

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENELLEŞTİRİLMİŞ REGRESYON YAPAY SİNİR AĞININ
SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Altuğ SÜREL

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU

OCAK 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENELLEŞTİRİLMİŞ REGRESYON YAPAY SİNİR AĞININ SU
KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Altuğ SÜREL

501031502

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU

OCAK 2006

ÖNSÖZ

Lineer olmayan sistem davranışının modellenmesindeki başarısından dolayı, yapay sinir ağlarının hidroloji ve hidrolik konularında uygulamaları son zamanlarda artmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada son yıllarda geliştirilmiş fakat su kaynakları problemlerine yaygın olarak uygulanmamış genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları metodunun değişik su kaynakları verisine uygulaması yapılmış ve radyal tabanlı yapay sinir ağları ve ileriye doğru beslemeli geriye doğru yayılma tekniği ile karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışmasını gerçekleştirmemde benden desteğini esirgemeyen, öğrenimim boyunca tavsiyeleriyle beni yönlendiren, saygı değer hocam Doç. Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bütün eğitim hayatım boyunca benden ilgi, bilgi ve desteğini esirgemeyen anneme teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2006

Altuğ SÜREL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	XII
ÖZET	XIII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Yapay Sinir Ağları ile İlgili Genel Bilgiler	1
1.2. Yapay Sinir Ağlarının Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı	2
2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPAY SİNİR AĞI METODLARI	4
2.1. Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA)	4
2.2. İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları (İBGYSA)	6
2.3. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)	9
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU KAYNAKLARI VERİSİ	12
3.1. Günlük Sürekli Akım Verisi	12
3.2. Kurak Devreli günlük Akım Verisi	13
3.3. Aylık Akım Verisi	16
3.4. Yeraltı Suyu Verisi	19
3.5. Günlük Yağış ve Akım Verisi	20
3.6. Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi	22
4. YAPAY SİNİR AĞI TAHMİN SONUÇLARI	25
4.1. Günlük Sürekli Akım Verisi Tahmin Sonuçları	25
4.1.1. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	25
4.1.2. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	27
4.1.3. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	28
4.2. Kurak Devreli Günlük Akım Verisi Tahmin Sonuçları	30
4.2.1. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	30

4.2.2. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	32
4.2.3. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	33
4.2.4. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	35
4.2.5. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	36
4.2.6. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	38
4.2.7. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	40
4.2.8. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	41
4.2.9. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	43
4.3. Aylık Akım Verisi Tahmin Sonuçları	45
4.3.1. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	45
4.3.2. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	46
4.3.3. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	48
4.3.4. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	50
4.3.5. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	51
4.3.6. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	52
4.4. Yeraltı Suyu Verisi Tahmin Sonuçları	55
4.4.1. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT - GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay	

Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	55
4.4.2. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	56
4.4.3. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	58
4.5. Günlük Yağış ve Akım Verisi Tahmin Sonuçları	60
4.5.1. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	60
4.5.2. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	62
4.5.3. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	63
4.6. Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi Tahmin Sonuçları	66
4.6.1. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	66
4.6.2. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	67
4.6.3. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları	69
5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ	72
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	78

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
GRYSA	: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları
İBGYSA	: İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları
OKH	: Ortalama Kare Hatası
OYF	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
RTYSA	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
USGS	: United States Geological Survey
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YSS	: Yer altı Su Seviyesi

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	13
Tablo 3.2	Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	13
Tablo 3.3	Gözlem istasyonu 101; 1958-1977 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	15
Tablo 3.4	Gözlem istasyonu 101; 1958-1977 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	15
Tablo 3.5	Gözlem istasyonu 105; 1970-1994 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	15
Tablo 3.6	Gözlem istasyonu 105; 1970-1994 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	16
Tablo 3.7	Gözlem istasyonu 106; 1969-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	16
Tablo 3.8	Gözlem istasyonu 106; 1969-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	16
Tablo 3.9	Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	18
Tablo 3.10	Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	18
Tablo 3.11	Gözlem istasyonu 1714; 1974-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	18
Tablo 3.12	Gözlem istasyonu 1714; 1974-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	19
Tablo 3.13	Gözlem istasyonu USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004YSS veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	20
Tablo 3.14	Gözlem istasyonu USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004YSS veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	20
Tablo 3.15	Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 akım veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	21
Tablo 3.16	Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 akım veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	22
Tablo 3.17	Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	22
Tablo 3.18	Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	22
Tablo 3.19	Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış-akım veri serisi, çapraz korelasyon katsayıları.	22

Tablo 3.20	Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	23
Tablo 3.21	Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	24
Tablo 3.22	Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 askı malzemesi veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları.	24
Tablo 3.23	Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 askı malzemesi veri serisi, otokorelasyon katsayıları.	24
Tablo 3.24	Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım-askı malzemesi veri serisi, çapraz korelasyon katsayıları.	24
Tablo 4.1	1222 No.lu İstasyona ait günlük sürekli akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	30
Tablo 4.2	101 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	35
Tablo 4.3	105 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	40
Tablo 4.4	106 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	44
Tablo 4.5	1222 No.lu istasyona ait aylık akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	49
Tablo 4.6	1714 No.lu istasyona ait aylık akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	54
Tablo 4.7	USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu istasyona ait yer altı suyu verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	60
Tablo 4.8	2409 No.lu istasyona ait günlük yağış ve akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	65
Tablo 4.9	1470500 No.lu istasyona ait günlük akım ve askı malzemesi verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.	71

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Bir GRYSA yapısı.	6
Şekil 2.2	: Yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA).	7
Şekil 2.3	: Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri.	11
Şekil 3.1	: Sakarya Havzası bölge haritası üzerindeki yeri.	12
Şekil 3.2	: Meriç Havzası bölge haritası üzerindeki yeri.	14
Şekil 3.3	: Mütferrik Doğu Akdeniz Sularının bölge haritası üzerindeki yeri.	17
Şekil 3.4	: Fairfield bölgesinin Connecticut üzerindeki konumu.	19
Şekil 3.5	: Aras Havzası bölge haritası üzerindeki yeri.	21
Şekil 3.6	: Schuykill Havzası'nın yeri.	23
Şekil 4.1	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini.	26
Şekil 4.2	: Gözlenen günlük sürekli akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı.	26
Şekil 4.3	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini.	27
Şekil 4.4	: Gözlenen günlük sürekli akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı.	28
Şekil 4.5	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini.	29
Şekil 4.6	: Gözlenen günlük sürekli akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı.	29
Şekil 4.7	: 101 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	31
Şekil 4.8	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	31
Şekil 4.9	: 101 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	32
Şekil 4.10	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	33
Şekil 4.11	: 101 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	34
Şekil 4.12	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	34
Şekil 4.13	: 105 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	36
Şekil 4.14	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	36
Şekil 4.15	: 105 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	37

Şekil 4.16	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	38
Şekil 4.17	: 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	39
Şekil 4.18	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	39
Şekil 4.19	: 106 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	41
Şekil 4.20	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	41
Şekil 4.21	: 106 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	42
Şekil 4.22	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	42
Şekil 4.23	: 106 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.	43
Şekil 4.24	: Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	44
Şekil 4.25	: 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	46
Şekil 4.26	: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	46
Şekil 4.27	: 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	47
Şekil 4.28	: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	47
Şekil 4.29	: 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	48
Şekil 4.30	: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	49
Şekil 4.31	: 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	50
Şekil 4.32	: Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	51
Şekil 4.33	: 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	52
Şekil 4.34	: Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	52
Şekil 4.35	: 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini.	53
Şekil 4.36	: Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı.	54
Şekil 4.37	: USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen saatlik yer altı su seviyesi verisi tahmini	56
Şekil 4.38	: Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı.	56
Şekil 4.39	: USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen saatlik yer altı su seviyesi verisi tahmini.	57
Şekil 4.40	: Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve RTYSA ile elde	

	edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı.	58
Şekil 4.41	: USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen saatlik yer altı su seviyesi verisi tahmini.	59
Şekil 4.42	: Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı.	59
Şekil 4.43	: 2409 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini.	61
Şekil 4.44	: Gözlenen günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	62
Şekil 4.45	: 2409 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini.	63
Şekil 4.46	: Gözlenen günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	63
Şekil 4.47	: 2409 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini.	64
Şekil 4.48	: Gözlenen günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.	65
Şekil 4.49	: 1470500 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini.	67
Şekil 4.50	: Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı.	67
Şekil 4.51	: 1470500 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini.	68
Şekil 4.52	: Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı.	69
Şekil 4.53	: 1470500 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini.	70
Şekil 4.54	: Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı.	70

SEMBOL LİSTESİ

H_j	: j Gizli Hücresinin Girdisi
O_n	: Sinir Ağı Çıktı Değerleri
r_i	: Otokorelasyon Katsayısı
R_i	: Çapraz Korelasyon Katsayısı
R^2	: Determinasyon Katsayısı
s	: Düzeltme Parametresi
T_n	: Hedef Değeri
w_{ij}	: Bağlantı Ağırlıkları
α	: Momentum Oran Terimi
δ_j	: Hata Gradyanı
θ_j	: Taraflılık Değeri
η	: Öğrenme Oranı
ϕ	: Radyal Tabanlı fonksiyon

ÖZET

Bu çalışmada yeni bir yapay sinir ağı metodu olan Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı'nın, ulusal ve uluslararası toplam 6 havza genelinde günlük sürekli akım, kurak devreli günlük akım, aylık akım, yeraltı suyu, günlük yağış-akış ve günlük akım-askı malzemesi verisine uygulaması yapılmıştır.

Çalışma sonuçları, geleneksel yapay sinir ağı metodları olan İleri Beslemeli Geriye Yayılım Sinir Ağı ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı ile karşılaştırılmıştır. Performans karşılaştırma kriterleri olarak, test süresi için elde edilen verinin ortalama kare hatası ve determinasyon katsayısı değerleri kullanılmıştır.

Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı metodu genel olarak başarılı tahmin sonuçları vermiş ve diğer iki yapay sinir ağı metoduna kıyasla bazen daha iyi performans değerlendirme kriter değerlerine ulaşmıştır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada GRYSA, standart İBGYSA ve RTYSA metodlarına güvenilir bir alternatif metod olduğunu göstermiştir.

THE USE OF GENERALIZED REGRESSION NEURAL NETWORK IN WATER RESOURCES ENGINEERING

SUMMARY

In this study, Generalized Regression Neural Network, which is a new artificial neural network method, is applied to daily continuous river flow series, daily intermittent river flow series, monthly river flow series, ground water level series, daily rainfall and daily river flow series, and daily river flow and daily suspended sediment data of 6 national and international hydrologic regions.

Estimation results are compared with the Feed Forward Back Propagation and Radial Basis Functions which are conventional artificial neural network methods. Mean squared error and coefficient of determination are used as the performance comparison criteria.

Generalized Regression Neural Network method, generally provided successful estimation results and sometimes reached better performance evaluation criteria values when compared to the other two artificial neural network methods.

In conclusion, this study showed GRNN to be a reliable alternative to the standard FFBP and RBF.

1. GİRİŞ

1.1. Yapay Sinir Ağları ile İlgili Genel Bilgiler

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir. Matematiksel olarak bağıntısı kurulamayan ve çözülmesi mümkün olmayan problemler bile sezgisel yöntemler yolu ile bilgisayarlar tarafından çözülebilmektedir. Bilgisayarları bu özellikler ile donatan ve bu yeteneklerinin gelişmesini sağlayan çalışmalar “yapay zeka” çalışmaları olarak bilinmektedir. İlk defa 1950’li yıllarda ortaya atılan yapay zeka terimi zaman içinde oldukça yoğun ilgi görmüş ve 40-50 yıllık bir zaman diliminde hayatın vazgeçilmez parçası olan sistemlerin doğmasına neden olmuştur. Yapay sinir ağları yapay zeka çalışmalarının da ivmesini arttırmıştır

Yapay sinir ağları, olayların örneklerine bakmakta, onlardan ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir. Yapay sinir ağları temelde aşağıdaki özelliklere sahiptir:

YSA’nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA’ nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA’ nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur.

Doğrusal Olmama, YSA’nın temel işlem elemanı olan hücre, doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir

ve bu özellik bütün ağı yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

Öğrenme, YSA'nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez yada tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Uyarlanabilirlik, YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Hata Toleransı, YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

1.2. Yapay Sinir Ağlarının Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı

Lineer olmayan sistem davranışının modellenmesindeki başarısından dolayı, yapay sinir ağlarının hidroloji ve hidrolik konularında uygulamaları son zamanlarda artmıştır. Yapay sinir ağlarının su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, yağış-akış arasındaki ilişkinin incelenmesi ve modellenmesi üzerine çok sayıda çalışma vardır. Amorocho ve Hart (1964), yağış ve nehir akımı arasındaki ilişkinin incelenmesinde fiziksel hidroloji ve sistem incelemesi olmak üzere iki yaklaşımın gelişmekte olduğundan bahsetmiştir. İlk yaklaşım ile son 35 yıl içinde hem fiziksel-tabanlı hem de alansal-dağılımlı hidrolojik modeller geliştirilmiştir (Abbott ve diğ., 1986). Bu tip modellerin kalibrasyonu için çok sayıda ölçülmüş fiziksel değişken verisinin elde bulunması gerekmekte olup bu da çoğu kez

mümkün olmamaktadır. Buna karşın sistem incelemesi yaklaşımında, teknolojik sorunların çözümlenmesinde fiziksel temellerden ziyade yalnızca mevcut verinin dikkate alınması söz konusudur (Amorocho ve Hart, 1964). Son 10 yıldır kullanılan ve büyük bir hızla geliştirilen YSA metodu, bu son yaklaşımda bir devrim niteliğinde gelişim ortaya çıkartmıştır. YSA lineer olmayan bir modeldir ve kendisine verilen örnekler üzerinde kendini eğiterek bir çözüm sistemi geliştirmektedir.

YSA'larının su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yağış-akış ilişkisinin YSA ile başarılı bir şekilde modellenmesi Hsu ve Sorooshian (1995) tarafından gerçekleştirilmiştir. Compolo ve diğ. (1999a, b) YSA'larını yoğun yağış ve düşük akım süreçlerinde nehir akım kestiriminde kullanmışlardır. Bazı araştırmacılar (Ranjithan ve diğ., 1993; Rogers ve Dowla, 1994 gibi) YSA'larını değişik yeraltı suyu problemlerinde kullanmışlardır. Boogaard ve diğ. (1998) otoregresif sinir ağlarını geliştirerek zaman serilerinin lineer olmayan analizinde ve modellenmesine uygulamışlardır. See ve Openshaw (1998) sinir ağları ve bulanık mantığı kestirim konusunda birlikte kullanmışlardır. Ayrıca YSA'lar birim hidrograf elde edilmesinde (Lange, 1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998), kanalizasyon akımlarının tahmininde (Djebbar ve Atila, 1998) de olumlu sonuçlar vermiştir. Cıgızoğlu (2002a, b, c; Cıgızoğlu, 2004; Cıgızoğlu ve Kişi, 2005) bu metodu sediment konsantrasyonu kestirimi ve tahmini problemine uygulamıştır. YSA'lar ayrıca kurak devre akım kestirimine (Cıgızoğlu, 2002d) ve yağış değerlerinin kestirimine (Cıgızoğlu, 2002e; Freiwan ve Cıgızoğlu, 2005) uygulanması da başarı ile yapılmıştır. Su Kaynakları problemlerine daha önce uygulanmamış Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları'nın nehir askı maddesi kestirimine uygulanması başarılı sonuç vermiştir (Yıldırım ve Cıgızoğlu, 2002; Cıgızoğlu, 2004b). Riad S ve diğ. (2004) yarı kurak bölgedeki akış-yağış modelinde akış tahmini için YSA metodunu başarıyla uygulamıştır ve çoklu lineer regresyon metoduyla kıyaslandığında aynı gözlem verileri üzerinde YSA sonuçlarının üstünlüğünü göstermiştir. Apalachicola nehrinde yapılan nehir akış tahmini çalışmasında uygulanan YSA modeliyle, gözlenen değerlere çok yakın sonuçlar elde edilmiştir (John Wiley Sons, 2004).

2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPAY SİNİR AĞI METODLARI

Bu çalışmada amaçlanan, hedeflenen 6 havza genelinde günlük sürekli akım, kurak devreli günlük akım, aylık akım, yeraltı suyu, günlük yağış-akış ve günlük akım-askı malzemesi ilişkisinin YSA ile modellenmesidir. Literatürde, su kaynakları mühendisliğindeki YSA uygulamalarının tamamına yakınında ileriye doğru beslemeli geriye doğru yayılma tekniği kullanılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada son yıllarda geliştirilmiş fakat su kaynakları problemlerine yeni yeni uygulanmaya başlanmış genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları (GRYSA) metodu (Specht, 1991) kullanılacak ve radyal tabanlı yapay sinir ağları (RTYSA) ve ileriye doğru beslemeli geriye doğru yayılma tekniği (İBGYSA) ile karşılaştırılacaktır. GRYSA'nın nehir askı maddesi kestirimine uygulanması başarılı sonuç vermiştir (Yıldırım ve Cıgızoğlu, 2002).

2.1. Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları (GRYSA)

Specht (1991) tarafından önerilen genelleştirilmiş regresyon sinir ağı geriye yayılım metodunda olduğu gibi bir iteratif eğitim prosedürü gerektirmemektedir. GRYSA, eğitim verisini kullanarak girdi ve çıktı vektörleri arasındaki herhangi bir fonksiyonu tahmin etmektedir. Eğitim seti genişledikçe tahmin hatası sıfıra iner. GRYSA tıpkı standart regresyon tekniklerinde olduğu gibi sürekli değişkenlerin tahmini için kullanılmaktadır.

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 metodu 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 metottur. OYF veriden bir ön kabul yapılmadan elde edildiği için sistem genel olarak idealdir.

$f(x,y)$ ortak olasılık yoğunluk fonksiyonunun 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.

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

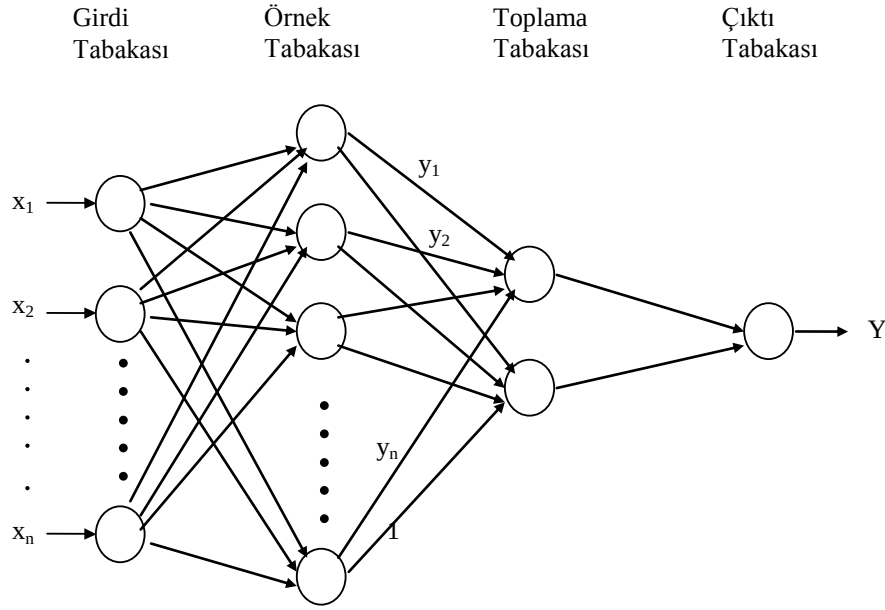
Bu denklemde p , x vektörünün boyutu, n , gözlenen veri sayısı, s ise düzeltme parametresidir. D_i^2 bir skaler fonksiyon olmak üzere,

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

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.



Şekil 2.1 Bir GRYSA yapısı.

2.2. İleriye Beslemeli Geriye Yayılım Sinir Ağları (İBGYSA)

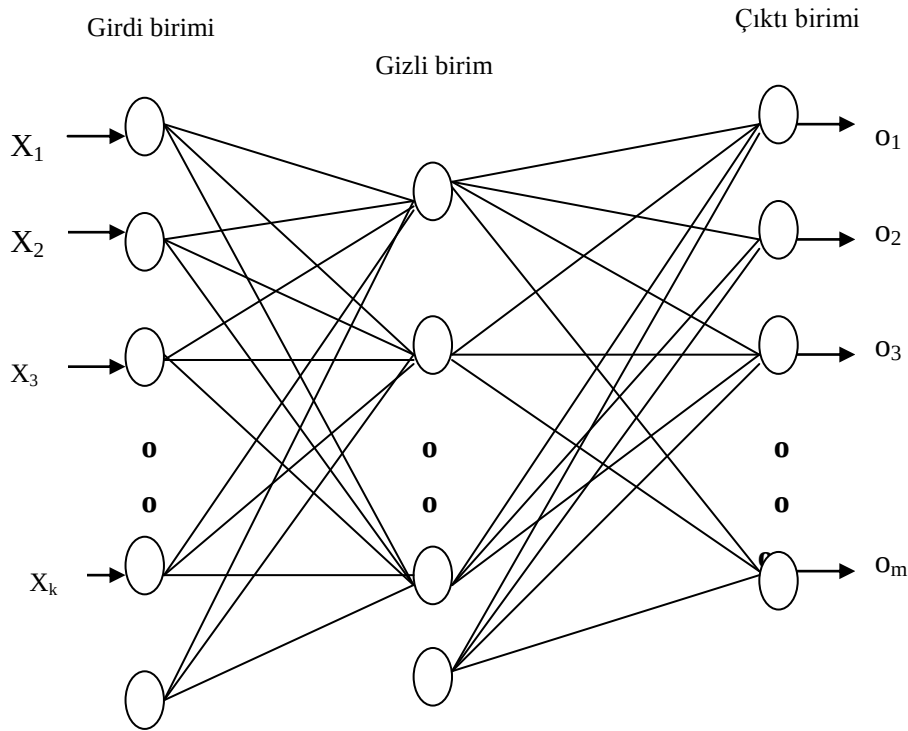
Bu yapay sinir ağı metodunda girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim bir çok nörondan oluşmakta olup birimler aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekli ve her kısımdaki nöron sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki nöronlar arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Nöronlar girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. İleriye doğru beslemeli geriye yayılım algoritması iki etaptan oluşmaktadır: Çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi nöronlarındaki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı ile 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 eğitim sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler olarak atanmaktadır. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarı ile tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci bir sonuca vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar.

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 2.2’de gösterilmiştir.

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



Şekil 2.2 Yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA)

$$H_j = \sum_{i=1}^k w_{ij} x_i \quad j=1, \dots, h \quad (2.5)$$

Burada H_j j gizli nodunun girdisi, w_{ij} ise i nöronundan j nöronuna doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli nöron bir sigmoid fonksiyonu yardımı ile bir gizli nöron çıktısı, HO_j , oluşturmaktadır. HO_j şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp \left[- (H_j + \theta_j) \right]} \quad (2.6)$$

Burada H_j nöronun girdisi, $f(H_j)$ nöron çıktısı, ve θ_j başlangıç veya taraflılık değeridir. Başlangıç değeri, θ_j , ağırlıklarla aynı şekilde öğrenilecektir. HO_j çıktısı bir sonraki birimin girdisi olmakta ve bu işlem çıktı birimine ulaşıncaya kadar devam etmektedir. m adet çıktı nöronlarına ulaşan girdi şu şekilde bulunmaktadır:

$$IO_n = \sum_{j=1}^h w_{jn} HO_{jn} \quad n=1, \dots, m \quad (2.7)$$

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:

$$e_p = \sum_{n=1}^m (T_n - O_n)^2 \quad (2.8)$$

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

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^m (T_{pn} - O_{pn})^2 \quad (2.9)$$

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 nöron için δ_n gradyanının hesaplanması ile gerçekleştirilir:

$$\delta_n = O_n (1 - O_n) (T_n - O_n) \quad (2.10)$$

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

$$\delta_j = HO_j(1-HO_j) \sum_{n=1}^m \delta_n w_{jn} \quad (2.11)$$

Hata gradyanları daha sonra ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j x_i \quad (2.12)$$

$$w_{ij}(r+1) = w_{ij}(r) + \Delta w_{ij}(r) \quad (2.13)$$

n'inci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ij}(r-1) \quad (2.14)$$

Burada, α , sonuca hızlı ulaşılmasını sağlayan momentum oran terimi, η , etap boyutunu ayarlayan öğrenme oranı r ise iterasyon numarasıdır.

2.3. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)

Radyal Tabanlı Fonksiyonlar kavramı yapay sinir ağları literatürüne Broomhead ve Lowe tarafından 1988 yılında sokuldu. Radyal Tabanlı Fonksiyonlara dayalı Yapay sinir ağları modeli insan sinir sistemindeki nöronlarda görülen yerel etki-tepki davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur (Poggio and Girosi, 1990). Yerel tepki karakteristiği, sinir sisteminin bazı yerlerinde mesela görme sinirlerinin davranışlarında gözlemlenebilir. Bu sinirler görüş alanında bulunan değişik boyutlardaki görüntülere karşı duyarlıdır. Bu nöronlar yerel olarak tepki vermeye ayarlanmıştır. Bunlar girdi uzayının sınırlı küçük bir bölümüne tepki verebilmektedirler.

Radyal Tabanlı Fonksiyonların teorisi çok değişkenli fonksiyonların enterpolasyonuna dayanmaktadır. Burada amaç $(x^s, y^s)_{s=1}^N$ ifadelerinin enterpolasyonunu yapmaktır. Bu durumda $x^s \in \mathbb{R}^d$ olmalıdır. Bu denklemde F lineer uzayda bir fonksiyon olduğundan yani doğrusal bir fonksiyon olduğundan Radyal Tabanlı Fonksiyonlar yaklaşımında F enterpolasyon fonksiyonu temel bazı fonksiyonların lineer bir kombinasyonudur.

$$F(x) = \sum_{s=1}^N w_s \phi(\|x - x^s\|) + p(x) \quad (2.15)$$

Bu denklemde $\|\cdot\|$ öklid normu, $w_1, \dots, w_N$ reel sayılar, ϕ gerçekte 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 $p = \sum_{j=1}^D a_j p_j$ polinom terimini elde etmektir. Bu polinomda $\prod_n^d$ a standart temel ve $a_1, \dots, a_D$ sayıları da reel katsayılardır. Enterpolasyon şartları şunlardır:

$$F(x^s) = y^s, \quad s = 1, \dots, N \quad (2.16)$$

$$\sum_{s=1}^N w_s p_j(x^s) = 0, \quad j = 1, \dots, D \quad (2.17)$$

Eğer veri noktalarından herhangi birisi için enterpolasyon problemi tek çözümlü ise ϕ fonksiyonu Radyal Tabanlı Fonksiyon olarak tanımlanır. Bu durumlarda denklem (15)'deki polinomun terimleri ihmal edilebilir ve denklem (16) daki terimler ile toplandığında aşağıdaki denklem (18) meydana gelir.

$$\phi w = y \quad (2.18)$$

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

$$\phi = \left(\phi(\|x^k - x^s\|) \right)_{k,s=1,\dots,N} \quad (2.19)$$

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

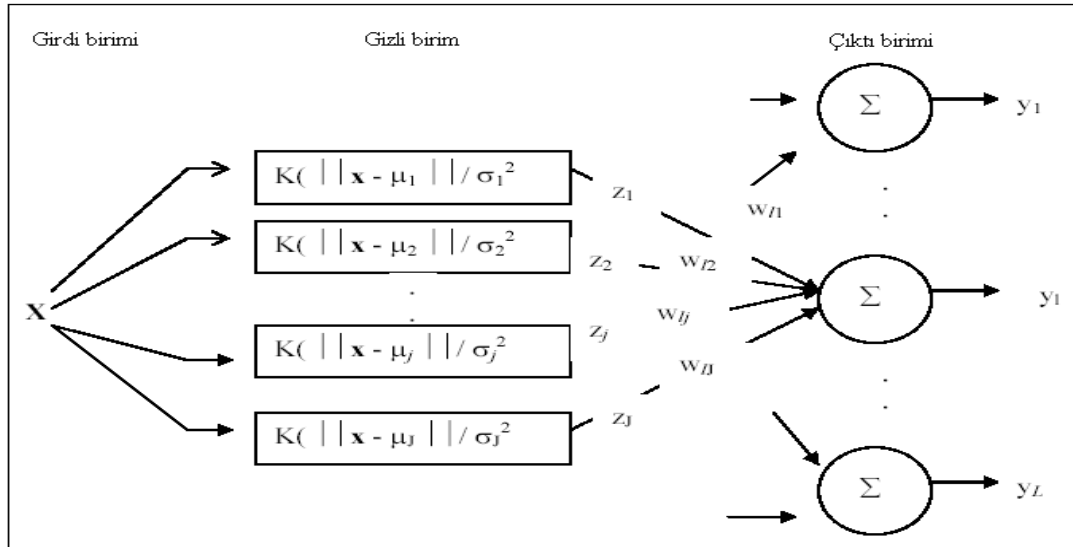
En popüler ve en çok kullanılan Radyal Tabanlı Fonksiyonlar Gauss tabanlı fonksiyonlardır. Bunlar şöyle ifade edilir:

$$\phi(\|x - c\|) = e^{-(\|x - c\| / 2\sigma^2)} \quad (2.20)$$

Bu fonksiyonun $c \in \mathbb{R}^d$ 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 prosedüründe karşılaşılan bir başka problem de şudur ki temel fonksiyonların sayısı veri noktalarının sayısına eşit olmakta ve bu nedenle ϕ $N \times N$ matrisinin tersini hesaplamak pratikte çok zor olmaktadır.

Radyal Tabanlı Fonksiyonlar yöntemi üç tabakadan oluşan bir yapay sinir ağıdır (Şekil 2.3). Girdi tabakası şebekeye giren verilerin yer aldığı tabakadır. Gizli hücre tabakasında ise nöronlar yer alır. Burada temel fonksiyonların çıktıları hesaplanır. Çıktı tabakasında ise temel fonksiyonlar arasında lineer bir bağıntı veya kombinasyon bulunmaya çalışılır.

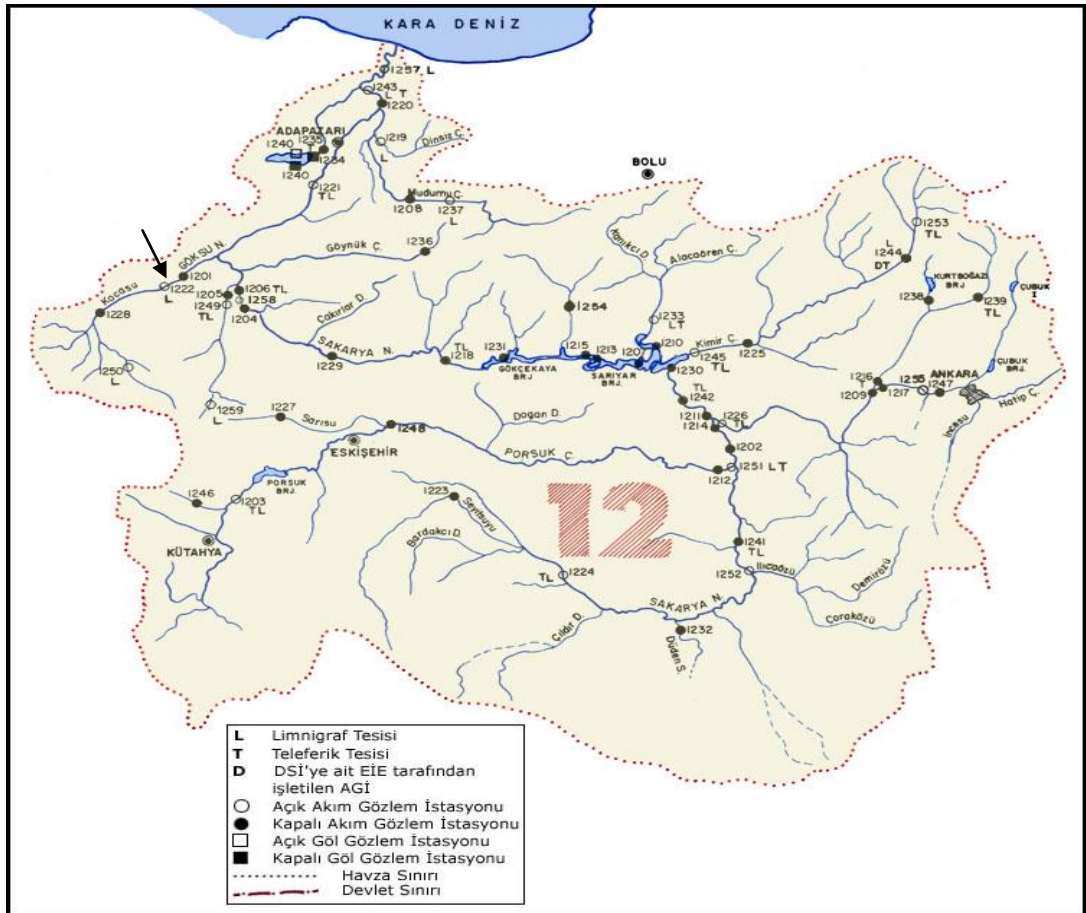


Şekil 2.3 Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU KAYNAKLARI VERİSİ

3.1. Günlük Sürekli Akım Verisi

Türkiye geneli hidrolojik çalışmalar için 26 ana akarsu havzasına ayrılmıştır. Kullanılan sürekli günlük ortalama akım verisi bu ana havzalardan birisi olan Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu'ndan elde edilmiştir. Gözlem istasyonunun yağış alanı 2021.6 km², Sakarya Havzası'nın drenaj alanı 56504 km² dir. Sakarya Havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sakarya Havzası bölge haritası üzerindeki yeri

Günlük sürekli ortalama akım verilerinin istatistik analizleri, 1970-2000 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 3.1 de, tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.1: Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

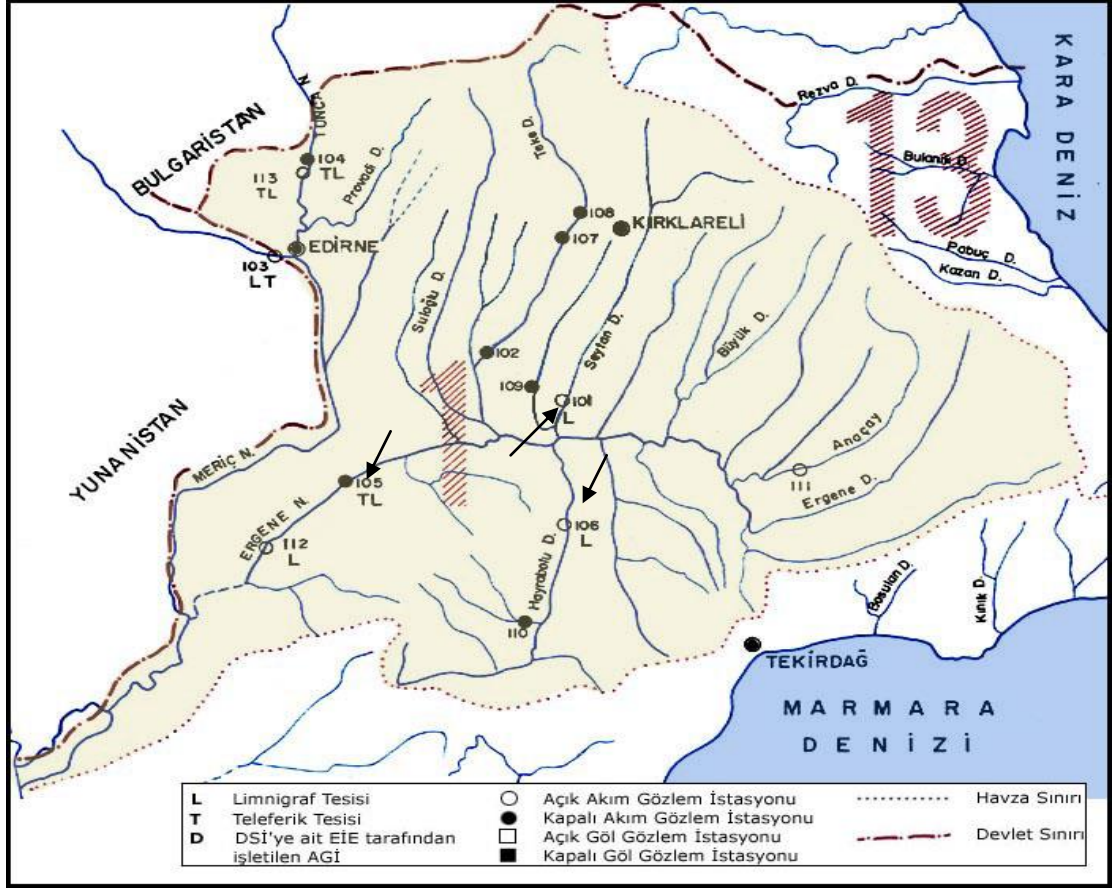
İstatistik Parametreler	1222 TÜM VERİ	1222 EĞİTİM VERİSİ	1222 TEST VERİSİ
Ortalama (m ³ /s)	18.67	23.40	13.11
Standart Hata	0.19	0.43	0.45
Ortanca (m ³ /s)	11.8	15.3	8.56
Standart Sapma (m ³ /s)	20.21	23.35	16.22
Varyans (m ⁶ /s ²)	408.34	545.20	263.09
Basıklık	11.47	4.51	32.81
Çarpıklık	2.46	1.67	4.19
Aralık (m ³ /s)	236.97	176.53	215.97
En Küçük (m ³ /s)	0.03	0.47	0.03
En Büyük (m ³ /s)	237	177	216
Toplam (m ³ /s)	211207.2	70217.87	17243.08
Veri Adedi	11315	3000	1304

Tablo 3.2: Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 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
	0.905	0.82	0.77	0.735	0.715	0.7	0.69	0.679	0.666	0.654	0.647	0.644

3.2. Kurak Devreli Günlük Akım Verisi

Çalışmada kullanılan kurak devreli günlük ortalama akım verisi Meriç Havzası'ndaki 101-Şeytan Deresi-Babaeski, 105-Ergene Nehri-Uzun Köprü ve 106-Hayrabolu Deresi-Hayrabolu istasyonlarından elde edilmiştir. Meriç Havzası'nın drenaj alanı 49482 km²'dir (14560 km² si Türkiye sınırları içindedir). 101 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı 478.4 km², 105 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı 10194.8 km², 106 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı 1381.2 km²'dir. Meriç Havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Meriç Havzası bölge haritası üzerindeki yeri

Kurak devreli günlük ortalama akım verilerinin istatistik analizleri, 101 no.lu istasyon için 1958-1977 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 3.3 de, tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.4 de verilmiştir. 105 no.lu istasyon için veri serisi 1970-1994, 106 no.lu istasyon için veri serisi 1969-2000 yılları arasındadır. İstatistik analizler yine üç ayrı veri grubuna uygulanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3.5 ve Tablo 3.7 de, tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.6 ve Tablo 3.8 de verilmiştir.

Tablo 3.3: Gözlem istasyonu 101; 1958-1977 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	101 TÜM VERİ	101 EĞİTİM VERİSİ	101 TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	2.66	2.49	1.97
Standart Hata	0.067	0.107	0.092
Ortanca (m^3/s)	0.99	0.94	1.17
Standart Sapma (m^3/s)	5.76	5.89	3.23
Varyans (m^6/s^2)	33.16	34.78	10.42
Basıklık	163.99	306.66	44.65
Çarpıklık	9.09	13.27	5.53
Aralık (m^3/s)	175	175	41
En Büyük (m^3/s)	175	175	41
En Küçük (m^3/s)	0	0	0
Toplam (m^3/s)	19447.9	7477.74	2391.13
Veri Adedi	7305	3000	1201

Tablo 3.4: Gözlem istasyonu 101; 1958-1977 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}
	0.75	0.55	0.48	0.438	0.407	0.379	0.369	0.363	0.347	0.33	0.317	0.314

Tablo 3.5: Gözlem istasyonu 105; 1970-1994 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	105 TÜM VERİ	105 EĞİTİM VERİSİ	105 TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	22.64	32.12	7.19
Standart Hata	0.61	1.42	0.38
Ortanca (m^3/s)	7.62	10.4	4.8
Standart Sapma (m^3/s)	58.1	77.99	12.96
Varyans (m^6/s^2)	3375.24	6083.43	167.84
Basıklık	220.25	149.97	111.21
Çarpıklık	11.91	10.07	8.96
Aralık (m^3/s)	1690	1690	214
En Büyük (m^3/s)	1690	1690	214
En Küçük (m^3/s)	0	0	0
Toplam (m^3/s)	206760.4	96405.44	8139.66
Veri Adedi	9131	3001	1121

Tablo 3.6: Gözlem istasyonu 105; 1970-1994 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
	0.834	0.64	0.511	0.436	0.385	0.35	0.32	0.307	0.29	0.28	0.271	0.268

Tablo 3.7: Gözlem istasyonu 106; 1969-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

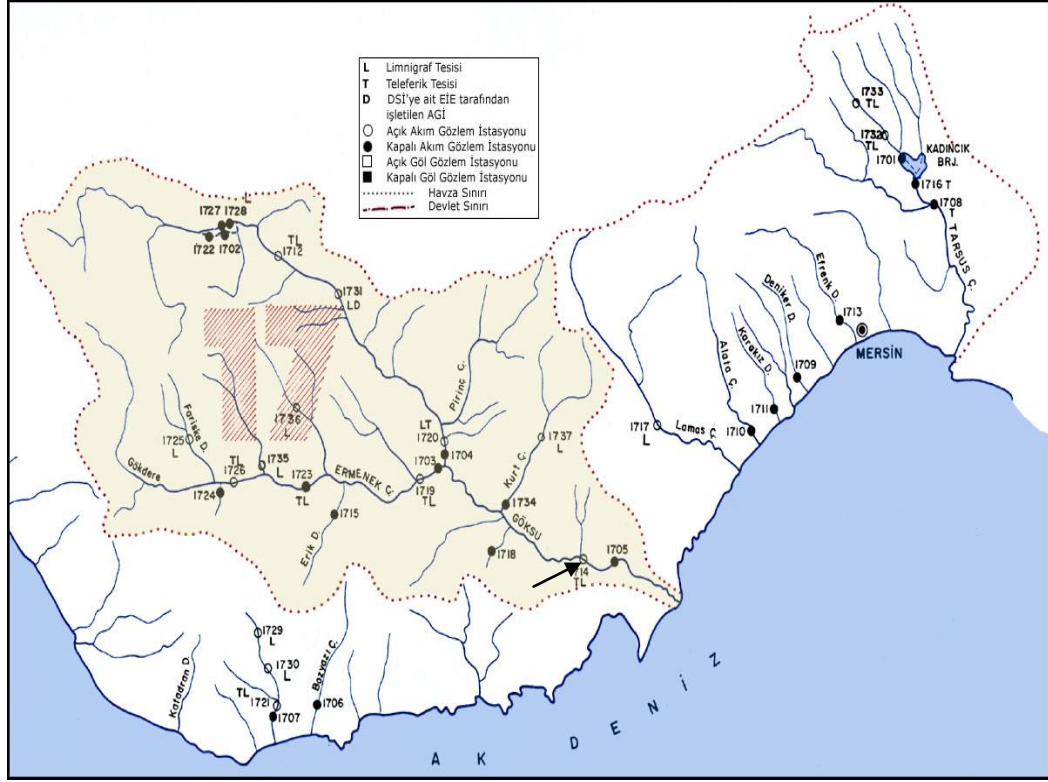
İstatistik Parametreler	106 TÜM VERİ	106 EĞİTİM VERİSİ	106 TEST VERİSİ
Ortalama (m ³ /s)	4.5	5.95	6.10
Standart Hata	0.13	0.27	0.27
Ortanca (m ³ /s)	1.17	1.74	1.73
Standart Sapma (m ³ /s)	13.52	14.95	13.18
Varyans (m ⁶ /s ²)	182.69	223.59	173.79
Basıklık	442.89	45.17	31.27
Çarpıklık	14.42	5.89	4.83
Aralık (m ³ /s)	614	173	164
En Büyük (m ³ /s)	614	173	164
En Küçük (m ³ /s)	0	0	0
Toplam (m ³ /s)	52593.37	17850.44	14331.87
Veri Adedi	11688	3001	2336

Tablo 3.8: Gözlem istasyonu 106; 1969-2000 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
	0.586	0.416	0.364	0.33	0.32	0.303	0.286	0.266	0.246	0.238	0.23	0.22

3.3. Aylık Akım Verisi

Çalışmada kullanılan aylık ortalama akım verisi daha önce bahsi geçen, drenaj alanı 56504 km² olan Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu ve 22484 km²'lik drenaj alanına sahip olup Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'nda yer alan 1714-Göksu-Karahacılı İstasyonu'ndan elde edilmiştir. 1222 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı 2021.6 km², 1714 no.lu gözlem istasyonunun yağış alanı 10065.2 km²'dir. Sakarya Havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.1 de, Müteferrik Doğu Akdeniz Suları bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.3 de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Mütferrik Doğu Akdeniz Sularının bölge haritası üzerindeki yeri

Aylık ortalama akım verilerinin istatistik analizleri, 1222 no.lu istasyon için 1970-2000 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 3.9 da tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.10 da verilmiştir. 1714 no.lu istasyon için veri serisi 1974-2000 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 3.11 de, tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.12 de verilmiştir.

Tablo 3.9: Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	1222 AYLIK TÜM VERİ	1222 AYLIK EĞİTİM VERİSİ	1222 AYLIK TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	18.79	20.10	13.26
Standart Hata	0.87	1.00	1.43
Ortanca (m^3/s)	13.27	14.46	9.86
Standart Sapma (m^3/s)	16.76	17.46	12.04
Varyans (m^6/s^2)	280.99	304.79	144.95
Basıklık	0.03	-0.31	2.63
Çarpıklık	0.97	0.84	1.45
Aralık (m^3/s)	75.52	75.06	60.23
En Büyük (m^3/s)	75.75	75.75	60.46
En Küçük (m^3/s)	0.23	0.69	0.23
Toplam (m^3/s)	6971.53	6030.27	941.26
Veri Adedi	371	300	67

Tablo 3.10: Gözlem istasyonu 1222; 1970-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon Katsayıları	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
	0.755	0.432	0.08	-0.24	-0.464	-0.566

Tablo 3.11: Gözlem istasyonu 1714; 1974-2000 veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

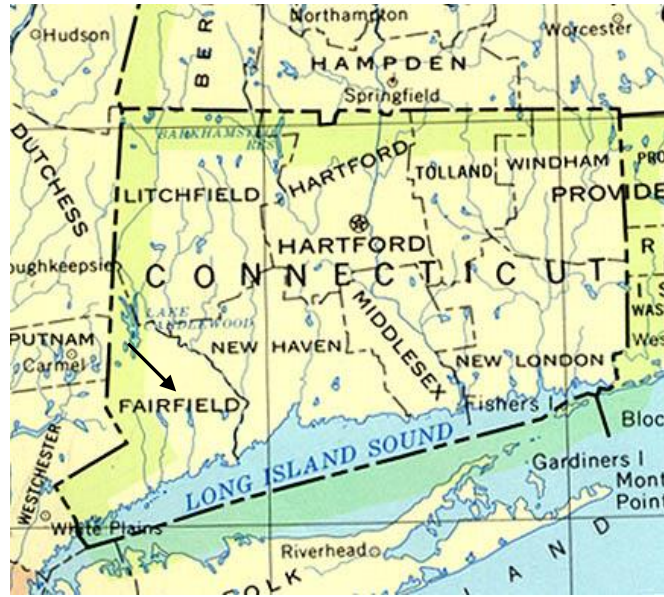
İstatistik Parametreler	1714 AYLIK TÜM VERİ	1714 AYLIK EĞİTİM VERİSİ	1714 AYLIK TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	123.99	126.85	113.27
Standart Hata	6.00	7.02	10.97
Ortanca (m^3/s)	78.8	77.1	80.75
Standart Sapma (m^3/s)	107.88	112.06	90.43
Örnek Varyans (m^6/s^2)	11638	12557.62	8177.61
Basıklık	3.89	3.93	1.44
Çarpıklık	1.82	1.83	1.47
Aralık (m^3/s)	683.2	683.2	369
En Büyük (m^3/s)	708	708	402
En Küçük (m^3/s)	24.8	24.8	33
Toplam (m^3/s)	40049.9	32347.1	7702.8
Veri Adedi	323	255	64

Tablo 3.12: Gözlem istasyonu 1714; 1974-2000 veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon Katsayıları	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
	0.546	0.249	0.058	-0.183	-0.355	-0.409

3.4. Yeraltı Suyu Verisi

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



Şekil 3.4 Fairfield bölgesinin Connecticut üzerindeki konumu

Yer altı suyu verilerinin istatistik analizleri, USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için 06/11/2004 0:00 ile 07/12/2004 6:00 tarihleri arasında veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış ve istatistik analiz sonuçları Tablo 3.13 de, tüm verinin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.14 de verilmiştir.

Tablo 3.13: Gözlem istasyonu USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004 YSS veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

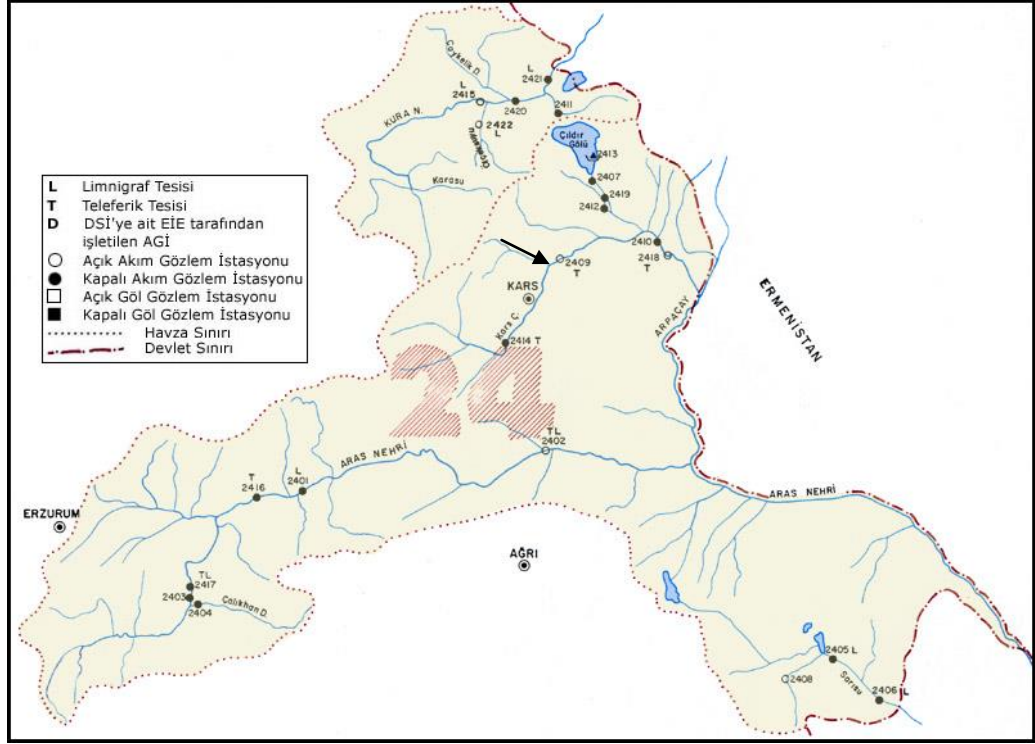
İstatistik Parametreler	YSS TÜM VERİ	YSS EĞİTİM VERİSİ	YSS TEST VERİSİ
Ortalama (m)	22.32	22.27	22.67
Standart Hata	0.03	0.04	0.01
Ortanca (m)	22.77	22.8	22.635
Standart Sapma (m)	0.88	0.94	0.11
Varyans (m ²)	0.78	0.88	0.01
Basıklık	1.15	0.45	-1.33
Çarpıklık	-1.6	-1.39	0.24
Aralık (m)	3.06	3.06	0.35
En Büyük(m)	23	23	22.86
En Küçük (m)	19.94	19.94	22.51
Toplam (m)	16764.57	14497.15	2267.42
Veri Adedi	751	651	100

Tablo 3.14: Gözlem istasyonu USGS 410628073413301 CT- GW 21; 06/11/2004-07/12/2004 YSS veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon Katsayıları	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
	0.9999	0.9997	0.9996	0.9993	0.9991	0.9989

3.5. Günlük Yağış ve Akım Verisi

Çalışmada kullanılan günlük toplam yağış ve ortalama akım verisi Aras Havzası'ndaki 2409-Kars Çayı-Güvercinkaya İstasyonu'ndan elde edilmiştir. Gözlem istasyonunun yağış alanı 2928 km², Aras Havzası'nın drenaj alanı 27548 km²'dir. Aras Havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 3.5 de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Aras Havzası bölge haritası üzerindeki yeri

Günlük toplam yağış ve ortalama akım verilerinin istatistik analizleri, 1973-2000 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış, akım verileri ve yağış verilerinin analiz sonuçları Tablo 3.15 ve Tablo 3.17 de, tüm verilerin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.16 ve Tablo 3.18 de verilmiştir. Çapraz korelasyon katsayıları Tablo 3.19 da gösterilmiştir.

Tablo 3.15: Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 akım veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	2409 AKIM TÜM VERİ	2409 AKIM EĞİTİM VERİSİ	2409 AKIM TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	10.38	9.99	9.24
Standart Hata	0.18	0.28	0.31
Ortanca (m^3/s)	4.15	4.17	3.87
Standart Sapma (m^3/s)	17.98	15.46	14.02
Varyans (m^6/s^2)	323.49	238.89	196.59
Basıklık	65.97	28.7	17.61
Çarpıklık	6.17	4.28	3.70
Aralık (m^3/s)	361.48	226.94	131.48
En Büyük (m^3/s)	362	228	132
En Küçük (m^3/s)	0.52	1.06	0.52
Toplam (m^3/s)	105045.29	29986.12	19465.92
Veri Adedi	10112	3001	2107

Tablo 3.16: Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 akım 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
	0.95	0.878	0.82	0.77	0.72	0.673	0.632	0.594	0.56	0.532	0.507	0.484

Tablo 3.17: Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	2409 YAĞIŞ TÜM VERİ	2409 YAĞIŞ EĞİTİM VERİSİ	2409 YAĞIŞ TEST VERİSİ
Ortalama (mm)	12.64	11.14	12.42
Standart Hata	0.34	0.56	0.72
Ortanca (mm)	0	0	0
Standart Sapma (mm)	34.32	30.56	33.17
Varyans (mm ²)	1177.84	934.25	1100.31
Basıklık	34.44	37.55	25.79
Çarpıklık	4.86	4.90	4.40
Aralık (mm)	492	442	358
En Büyük (mm)	492	442	358
En Küçük (mm)	0	0	0
Toplam (mm)	127844	33446	26170
Veri Adedi	10112	3001	2107

Tablo 3.18: Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

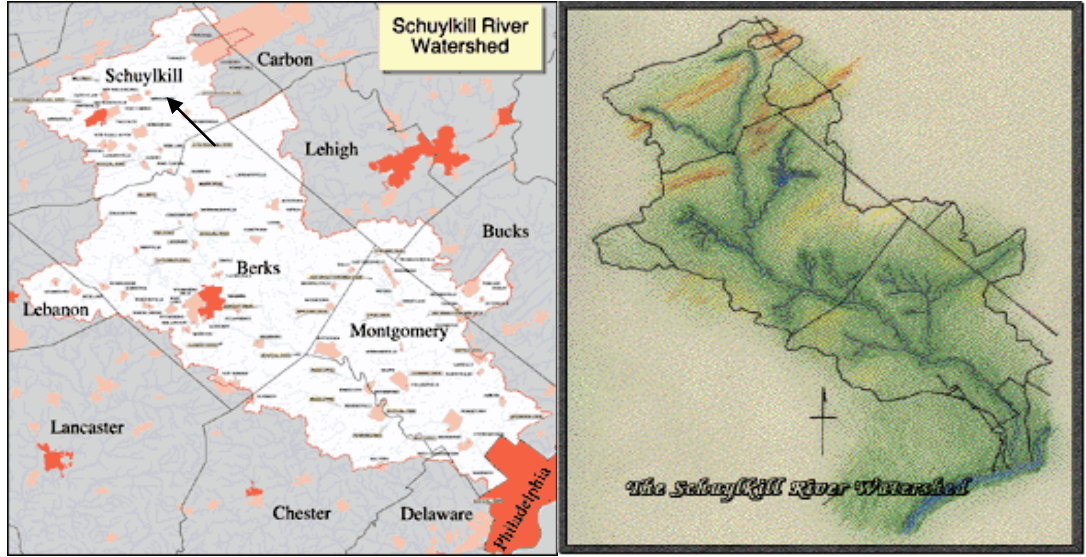
Otokorelasyon Katsayıları	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀	r ₁₁	r ₁₂
	0.204	0.09	0.06	0.07	0.053	0.044	0.052	0.08	0.062	0.044	0.047	0.057

Tablo 3.19: Gözlem istasyonu 2409; 1973-2000 yağış-akım veri serisi, çapraz korelasyon katsayıları.

Çapraz korelasyon Katsayıları	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
	0.133	0.105	0.092	0.086	0.081	0.080

3.6. Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi

Çalışmada kullanılan günlük ortalama akım ve günlük toplam askı malzemesi verisi Schuykill Havzası 1470500 Schuykill River at Berne, PA İstasyonu'ndan elde edilmiştir. Schuykill Havzası havza alanı 919.45 km²'dir. Schuykill Havzası'nın yeri Şekil 3.6 da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Schuykill Havzası'nın yeri.

Günlük ortalama akım ve günlük toplam askı malzemesi istatistik analizleri, 1953-1981 yılları arası veri serisinin tamamına, YSA simülasyonlarında eğitim için ayrılan verilere ve test için kullanılan verilere olmak üzere üç ayrı veri grubuna uygulanmış, akım verileri ve askı malzemesi verilerinin analiz sonuçları Tablo 3.20 ve Tablo 3.22 de tüm verilerin otokorelasyon katsayıları Tablo 3.21 ve Tablo 3.23 de verilmiştir. Çapraz korelasyon katsayıları Tablo 3.24 de gösterilmiştir.

Tablo 3.20: Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	1470500 AKIM TÜM VERİ	1470500 AKIM EĞİTİM VERİSİ	1470500 AKIM TEST VERİSİ
Ortalama (m^3/s)	19.67	24.50	21.24
Standart Hata	0.25	0.57	0.69
Ortanca (m^3/s)	12.4	16.4	12.5
Standart Sapma (m^3/s)	25.47	31.40	27.56
Varyans (m^6/s^2)	648.68	986.20	759.51
Basıklık	125.99	148.08	35.31
Çarpıklık	7.60	8.92	4.54
Aralık (m^3/s)	734.5	732.63	394.16
En Büyük (m^3/s)	736	736	396
En Küçük (m^3/s)	1.5	3.37	1.84
Toplam (m^3/s)	208342.53	73544.62	33697.63
Veri Adedi	10587	3001	1586

Tablo 3.21: Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım 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
	0.78	0.563	0.47	0.408	0.367	0.331	0.3	0.275	0.252	0.23	0.214	0.204

Tablo 3.22: Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 askı malzemesi veri serisi, eğitim verileri ve test verileri istatistik analiz sonuçları

İstatistik Parametreler	1470500 ASKI MALZEMESİ TÜM VERİ	1470500 ASKI MALZEMESİ EĞİTİM VERİSİ	1470500 ASKI MALZEMESİ TEST VERİSİ
Ortalama (ton/gün)	72.75	95.52	72.03
Standart Hata	9.15	19.51	10.11
Ortanca (ton/gün)	4.9	7.6	7.6
Standart Sapma (ton/gün)	941.98	1068.64	402.65
Varyans (ton ² /gün ²)	887334.61	1141994.35	162125.2
Basıklık	1558.79	948.24	164.26
Çarpıklık	36.59	28.57	11.66
Aralık (ton/gün)	47100	39699.68	7599.75
En Büyük (ton/gün)	47100	39700	7600
En Küçük (ton/gün)	0	0.32	0.25
Toplam (ton/gün)	770227.89	286665.71	114236.33
Veri Adedi	10587	3001	1586

Tablo 3.23: Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 askı malzemesi veri serisi, otokorelasyon katsayıları.

Otokorelasyon Katsayıları	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
	0.368	0.046	0.017	0.0075	0.007	0.0027
Otokorelasyon Katsayıları	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀	r ₁₁	r ₁₂
	0.0016	0.0012	0.0007	-0.0007	-0.0017	-0.00042

Tablo 3.24: Gözlem istasyonu 1470500; 1953-1981 akım-askı malzemesi veri serisi, çapraz korelasyon katsayıları.

Çapraz korelasyon Katsayıları	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
	0.593	0.464	0.232	0.159	0.121	0.099

4. YAPAY SİNİR AĞI TAHMİN SONUÇLARI

Ayrıntıları bölüm 2 de verilen üç YSA metodu için MATLAB dilinde 3 farklı bilgisayar programı hazırlandı. Veri setinin bir kısmı eğitimde bir kısmı ise test çalışmasında kullanıldı. Test sonuçlarında üç YSA metodu birbirleriyle karşılaştırıldı. Karşılaştırma kriterleri olarak, test süresi için elde edilen verinin ortalama kare hatası (OKH) ve determinasyon katsayısı (R^2) değerleri kullanıldı. Tahmin çalışması günlük sürekli akım, kurak devreli günlük akım, aylık akım, yer altı suyu, günlük yağış ve akım, günlük akım ve askı malzemesi için ayrı ayrı yapıldı.

4.1. Günlük Sürekli Akım Verisi Tahmin Sonuçları

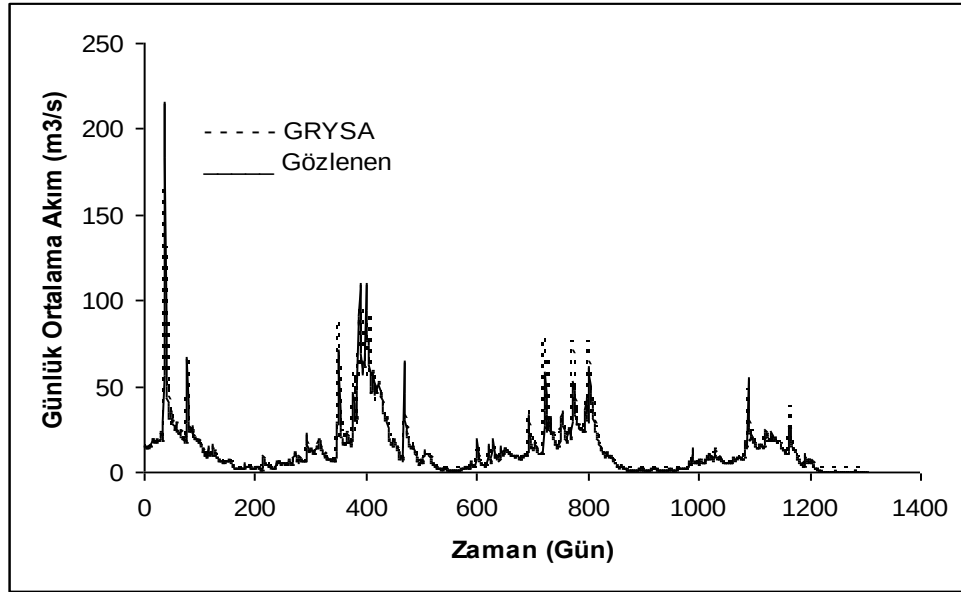
Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

4.1.1. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

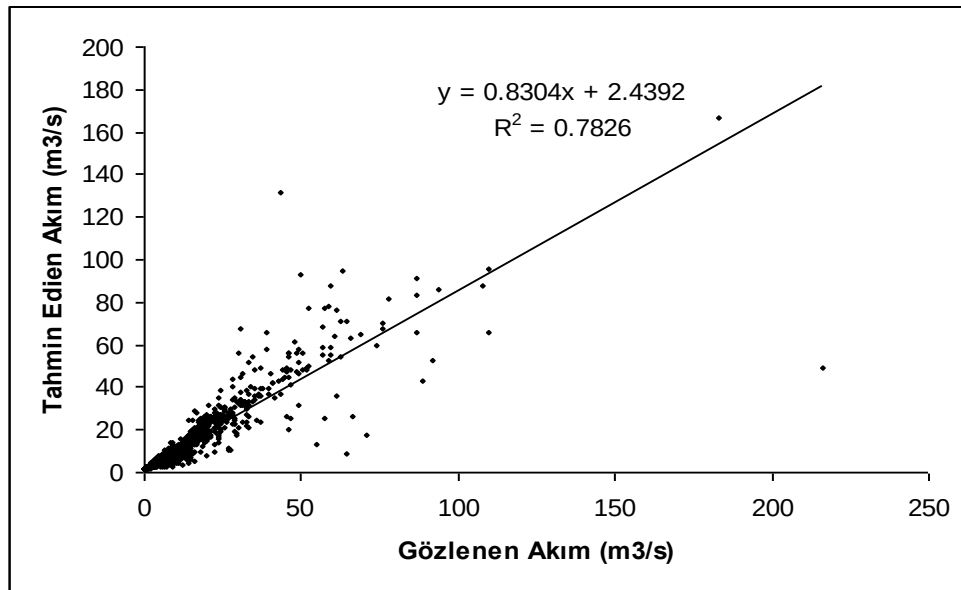
Geçmiş günlük sürekli ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük sürekli ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 01.10.1969-17.12.1977 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 15.02.1997-10.09.2000 tarihleri arasındaki 1304 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.02 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 1304 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata

karesi değeri 58.4 (m^6/s^2), determinasyon katsayısı değeri 0.783 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini

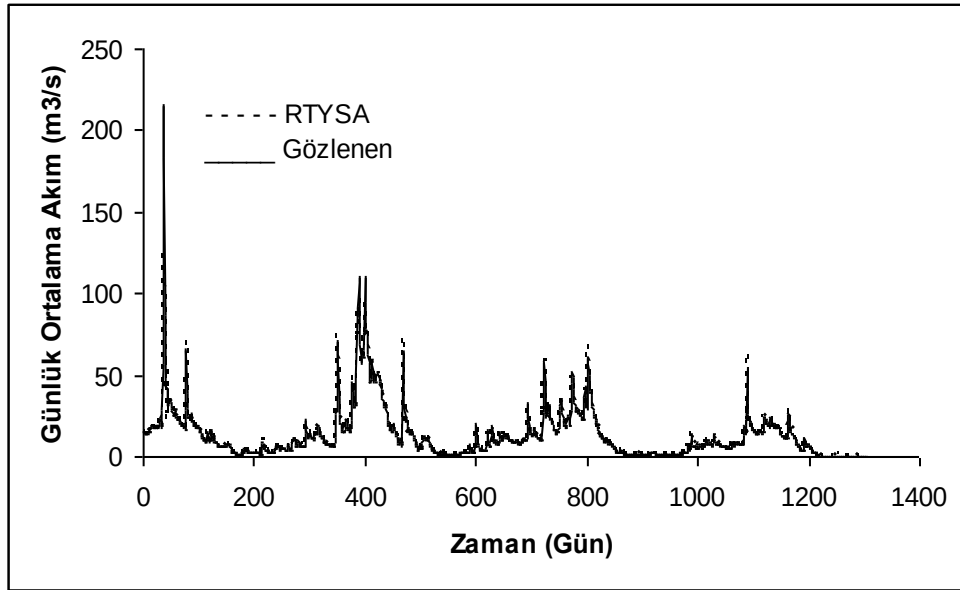


Şekil 4.2 Gözlenen günlük sürekli akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı.

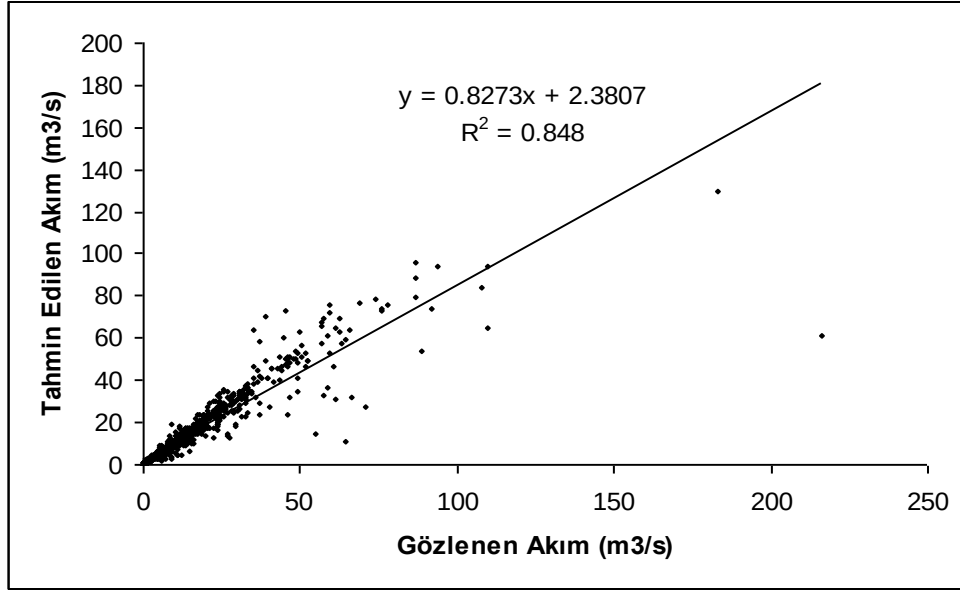
4.1.2. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş günlük sürekli ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük sürekli ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 01.10.1969-17.12.1977 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 15.02.1997-10.09.2000 tarihleri arasındaki 1304 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.9'a eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 1304 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $40.417 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.848 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de gösterilmiştir.



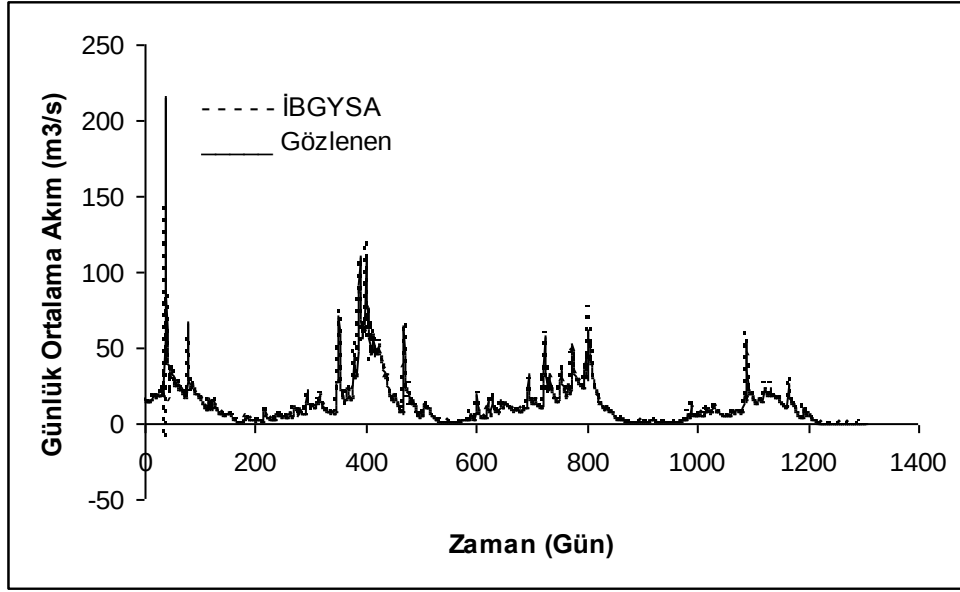
Şekil 4.3 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini



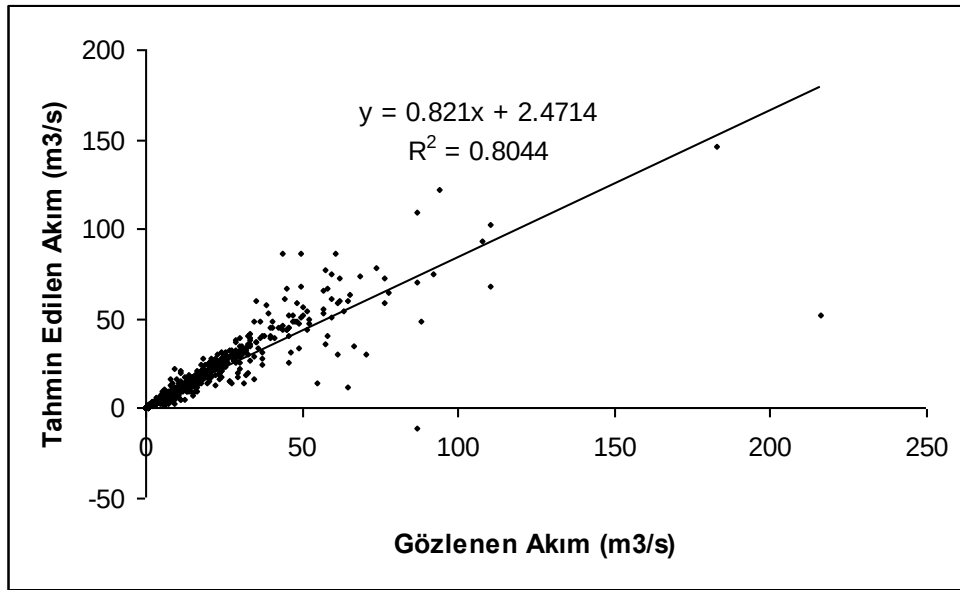
Şekil 4.4 Gözlenen günlük sürekli akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı

4.1.3. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Günlük Sürekli Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş günlük sürekli ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük sürekli ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 5 olarak alındı. Simülasyonda 01.10.1969-17.12.1977 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 15.02.1997-10.09.2000 tarihleri arasındaki 1304 veri test için kullanıldı. Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 12 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 1304 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $51.9 \text{ (m}^6\text{/s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.804 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 da gösterilmiştir.



Şekil 4.5 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük sürekli akım verisi tahmini



Şekil 4.6 Gözlene günlük sürekli akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük sürekli akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu, karşılaştırma kriterlerine göre GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermesine karşın fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermiştir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.1 de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: 1222 No.lu istasyona ait günlük sürekli akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	01.10.1969-17.12.1977 (3000 gün)	15.02.1997-10.09.2000 (1304 gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	İBGYSA (12,5,1)	51.9	0.804
RTYSA	01.10.1969-17.12.1977 (3000 gün)	15.02.1997-10.09.2000 (1304 gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	RTYSA (12,x,1) s =0.9	40.417	0.848
GRYSA	01.10.1969-17.12.1977 (3000 gün)	15.02.1997-10.09.2000 (1304 gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	GRYSA (12,x,1) s =0.02	58.4	0.783

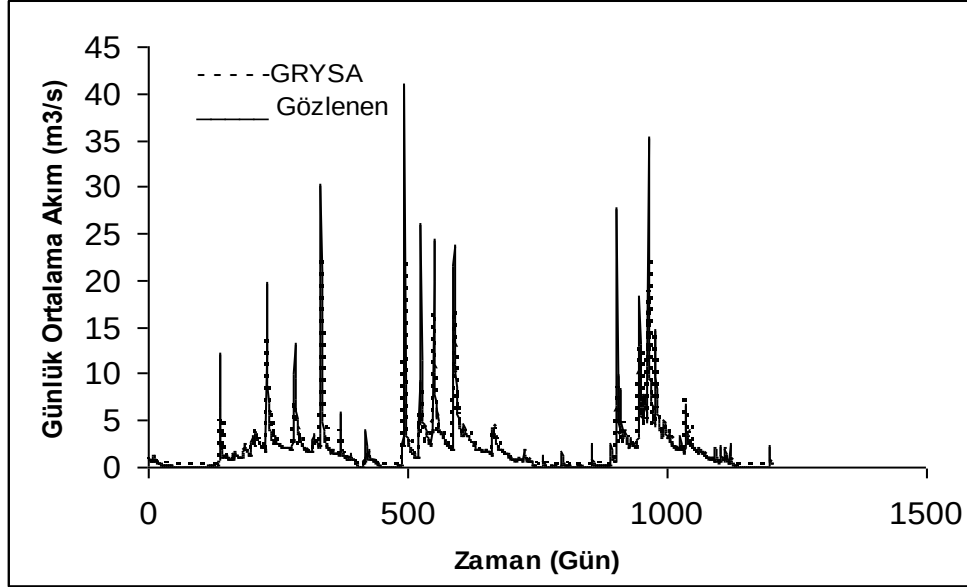
4.2. Kurak Devreli Günlük Akım Verisi Tahmin Sonuçları

Meriç Havzası'ndaki 101-Şeytan Deresi-Babaeski, 105-Ergene Nehri-Uzun Köprü ve 106-Hayrabolu Deresi-Hayrabolu istasyonlarından elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

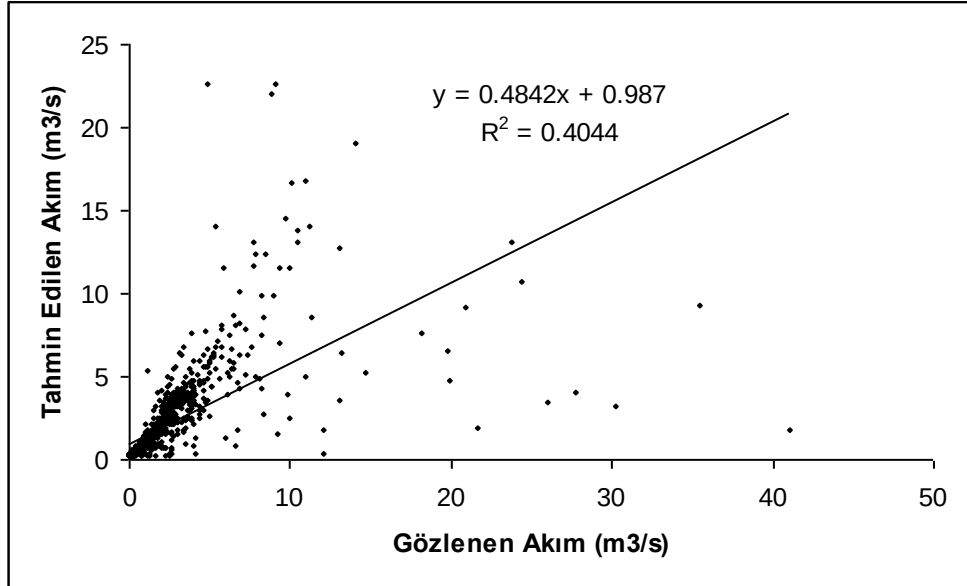
4.2.1. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 01.10.1957-17.12.1965 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 07.06.1974-19.09.1977 tarihleri arasındaki 1201 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.01 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 1201 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $6.418 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.404 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 101 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini

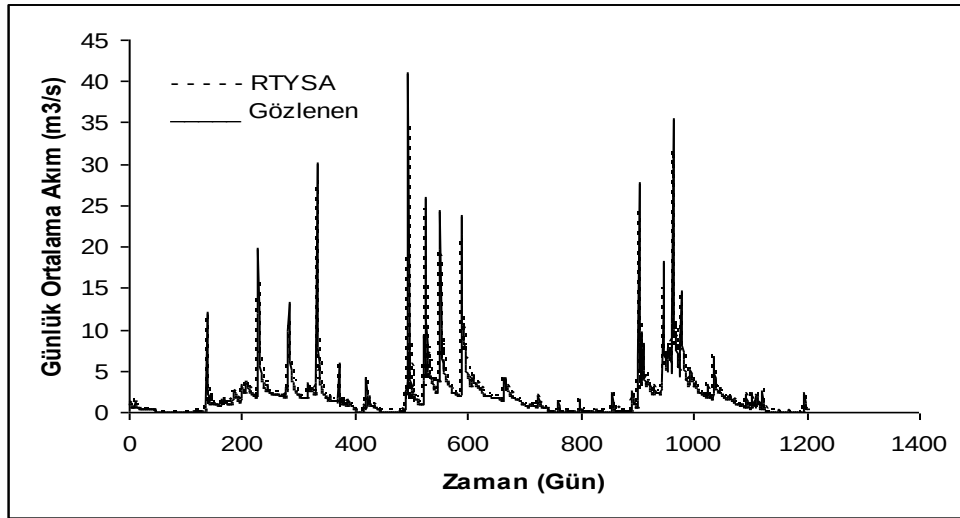


Şekil 4.8 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.

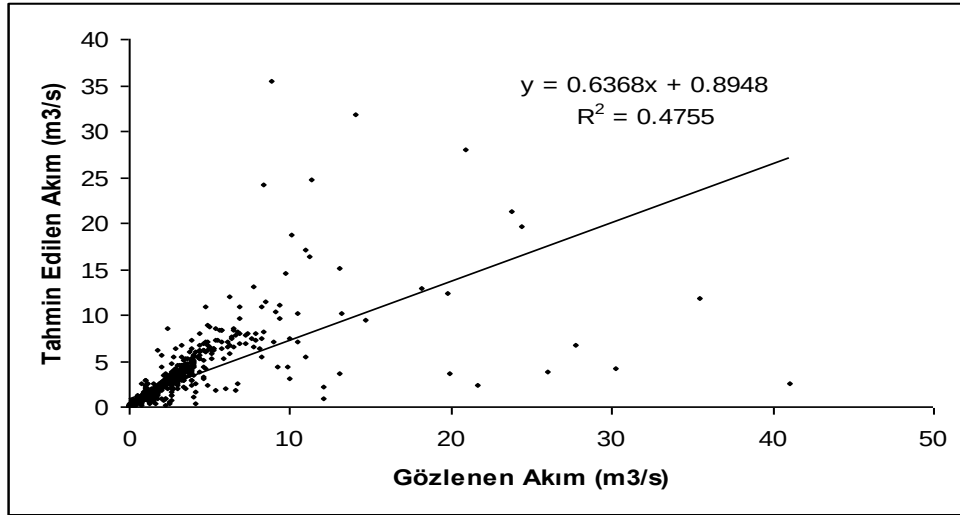
4.2.2. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 01.10.1957-17.12.1965 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 07.06.1974-19.09.1977 tarihleri arasındaki 1201 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.9'a eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 1201 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $6.11 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.476 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 101 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini

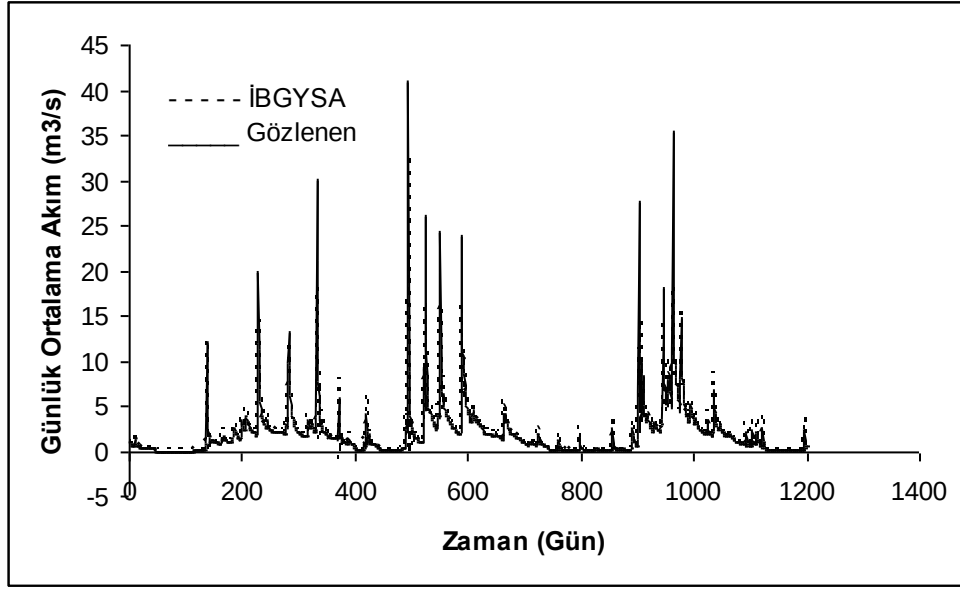


Şekil 4.10 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.

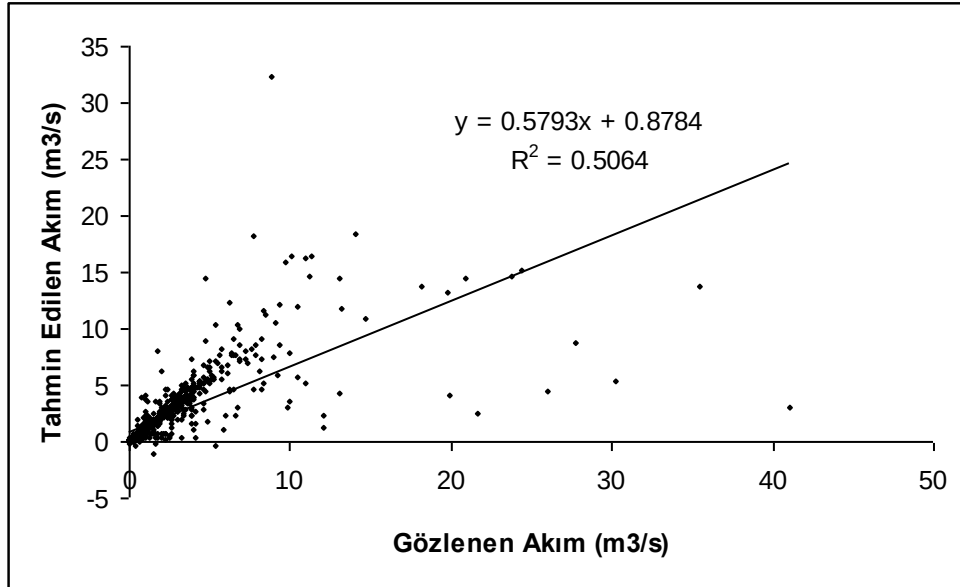
4.2.3. Meriç Havzası 101 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 5 olarak alındı. Simülasyonda 01.10.1957-17.12.1965 tarihleri arasındaki 3000 veri eğitim için, 07.06.1974-19.09.1977 tarihleri arasındaki 1201 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 8 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 1201 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $5.293 \text{ (m}^6\text{/s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.506 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 101 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini



Şekil 4.12 Gözlener kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.

Çalışma sonucunda, İBGYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermesine karşın fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermiştir. RTYSA metodu, karşılaştırma kriterlerine göre GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermiştir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

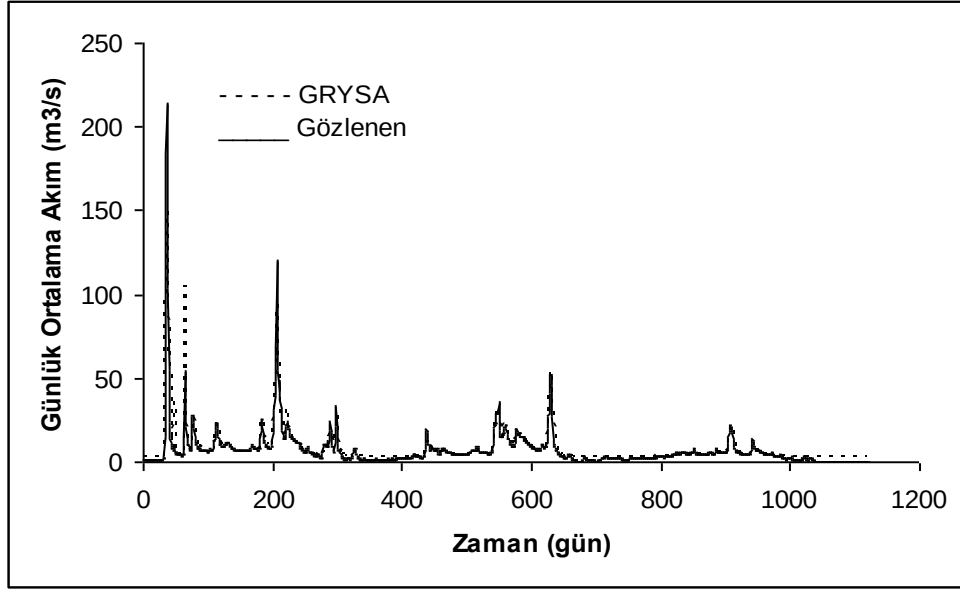
Tablo 4.2: 101 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	01.10.1957-17.12.1965 (3000 gün)	07.06.1974-19.09.1977 (1201gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	İBGYSA (12,5,1)	<u>5.293</u>	<u>0.506</u>
RTYSA	01.10.1957-17.12.1965 (3000 gün)	07.06.1974-19.09.1977 (1201gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	RTYSA (12,x,1) s =0.9	6.11	0.476
GRYSA	01.10.1957-17.12.1965 (3000 gün)	07.06.1974-19.09.1977 (1201gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	GRYSA (12,x,1) s =0.01	6.418	0.404

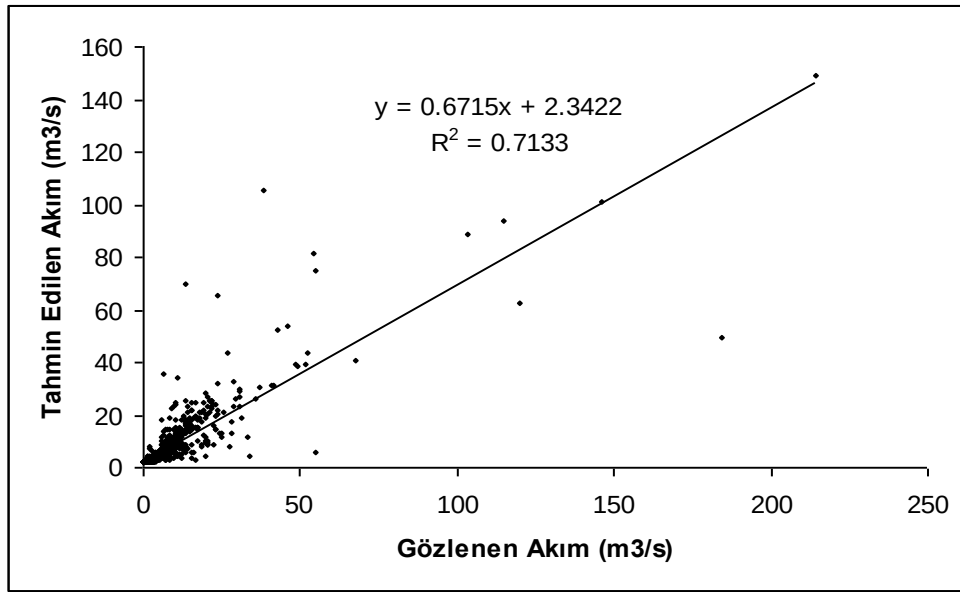
4.2.4. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 17.12.1977-05.03.1986 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 25.08.1991-19.09.1994 tarihleri arasındaki 1121 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.005 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 1121 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 48.822 (m⁶/s²), determinasyon katsayısı değeri 0.713 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 105 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini



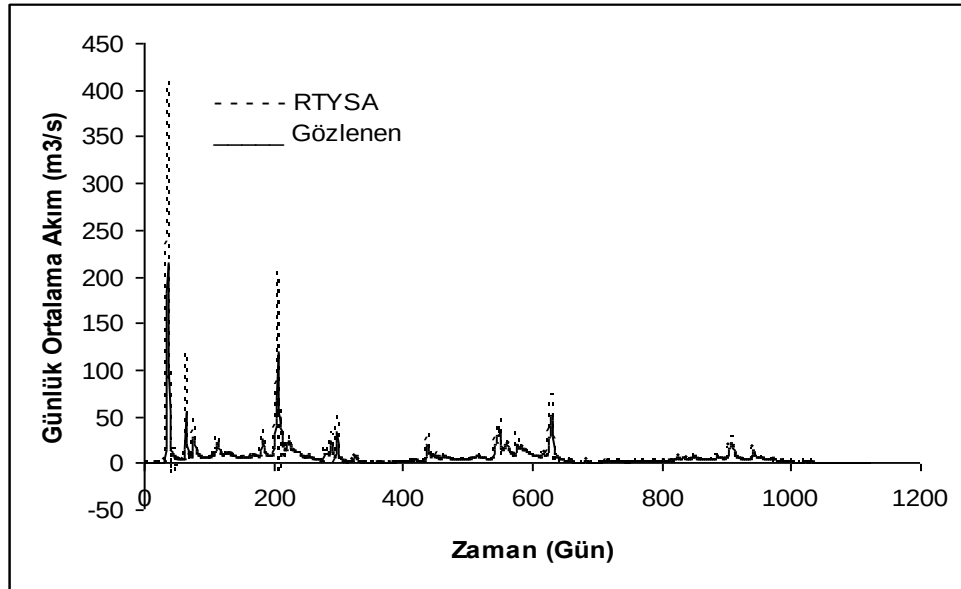
Şekil 4.14 Gözlener kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.

4.2.5. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

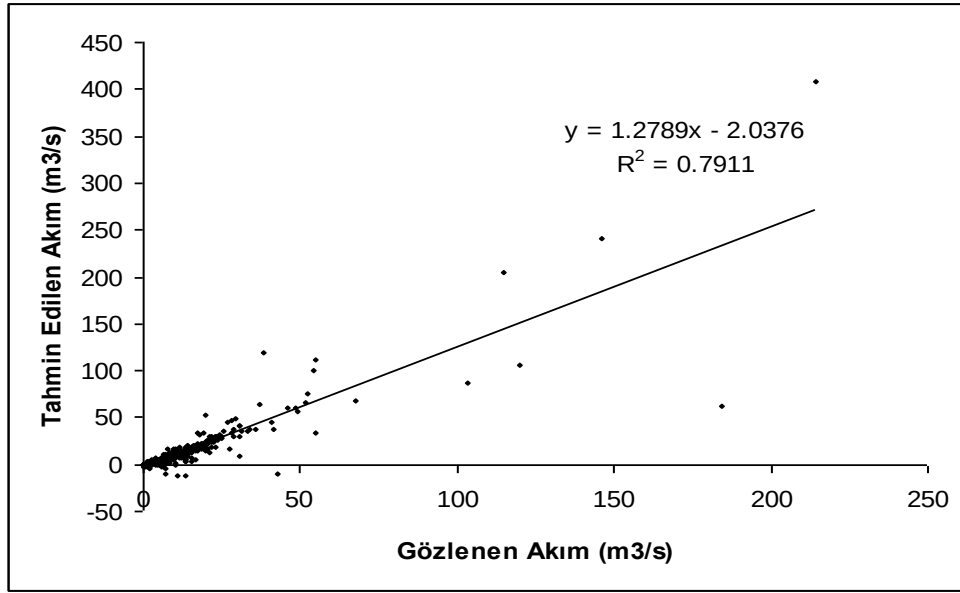
Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12

kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 17.12.1977-05.03.1986 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 25.08.1991-19.09.1994 tarihleri arasındaki 1121 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.8'e eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 1121 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $86.07 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.7911 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 da gösterilmiştir.



Şekil 4.15 105 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini.

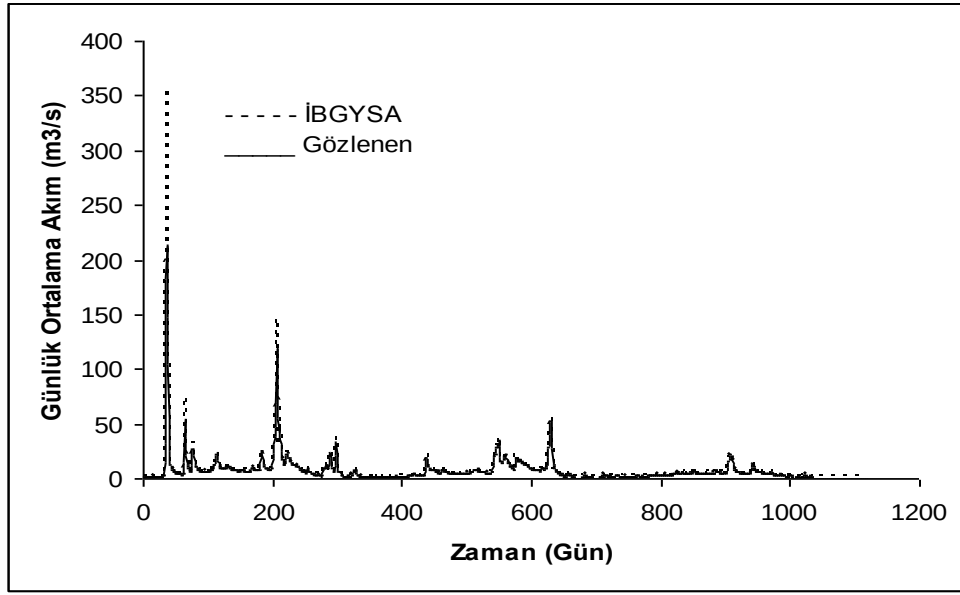


Şekil 4.16 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

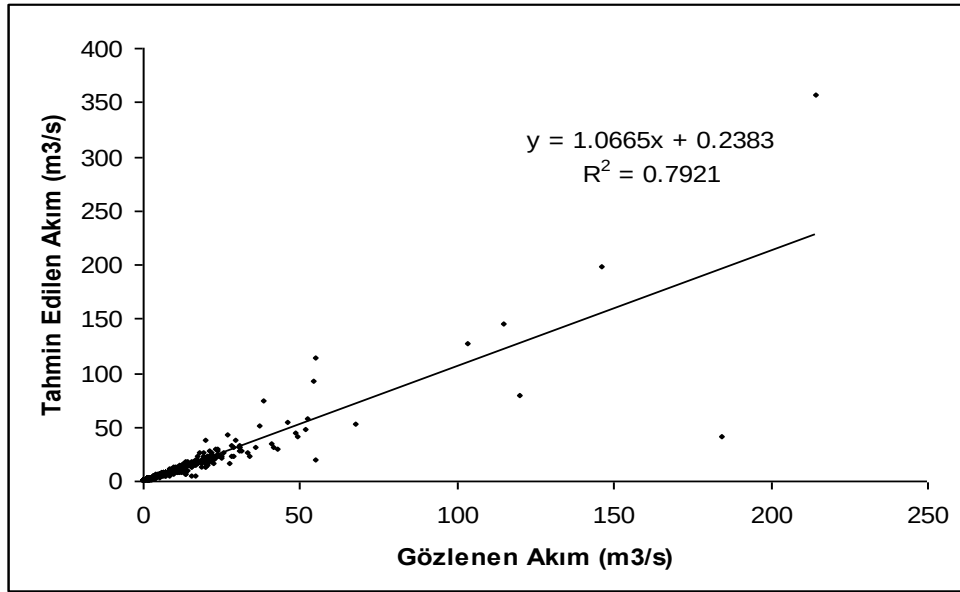
4.2.6. Meriç Havzası 105 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 5 olarak alındı. Simülasyonda 17.12.1977-05.03.1986 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 25.08.1991-19.09.1994 tarihleri arasındaki 1121 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 11 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 1121 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $51.67 \text{ (m}^6\text{/s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.792 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 105 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini



Şekil 4.18 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, GRYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, OKH performans değerlendirme kriteri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA ve RTYSA metodu R^2 performans kriterine göre birbirine yakın sonuçlar vermiş olup GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermişlerdir. RTYSA ile yapılan tahminlerde fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerlerine rastlanmıştır. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.3 de gösterilmiştir.

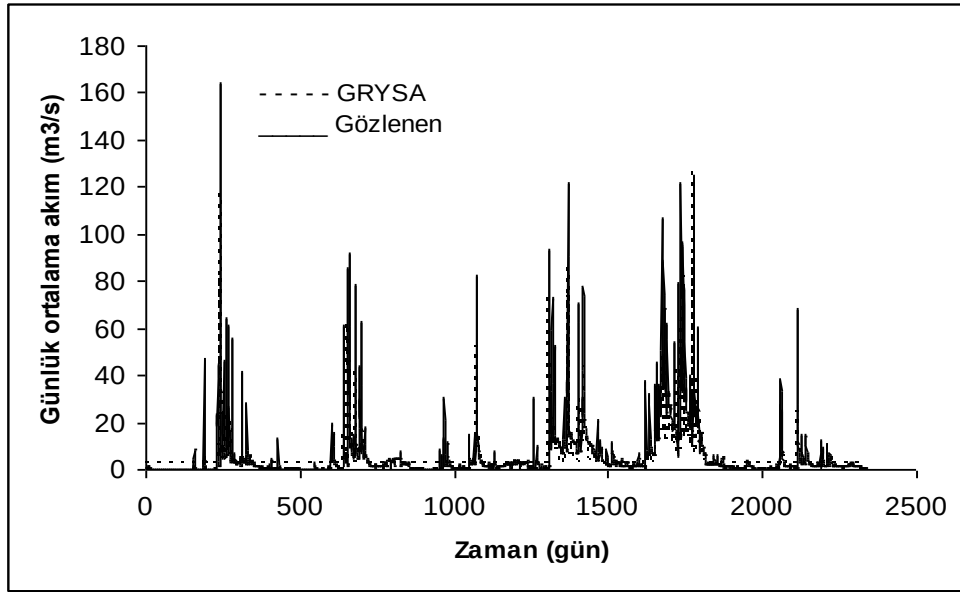
Tablo 4.3: 105 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m^6/s^2)	R ²
İBGYSA	17.12.1977-05.03.1986 (3001 gün)	25.08.1991-19.09.1994 (1121gün)	$Q_{t-12}, Q_{t-11}, Q_{t-10}, Q_{t-9}, Q_{t-8}, Q_{t-7}, Q_{t-6}, Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	İBGYSA (12,5,1)	51.67	0.792
RTYSA	17.12.1977-05.03.1986 (3001 gün)	25.08.1991-19.09.1994 (1121gün)	$Q_{t-12}, Q_{t-11}, Q_{t-10}, Q_{t-9}, Q_{t-8}, Q_{t-7}, Q_{t-6}, Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	RTYSA (12,x,1) s =0.8	86.07	0.791
GRYSA	17.12.1977-05.03.1986 (3001 gün)	25.08.1991-19.09.1994 (1121gün)	$Q_{t-12}, Q_{t-11}, Q_{t-10}, Q_{t-9}, Q_{t-8}, Q_{t-7}, Q_{t-6}, Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	GRYSA (12,x,1) s =0.005	48.82	0.713

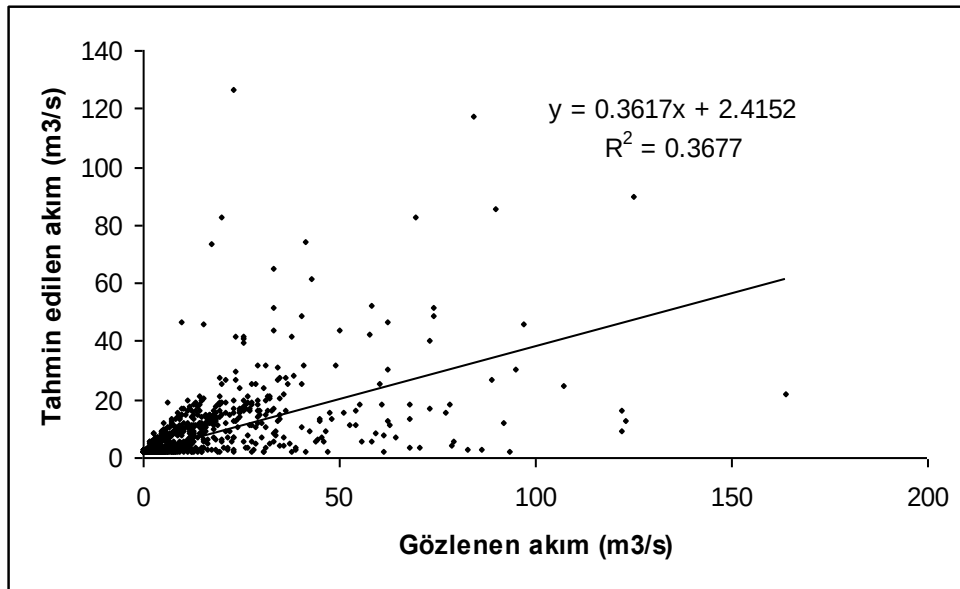
4.2.7. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 23.03.1974-09.06.1982 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 28.04.1994-18.09.2000 tarihleri arasındaki 2336 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.04 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 2336 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $112.57 (m^6/s^2)$, determinasyon katsayısı değeri 0.368 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 de gösterilmiştir.



Şekil 4.19 106 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini



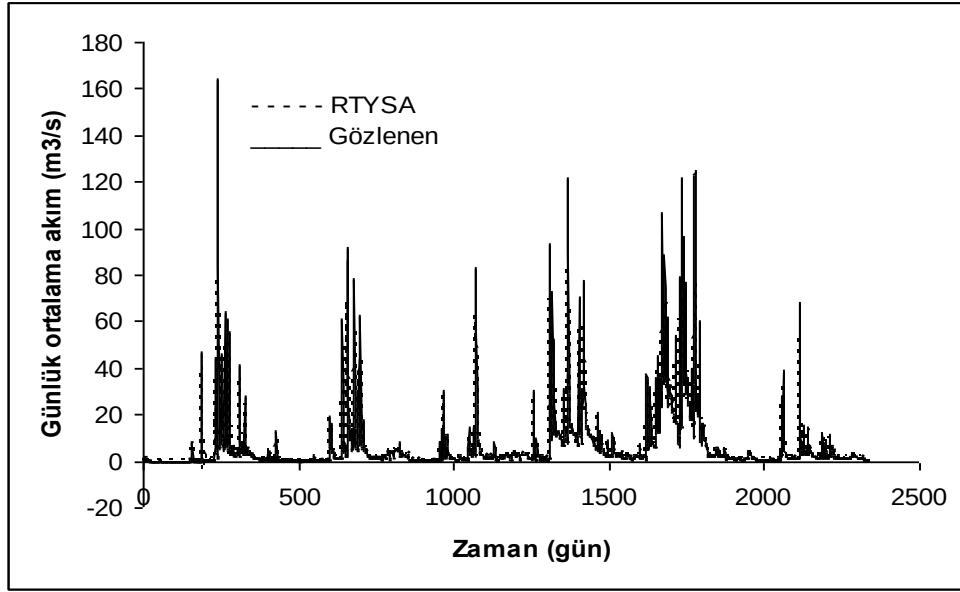
Şekil 4.20 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı.

4.2.8. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

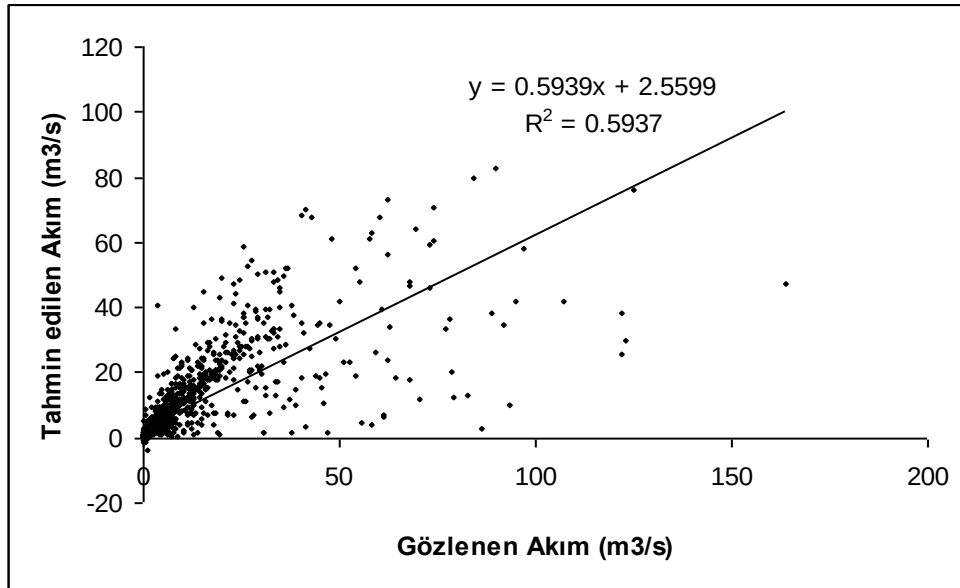
Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 kurak devreli günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı

tabakasında ise tahmin edilecek kurak devreli günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 23.03.1974-09.06.1982 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 28.04.1994-18.09.2000 tarihleri arasındaki 2336 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.9'a eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 2336 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $70.88 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.594 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 106 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini

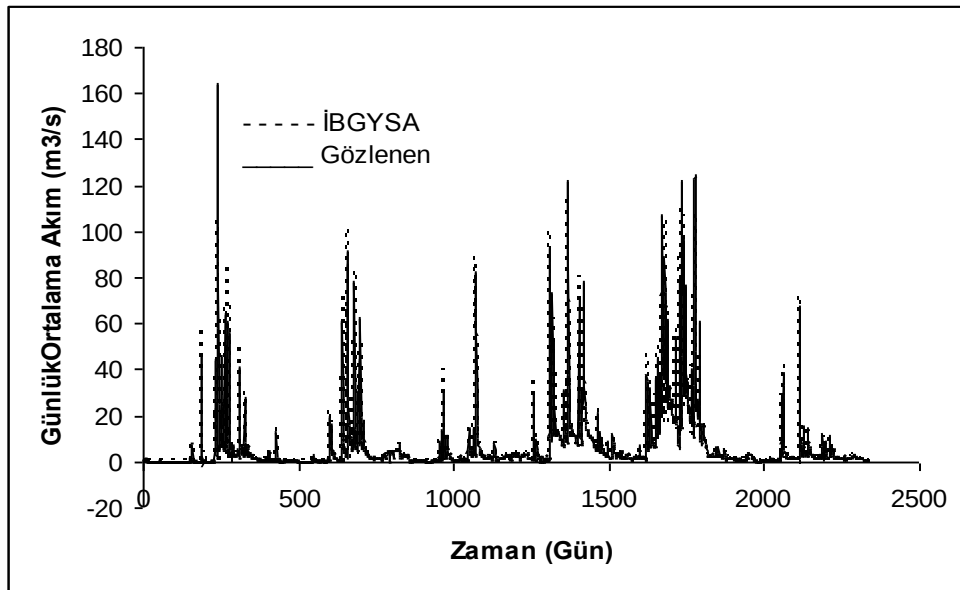


Şekil 4.22 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

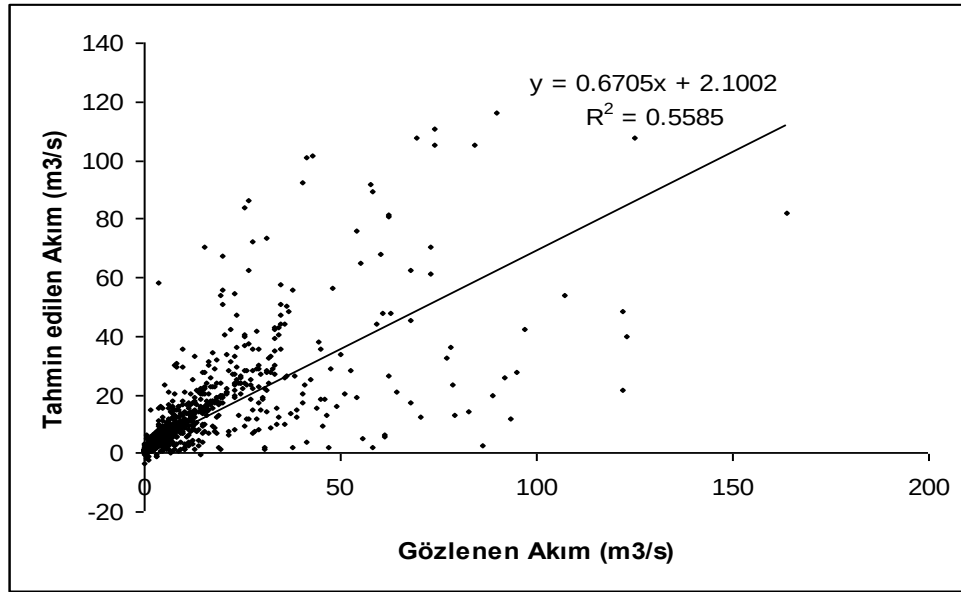
4.2.9. Meriç Havzası 106 No.lu İstasyona ait Kurak Devreli Günlük Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş kurak devreli günlük ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki kurak devreli günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 12 güne ait 12 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 12 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 5 olarak alındı. Simülasyonda 23.03.1974-09.06.1982 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 28.04.1994-18.09.2000 tarihleri arasındaki 2336 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 10 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 2336 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $80.954 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.559 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.23 ve Şekil 4.24 de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 106 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen kurak devreli günlük akım verisi tahmini



Şekil 4.24 Gözlenen kurak devreli günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen kurak devreli günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi değerler vermesine karşın, RTYSA ve İBGYSA veri tahminlerinde, fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermişlerdir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.4 de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: 106 No.lu istasyona ait kurak devreli günlük akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	23.03.1974-09.06.1982 (3001 gün)	28.04.1994-18.09.2000 (2336gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	İBGYSA (12,5,1)	80.954	0.559
RTYSA	23.03.1974-09.06.1982 (3001 gün)	28.04.1994-18.09.2000 (2336gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	RTYSA (12,x,1) s=0.9	70.88	0.594
GRYSA	23.03.1974-09.06.1982 (3001 gün)	28.04.1994-18.09.2000 (2336gün)	Q _{t-12} , Q _{t-11} , Q _{t-10} , Q _{t-9} , Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	GRYSA (12,x,1) s=0.04	112.57	0.368

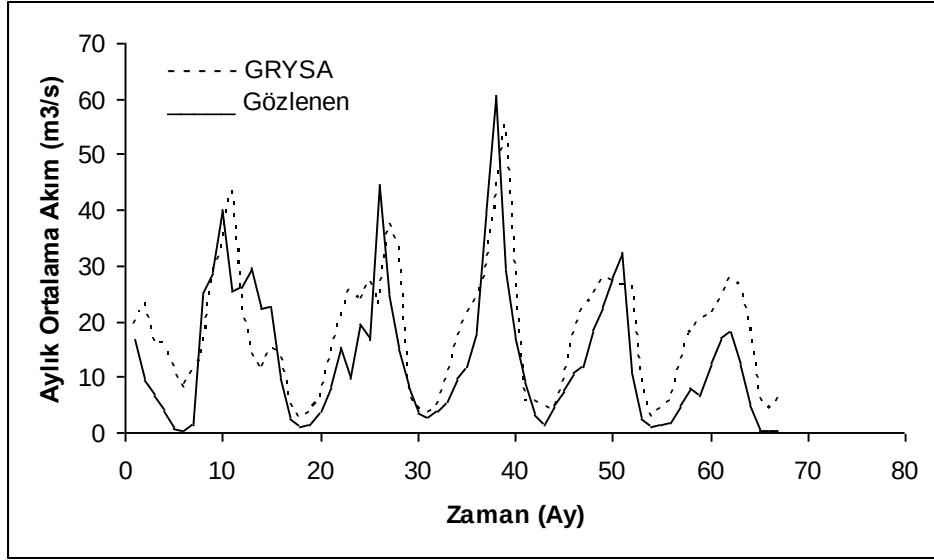
4.3. Aylık Akım Verisi Tahmin Sonuçları

Sakarya Havzası'ndaki 1222-Kocasu-Rüstümköy İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri ve Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'ndaki 1714-Göksu-Karahacılı İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

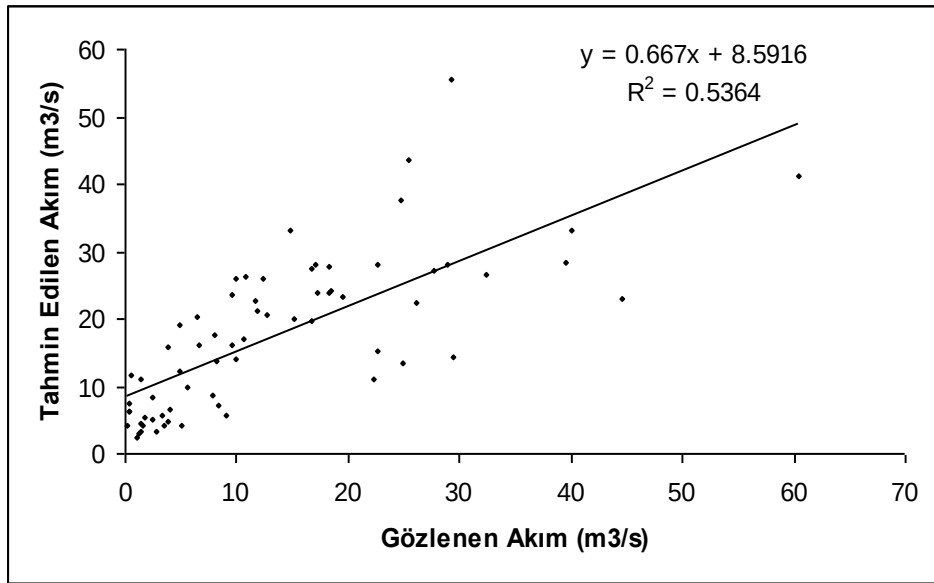
4.3.1. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda ekim 1969 ile eylül 1994 tarihleri arasındaki 300 veri eğitim için, ekim 1994 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 67 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.1 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 67 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $92.184 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.536 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.25 ve Şekil 4.26 da gösterilmiştir.



Şekil 4.25 1222 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini



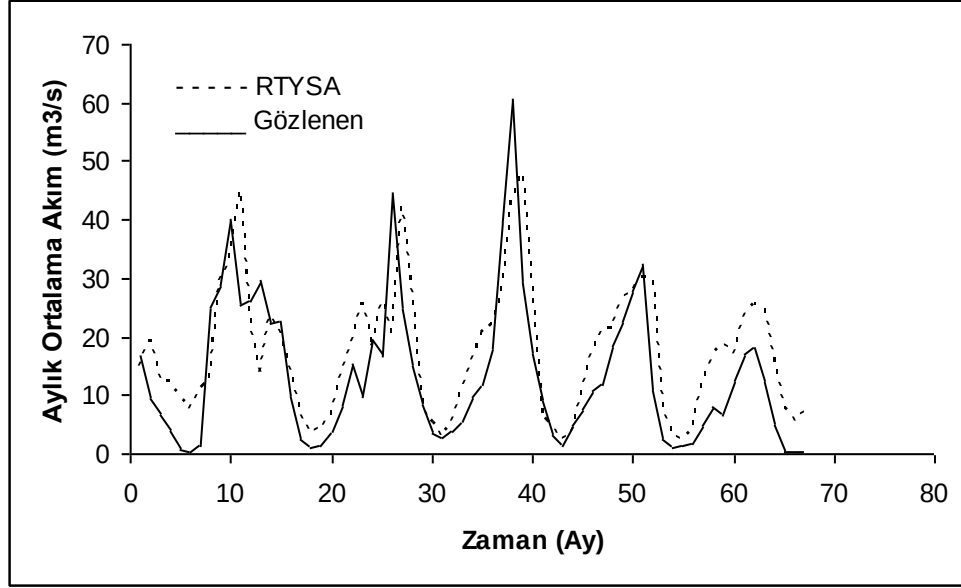
Şekil 4.26 Gözlenen aylık akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı

4.3.2. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

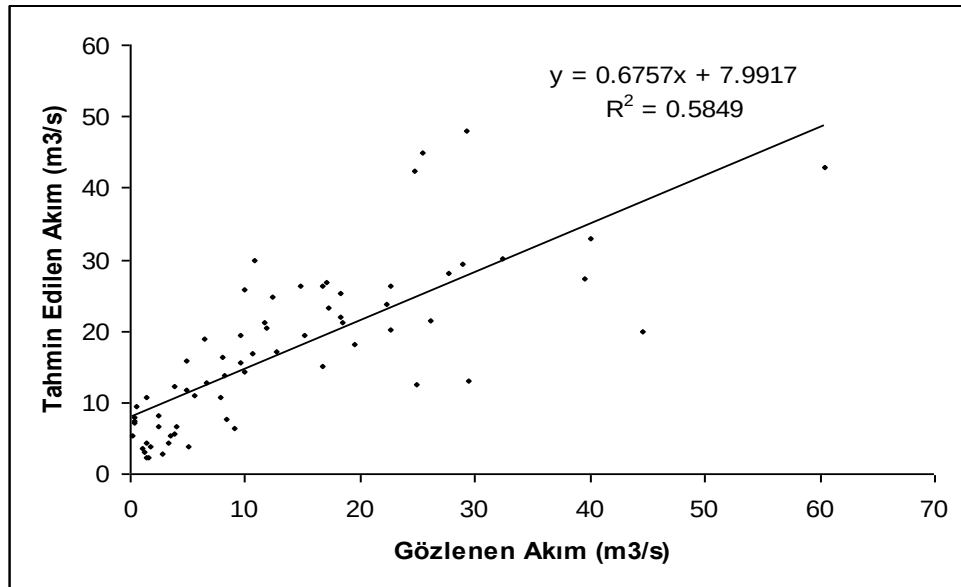
Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda ekim 1969 ile eylül 1994

tarihleri arasındaki 300 veri eğitim için, ekim 1994 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 67 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.3'e eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 67 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $78.38 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.585 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.27 ve Şekil 4.28 de gösterilmiştir.



Şekil 4.27 1222 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini

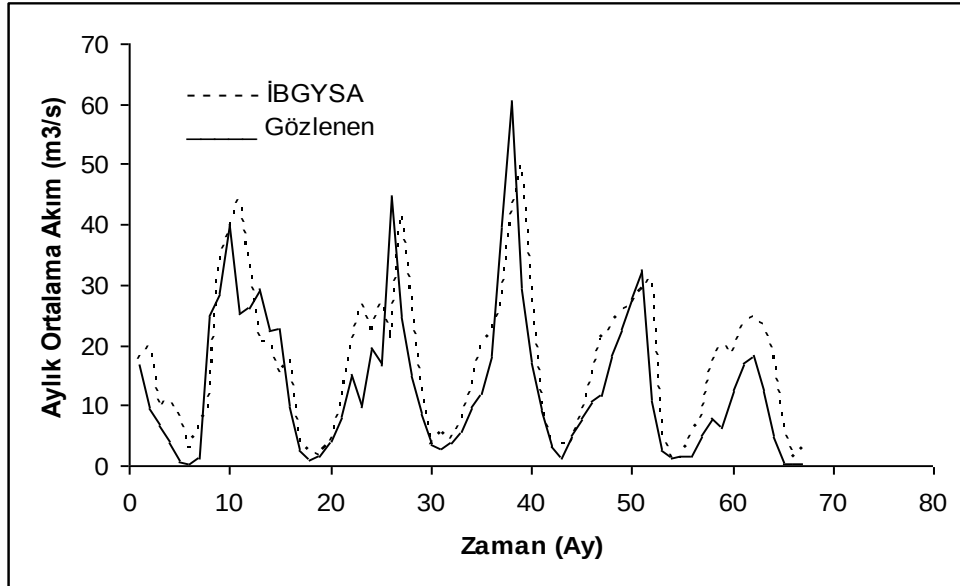


Şekil 4.28 Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı

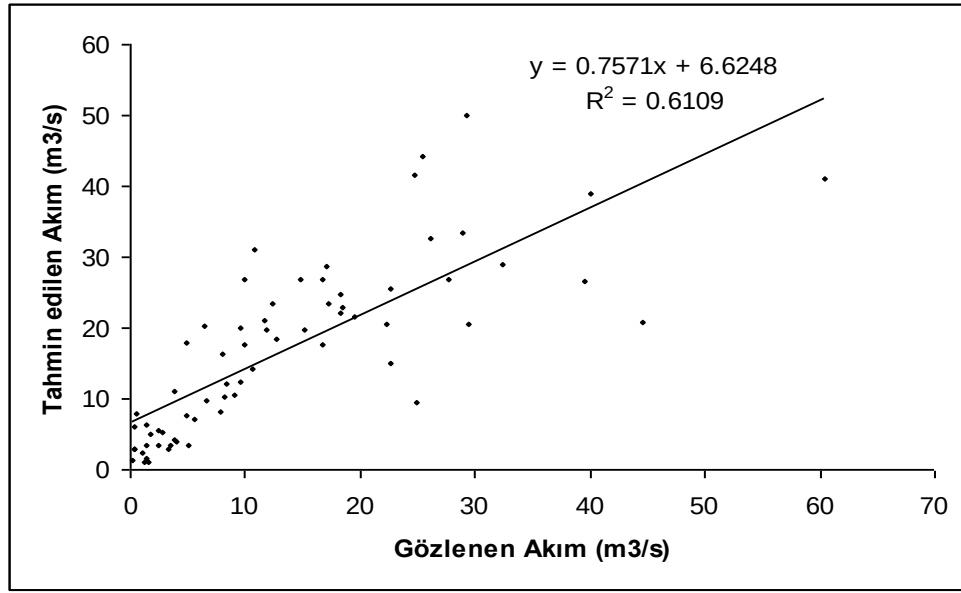
4.3.3. Sakarya Havzası 1222 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 2 olarak alındı. Simülasyonda ekim 1969 ile eylül 1994 tarihleri arasındaki 300 veri eğitim için, ekim 1994 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 67 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 7 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 67 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $75.638 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.611 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 da gösterilmiştir.



Şekil 4.29 1222 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini



Şekil 4.30 Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.5 de gösterilmiştir.

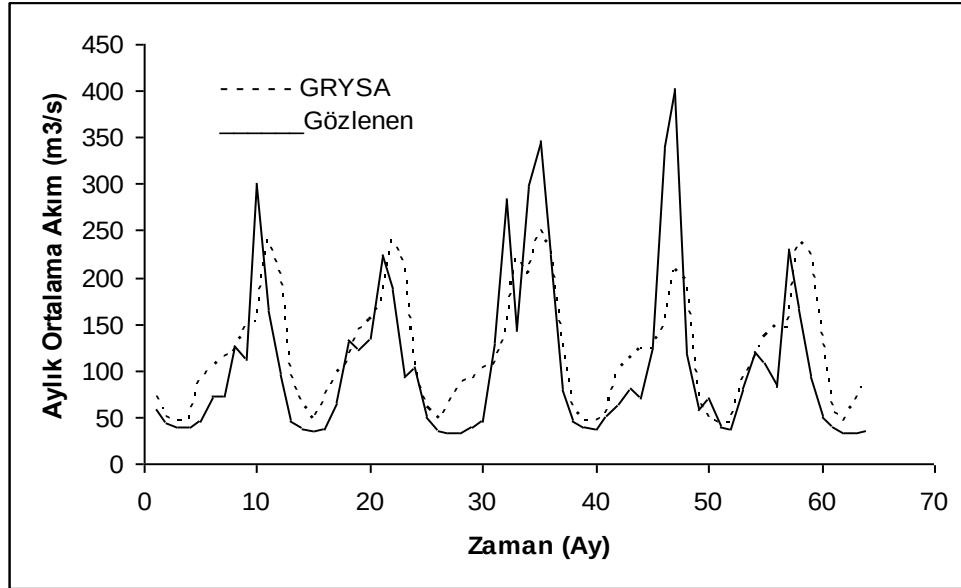
Tablo 4.5: 1222 No.lu istasyona ait aylık akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	ekim 1969-eylül 1994 (300 ay)	ekim 1994-nisan 2000 (67 ay)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	İBGYSA (5,2,1)	<u>75.638</u>	<u>0.611</u>
RTYSA	ekim 1969-eylül 1994 (300 ay)	ekim 1994-nisan 2000 (67 ay)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	RTYSA (5,x,1) s =0.3	78.38	0.585
GRYSA	ekim 1969-eylül 1994 (300 ay)	ekim 1994-nisan 2000 (67 ay)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	GRYSA (5,x,1) s =0.1	92.184	0.536

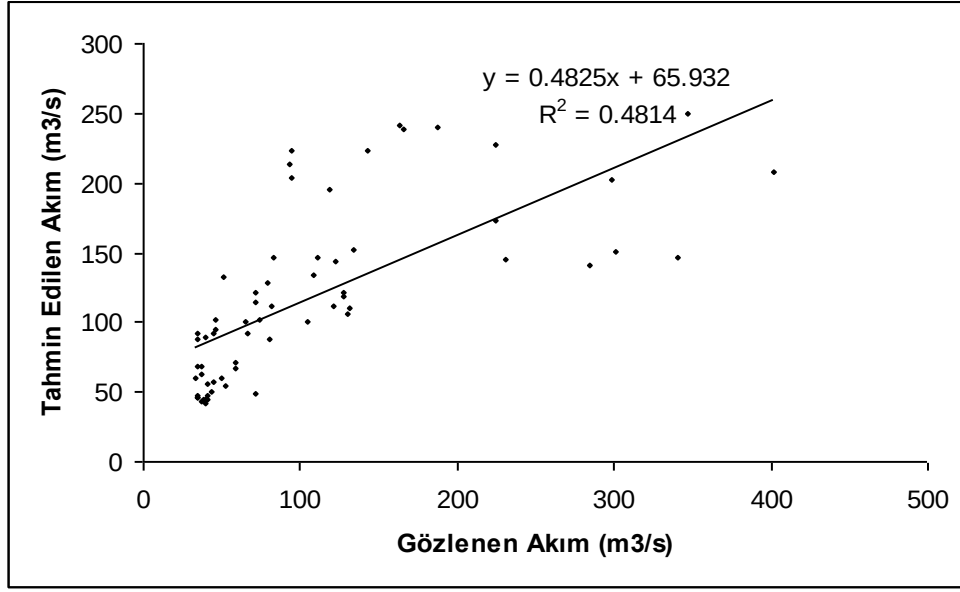
4.3.4. Mütferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş aylık ortalama akım değeri kullarılarak sonraki aylık ortalama akım değeri tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değeri daha iyi sonuç verdiği görülmeydi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değeri gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda ekim 1973 ile aralık 1994 tarihleri arasındaki 255 veri eğitim için, ocak 1995 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 64 veri test için kullarıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.1 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 64 akım değeri oluşturulan test verisinin ortalama hata karesi değeri 4122.08 (m^6/s^2), determinasyon katsayısı değeri 0.481 olarak hesaplandı. Bu değeri grafiği Şekil 4.31 ve Şekil 4.32 de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 1714 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini

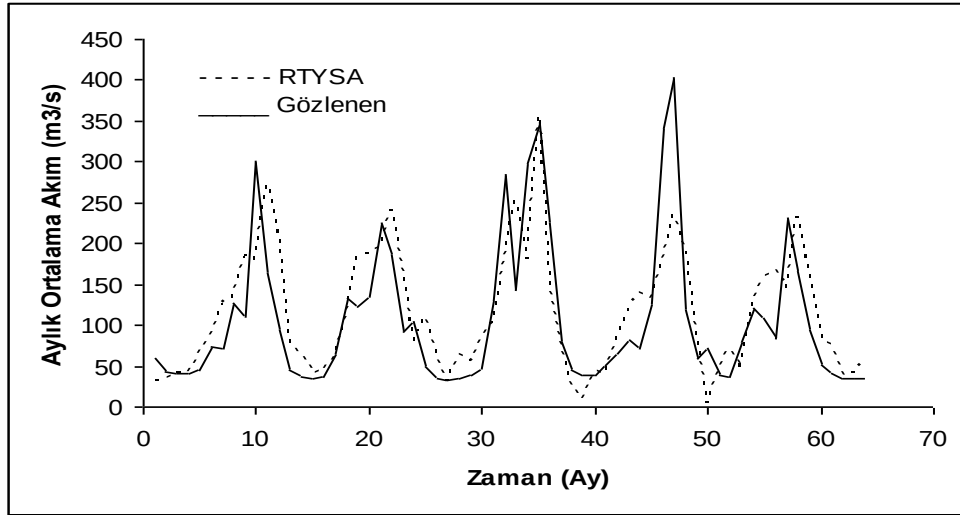


Şekil 4.32 Gözlener aylık akım değeri ve GRYSA ile elde edilen aylık akım değeri için saçılma diyagramı

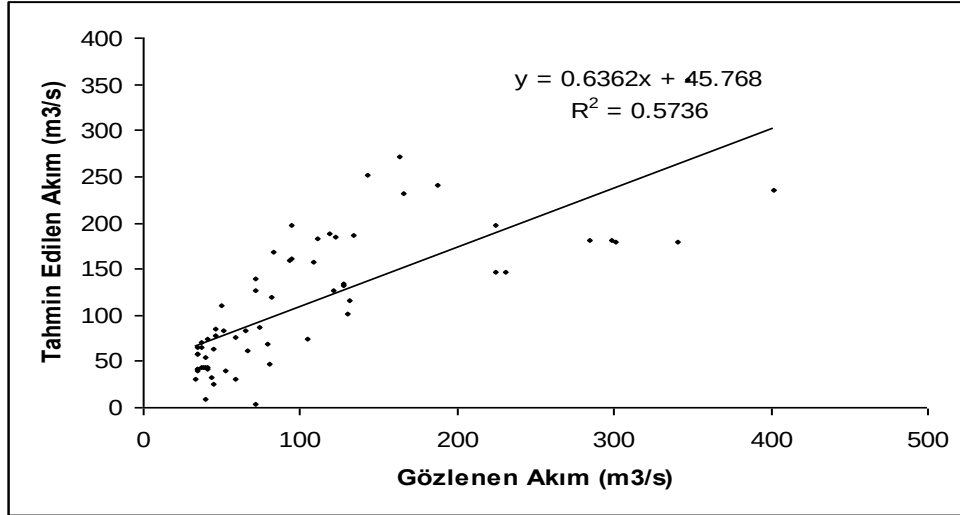
4.3.5. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş aylık ortalama akım değeri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değeri tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değeri için daha iyi sonuç vermediği görüldü. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değeri gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda ekim 1973 ile aralık 1994 tarihleri arasındaki 255 veri eğitim için, ocak 1995 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 64 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.7'ye eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 64 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 3392.67 (m^6/s^2), determinasyon katsayısı değeri 0.574 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.33 ve Şekil 4.34 de gösterilmiştir.



Şekil 4.33 1714 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini



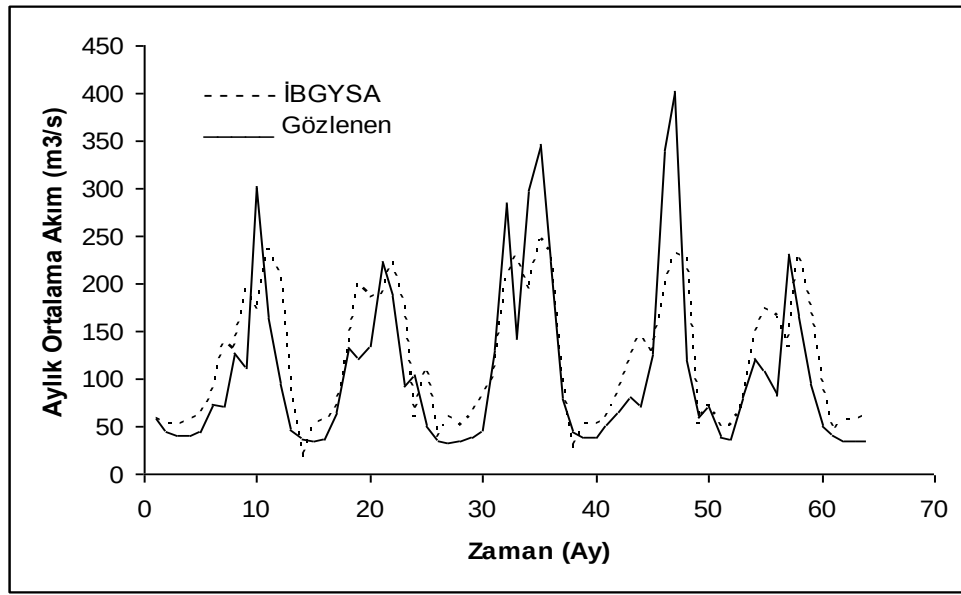
Şekil 4.34 Gözlenen aylık akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı

4.3.6. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları 1714 No.lu İstasyona ait Aylık Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

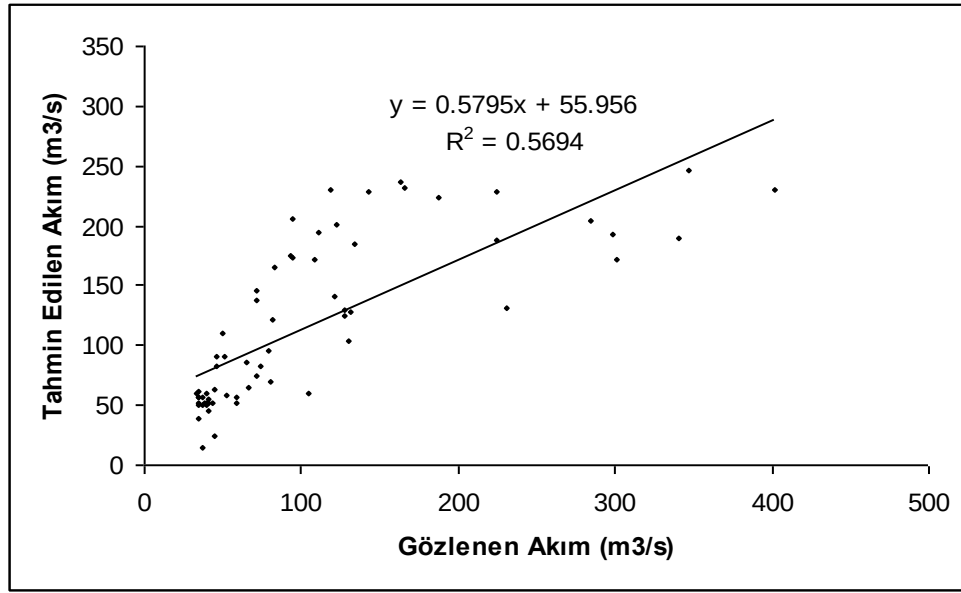
Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş aylık ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki aylık ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 aya ait 5 aylık ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek aylık ortalama akım değerini gösteren son

hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 2 olarak alındı. Simülasyonda ekim 1973 ile aralık 1994 tarihleri arasındaki 255 veri eğitim için, ocak 1995 ile nisan 2000 tarihleri arasındaki 64 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 8 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 64 akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $3451.35 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.569 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.35 ve Şekil 4.36 da gösterilmiştir.



Şekil 4.35 1714 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen aylık akım verisi tahmini



Şekil 4.36 Gözlenen aylık akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen aylık akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri ile İBGYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri performans değerlendirme kriterlerine göre birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir. GRYSA metodu ise, performans kriterlerine göre kullanılan diğer iki YSA metoduna kıyasla daha kötü sonuç vermiştir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.6 da gösterilmiştir.

Tablo 4.6: 1714 No.lu istasyona ait aylık akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	ekim 1973-aralık 1994 (255 ay)	ocak 1995-nisan 2000 (64 ay)	Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	İBGYSA (5,2,1)	3451.35	0.569
RTYSA	ekim 1973-aralık 1994 (255 ay)	ocak 1995-nisan 2000 (64 ay)	Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	RTYSA (5,x,1) s =0.7	3392.67	0.574
GRYSA	ekim 1973-aralık 1994 (255 ay)	ocak 1995-nisan 2000 (64 ay)	Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1}	GRYSA (5,x,1) s =0.1	4122.08	0.481

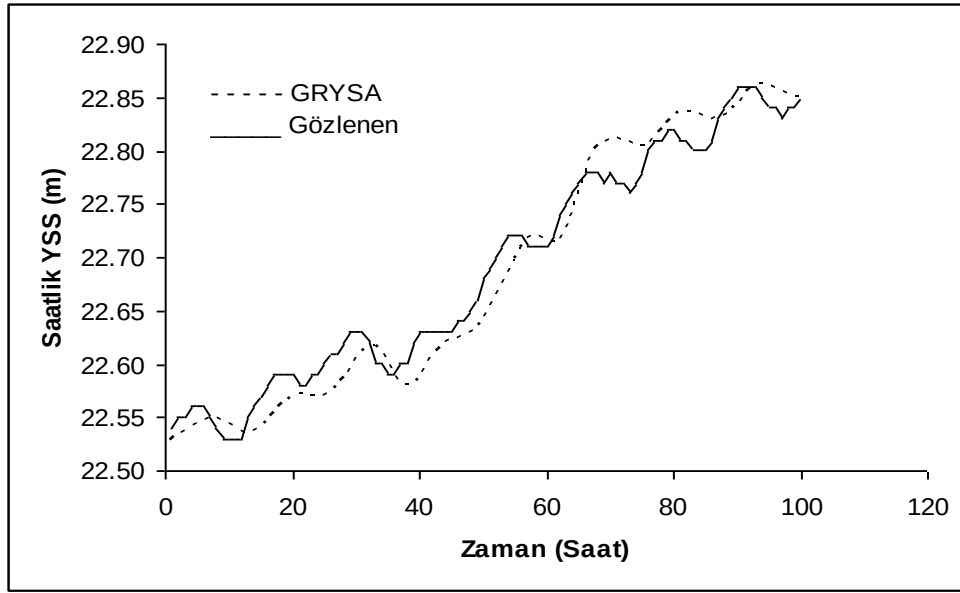
4.4. Yer Altı Suyu Verisi Tahmin Sonuçları

Fairfield Havzası'ndaki USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu yer altı suyu gözlem istasyonlarından elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için zaman serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

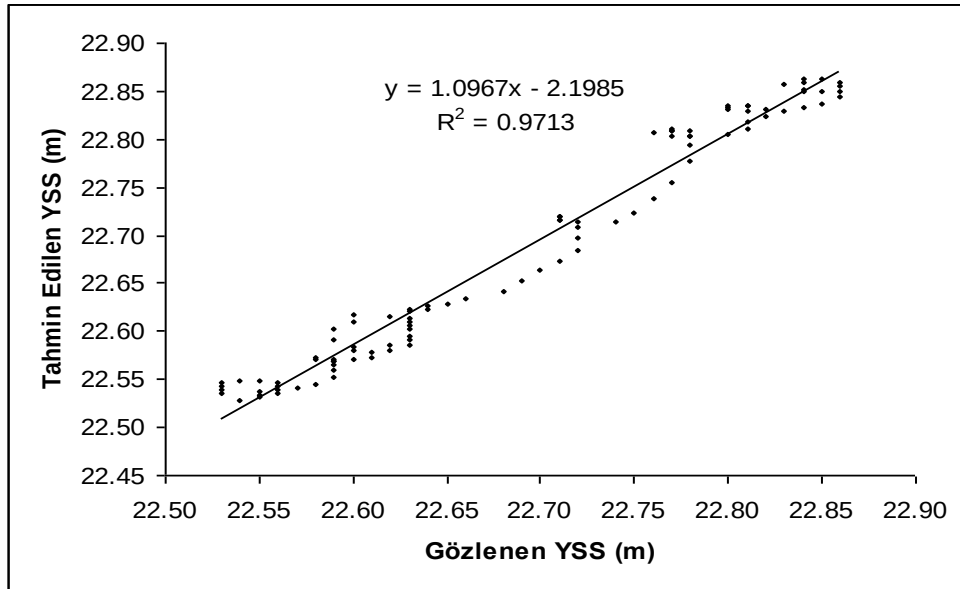
4.4.1. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerleri kullanılarak sonraki saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 saate ait 5 saatlik ortalama yer altı su seviyesi verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 10.11.2004, 04:00 ile 07.12.2004, 06:00 tarihleri arasındaki 651 veri eğitim için, 06.11.2004, 0:00 ile 10.11.2004, 03:00 tarihleri arasındaki 100 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.005 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 100 yer altı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $0.0005 (m^2)$, determinasyon katsayısı değeri 0.971 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.37 ve Şekil 4.38 de gösterilmiştir.



Şekil 4.37 USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen saatlik yer altı su seviyesi verisi tahmini

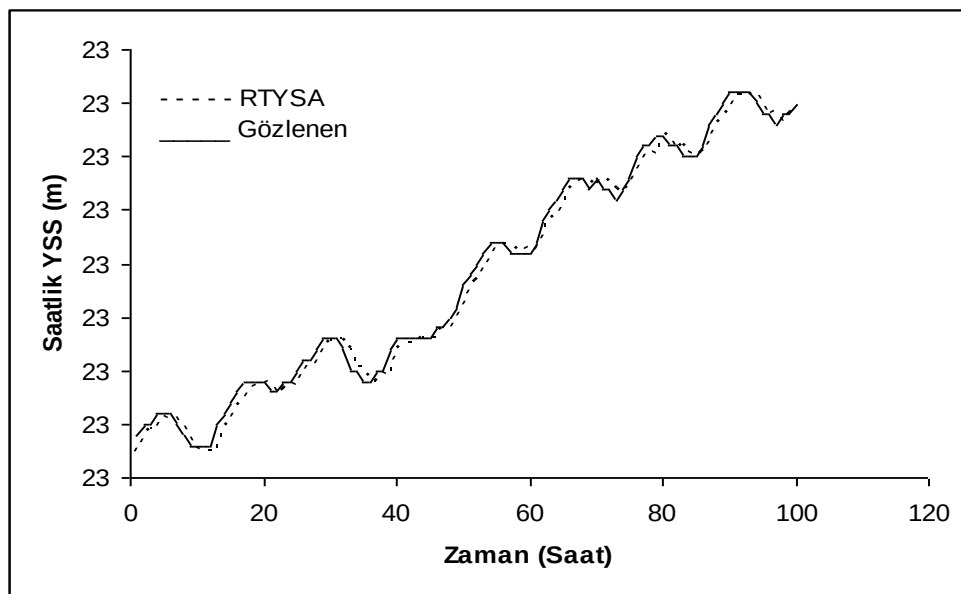


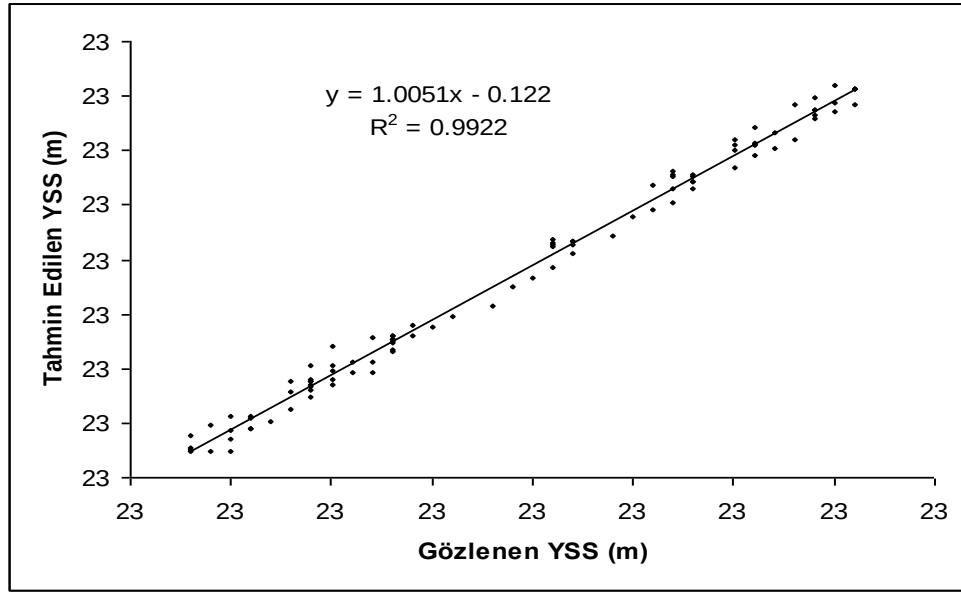
Şekil 4.38 Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı

4.4.2. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerleri kullanılarak sonraki saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 saate ait 5 saatlik ortalama yer altı su seviyesi verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu.

Daha az ya da daha çok girdi değeri için daha iyi sonuç vermediği görülmüştür. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek saatlik ortalama yer altı su seviyesi değeri gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 10.11.2004, 04:00 ile 07.12.2004, 06:00 tarihleri arasındaki 651 veri eğitim için, 06.11.2004, 0:00 ile 10.11.2004, 03:00 tarihleri arasındaki 100 veri test için kullanıldı.



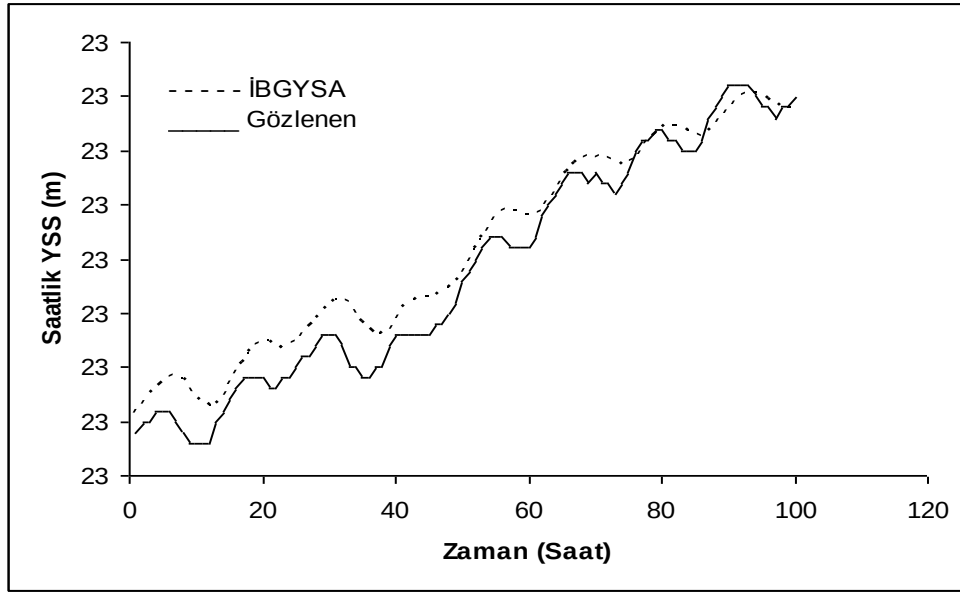


Şekil 4.40 Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve RTYSA ile elde edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı

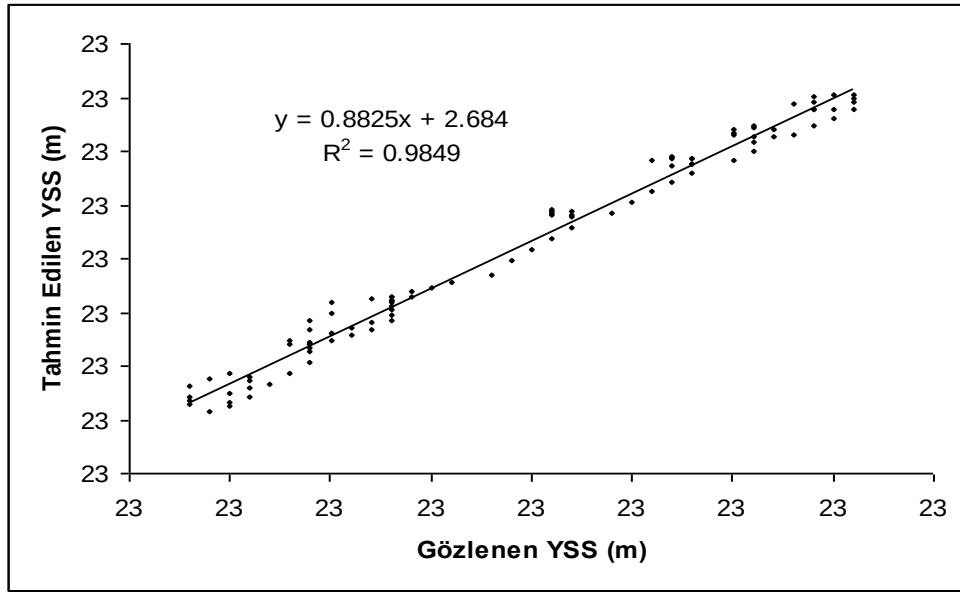
4.4.3. Fairfield Havzası USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu İstasyona ait Yer Altı Suyu Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerleri kullanılarak sonraki saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 5 saate ait 5 saatlik ortalama yer altı su seviyesi verisi girdi tabakasındaki 5 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek saatlik ortalama yer altı su seviyesi değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 2 olarak alındı. Simülasyonda 10.11.2004, 04:00 ile 07.12.2004, 06:00 tarihleri arasındaki 651 veri eğitim için, 06.11.2004, 0:00 ile 10.11.2004, 03:00 tarihleri arasındaki 100 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 8 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 100 yer altı su seviyesi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $0.000618 \text{ (m}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.985 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.41 ve Şekil 4.42 de gösterilmiştir.



Şekil 4.41 USGS 410628073413301 CT- GW 21 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen saatlik yer altı su seviyesi verisi tahmini



Şekil 4.42 Gözlenen saatlik yer altı su seviyesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen saatlik yer altı su seviyesi değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, üç YSA metodunda OKH ve R^2 performans kriteri değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır ve oldukça yüksek determinasyon katsayısı değerlerine ulaşılmıştır. RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre biraz daha iyi sonuç vermiştir. GRYSA metodu, OKH karşılaştırma kriterine göre

İBGYSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.7 de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: USGS 410628073413301 CT- GW 21 No.lu istasyona ait yer altı suyu verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ²)	R ²
İBGYSA	10.11.2004 00:00-06.12.2004 22:00 (651 saat)	06.11.2004 0:00-09.11.2004 23:00 (100 saat)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	İBGYSA (5,2,1)	0.000618	0.985
RTYSA	10.11.2004 00:00-06.12.2004 22:00 (651 saat)	06.11.2004 0:00-09.11.2004 23:00 (100 saat)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	RTYSA (5,x,1) s =0.05	0.000116	0.992
GRYSA	10.11.2004 00:00-06.12.2004 22:00 (651 saat)	06.11.2004 0:00-09.11.2004 23:00 (100 saat)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}$	GRYSA (5,x,1) s =0.005	0.0005	0.971

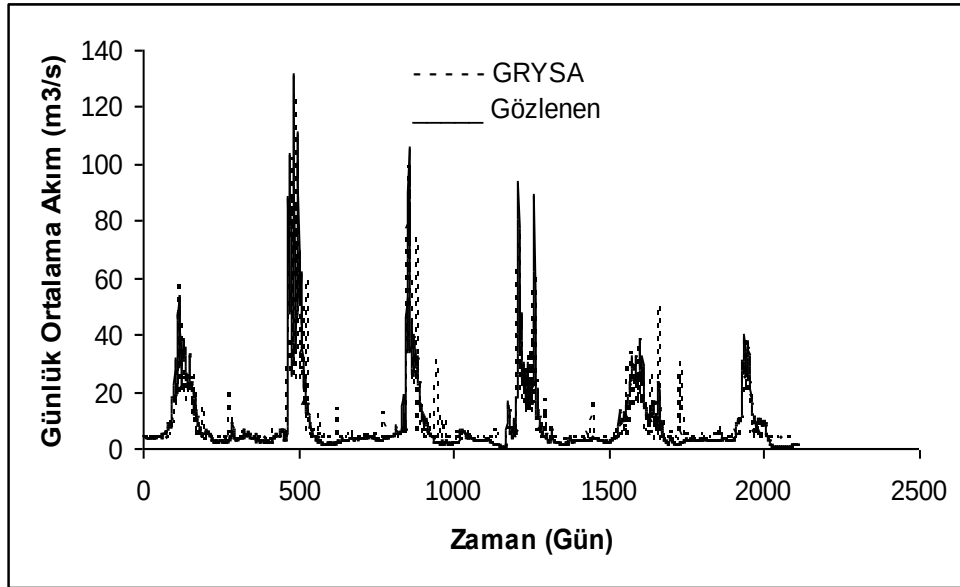
4.5. Günlük Yağış ve Akım Verisi Tahmin Sonuçları

Aras Havzası'ndaki 2409-Kars Çayı-Güvercinkaya İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için günlük ortalama akım serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Aynı şekilde günlük toplam yağış serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

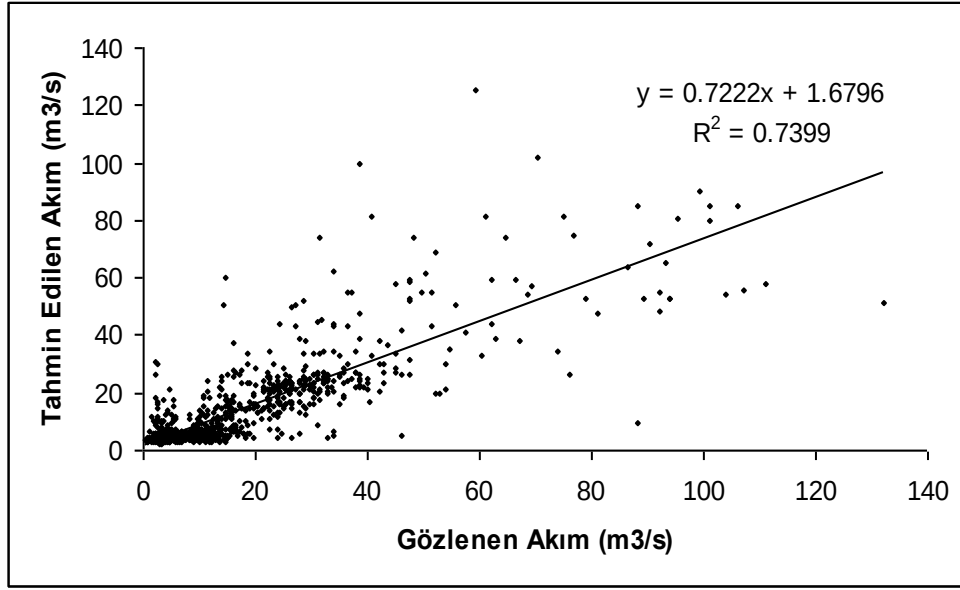
4.5.1. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş günlük toplam yağış ve ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 8 güne ait 8 günlük ortalama

akım verisi ile tahmin edilecek güne ait günlük toplam yağış verisi ve geçmiş 6 güne ait 6 günlük toplam yağış verisi girdi tabakasındaki 15 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 27.09.1975 ile 14.12.1983 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 26.11.1994 ile 01.09.2000 tarihleri arasındaki 2107 veri test için kullanıldı. Simülasyonda düzeltme parametresi 0.02 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 2107 günlük ortalama akım verisi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $52 \text{ (m}^6\text{/s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.74 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.43 ve Şekil 4.44 de gösterilmiştir.



Şekil 4.43 2409 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini

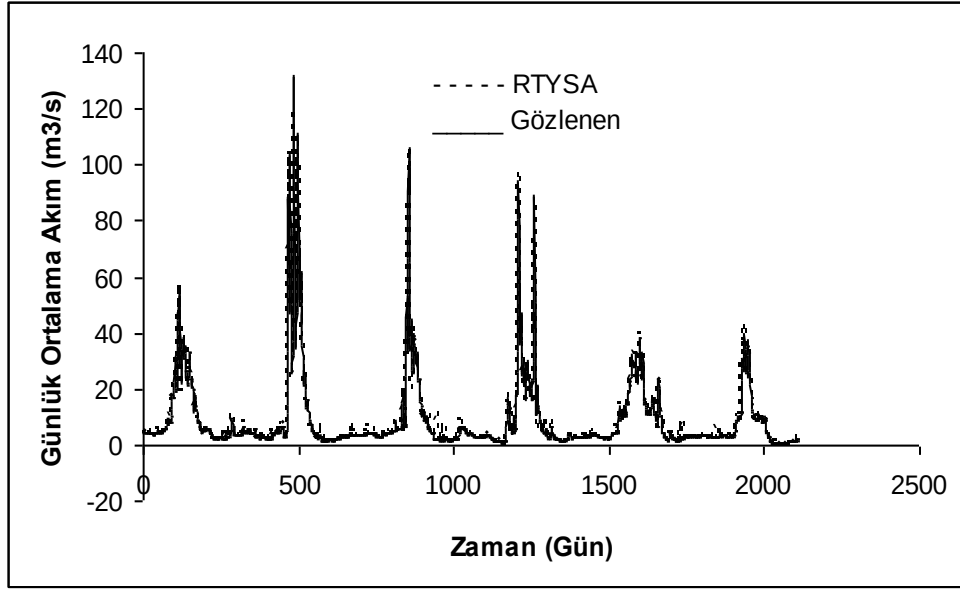


Şekil 4.44 Gözlenen günlük akım değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

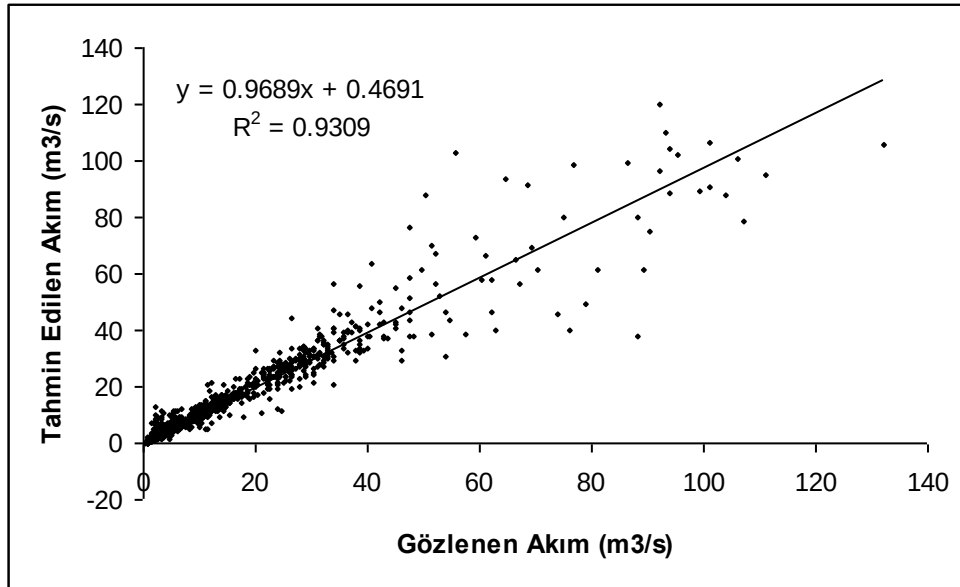
4.5.2. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş günlük toplam yağış ve ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 8 güne ait 8 günlük ortalama akım verisi ile tahmin edilecek güne ait günlük toplam yağış verisi ve geçmiş 6 güne ait 6 günlük toplam yağış verisi girdi tabakasındaki 15 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 27.09.1975 ile 14.12.1983 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 26.11.1994 ile 01.09.2000 tarihleri arasındaki 2107 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.8'e eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 2107 günlük ortalama akım verisi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri $13.925 \text{ (m}^6/\text{s}^2\text{)}$, determinasyon katsayısı değeri 0.931 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.45 ve Şekil 4.46 da gösterilmiştir.



Şekil 4.45 2409 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini



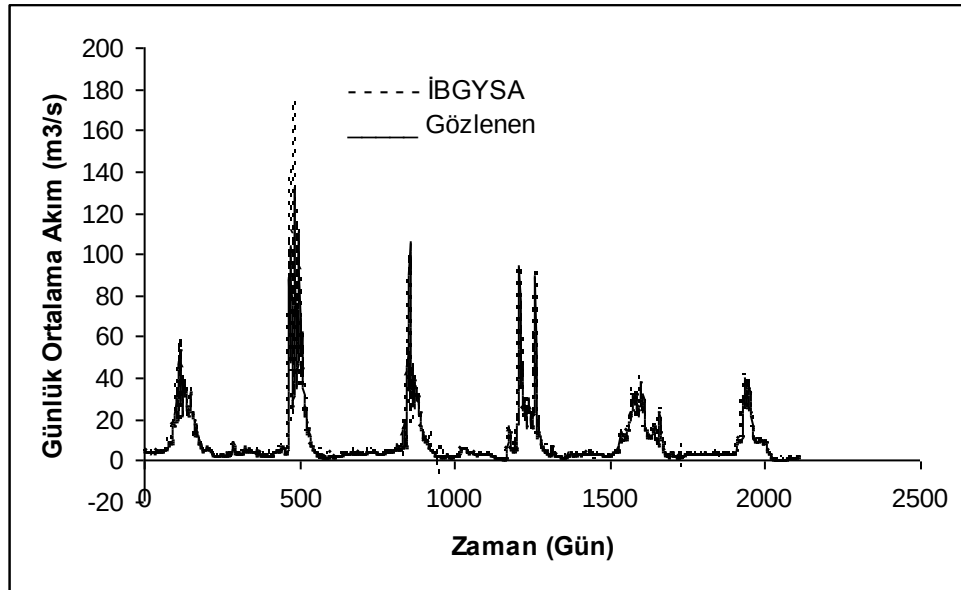
Şekil 4.46 Gözlenen günlük akım değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

4.5.3. Aras Havzası 2409 No.lu İstasyona ait Günlük Yağış ve Akım Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

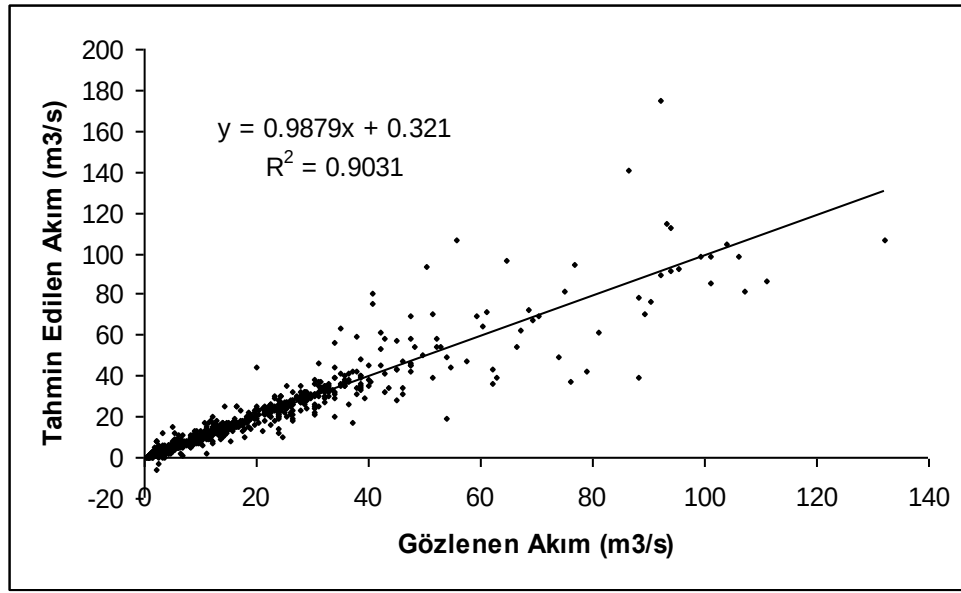
Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş günlük toplam yağış ve ortalama akım değerleri kullanılarak sonraki günlük ortalama akım değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 8 güne ait 8 günlük ortalama akım verisi ile

tahmin edilecek güne ait günlük toplam yağış verisi ve geçmiş 6 güne ait 6 günlük toplam yağış verisi girdi tabakasındaki 15 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük ortalama akım verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 7 olarak alındı. Simülasyonda 27.09.1975 ile 14.12.1983 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 26.11.1994 ile 01.09.2000 tarihleri arasındaki 2107 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 14 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 2107 günlük ortalama akım değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 20.67 (m^6/s^2), determinasyon katsayısı değeri 0.903 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.47 ve Şekil 4.48 de gösterilmiştir.



Şekil 4.47 2409 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük akım verisi tahmini



Şekil 4.48 Gözlenen günlük akım değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük akım değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak, RTYSA ve İBGYSA metodları fiziksel anlamı olmayan negatif tahmin değerleri vermişlerdir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.8 de gösterilmiştir.

Tablo 4.8: 2409 No.lu istasyona ait günlük yağış ve akım verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (m ⁶ /s ²)	R ²
İBGYSA	27.09.1975 - 14.12.1983 (3001 gün)	26.11.1994 - 01.09.2000 (2107 gün)	Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1} , R _{t-6} , R _{t-5} , R _{t-4} , R _{t-3} , R _{t-2} , R _{t-1} , R _t	İBGYSA (15,7,1)	20.67	0.903
RTYSA	27.09.1975 - 14.12.1983 (3001 gün)	26.11.1994 - 01.09.2000 (2107 gün)	Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1} , R _{t-6} , R _{t-5} , R _{t-4} , R _{t-3} , R _{t-2} , R _{t-1} , R _t	RTYSA (15,x,1) s =0.8	13.925	0.931
GRYSA	27.09.1975 - 14.12.1983 (3001 gün)	26.11.1994 - 01.09.2000 (2107 gün)	Q _{t-8} , Q _{t-7} , Q _{t-6} , Q _{t-5} , Q _{t-4} , Q _{t-3} , Q _{t-2} , Q _{t-1} , R _{t-6} , R _{t-5} , R _{t-4} , R _{t-3} , R _{t-2} , R _{t-1} , R _t	GRYSA (15,x,1) s =0.02	52	0.74

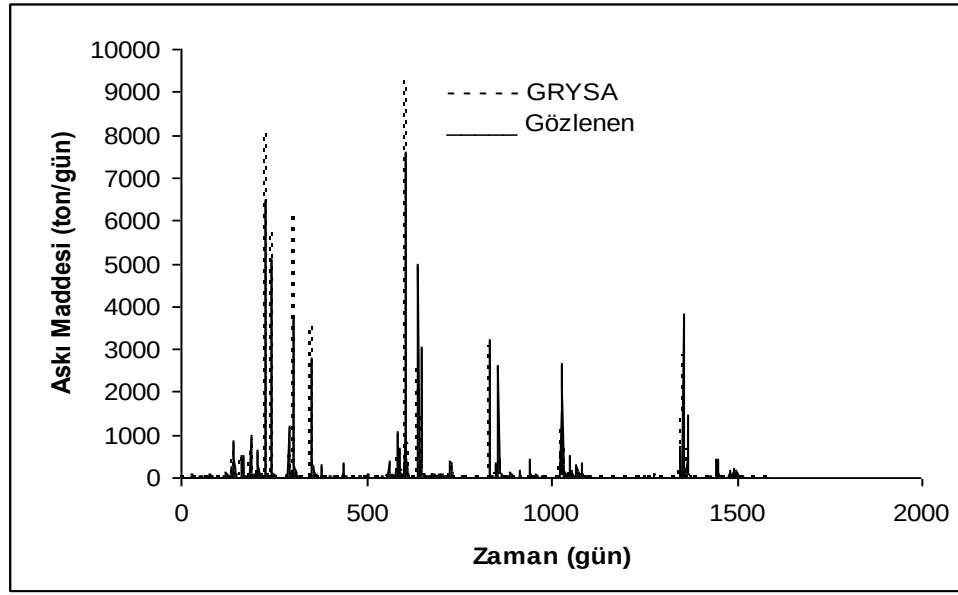
4.6. Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi Tahmin Sonuçları

Schuykill Havzası 1470500 Schuykill River at Berne, PA İstasyonu'ndan elde edilen toplam veri üzerinde ölçeklendirme yapıldı. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için günlük ortalama akım serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Aynı şekilde günlük toplam askı malzemesi serisinin en yüksek değeri tespit edildi ve tüm değerler bu sayıya bölündü. Bu şekilde 0 ile 1 arasında değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edildi. Ölçeklendirilmiş veri matrisi ile YSA simülasyonlarına başlandı.

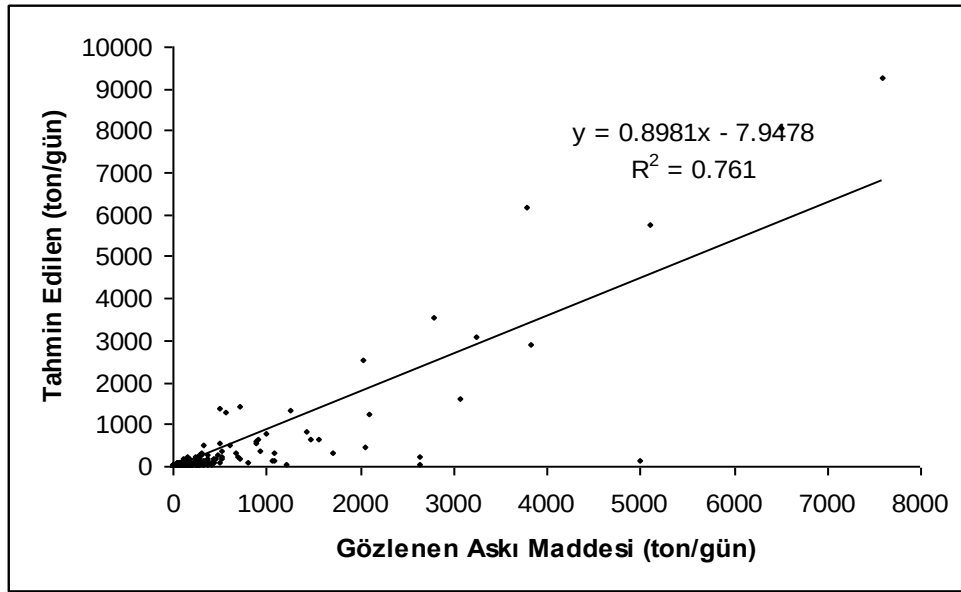
4.6.1. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Geçmiş günlük ortalama akım ve toplam askı malzemesi değerleri kullanılarak sonraki toplam askı malzemesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 1 güne ait 1 günlük toplam askı malzemesi verisi ile tahmin edilecek güne ait günlük ortalama akım verisi ve geçmiş 5 güne ait 5 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 7 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük toplam askı malzemesi verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 06.03.1969 ile 07.05.1977 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 08.05.1977 ile 09.09.1981 tarihleri arasındaki 1586 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda düzeltme parametresi 0.04 olarak en iyi sonucu verecek şekilde tespit edildi. Sonuç olarak toplam 1586 günlük toplam askı malzemesi verisi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 42950.45 ($\text{ton}^2/\text{gün}^2$), determinasyon katsayısı değeri 0.761 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.49 ve Şekil 4.50 de gösterilmiştir.



Şekil 4.49 1470500 no.lu istasyon için GRYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini



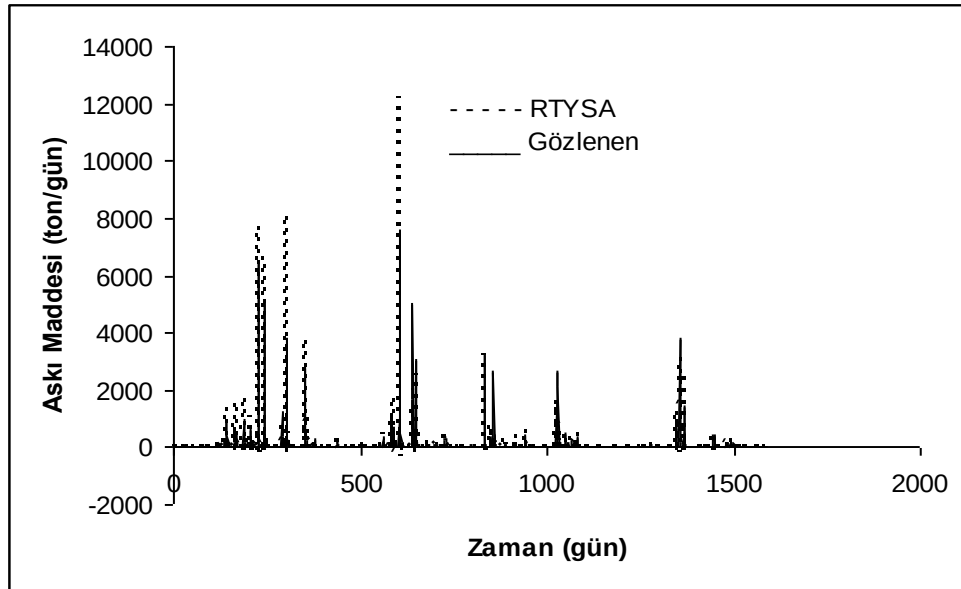
Şekil 4.50 Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve GRYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı

4.6.2. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

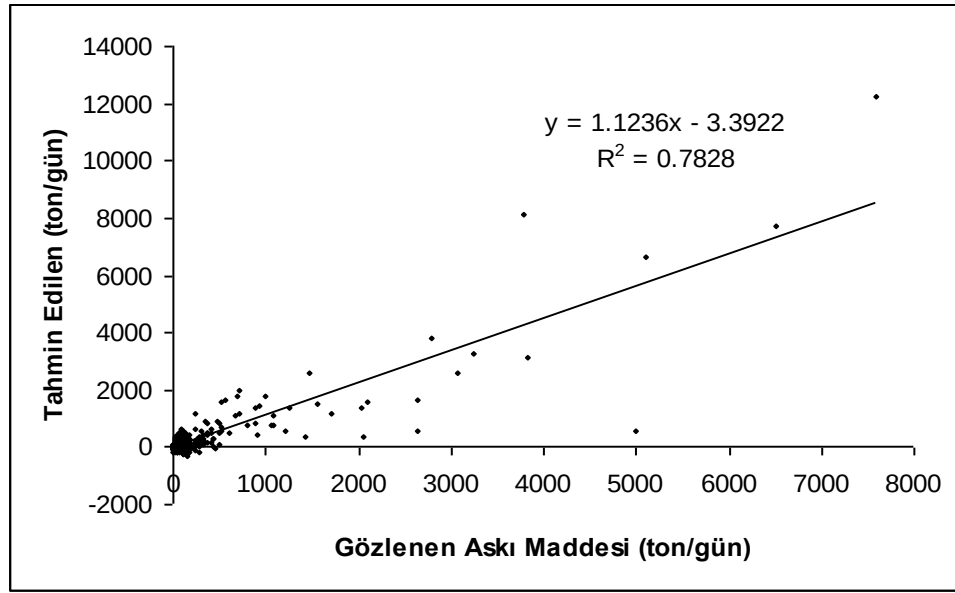
Geçmiş günlük ortalama akım ve toplam askı malzemesi değerleri kullanılarak sonraki toplam askı malzemesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 1 güne ait 1 günlük toplam askı malzemesi verisi ile tahmin edilecek güne ait günlük ortalama akım verisi ve geçmiş 5 güne ait 5 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 7

hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük toplam askı malzemesi verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Simülasyonda 06.03.1969 ile 07.05.1977 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 08.05.1977 ile 09.09.1981 tarihleri arasındaki 1586 veri test için kullanıldı.

Simülasyonlarda en iyi sonuç, yayılım parametresi 0.2'ye eşit olduğunda elde edildi. Sonuç olarak toplam 1586 günlük toplam askı malzemesi verisi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 59252.42 ($\text{ton}^2/\text{gün}^2$), determinasyon katsayısı değeri 0.783 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.51 ve Şekil 4.52 de gösterilmiştir.



Şekil 4.51 1470500 no.lu istasyon için RTYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini

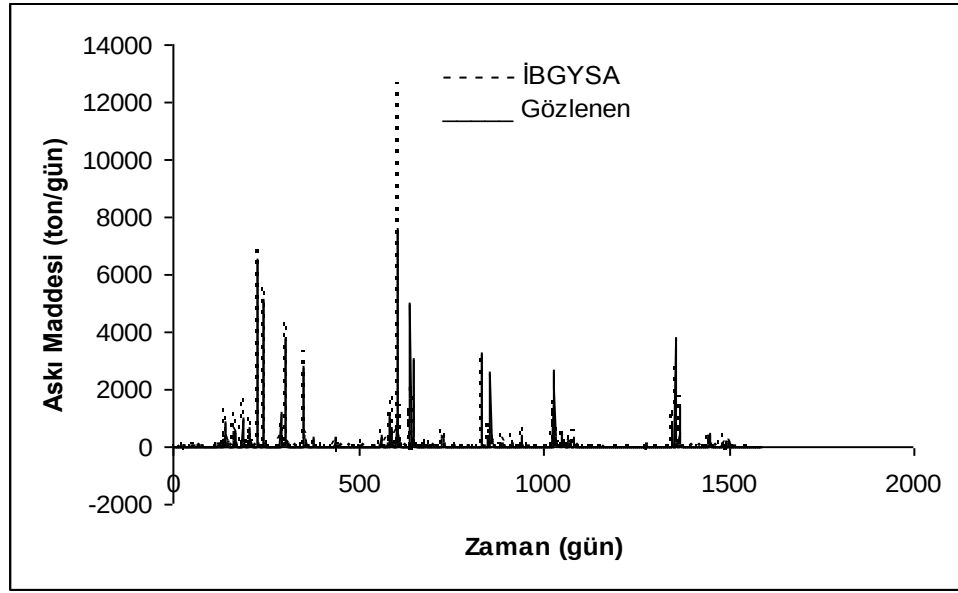


Şekil 4.52 Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve RTYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı

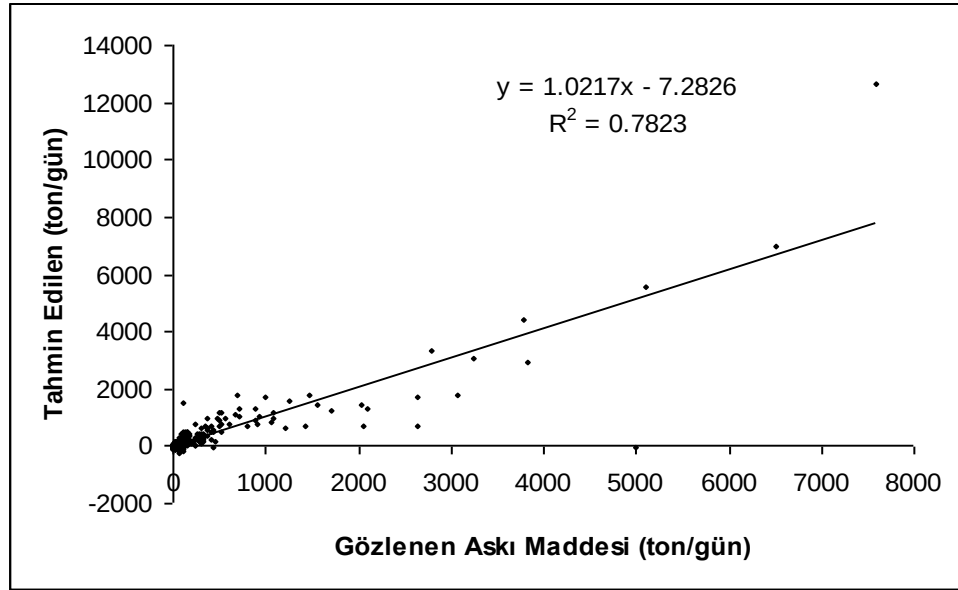
4.6.3. Schuykill Havzası 1470500 No.lu İstasyona ait Günlük Akım ve Askı Malzemesi Verisi'nin İleri Beslemeli Geriye Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Sonuçları

Çalışmada 3 tabakalı bir İBGYSA mimarisi kullanılmıştır. Geçmiş günlük ortalama akım ve toplam askı malzemesi değerleri kullanılarak sonraki toplam askı malzemesi değerlerinin tahminine çalışıldı. Geçmiş 1 güne ait 1 günlük toplam askı malzemesi verisi ile tahmin edilecek güne ait günlük ortalama akım verisi ve geçmiş 5 güne ait 5 günlük ortalama akım verisi girdi tabakasındaki 7 hücreyi oluşturdu. Daha az ya da daha çok girdi değerinin daha iyi sonuç verdiği görülmedi. Çıktı tabakasında ise tahmin edilecek günlük toplam askı malzemesi verisi değerini gösteren son hücre bulundu. Gizli tabakadaki hücre sayısı 3 olarak alındı. Simülasyonda 06.03.1969 ile 07.05.1977 tarihleri arasındaki 3001 veri eğitim için, 08.05.1977 ile 09.09.1981 tarihleri arasındaki 1586 veri test için kullanıldı.

Simülasyonda iterasyon sayısı 150 alınarak program çalıştırıldı. Simülasyon, en iyi sonuç elde edilene kadar 12 defa çalıştırıldı. Önceki simülasyonlarda elde edilen tahmin değerlerinde negatif değerlere rastlandı. Sonuç olarak toplam 1586 günlük toplam askı malzemesi verisi değerinden oluşan test verisinin ortalama hata karesi değeri 47180.11 ($\text{ton}^2/\text{gün}^2$), determinasyon katsayısı değeri 0.782 olarak hesaplandı. Bu değerlerin grafiği Şekil 4.53 ve Şekil 4.54 de gösterilmiştir.



Şekil 4.53 1470500 no.lu istasyon için İBGYSA ile test süresi için elde edilen günlük askı malzemesi verisi tahmini



Şekil 4.54 Gözlenen günlük askı malzemesi değerleri ve İBGYSA ile elde edilen günlük askı malzemesi değerlerinin saçılma diyagramı

Çalışma sonucunda, GRYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, OKH performans değerlendirme kriteri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, OKH performans kriterine göre RTYSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. R^2 performans kriteri üç YSA metodunda birbirine çok yakın çıkmıştır. RTYSA ve İBGYSA metodları fiziksel

anlamı olmayan negatif tahmin değerleri vermişlerdir. YSA metodlarının simülasyon sonuçları Tablo 4.9 da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: 1470500 No.lu istasyona ait günlük akım ve askı malzemesi verisi'nin YSA simülasyon sonuçları.

YSA Metodu	Eğitim Verisi Zaman Aralığı	Test Verisi Zaman Aralığı	Girdi Tabakasındaki Değişkenler	YSA YAPISI	OKH (ton ² /gün ²)	R ²
İBGYSA	06.03.1969-07.05.1977 (3001 gün)	08.05.1977 - 09.09.1981 (1586 gün)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t, S_{t-1}$	İBGYSA (7,3,1)	47180.11	0.782
RTYSA	06.03.1969-07.05.1977 (3001 gün)	08.05.1977 - 09.09.1981 (1586 gün)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t, S_{t-1}$	RTYSA (7,x,1) s =0.2	59252.42	<u>0.783</u>
GRYSA	06.03.1969-07.05.1977 (3001 gün)	08.05.1977 - 09.09.1981 (1586 gün)	$Q_{t-5}, Q_{t-4}, Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t, S_{t-1}$	GRYSA (7,x,1) s =0.04	<u>42950.45</u>	0.761

5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada yeni bir yapay sinir ağı metodu olan genelleştirilmiş regresyon sinir ağının (GRYSA) değişik su kaynakları verisine uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonuçları geleneksel YSA metodları olan İBGYSA ve RTYSA ile karşılaştırılmıştır. GRYSA metodu genel olarak başarılı tahmin sonuçları vermiş ve diğer iki YSA metodu ile benzer hatta bazen daha iyi performans değerlendirme kriter değerleri vermiştir. GRYSA'nın İBGYSA ve RTYSA'dan farklı olarak negatif tahmin değeri verme dezavantajı yoktur. Bu nedenle tahmin sonuçları arasında fiziksel anlamı olmayan değerler bulunmamaktadır, çünkü GRYSA simülasyonlarında elde edilen tahmin değerleri gözlenen serilerdeki maksimum ve minimum değerler tarafından sınırlandırılmıştır.

GRYSA aynı RTYSA gibi tek bir iterasyonla tahmin sonuçlarını vermektedir. Çok sık kullanılan bir YSA metodu olan İBGYSA başlangıçta rastgele atanan ağırlık değerlerine bağlı olarak her simülasyonda farklı sonuçlar vermektedir. Bu durumda en iyi İBGYSA tahmin sonucunu bulmak için çok sayıda simülasyon yapılmakta ve bunlar içinde en iyisi seçilmektedir.

Günlük sürekli akım verisi tahmin sonuçlarında, 1222 no.lu istasyon için, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu, karşılaştırma kriterlerine göre GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermesine karşın fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermiştir.

Kurak devreli günlük akım verisi tahmin sonuçlarında, 101 no.lu istasyon için, İBGYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermesine karşın fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermiştir. RTYSA metodu, karşılaştırma kriterlerine göre GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermiştir. 105 no.lu istasyon için, GRYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, OKH performans değerlendirme kriteri esas alınarak, kullanılan diğer iki

YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA ve RTYSA metodu R^2 performans kriterine göre birbirine yakın sonuçlar vermiş olup GRYSA metoduna göre biraz daha iyi değerler vermişlerdir. RTYSA ile yapılan tahminlerde fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerlerine rastlanmıştır. 106 no.lu istasyon için, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi değerler vermesine karşın, RTYSA ve İBGYSA veri tahminlerinde, fiziksel anlam ifade etmeyen negatif tahmin değerleri vermişlerdir.

Aylık akım verisi tahmin sonuçlarında, 1222 no.lu istasyon için, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. 1714 no.lu istasyon için, Çalışma sonucunda, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri ile İBGYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri performans değerlendirme kriterlerine göre birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir. GRYSA metodu ise, performans kriterlerine göre kullanılan diğer iki YSA metoduna kıyasla daha kötü sonuç vermiştir.

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

Günlük yağış ve akım verisi tahmin sonuçlarında, 2409 no.lu istasyon için, RTYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, performans değerlendirme kriterleri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. İBGYSA metodu da, performans kriterlerine göre GRYSA metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak, RTYSA ve İBGYSA metodları fiziksel anlamı olmayan negatif tahmin değerleri vermişlerdir.

Günlük akım ve askı malzemesi verisi tahmin sonuçlarında, 1470500 no.lu istasyon için, GRYSA metodu ile elde edilen veri tahminleri, OKH performans değerlendirme kriteri esas alınarak, kullanılan diğer iki YSA metoduna göre daha iyi sonuç

vermiştir. İBGYSA metodu da, OKH performans kriterine göre RTYSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir. R^2 performans kriteri üç YSA metodunda birbirine çok yakın çıkmıştır. RTYSA ve İBGYSA metodları fiziksel anlamı olmayan negatif tahmin değerleri vermişlerdir.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada GRYSA, standart İBGYSA ve RTYSA metodlarına güvenilir bir alternatif metod olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E. & Rasmussen, J. An.,** (1986). Introduction to the European Hydrological System-Systeme Hydrologique European, "SHE", 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *J. Hydrol.* 87, p:45-59.
- Amorocho, J. & Hart, W.E.,** (1964). "A critique of current methods in hydrologic systems investigation."
- Bayazit, M.,** (1995). Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Broomhead, D. ve Lowe, D.,** (1988). Multivariable functional interpolation and adaptive networks, *Complex Syst.* 2, p:321-355.
- Campolo, M.; Andreussi, P.; Soldati, A.,** (1999a). "River flood forecasting with a neural network model", *Water Resources Research*, 35, p:1191-1197.
- Campolo, M.; Soldati, A.; Andreussi, P.,** (1999b). "Forecasting river flow rate during low- flow periods using neural networks", *Water Resources Research*, 35, 11, p:3547-3552.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2002a). "Suspended sediment estimation and forecasting using artificial neural networks", *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 26, 1, (2002).
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2002b). "Suspended sediment estimation using artificial neural Networks and sediment rating curves", *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 26, 1, (2002).
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2002c). "Filling missing suspended sediment data by artificial neural networks", XIV. International Conference on Computational Methods in Water Resources, Delft, Netherlands, 23-28 June 2002.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2002d). "Intermittent river flow forecasting by artificial neural networks", XIV. International Conference on Computational Methods in Water Resources, Delft, Netherlands, 23-28 June 2002.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2002e) "Forecasting of meteorologic data by artificial neural networks", *Advances in Soft Computing*, 11-15 June, Zakopane, Poland, 2002.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2003a) "Estimation, forecasting and extrapolation of river flows by artificial neural networks", *Hydrological Sciences Journal*, 48(3), p:349-361.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2003b). "Incorporation of ARMA models into flow forecasting by artificial neural networks", *Environmetrics*, 14, 4, p:417-427.

- Cıgızoğlu, H.K.,** (2004a) "Estimation and forecasting of daily suspended sediment data by multi layer perceptrons.", *Advances in Water Resources*, 27, p:185-195.
- Cıgızoğlu, 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), p:556-557.
- Cıgızoğlu, H.K, and Alp, M.,** (1988). "Rainfall-Runoff Modelling Using Three Neural Network Methods", *Artificial Intelligence and Soft Computing- ICAISC 2004 Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3070, p:166-171 x.
- Cıgızoğlu, H.K.,** (2005). "Application of the Generalized Regression Neural Networks to Intermittent Flow Forecasting and Estimation", *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, (baskıda).
- Cıgızoğlu, H.K., and Kisi, O.,** (2005). "Flow Prediction by three Back Propagation Techniques Using k-fold Partitioning of Neural Network Training Data", *Nordic Hydrology*, 36(1), (baskıda).
- Clarke, Robin T.,** (1994) *Statistical Modelling in Hydrology*, p:303
- Djebbar, Y.; Alila, Y.,** (1998). "Neural network estimation of sanitary flows", *Hydroinformatics Conference, Poster presentations, Copenhagen*,.
- Eberhart, R.C. ;Dobbins, R.W.,** (1990). *Neural network PC tools:A practical guide*.
- Eberhart, R.C. ve Dobbins, R.W.,** (1990). *Neural network PC tools: a practical Guide*. Academic Press, San Diego, p:414.
- Ergezer, H.,Dikmen, M.,Özdemir, E.,** Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri, *Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*.
- Freiwan, M. and Cıgızoğlu, H.K.,** (2005). " Prediction of total monthly rainfall in Jordan using feed forward backpropagation method", *Fresenius Environmental Bulletin*, 14 (1),
- John Wiley & Sons Ltd.,** (2004). "Forecasting flows in Apalachicola River using neural networks", *Hydrological Processes* 18,13:2545-2564 Sep 2004
- Karabörk, M. Ç.; Kahya, E.,** (1998). "Göksu Nehri'nin Aylık ve Yıllık Akımlarının Otoregressif Modelleri", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 13, Sayı 1,.
- Karabörk, M. Ç.; Kahya, E.,** (1999). "Sakarya Havzası'ndaki Akarsu Akımlarının Çok Değişkenli Stokastik Modellemesi", *DOĞA- Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi (TÜBİTAK)*, Cilt 23, Sayı 6,.
- 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, vol. 2, p:783–789.
- Hall, M. J.; Minns, A.,** (1998). "Regional flood frequency analysis using artificial neural networks", *Hydroinformatics Conference, Copenhagen*.

- Hsu, K., Gupta, H.V. & Sorooshian, S.** (1995). Artificial neural network modelling of the rainfall-runoff process. *Water Resources Research* 31 (10). p:2517-2530.
- Poggio, T. ve Girosi, F.**, (1990).“Regularization algorithms for learning that are equivalent to multilayer networks”, *Science* 2247, p:978–982.
- Ranjithan, S.; Eheart, J.W.; Garrett, J.H.**, (1993).“Neural network-based screening for groundwater reclamation under uncertainty”,*Water Resources Research*,29, 3, p: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 Sep 2004
- Rogers, L.L.; Dowla, F.U.**, (1994).“Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modelling”, *Water Resources Research*, Vol.30, No.2, p:457-481.
- See, L.; Openshaw, S.**, (1998).“Using soft computing techniques to enhance flood forecasting on the River Ouse”, *Hydroinformatics Conference*, Copenhagen,.
- Specht, D. F.**, (1991).”A General Regression Neural Network”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2, 6.p:568-576,.
- Şen, Z.**, (2002). *Bilimsel Düşünce ve Matematik Modelleme İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları.
- Oztemel,E.**,(2003). *Yapay sinir ağları*, Papatya Yayıncılık.
- Tsoukalas, L.H., ve Uhrig, R.E.**, (1997).“Fuzzy&neural approached in eng. NewYork: Wiley
- Türkeş, M.**, (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, *International Journal of Climatology*, 16, p:1057-1076.
- Ünal, Y., Kindap, T. and Karaca, M.**, (2003). “Redefining of climate zones of Turkey”. *International Journal of Climatology*, (in press).
- Yıldırım, T., Cıgızoğlu, H.K.**, (2002). “Comparison of generalized regression neural network and MLP performances on hydrologic data forecasting”, *ICONIP’02, 9th International Conference on Neural Information Processing*, Singapore, 18-22 November, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Altuğ SÜREL, 19.01.1979 yılında İstanbul’da doğdu. İlköğrenimini 1990 yılında Şişli 19 Mayıs İlkokulu’ndan, orta ve lise öğrenimini 1997 yılında Cağaloğlu Anadolu Lisesi’nden mezun olarak tamamladı. Lisans eğitimini 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği dalından mezun olarak tamamlayarak aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı’nda, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı. 2004 yılından itibaren özel sektörde inşaat mühendisi olarak görev yapmaktadır.