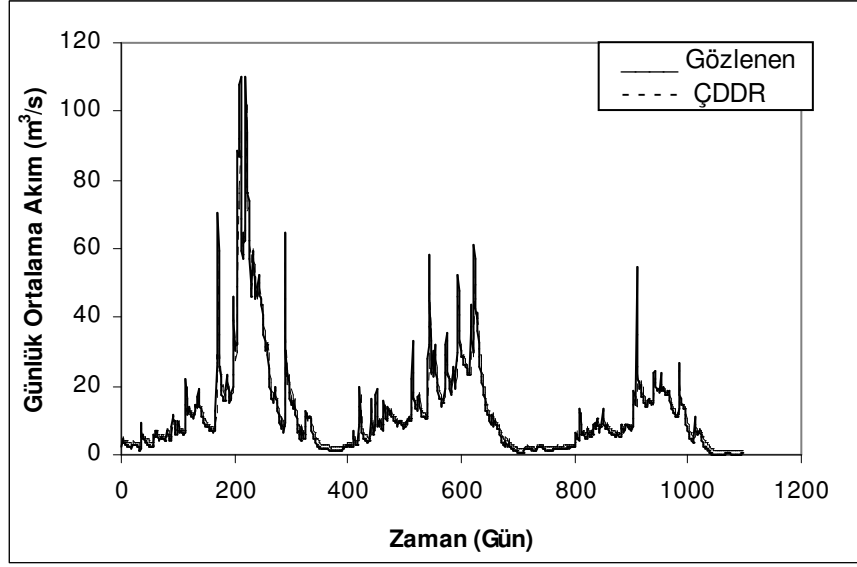


Şekil 4.5: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

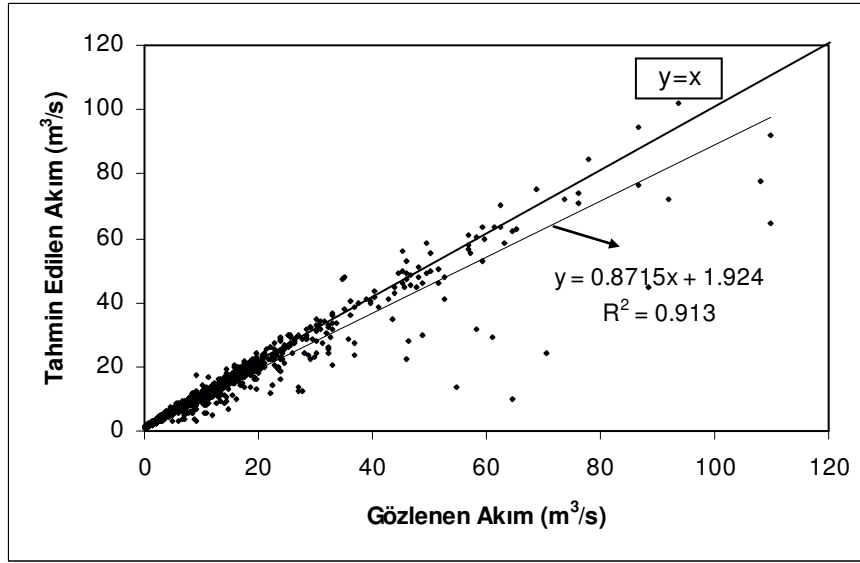


Şekil 4.6: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 1 gün sonraki akım tahmini için yapılan hesaplamalar sonucu toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası değeri 19.64 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.913 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

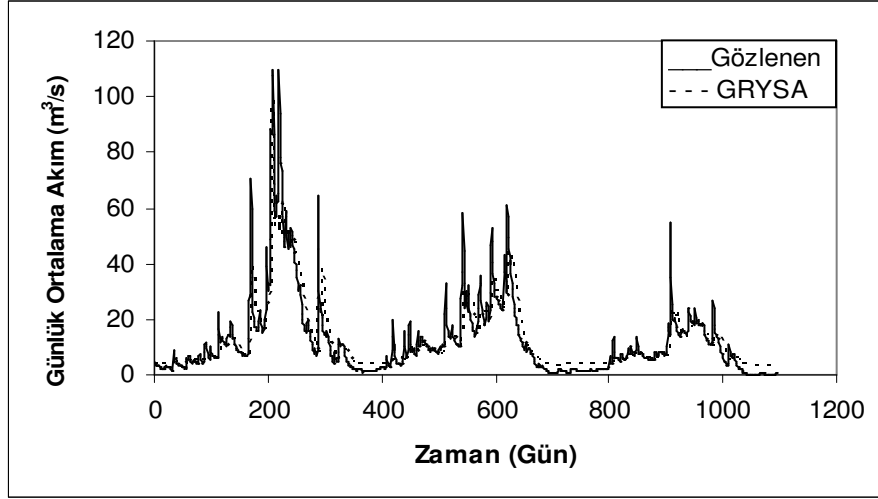


Şekil 4.8: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 1 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

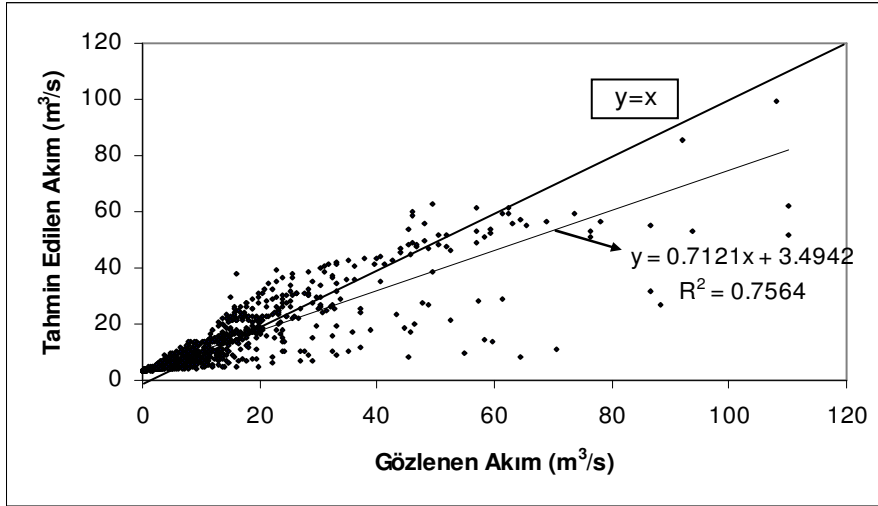
Grafiklerden de görüldüğü gibi bütün metotların 1 gün sonrası için yaptıkları tahminler oldukça iyidir. Ancak OKH esas alındığında İBGYSA ile RTYSA'nın özellikle iyi tahminler yaptığı, GRYSA tahminlerinin gözlenen değerlerden uzak kaldığı, buna karşın ÇDDR tahminlerinin ise en iyi olduğu belirtilmelidir.

#### 4.1.1.2 İleriye Dönük 2 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA ile 2 gün sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.08 olarak alınmıştır. Yine 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $72.99 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.756 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



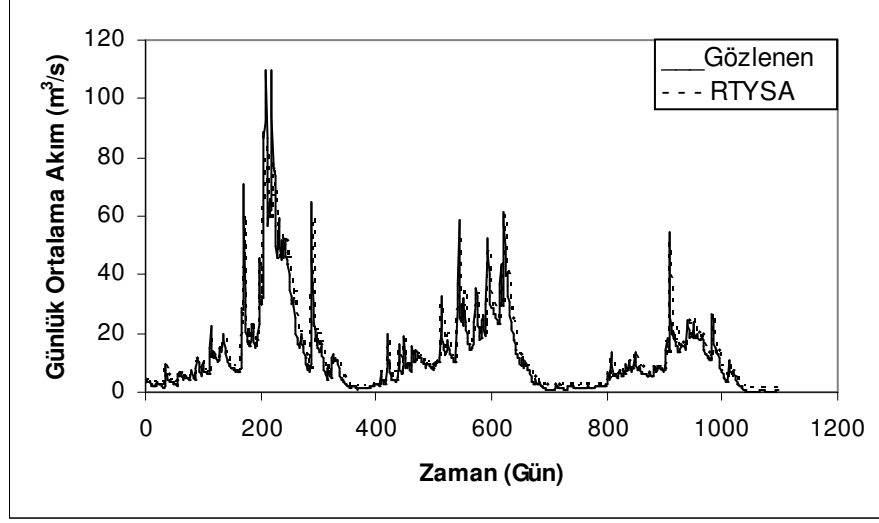
Şekil 4.9: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



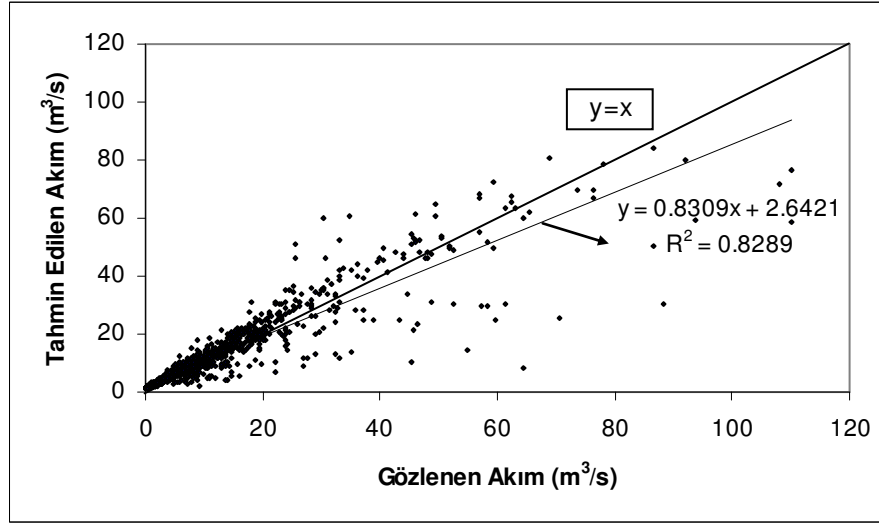
Şekil 4.10: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 2 gün sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.99 alınmıştır. Sonuç olarak toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin

ortalama kare hatası 50.52 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.829 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

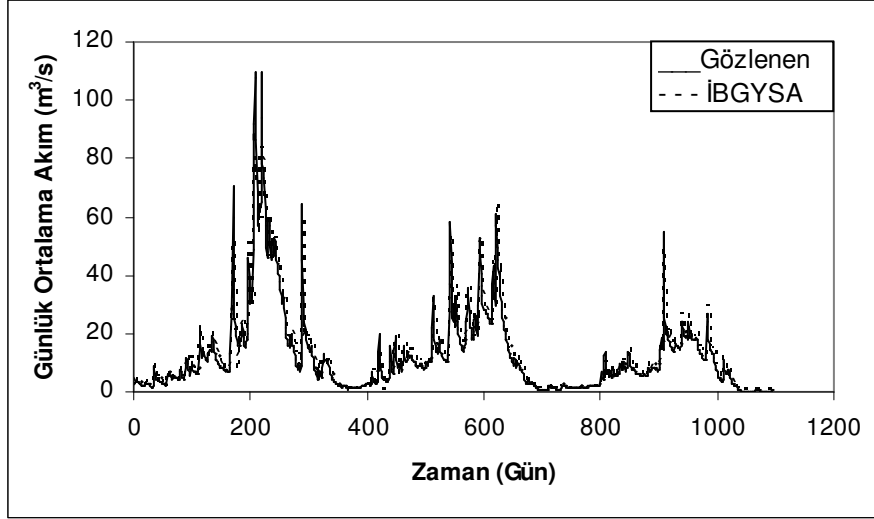


Şekil 4.11: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

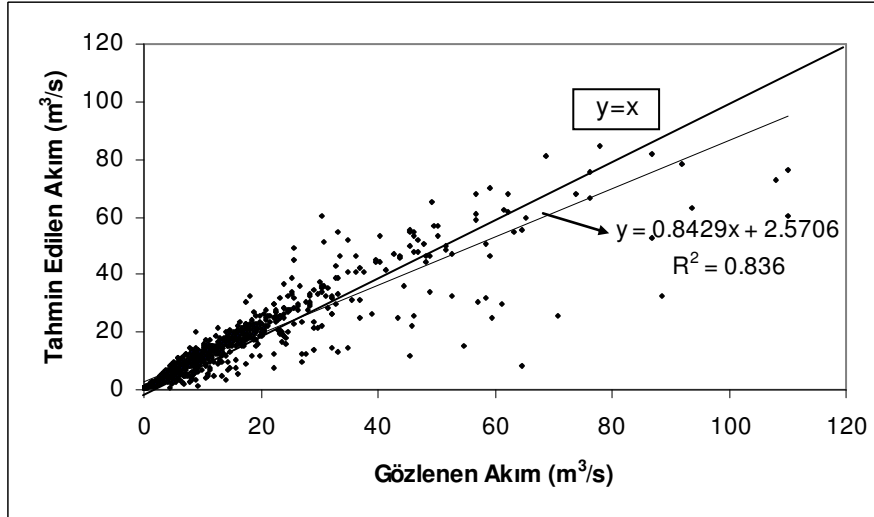


Şekil 4.12: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 2 gün sonrası için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 4 olarak alındı ve program çalıştırılmıştır. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası 48.38 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.836 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’te gösterilmiştir.

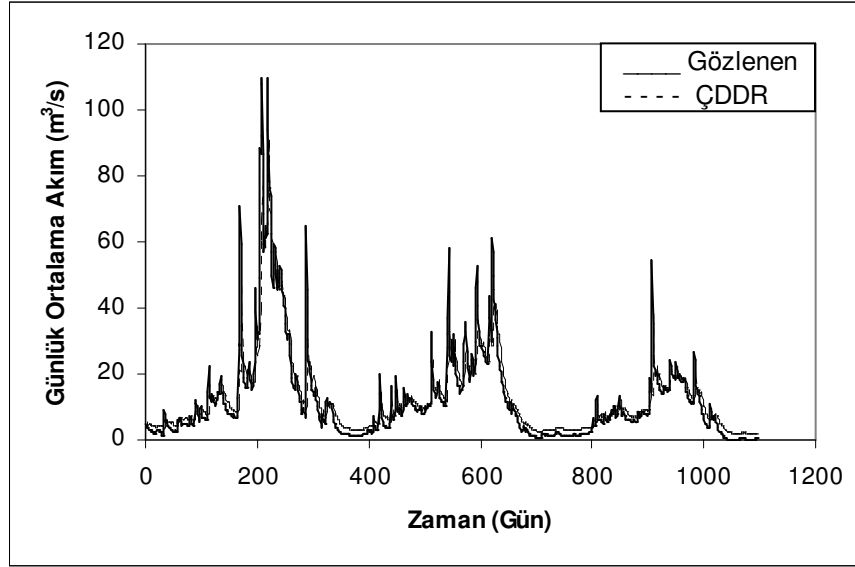


Şekil 4.13: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

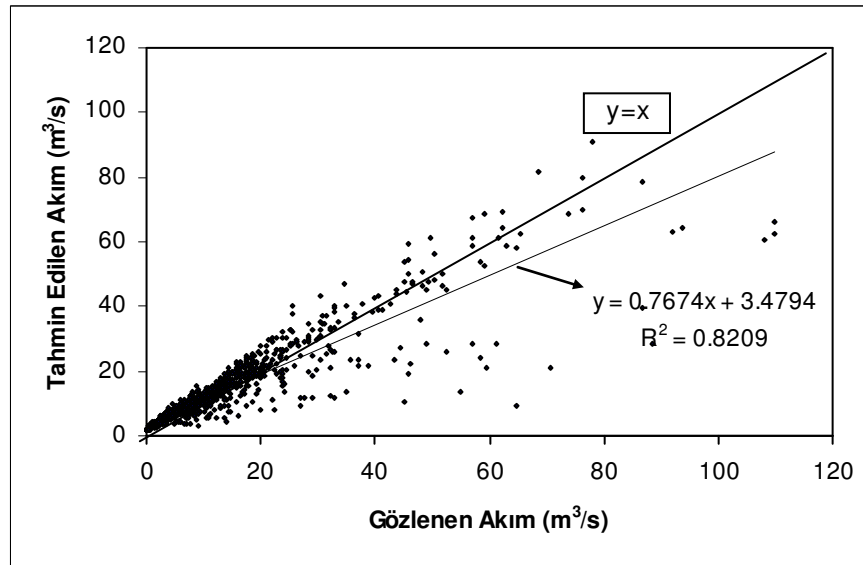


Şekil 4.14: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 2 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 2 gün sonrası için hesaplamaları sonucu toplam 1096 günlük ortalama akım değerinden oluşan test verisi ile yapılan tahminlerin ortalama kare hatası  $40.48 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.821 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.15: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 2 gün sonrasının günlük ortalama akım tahmini

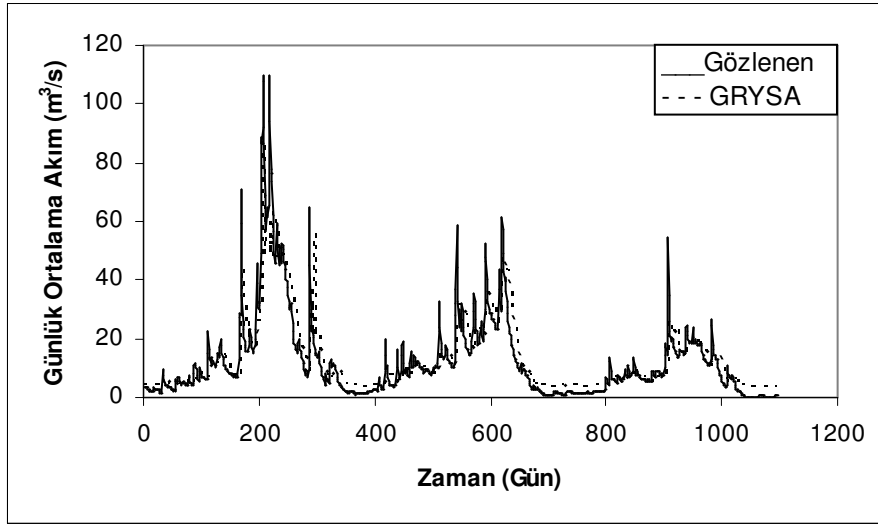


Şekil 4.16: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 2 gün sonrasının günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

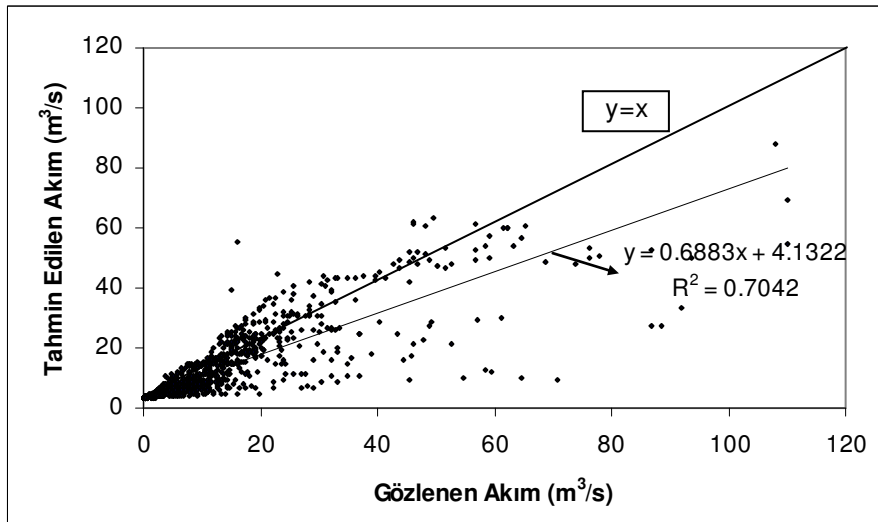
Grafiklerden de görüldüğü gibi bütün metotlarda 2 gün sonrası için yapılan tahminler 1 gün sonrası tahminlerinden daha iyi değildir. Bu beklenen bir sonuçtur. 1 gün sonrası için yapılan tahminlerde olduğu gibi, aralarında çok büyük fark olmamakla birlikte, en iyi tahminlerin sırası ile ÇDDR, İBGYSA, RTYSA ve GRYSA ile elde edildiği görülmüştür.

#### 4.1.1.3 İleriye Dönük 3 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 3 gün sonraki akım tahmini için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.07 alınmıştır. Toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisi kullanılarak yapılan simülasyonlar sonrasında ortalama kare hatası 88.85 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.704 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

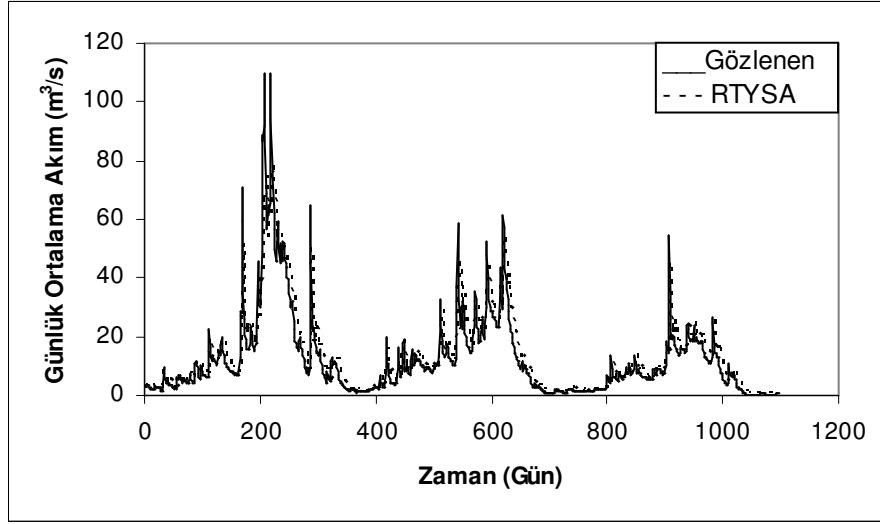


Şekil 4.17: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

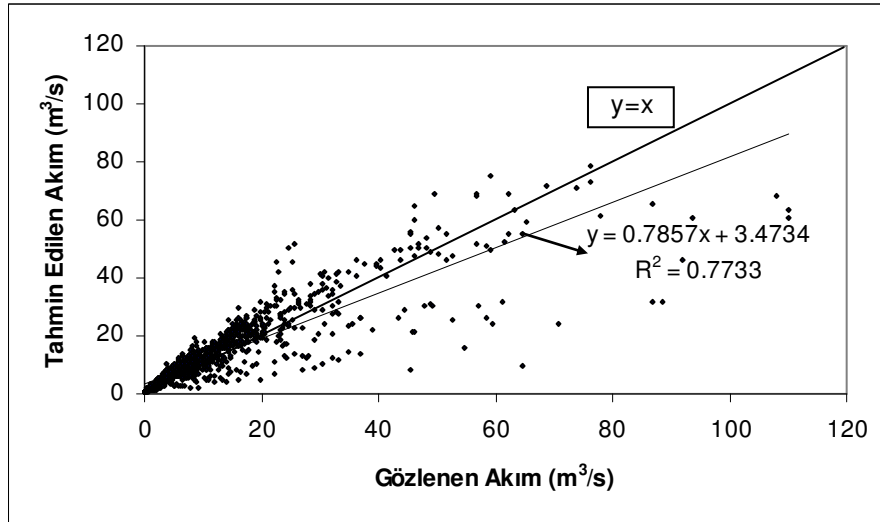


Şekil 4.18: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA ile gelecek 3 gün sonraki simülasyonda yayılım parametresi 0.70 mıdır. Sonuçta test verisinin ortalama kare hatası  $68.36 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.773 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de gösterilmiştir.

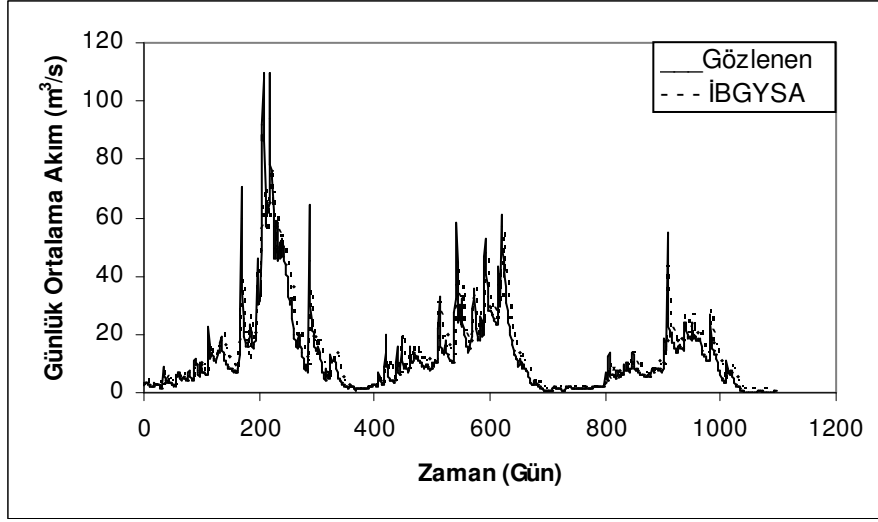


Şekil 4.19: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

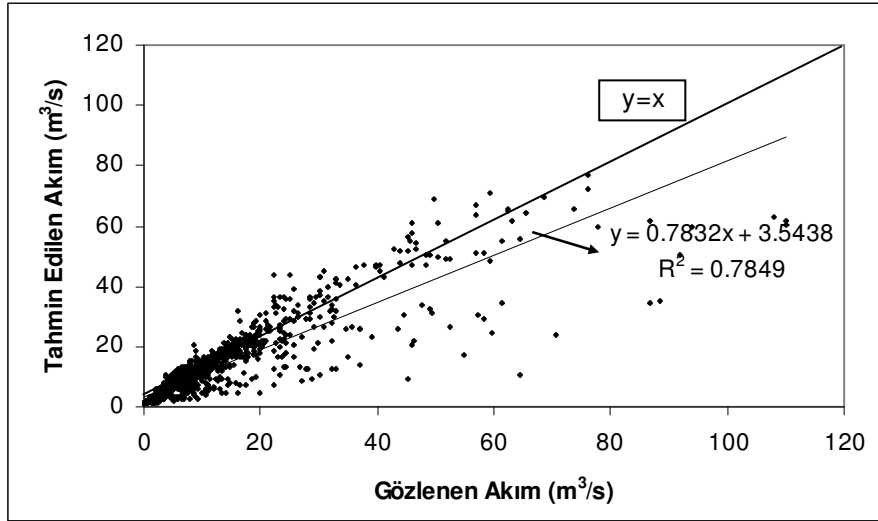


Şekil 4.20: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA ile 3 gün sonraki akım tahmininde iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 4 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuçta test verisinin ortalama kare hatası  $64.64 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.785 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

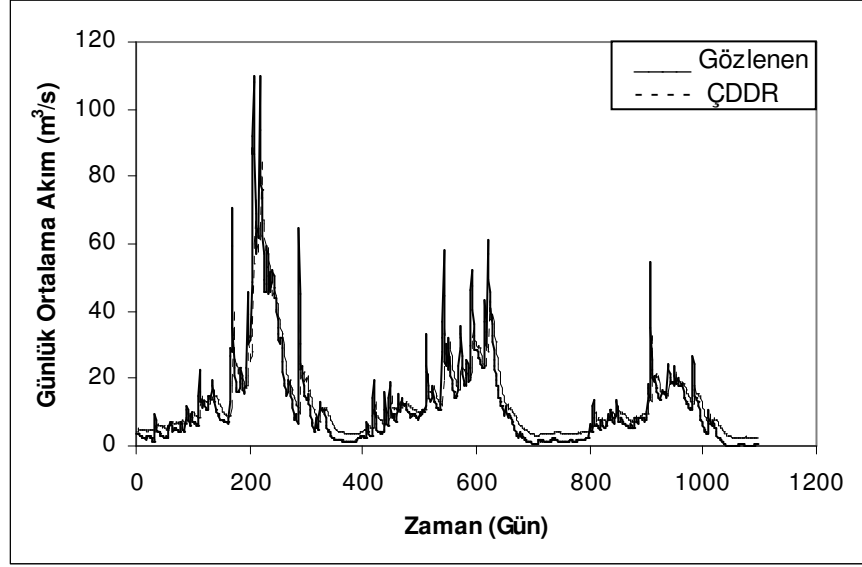


Şekil 4.21: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

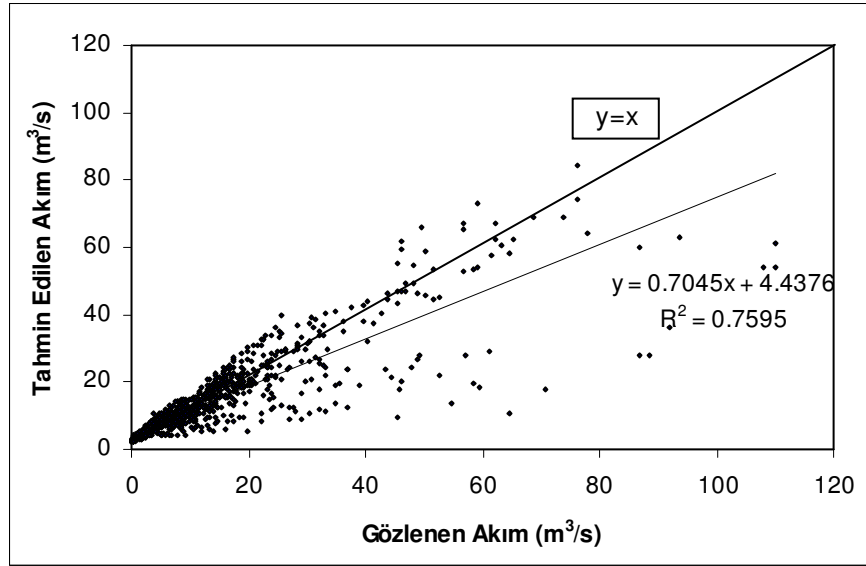


Şekil 4.22: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 3 gün sonraki akım hesaplamaları sonucu test verisinin ortalama kare hatası değeri  $54.34 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.760 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

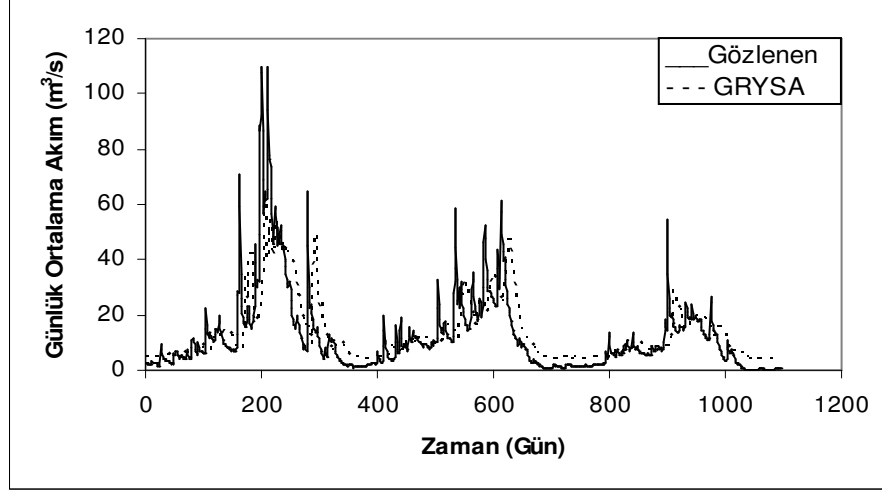


Şekil 4.24: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 3 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

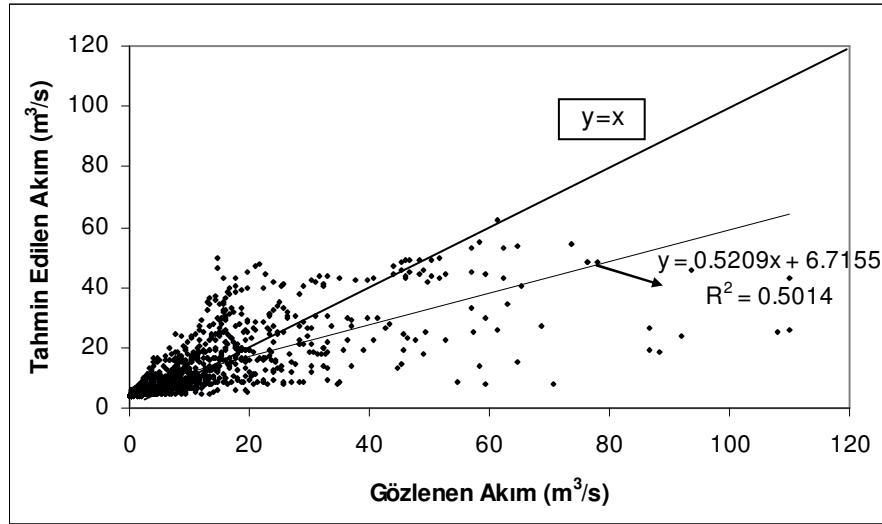
Grafiklerden de görüldüğü gibi bütün metotlar 3 gün sonrası tahminleri, 1 ve 2 gün sonrası tahminlerinden iyi değildir ve artık tahminlerin gücü belirli oranda azalmaya başlamıştır. Bu arada, benzer tahminler yapmakla birlikte OKH esas alındığında yöntemlerin sıralamasının yine değişmediği belirtilebilir.

#### 4.1.1.4 İleriye Dönük 10 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 10 gün sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.07 olarak tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $152.06 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.501 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.



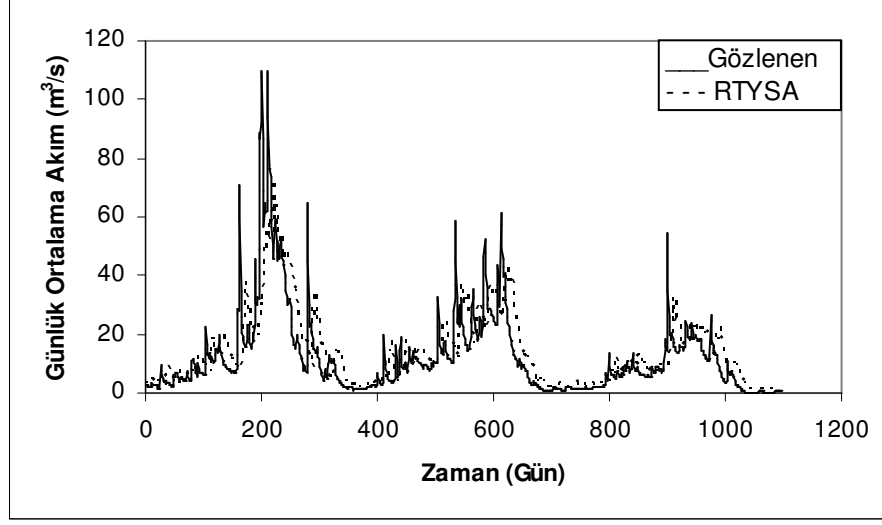
Şekil 4.25: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



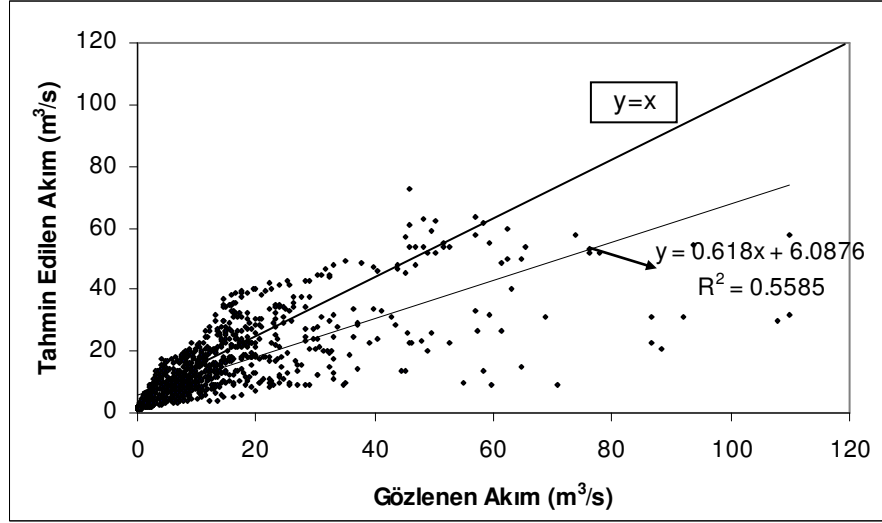
Şekil 4.26: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA ile 10 gün sonraki akımın tahmini için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.80 alınarak en iyi sonuç elde edilmiştir. Buna göre test verisinin

ortalama kare hatası  $136.80 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı  $0.559$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de gösterilmiştir.

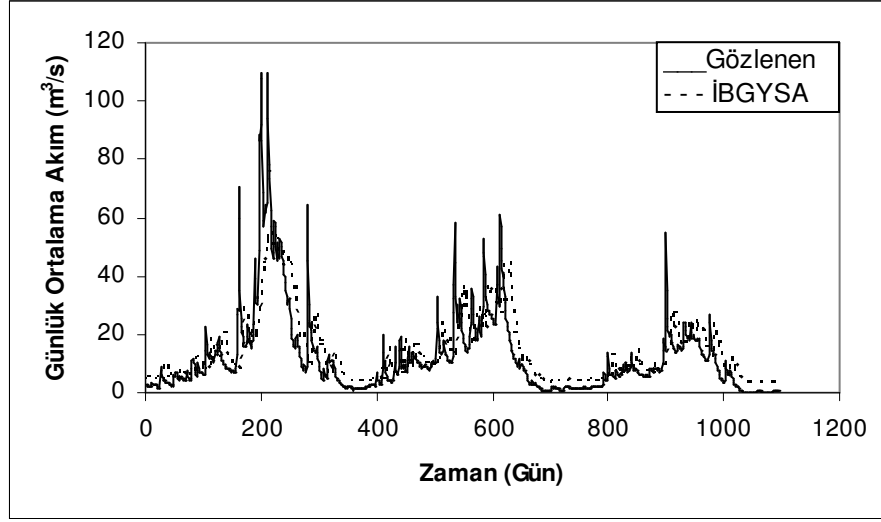


Şekil 4.27: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

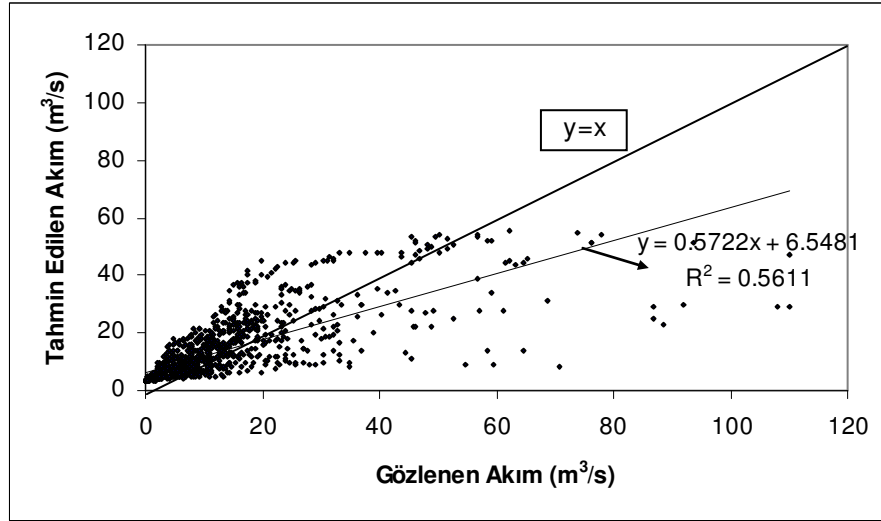


Şekil 4.28: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA ile 10 gün sonraki akımın tahmini için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı  $200$ , gizli tabakadaki hücre sayısı da  $4$  olarak alınmış ve program  $10$  defa çalıştırılmıştır. Sonuçta olarak test verisinin ortalama kare hatası  $133.51 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı  $0.561$  olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da gösterilmiştir.

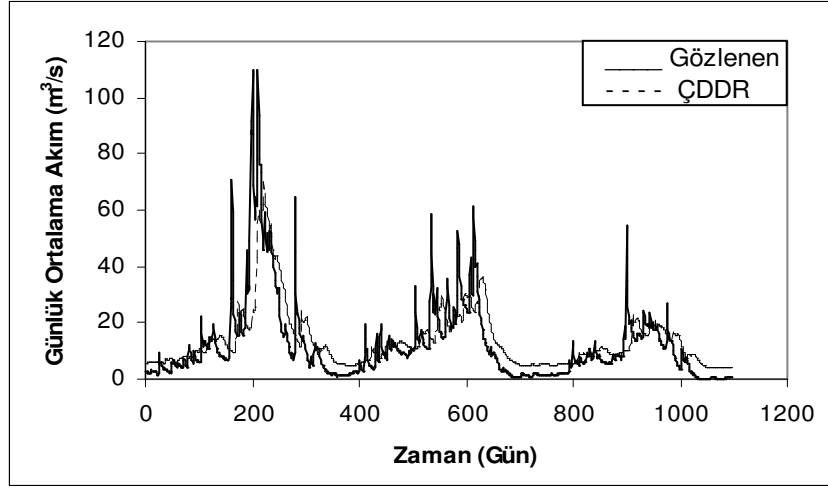


Şekil 4.29: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

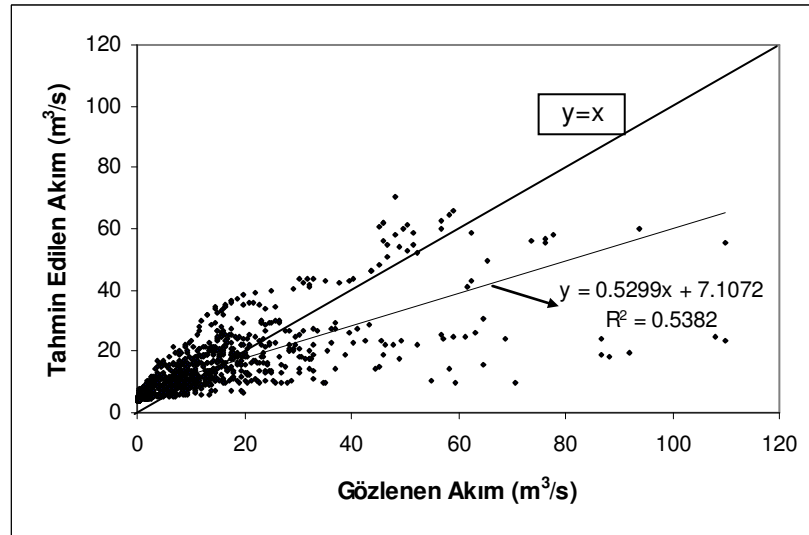


Şekil 4.30: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile gelecek 10 gün sonraki hesaplamaları sonucu toplam 1096 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri  $103.33 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.538 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



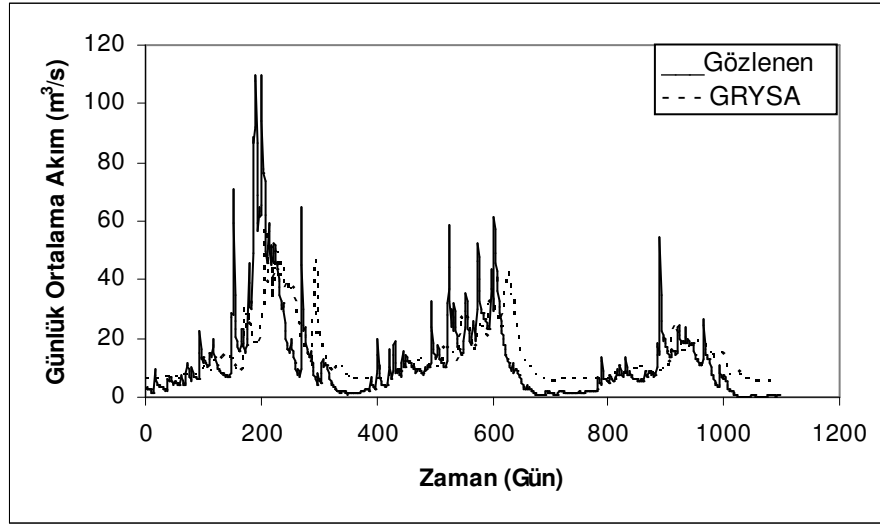
Şekil 4.32: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 10 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

Grafikler, bütün metotlarda 10 gün sonrası tahminlerin güvenilirliklerinin hızla düştüğüne işaret etmektedir. Yöntemler arasındaki farklılıklar oldukça belirgin olmaya başlamıştır. Pik debi değerlerinin tahmini de daha kısa süreli tahminlerdeki kadar başarılı değildir.

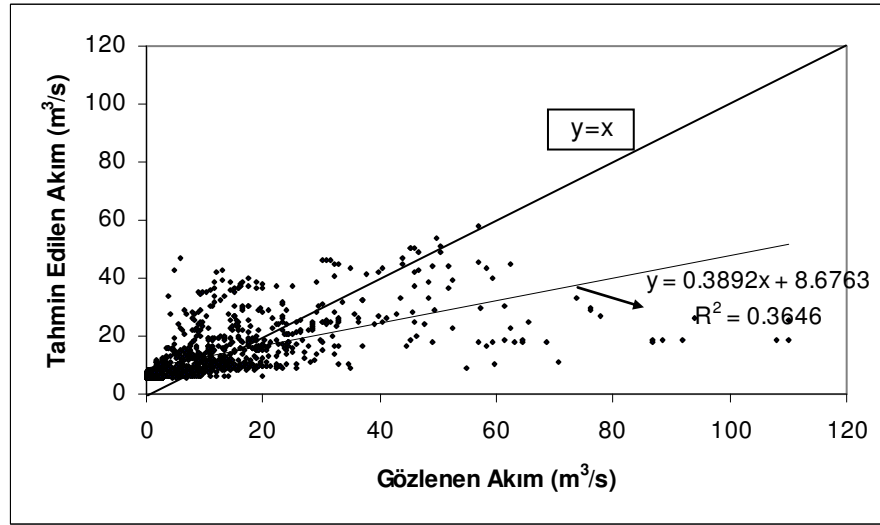
#### 4.1.1.5 İleriye Dönük 20 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 20 gün sonraki akım tahmininde düzeltme parametresi 0.08 olarak tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $195.15 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ ,

determinasyon katsayısı 0.365 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te gösterilmiştir.

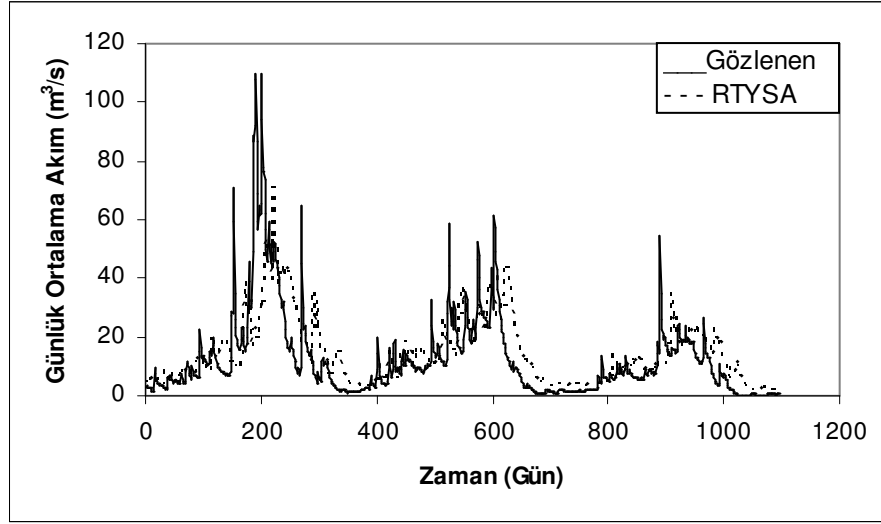


Şekil 4.33: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

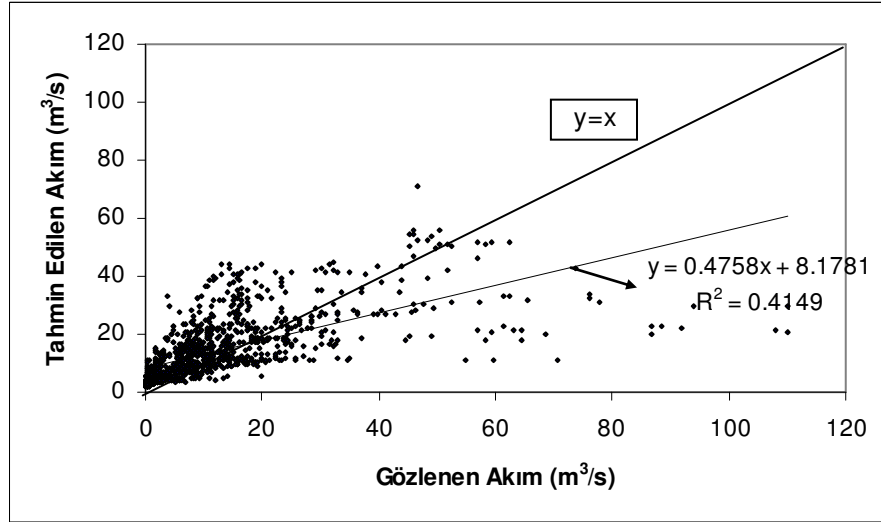


Şekil 4.34: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 20 gün sonraki akımın tahmininde yayılım parametresi 0.90 alınmıştır. Buna göre yapılan tahminlerde test verisinin ortalama kare hatası 182.43 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.415 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da gösterilmiştir.

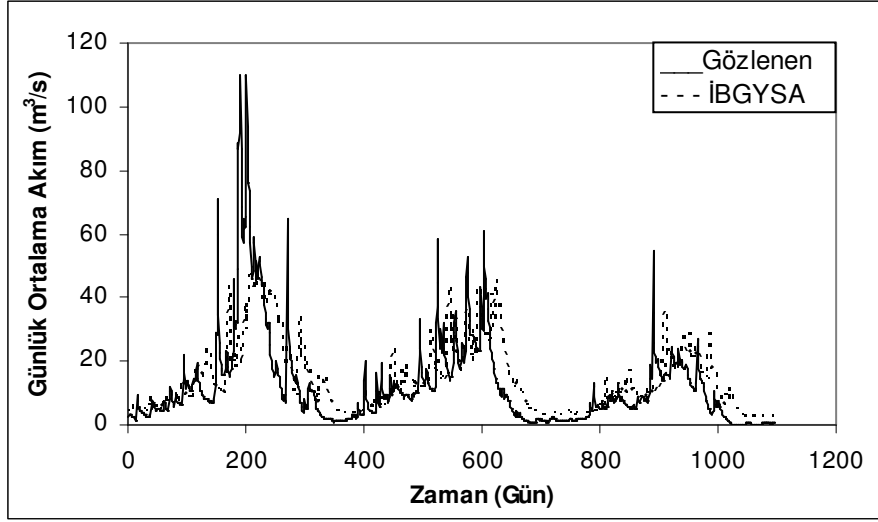


Şekil 4.35: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

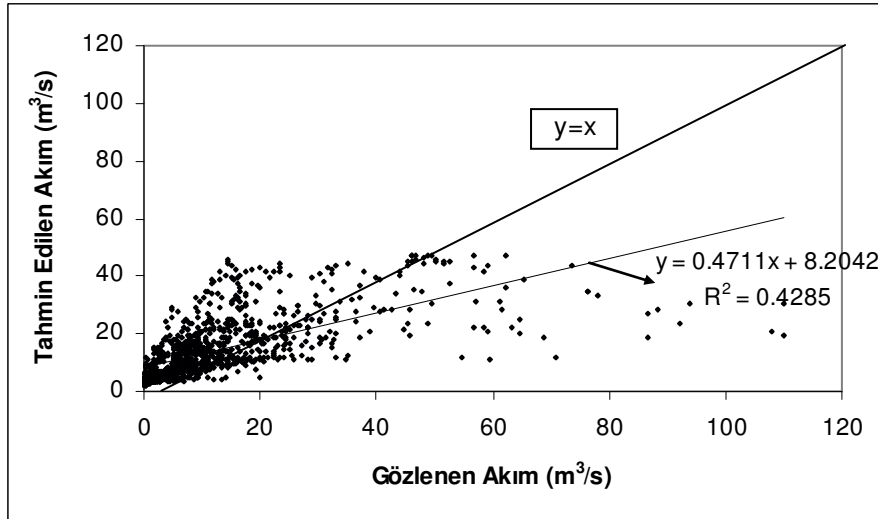


Şekil 4.36: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 20 gün sonraki akım tahmininde iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 4 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $175.23 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.429 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.37 ve Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

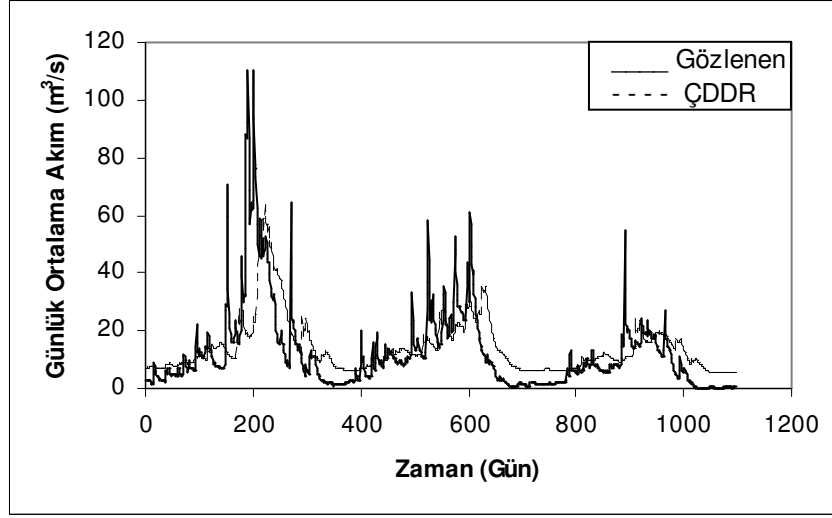


Şekil 4.37: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

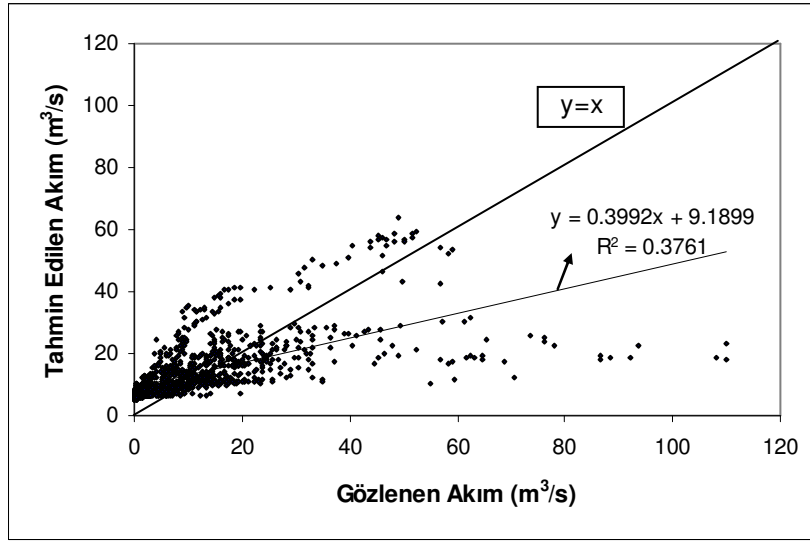


Şekil 4.38: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 20 gün sonraki akım tahmini için yapılan hesaplamalar sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $140.94 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.376 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta gösterilmiştir.



Şekil 4.39: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

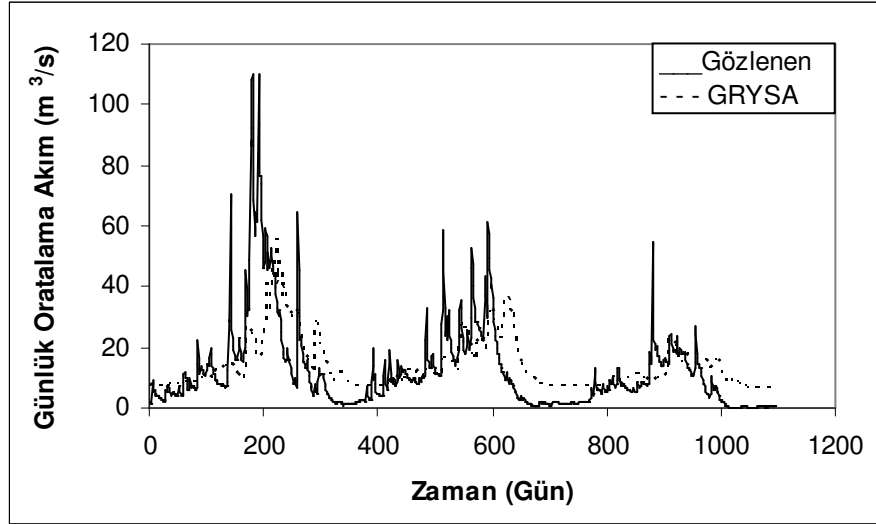


Şekil 4.40: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 20 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

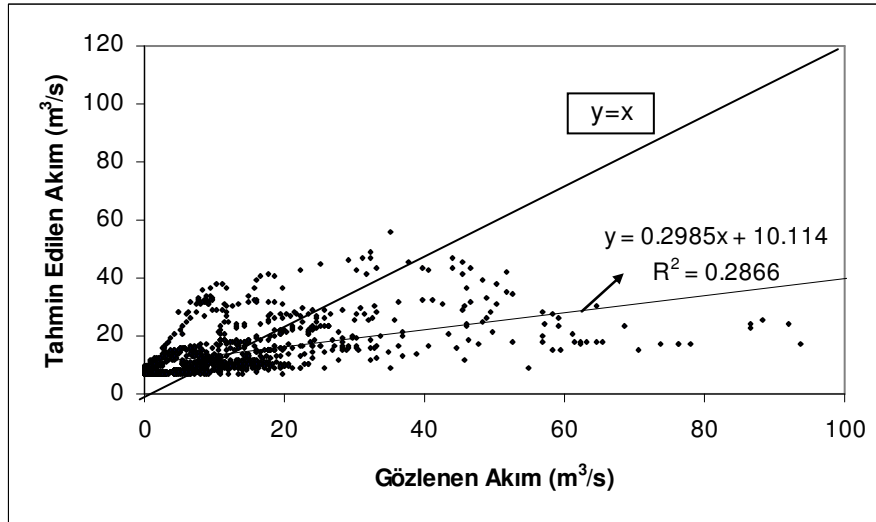
Grafiklerden de görüldüğü gibi 20 gün sonrası için yapılan tahminlerin, tahmin süresinin uzaması ile gözlenen değerlerden uzaklaşmıştır. Pik akım değerleri de iyi yakalanamamaktadır.

#### 4.1.1.6 İleriye Dönük 30 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 30 gün sonraki akımın tahmininde düzeltme parametresi 0.090 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $217.96 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.287 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de gösterilmiştir.

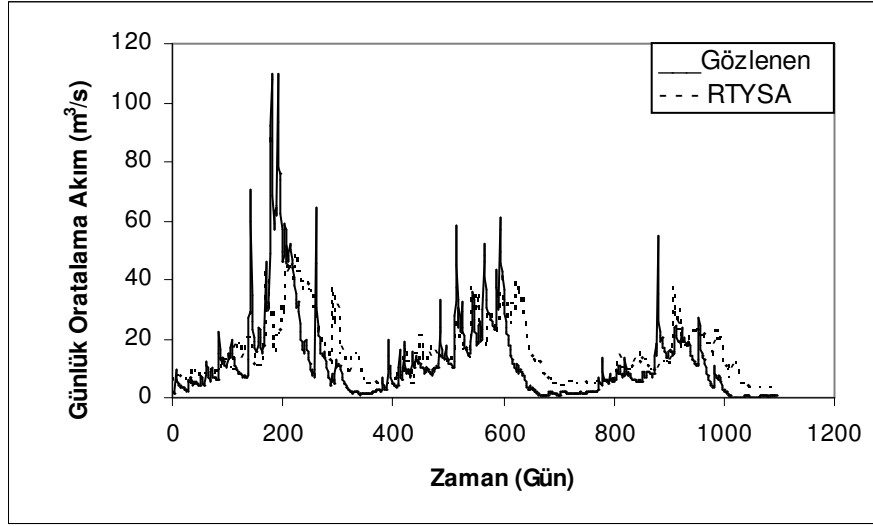


Şekil 4.41: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

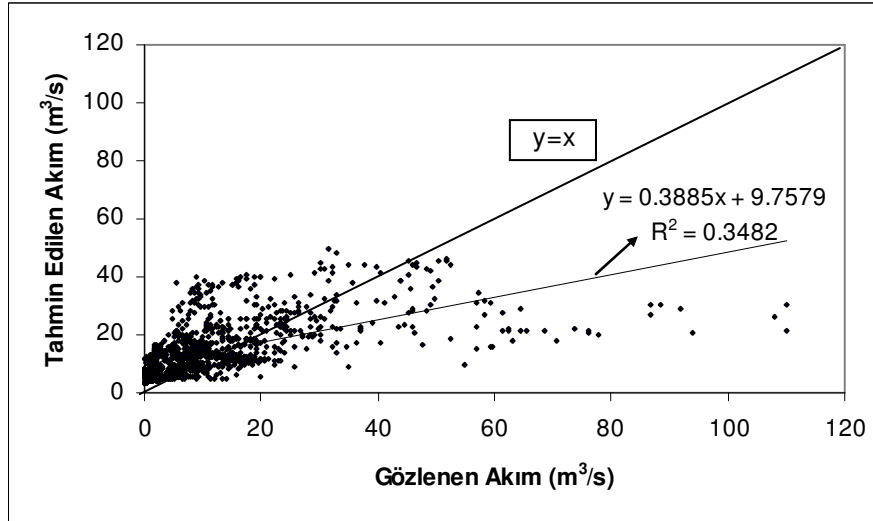


Şekil 4.42: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve GRYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile gelecek 30 gün sonraki akım tahmini için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.90 alınarak en iyi sonuç elde edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $201.23 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.348 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



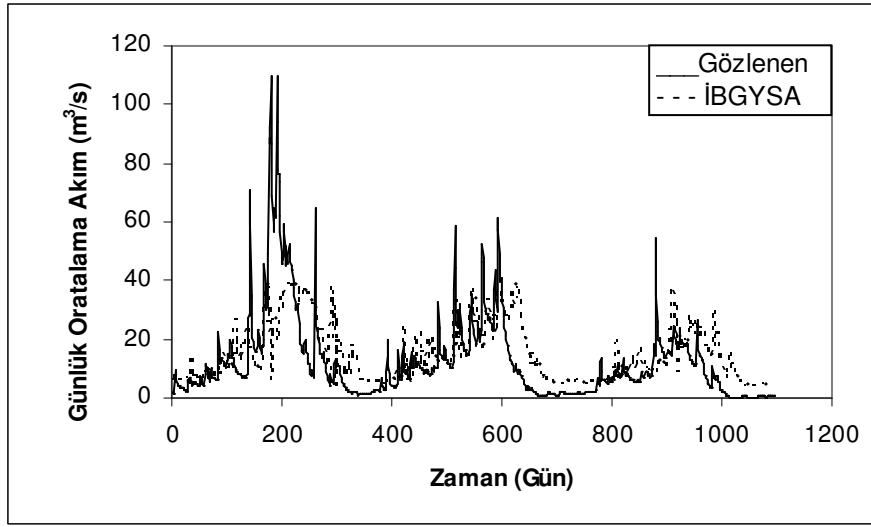
Şekil 4.43: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini



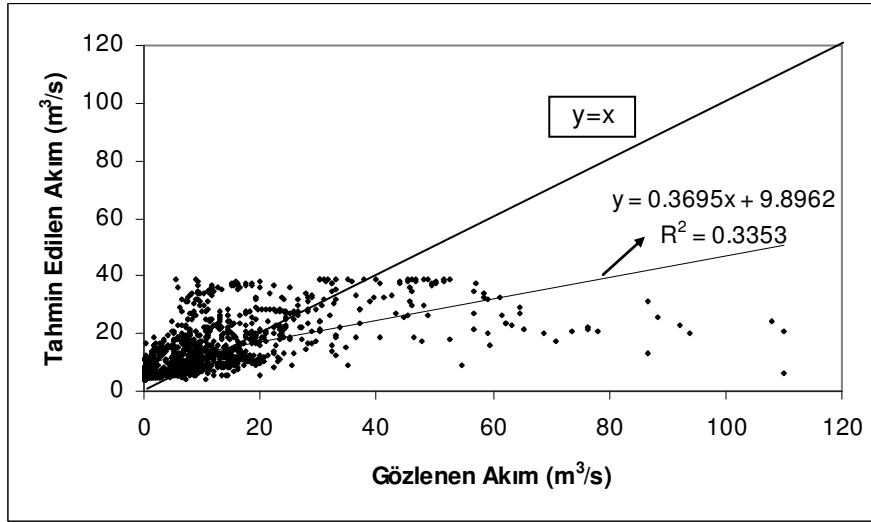
Şekil 4.44: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve RTYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 30 gün sonraki akım tahmini için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 4 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $202.49 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ ,

determinasyon katsayısı 0.335 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'da gösterilmiştir.

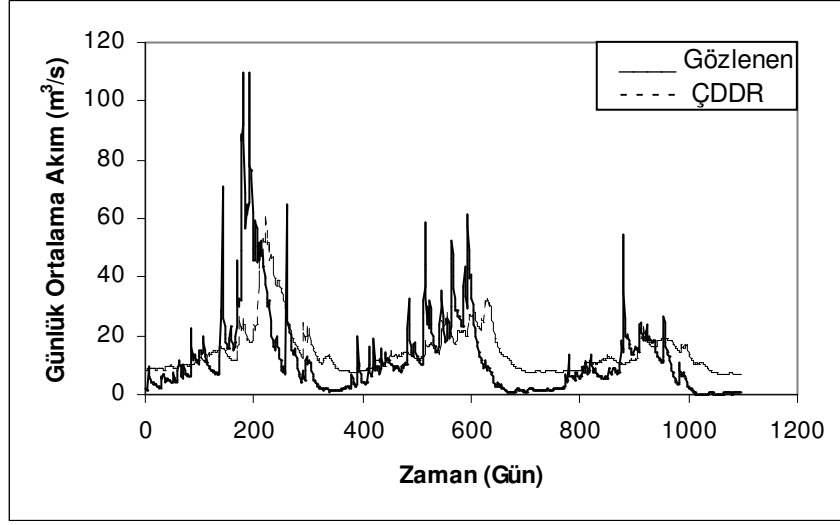


Şekil 4.45: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

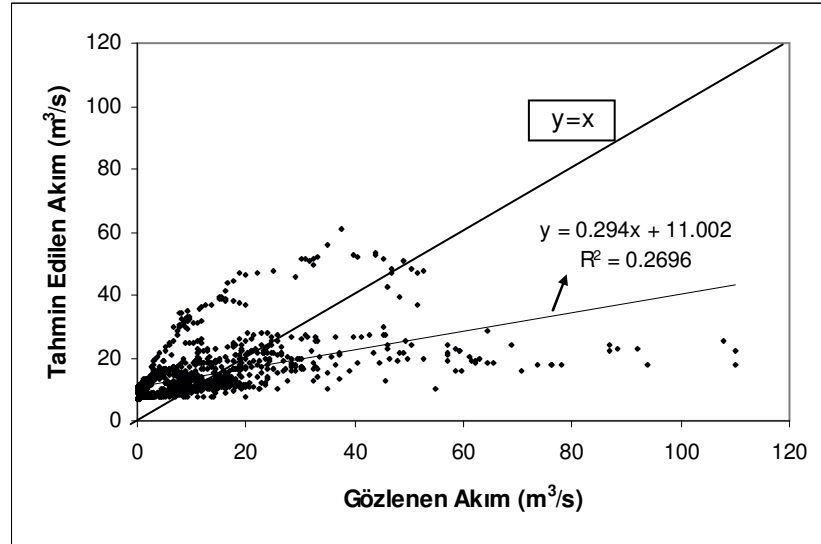


Şekil 4.46: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve İBGYSA ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 30 gün sonraki akım hesaplamaları sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $167.01 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.270 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.47 ve Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47: 1222 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım tahmini

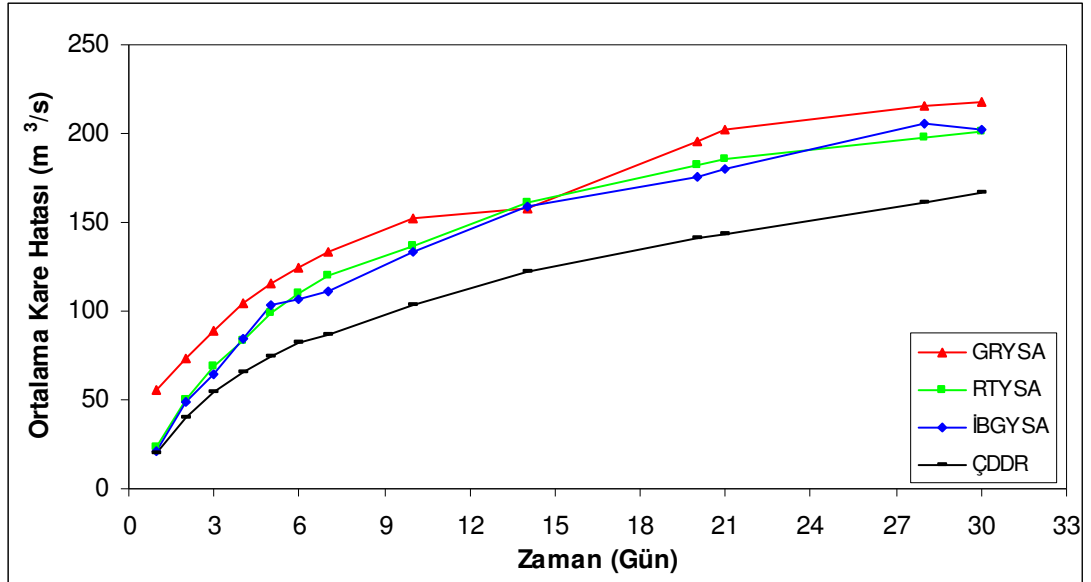


Şekil 4.48: Gözlenen günlük ortalama akım değerleri ve ÇDDR ile 30 gün sonrası günlük ortalama akım değerlerinin saçılma diyagramı

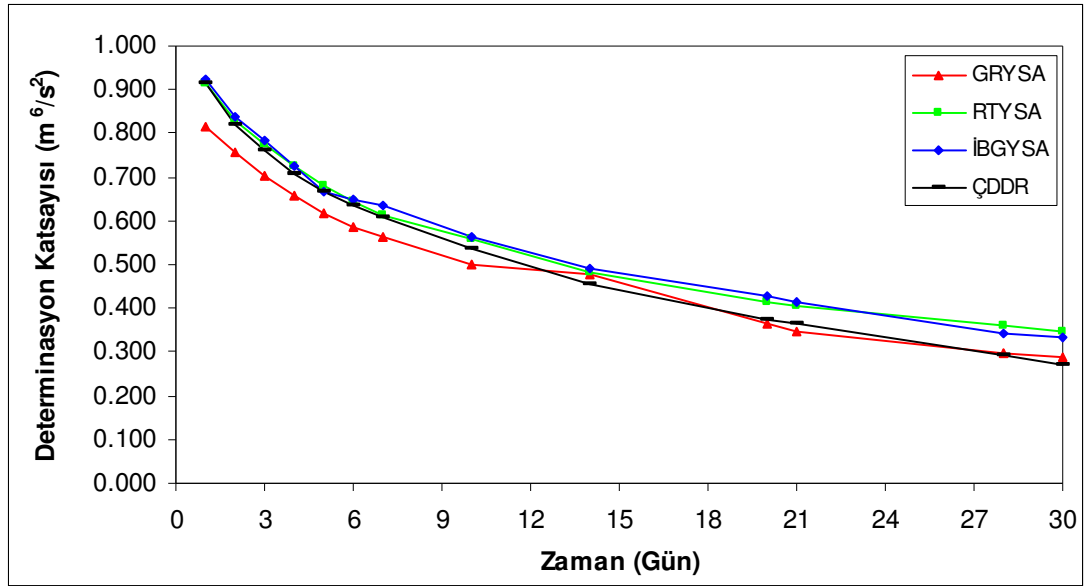
Giriş tabakasındaki gün sayısı olan 13. günden itibaren 30 gün sonrası, 43. güne karşı gelmektedir. Tahmin aralığının artmasıyla tahminlerin güvenilirlikleri de düşmüştür. OKH esas alındığında yapılan sıralamanın en iyi tahmin veren yöntem ilk olmak üzere ÇDDR, RTYSA, İBGYSA, şeklinde değiştiği; dolayısıyla İBGYSA'nın büyüyen tahmin aralığı ile güvenilirliğinin RTYSA'ya göre daha fazla azaldığı söylenebilir.

#### 4.1.2 İleriye Dönük 1–30 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile yapılan çalışma sonucunda, tüm metotlarda tahmin edilecek gün ilerledikçe tahmin performans kriterlerinin değerleri düşmektedir. Doğrusal olmayan davranış sergileyen YSA metotları özellikle determinasyon katsayısı,  $R^2$ , açısından doğrusal çalışan bir metot olan ÇDDR metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. OKH açısından ise genelde bütün metodlar birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir. YSA metotları içinde diğerlerine göre daha iyi tahminler veren OKH kriterine göre ÇDDR yöntemidir. RTYSA ve İBGYSA modelleri birbirine çok yakın ve başarılı tahminlere ulaşmıştır. Yakın tahmin zaman aralıklarında yöntemler arasında büyük farklılıklar bulunmazken tahmin edilecek dönem (akım aralığı) uzadıkça determinasyon katsayısı kriterine göre RTYSA ve İBGYSA yöntemleri diğer iki yöntemden daha iyi tahmin sonuçları üretmiştir. Toplu olarak OKH ve  $R^2$  karşılaştırma değerlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu duruma göre de açıkça görüleceği üzere pik değerler için ve daha ileri dönemler için güvenilir sonuçlar RTYSA akım tahminleridir.



Şekil 4.49: Günlük ortalama akım tahminlerinde kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi



Şekil 4.50: Günlük ortalama akım tahminlerinde kullanılan yöntemlerin  $R^2$  'lerinin zamanla değişimi

#### 4.2 Kurak Devreli Günlük Akım Verisi Tahmin Sonuçları

Meriç Havzası'ndaki 105-Ergene Nehri-Uzun Köprü istasyonundan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edilmiştir ve tüm değerler bu sayıya bölünmüştür. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edilmiştir. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlanmıştır.

##### 4.2.1 Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Ortalama Akım Verisi'nin Yapay Sinir Ağları ve Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon ile 1–30 Gün Sonrası Tahmin Sonuçları

Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlere ait ortalama akım değerlerinin tahminine çalışılmıştır. Bunun için girdi hücrelerini temsil edecek matris uzunluğuna karar verilmesi gereklidir. Girdi tabakası için hücre sayısı diye adlandırılan bu matris için geçmiş gün sayısına karar vermek adına birtakım simülasyonlar yapılmıştır. Bu simülasyonların toplu olarak karşılaştırması Tablo 4.2'de yer almaktadır. Bu araştırma sonucu olarak geçmiş 13 güne ait günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 13 hücreyi oluşturmuştur. Çıktı tabakasında

ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulunmuştur. Simülasyonda kullanılan 1970–1984 yılları arasındaki 15 yıl içerisinde ilk 12 yıla ait 4350 veri eğitim için, son 3 yıla ait 1088 veri test için kullanılmıştır.

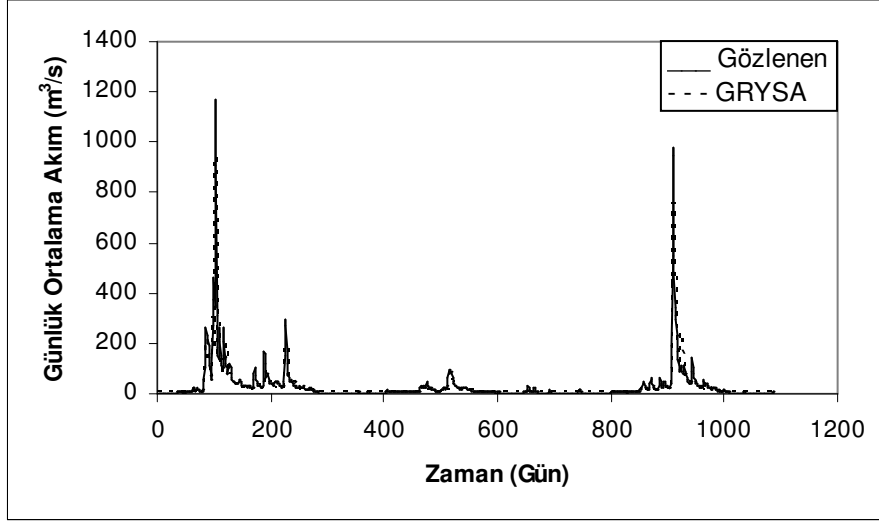
Tablo 4.2: 105 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısı belirlenmesi.  
(\* ) Tercih edilen giriş hücre sayısı

Giriş Hücre Sayısı	1 gün sonrası için tahminler					
	İBGYSA		RTYSA		GRYSA	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
10	1421.3	0.777	1549.2	0.754	2122.0	0.671
11	1656.3	0.735	1617.7	0.743	2112.0	0.673
12	1555.1	0.780	1548.7	0.760	2092.7	0.675
13 *	1397.4	0.778	1247.6	0.803	2046.1	0.679
14	1662.9	0.734	1410.7	0.783	2090.9	0.675

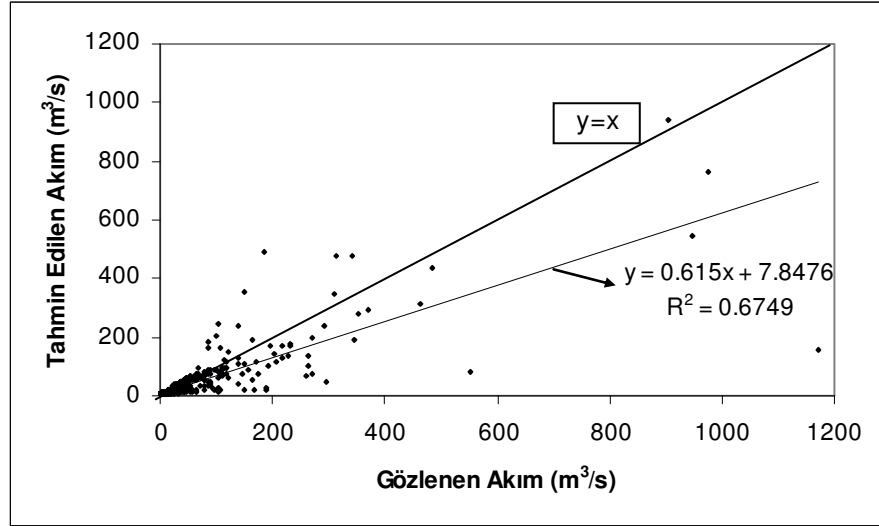
Gelecek 1 gün sonraki tahmin sonuçlarını elde etmek için ilk olarak GRYSA ile simülasyonlara başlanmıştır. Diğer sonraki günlere ait tahmin çalışmaları da (2 gün sonrası, 3 gün sonrası, 10 gün sonrası, 20 gün sonrası ve 30 gün sonrası) benzer şekilde diğer karşılaştırma yöntemleri ile devam etmiştir.

#### 4.2.1.1 İleriye Dönük 1 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 1 gün sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.055 olarak seçilmiştir. Toplam 1088 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası 2074.89 (m<sup>6</sup>/s<sup>2</sup>), determinasyon katsayısı 0.675 olarak hesaplanmıştır. Bu değerle oluşan tahminler şekil 4.51 ve şekil 4.52’de gösterilmiştir.

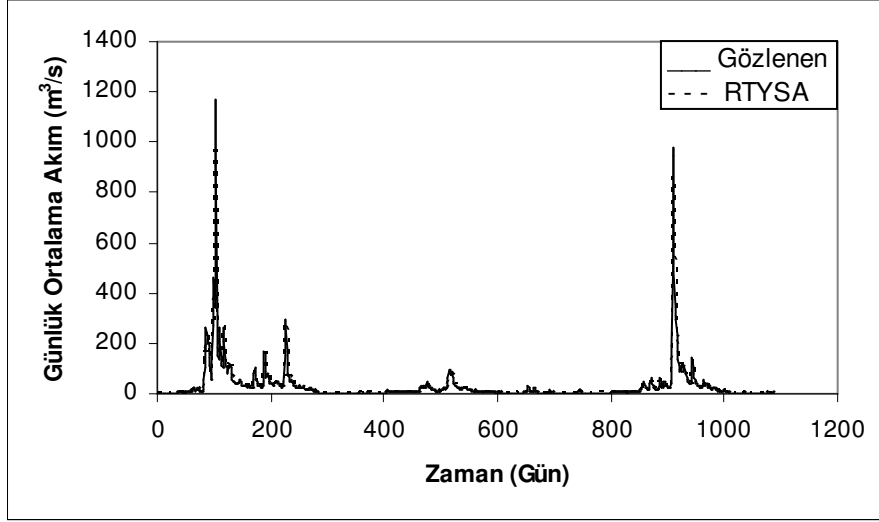


Şekil 4.51: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

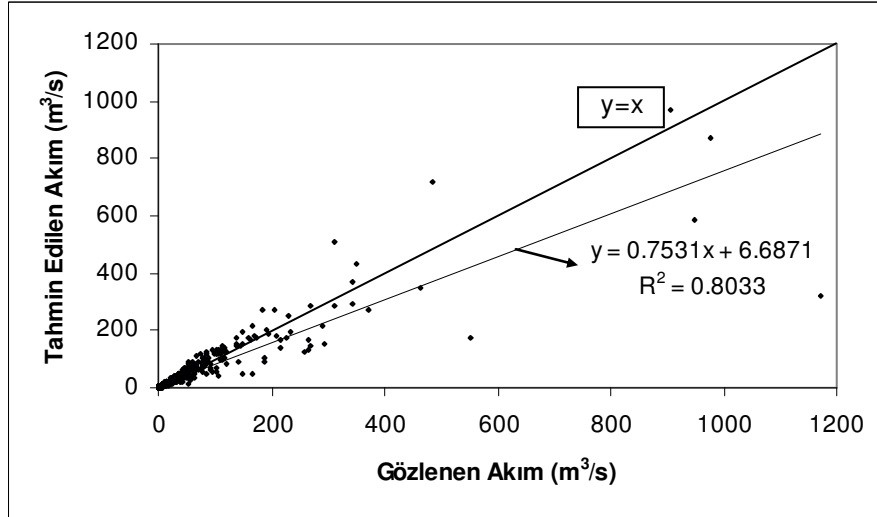


Şekil 4.52: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 1 gün sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.8 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam 1088 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $1247.64 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.803 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'te gösterilmiştir.

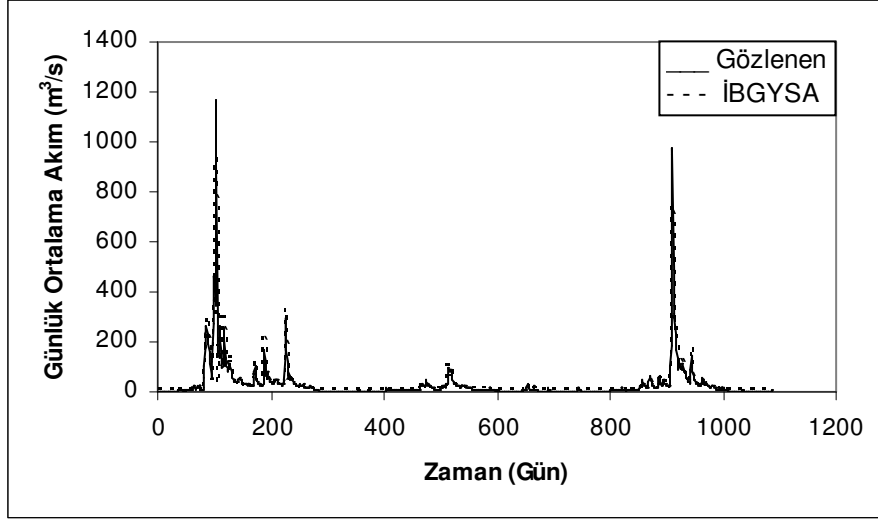


Şekil 4.53: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

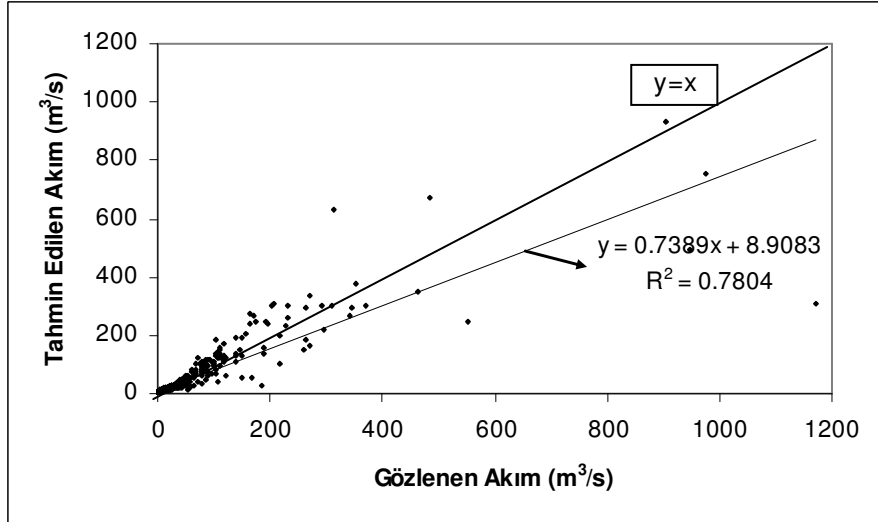


Şekil 4.54: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 1 gün sonrasına ait simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 1088 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $1385.47 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.780 olarak hesaplanmıştır. Oluşan tahminler Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’da gösterilmiştir.

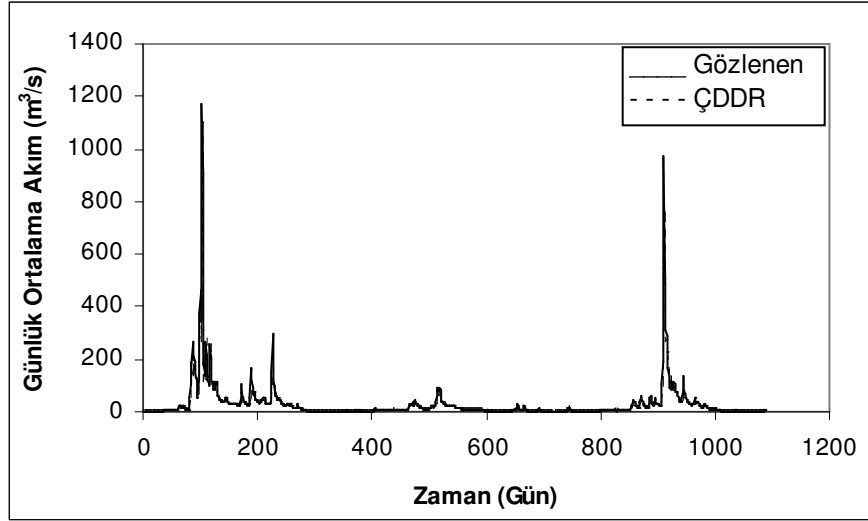


Şekil 4.55: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

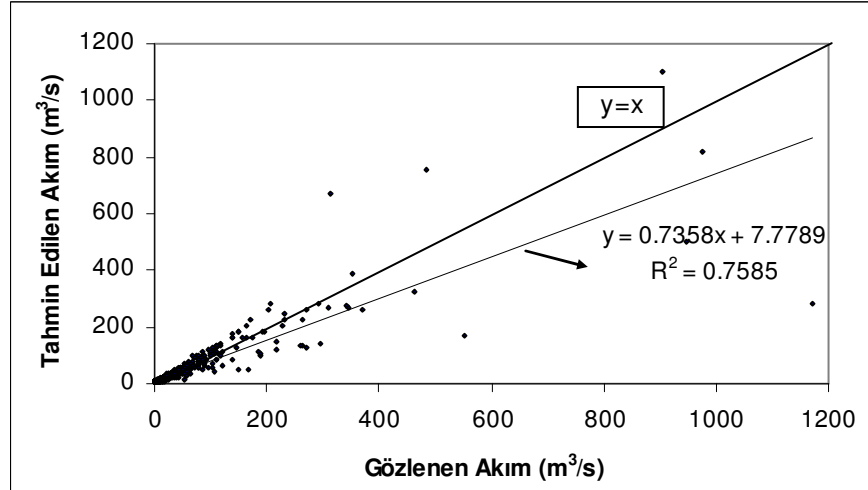


Şekil 4.56: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 1 gün sonrası tahmin hesaplamaları sonucu toplam 1088 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $1511.41 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.759 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.57 ve Şekil 4.58'de gösterilmiştir.



Şekil 4.57: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

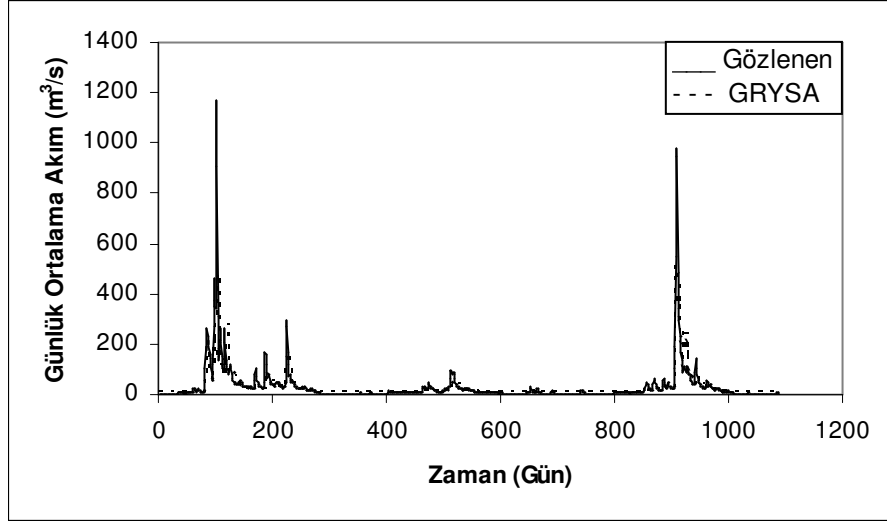


Şekil 4.58: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 1 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

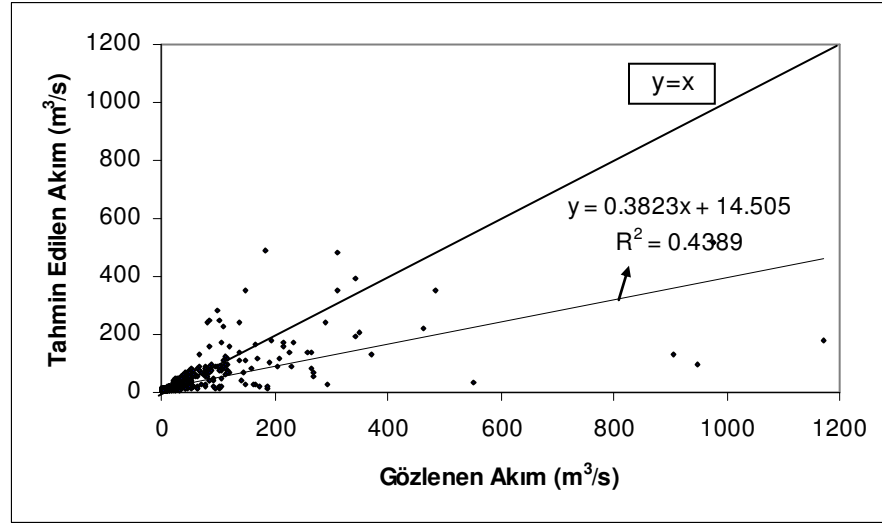
Grafiklerden de görüldüğü gibi metotların bütün 1 gün sonrası tahminleri iyi kabul edilebilecek seviyededir ve yöntemlerin verdiği sonuçlar arasında çok fazla fark yoktur. OKH değerlerinin yüksek çıkması dağılımın çarpıklığının fazla olmasıyla açıklanabilir.

#### 4.2.1.2 İleriye Dönük 2 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 2 gün sonrası tahmin için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.04 olarak tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası 3562 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.439 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'ta gösterilmiştir.

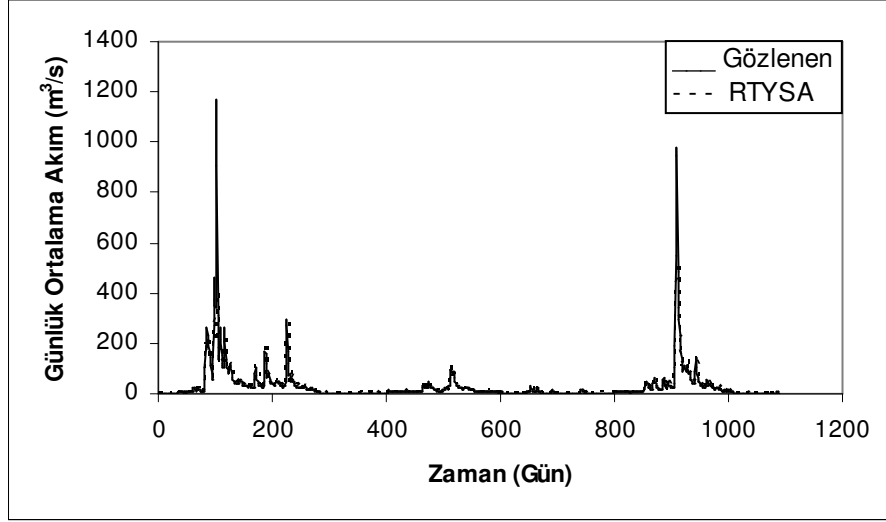


Şekil 4.59: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

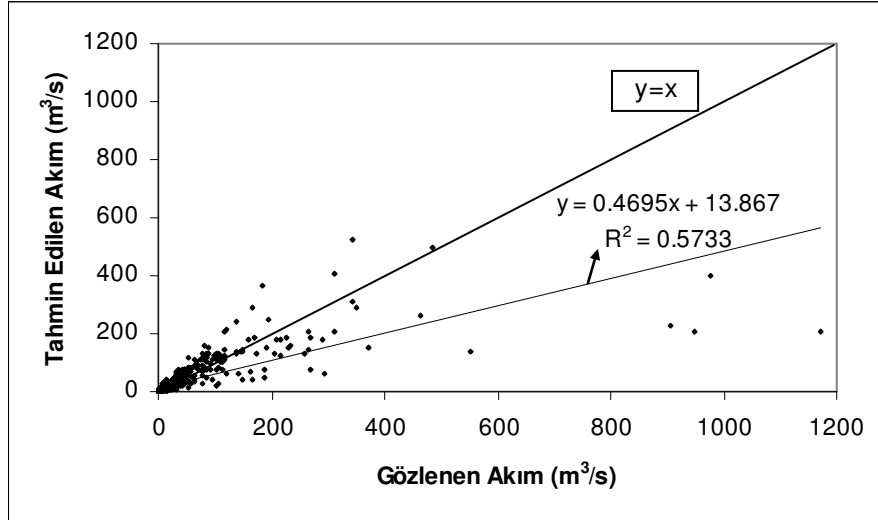


Şekil 4.60: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 2 gün sonrasını tahmin için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.70 alınmış ve test verisinin ortalama kare hatası  $2783.88 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.573 olarak hesaplanmıştır. Böylece oluşan tahminlere ait grafikler Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’de gösterilmiştir.

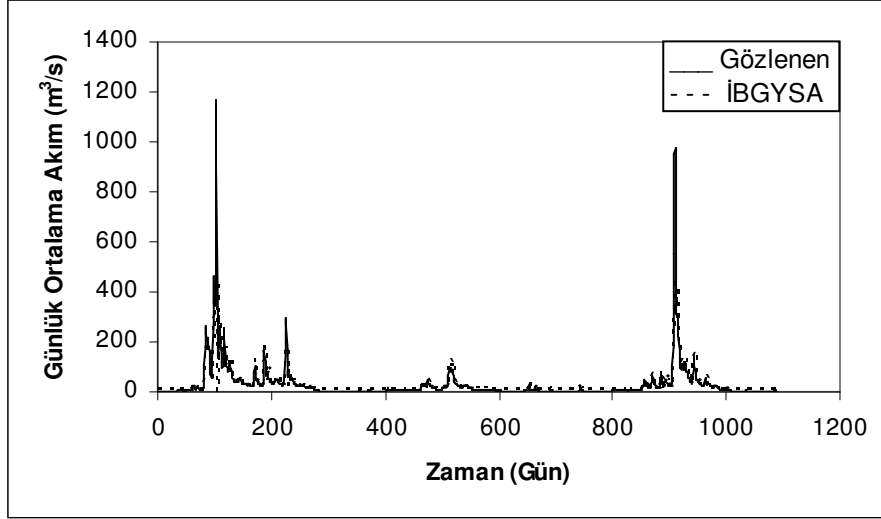


Şekil 4.61: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

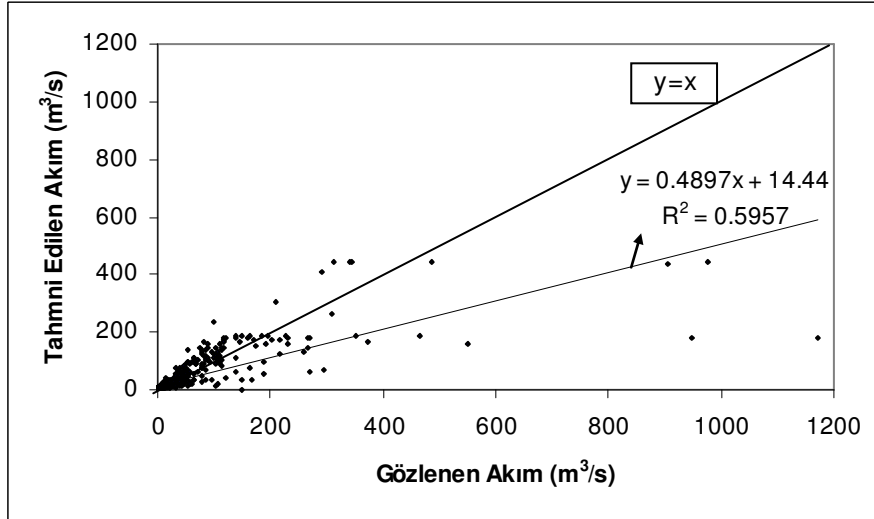


Şekil 4.62: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 2 gün sonraki simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmış ve program çalıştırılmıştır. Simülasyon, 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $2641.78 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.596 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.63 ve Şekil 4.64'te gösterilmiştir.

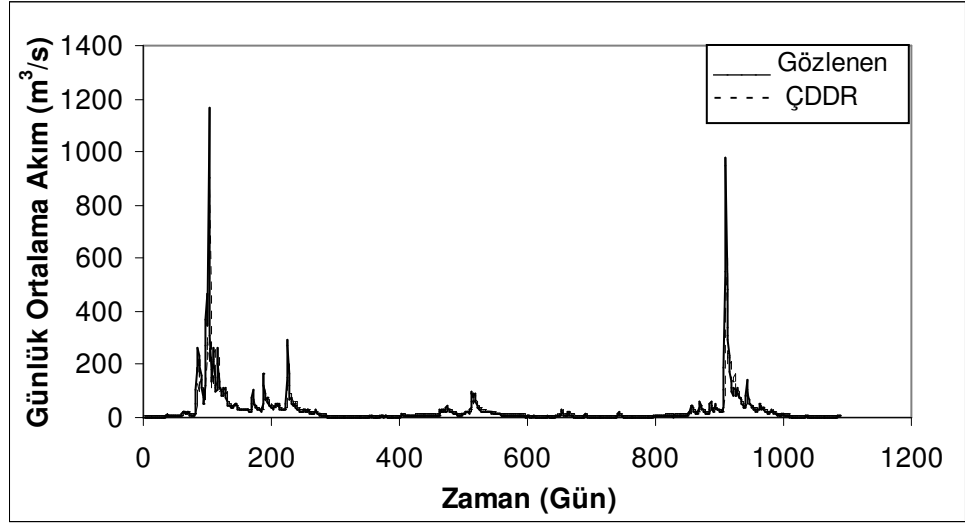


Şekil 4.63: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

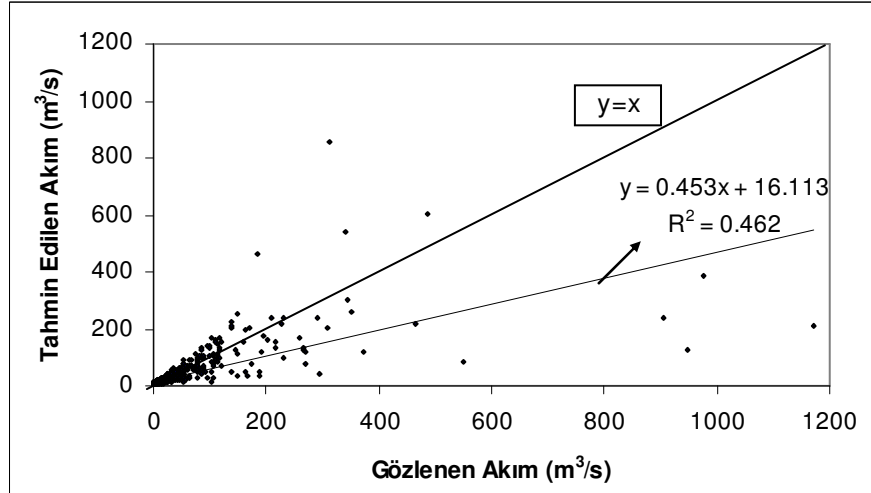


Şekil 4.64: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 2 gün sonraki güne ait tahmin hesaplamaları sonucu elde edilen test verisinin ortalama kare hatası  $3359.14 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.462 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerle oluşan tahminler Şekil 4.65 ve Şekil 4.66'da gösterilmiştir.



Şekil 4.65: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

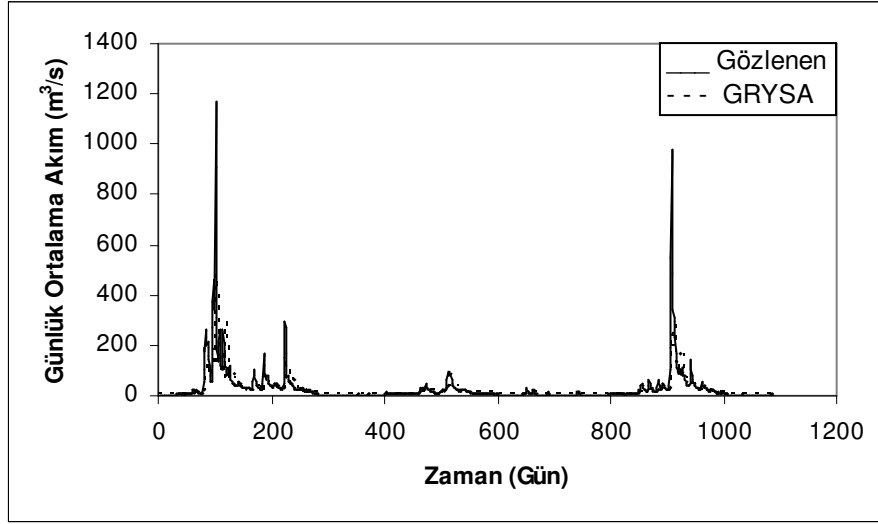


Şekil 4.66: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 2 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

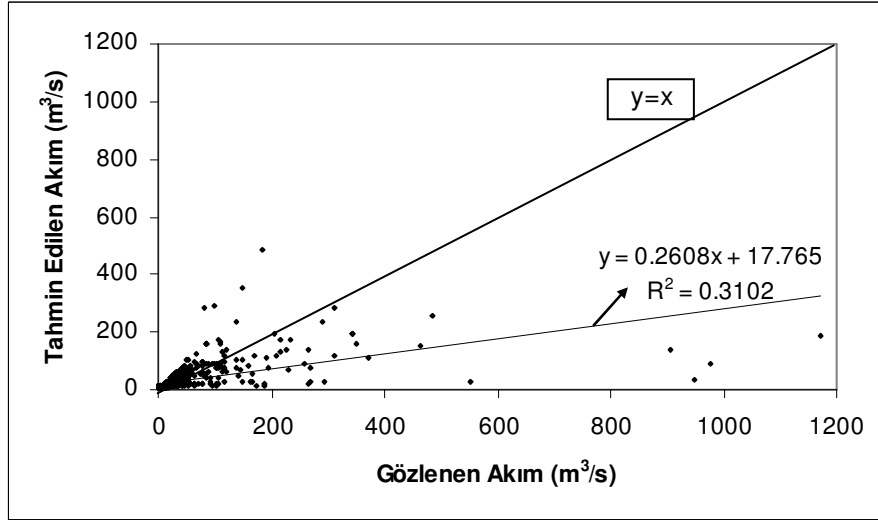
Grafiklerden de görüldüğü gibi metotlar bütün 2 gün sonrası tahminleri 1 gün sonrası tahminlerinden iyi değildir ancak yine de aralarında çok fazla fark yoktur.

#### 4.2.1.3 İleriye Dönük 3 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 3 gün sonrasının tahminine ait simülasyonda düzeltme parametresi 0.04 olarak tespit edilmiştir. Eldeki test verisinin ortalama kare hatası  $4371.40 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.310 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminlerin grafikleri Şekil 4.67 ve Şekil 4.68’de gösterilmiştir.

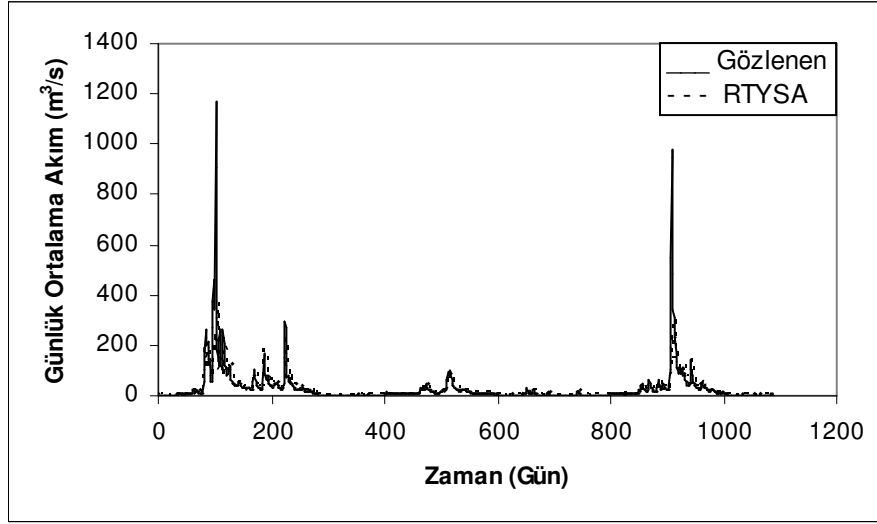


Şekil 4.67: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

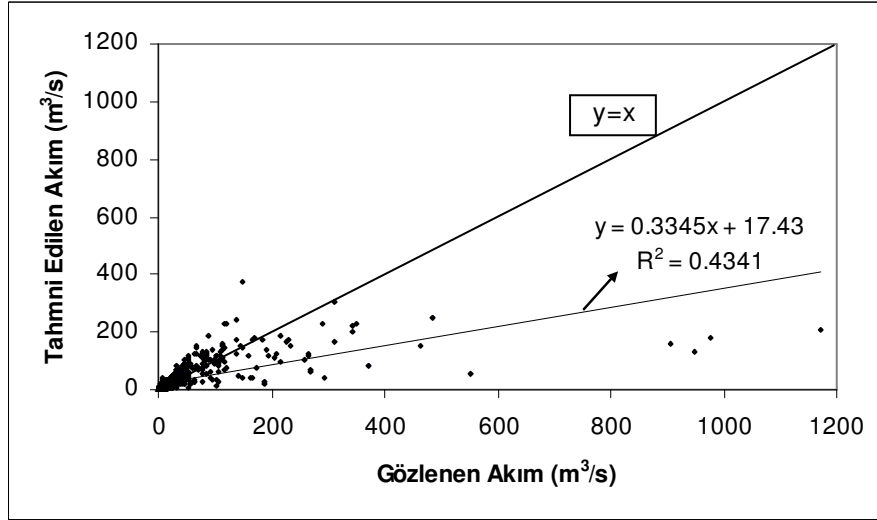


Şekil 4.68: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 3 gün sonrasına yönelik yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.70 alınmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $3679.90 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.434 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.69 ve Şekil 4.70'te gösterilmiştir.

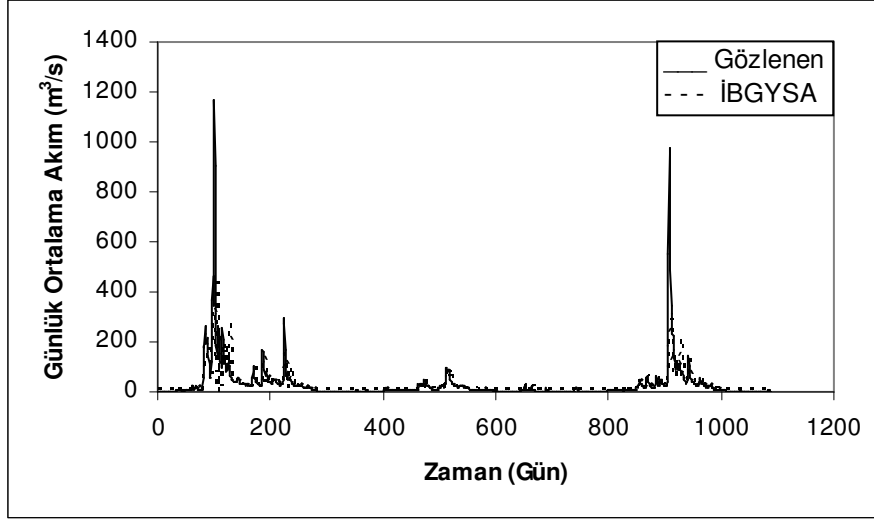


Şekil 4.69: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

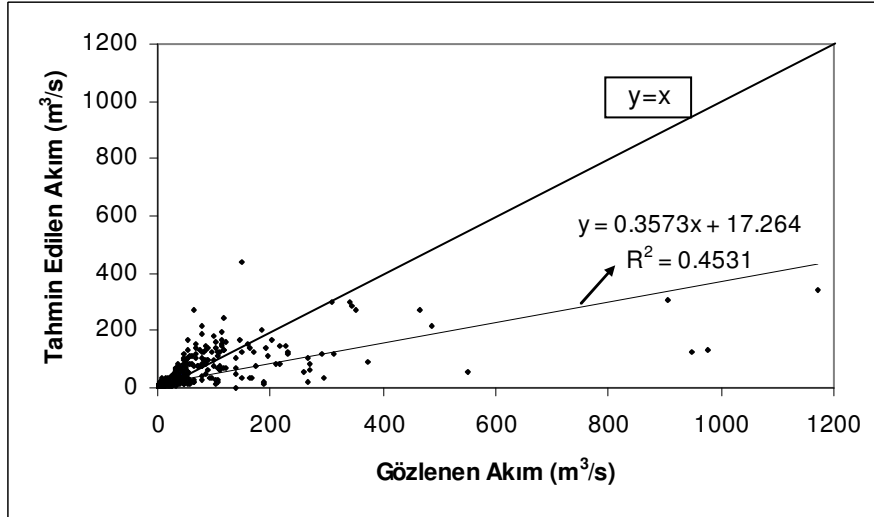


Şekil 4.70: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 3 gün sonrası tahmin eden simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınarak ve program 10 kez çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $3542.90 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.453 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen tahminlerin grafikleri Şekil 4.71 ve Şekil 4.72’de gösterilmiştir.

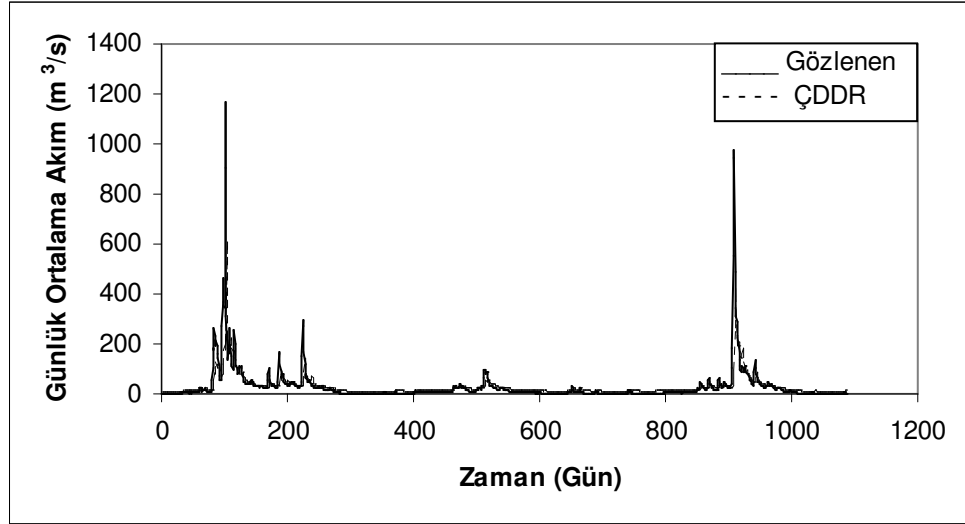


Şekil 4.71: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım verisi tahmini

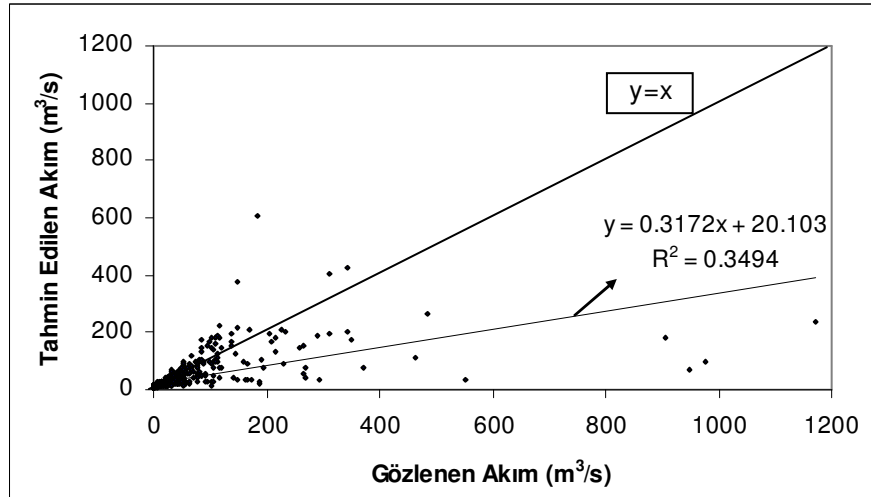


Şekil 4.72: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 3 gün sonrası hesaplamaları sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $4079.05 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.349 olarak hesaplanmıştır. Oluşan tahminler Şekil 4.73 ve Şekil 4.74'te gösterilmiştir.



Şekil 4.73: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini



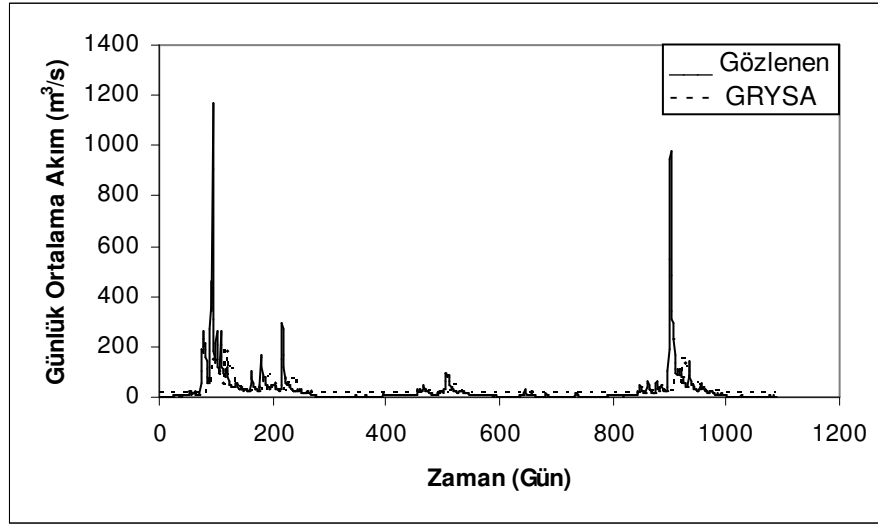
Şekil 4.74: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 3 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

Grafiklerden de görüldüğü gibi bütün 3 gün sonrası tahminlerin güvenilirlikleri hızla azalmaktadır. Günlük ortalama akımlarda olduğu gibi pik akımların tahmin doğruluğu da 3. günün sonunda benzer bir oranda düşmüştür.

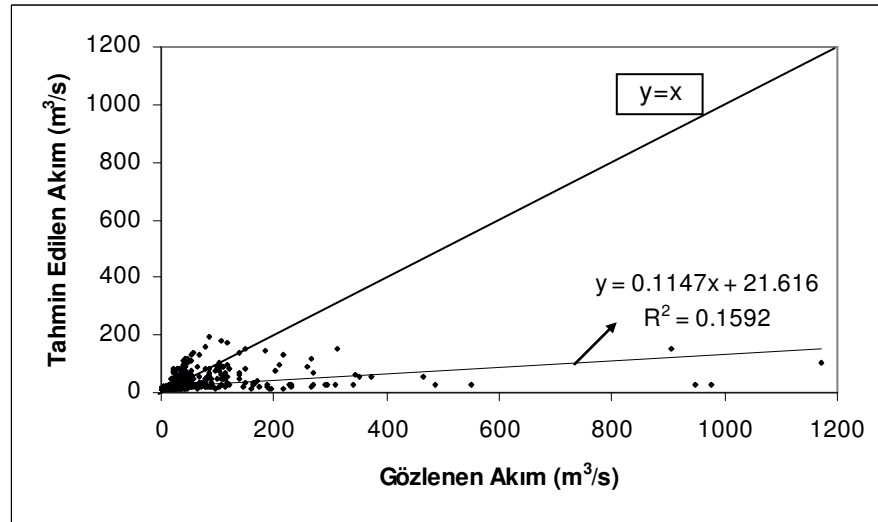
#### 4.2.1.4 İleriye Dönük 10 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 10 gün sonrasının tahminine ait simülasyonda düzeltme parametresi 0.05 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Karşılaştırmaya esas olacak test verisinin ortalama kare hatası  $5346.93 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ ,

determinasyon katsayısı 0.159 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.75 ve Şekil 4.76'da gösterilmiştir.

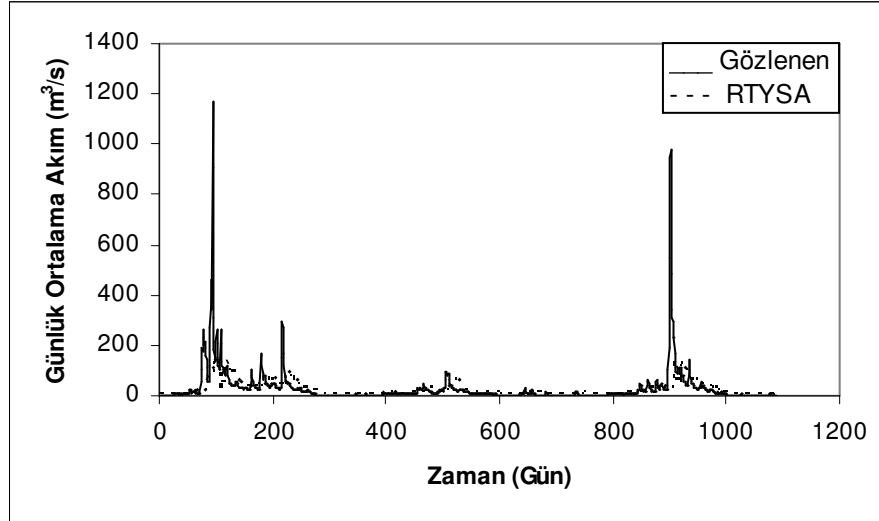


Şekil 4.75: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

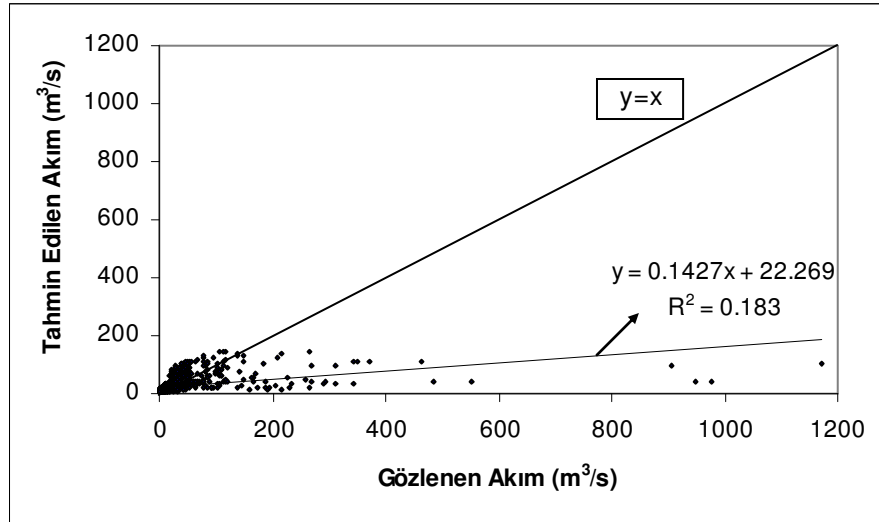


Şekil 4.76: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA ile 10 gün sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.70 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $5164.32 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı da 0.183 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminlerin grafiği Şekil 4.77 ve Şekil 4.78'de gösterilmiştir.

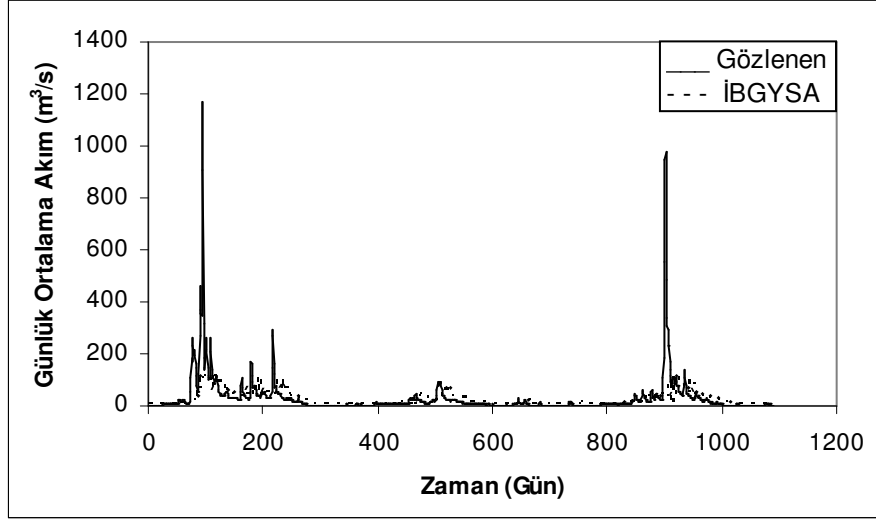


Şekil 4.77: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

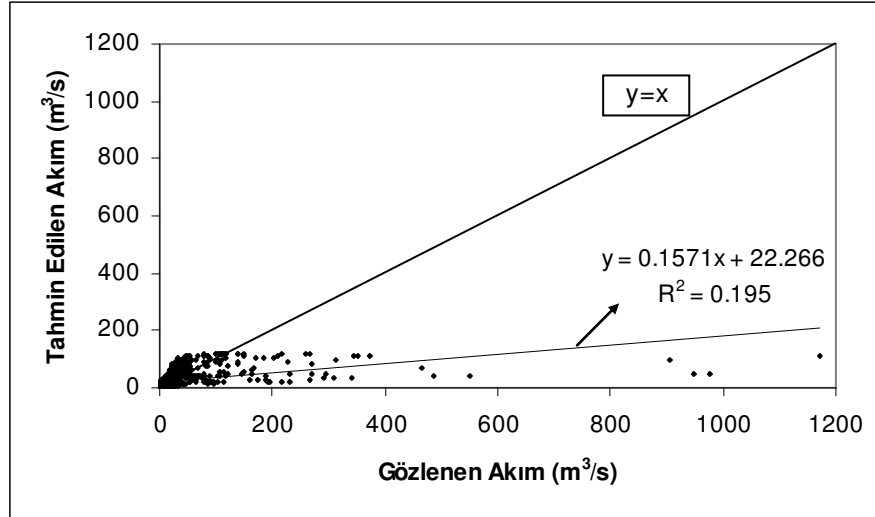


Şekil 4.78: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 10 gün sonraki günü tahmin etmeye yönelik olarak yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmış ve program çalıştırılmıştır. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Tahmin gücünü ortaya koyan test verisinin ortalama kare hatası  $5077.45 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.195 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.79 ve Şekil 4.80’de gösterilmiştir.

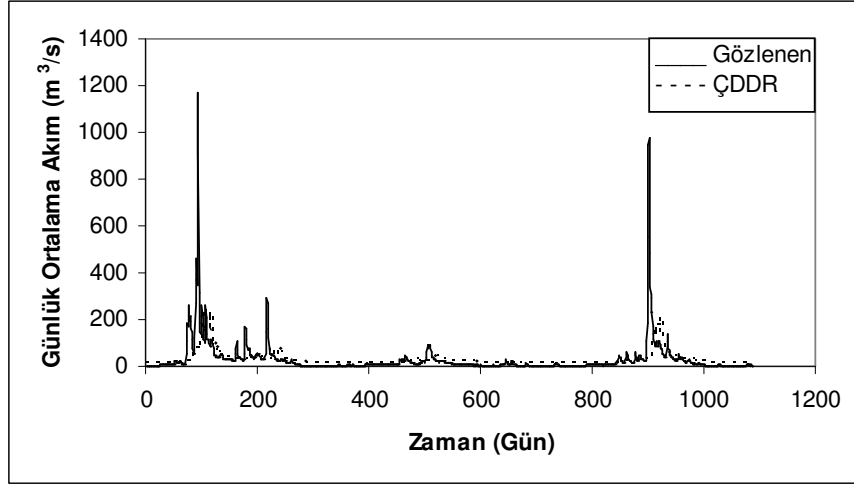


Şekil 4.79: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

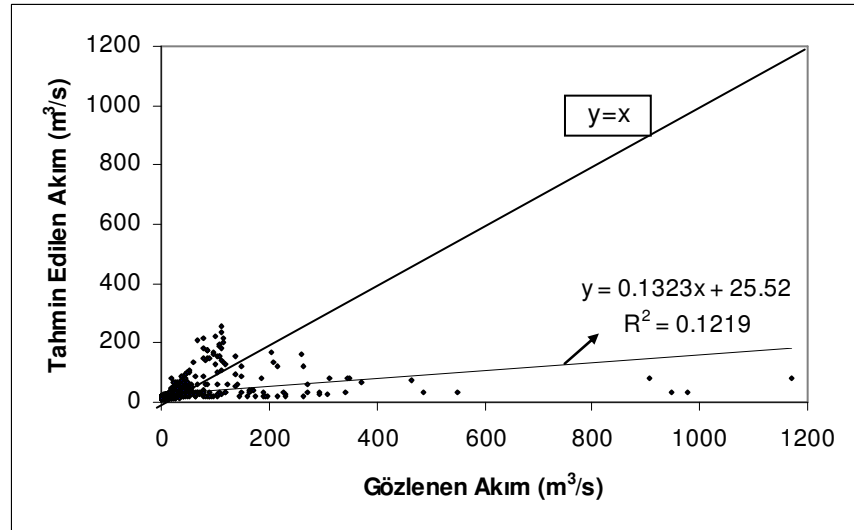


Şekil 4.80: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 10 gün sonrası hesaplamaları sonucunda oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $5485.50 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.122 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.81 ve Şekil 4.82’de gösterilmiştir.



Şekil 4.81: 105 no.lu istasyon için ÇDDR 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

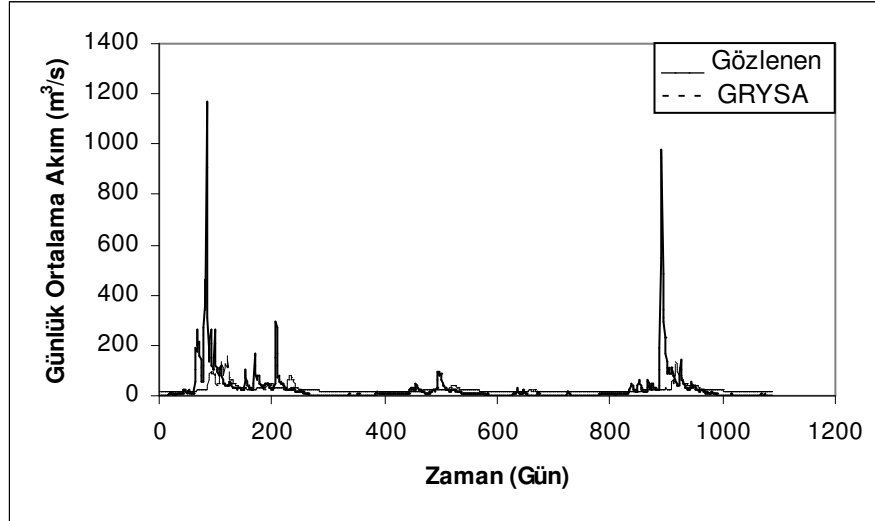


Şekil 4.82: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 10 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

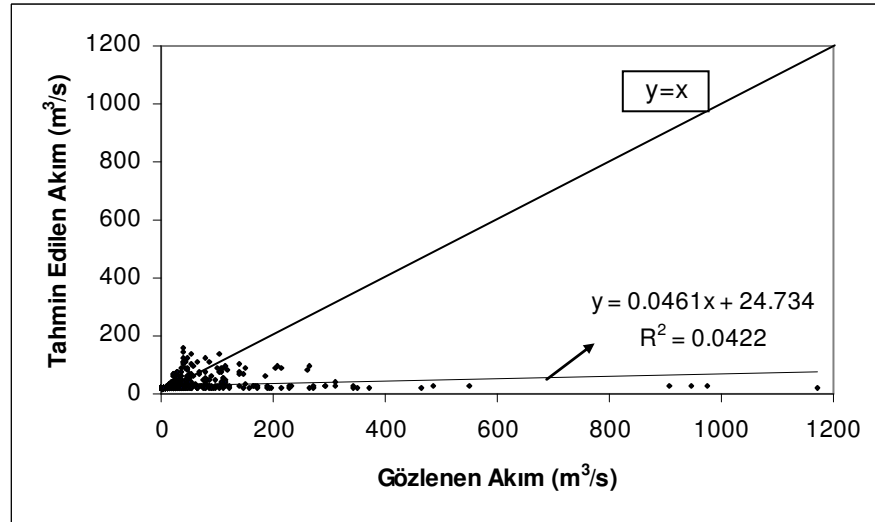
Özellikle  $R^2$  değerlerine bakıldığında veriler arasındaki bağıllık derecesinin azaldığı görülmektedir. Buradaki düşüşe sebep en önemli faktör uzak zaman aralığının etkisidir.

#### 4.2.1.5 İleriye Dönük 20 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 20 gün sonraya ait günün tahmini için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.07 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $5992.72 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.042 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu tahminler Şekil 4.83 ve Şekil 4.84'te gösterilmiştir.

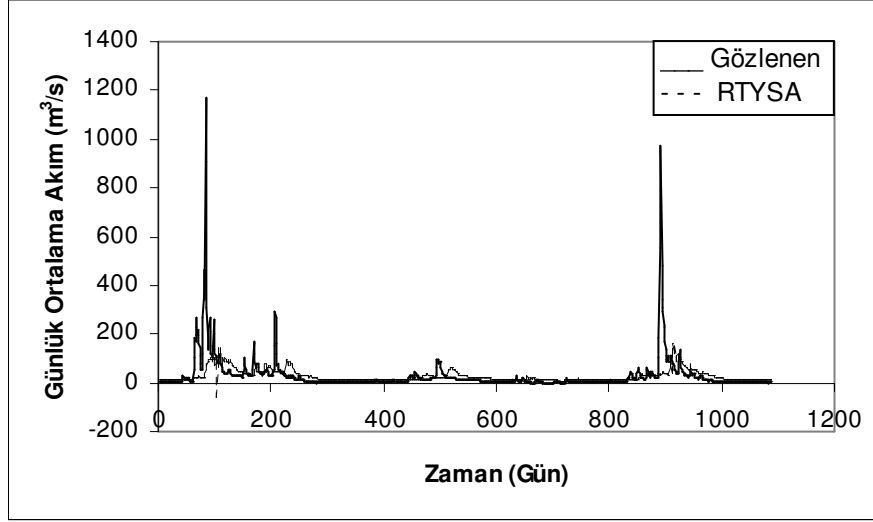


Şekil 4.83: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

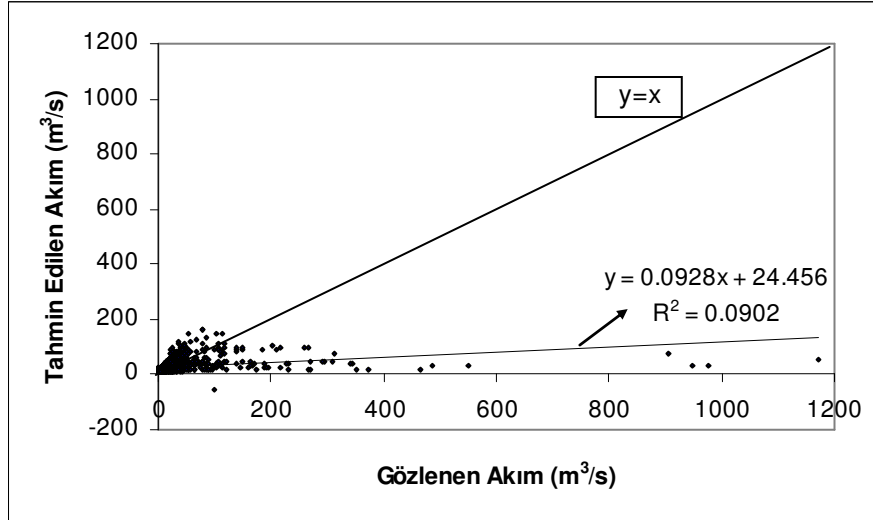


Şekil 4.84: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 20 gün sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.70 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilirken test verisinin ortalama kare hatası  $5684.64 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.090 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.85 ve Şekil 4.86’da gösterilmiştir.

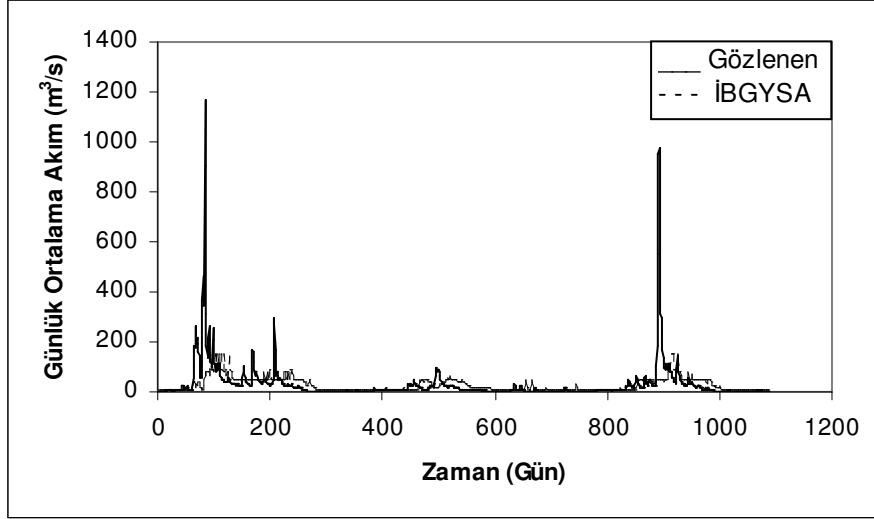


Şekil 4.85: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

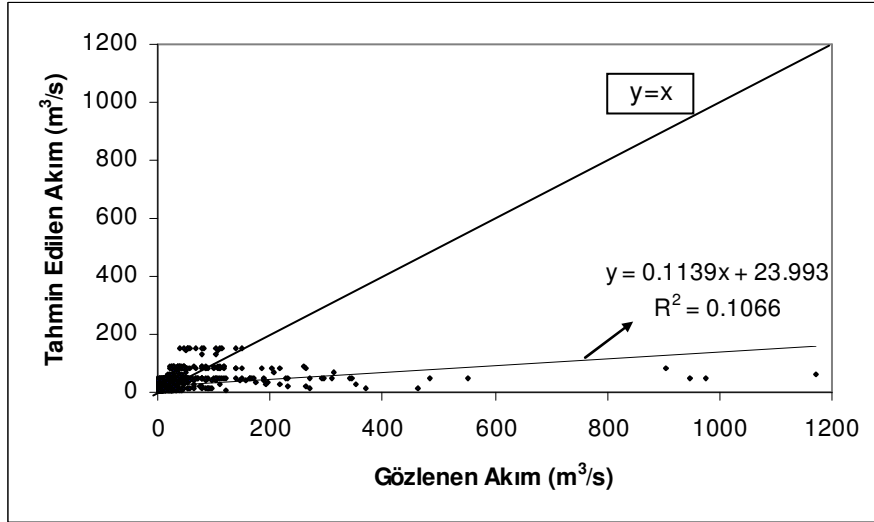


Şekil 4.86: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 20 gün sonrası bulmak adına yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmış ve en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 1088 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $5584.44 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.107 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.87 ve Şekil 4.88’de gösterilmiştir.

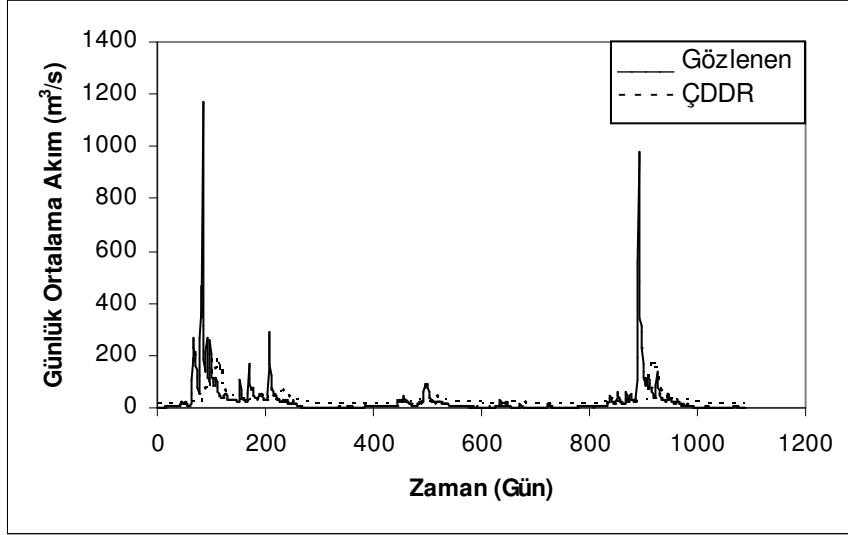


Şekil 4.87: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

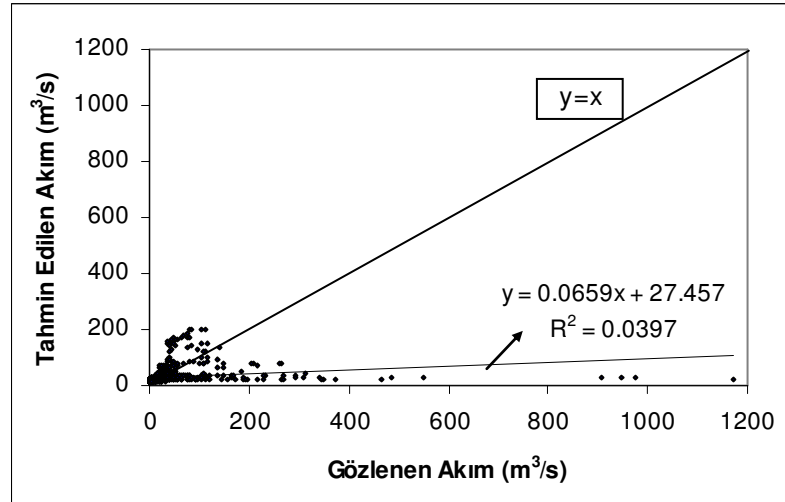


Şekil 4.88: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 20 gün sonrasına ait hesaplamalar sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $6102.37 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.040 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminlerin grafiği Şekil 4.89 ve Şekil 4.90'da gösterilmiştir.



Şekil 4.89: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

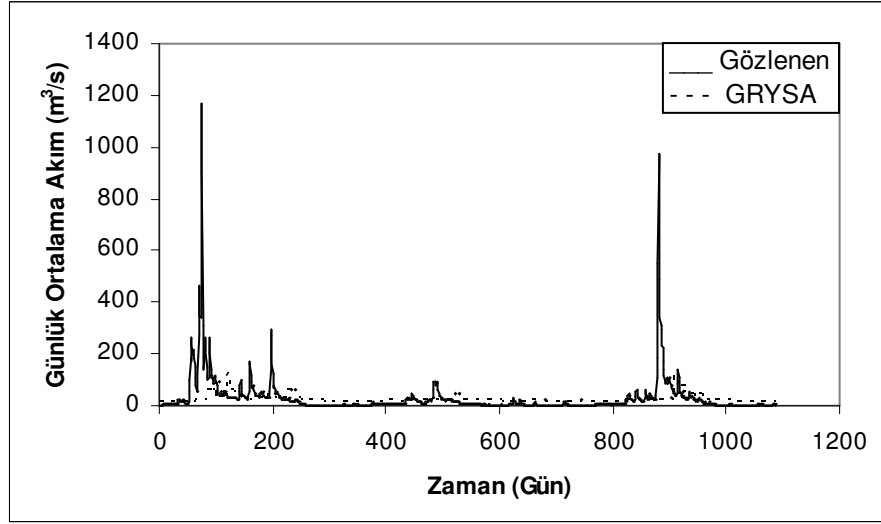


Şekil 4.90: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 20 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

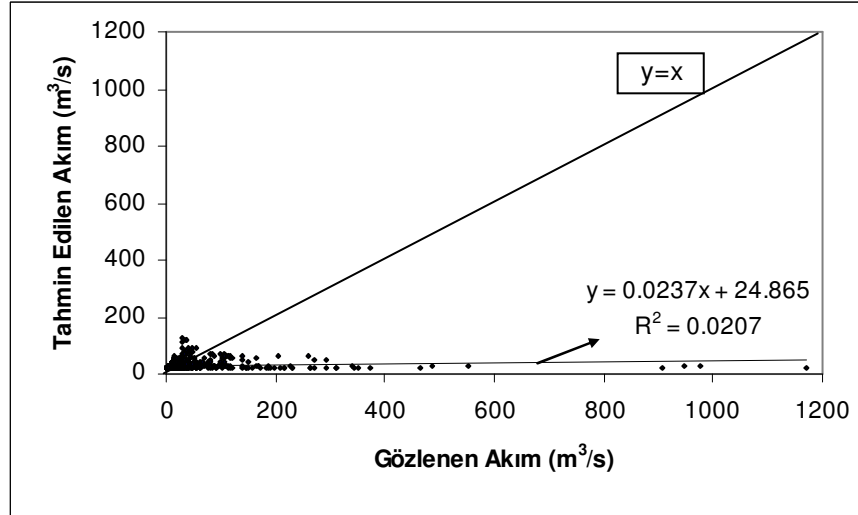
Görüldüğü gibi ileri zaman aralıkları sonunda tahminlerin güvenilirlikleri iyiden iyiye azalmış, tahminler için kullanılan yöntemlerin de birbirinden önemli derecede farkları yoktur.

#### 4.2.1.6 İleriye Dönük 30 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 30 gün sonraki günün tahmini yapmak için oluşturulan simülasyonda düzeltme parametresi 0.08 test verisinin ortalama kare hatası  $6132.20 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.021 olarak hesaplanmıştır. Tahminlere ait grafikler Şekil 4.91 ve Şekil 4.92’de gösterilmiştir.

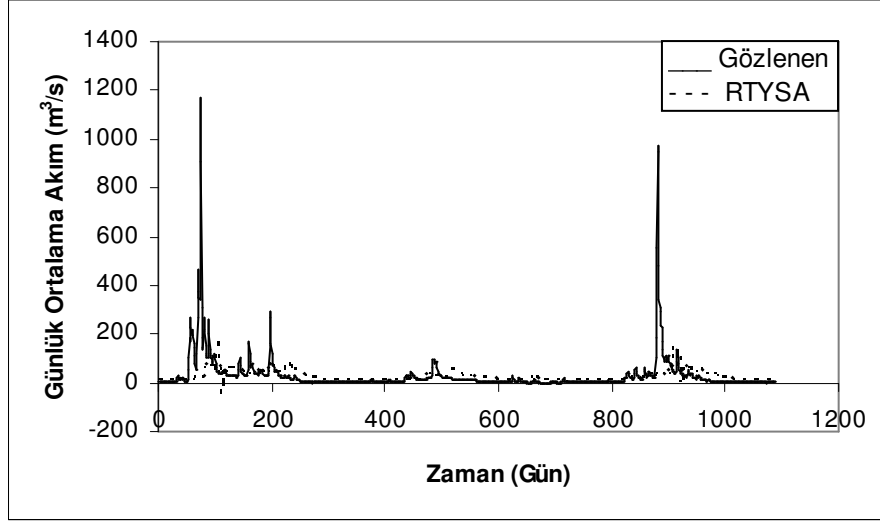


Şekil 4.91: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

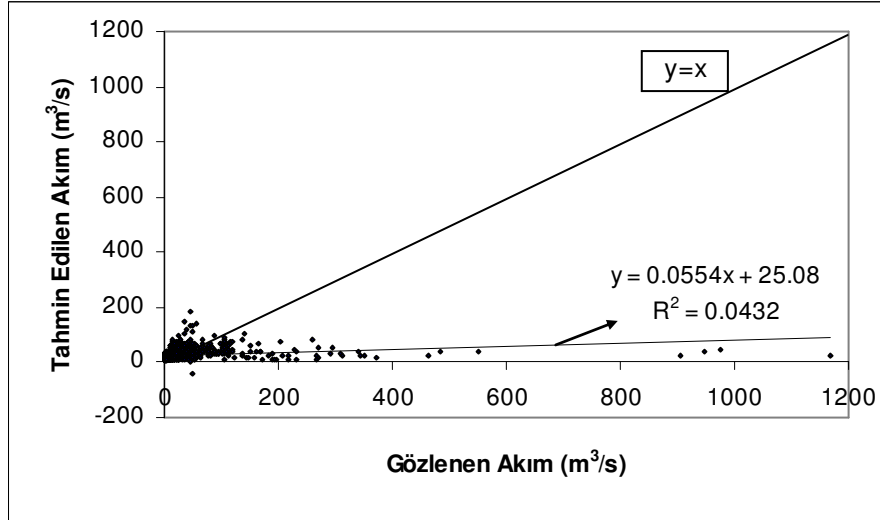


Şekil 4.92: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 30 gün sonrası için yapılandırılan simülasyonda yayılım parametresi 0.70 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Karşılaştırma kriterlerini tespit için test verisinin ortalama kare hatası  $6001.97 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.043 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler grafikleri Şekil 4.93 ve Şekil 4.94'de gösterilmiştir.

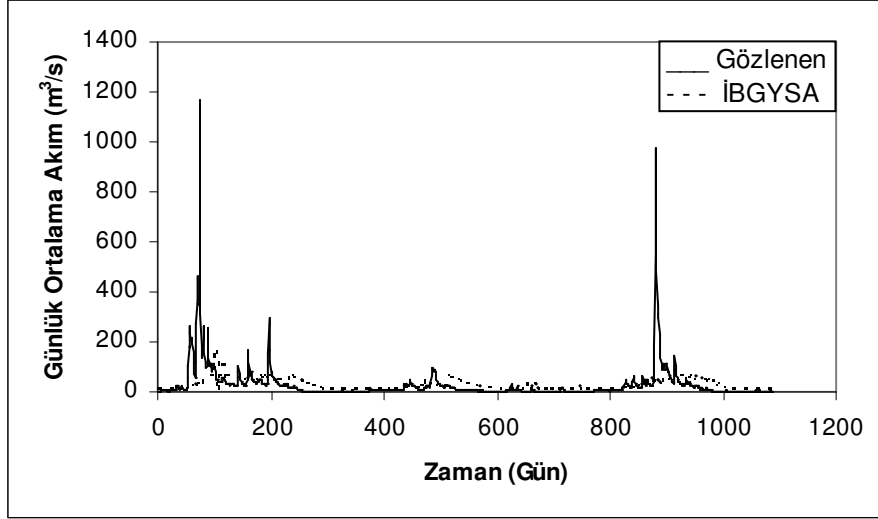


Şekil 4.93: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

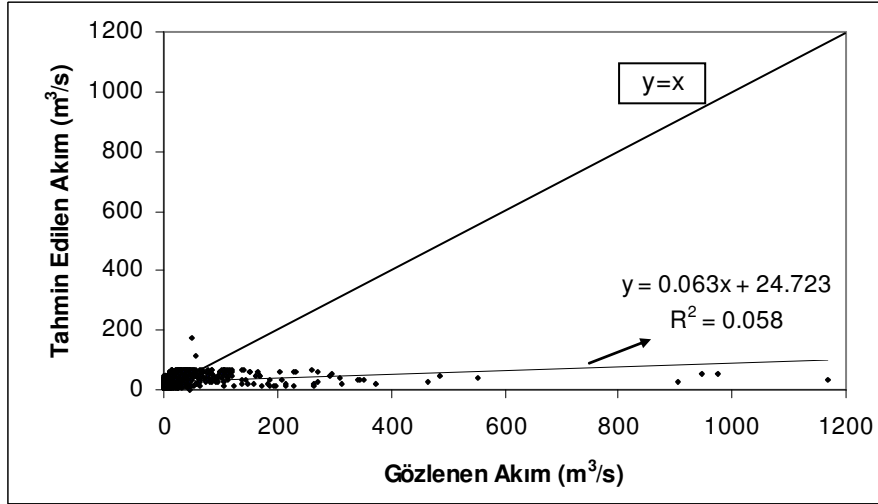


Şekil 4.94: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 30 gün sonrası için oluşturulan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmıştır. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası 5891.37 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.058 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.95 ve Şekil 4.96'da gösterilmiştir.

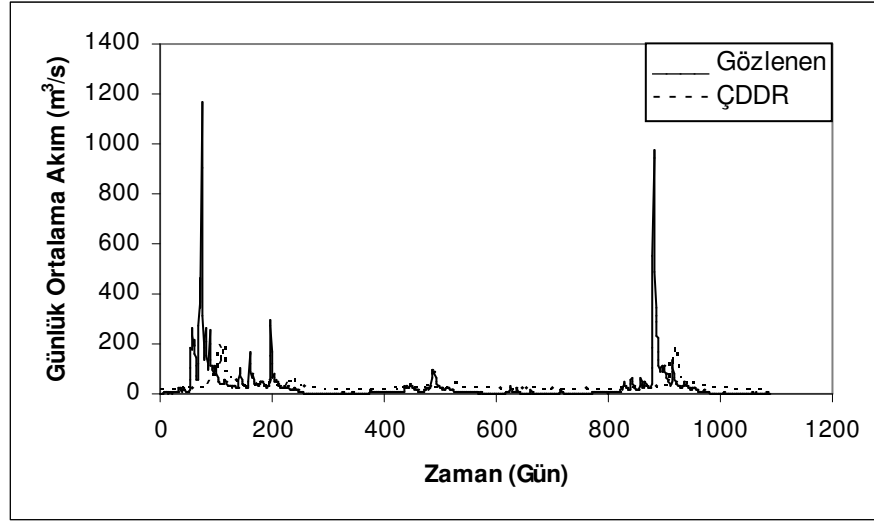


Şekil 4.95: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

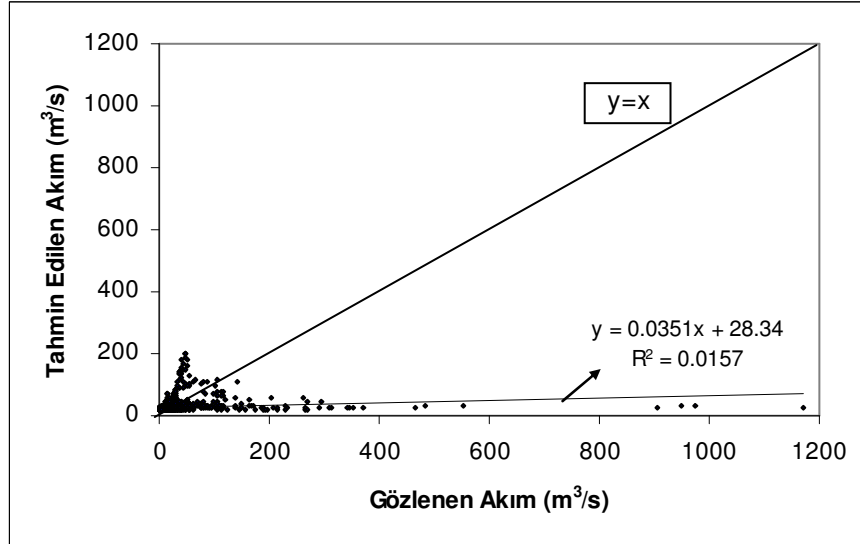


Şekil 4.96: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile gelecek 30 gün sonrası hesaplamaları sonucu toplam test verisinin ortalama kare hatası  $6292.29 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.016 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.97 ve Şekil 4.98’de gösterilmiştir.



Şekil 4.97: 105 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım tahmini

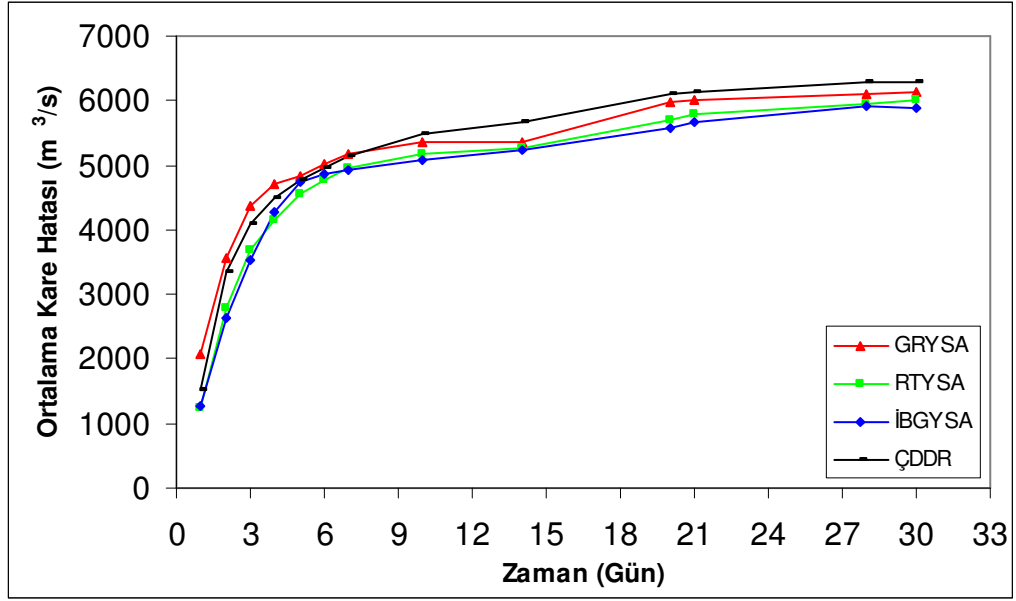


Şekil 4.98: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve ÇDDR ile 30 gün sonrası kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

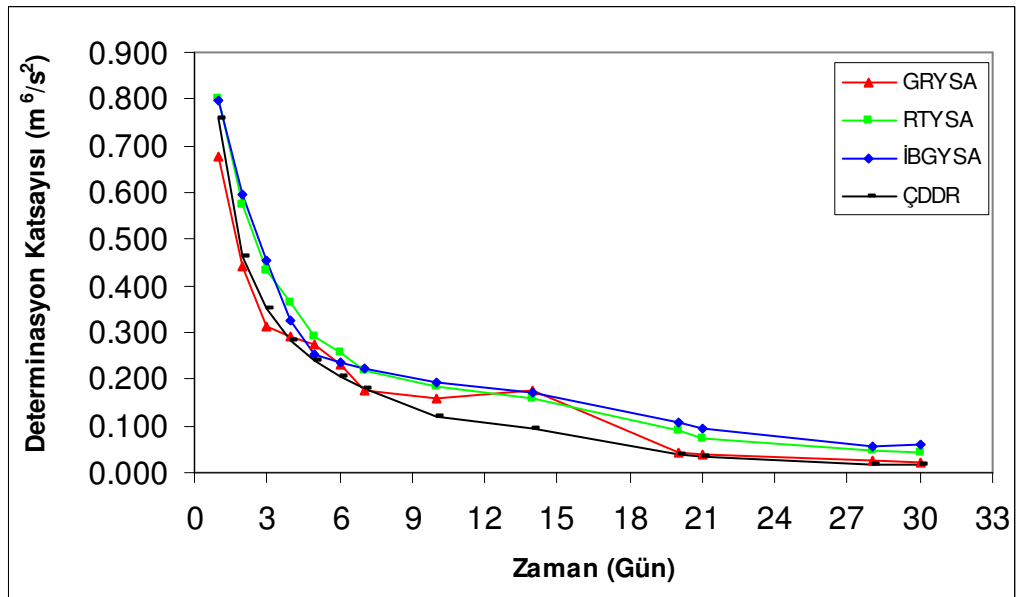
#### 4.2.2 İleriye Dönük 1–30 Gün Sonrası için Tahmin Sonuçlarının Değerlendirmesi

Yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile yapılan çalışma sonucunda, tüm yöntemlerde ileriki gün tahminlerine doğru zayıf tahminler ortaya çıkmıştır. Özellikle OKH'lar bütün yöntemlerde oldukça yüksektir. Doğrusal olmayan davranış sergileyen YSA yöntemleri, doğrusal çalışan bir yöntem olan ÇDDR metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. YSA yöntemleri içinde oldukça iyi tahminler veren İBGYSA modelidir. Çünkü iki değerlendirme kriterine göre de

aynı anda başarılı tahminler veren yöntem İBGYSA yöntemidir. GRYSA yöntemi diğer yöntemlere göre daha değişken bir yapı göstermiştir. RTYSA yöntemi İBGYSA yöntemine göre daha başarısızdır fakat diğer yöntemlere göre oldukça iyi tahminler vermiştir. Toplu olarak OKH ve  $R^2$  karşılaştırma değerlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu duruma göre de açıkça görüleceği üzere pik değerler için en iyi sonuçlar YSA yöntemleri ile bulunanlar olmakla birlikte en iyisi RTYSA'dır.



Şekil 4.99: Kurak devreli günlük akımların tahminlerinde kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi



Şekil 4.100: Kurak devreli günlük akımların tahminlerinde kullanılan yöntemlerin  $R^2$ 'lerinin zamanla değişimi

### **4.3 Aylık Ortalama Akım Verisi Tahmin Sonuçları**

Sakarya Havzası'ndaki Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'ndaki 1714-Göksu-Karahacılı İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edilmiştir ve tüm değerler bu sayıya bölünmüştür. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edilmiştir. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlanmıştır.

#### **4.3.1 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Ortalama Akım Verisi'nin Yapay Sinir Ağları ve Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon ile 1-30 Ay Sonrası Tahmin Sonuçları**

Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylara ait ortalama akım değerlerinin tahminine çalışılmıştır. Bunun için girdi hücrelerini temsil edecek matris uzunluğuna karar verilmesi gereklidir. Girdi tabakası için hücre sayısı diye adlandırılan bu matris için geçmiş gün sayısına karar vermek adına birtakım simülasyonlar yapılmıştır. Bu simülasyonların toplu olarak karşılaştırması Tablo 4.3'te yer almaktadır. Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değerlerinin tahminine çalışılmıştır. Geçmiş 7 aya ait 7 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 7 hücreyi oluşturdu. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değerini gösteren son hücre bulunmuştur. Simülasyonda Ekim 1973 ile Aralık 1994 tarihleri arasındaki 231 veri eğitim için, Ocak 1995 ile Nisan 2000 tarihleri arasındaki 57 veri test için kullanılmıştır.

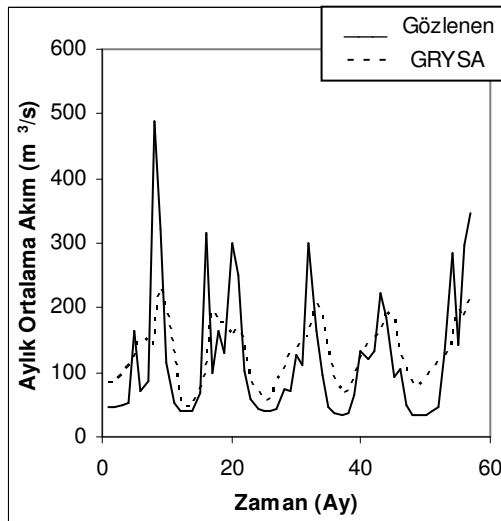
Tablo 4.3: 1714 no.lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi  
(\* Tercih edilen giriş hücre sayısı

Giriş Hücre Sayısı	1 ay sonrası için tahminler					
	İBGYSA		RTYSA		GRYSA	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
5	6128.3	0.345	6729.4	0.287	7121.4	0.249
6	8115.8	0.263	8802.8	0.216	9007.5	0.178
7 *	5543.2	0.482	6546.6	0.384	6997.1	0.337
8	7556.6	0.318	6667.3	0.398	7193.4	0.319
9	7843.5	0.356	6995.6	0.349	7315.8	0.329

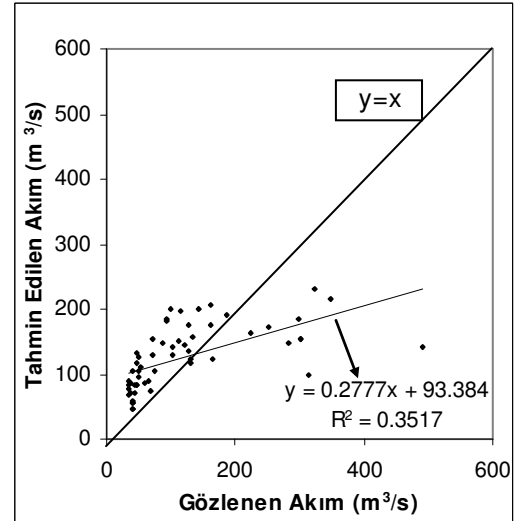
Gelecek 1 ay sonraki ortalama aylık akım tahmin sonuçlarını elde etmek için ilk olarak GRYSA ile simülasyonlara başlanmıştır. Diğer sonraki aylara ait tahmin çalışmaları da (1 ay sonraki, 3 ay sonraki, 10 ay sonraki, 20 ay sonraki, 30 ay sonraki) benzer şekilde diğer karşılaştırma yöntemleri ile devam etmiştir.

#### 4.3.1.1 İleriye Dönük 1 Ay Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile gelecek 1 ay sonraki simülasyonda düzeltme parametresi 0.30 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam 57 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 6843.57 (m<sup>6</sup>/s<sup>2</sup>), determinasyon katsayısı değeri 0.352 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.101 ve Şekil 4.102’de gösterilmiştir.

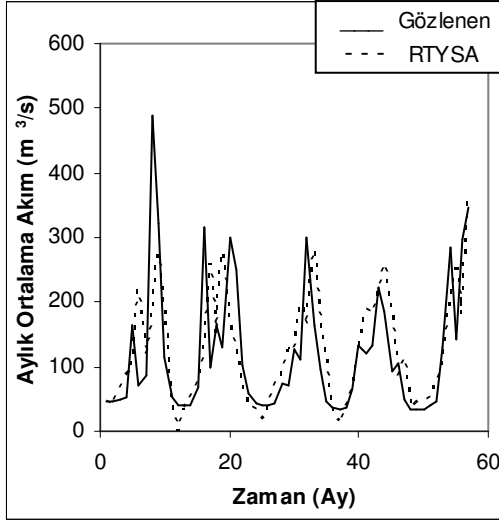


Şekil 4.101: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini

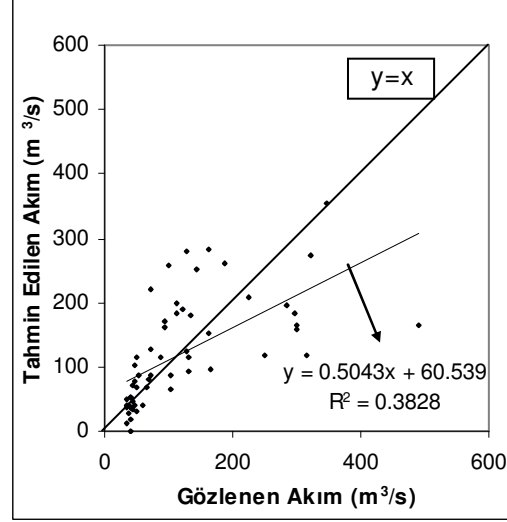


Şekil 4.102: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 1 ay sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.9 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam 57 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $6722.05 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.383 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.103 ve Şekil 4.104'te gösterilmiştir.

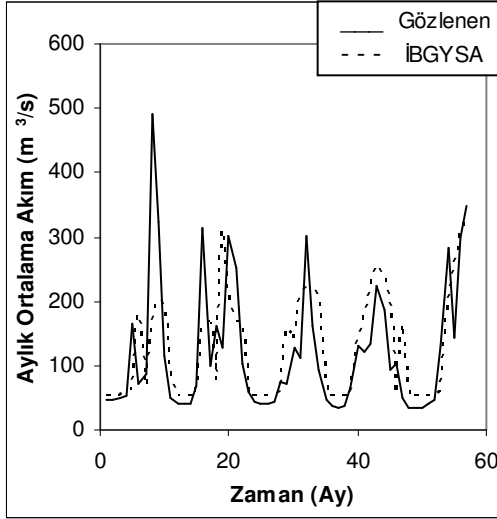


Şekil 4.103: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini

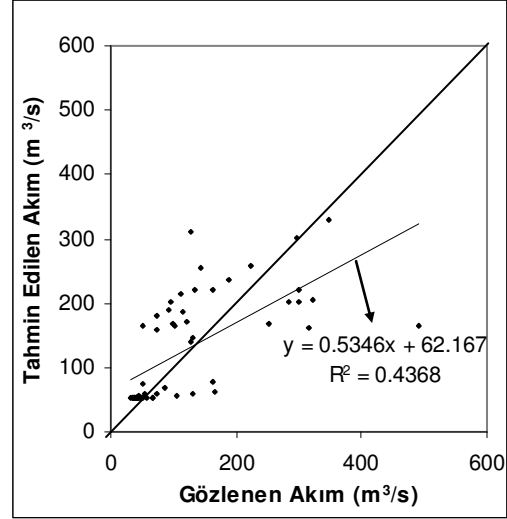


Şekil 4.104: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile gelecek 1 ay sonrasına ait simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmış ve program çalıştırılmıştır. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 57 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $6033.34 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.437 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.105 ve Şekil 4.106'da gösterilmiştir.

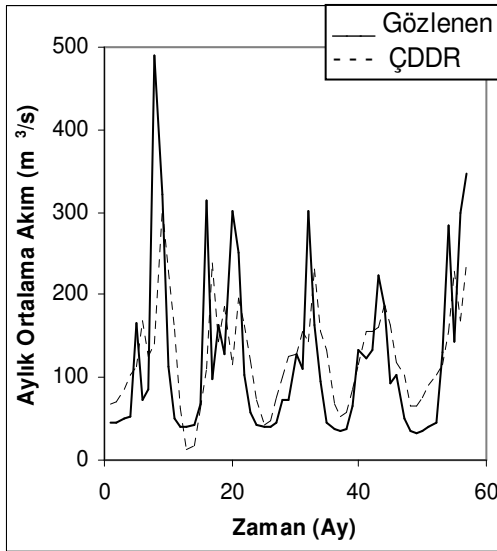


Şekil 4.105: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 ay sonrası akım tahmini

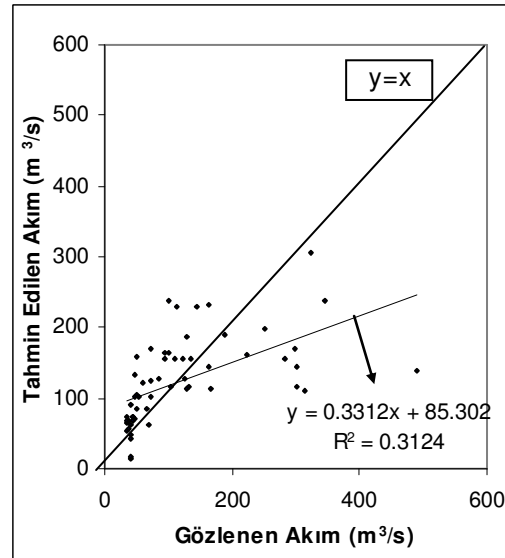


Şekil 4.106: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 1 ay sonrası hesaplamaları sonucu toplam 57 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $7080.16 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.312 olarak hesaplanmıştır. Aylık akım tahminleri Şekil 4.107 ve Şekil 4.108'de gösterilmiştir.



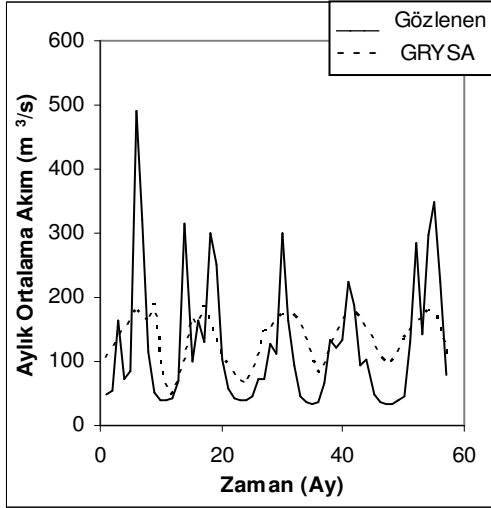
Şekil 4.107: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 ay sonrası akım tahmini



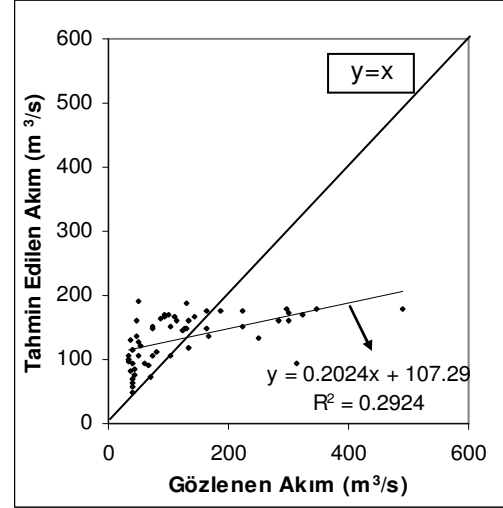
Şekil 4.108: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 1 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.3.1.2 İleriye Dönük 3 Ay Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 3 ay sonundaki akım tahmini için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.2 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiş ve test verisinin ortalama kare hatası  $7608.68 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.292 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.109 ve Şekil 4.110'da gösterilmiştir.

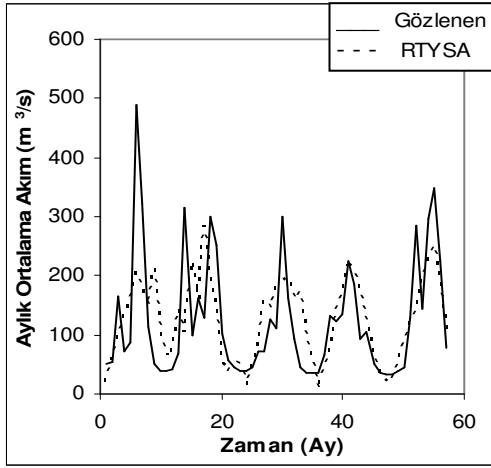


Şekil 4.109: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini

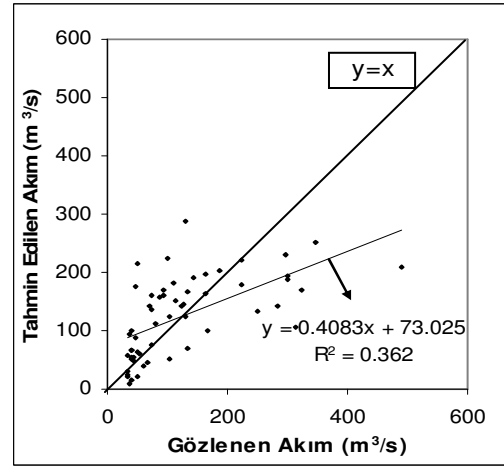


Şekil 4.110: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 3 ay sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.90 olarak bulunmuş ve kullanılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $6604.86 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.362 olarak hesaplanmıştır. Tahminlerin grafikleri Şekil 4.111 ve Şekil 4.112'de gösterilmiştir.

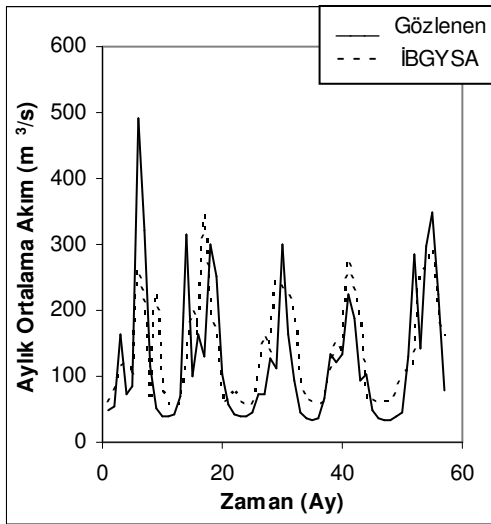


Şekil 4.111: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini

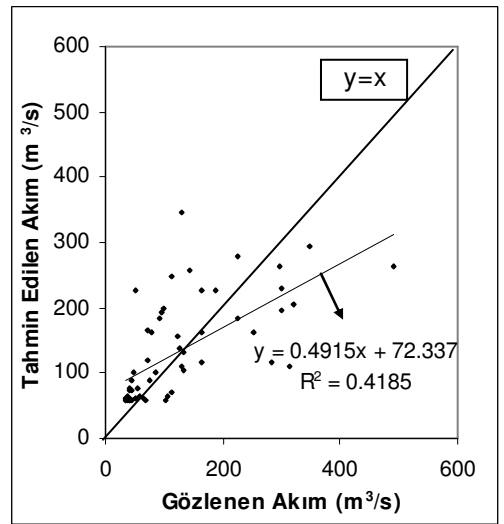


Şekil 4.112: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 3 ay sonrası tahmin etmeye yönelik olarak yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmış ve 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $6179.37 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.419 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.113 ve Şekil 4.114'te gösterilmiştir.



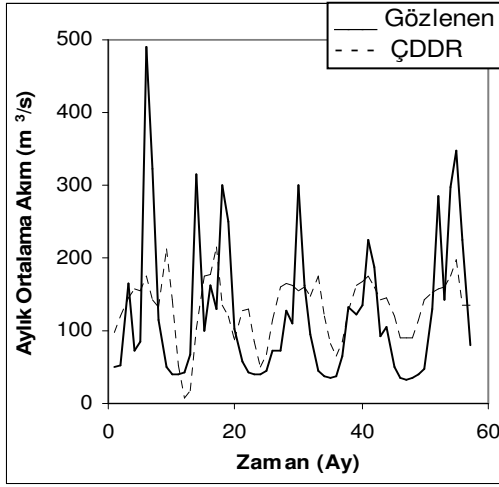
Şekil 4.113: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 ay sonrası akım tahmini



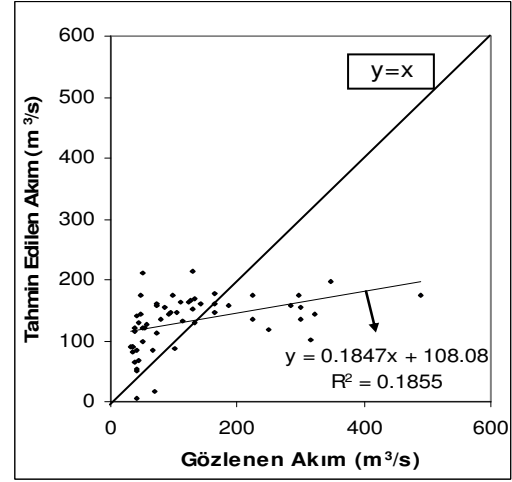
Şekil 4.114: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 3 ay sonrası için yapılan hesaplamalar sonucu toplam 57 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $8399.76 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon

katsayısı 0.189 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.115 ve Şekil 4.116'da gösterilmiştir.



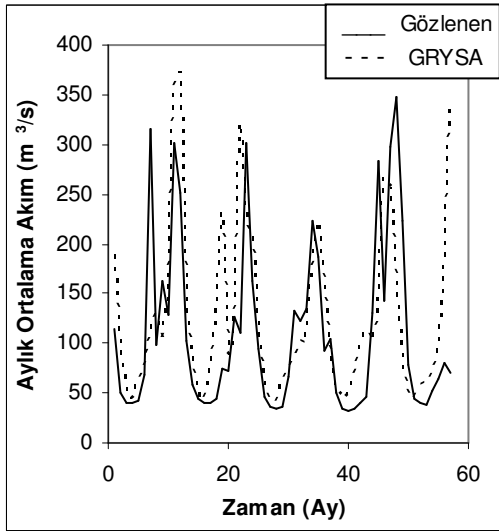
Şekil 4.115: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 ay sonrası akım tahmini



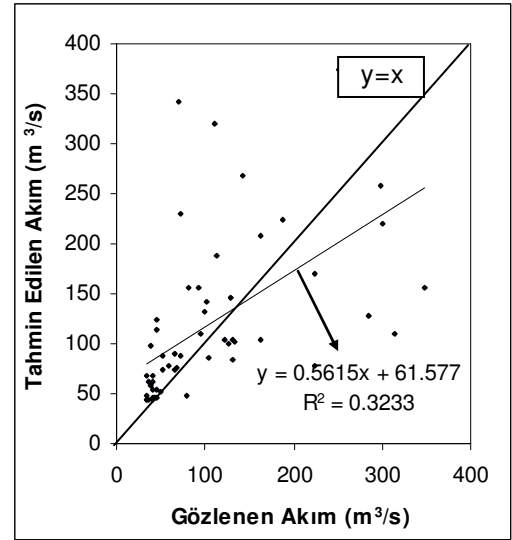
Şekil 4.116: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 3 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.3.1.3 İleriye Dönük 10 Ay Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 10 ay sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.1 olarak tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $6423.12 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.323 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.117 ve Şekil 4.118'de gösterilmiştir

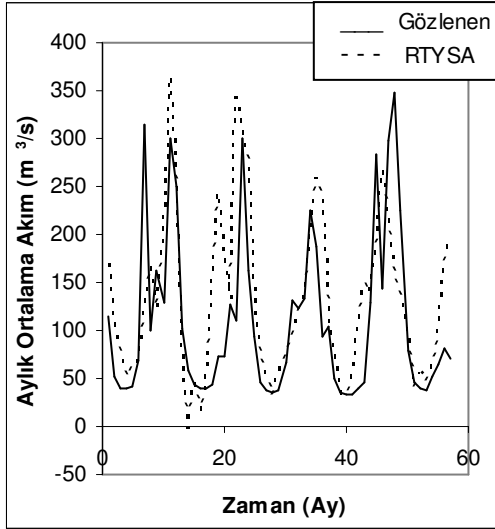


Şekil 4.117: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini

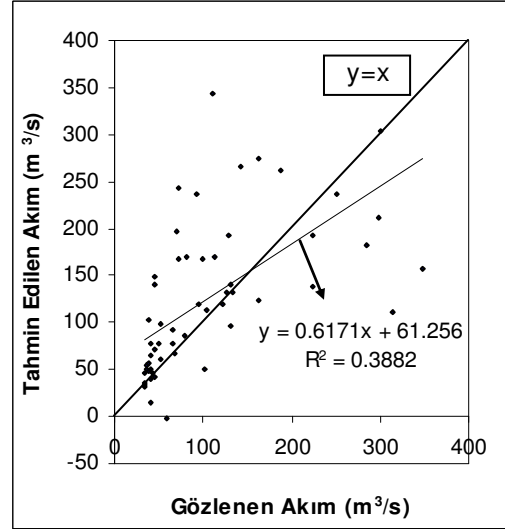


Şekil 4.118: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 10 ay sonrası tahmin için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.90 alınarak bulunmuştur. Karşılaştırma kriterlerinin belirlenmesi için test verisinin ortalama kare hatası  $5839.90 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.388 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.119 ve Şekil 4.120’de gösterilmiştir.

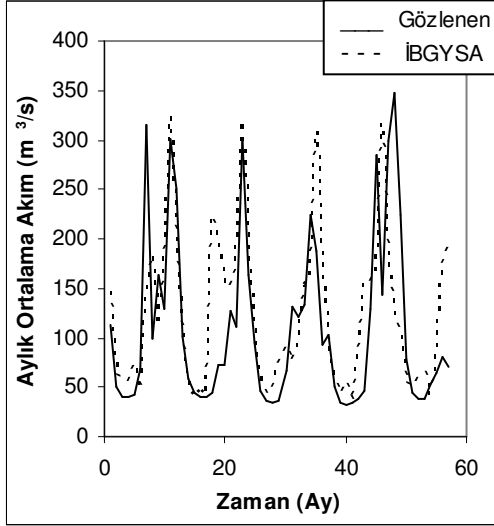


Şekil 4.119: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini

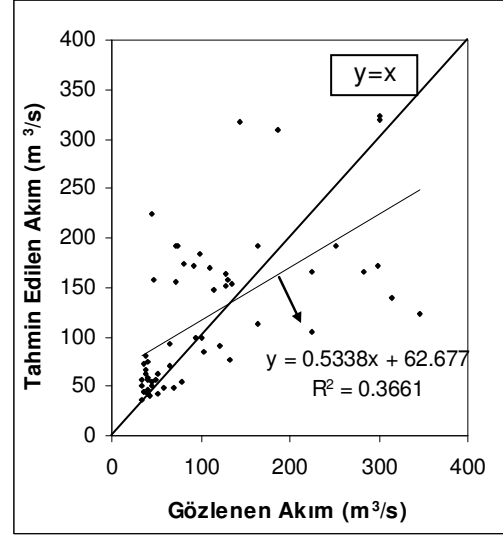


Şekil 4.120: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 10 ay sonrası için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Bulunan sonuçlarla birlikte test verisinin ortalama kare hatası  $5337.63 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.366 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.121 ve Şekil 4.122’de gösterilmiştir.



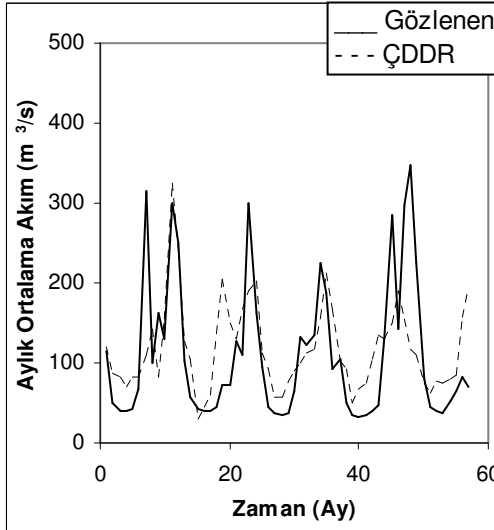
Şekil 4.121: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 ay sonrası akım tahmini



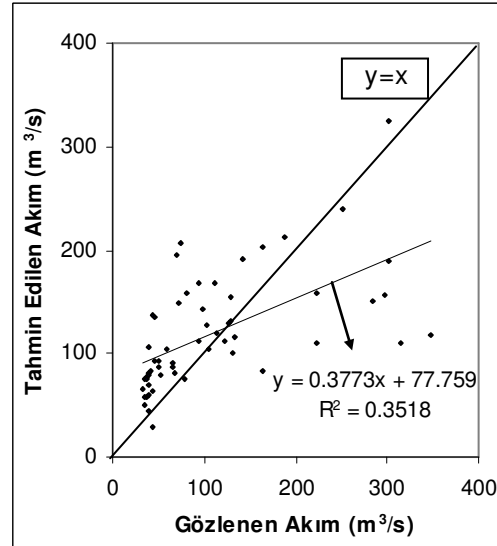
Şekil 4.122: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 10 ay sonrası hesaplamaları sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $4850.96 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.352 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.123 ve Şekil 4.124'te gösterilmiştir.

Aşağıdaki grafiklerden çıkan iyi sonuçlar zamanın tahminler üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir.



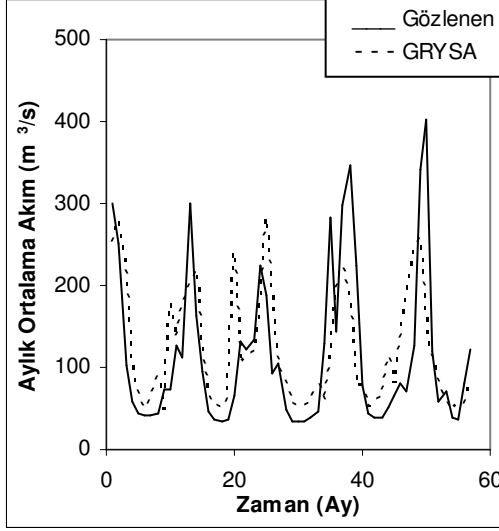
Şekil 4.123: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 ay sonrası akım tahmini



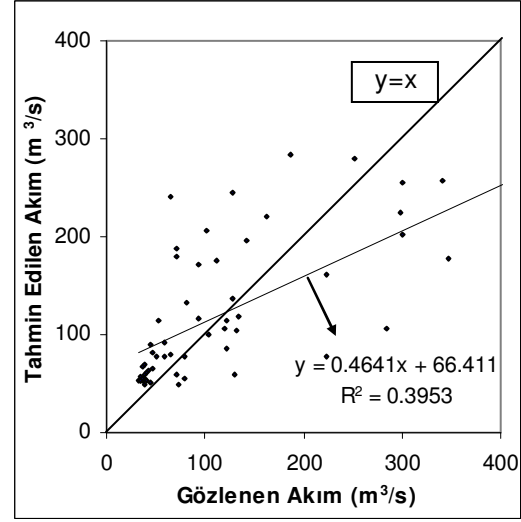
Şekil 4.124: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 10 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.3.1.4 İleriye Dönük 20 Ay Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 20 ay sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.1 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Eldeki test verisinin ortalama kare hatası  $5487.27 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.395 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.125 ve Şekil 4.126'da gösterilmiştir.

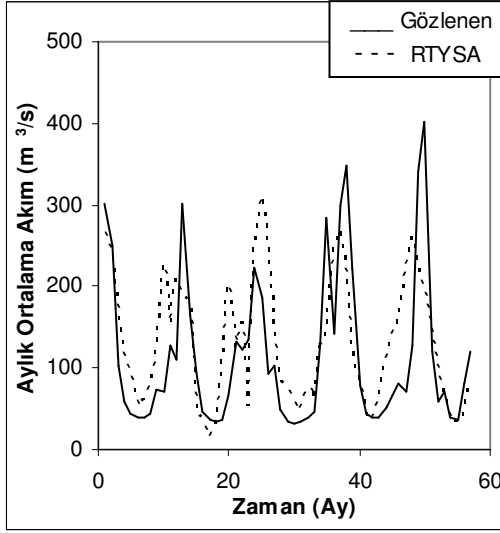


Şekil 4.125: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 ay sonrası aylık tahmini

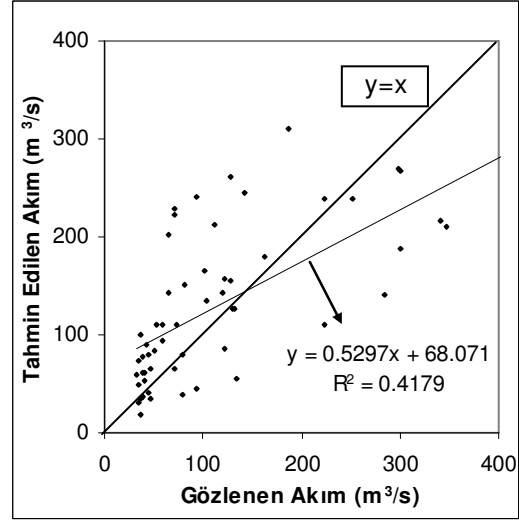


Şekil 4.126: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA ile 20 ay sonrası tahmini için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.90 alınmıştır. Sonuçta elde edilen test verisinin ortalama kare hatası  $5617.00 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.418 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.127 ve Şekil 4.128'de gösterilmiştir.

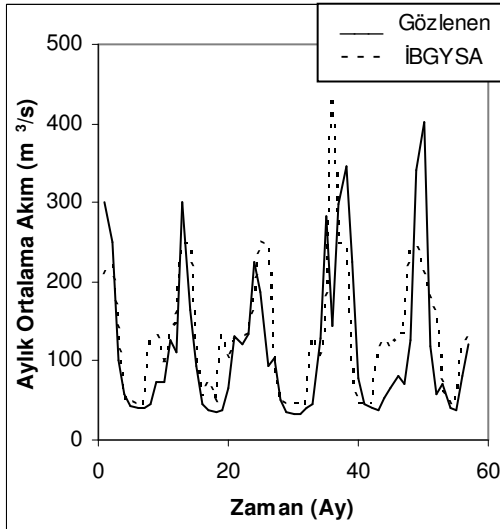


Şekil 4.127: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 ay sonrası akım tahmini

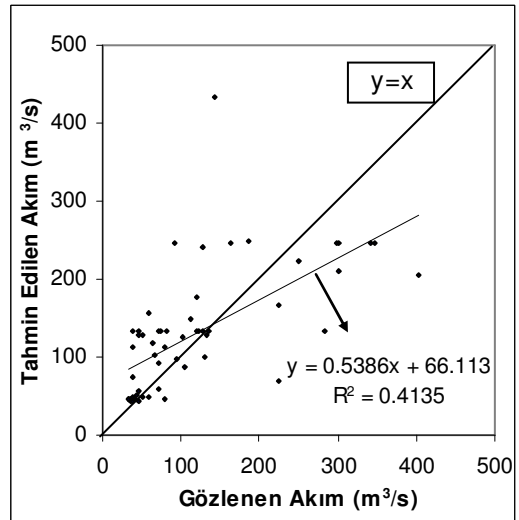


Şekil 4.128: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile gelecek 20 ay sonrasına ait simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Ortalama kare hatası  $5700.74 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.414 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar Şekil 4.129 ve Şekil 4.130'da gösterilmiştir.

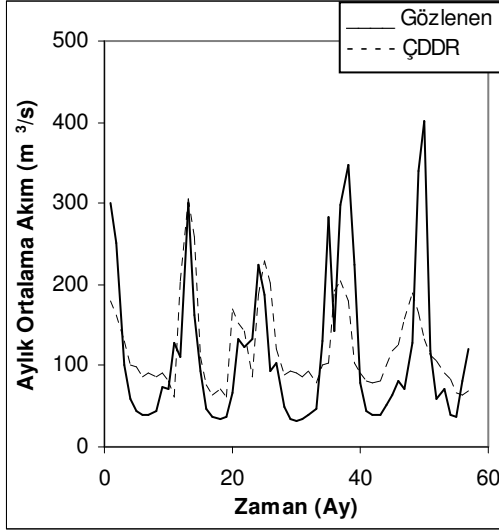


Şekil 4.129: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 ay sonrası akım tahmini

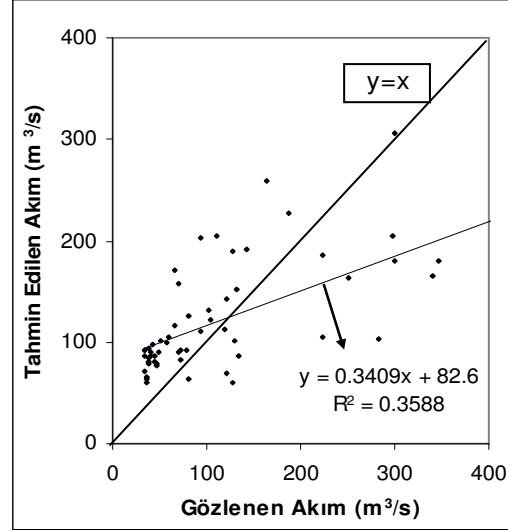


Şekil 4.130: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 20 ay sonrası hesaplamaları sonucunda karşılaştırma kriteri olarak kullanılacak test verisinin ortalama kare hatası  $5485.50 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.122'dir. Tahminler Şekil 4.131 ve Şekil 4.132'de gösterilmiştir.



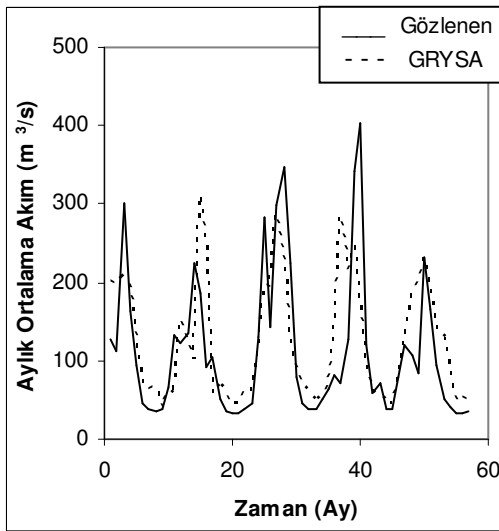
Şekil 4.131: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 ay sonrası akım tahmini



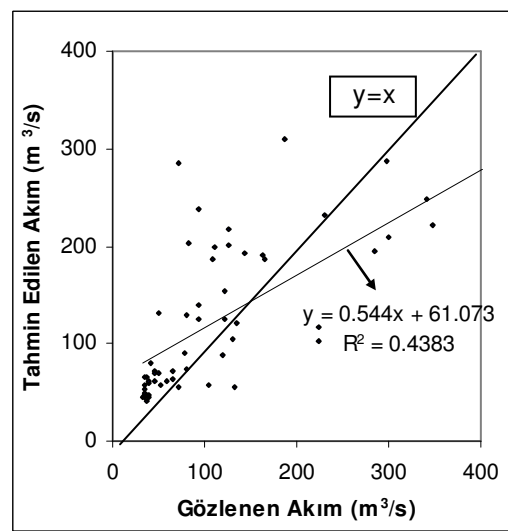
Şekil 4.132: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 20 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.3.1.5 İleriye Dönük 30 Ay Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 30 ay sonraki aya ait tahminlere ait simülasyonda düzeltme parametresi 0.1, ortalama kare hatası  $4940.41 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.438 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.133 ve Şekil 4.134'de gösterilmiştir.

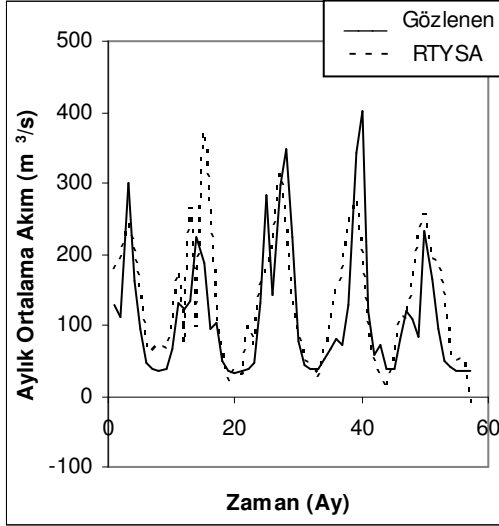


Şekil 4.133: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini

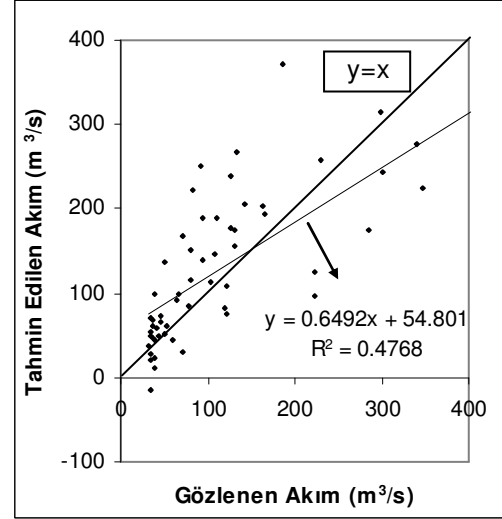


Şekil 4.134: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 30 ay sonrasında yönelik simülasyonda yayılım parametresi 0.90 alınmıştır. Sonuçta test verisinin ortalama kare hatası  $5067.08 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.477'dir. Bulunan tahminler Şekil 4.135 ve Şekil 4.136'da gösterilmiştir.

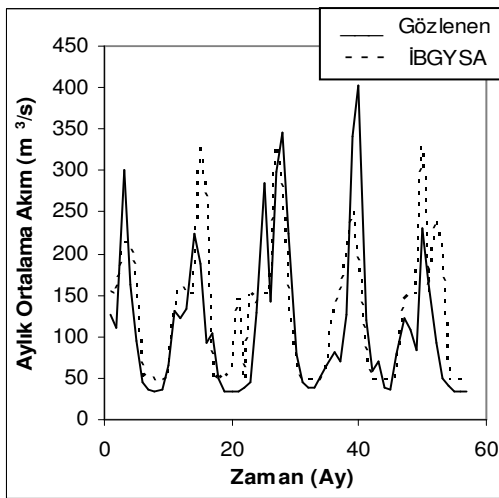


Şekil 4.135: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini

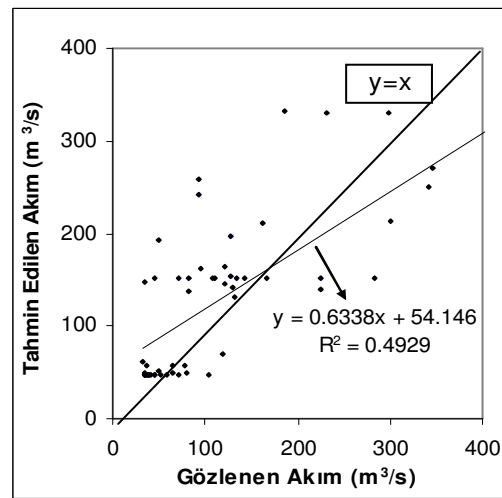


Şekil 4.136: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 30 ay sonrası için yapılandırılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 3 olarak alınmış ve 10 defa program çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $4684.50 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı ise 0.493 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.137, Şekil 4.138'dedir.

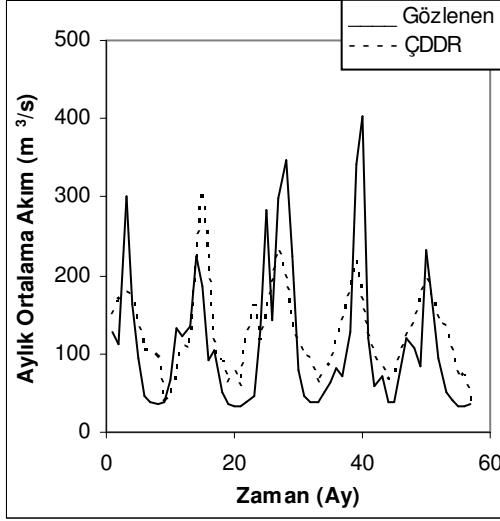


Şekil 4.137: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 ay sonrası akım tahmini

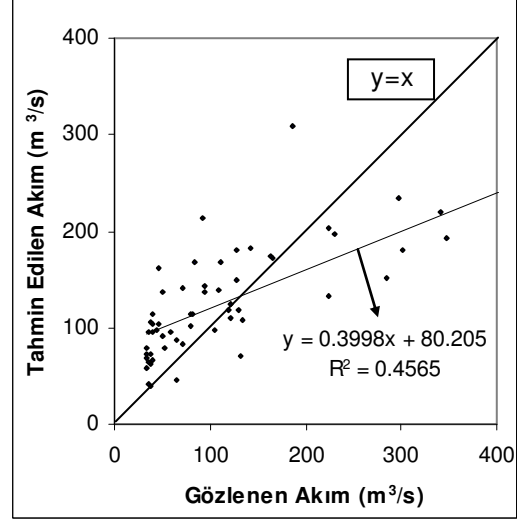


Şekil 4.138: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 30 ay sonrası hesaplamaları sonucu toplam ortalama kare hatası 4702.75 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.493 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.139 ve Şekil 4.140'da gösterilmiştir.



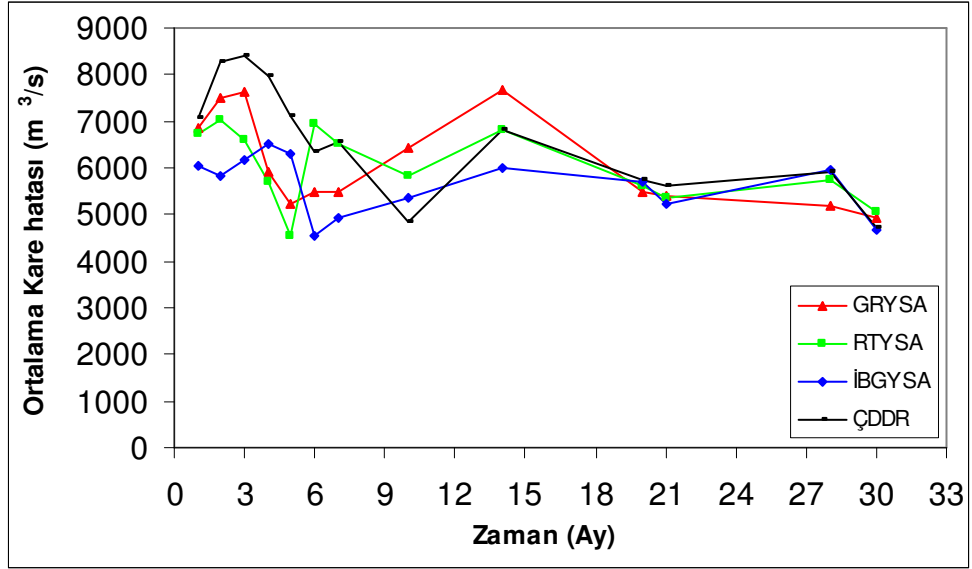
Şekil 4.139: 1714 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 ay sonrası akım tahmini



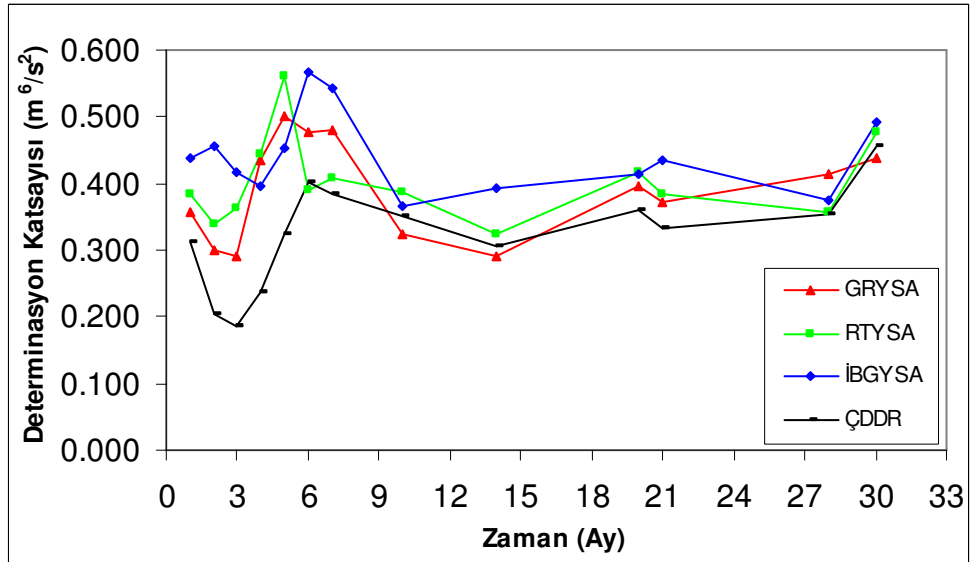
Şekil 4.140: Gözlenen aylık akım değerleri ve ÇDDR ile 30 ay sonrası akım değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.3.2 İleriye Dönük 1–30 Ay Sonrası için Tahmin Sonuçlarının Değerlendirmesi

Yapay sinir ağları ve çok değişkenli doğrusal regresyon ile yapılan çalışma sonucunda, tüm metotlarda ileriki ay tahminlerinde oldukça iyi tahminler ortaya çıkmıştır. Özellikle OKH'lar belirli bir periyodikliğe sahiptir. Doğrusal olmayan davranış sergileyen YSA yöntemlerinin, doğrusal çalışan bir yöntem olan ÇDDR yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği açıkça görülmektedir. YSA metotları içinde oldukça iyi tahminler veren GRYSA modelidir. Tahmin edilecek dönem sayısı arttıkça daha iyi sonuçlar veren ve amaç değerinden en az uzaklaşan yöntem de GRYSA ile yapılandır. Çünkü ileriki dönemlerde OKH değeri düşmüş ve  $R^2$  değeri artmıştır. Toplu olarak OKH ve  $R^2$  karşılaştırma değerlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu duruma göre de açıkça görüleceği üzere uzak tahminlerde genel olarak pik değerler için en iyisi GRYSA sonuçlarıdır.



Şekil 4.141: Aylık ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi



Şekil 4.142: Aylık ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin R<sup>2</sup>'lerinin zamanla değişimi

#### 4.4 Yer Altı Suyu Verisi Tahmin Sonuçları

Fairfield Havzası'ndaki USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu yer altı suyu gözlem istasyonlarından elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edilmiştir ve tüm değerler bu sayıya bölünmüştür. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen

sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edilmiştir. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlanmıştır.

#### 4.4.1 Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yeraltı Suyu Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sınır Ağları ve Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon ile 1–30 Saat Sonrası Tahmin Sonuçları

Geçmiş saatlik ortalama yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak sonraki saatlik ortalama yeraltı su seviyesi değerlerinin tahminine çalışılmıştır. Bunun için girdi hücrelerini temsil edecek matris uzunluğuna karar verilmesi gereklidir. Girdi tabakası için hücre sayısı diye adlandırılan bu matris için geçmiş saat sayısına karar vermek adına birtakım simülasyonlar yapılmıştır. Bu simülasyonların toplu olarak karşılaştırması Tablo 4.4'te yer almaktadır. Geçmiş 6 saate ait 6 saatlik ortalama yeraltı su seviyesi verisi girdi tabakasındaki 6 hücreyi oluşturmuştur. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek saatlik ortalama yeraltı su seviyesi değerini gösteren son hücre bulunmuştur. Simülasyonda 10.11.2004, 0:00 ile 06.12.2004, 22:00 tarihleri arasındaki 571 veri eğitim için, 06.11.2004, 0:00 ile 09.11.2004, 23:00 tarihleri arasındaki 143 veri test için kullanılmıştır.

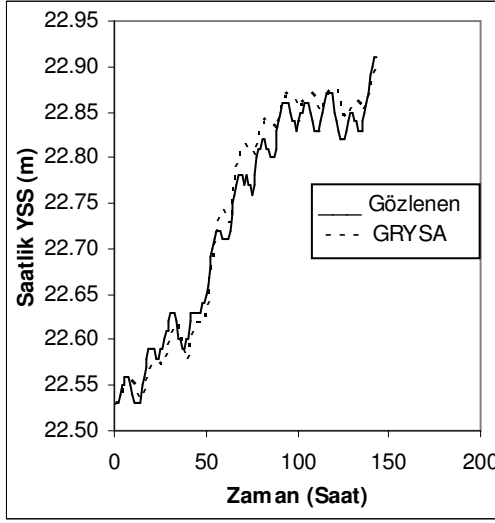
Tablo 4.4: USGS CT- GW 21 no' lu istasyon için giriş tabakasındaki hücre sayısının belirlenmesi. (\*) Tercih edilen giriş hücre sayısı

Giriş Hücre Sayısı	1 saat sonrası için tahminler					
	İBGYSA		RTYSA		GRYSA	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
5	0.00024	0.989	0.00004	0.997	0.00022	0.991
6 *	0.00015	0.989	0.00009	0.992	0.00018	0.992
7	0.00045	0.981	0.00034	0.976	0.00018	0.991
8	0.00013	0.994	0.00012	0.995	0.00110	0.961
9	0.00031	0.986	0.00011	0.995	0.00087	0.963

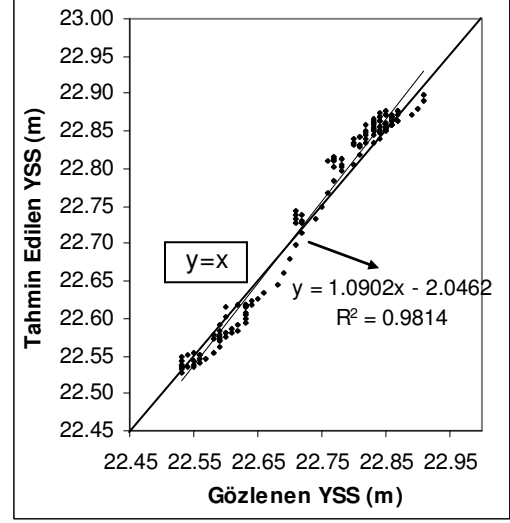
Gelecek 1 saat sonraki tahmin sonuçlarını elde etmek için ilk olarak GRYSA ile simülasyonlara başlanmıştır. Diğer sonraki saatlere ait tahmin çalışmaları da (1 saat sonraki, 3 saat sonraki, 10 saat sonraki, 20 saat sonraki, 30 saat sonraki) benzer şekilde diğer karşılaştırma yöntemleri ile devam etmiştir.

#### 4.4.1.1 İleriye Dönük 1 Saat Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 1 saat sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.005 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam 143 yeraltı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $0.00045 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.981 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tahminler Şekil 4.143 ve Şekil 4.144'te gösterilmiştir.

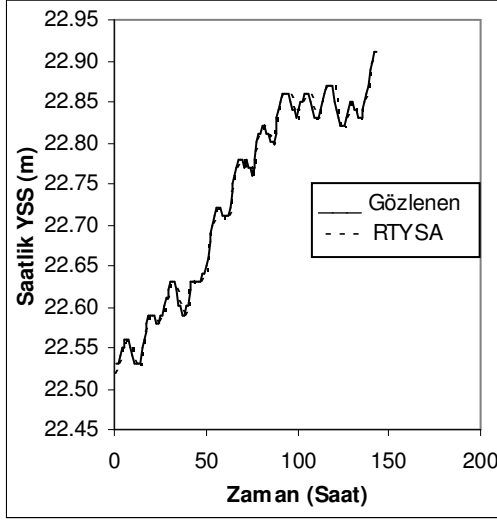


Şekil 4.143: CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini

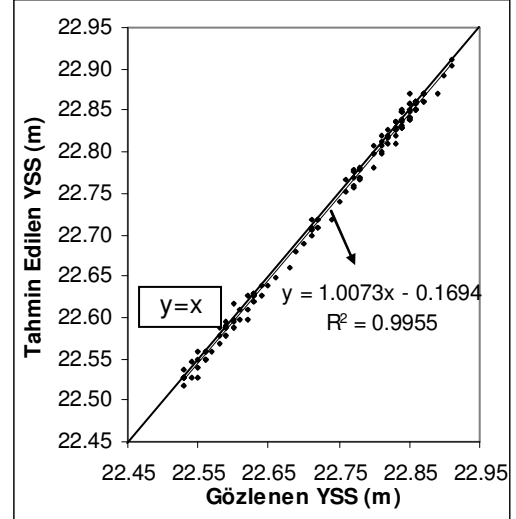


Şekil 4.144: Gözlenen ve GRYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 1 saat sonrası için yapılan simülasyonda yayılım parametresi 0.05 alınmıştır. Sonuçta 143 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $0.00008 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.996 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.145 ve Şekil 4.146'da gösterilmiştir.

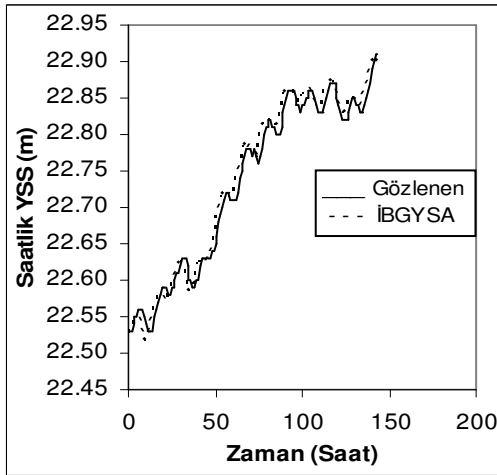


Şekil 4.145: CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini

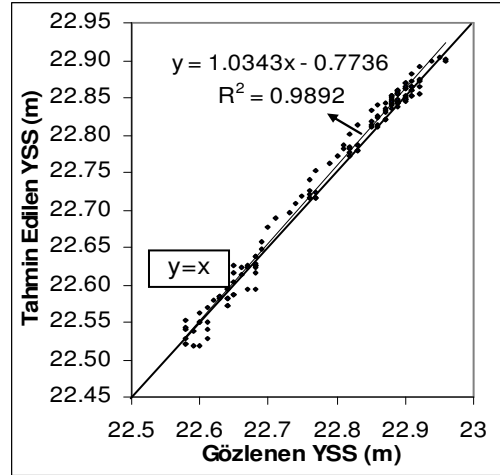


Şekil 4.146: Gözlenen ve RTYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile gelecek 1 saat sonrasını tahmin için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmıştır. Program 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuçta toplam 143 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $0.00022 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.989 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler grafiği Şekil 4.147 ve Şekil 4.148’de gösterilmiştir.



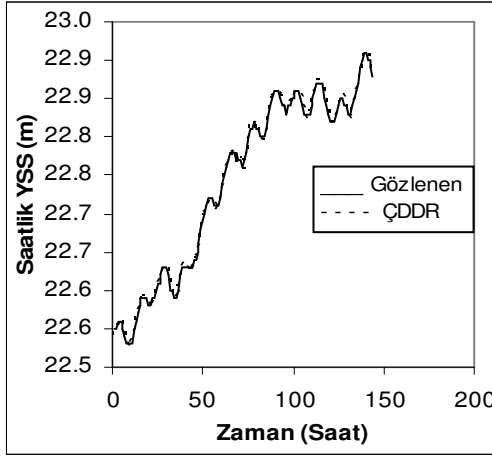
Şekil 4.147: CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 1 saat sonrası yss tahmini



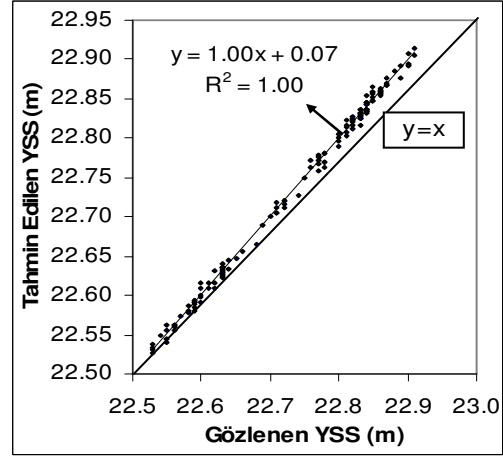
Şekil 4.148: Gözlenen ve İBGYSA ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 1 saat sonrası hesaplamaları sonucu toplam 143 yer altı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $0.0004 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon

katsayısı değeri 1.000 olarak hesaplanmıştır. Burada oluşan tahminler Şekil 4.149 ve Şekil 4.150’de gösterilmiştir.



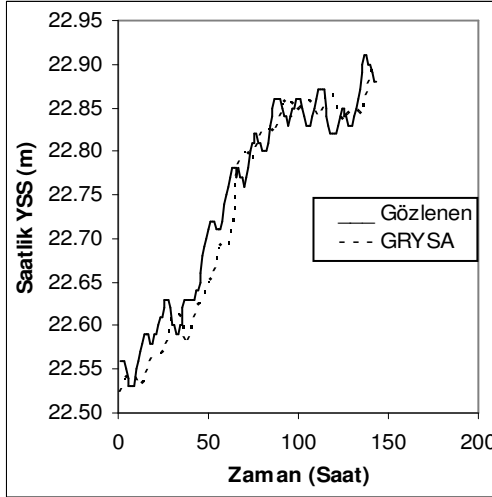
Şekil 4.149: CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 1 saat sonrası yss tahmini



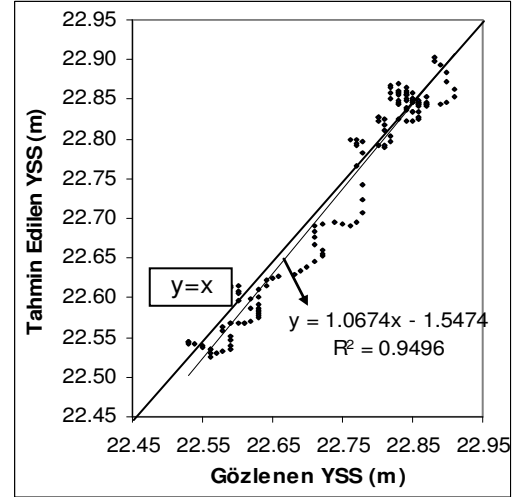
Şekil 4.150: Gözlenen ve ÇDDR ile 1 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.4.1.2 İleriye Dönük 3 Saat Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 3 saat sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.005 olarak tespit edilmiş ve ortalama kare hatası  $0.00105 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.986 olarak hesaplanmıştır. Tahminler grafikleri Şekil 4.151 ve 152’dedir.

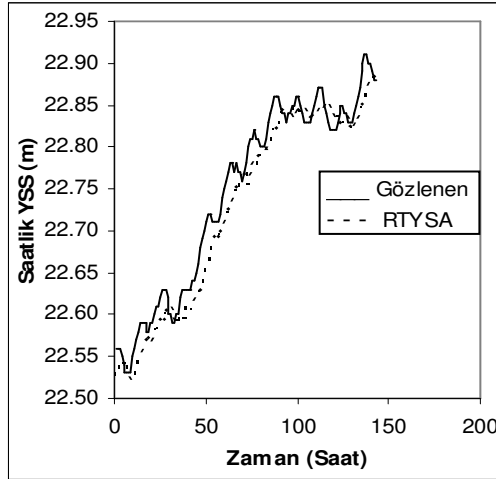


Şekil 4.151: CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini

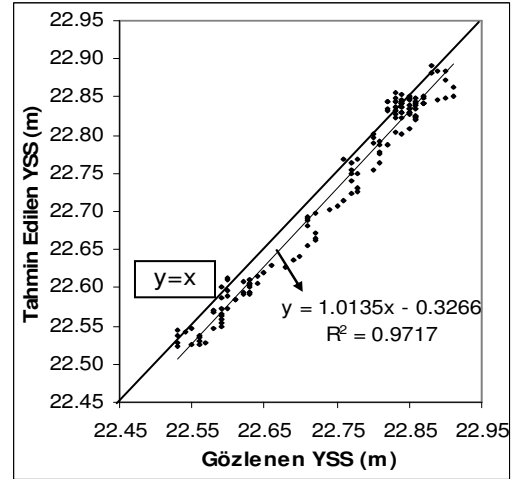


Şekil 4.152: Gözlenen ve GRYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 3 saat sonrası tahmine yönelik olarak simülasyonda yayılım parametresi 0.05 alınmıştır. Sonuçta test verisinin ortalama kare hatası 0.00078 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.972 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler grafiği Şekil 4.153 ve Şekil 4.154'te gösterilmiştir.

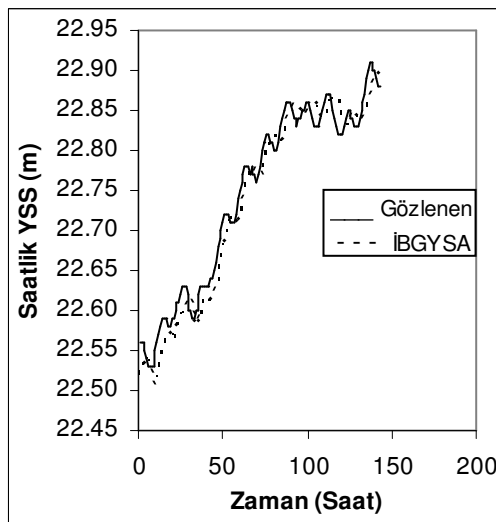


Şekil 4.153: CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini

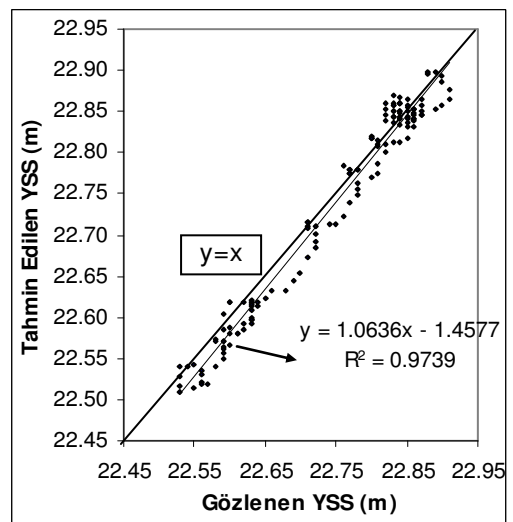


Şekil 4.154: Gözlenen ve RTYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 3 saat sonrası simülasyonunda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmıştır. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırılmıştır. Ortalama kare hatası 0.00055 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı değeri 0.974'dir. Tahminler Şekil 4.155 ve Şekil 4.156'da gösterilmiştir.

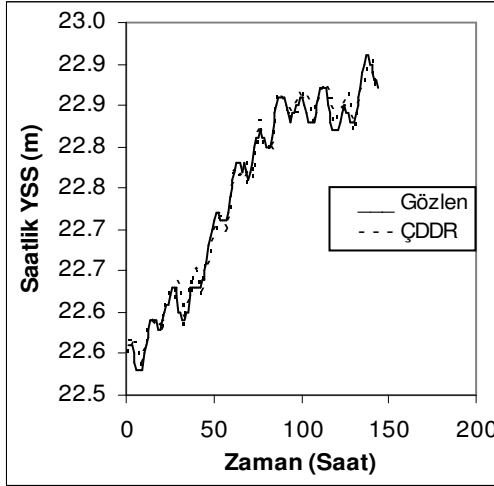


Şekil 4.155: CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 3 saat sonrası yss tahmini

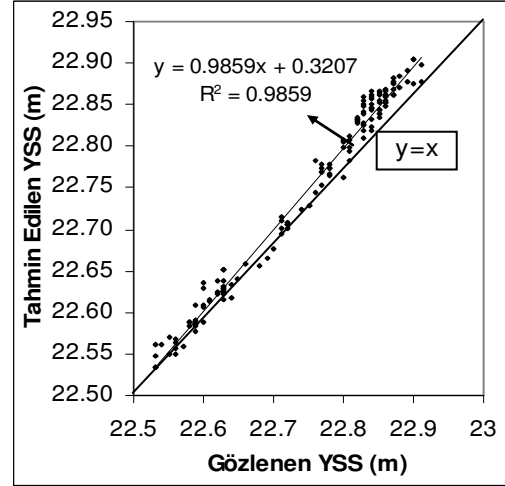


Şekil 4.156: Gözlenen ve İBGYSA ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 3 saat sonrası için yapılan hesaplamalar sonucu test verisinin ortalama kare hatası  $0.00019 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.986 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.157 ve Şekil 4.158’de gösterilmiştir.



Şekil 4.157: CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 3 saat sonrası yss tahmini

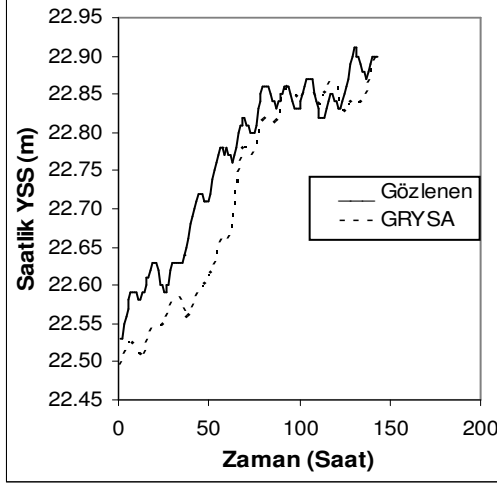


Şekil 4.158: Gözlenen ve ÇDDR ile 3 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

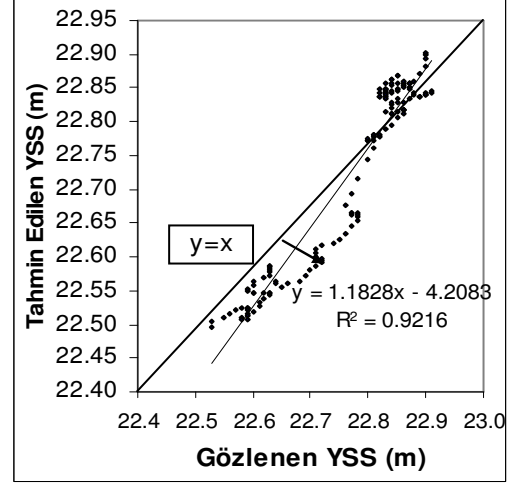
Grafiklerden de görüldüğü gibi zamanın etkisi ile tahminlerin güvenilirlikleri düşmektedir. Dolayısıyla 3 saat sonrası (yada 9. saat) değerleri, 1 saat sonrası (yada 7. saat) tahmin değerlerinden kötü bir hal almıştır.

#### 4.4.1.3 İleriye Dönük 10 Saat Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 10 saat sonrasına ait simülasyonda düzeltme parametresi 0.005 olarak tespit edilmiştir. Sonuçta test verisinin ortalama kare hatası  $0.00396 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.922 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.159 ve Şekil 4.160’ta gösterilmiştir.

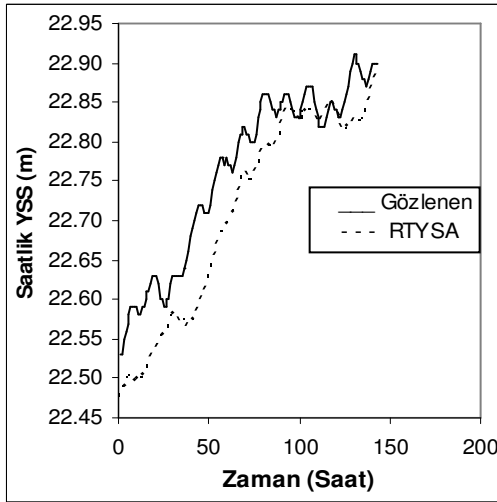


Şekil 4.159: CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 10 saat sonrası yss tahmini

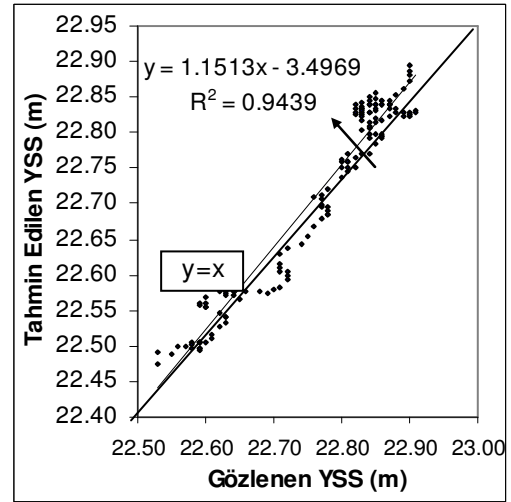


Şekil 4.160: Gözlenen ve GRYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 10 saat sonrasına ait simülasyonda yayılım parametresi 0.1 alınarak tespit edilmiştir. Sonuçta test verisinin ortalama hata karesi değeri 0.00395 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.944 olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.161 ve Şekil 4.162’de gösterilmiştir.



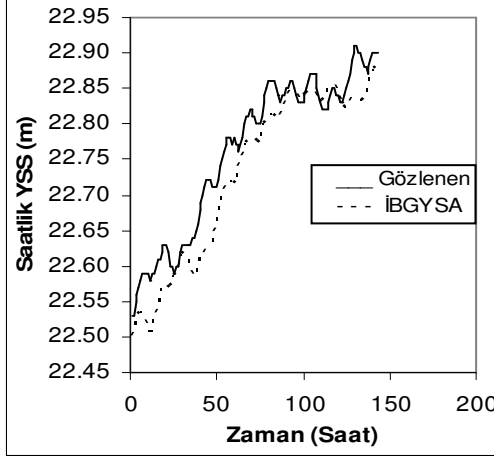
Şekil 4.161: CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 10 saat sonrası yss tahmini



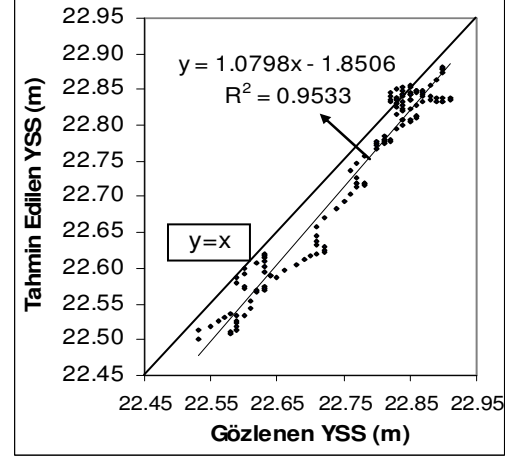
Şekil 4.162: Gözlenen ve RTYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 10 ay sonrasındaki aya ait simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmış ve 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç

olarak ortalama kare hatası değeri  $0.00193 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı  $0.953$  olarak hesaplanmıştır. Tahminler Şekil 4.163 ve Şekil 4.164'te gösterilmiştir.

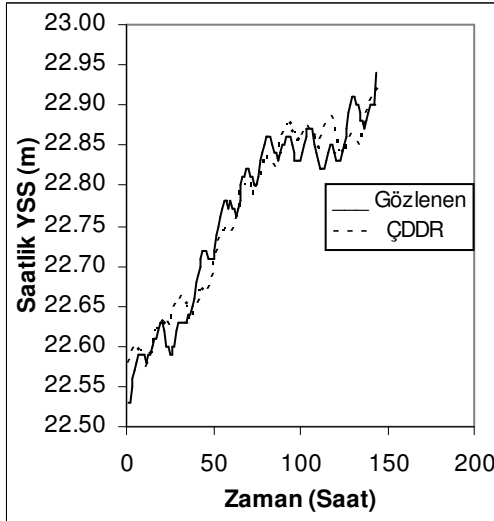


Şekil 4.163: CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 10 saat sonrası yss i tahmini

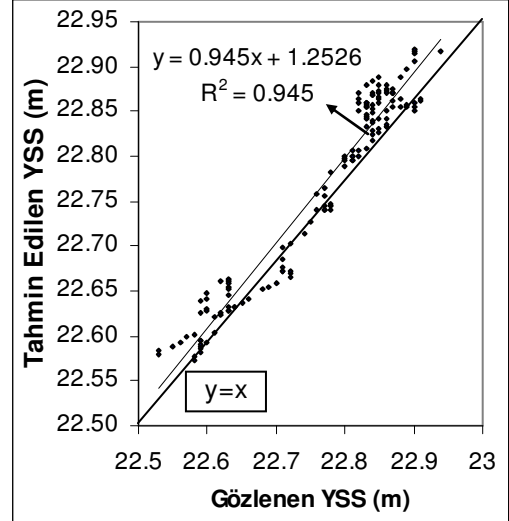


Şekil 4.164: Gözlenen ve İBGYSA ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 10 saat sonrasına ait hesaplamaların sonucunda test verisinin ortalama kare hatası  $0.00047 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı değeri  $0.945$  olarak hesaplanmıştır. Bu tahminlerin grafiği Şekil 4.165 ve Şekil 4.166'da gösterilmiştir.



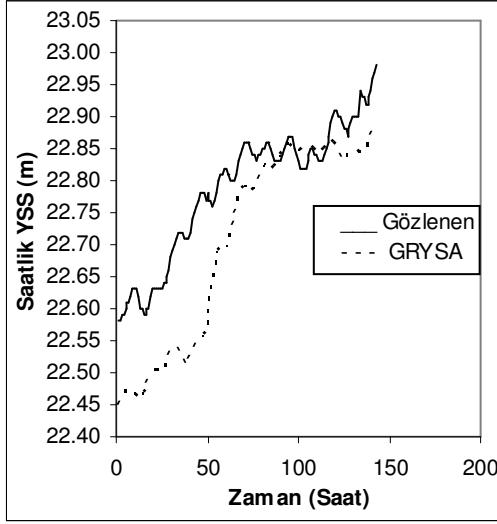
Şekil 4.165: CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 10 saat sonrası yss verisi tahmini



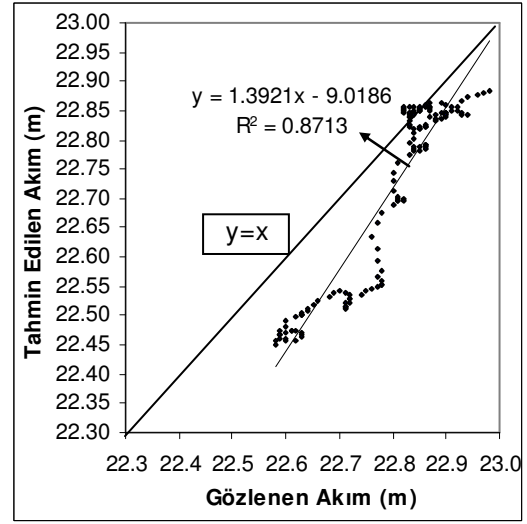
Şekil 4.166: Gözlenen ve ÇDDR ile 10 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.4.1.4 İleriye Dönük 20 Saat Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 20 saat sonrasına ait simülasyonda düzeltme parametresi 0.009 olarak tespit edilmiştir. Test verisinin ortalama kare hatası  $0.01187 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı değeri 0.871 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.167 ve Şekil 4.168’de gösterilmiştir.

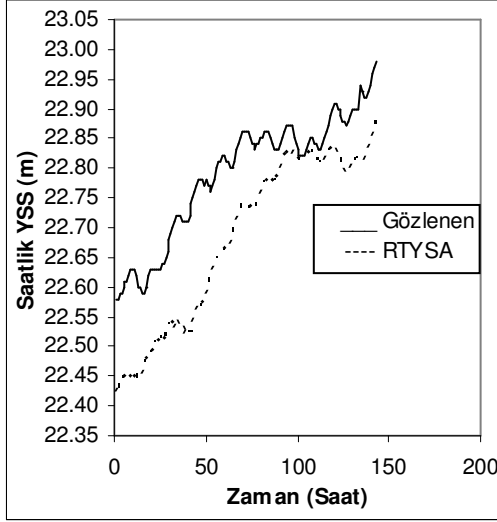


Şekil 4.167: CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 20 saat sonrası yss verisi tahmini

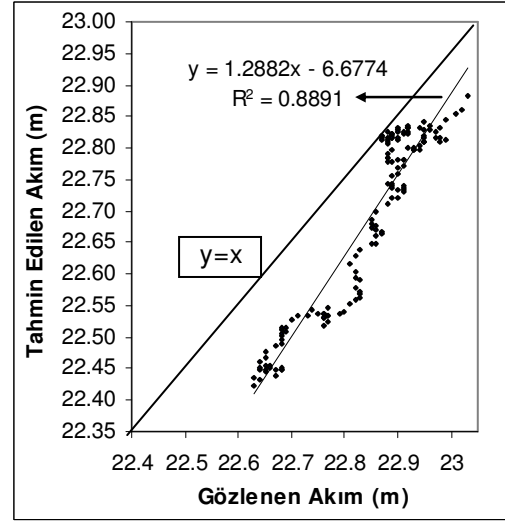


Şekil 4.168: Gözlenen ve GRYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA ile gelecek 20 saat sonraki simülasyonda yayılım parametresi 0.09 alınarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edilmiştir. Sonuç olarak toplam 143 yer altı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri  $0.01506 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı değeri 0.889 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.169 ve Şekil 4.170’de gösterilmiştir.

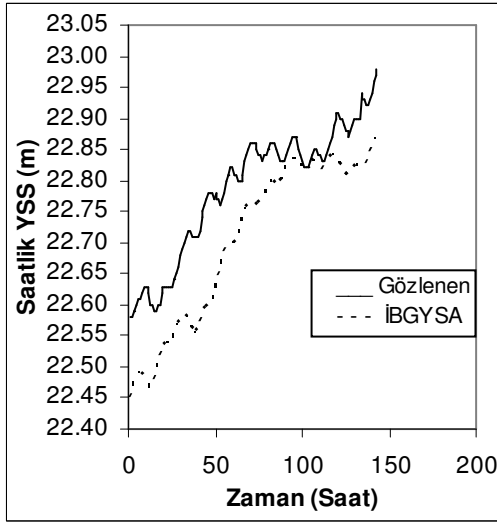


Şekil 4.169: CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 20 saat sonrası yss tahmini

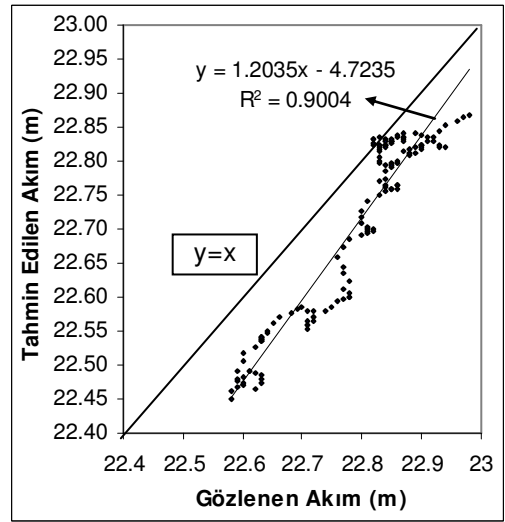


Şekil 4.170: Gözlenen ve RTYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 20 saat sonrası için yapılan simülasyonda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 2 olarak alınmıştır. Program 10 defa çalıştırılmıştır. Test verisinin ortalama kare hatası  $0.009433 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.900'dur. Tahminlerin grafiği Şekil 4.171 ve Şekil 4.172'de gösterilmiştir.



Şekil 4.171: CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 20 saat sonrası yss tahmini

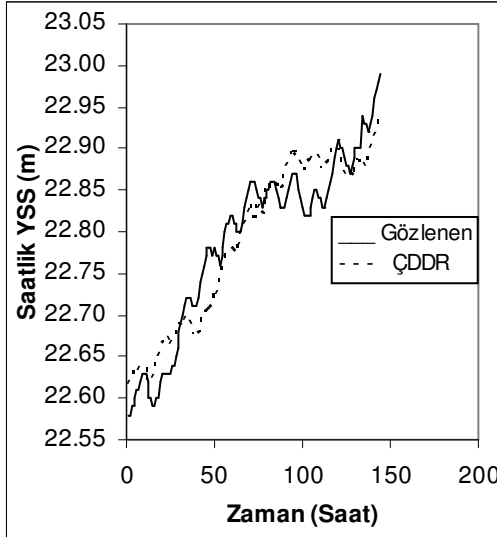


Şekil 4.172: Gözlenen ve İBGYSA ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

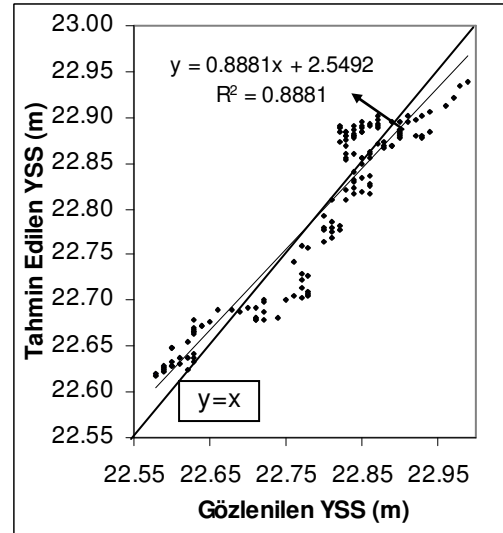
ÇDDR metodu ile 20 saat sonrası hesaplamaları sonucu toplam 143 yeraltı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama kare hatası  $0.001242 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ ,

determinasyon katsayısı 0.888 olarak belirlenmiştir. Bulunan tahminlerin grafiği Şekil 4.173 ve Şekil 4.174'te gösterilmiştir.

Aşağıdaki grafikler GRYSA metodunun daha ilerisi zaman aralıkları için daha iyi tahminler verebileceğinin göstergesidir. Bunu, geçmiş saatlik tahminlerin gidişatından anlayabiliyoruz.



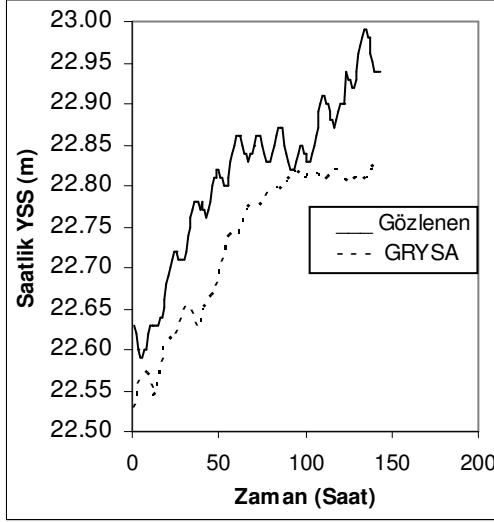
Şekil 4.173: CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 20 saat sonrası yss tahmini



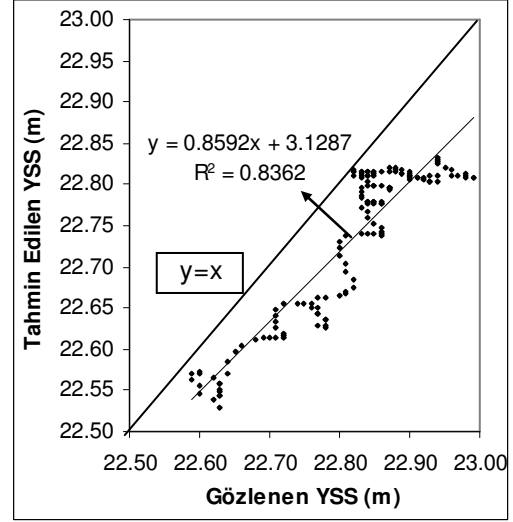
Şekil 4.174: Gözlenen ve ÇDDR ile 20 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.4.1.5 İleriye Dönük 30 Saat Sonrası İçin Tahmin Sonuçları

GRYSA metodu ile 30 saat sonrası için yapılan simülasyonda düzeltme parametresi 0.025 olarak tespit edilmiştir. Sonuçta ortalama kare hatası  $0.008662 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$ , determinasyon katsayısı 0.836 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tahminler Şekil 4.175 ve Şekil 4.176'da gösterilmiştir.

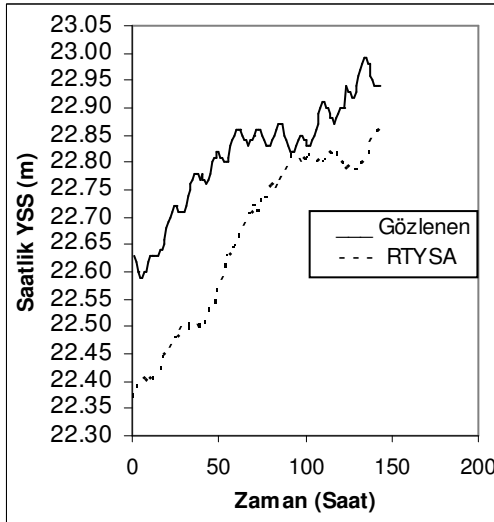


Şekil 4.175: CT-GW21 no.lu istasyon için GRYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini

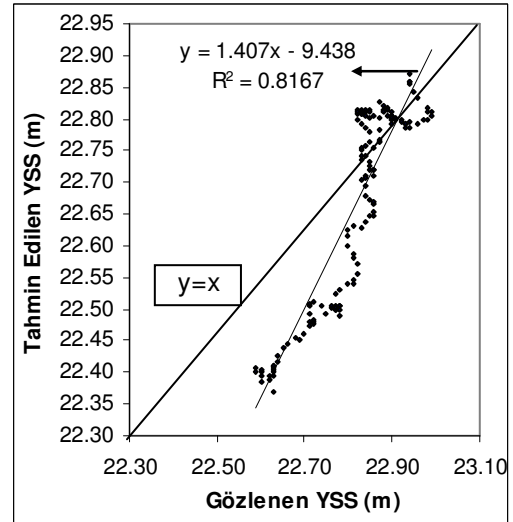


Şekil 4.176: Gözlenen ve GRYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

RTYSA metodu ile 30 saat sonrasına ait simülasyonda yayılım parametresi 0.08 alınmıştır. Sonuçta ortalama kare hatası  $0.02969 \text{ (m}^6/\text{s}^2)$ , determinasyon katsayısı 0.817 hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.177 ve Şekil 4.178'de gösterilmiştir.



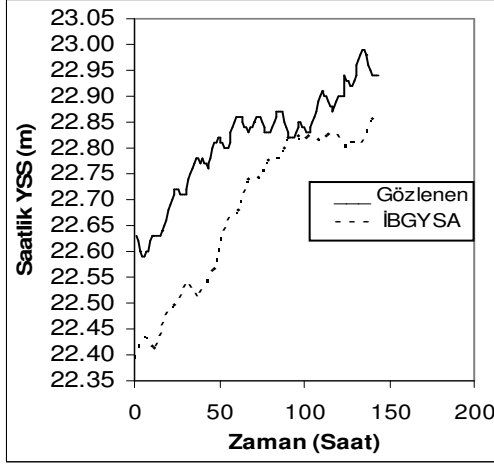
Şekil 4.177: CT-GW21 no.lu istasyon için RTYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini



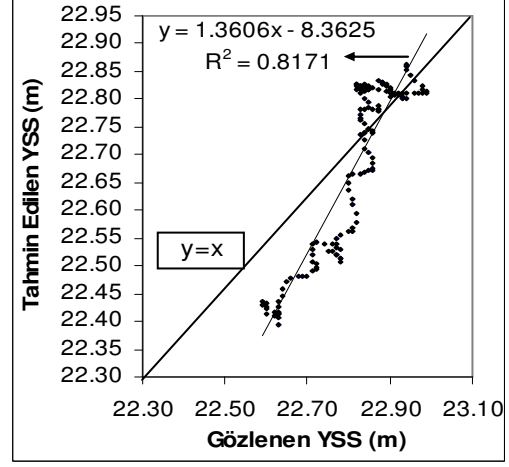
Şekil 4.178: Gözlenen ve RTYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

İBGYSA metodu ile 30 saat sonrası tahmin simülasyonunda iterasyon sayısı 200, gizli tabakadaki hücre sayısı da 4 olarak alınmış ve program 10 defa çalıştırılmıştır. Sonuç olarak toplam 143 yeraltı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama

kare hatası 0.02360 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.817 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.179 ve Şekil 4.180'de gösterilmiştir.

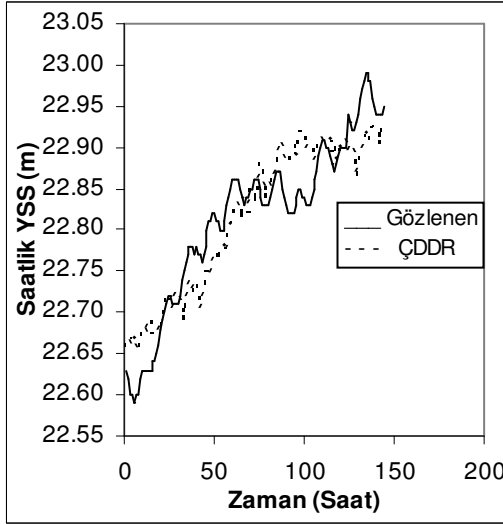


Şekil 4.179: CT-GW21 no.lu istasyon için İBGYSA ile 30 saat sonrası yss tahmini

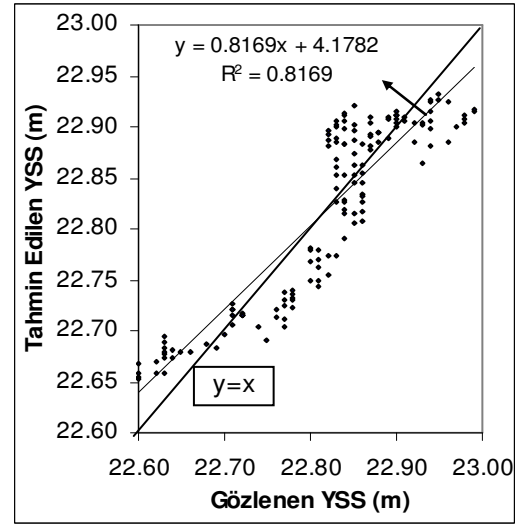


Şekil 4.180: Gözlenen ve İBGYSA ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

ÇDDR metodu ile 30 saat sonrası tahmin hesaplamaları sonucu test verisinin ortalama kare hatası 0.001836 ( $m^6/s^2$ ), determinasyon katsayısı 0.817 olarak hesaplanmıştır. Bu tahminler Şekil 4.181 ve Şekil 4.182'de gösterilmiştir.



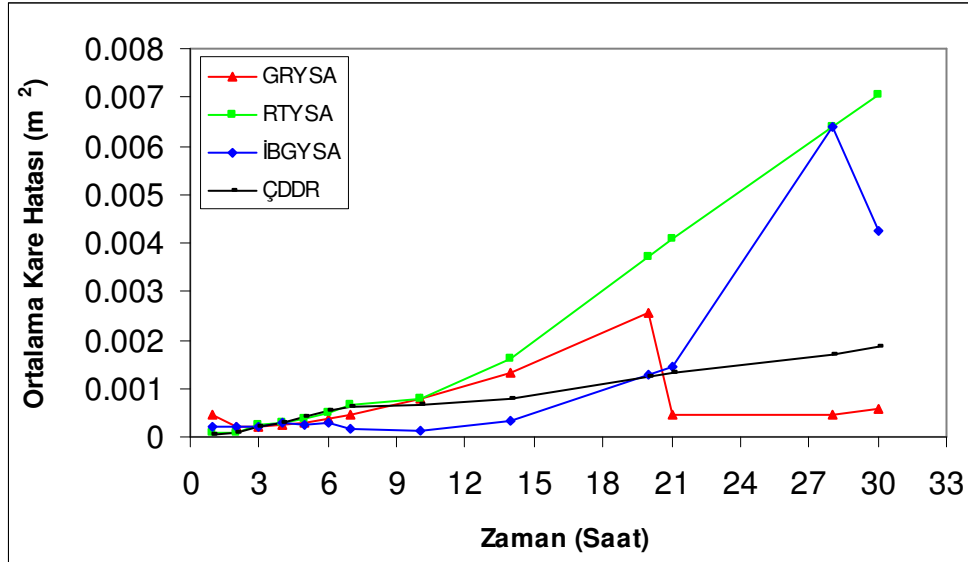
Şekil 4.181: CT-GW21 no.lu istasyon için ÇDDR ile 30 saat sonrası yss tahmini



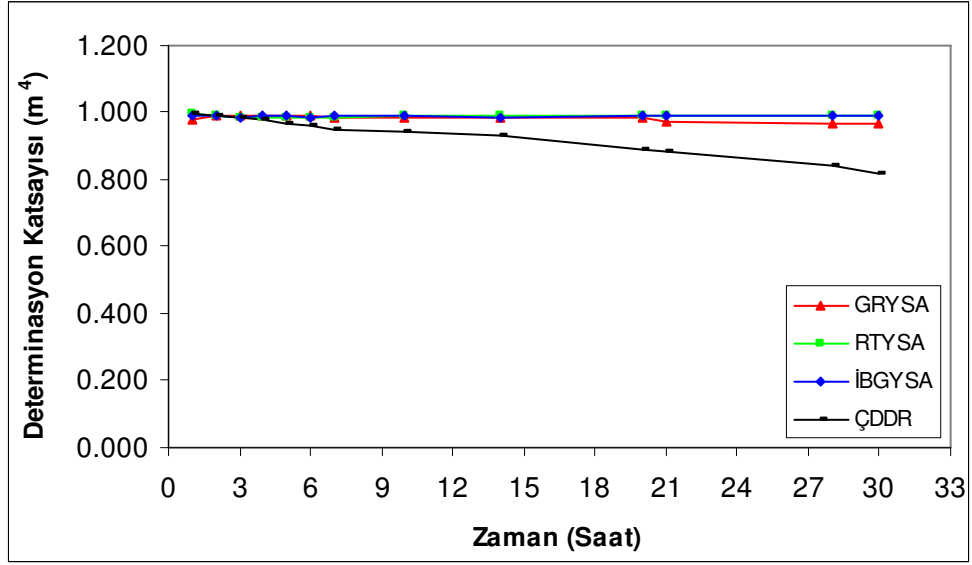
Şekil 4.182: Gözlenen ve ÇDDR ile 30 saat sonrası yss değerlerinin saçılma diyagramı

#### 4.4.2 İleriye Dönük 1–30 Saat Sonrası için Tahmin Sonuçları Değerlendirmesi

Çalışma sonucunda, tüm yöntemlerde ileriki saat tahminlerine doğru zayıf ama gelecekteki su seviyelerinin yaklaşık olarak belirlenmesine ışık tutacak tahminler ortaya çıkmıştır. YSA yöntemleri içinde oldukça iyi tahminler veren İBGYSA ve GRYSA modelleridir. Fakat tahmin edilecek dönem (akım aralığı) uzadıkça daha iyi sonuçlar veren ve amaç değerinden en az uzaklaşan yöntem GRYSA ile yapılandır. Aşağıdaki grafikleri incelediğimizde OKH değerlerini en iyi tamamlayan YSA yöntemi GRYSA olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine R2 değerlerinin gidişatına baktığımızda yine GRYSA'nın diğer YSA yöntemlerine eş olarak ilerleyip uzun zaman aralık tahmini başarıyla tamamladığını görmekteyiz. Bu duruma göre açıkça görüleceği üzere pik değerler için en iyi sonuçlar GRYSA sonuçlarıdır.



Şekil 4.183: Saatlik yeraltı su seviyesi tahminleri için kullanılan yöntemlerin OKH'larının zamanla değişimi



Şekil 4.184: Saatlik yeraltı su seviyesi tahminleri için kullanılan yöntemlerin R<sup>2</sup> lerinin zamanla değişimi

Sonuçların genel olarak değerlendirmesi bölümüne geçmeden önce her veri seti için yapılan tahmin modellerinin sonuçlarını karşılaştırmakta fayda vardır. Bunun için 4 adet tablo hazırlanmıştır. Kullanılan yöntemlerin ve kademeli olarak artan zaman aralıklarının gösterildiği ve OKH ile R<sup>2</sup> değerlendirme kriterlerinin bir arada kontrol edilebileceği tablolar daha kolay sonuca ulaşmaya katkı sağlayacaktır.

Tablo 4.5: 1222 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları

Tahmin Günü	İBGYSA		RTYSA		GRYSA		ÇDLR	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
1.	21.44	<u>0.925</u>	23.69	0.917	55.47	0.817	<u>19.64</u>	0.913
2.	48.38	<u>0.836</u>	50.52	0.829	72.99	0.756	<u>40.48</u>	0.821
3.	64.64	<u>0.785</u>	68.36	0.773	88.85	0.704	<u>54.34</u>	0.760
4.	83.96	<u>0.725</u>	83.77	<u>0.726</u>	104.05	0.656	<u>65.88</u>	0.707
5.	103.10	0.666	98.83	0.680	115.77	0.617	<u>74.61</u>	0.667
6.	107.20	<u>0.651</u>	109.90	0.645	124.84	0.587	<u>81.68</u>	0.635
7.	110.99	<u>0.636</u>	120.46	0.612	132.78	0.562	<u>87.20</u>	0.610
10.	133.51	<u>0.561</u>	136.80	0.559	152.06	0.501	<u>103.33</u>	0.538
14.	158.99	<u>0.489</u>	160.92	0.484	157.55	0.479	<u>122.15</u>	0.455
20.	175.23	<u>0.429</u>	182.43	0.415	195.15	0.365	<u>140.94</u>	0.376
21.	180.31	<u>0.413</u>	185.65	0.405	201.99	0.347	<u>143.27</u>	0.367
28.	205.15	<u>0.341</u>	197.65	<u>0.361</u>	215.04	0.299	<u>161.17</u>	0.293
30.	202.49	0.335	201.23	<u>0.348</u>	217.63	0.286	<u>167.01</u>	0.270

Tablo 4.5'te tahmin günü sütununda, temel alınan gün sayısından (1222 no.lu istasyon için 13 gün esas alınmıştır) itibaren aralıkların gün olarak uzunluğudur ve

her bir satırda artarak devam etmiştir. Örneğin ilk satırda 13 günlük giriş değerinden sonra 1 gün sonrası yani 14. gün tahmini elde edilmiştir. Altı çizili olarak ifade edilen değerler yukarıda anlatılan performans değerlendirme kriterleri açısından en iyi durumda olanlardır.

Tablo 4.6: 105 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları

Tahmin Günü	İBGYS A		RTYS A		GRYS A		ÇDLR	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
1.	1283.1	0.798	<u>1247.6</u>	<u>0.803</u>	2074.9	0.675	1511.4	0.759
2.	<u>2641.8</u>	<u>0.596</u>	2783.9	0.573	3562.0	0.440	3359.1	0.462
3.	<u>3542.9</u>	<u>0.453</u>	3679.9	0.434	4371.4	0.311	4079.1	0.349
4.	4273.4	0.328	<u>4152.7</u>	<u>0.363</u>	4715.7	0.292	4488.7	0.285
5.	4734.5	0.253	<u>4568.2</u>	<u>0.290</u>	4829.1	0.274	4773.0	0.238
6.	4862.0	0.236	<u>4768.7</u>	<u>0.255</u>	5016.2	0.231	4969.8	0.206
7.	<u>4924.4</u>	<u>0.222</u>	4956.7	0.218	5184.3	0.177	5128.8	0.179
10.	<u>5077.5</u>	<u>0.195</u>	5164.3	0.183	5346.9	0.160	5485.5	0.122
14.	<u>5234.7</u>	<u>0.173</u>	5276.6	0.160	5352.7	0.176	5682.5	0.093
20.	<u>5584.4</u>	<u>0.107</u>	5684.6	0.090	5992.7	0.043	6102.4	0.040
21.	<u>5664.6</u>	<u>0.094</u>	5800.8	0.072	6019.3	0.039	6134.4	0.036
28.	<u>5931.1</u>	<u>0.054</u>	5961.5	0.049	6114.0	0.027	6285.8	0.018
30.	<u>5891.4</u>	<u>0.058</u>	6002.0	0.043	6131.2	0.022	6292.3	0.016

Yukarıdaki Tablo 4.6’da tahmin günü sütununda, temel alınan gün sayısından (105 no.lu istasyon için 13 gün esas alınmıştır) itibaren aralıkların gün olarak uzunluğudur ve her bir satırda artarak devam etmiştir. Altı çizili olarak ifade edilen değerler yukarıda anlatılan performans değerlendirme kriterleri açısından en iyi durumda olanlardır.

Tablo 4.7: 1714 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları

Tahmin Ayı	İBGYSA		RTYSA		GRYSA		ÇDLR	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
1.	<u>6033.36</u>	<u>0.437</u>	6722.05	0.383	6843.57	0.357	7080.16	0.312
2.	<u>5835.02</u>	<u>0.457</u>	7035.31	0.339	7520.57	0.301	8259.18	0.204
3.	<u>6179.37</u>	<u>0.419</u>	6604.86	0.362	7608.68	0.292	8399.76	0.186
4.	6518.20	0.397	<u>5716.13</u>	<u>0.445</u>	5911.48	0.435	7974.34	0.237
5.	6296.41	0.453	<u>4522.56</u>	<u>0.562</u>	5211.82	0.501	7101.87	0.323
6.	<u>4542.37</u>	<u>0.566</u>	6940.39	0.389	5489.00	0.478	6332.58	0.402
7.	<u>4908.85</u>	<u>0.543</u>	6526.49	0.407	5500.88	0.479	6558.45	0.383
10.	5337.63	0.366	5839.90	0.388	6423.12	0.323	4850.96	<u>0.352</u>
14.	<u>5988.71</u>	<u>0.395</u>	6814.02	0.325	7662.88	0.292	6823.56	0.306
20.	5700.74	0.414	5617.00	<u>0.418</u>	<u>5487.27</u>	0.395	5735.30	0.359
21.	<u>5207.66</u>	<u>0.434</u>	5341.22	0.386	5398.47	0.373	5620.40	0.333
28.	5965.34	0.376	5747.74	0.357	5172.83	0.413	5924.19	0.354
30.	<u>4684.50</u>	<u>0.493</u>	5067.08	0.477	4940.41	0.438	4702.75	0.457

Tablo 4.7’de, tahmin ayı sütununda temel alınan ay sayısından (1714 no. lu istasyon için 7 ay esas alınmıştır) itibaren aralıkların ay olarak uzunluğudur ve her bir satırda artarak devam etmiştir.

Tablo 4.8: USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004 no.lu istasyon için yapılan tahminlerin toplu sonuçları

Tahmin Saati	İBGYSA		RTYSA		GRYSA		ÇDLR	
	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>	OKH	R <sup>2</sup>
1.	0.00022	0.989	0.00008	0.996	0.00045	0.981	<u>0.00004</u>	<u>1.000</u>
2.	0.00022	0.988	<u>0.00010</u>	<u>0.993</u>	0.00019	0.991	<u>0.00010</u>	<u>0.993</u>
3.	0.00023	0.988	0.00023	0.987	0.00021	<u>0.991</u>	<u>0.00019</u>	0.986
4.	0.00030	0.989	0.00029	0.985	<u>0.00025</u>	<u>0.990</u>	0.00030	0.977
5.	<u>0.00027</u>	0.988	0.00039	0.986	0.00031	<u>0.989</u>	0.00041	0.968
6.	<u>0.00027</u>	0.986	0.00050	<u>0.988</u>	0.00038	<u>0.988</u>	0.00052	0.960
7.	<u>0.00019</u>	<u>0.988</u>	0.00064	0.987	0.00046	<u>0.988</u>	0.00063	0.951
10.	<u>0.00014</u>	<u>0.993</u>	0.00079	<u>0.993</u>	0.00080	0.988	0.00067	0.945
14.	<u>0.00035</u>	0.987	0.00162	<u>0.988</u>	0.00133	0.985	0.00078	0.933
20.	0.00126	<u>0.991</u>	0.00372	0.989	0.00257	0.985	<u>0.00124</u>	0.888
21.	0.00143	0.990	0.00409	<u>0.993</u>	0.00044	0.971	0.00134	0.885
28.	0.00638	<u>0.989</u>	0.00641	0.988	<u>0.00047</u>	0.969	0.00170	0.844
30.	0.00425	<u>0.989</u>	0.00705	<u>0.989</u>	<u>0.00056</u>	0.969	0.00184	0.817

Tablo 4.8’de, tahmin saati sütununda temel alınan saat sayısından (USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için 6 saat esas alınmıştır) itibaren aralıkların saat olarak uzunluğudur ve her bir satırda artarak devam etmiştir.

## 5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Günlük ortalama akım verisi tahmin sonuçlarında, 1222 no.lu istasyon için, İBGYSA yöntemi ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterlerinden determinasyon katsayı değerleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA yöntemine göre daha iyi sonuç vermiştir. Ancak ortalama kare hatası kriterine göre en iyi sonucu ÇDDR yöntemi vermiştir. Diğer yakın tahmin sonuçları ise RTYSA yöntemi ile elde edilmiştir. Günlük ortalama akımlarda tahmin günü ilerlemesine rağmen diğer yöntemlerle elde edilen tahminler çabuk bozulurken GRYSA ile yapılan tahminlerin, diğerlerine göre daha az kötüleştiğini görmekeyiz.

Günlük kurak devreli ortalama akımların test edildiği 105 no.lu istasyon için, İBGYSA yöntemi ile elde edilen veri tahminleri, OKH performans değerlendirme kriteri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA yöntemine göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA ve RTYSA yöntemi  $R^2$  performans kriterine göre birbirine yakın sonuçlar vermiş olup GRYSA yöntemine göre biraz daha iyi değerler vermişlerdir. Burada GRYSA sonuçları başlarda diğer yöntemlerin büyük oranda gerisinde kalırken 30 günlük aralık sonunda oldukça yakın tahmin değerleri vermiştir.

Aylık ortalama akım verisi tahmin sonuçlarında, 1714 no.lu istasyon için, çalışma sonucunda, RTYSA yöntemi ile elde edilen veri tahminleri ile İBGYSA yöntemi ile elde edilen veri tahminleri performans değerlendirme kriterlerine göre birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir. Öyleki bir yıl, tam bir periyot olarak alındığında geçen senelerin belirli aylarında tahminler benzer çıkmıştır. Döngülerin artmasıyla, kısa dönem için performans kriterlerine göre diğer iki YSA yöntemine kıyasla daha kötü sonuç veren GRYSA'nın, uzun dönem sonrası için verdiği tahmin sonuçları tatminkardır.

Yer altı suyu verisi tahmin sonuçlarında, USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için, üç YSA yönteminde OKH ve  $R^2$  performans kriteri değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır ve oldukça yüksek determinasyon katsayısı değerlerine ulaşılmıştır. RTYSA yöntemi ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA yöntemine göre biraz daha iyi sonuç vermiştir. GRYSA yöntemi, OKH karşılaştırma kriterine göre İBGYSA'nın gerisinde kalmasına rağmen RTYSA'nın önüne geçmiştir.

Bulunan sonuçlar YSA'nın hidrolojik verilerin ileri zaman aralıklı tahminlerinde iyi bir tahmin aracı olduğunu göstermiştir. Ayrıca açıkça görülmektedir ki YSA metotları regresyon hesaplaması sonuçlarından çoğunlukla daha başarılıdır. YSA hesaplamalara tamamen yeni bir anlayış getirmektedir. Yani eldeki problemi çözmek için programlama yerine doğrudan mevcut örnekleri kullanır, optimum örnek sayısına göre en iyi sonuçları verir. Sonuç olarak, eldeki kısıtlı veriler ile yapılandırılan YSA modellerini kıyasladığımızda, standart İBGYSA ve RTYSA yöntemlerinin ileriye dönük gelecek uzun zaman aralık dönemleri için iyi fakat GRYSA'nın aylık ortalama akımlar ve yeraltı su seviyesinde dikkate değer bir şekilde başlangıç tahminlerine göre sonlarda daha güvenilir bir metot olduğunun sonucuna varılmıştır. Zaman aralıklarının daha uzun olması halinde su kaynakları verisi tahminlerinde daha iyi bir yöntem olacağı öngörülmektedir. Yöntemleri ayrı ayrı incelediğimizde;

GRYSA yöntemi genel olarak başarılı tahmin sonuçları vermiş ve diğer iki YSA yöntemi ile saatlik ortalama yeraltı su seviyesi tahmin sonuçlarında görüldüğü üzere benzer ve çok yüksek performans değerlendirme kriterlerine ulaşılmıştır.

RTYSA yöntemi günlük ortalama akım tahmin sonuçlarında daha iyi performans değerlendirme kriterlerine ulaşılmıştır.

İBGYSA yöntemi özellikle kurak devreli ortalama akım verisi tahminlerinde iyi sonuç vermiştir. Kurak devreli ortalama akımın gürültülü özelliğinden İBGYSA'nın alt sistemlerde meydana gelen değişimlerin tamamen ve etkili bir şekilde hesaplanabilmesine dayanması daha hassas sonuçlar vermesine ve gürültülü ortamlarda daha başarılı olmasına katkı sağlar. Bu yüzden en sık kullanılan yöntem olarak geçerler.

Simülasyonlarda kullanılan verinin çeşidine göre kullanılan parametre değerlerinin değiştirilmesi gerektiği görülmüştür. Örneğin kurak devreli günlük ortalama akımda, günlük ortalama akıma göre daha yüksek düzeltme parametresine gereksinim duyulmuş öte yandan yeraltı su seviyesi tahmininde yayılma parametresi değeri azaltılmıştır. Bu durum kurak devreli akımın varyansının daha yüksek olmasına bağlanabilir.

RTYSA ve GRYSA gibi tek bir iterasyonla tahmin sonuçlarını vermektedir. Çok sık kullanılan bir YSA yöntemi olan İBGYSA başlangıçta rastgele atanan ağırlık değerlerine bağlı olarak her simülasyonda farklı sonuçlar vermektedir. Bu durumda en iyi tahmini bulabilmek için çok sayıda simülasyon yapılmakta ve bunlar arasında en iyisi seçilmektedir. Bu da hesaplama zamanını arttırmaktadır. GRYSA tahminlerinde elde edilen tahmin değerleri gözlenen serilerdeki maksimum ve minimum değerler tarafından sınırlandırılmıştır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada elde edilen kısıtlı veriler ile ileriye dönük gelecek kısa ve uzun zaman aralıkları için yapılandırılan YSA-su kaynakları veri modellerini kıyasladığımızda, İBGYSA ve RTYSA'nın başlangıç (kısa dönem sonu) tahminlerinde iyi fakat GRYSA'nın ileri safhalarda (uzun dönem sonu) daha başarılı bir metot olduğunun sonuçlarına ulaşırız. Ayrıca YSA modellerinin mevsimsel etkiler yansıtılmamasına rağmen iyi sonuçlar vermesi dikkate alınmalıdır. Eğer mevsimsel değişimler yansıtılırsa daha iyi sonuçlar alınabileceği açıktır.

## KAYNAKLAR

- Anctil, F., Perrin, C., ve Andreassian, V.,** 2004. Impact of the length of observed records on the performance of ANN and of conceptual parsimonious rainfall-runoff forecasting models. *Environ. Model. Software*, **19**, 357–368.
- Bayazıt, M. ve Yeğen, B.,** 1994. Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bowden, G.J., Dandy, G.C., Maier, H.R.,** 2005. “Input determination for neural network models in water resources applications. *Journal of Hydrology*, **301**, 75–92.
- Broomhead, D. ve Lowe, D.,** 1988. Multivariable functional interpolation and adaptive networks, *Complex Syst.* **2**, 321–355.
- Campolo, M., Andreussi, P., Soldati, A.,** 1999a. “River flood forecasting with a neural network model”, *Water Resources Research*, **35**, 1191-1197.
- Campolo, M., Soldati, A., Andreussi, P.,** 1999b. “Forecasting river flow rate during low- flow periods using neural networks”, *Water Resources Research*, **35**, 3547-3552.
- Chackraborty, K., Mehrota, Mohan, C.K., ve Ranka, S.,** 1992. Forecasting the behaviour of te multivariate time series using neural networks, *Neural Networks*, **5**, 961–970.
- Cığızoğlu, H.K.,** 2002a. “Intermittent river flow forecasting by artificial neural networks”, *XIV. International Conference on Computational Methods in Water Resources*, Delft, Netherlands, June 23-28.
- Cığızoğlu, H.K.,** 2002b. “Forecasting of meteorologic data by artificial neural networks”, *Advances in Soft Computing*, Zakopane, Poland, June 11–15.
- Cığızoğlu, H.K.,** 2004b. Discussion of “Performance of Neural Networks in Daily Streamflow Forecasting” by S. Brikundavyi, R. Labib, H.T. Trung, and J. Rousselle, *ASCE J. of Hydrologic Engineering*, **9(6)**, 556–557.
- Daliakopoulou, I. N., Coulibaly, P., Tsanis, I. K.,** 2005. “Groundwater level forecasting using artificial neural networks”. *J. Hydrol*, **309**, 229–240.
- Eberhart, R.C. ve Dobbins, R.W.,** 1990. Neural network PC tools: A practical guide.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu N.,** 1993. Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Basım, İstanbul.
- Freiwan, M. ve Cığızoğlu, H.K.,** 2005. “Prediction of total monthly rainfall in Jordan using feed forward backpropagation method”, *Fresenius Environmental Bulletin*, **14** (1),
- Hall, M.J., Minns, A.,** 1998. “Regional flood frequency analysis using artificial neural networks”, *Hydroinformatics Conference*, Copenhagen.
- Haykin, S.,** 1994. “Neural Networks: a comprehensive foundation”. Mac-Millan, New York.
- Heuvelmans, G., Muys, B., ve Feyen J.,** 2006. “Regionalisation of the parametres of a hydrological model: Comparison of linear regression models with artificial neural nets”. *Journal of Hydrology*, **319**, 245–265.

- Hoppfield, J.J.**, 1982. “Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities”. *Proc., Nat. Academy of Scientists*, **79**, 2554–2558.
- Hsu, K., Gupta, H.V. ve Sorooshian, S.** 1995. “Artificial neural network modelling of the rainfall-runoff process”. *Water Resources Research*, **31(10)**, 2517–2530.
- Jayawardena, A. W. ve Fernando, D. A. K.**, 1998. “Use of radial basis function type artificial neural networks for runoff simulation”. *Computer–Aided Civil and Infrastructure Engineering*, **13(2)**, 91–99.
- Kutoğlu, H.Y., ve Batur, E.**, 2003. “Türkiye’de Mühendislik Hidrolojisi Çalışmaları”. 3. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, 19–21 Mart, s. 362–369.
- Liong, S.Y., Khu, S.T. ve Chan, W.T.**, 2001. “Derivation of pareto front with genetic algorithm and neural network”, *Journal of Hydrologic Engineering*, **6**, 52–61.
- Lange, N.**, 1998. “Advantages of unit hydrograph derivation by neural networks.” In: *Hydroinformatics Conference* (ed. by V. Babovic & C. L. Larsen) (*Proc. Third Int. Conf. On Hydroinformatics*, Copenhagen, Denmark) A.A.Balkema, Rotterdam, The Netherlands, **2**, 783–789.
- McCulloch, W.S. ve Pitts, W.**, 1943. “A logic calculus of the ideas immanent in nervous activity” . *Bull. of Math. Biophys.*, **5**, 115-133.
- Poggio, T. ve Girosi, F.**, 1990. “Regularization algorithms for learning that are equivalent to multilayer networks”, *Science* **2247**, 978–982.
- Rajurkar, M., Kothiyari, U., Chaube, U.**, 2004. “Modeling of the daily rainfall-runoff relationship with artificial neural network”. *Journal of Hydrology*, **285**, 96–113.
- Ranjithan, S., Eheart, J.W., Garrett, J.H.**, 1993. “Neural network-based screening for groundwater reclamation under uncertainty”, *Water Resources Research*, **29**, 3, 563-574.
- Riad, S., Mania J., Bouchaou, L. ve Najjar, Y.**, 2004. “Predicting catchment flow in a semi-arid region via an artificial neural network technique”, *Hydrological Processes* **18**, 13, 2387-2393.
- Rogers, L.L., Dowla, F.U.**, 1994. “Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modelling”, *Water Resources Research*, **30**, 2, 457–481.
- Specht, D.F.**, 1991. “A General Regression Neural Network”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, **2**, 6, 568-576.
- Srinivasulu, S., Jain, A.**, 2005. “A comparative analysis of training methods for artificial neural network rainfall-runoff models”. *Applied Soft Computing*, **6**, 295–306.
- Sürel, A.**, 2006. “Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağının Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı”, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Şen, Z.**, 2002. *Yapay Sinir Ağı İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları.

- Toth, E. ve Brath A.**, 2007. "Multistep ahead streamflow forecasting: Role of calibration data in conceptual and neural network modeling", *Water Resources Research*, **43**, 11405.
- Wasserman, P.D.**, 1989. "Neural Computing: theory and practice". Van Nostrand Reinhold, New York.
- Yurtoğlu, H.**, 2005. "Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: Bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye rneği", *Uzmanlık Tezi*, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara
- Zhang, B., ve Govindaraju, S.**, 2000. "Prediction of watershed runoff using Bayesian concepts and modular neural networks", *Water Resources Research*, **36(3)**, 753–762.

## ÖZGEÇMİŞ

Erdem ASLAN, 19.06.1982 yılında Bafra'da doğdu. İlköğretimini 1993 yılında Kütahya 50. Yıl İlkokulu'ndan, lise öğretimini ise 2000 yılında Kılıçarslan Süper Lisesi'nden mezun olarak tamamladı. Lisans eğitimini 2005 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği dalından mezun olarak tamamlamasının ardından aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılından itibaren özel sektörde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.