

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKIM ÖLÇÜMÜ YAPILMAYAN DERELERDE DEBİ
SÜREKLİLİK ÇİZGİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Osman SÖNMEZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Prof. Lütfi SALTABAŞ

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKIM ÖLÇÜMÜ YAPILMAYAN DERELERDE DEBİ
SÜREKLİLİK ÇİZGİSİNİN BELİRLENMESİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

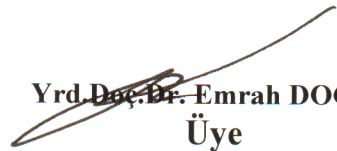
İnş.Müh. Osman SÖNMEZ


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 14 / 06 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Lütfi SALTABAŞ
Jüri Başkanı


Yrd.Doç.Dr. Emrah DOĞAN
Üye


Prof.Dr. Bülent ŞENGÖRÜR
Üye

TEŐEKKÜR

Bu çalıŐmayı yöneten, bilgi ve tecrübelerini bizlere aktararak yolumuza ışık tutan değerli hocam Prof.Lütfi SALTABAŞ'a teŐekkürlerimi arz ederim.

Bu çalışmanın her aŐamasında değerli bilgilerinden istifade ettiğim, değerli vaktini bize ayırarak çalışmamıza büyük destek veren saygı değer hocam Yrd.Doç.Dr.Emrah DOğAN'a teŐekkürlerimi arz ederim.

Tez alıŐmamızda kullanmıŐ olduğumuz verileri bize sağlayarak tezimize büyük katkıları olan Sayın Serkan ÖZÇİFTÇİ ve Sayın CoŐkun MORGÜLE teŐekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez dönemim boyunca desteğini benden esirgemeyen eŐim Nagihan SÖNMEZ'e, annem Hülya SÖNMEZ'e ve babam Eyyüp Sabri SÖNMEZ'e teŐekkür ederim.

Osman SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
RESİMLER LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMERY.....	xv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Konunun Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Çalışma Düzeni.....	3
1.4. Literatür Özeti.....	3

BÖLÜM 2.

DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİSİ.....	6
2.1. Debi Süreklilik Çizgisinin Tanımı.....	6
2.2. Debi Süreklilik Çizgisi Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....	11

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Giriş.....	13
3.2. YSA'nın Temel Özellikleri.....	16
3.2.1. İşlem elemanı.....	17
3.2.2. YSA'nın planlanması.....	19

3.2.3.Eğitim ve test.....	19
3.2.3.İleri Beslemeli Geriye Yayılım Sınır Ağları (İBGYSA)	22
3.3.Regresyon Analizi.....	24

BÖLÜM 4.

AKIM MODELLERİNİN UYGULAMASI.....	28
4.1.Uygulama Sahasının Tanıtımı.....	28
4.2.Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi miktarının Tahmin Edilmesi...31	
4.2.1.1787 nolu Trabzon istasyonu için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi	31
4.2.1.1.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	32
4.2.1.2.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi	33
4.2.1.3.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi	34
4.2.1.4.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi	36
4.2.1.5.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	37
4.2.1.6.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	38
4.2.1.7.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	39
4.2.1.8.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	41
4.2.1.9.1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	42
4.2.2.1626 Nolu Maçka İstasyonu için Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	43
4.2.2.1.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	44

4.2.2.2.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	45
4.2.2.3.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	46
4.2.2.4.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	47
4.2.2.5.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	49
4.2.2.6.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	50
4.2.2.7.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	51
4.2.2.8.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	52
4.2.2.9.1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi.....	54
4.2.3.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu için Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	55
4.2.3.1.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	55
4.2.3.2.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	57
4.2.3.3.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi Miktarının tahmin edilmesi...	58
4.2.3.4.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	59
4.2.3.5.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	60
4.2.3.6.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	62
4.2.3.7.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	63

4.2.3.8.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	64
4.2.3.9.17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi...	65
4.3. YSA Veri Setleri ve Senaryoları.....	67
4.4.İBGYSA Uygulaması.....	69
4.4.1.1787 nolu Trabzon ölçüm istasyonu İBGYSA uygulaması	69
4.4.2.1626 nolu Maçka ölçüm istasyonu İBGYSA uygulaması	72
4.4.3.17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İBGYSA Uygulaması ...	75
4.5. Belirlenen En İyi Modelin Benzeşim Kurulmuş Dereye Ait Akım Verilerine Uygulanması.....	78
4.5.1.Benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması.....	78
4.5.2.Benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine ÇRA uygulaması.....	80
4.6.Belirlenen En İyi Modelin Gerçek Akım Verilerine Uygulanması.....	81
4.6.1.Gerçek akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması.....	82
4.6.2.Gerçek akım verilerine ÇRA uygulaması.....	83
4.7.Belirlenen En İyi Modelin Gerçek Akım Verileri ve Benzeşim Kurulmuş Dereye Ait Akım Verilerine Birlikte Uygulanması.....	85
4.7.1.Gerçek akım verileri ve benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması.....	85
4.7.2.Gerçek akım verileri ve benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine ÇRA uygulaması.....	87
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	96

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu

D.M.İ : Devlet Meteoroloji İşleri

D.S.İ : Devlet Su İşleri

YSA : Yapay Sinir Ağları

ÇRA : Çoklu Regresyon Analizi

İBGYSA: İleri Beslemeli Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları

YZ : Yapay Zeka

Q(t) : Debi Miktarı

P(t) : Yağış Miktarı

R : Korelasyon Katsayısı

R² : Determinasyon Katsayısı

OMH : Ortalama Mutlak Hata

OKH : Ortalama Karesel Hata

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi.....	8
Şekil 2.2. Debi süreklilik çizgisinin altında kalan alan enerjyi ifade etmektedir.....	10
Şekil 3.1. YSA nın genel yapısı.....	14
Şekil 3.2. Tek ve çok katmanlı YSA modelleri.....	16
Şekil 3.3. Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri.....	17
Şekil 3.4. Bir işlem elemanı.....	18
Şekil 3.5. Sigmoid transfer fonksiyonu.....	19
Şekil 3.6. Genelleştirme yeteneği olmayan YSA mimarisi.....	20
Şekil 3.7. Genelleştirme yeteneği olan YSA mimarisi.....	21
Şekil 3.8. Eğitim ve test verilerine göre hatanın dağılımı toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilmes.....	22
Şekil 3.9. Regresyon doğrusu gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin.....	25
Şekil 3.10. Regresyon denkleminle yapılan tahminler için belli bir güven düzeyindeki güven bölgesi.....	27
Şekil 4.1. Turnagöl deresi coğrafi konumu.....	29
Şekil 4.2. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	33
Şekil 4.3. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	34
Şekil 4.4. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	35
Şekil 4.5. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	36
Şekil 4.6. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	38

Şekil 4.7. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	39
Şekil 4.8. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi	40
Şekil 4.9. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	41
Şekil 4.10. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	43
Şekil 4.11. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	44
Şekil 4.12. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	46
Şekil 4.13. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	47
Şekil 4.14. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	48
Şekil 4.15. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	49
Şekil 4.16. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	51
Şekil 4.17. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	52
Şekil 4.18. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	53
Şekil 4.19. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	54
Şekil 4.20. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	56
Şekil 4.21. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	57
Şekil 4.22. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	59

Şekil 4.23. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	60
Şekil 4.24. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	61
Şekil 4.25. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	62
Şekil 4.26. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	64
Şekil 4.27. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	65
Şekil 4.28. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi.....	66
Şekil 4.29. 1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	71
Şekil 4.30. 1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2	71
Şekil 4.31. 1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	74
Şekil 4.32. 1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2	74
Şekil 4.33. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	77
Şekil 4.34. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2	77
Şekil 4.35. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	79
Şekil 4.36. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	79
Şekil 4.37. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	80
Şekil 4.38. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	81
Şekil 4.39. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	82
Şekil 4.40. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	83
Şekil 4.41. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	84
Şekil 4.42. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	84

Şekil 4.43. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	86
Şekil 4.44. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	86
Şekil 4.45. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması.....	88
Şekil 4.46. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait sonuçlar.....	88

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. ÇRA senaryoları.....	31
Tablo 4.2. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu için ÇRA Senaryoları R ² değerleri.....	32
Tablo 4.3. 1626 Nolu Maçka İstasyonu için ÇRA Senaryoları R ² değerleri.....	43
Tablo 4.4. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu için ÇRA Senaryoları R ² değerleri....	55
Tablo 4.5. YSA Girdi Senaryoları.....	68
Tablo 4.6. 1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları.....	70
Tablo 4.7. 1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları.....	73
Tablo 4.8. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları.....	76
Tablo 5.1. Değirmendere' ye Ait 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Her Yıl İçin Analizi	90
Tablo 5.2. Değirmendere' Ye Ait 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin İlk On Yılın Eğitim, Son On Yılın Test Verisi Olarak Alındığı Model Analizi.....	90
Tablo 5.3. Turnagöl Deresine Ait 2008-2009 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Analizi.....	91
Tablo 5.4. Değirmendere' Ye Ait Akım 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Eğitim, Turnagöl Deresine Ait 2008-2009 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Test Verisi Olarak Kullanıldığı Model Analizi	91

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Debi, Hidroelektrik Santral, Yapay Sinir Ağları, Çoklu Regresyon Analizi, Turnagöl Deresi

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde (HES) akarsuda depolama, dolayısıyla düzenleme olmadığı için var olan akım değerlerinde rastgelelik mevcuttur. Bu durumda proje debisinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Doğal akışlı hidroelektrik santralin tesis edileceği yerde düşü topografyaya bağlı olup, kolaylıkla belirlenebilirken, akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki doğal akışlı hidroelektrik santrallerin kurulu gücünün belirlenmesinde kullanılacak olan debinin seçimi ve tespitin de güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bunun belirlenebilmesi için aynı havza içerisindeki komşu dereden yararlanılabilmektedir. Bu amaçla komşu dereye ait debi süreklilik çizgisi çizilerek analiz edilmelidir. Dolayısıyla bu yaklaşım içinde hazırlanacak debi süreklilik çizgileri çok daha büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada akım ölçümü yapılmayan derelerde debi süreklilik çizgisinin elde edilebilmesi için gerekli olan debilerin tahmini yapılmıştır. Tahmin modeli için, çalışma sahası olarak seçilen Turnagöl Deresine yakın mesafelerdeki yağış gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile aynı havza içerisindeki komşu dere olan Değirmendere'ye ait akım verileri temin edilmiştir. Bu veriler çeşitli senaryolar altında yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu regresyon analizi (ÇRA)'ne tabi tutularak elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve en iyi sonucu veren model belirlenmiştir. Tez süresince Turnagöl Deresinde yapılmış olan ölçümler neticesinde elde edilen bir su yılına ait akım verileri ile Değirmendere'ye ait akım verileri modele dahil edilmiştir. Bulunan 0,9718 mertebesindeki determinasyon katsayısı (R^2) 1'e yakınsadığından en iyi model olarak seçilmiştir. Ortaya konulan bu sonuç ışığında YSA'nın ÇRA'ne göre daha iyi sonuçlar verdiği ve debi tahmin modeli olarak YSA'larının kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Bu model sayesinde, 2 gün öncesinden debi tayini yapılarak HES' in optimum çalışmasına ve daha verimli bir enerji üretim planı yapılmasına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

ESTIMATION OF FLOW DURATION CURVES IN NON-EXISTING CREEK FLOW DISCHARGE

SUMMARY

Key Words: Flow Discharge, Hydroelectric Power Station, Artificial Neural Network, Multiply Linear Regression Analysis, Turnagöl Creek

Hydroelectric power stations (HPS) have a randomly flow discharges. Therefore it is not possible to storage and arrangement to flow in HPS. Under such circumstance, determining the project discharge will become more of an issue. Despite the head which depend on topography, can be determined more easy than, the flows which are used for determining the power of HPS. To determine discharge for locations with non-existing or incomplete/inadequate measured flow data, this flow can be analyzed using neighbor creek in same basin. For that reason, flow duration curve of the neighbor creek should be drawn and analyzed. In consequence flow duration curves which will be prepared in this approach, will become more of an issue.

In this study, flows which are essential for determining the flow duration curves were estimated. For this estimation model, the rainfall data sets are obtained from rainfall observation station which is nearby Turnagöl Creek which is study area. Flow data are obtained from Değirmendere Creek which is close to study are in same basin. This data sets are used in artificial neural (ANN) and multiple linear regression analysis (MLR), so that the estimated data are compared to each other for determining the model which has the best result. During the study, flow data which are measured for a one year in Turnagöl Creek. This data set is also added to Değirmendere flow data set. The best result of the model is evaluated using determination coefficient (R^2) which is 0,9718 , converge to 1. For this consequence, ANN model outputs are better than MLR and ANN can be used for flow estimation.

By means of this model, it is thought that, HPS can be operated optimum and taking advantage to make more effective power generated plans with forecasting of flows before two days.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Konunun Önemi

Gelişen teknoloji ve modern hayatın gereksinimleri insanların enerjiye olan ihtiyacını arttırmakta fakat mevcut kaynaklar gün geçtikçe hızlı bir şekilde azalmakta ve maliyetleri artmaktadır. Bunun sonucu olarak, insanların enerji gereksinimlerini karşılamada yetersiz kalan fosil yakıtlara alternatif olan doğal enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Doğal enerji kaynaklarının fosil yakıtlara nazaran çevreye vermiş olduğu zararlar yok denebilecek kadar azdır. Bunun gibi birçok üstün özelliğiyle yenilenebilir enerji kaynakları daha çok ilgi çekerek önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde de hidroelektrik enerjinin önemli bir yeri vardır. Bu tezin konusu olan debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi, bir akarsuda veya bir havzadaki hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Projelendirme debisinin seçimi ve dolayısıyla buna bağlı olarak ta kurulu gücün belirlenmesinde debi süreklilik çizgisi kullanılmaktadır. Proje debisine karar verildikten sonra doğal akışlı hidroelektrik santralin üreteceği enerji miktarı, debi süreklilik çizgisi altında kalan alanla düşünün çarpımına eşit olduğunda debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi gerekmektedir. Ayrıca günümüzün en büyük sorunlarından biri olan ve hayatın devam edebilmesi için gerekli maddelerden en önemlisi olan suyun etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için su kaynakları projelerinin iyi ve doğru bir şekilde planlanması gerekmektedir. Fakat birçok proje, ölçüm istasyonu olmayan veya yeterli verinin bulunmadığı alanlarda inşa edilmektedir. Ancak gerekli olan debi süreklilik çizgileri eksik veya yetersiz veri nedeniyle elde edilememektedir. Çeşitli zamanlarda farklı bilim adamları akım ölçüm verileri eksik ve yetersiz olan yerlerdeki debi süreklilik çizgilerinin elde edilmesi konusunda çalışmış ve farklı yöntemler geliştirmişlerdir. Ama yinede bu çalışmalar konunun önemine oranla az sayıdadır. Bu çalışmada ise akım ölçümü olmayan derelerde debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi için yapay sinir ağları ve

regresyon analizi yöntemleri kullanılmış ve en uygun olan yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin biyolojik sinir ağlarından esinlenen, bazı performans karakterlerine sahip paralel dağılımlı bir bilgi işleme sistemidir. YSA metodunun en önemli özelliği, herhangi bir oluşumda fiziksel özelliklerine bakmaksızın, sadece girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi ortaya koyma ve nonlineer modelleme yapabilme yeteneğidir.

YSA'nın hidrolojik konularda uygulanışı 1995 yılından itibaren artış göstermektedir. Hidrolojide en çok kullanılan alanlar, yağış-akış tahmini, su seviyesi tahmini, buharlaşma tahmini, su kalitesi tahmini ve katı madde tahmini şeklindedir [1].

Bu çalışmada, akımların ölçülmediği derelerde yapılması planlanan bir akarsu hidro-elektrik santrali (HES) tesisi için gerekli olan akımların tahmini yapılmıştır.

Tahmin modeli için, havza içerisinde yakın mesafelerdeki yağış gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ve akım gözlem istasyonlarından alınan akım verileri kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk kısmında yağış gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile akım gözlem istasyonlarından alınan akım verilerinin belirli bir sınır aralığına çekilmesi için normalizasyon yapılmıştır.

Normalize edilmiş veriler çeşitli senaryolar altında yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu regresyon analizi (ÇRA) ne tabi tutularak akım verileri elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu veriler, yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu regresyon analizi (ÇRA) modellerinde kullanılarak akım tahminleri yapılmış ve bu iki metotla elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanarak en iyi modelin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, ileri beslemeli geri yayınlı yapay sinir ağıları (İBGYSA) kullanılmıştır. Farklı öğrenme oranı ve momentum parametrelerini içeren eğitim fonksiyonları kullanarak kurulan ağlarda, yağış akış verilerinin farklı senaryolar oluşturulmuş ve Turnagöl Deresine ait akım verileri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

1.3. Çalışma Düzeni

Birinci bölümde konunun önemi, çalışmanın amacı ve kapsamı, literatür özetine, çalışma düzenine yer verilmiştir. İkinci bölümde ise debi süreklilik çizgisi hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde Yapay sinir ağıları (YSA) ve modellerinden bahsedilmiş, istatistik yöntemlerden çoklu regresyon analizi (ÇRA) hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde ÇRA uygulaması ve YSA metotlarından İBGYSA'nın uygulamasına, beşinci bölümde de sonuçlara ve sonuçların karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

1.4. Literatür Özeti

YSA ile akım verilerinin tahmini konusunda çok çalışma bulunmamakla birlikte çeşitli metotlarda akım verilerinin tahminine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Cıgızoğlu (1997), debi süreklilik çizgisinin matematik modelleri konulu doktora tez çalışması akarsulardaki akımların süreklilik çizgileri ile ilgilidir. Çalışmada, debi süreklilik çizgileri stasyonere (yıllık) ve periyodik (aylık ve günlük) olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Debi süreklilik çizgisinin akım modelleri ile ilgisi incelenmiştir ve bir akım modeli verildiğinde süreklilik çizgisini elde etmek için algoritmalar geliştirilmiştir. Bu amaçla analitik yöntemlerde geliştirilmiştir. Geliştirilmiş modeller Türkiye'deki bazı nehir akım ölçüm istasyonları için, uygulanarak sonuçlar kıyaslanmıştır [2].

Yanık (2004), doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde kullanılan bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi konulu doktora tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada hidroelektrik santral yapılması planlanan yere ait akım verileri ile bölgeye ait drenaj alanı göz önüne alınmış, küme analizi yöntemiyle

homojen alt bölgelere ayrılmış ve analiz edilmesi sonucu özgül debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir. Elde edilen özgül debi süreklilik çizgilerinden faydalanılarak hidroelektrik potansiyelin belirlenebileceği tespit edilmiştir [3].

Şentürk (2008), akım gözlem istasyonu olmayan havzalarda su potansiyelinin belirlenmesi konusunda çalışma yapmıştır. Çalışmada, Çoruh havzasında mevcut akım gözlem istasyonlarına ait veriler kullanılarak bölgeselleştirme yapılması amaçlanmıştır. En uygun model belirlenerek parametrelerin yersel değişimi araştırılmıştır. Model parametresi olarak, toplam yağış, havza alanı, drenaj yoğunluğu, akarsu uzunluğu, eğim ve hipsometrik düşü seçilmiştir. Bölgesel regresyon eşitliklerin elde edilmesiyle herhangi bir alt havza için debi süreklilik çizgisinin elde edilebileceği bir model ortaya konmuştur [4].

Gökçe (2009), akarsularda taşınan askı maddesi miktarının yapay sinir ağları metodu ile tahmini konulu yüksek lisans tez çalışmasında, Aşağı Sakarya Nehrinde yer alan 2 adet sediment ölçüm istasyonundan alınan veriler YSA ve ÇRA ile analiz edilerek askı maddesi miktarı tahmin edilmeye çalışılmıştır. YSA metodu olarak İBGYSA metodu kullanılmış ve ÇRA'ne göre iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur [5].

Şahin (2007), Karadeniz bölgesindeki yağış-akış ilişkisinin farklı yapay sinir ağları metotlarıyla belirlenmesi konu başlıklı yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada, Karadeniz bölgesine ait 4 adet yağış gözlem istasyonundan elde edilen yağış verileriyle, 11 adet akım gözlem istasyonundan elde edilen akım verilerinin YSA metotları ile yapılan analiz sonuçları ile ÇRA analizi sonuçları kıyaslanmıştır. ÇRA'nın daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir [6].

Toluk (2006), akarsu akımlarının yapay sinir ağı metotları kullanılarak modellenmesi konulu çalışma yapmıştır. Sakarya nehri üzerinde yapılan çalışmada 2 adet akım gözlem istasyonuna ait akım verileri 4 farklı model için analizlere tabi tutularak en iyi sonucu verecek akım tahmin modeli belirlenmeye çalışılmıştır [7].

Alp (2004), farklı yapay sinir ağı metotları ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi konulu doktora tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada, hidrometeorolojik veriler

yardımı ile nehir akımlarının tahmini yapılmaya çalışılmıştır. İleri beslemeli geri yayılımı metodu ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağ metotları kullanılmış, sonuçlar kıyaslanarak ileri beslemeli geri yayılımı metodunun daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur [8].

Bu tez çalışmasında ise literatür özetinde belirtilen çalışmalardan farklı olarak, debi ölçümü bulunmayan bir derede debinin tahmini yapılmıştır. Bu amaçla aynı havza içerisindeki komşu dereye ait akım verileriyle çalışmaya konu olan derede 1 yıl boyunca yapılan debi ölçümlerinin çeşitli senaryolar altında hem YSA hem de ÇRA analizlerine tabi tutularak en iyi sonucu verecek modelin ortaya konulması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİSİ

2.1. Debi Süreklilik Çizgisinin Tanımı

Debi süreklilik çizgisi, temelde bir nehrin günlük akımlarının kümülatif dağılım fonksiyonudur [9].

Bir debi süreklilik çizgisi belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık veya başka bir zaman aralığındaki akımların miktarı ve frekansı ile ilişkilidir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş bir akım değerinin eşit olduğu veya aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir [10].

Debi süreklilik çizgisi, bir akarsuyun akımının büyüklüğü ve frekansı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Debi süreklilik çizgisi aynı zamanda bir akarsu için kümülatif dağılım fonksiyonunun tamamlayıcısı olarak da tarif edilebilir diye tanımlamışlardır [11].

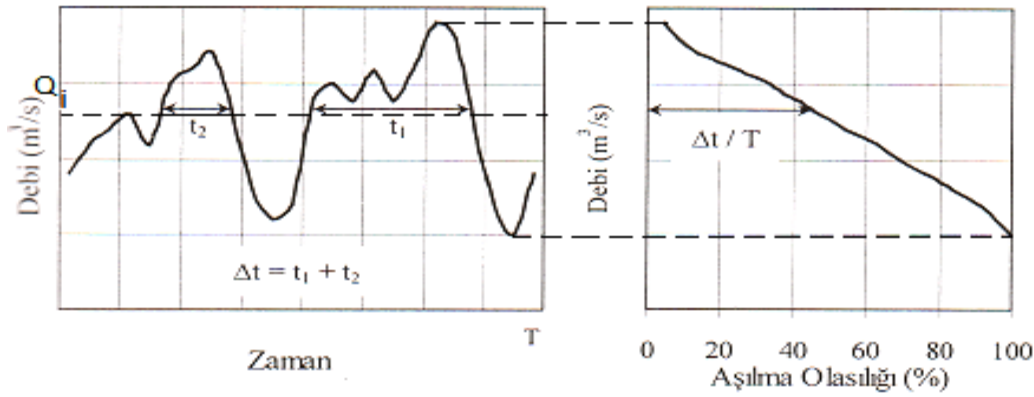
Debi süreklilik çizgisi, herhangi bir akarsuda belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık (veya başka bir zaman aralığında) akımların miktarı ile frekansı arasındaki ilişkiyi karakterize etmektedir. Söz konusu istasyona ait debi gidiş çizgisinden faydalanılarak debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanarak düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik çizgisi elde edilir [12]. Debi süreklilik çizgisi, bir akarsuda belli bir debinin bulunma olasılığını göstermektedir. Yılda küçük zaman birimleri için bir akarsudaki akım süreci stasyoner (istatistik özellikleri zamanla değişmeyen) bir süreç olmayıp ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi özellikleri yıl boyunca değiştiği için debi süreklilik çizgisi, eklenik olasılık dağılım eğrisi değildir. Dolayısıyla belli bir gündeki akımın belli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan güne bağlıdır [10]. Eklenik olasılık dağılımı $F(x)$, olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ 'in integrali olup, (2.1) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$F(x)=P(-\infty \leq X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (2.1)$$

Yıllık akımlar stasyonerdir. Bu sebeple belli bir x değerinin aşılma olasılığını hesaplamak için eklenik frekans dağılım değerini 1'den çıkarmak yeterli olmaktadır. Günlük ve aylık akım değerleri ise stasyoner değildir. Stasyoner olmayan serilerin eklenik frekans dağılımı tanımlanamaz. Bu nedenle günlük akımların debi süreklilik çizgisi eklenik olasılık dağılım eğrisi olarak düşünülemez [10].

Debi süreklilik çizgisi, istasyondaki günlük debilerle elde edilen debi gidiş çizgisinden yararlanılarak çizilir. Debi süreklilik çizgisinin elde edilebilmesi için ilk önce debi gidiş çizgisinin belirlenmesi gereklidir.

Debi gidiş çizgisi, debinin zaman içindeki değişimini gösteren bir grafikdir. Debi gidiş çizgisi yatay ekseninde gün, ay, yıl gibi zaman birimin bulunduğu düşey ekseninde debi miktarının (m^3/s) yer aldığı grafiklerdir. Bu grafikler debi miktarının zamanla değişimini gösteren grafiklerdir. Debi gidiş çizgisinde Q_i debisinin aşılma olasılığını belirlemek için y ekseninde Q_i değeri işaretlenir. Bu noktadan x eksenine paralel yatay bir çizgi çizilir. Şekil 2.1.' de görüldüğü gibi, akarsuda Q_i değerini aşan debilerin gözlemlendiği zaman dilimlerinin toplamı olan Δt süresinin debi süreklilik çizgisinin toplam süresi olan T değerine bölünmesiyle elde edilen $\Delta t / T$ değeri Q_i debisinin aşılma olasılığını vermektedir. Bütün Q değerleri için bu şekilde aşılma olasılıkları hesaplanır. Daha sonra y ekseninde Q değerleri, x ekseninde de söz konusu debilerin aşılma olasılıkları işaretlenmek suretiyle debi süreklilik çizgisi elde edilmiş olur [10].



Şekil 2.1. Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi

Mühendislik çalışmalarındaki kullanım amacına bağlı olarak debi süreklilik çizgileri, günlük, haftalık, aylık ve yıllık gibi değişik zaman aralıkları için belirlenebilirler. Depolamasız bir projelendirme çalışmasında, akarsuda depolama olmaması ve minimum akımların etkisinin dikkate alınabilmesi için günlük akımlarla çalışılmalıdır. Debi süreklilik çizgisinin dikliği, ağırlıklı olarak debi süreklilik çizgisinin hazırlanmasında seçilen gözlem aralığına bağlıdır [13]. Günlük ortalama akım verilerinden elde edilen eğri, yıllık ortalama akım verilerinden hesaplanana oranla daha diktir. Bunun nedeni ise yıllık ortama debinin, günlük ortalama debilerin ortalaması şeklinde hesaplanması ve dolayısıyla günlük ortalama debilerin yıl içindeki değişimlerinin yuvarlatılmasıdır.

Yıl boyunca sabit bir enerji elde etmek istendiğinde, işletme debisi olarak akarsuda gözlenmiş akımlardan minimum debi seçilmektedir. Fakat bu durumda orta ve yüksek debilerin büyük bir kısmından faydalanılamamaktadır. Çok büyük debilerin seçilmesi halinde ise ilk yatırım maliyeti fazla olacak ve bu durum tesisten temin edilecek enerjinin birim maliyetini arttıracaktır. Netice itibarıyla enerji birim maliyetini minimum yapacak debi değerinin seçilmesi için optimizasyon çalışması yapılmaktadır.

Diğer taraftan, enerji ihtiyaçları da zaman içerisinde değişim göstermektedir. Enerji ihtiyacı mevsimsel olarak değiştiği gibi gün içinde de değişmektedir. İş yerlerindeki öğle dinlenme saati akşamları aydınlatma ve ısınmadaki kullanım ve geceleri ışıkların söndürülmesi ile hafta sonlarında işyerlerinin kapalı olması enerji

ihtiyacının zamanla değişmesine sebep olmaktadır. Isıtmadaki kullanım ve gündüz saatlerinin kısalığı nedeniyle kış aylarındaki enerji ihtiyacı yaz aylarındakinden daha fazladır. Enerji ihtiyacı tatil ve çalışma günü olmasına da bağlıdır.

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde akarsuda depolama, dolayısıyla düzenleme olmadığı için var olan akım değerlerinde rastgelelik mevcuttur. Bu durumda projelendirme debisinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Doğal akışlı hidroelektrik santralin tesis edileceği yerde düşü topografyaya bağlı olup, kolaylıkla belirlenebilirken, akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki doğal akışlı hidroelektrik santrallerin kurulu gücünün belirlenmesinde kullanılacak olan debinin seçimi ve tespitin de güçlüklerle karşılaşılmaktadır. Bunun belirlenebilmesi için akarsuyun bu kesitindeki akım değerlerinin frekans analizini yapmak gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan debi süreklilik eğrisi de akımın bu özelliklerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşım içinde hazırlanacak debi süreklilik çizgileri çok daha büyük önem kazanmaktadır. Diğer taraftan proje debisi seçiminde, ekonomik faktörlerin yanında ön görülen santralin baz santral olarak mı yoksa puant santral (kısmi depolamalı) olarak mı kullanılacağı belirleyici olmaktadır. Tabii böyle bir doğal akışlı santralin puant santral olarak planlanabilmesi için ulusal elektrik şebekesiyle bağlantılı olması gerekmektedir. Türkiye’de olduğu gibi ülkelerin çoğunda elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanmasında baz yük (enerji) değil, pik yüklerin karşılanması sorun yaratmaktadır. Bu sebeple puant santral olarak planlanan (çalışan) barajlı (depolamalı) santraller yanında doğal akışlı hidroelektrik santrallerin de pik yüke katkı sağlamaları amaçlanabilmektedir. Yani, bu tür santrallerde kısmi (saatlik veya günlük) depolamalı olarak yapılabileceği için proje debisi çok daha büyük seçilebilmektedir. Bu nedenledir ki debi süreklilik çizgisinin elde edilmesi ve anlamlı bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu planlama ve projelendirme işleminin bölge ölçeğinde gündeme gelmesi durumunda debi süreklilik çizgisi daha bir anlam ve önem kazanmaktadır. Projelendirme debisinin seçimi ve dolayısıyla buna bağlı olarak ta kurulu gücün belirlenmesinde debi süreklilik çizgisi kullanılmaktadır.

Proje debisine karar verildikten sonra doğal akışlı hidroelektrik santralin üreteceği enerji miktarı, debi süreklilik çizgisi ile yatay eksen arasında kalan ve Şekil 2.2. de

taralı olarak gösterilen alan ile düşünün çarpımına eşit olup, bu eşitlik (2.2) ifadesi ile hesaplanmaktadır.

$$E=9,8\eta H_n \int_{t=0}^{t=8760} Q(t)dt \quad (2.2)$$

Burada;

E : Enerji (kWh)

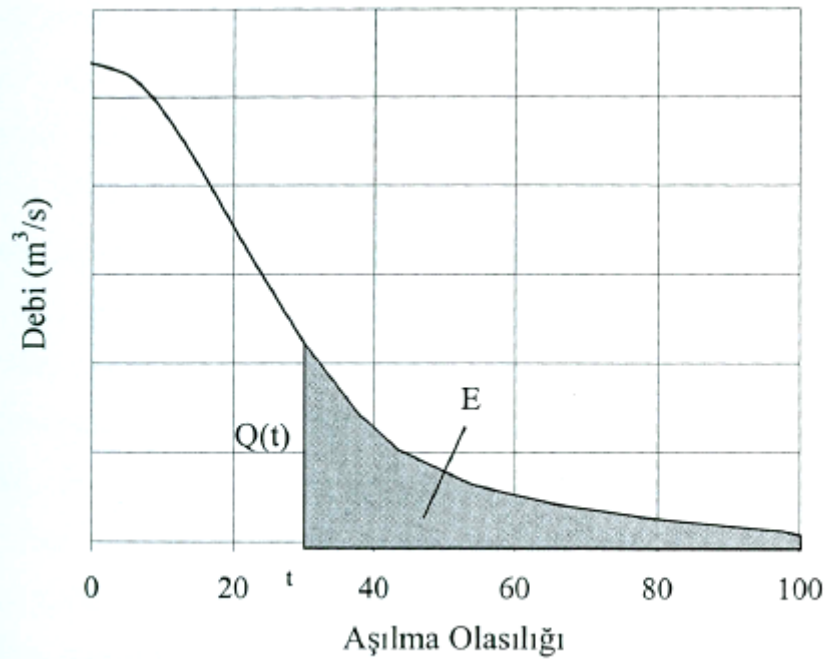
H_n : Net düşü (m)

η : Türbin (η_i), jeneratör (η_j) ve transformatör (η_T) verimlerinin çarpımı

$Q(t)$: Akarsuda t anındaki debi değeri (m^3/s)

t : Zaman (saat)

dt : Zaman aralığı (saat)



Şekil 2.2. Debi süreklilik çizgisinin altında kalan taralı alan enerjiyi ifade etmektedir

2.2. Debi Süreklilik Çizgileri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Debi süreklilik çizgisinin tahmini olarak ilk kullanımı 1880 yılında Clemens Herschel' e aittir [14]. 20. yüzyılın ilk yarısında Amerika Birleşik Devletleri'nde belli bazı bölgeler için debi süreklilik çizgilerinin geliştirilmesi amacıyla geniş çaplı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Mitchell (1957), Illinois'nin ölçüm istasyonlu, kısmen ölçüm istasyonlu ve ölçüm istasyonsuz bölgelerinde debi süreklilik çizgilerinin tahmini için metotlar geliştirmiştir. Cross ve Bernhagen (1949) Ohio'daki, Seville ve diğ. (1933) ise Kuzey Carolina'daki debi süreklilik çizgilerini anlatmışlardır. A.B.D.'de Illinois, New Hampshire ve Massachusetts'deki ölçüm istasyonsuz bölgeler için sırasıyla Singh (1971), Dingman (1978) ve Fennessey ile Vogel (1990) tarafından bölgesel debi süreklilik çizgileri geliştirilmiştir. Bölgesel debi süreklilik çizgileri ile ilgili diğer yeni modellerin bir incelemesi Fennessey ile Vogel (1990) tarafından yapılmıştır.[9,10,15,16,17,18,19]

Mitchell (1957), Searchy (1959) ve Hidroloji Enstitüsü (1980), debi süreklilik çizgilerinin oluşturulması, yorumlanması ve uygulanması ile ilgili olarak bilgiler vermektedir. Dikkat çekici bir noktada debi süreklilik çizgilerini oluşturulması, yorumlanması ve uygulanması ile ilgili önemli çalışmaların çoğunun bilgisayarın yaygın olarak kullanımından önce yapılmış olmasıdır [10,14, 15, 20].

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, debi süreklilik çizgileri üzerinde az sayıda makale yayınlanmıştır; bu çalışmalarda bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelerle bağlantılı olarak, debi süreklilik çizgisi ile ilgili gerçekleştirilen birçok yeni gelişme ele alınmış ve incelenmiştir [9]. Fienberg (1979), bilgisayar teknolojisinin gelişiminden itibaren, istatistikî bilginin gösterimi için grafikli araçların kullanımında sürekli bir azalış tespit etmiştir. Debi süreklilik çizgileri ile ilgili makalelerin büyük çoğunluğunun bu yüzyılın ilk yarısına ait olmasına rağmen, mevcut kitaplarda bu önemli araç ile ilgili olarak hala tartışmalar bulunmaktadır [10,21].

Debi süreklilik çizgilerinin hidroelektrik güç hesabı, su temini ve drenaj planlaması için kullanımı önerilmiştir [13]. Mitchell (1957) ve Searchy, (1959) atık-yük dağıtımı ve su-kalitesi işletim sorunlarıyla ilgili uygulamaları tanımlamaktadırlar. Male ve

Ogawa (1984), bir atık su işleme tesisi kapasitesinin seçimi ile ilgili değişkenler arasındaki ilişkileri göstermek ve değerlendirmek için debi süreklilik çizgilerinin nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. U.S. Bureau of Reclamation, debi süreklilik çizgilerini, askı halindeki yüklerinin frekanslarını inceleyen çalışmalarda ve belli bir bölge için uzun vadeli askıda sediment miktarının belirlenmesinde kullanmaktadır. U.S. Fish & Wildlife Service, debi süreklilik çizgilerini, kendi “Akım içi akıntı artışı metodoloji” lerinde değişik miktar ve frekanslardaki nehir akımının canlı yaşamı için uygunluğunun araştırılmasında kullanmışlardır. Allauze (1989), her su çekilişinin belli bir güvenilirliği olması gereken rezervuarlardan su çekilişlerinin optimum dağıtımlarının belirlenmesi için debi süreklilik çizgilerinin kullanımını tanımlamaktadır. Hughes ve Smakhtin (1996) ise bir nehir ölçüm istasyonundaki eksik gözlenmiş değerlerin belirlenmesi için yakın diğer havzalardaki ölçüm istasyonlarından elde edilmiş debi süreklilik çizgilerini kullanmışlardır [10,15,20,22,23,24].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölüm, akım verilerinin tahmininde kullanılan Yapay Sinir Ağları (YSA) tekniğinin temel prensiplerini içermektedir. YSA kavramı anlatılmış ve YSA'nın temel özellikleri verilerek genel tanımı yapılmıştır. Sinir ağı topolojisi, işlem elemanın mimarisi ve YSA'yı oluşturan elemanların özelliklerine değinilmiştir. YSA uygulamalarının oluşturma adımları olan; tasarım, öğrenme ve test aşamaları açıklanmıştır.

3.1.Giriş

Günümüzde YSA birçok bilim alanına uygulanmaktadır. Bu yaklaşım diğer bilim dallarında olduğu gibi hidrolik ve hidroloji bilim dallarında da iyi sonuç elde etmek için kullanılmaktadır. Su kaynakları sistemleri lineer olmayan ve pek çok parametreye sahip kompleks ilişkilerden oluşur. Bu tür problemler YSA kullanılarak etkili bir şekilde çözülebilir. Ayrıca YSA probleme kolayca adapte olabilmektedir.

YSA, Yapay Zekâ (YZ) biliminin bir alt dalıdır ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. YSA öğrenme kabiliyeti, adaptasyonu, az bilgi ile çalışabilme özelliği, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı ile modern bilimin en popüler konularının başında gelmektedir. YSA' lar, öğrenme yoluyla bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir [25].

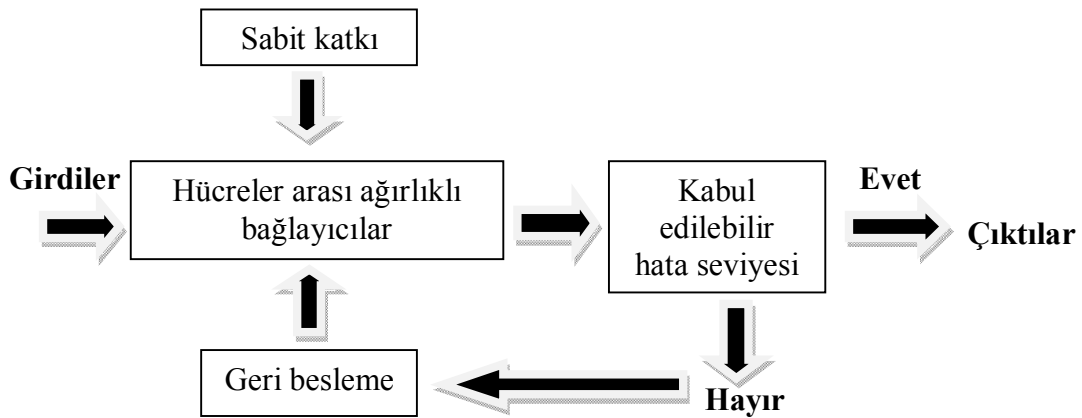
Beyin çalışma sisteminden esinlenerek ortaya atılan paralel işlemlerle modelleme sistemi olarak geliştirilmiştir. YSA'nın en önemli özelliklerinden birisi başlangıçta olay veya verilerle ilgili bir takım kabulleri gerektirmemesidir. YSA uygulamaları için paralel işlemlere meydan verebilecek en azından biri girdi, diğeri çıktı ve

gerekirse de bir diğeri de ara saklı olacak biçimde üç tabakanın hücrelerle beraber tesis edilmesi gerekir.

Yapay sinir ağlarının en büyük üstünlüğü öğrenme kabiliyetlerinin olması ve farklı öğrenme algoritmaları kullanabilmesidir.

Sinir sisteminin modellenmesi için ortaya çıkan (YSA)'lar paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sisteminin özelliğini göstermektedir. Diğer özelliklerin yanında paralel çalışmasından dolayı bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve donanımın kolayca gerçekleştirilebilir olması YSA' yı başka yöntemlere göre daha cazip kılmaktadır. YSA da bilgilerin işlenmesi paralel olarak gerçekleştiğinden taşınan bilgiler birbirinden bağımsızdır. Ayrıca aynı tabakadaki bağıntılar arasında zaman bağımlılığı olmadığından tamamı ile eş zamanlı çalışabilmekte dolayısı ile bilgi akışı hızı artmaktadır.

Şekil 3.1' de verilen YSA nın yapısı gösterilmiştir. Burada ilk hesaplamalarda elde edilen çıktılar beklenen çıktılar ile kıyaslandıktan sonra birbirlerine kabul edilebilir hata sınırları içinde bir yaklaşıklık gösterdiği zaman YSA'nın eğitilmesine son verilir



Şekil 3.1 YSA'nın genel yapısı

Şebeke bağlantı ağırlıkları sabit katkısı çıktı verileri ile YSA çıktıları arasındaki hata miktarlarına göre geri besleme yolu ile eğitilerek değiştirilir. Her eğitimin bir öncekini daha da iyileştirecek biçimde ardışık yenilemeli olarak yapılması bu tür ardışık iyileştirme işlemine bazen “anlık” veya “yenilenen” eğitim adı verilir [25].

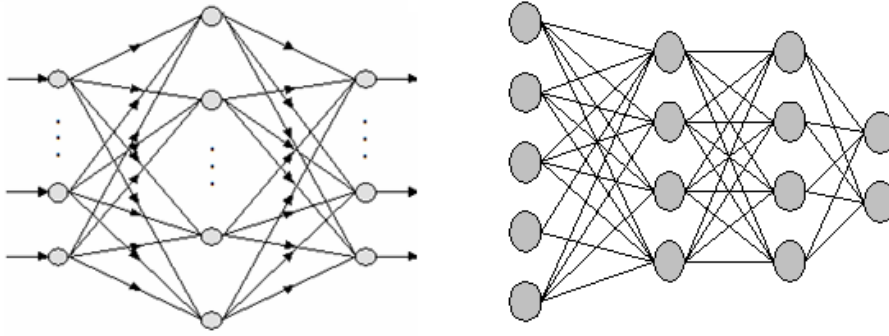
Giriş katmanından alınan girişler, giriş katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp gizli katmana iletilmektedir. Gizli katmandaki sınırlara gelen girişler toplanarak aynı şekilde gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları ile çarpılarak çıkış katmanına iletilir. Çıkış katmanındaki sınırlar de kendisine gelen bu girişleri toplayarak buna uygun bir çıkış üretirler [26].

YSA hesaplamaları arasında biri ileriye doğru girdileri çıktılar haline dönüştürmek diğeri de hataların azaltılması için ağırlıkları geriye doğru yenilemek olmak üzere iki aşama vardır. Bir YSA modelinin geleceğe ait güvenilir tahminlerde kullanılabilmesi için değişik açılardan sınanması gereklidir [25].

YSA'da algıladığı bilgileri hatalar yaparak eğitim yolu ile öğrenirler. Eğitimden başarı ile geçtikten sonra YSA'lar artık algıladığı yeni bilgileri sınyarak kabul veya reddine karar verirler. YSA'lar ile desenler tanıma bilmekte tarafsız sınıflamalar yapılabilmekte ve hatta bilgilerin biraz eksik olması durumunda bile genelleştirmeler yapılarak tam sonuca ulaşabilmektedir [25].

YSA modellenmesinde hiçbir ön şart ve kabul yoktur. Sonuçta YSA modellenmesi genelde bir çoklu giriş çoklu çıkış ilişkisinin kurulmasını sağlar.

YSA'larda bilgi işlemede ard arda gelen en azından üç tabaka bulunmaktadır. Bunlar dış ortamdan bilgileri algılama tabakası ki buna giriş tabakası adı verilir. Bilgileri işleme tabakası ki bu ortada bulunur ve nihayet bilgileri YSA ortamından insanın anlayacağı şekilde dışarıya veren çıkış tabakasıdır [25].



Şekil 3.2 Tek ve çok katmanlı YSA modelleri

3.2. YSA'nın Temel Özellikleri

Örneklerden öğrenme: YSA'ya, öğrenilmesi beklenen girdi ve çıktı ilişkilerinin örnekleri verilir. YSA bu örnekleri kullanarak genellemeler yapar.

Biçim tanıma ve sınıflandırma: YSA'ya örnekler girdi olarak verilir. YSA, oluşturulan girdi/çıktı eşleşmeleri ile bilgiyi depoladığı yerdeki yayılı belgeleri kullanarak, karşılık gelen çıktıyı üretir.

Eksik bilgileri tamamlama: Ağa eksik bilgiye sahip bir örnek verildiğinde, örnekteki kayıp olan veriyi belleğinde bulunan örnekteki bilgilerle bağdaştırarak eksik örnekteki kayıp bilgiye karşılık gelen örnekteki bilgiyi bulabilir.

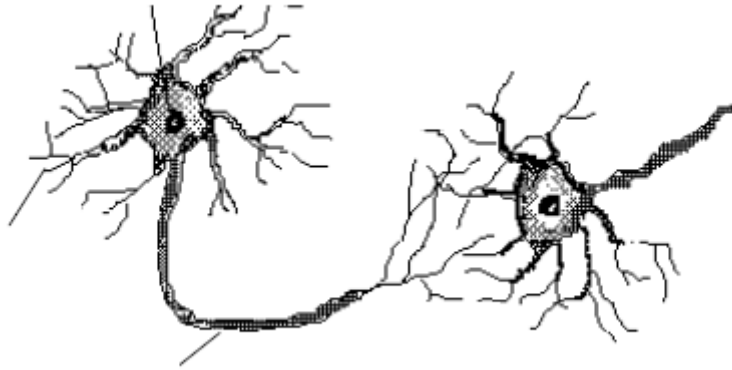
Kendi kendine adapte olma: Bazı YSA modelleri, kendi kendine öğrenme yeteneğine sahiptir. Ortamda değişiklikler olduğunda, bu tür ağlar yeni duruma kendilerini adapte edebilir.

Hatalara tolerans gösterme: Bazı işlem elemanlarının ağdan çıkarılması veya işlem elemanın olmaması durumunda yapay sinir ağının sonuç vermemesi gibi bir durum söz konusu değildir. Bilgiler, bütün ağ boyunca yayılı olduğundan birtakım bilgilerin kayıp oluşu ağın performansının kısmen başarısız olmasına sebep olacaktır. Bu özellik ile, hesaplamada ufak bir eksikliğin kötü sonuçlara yol açabileceği kritik problemlerde çok faydalıdır.

Eksik bilgilerle çalışabilme: Bulanık veya eksik bilgiler ağa sunulduğu zaman, yayılı bellek bilinen girdi için en uygun çıktıyı seçer. El yazısı tanıma, bu özelliğe güzel bir örnektir [27].

3.2.1. İşlem elemanı

Şekil 3.3’de gösterilen sinir hücresinden esinlenerek oluşturulan yapay sinir hücresi, YSA’nın en temel elemanıdır ve işlem elemanı olarak adlandırılır. Genel bir sinir ağı modeli, işlem elemanları ile karakterize edilir. Bir işlem elemanı; girdiler, ağırlıklar, birleşme fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıktı olmak üzere, beş ana öğeden oluşur. İşlem elemanının birden fazla girdisi olabilirken, sadece bir tane çıktısı olabilir (Şekil 3.4).

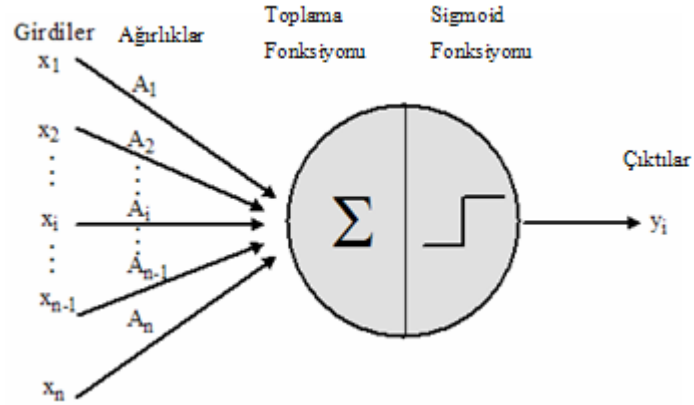


Şekil 3.3 Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri

Girdiler, ağ dışı veya diğer işlem elemanlarından gelen bilgilerdir. İşlem elemanı bazı durumlarda geri besleme ile kendi kendine girdi oluşturabilir.

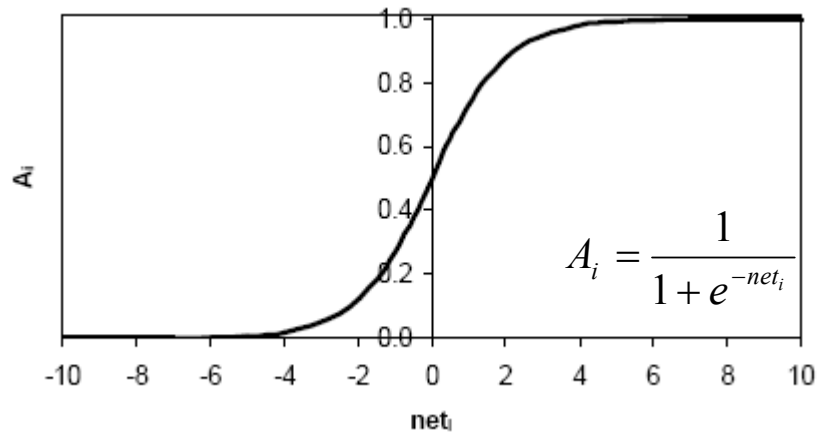
Ağırlıklar, girdi değerlerinin işlem elemanı üzerindeki etkisini kontrol ederler. Yapay sinir ağının bilgisinin depolandığı birimlerdir. Değişken değerler alabil en ağırlıklar, öğrenme esnasında ağın, girdi ve çıktı arasındaki optimum ilişkiyi yakalayabilmek için sürekli olarak değişirler. Bir başka deyişle, ağırlıklar öğrenme esnasında optimize edilirler. Ağ dışından gelen bilgiler son ağırlık değerlerin göre işlenir ve son şeklini alırlar.

Birleşme (toplama) fonksiyonu, işlem elemanından gelen bilgileri birleştirir. En çok kullanılan birleşme fonksiyonları maksimum, minimum, çoğunluk, çarpım, toplam ve kümülatif toplam fonksiyonlarıdır. Bunlardan en yaygın olanı, ağırlıklı girdileri toplayan "toplam fonksiyonu" dur.



Şekil 3.4 Bir işlem elemanı

Transfer veya aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonun sonucunu değerlendirir. Birleştirme fonksiyonlarında olduğu gibi, bir çok transfer fonksiyonu vardır. En yaygın olarak kullanılanlar, sigmoid fonksiyonu (Şekil 3.5), doğrusal olan fonksiyon ve step fonksiyondur. Birleştirme ve transfer fonksiyonları problemin yapısına göre tercih edilir [28].



Şekil 3.5 Sigmoid transfer fonksiyonu

Çıktılar son olarak, transfer fonksiyonunun sonuçlarını bağlantılı olduğu işlem elemanına veya ağ dışı kaynaklara iletir.

3.2.2. YSA'nın planlanması

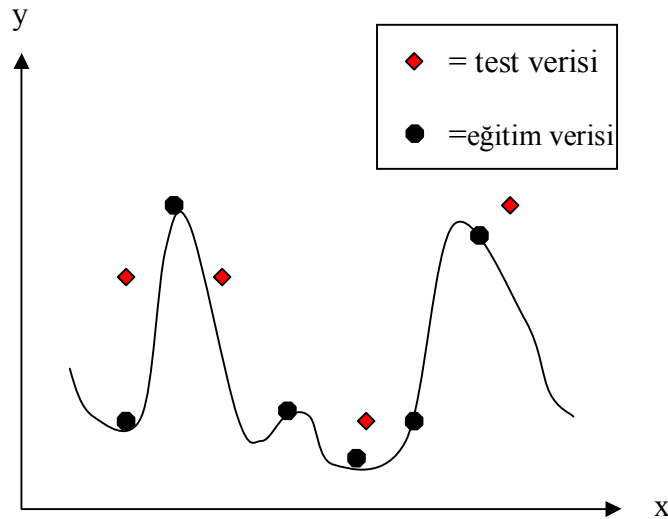
Bu önemli adımda ise YSA mimarisinin belirlenmesi ve eğitim algoritmasının seçimi yapılmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi, gizli tabakadaki nöron sayısı, ağın performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Gizli tabakada çok az veya çok fazla nöron olması sistemin performansını zayıflatır. Eğer çok az nöron varsa sistem yeterince eğitilmemiş olacaktır. Eğer çok fazla nöron varsa aşırı eğitimden dolayı sistem olayı öğrenmekten ziyade verileri ezberleme yoluna gidecektir.

3.2.3. Eğitim ve test

Problemdeki toplam veriler eğitim ve test grupları olmak üzere ikiye ayrılır. Eğitimin amacı problemin YSA tarafından algılanmasıdır. Performans fonksiyonları vasıtasıyla ağırlıklarda yapılacak ayarlamalar sayesinde YSA'nın ürettiği sonuçlar tolerans limitlerine ulaşması hedeflenir. Bu işlem kısaca eğitim olarak adlandırılabilir. YSA mimarisin o problem için yeterli düzeyde tahmin yapabilmesi için eğitim safhasında kullanılacak veri sayısı yeterli miktarda olmalıdır. Bu durum öğretmen-öğrenci ilişkisi ile örneklendirilebilir. Bir öğretmen derste işlediği konu hakkında yeterli bilgi vermeden öğrencileri sınava tabi tutarsa, öğrenciler o sınavdan iyi sonuçlar alamayacaklardır. Eğitim işlemi sona erdikten sonra ağın test edilme

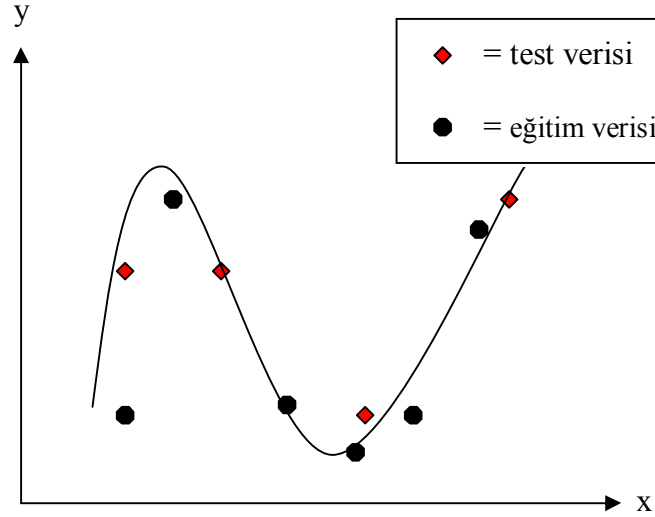
işlemine sıra gelir. Test için ayrılan veri grubunun girdi parametreleri, eğitim yoluyla oluşturulan YSA modeline verildiğinde, YSA çıktı değerleri üretir. Yine daha önce bahsedilen performans fonksiyonları kullanılarak YSA'nın etkinliği tespit edilmiş olur.

Ağın eğitiminin başlangıcında ağırlıklar ağ tarafından belirlenir. Eğitim esnasında, hatalara bağlı olarak ağırlıklar güncellenir. Bu düzenleme hata düzeyini belirlenen değere indiren ağırlık matrisi bulununcaya kadar devam eder. Fakat burada eğitimin fazla yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu durum sonucu elde edilen modeldeki ağırlık değerleri eğitime çok bağlı kaldığından genelleştirme yeteneği azalır. Eğitim veri grubundaki olası hatalı değerler sistem tarafından mutlak doğruymuş gibi algılanacağından eğitimin kalitesi düşük olacaktır. Bu durumu yine öğretmen-öğrenci arasındaki ilişkiyle açıklamaya çalışalım. Öğrenciler derste verilen sorulara ve bunların çözümlerine çok bağımlı kalırlarsa farklı sorularla karşılaştıklarında ezberlemeden dolayı doğru çözümler üretemeyebilirler. Şekil 3.6' da aşırı öğrenme diye adlandırılan durum gösterilmektedir. Bu şekilde YSA modelinde eğitim verilerinde hemen hemen hiç hata vermezken, test grubunda ise ezberlemeden dolayı çok büyük hatalar vermektedir [29].



Şekil 3.6 Genelleştirme yeteneği olmayan YSA mimarisini

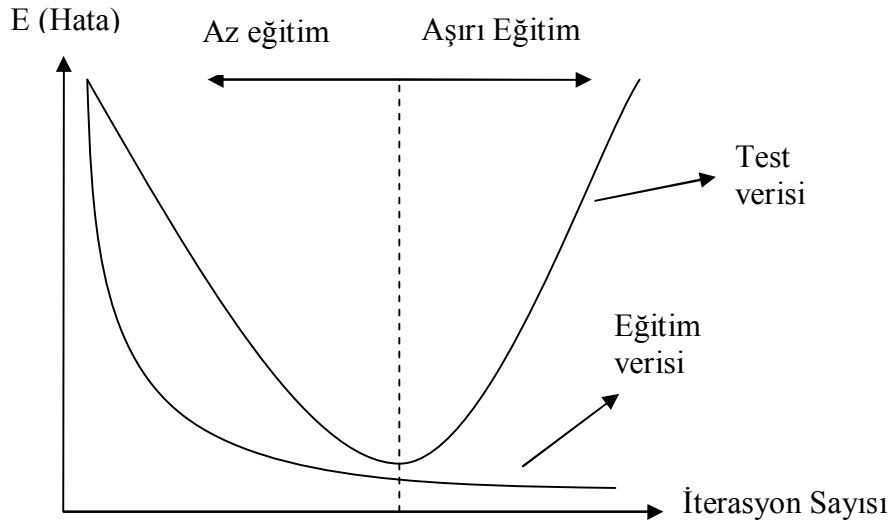
Bu durumdan kaçınmak için eğitim safhası aşırı eğitim (ezberleme) olmadan durdurulmalıdır. Şekil 3.7’de ise uygun bir YSA mimarisi verilmiştir. Eğitim grubundaki hata değerleri Şekil 3,6’ya göre daha büyük gözükse de asıl hedef olan test grubunun performansı diğer duruma göre son derece yüksektir. Eğilim çizgisinden de görüldüğü gibi YSA modelinin uygunluğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.7 Genelleştirme yeteneği olan YSA mimarisi

Sonuç olarak YSA ile oluşturulmuş modelin eğitim ve test gruplarındaki hata değerlerinin benzer olması o modelin iyi tasarlanmış uygun bir model olabileceği söylenebilir. Şekil 3.8’de de eğitim ve test değerlerinin hataların iterasyon sayısına göre değişimi verilmiştir. Öncelikle eğitim ve test verilerinin hata değerleri birlikte düşer.

Optimum eğitim düzeyine ulaşıldıktan sonra, eğitim grubunun hataları düşmeye devam ederken test grubunun hataları artmaya başlar. Bu durum aşırı eğitimin ya da ezberlemenin başladığının göstergesidir. O anda iyi bir YSA modelinin elde edilmesi için eğitimin durdurulması gerekir [30]. Eğer eldeki veri sayısı çok az ise diğer bir kontrol mekanizması olarak OKH değerlerinin artık daha fazla önemli ölçüde değişmezse eğitimin durdurulması aşırı eğitimi engelleyebilir.



Şekil 3.8 Eğitim ve test verilerine göre hatanın dağılımı

3.2.4. İleri beslemeli geriye yayılım sinir ağları (İBGYSA)

Su kaynaklarında en çok kullanılan yapay sinir ağları metodudur. Bu yapay sinir ağında girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim birçok nörondan oluşmakta olup birimler arasında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekli ve her kısımdaki nöron sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki nöronlar arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. İleri beslemeli geriye yayılım algoritması iki etaptan oluşmaktadır. Bunlar 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 [31].

Bu eğitim sürecinin başında bağlantı kuvvetleri rasgele değerler olarak atanmaktadır. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarı ile tamamlana 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 ileri doğru besleme ile yapay sinir ağının bağlantı kuvvetlerindeki öğrenilmiş ve saklanan bilgi sayesinde bir çıktı grubu elde edilir [31].

Geri yayılma algoritması gizli tabaka içeren YSA'larda kullanılan güçlü bir öğrenme algoritmasıdır. Geriye yayılma algoritmasında iki temel akış vardır. Bunlardan birincisi ağlar üzerinden ileriye doğru olan bilgi akışı, ikincisi ise geriye doğru olan hatanın yayılmasıdır. Geriye olan akışta ise gerçek çıkışlar ile hesaplanan çıkış değeri yardımıyla elde edilen hatanın geriye doğru yayılarak ağırlıkların değiştirilmesi sağlanır. Tüm öğrenme usullerinde olduğu gibi geriye yayılma algoritmasındaki amaç da giriş ve çıkış verileri arasındaki en uygun tasviri sağlayacak olan bağlantı ağırlıklarının elde edilmesidir [31].

Eğitme işleminin tamamlanması için iki seçenek mevcuttur. Bunlardan ilki belli miktardaki hata toleransını göze almak o hata değerinden daha düşük hata değerine ulaşmaya kadar eğitmeyi sürdürmektir. Dolayısı ile bu durumda eğitme sayısından ziyade hata miktarı önemlidir. Diğer seçenek sabit bir eğitim sayısının seçilmesidir. Burada eğitici belirlenen eğitme sayısı sonunda elde edilecek hatayı kabul etmektedir [31].

Geriye yayılma algoritmasının mahsurları da vardır. Bunlar arasında örneğin ağıın eğitilebilme garantisi yoktur. Eğitimin gerçekleştirilebilmesi için ağıın büyütülmesinin yeterli olabileceği düşünülebilir. Ağıın büyük tutulması öğrenmeyi ne kadar zorlayabileceği hususunda garanti verememektedir. Ağıın büyütülmesi daha fazla işlem yükü getireceğinden bu kez de sonlu bir zaman diliminde eğitilebilme ihtimali azalmaktadır [31].

3.3. Regresyon Analizi

Mühendislik problemlerinin çoğunda iki ya da daha çok sayıda rasgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerlerin birbirinden bağımsız olmadığını, dolayısıyla bu değişkenler arasında istatistiksel bir ilişki bulunduğunu görürüz. İki değişken arasında bir ilişki bulunabileceği gibi, iki değişkenin başka bir değişkeni birlikte etkilemeleri de mümkündür.

Ancak söz konusu ilişkiler deterministik (fonksiyonel) nitelikte değildir. Yine de değişkenler arasındaki fonksiyonel olmayan bağıntının varlığının ortaya çıkarılması ve biçiminin belirlenmesi uygulamada büyük önem taşır. Bu bağıntıyı kullanarak bir değişkenin alacağı değeri diğer değişkenlerin bilinen değerlerine bağlı olarak belirlemek mümkün olur. Bu sonuç söz konusu değişkenin alacağı gerçek değeri tam ve kesin olarak vermemekle birlikte bu değere yakın istatistiksel en iyi tahmin olur. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden olan farklarının (hata) da belli bir olasılıkla hangi sınırlar içinde kalacağı söylenebilir. Bu tipten bir bağıntıyı gösteren matematik ifadeye regresyon denklemi denir. Regresyon analizinin amacı göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin güven aralıklarını hesaplamaktır [32].

Regresyon analizine başlarken aralarında bir ilişki aranacak olan iki (ya da daha fazla sayıda) değişkenin hangileri olduğuna karar vermek, sonra da bu değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren denklemin biçimi için bir kabul yapmak gerekir. Buna göre regresyon analizi şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Basit doğrusal regresyon analizi: En çok kullanılan bu en basit analizde iki değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.
- Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi: İki'den daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.
- Doğrusal olmayan (nonlinear) regresyon analizi: Burada iki ya da daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden seçilen bir denklemle ifade edilen bir ilişkinin varlığı kabul edilir.

Basit doğrusal regresyon analizi; Y'nin X'e göre regresyon doğrusunun denklemi olan:

$$y = a + bx \quad (3.1)$$

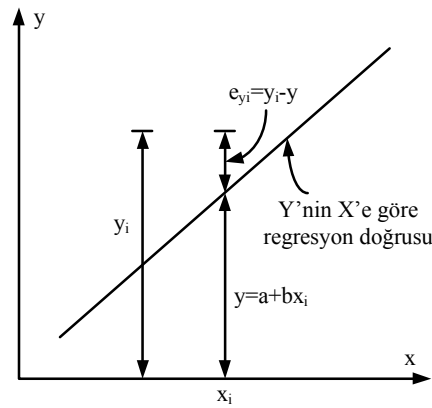
ifadesindeki a ve b regresyon katsayılarını hesaplamak için gözlenmiş (x_i, y_i) noktalarının regresyon doğrusuna düşey (y doğrultusundaki) uzaklıklarının (e_{yi}) karelerinin toplamı minimum yapılır (Şekil 3.9):

$$\min \sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2 \quad (3.2)$$

e_{yi} için (3.2) bağıntısındaki ifadeyi kullanarak a ve b katsayılarının diferansiyel denklemleri çözümlerse regresyon katsayıları için şu ifadeler varılır:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \frac{s_Y}{s_X} \times r_{X,Y} \quad (3.3)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3.4)$$



Şekil 3.9 Regresyon doğrusu gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilmesi

Elde edilen doğru denkleminin katsayılarının (3.3) bağıntısı ile verilen ifadeler olduğu görülmektedir. Buna göre gözlenen noktaların regresyon doğrusuna düşey uzaklıklarının toplamını minimum yapacak şekilde geçirilen doğru aynı zamanda X

in verilen bir değeri için Y nin beklenen değerini veren regresyon doğrusu olmaktadır. Bu uzaklıkların X'in her değerinde aynı olduğu kabul edilen varyansı için de şu ifade elde edilir.

$$s_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N e_{yi}^2}{N-2} = \frac{N-1}{N-2} \times (1-r_{X,Y}^2) \times s_y^2 \cong (1-r_{X,Y}^2) \times s_y^2 \quad (3.5)$$

Bağıntı (3.5)'ten görüldüğü gibi Y bağımlı değişkeninin varyansı olan s_y^2 , regresyon doğrusu geçirildikten sonra gözlem noktalarının bu doğrunun çevresindeki dağılımında azalarak $(1-r_{X,Y}^2) s_y^2$ değerine inmektedir. Buna göre $r_{X,Y}^2$ (determinasyon katsayısı), Y'nin varyansının regresyon doğrusu ile açıklanabilen yüzdesini gösterir. $r_{X,Y}$ korelasyon katsayısı 1'e ne kadar yakınsa açıklanabilen varyans yüzdesi o kadar büyük olur ve Y için regresyon doğrusunu kullanarak yapılacak tahminlerdeki hata da o kadar azalmış olur. Bağıntı (3.5) ile hesaplanan s_{ey}^2 ise Y değişkeninde X in dışındaki diğer etkenlerden kaynaklanan değişime bağlı olan varyansı göstermektedir.

Verilen bir $X = x_0$ değeri için regresyon denklemiyle hesaplanan değer Y'nin beklenen değeri olduğu gösterilmişti. Verilen bir x_0 değeri için regresyon denklemi ile tahmin edilen Y'nin varyansı:

$$Var(Y) = s_{ey}^2 \times \left[\frac{N+1}{N} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{N \times s_x^2} \right] \quad (3.6)$$

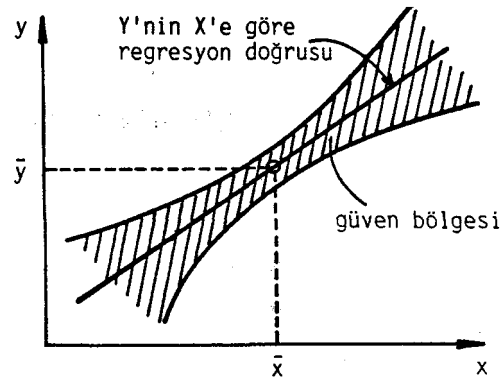
Varyansın kareköküne ise Y'nin tahminindeki standart hata denir. Standard hatanın s_{ey}^2 ile arttığı görülmektedir, buna göre korelasyon katsayısının azalması ile standart hata artar. Standard hata N ile ters orantılıdır.

Belli bir güven düzeyinde Y için yapılacak tahminlerin güven bölgesi Şekil 3.10'da şematik olarak gösterildiği üzere x değerinden uzaklaştıkça genişler. Bu nedenle regresyon denklemi ile bağımsız değişkenin ortalamadan çok uzak (çok büyük veya çok küçük) değerlerine karşı gelen bağımlı değişken değerlerini tahmin etmek güvenilir sonuç vermez. Regresyon denklemini ancak X in gözlenmiş değerlerinin değişim bölgesi içinde kullanmak uygun olur.

Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi; bağımlı bir değişkene karşı iki veya daha fazla bağımsız değişken varsa ve bunlar arasındaki ilişki doğrusal ise;

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \epsilon_i \quad (3.7)$$

şeklinde gösterilebilir. Bu modele “çoklu doğrusal regresyon” adı verilir.



Şekil 3.10 Regresyon denklemiyle yapılan tahminler için belli bir güven düzeyindeki güven bölgesi [32]

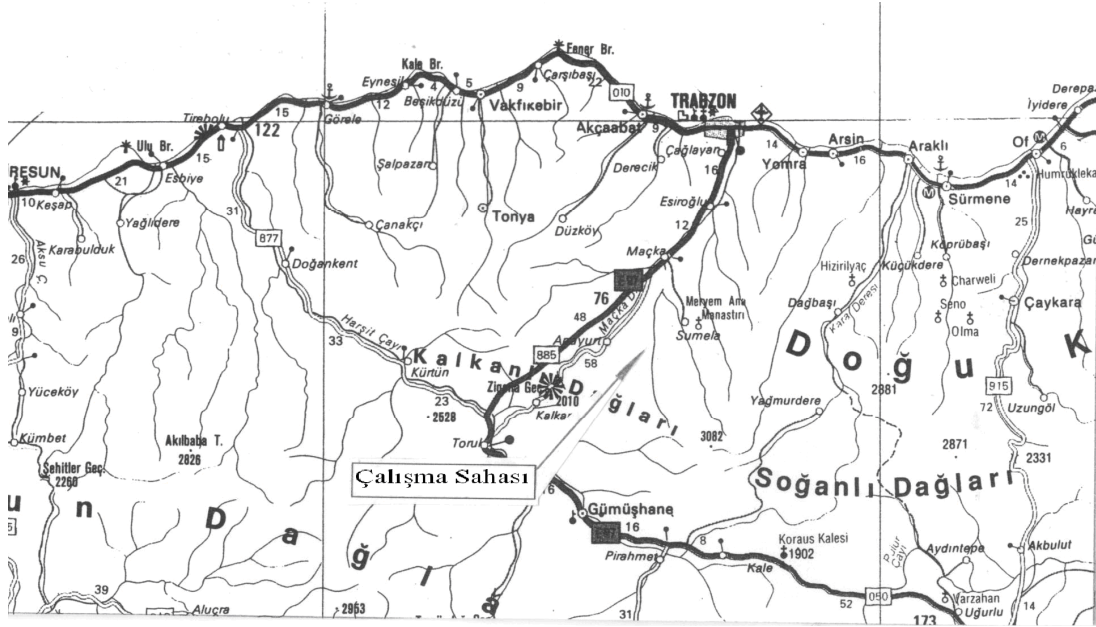
BÖLÜM 4. AKIM TAHMİN MODELLERİNİN UYGULAMASI

4.1. Uygulama Sahasının Tanıtımı

Bu çalışma Doğu Karadeniz havzasında yer alan Turnagöl deresine ait akım verilerinin tahmini için yapılmıştır. Bu uygulamada kullanılan yağış verileri Devlet Meteoroloji İşleri (D.M.İ), akım verileri Devlet Su İşlerinden (D.S.İ) alınmıştır.

Doğu Karadeniz Havzası Türkiye'nin kuzey doğu kıyısında yer alır. 40⁰15' ile 41⁰34' kuzey enlemleri ve 36⁰43' ile 41⁰35' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğu Karadeniz Havzası; batıda ordu il sınırı, doğuda Gürcistan sınırı, güneyde ise Doğu Karadeniz dağ silsilesi ve kuzeyde Karadeniz ile sınırlanır. Türkiye'deki 26 akarsu havzasından birisidir. Toplam alanı 18265 km² olan havza, yılda ortalama 12.392 km³ yüzeysel su potansiyeli ile Türkiye potansiyelinin %6,6' sını sağlamaktadır. Eğimin yüksekliği ve yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarı geçirimli olması sebebiyle, yağın yağmurun önemli bir kısmı yüzeysel akışa geçmektedir. Bu nedenle Doğu Karadeniz Havzası oldukça eğimli ve sık bir akarsu ağına sahiptir. Doğu Karadeniz Havzası her yıl ortalama olarak 2000–2500 mm yağış alan bölge olarak Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir.

Çalışmaya konu olan Turnagöl deresi de Doğu Karadeniz Havzası içerisinde yer alan Trabzon ili, Maçka ilçesi Maçka'nın yaklaşık 22 km. güneyinde yer almaktadır. Turnagöl yaylası yükseltilerinden kaynaklanıp Değirmendere vadisine dökülen Turnagöl deresi, Değirmendere Akarsuyunun memba kollarından biridir. Şekil 4,1'de proje çalışma sahası gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Turnagöl deresi coğrafi konumu

Bu çalışmada “Akım Ölçümleri Olmayan Derelerde Debi Süreklilik Çizgisinin Belirlenmesi” konu başlığı altında ölçüm istasyonu olmayan veya yetersiz verinin bulunduğu derelerde debi süreklilik çizgisinin belirlenmesi için Turnagöl deresi üzerinde çalışma yapılmıştır. Akım ölçümü olmayan derelerde debi süreklilik çizgisinin belirlenmesinde yapay sinir ağları ve regresyon analizi yöntemleri kullanılarak bunlardan en uygun olan yöntemin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Doğu Karadeniz de bulunan Turnagöl deresine ait akım verilerinin elde edilmesi amacıyla dereye yakın mesafelerde olan Trabzon, Gümüşhane ve Maçka ya ait 1980–2000 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Bu amaçla Trabzon’daki 1787 nolu, Maçka’daki 1626 nolu, Gümüşhane’deki 17088 nolu Devlet Meteoroloji İşlerine ait ölçüm istasyonlarından elde edilmiş 1980–2000 yılları arasındaki yağış verileri temin edilmiştir.

Akım verisi olarak, Turnagöl deresi üzerinde resmi kurumlar tarafından işletilmiş/işletilmekte olan her hangi bir Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmadığından Turnagöl derenin mansaplandığı Değirmendere üzerinde resmi kurumlar tarafından işletilmiş/işletilmekte olan DSİ 22–104 No’lu AGİ’ye ait 1980–2000 yılları arasındaki debi ölçümleri kullanılmıştır. Bu amaçla, akım verileri çeşitli senaryolarla irdelenerek YSA ve ÇRA modelleri ile debilerinin tahmin edilmesi ve

tahmin edilen verilerin sağlıklı olduğunun kontrolü amacıyla birçok analiz yapılmıştır. İlk önce her yıl için tek tek analizler yapılarak korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Ve yine Değirmendere'ye ait akım verilerinin 1980–1990 yılları arası eğitim ve 1991–2000 yılları test verisi olmak üzere yapılan YSA ve ÇRA analizleri sonucunda da korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasının başladığı tarihlerde çalışma sahası olan Turnagöl Deresinde ölçüm yaparak elde ettiğimiz bir su yılına ait akım verilerini de yine aynı yöntemlerle analiz ederek korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir.



Değirmendere ve Turnagöl derelerinin akım verilerinin kendi aralarındaki uyumunun çok iyi olduğu kurulan modellerde görülmüştür. Akabinde incelemiş olduğumuz Turnagöl deresine ait bir yıllık verilere, komşu dere olan Değirmendere'ye ait veri setleri de eklenmiştir. Değirmendere'ye ait veriler eğitim, Turnagöl deresine ait veriler test amaçlı kullanılmıştır. Çeşitli senaryolar kurularak elde edilen YSA ve

ÇRA analizleri sonucu korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiş, modeller kıyaslanarak en iyi model seçilmiştir.

4.2. Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi miktarının Tahmin Edilmesi

Tablo 4.1. ÇRA senaryoları

Senaryolar	Senaryo Numaraları	Girdiler
SENARYO I	Senaryo I-1	P(t-1)
	Senaryo I-2	P(t-1) P(t-2)
	Senaryo I-3	P(t-1) P(t-2) P(t-3)
SENARYO II	Senaryo II-1	Q(t-1)
	Senaryo II-2	Q(t-1) Q(t-2)
	Senaryo II-3	Q(t-1) Q(t-2) Q(t-3)
SENARYO III	Senaryo III-1	P(t)
	Senaryo III-2	P(t) P(t-1) Q(t)
	Senaryo III-3	P(t) P(t-1) Q(t) Q(t-1)

Yapay sinir ağlarında da kullanacağımız senaryolar üzerinde 3 istasyon içinde regresyon analizi uygulanmıştır. Bu modelde Y=Debi değeri olarak alınacak X değerleri ise senaryolara göre değişiklik gösterecek olup her senaryo için belirtilecektir.

4.2.1. 1787 nolu Trabzon istasyonu için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Tablo 4.1’de belirtilen senaryoları 1980–2000 yılları arasındaki verilerle analiz ederek bulunan R^2 değerleri Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu için ÇRA Senaryoları R² değerleri

Senaryolar	Senaryo Numaraları	R ²
SENARYO I	Senaryo I-1	0,1640
	Senaryo I-2	0,1762
	Senaryo I-3	0,1998
SENARYO II	Senaryo II-1	0,9151
	Senaryo II-2	0,9249
	Senaryo II-3	0,9264
SENARYO III	Senaryo III-1	0,0503
	Senaryo III-2	0,9137
	Senaryo III-3	0,9162

4.2.1.1. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,089663
X Değişkeni 1	0,284889

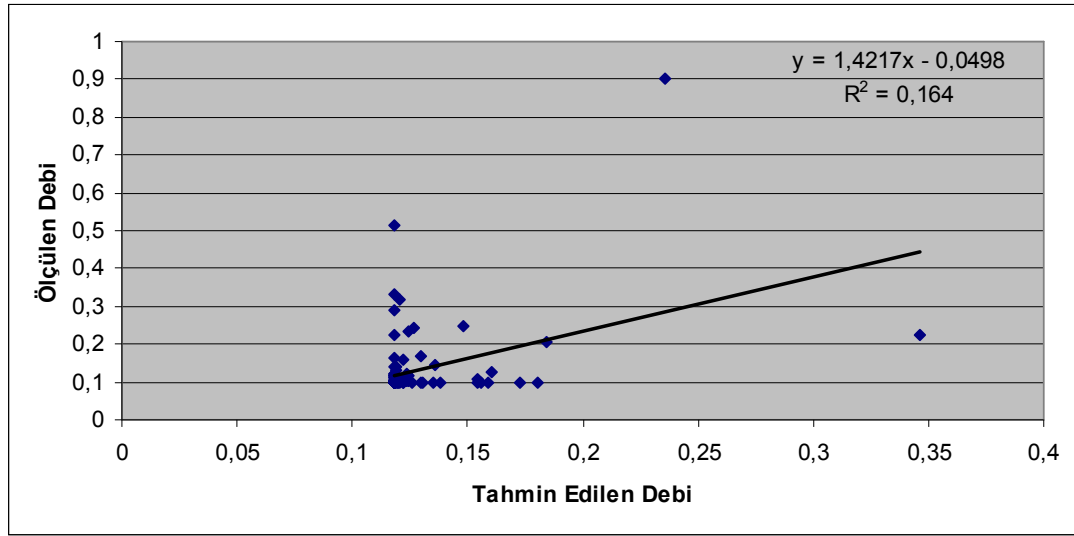
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,089663 + 0,284889.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.2. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.2' den de görüldüğü üzere ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,164$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,405$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.2. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,095328
X Değişkeni1	-0,06223
X Değişkeni2	0,30242

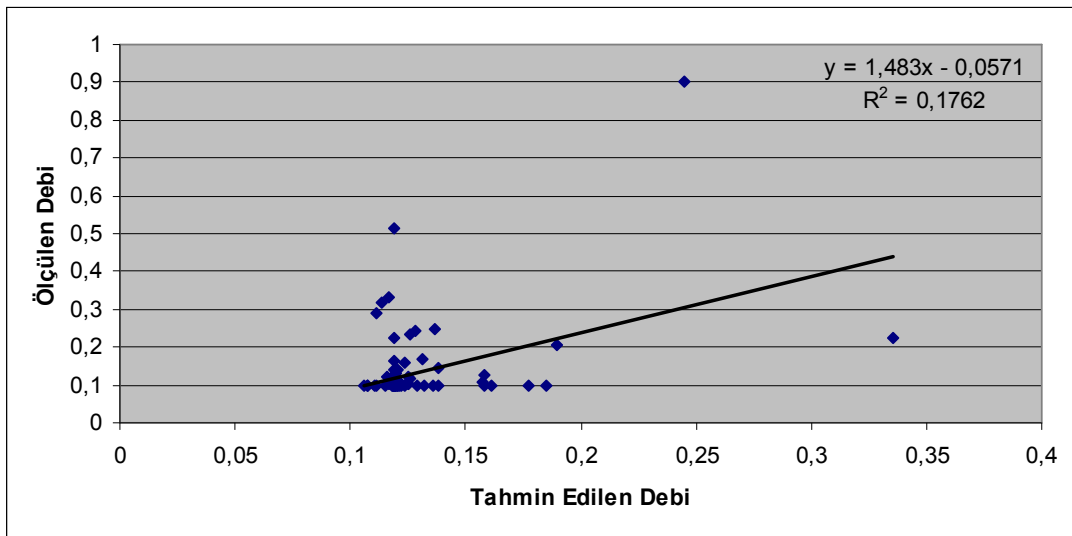
Denklemler;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,095328 - 0,06223.X_1 + 0,30242.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.3' den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısının (R^2) değeri,

$R^2=0,1762$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R= 0,4197$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.3. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklemler,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,084644
X Değişkeni1	0,112879
X Değişkeni2	-0,09643
X Değişkeni3	0,309245

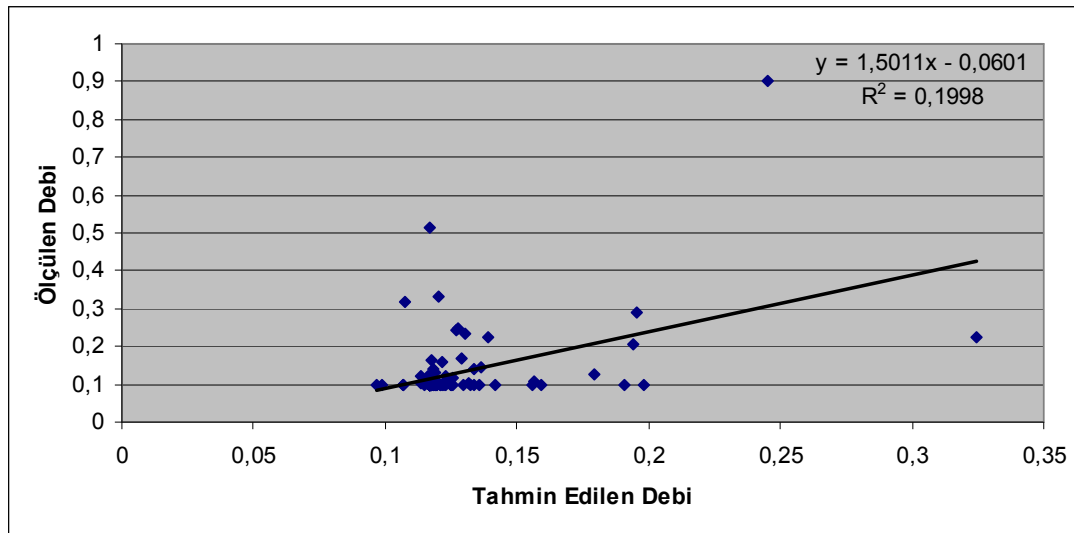
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,084644 + 0,112879.X_1 - 0,09643.X_2 + 0,309245.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.4'ten de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,1998$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4447$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.4. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004402
X Değişkeni	0,983153

Denklem;

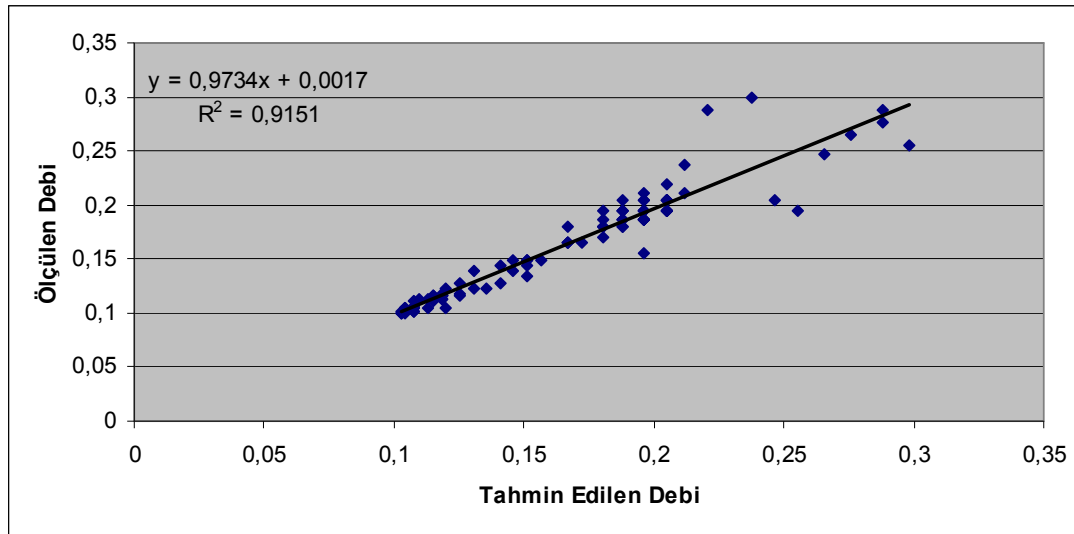
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,004402 + 0,983153.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5.1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.5'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9151$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9566$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.5. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,005556
X Değişkeni1	-0,25308
X Değişkeni2	1,23192

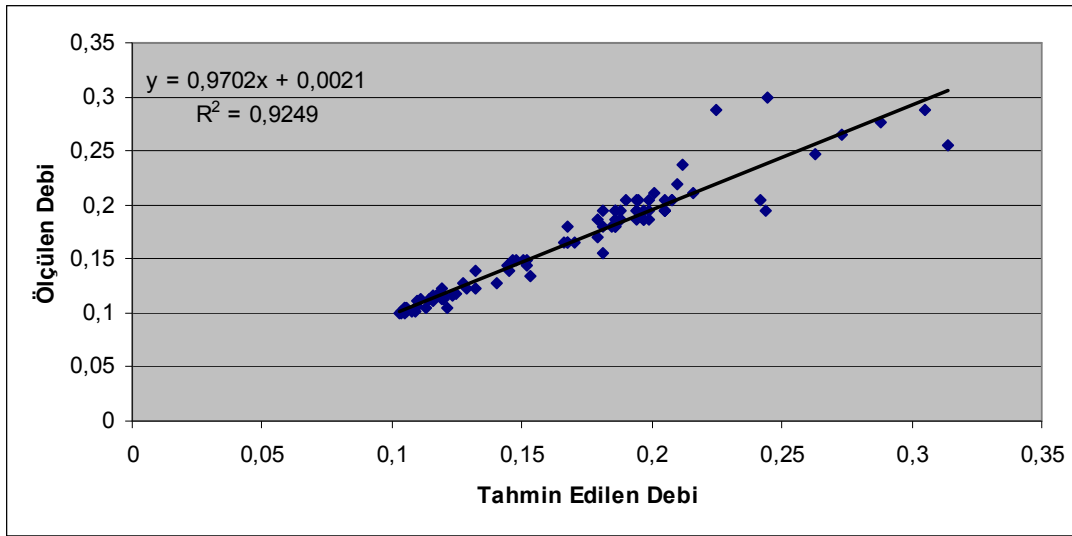
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,005556 - 0,25308.X_1 + 1,23192.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine grafik ait Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.6'dan de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9249$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9617$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.6. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004748
X Değişkeni1	0,138027
X Değişkeni2	-0,42329
X Değişkeni3	1,267081

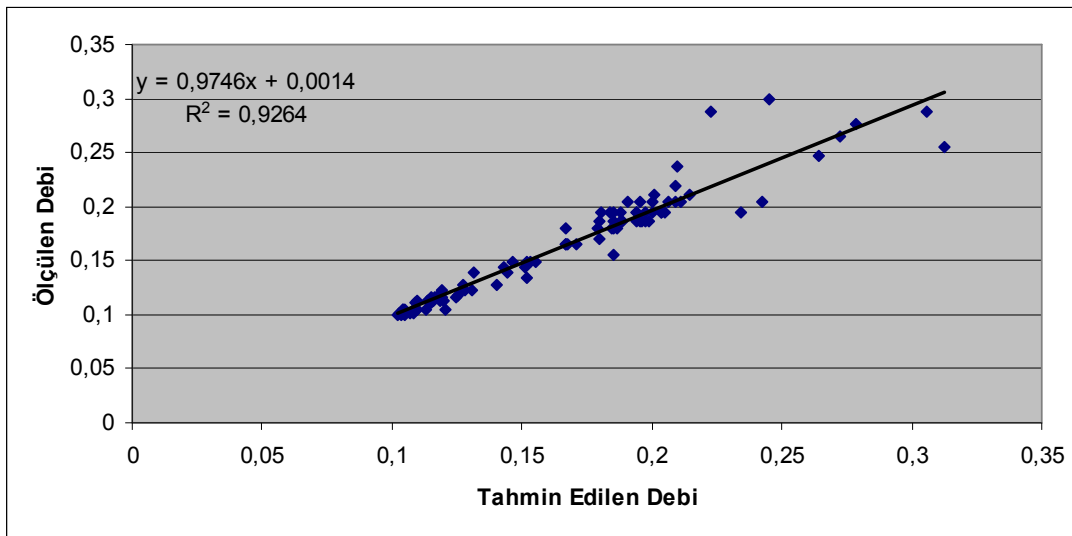
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,004748 + 0,138027.X_1 - 0,42329.X_2 + 1,267081.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.7’den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2)değeri,

$R^2=0,9264$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9625$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.7. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,177689
X Değişkeni	0,056234

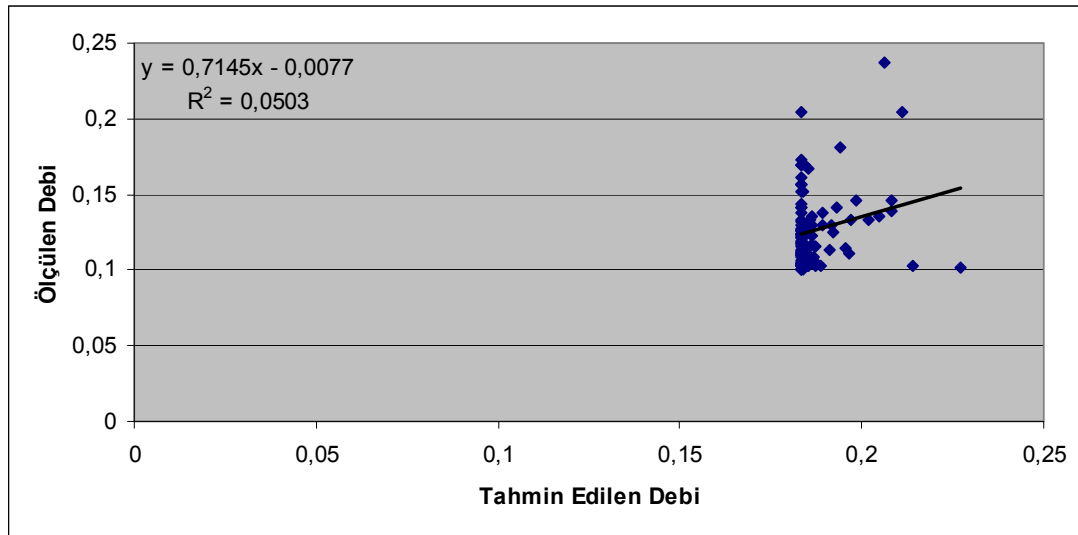
Denklem;

$$Q = n.a0 + a1.X1$$

$$Q = 0,177689 + 0,056234.X1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.8'te verilmiştir.



Şekil 4.8. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.8'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,0503$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,2243$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.8. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,00356
X Değişkeni1	0,006272
X Değişkeni2	0,983313

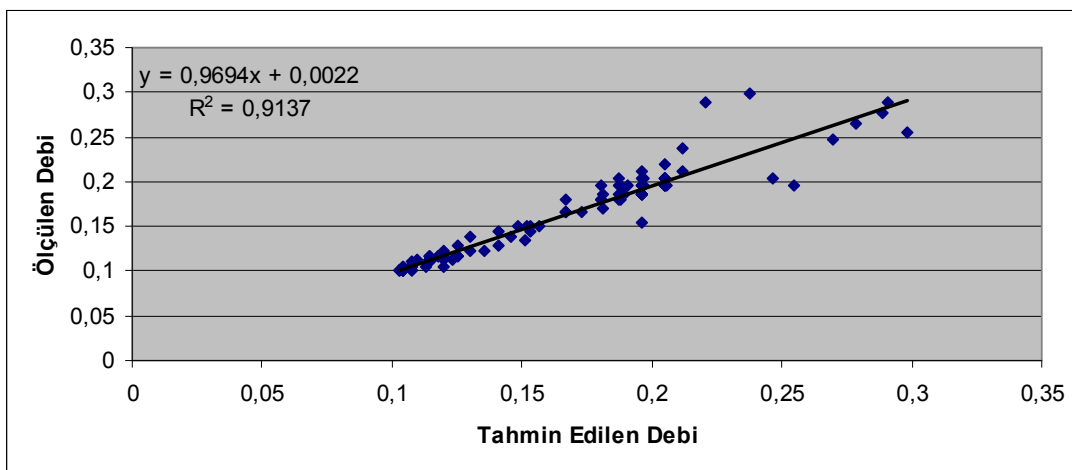
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,00356 + 0,006272.X_1 + 0,983313.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9.1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.9'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9137$ olarak hesaplandı. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9559$ olarak bulunmuştur.

4.2.1.9. 1787 nolu Trabzon istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur. Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,006848
X Değişkeni1	0,016085
X Değişkeni2	-0,03440
X Değişkeni3	0,982742

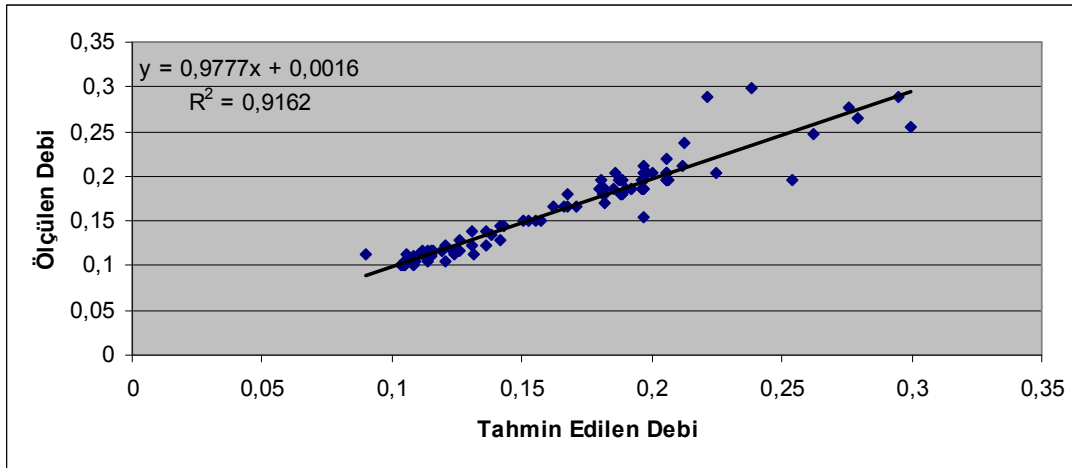
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,006848 + 0,016085.X_1 - 0,0344.X_2 + 0,982742.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. 1787 Nolu Trabzon İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.10' dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9162$ olarak hesaplandı. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9572$ olarak bulunmuştur.

4.2.2. 1626 Nolu Maçka İstasyonu için Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Tablo 4.1'de belirtilen senaryoları 1980-2000 yılları arasındaki verilerle analiz ederek bulunan R^2 değerleri Tablo 4.3' de sunulmuştur.

Tablo 4.3. 1626 Nolu Maçka İstasyonu için ÇRA Senaryoları R^2 değerleri

Senaryolar	Senaryo Numaraları	R^2
SENARYO I	Senaryo I-1	0,1688
	Senaryo I-2	0,213
	Senaryo I-3	0,2186
SENARYO II	Senaryo II-1	0,9151
	Senaryo II-2	0,9249
	Senaryo II-3	0,9264
SENARYO III	Senaryo III-1	0,1024
	Senaryo III-2	0,8467
	Senaryo III-3	0,8469

4.2.2.1. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,08948
X Değişkeni1	0,337745

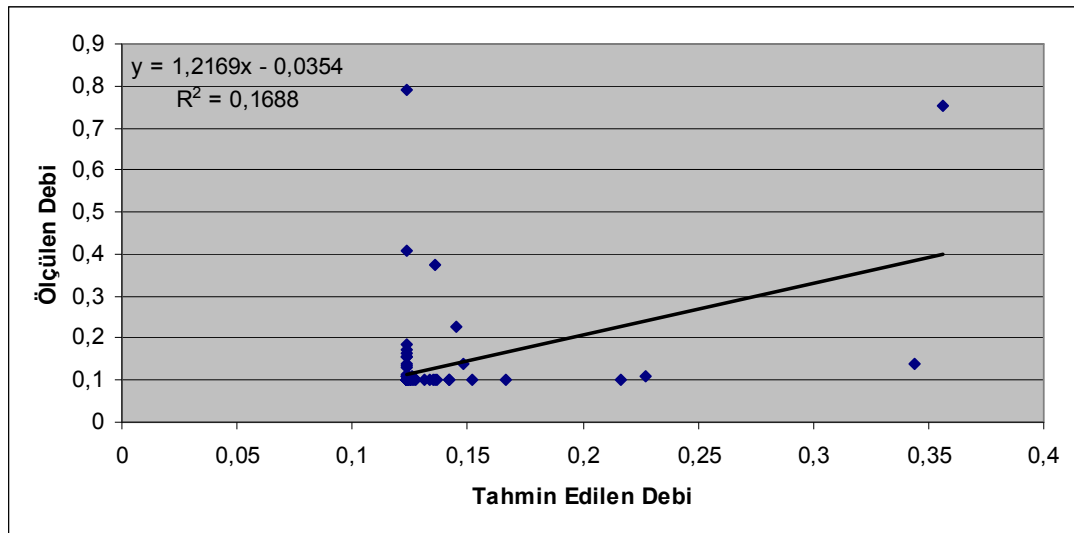
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,08948 + 0,337745.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.11'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,1688$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4109$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.2. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,100901
X Değişkeni1	-0,12624
X Değişkeni2	0,380239

Denklem;

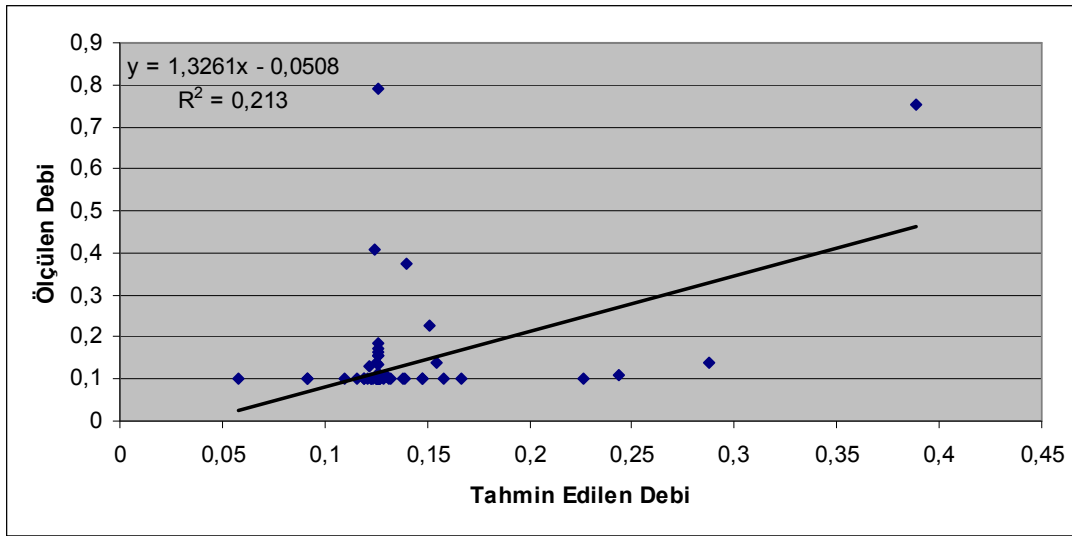
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,100901 - 0,12624.X_1 + 0,380239.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.12'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,213$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4615$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.3. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,096745
X Değişkeni1	0,045706
X Değişkeni2	-0,14418
X Değişkeni3	0,385206

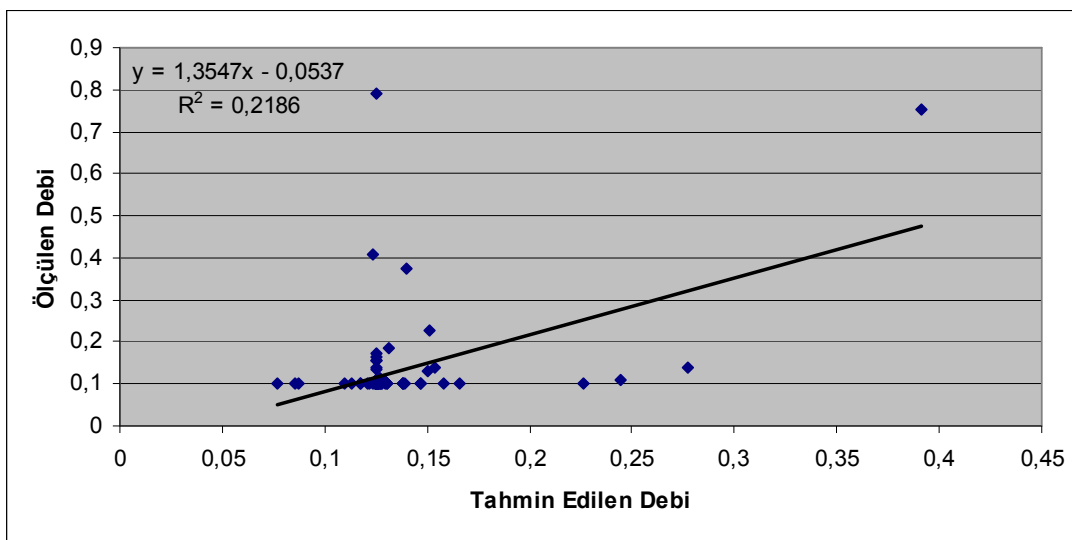
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,096745 + 0,045706.X_1 - 0,14418.X_2 + 0,385206.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. 1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.13'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,2186$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4675$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.4. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004402
X Değişkeni1	0,983153

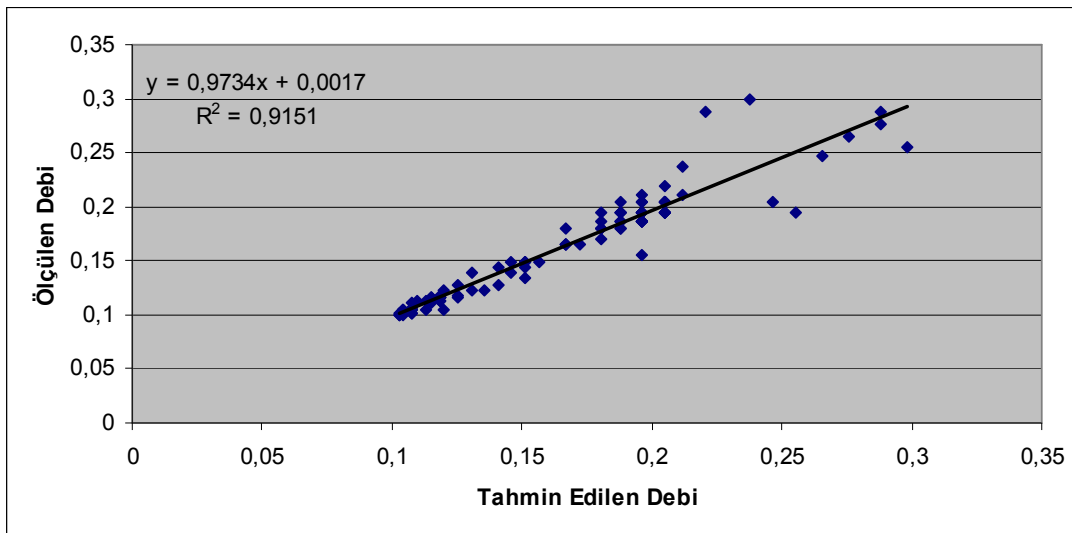
Denklemler;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,004402 + 0,983153.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.14'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9151$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9566$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.5. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,005556
X Değişkeni1	-0,25308
X Değişkeni2	1,23192

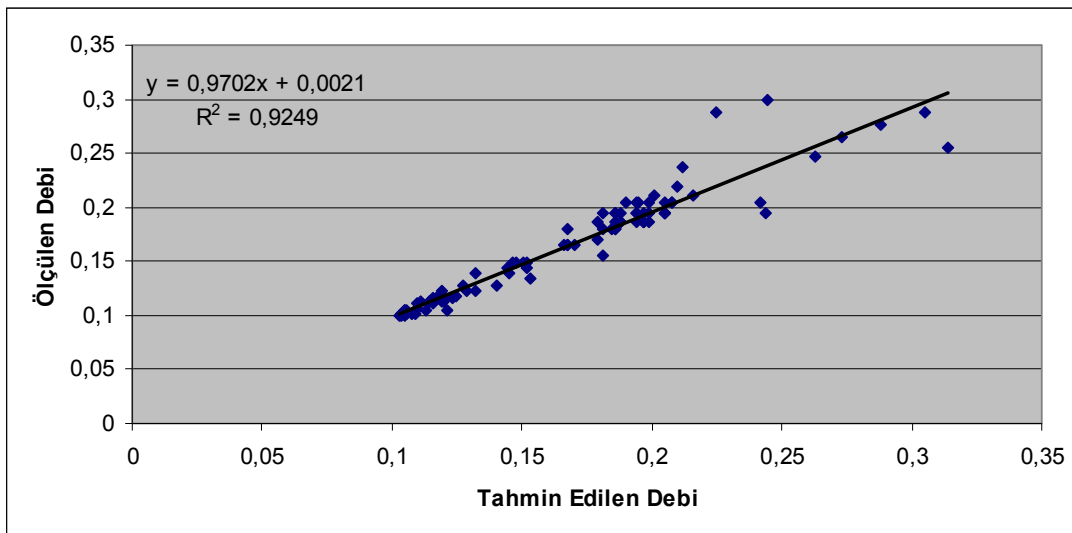
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,005556 - 0,25308.X_1 + 1,23192.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplandı. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.15'den de görüldüğü gibi ÇRA Modeli ile yapılan Akım Verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9249$ olarak hesaplandı. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9617$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.6. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur. Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004748
X Değişkeni1	0,138027
X Değişkeni2	-0,42329
X Değişkeni3	1,267081

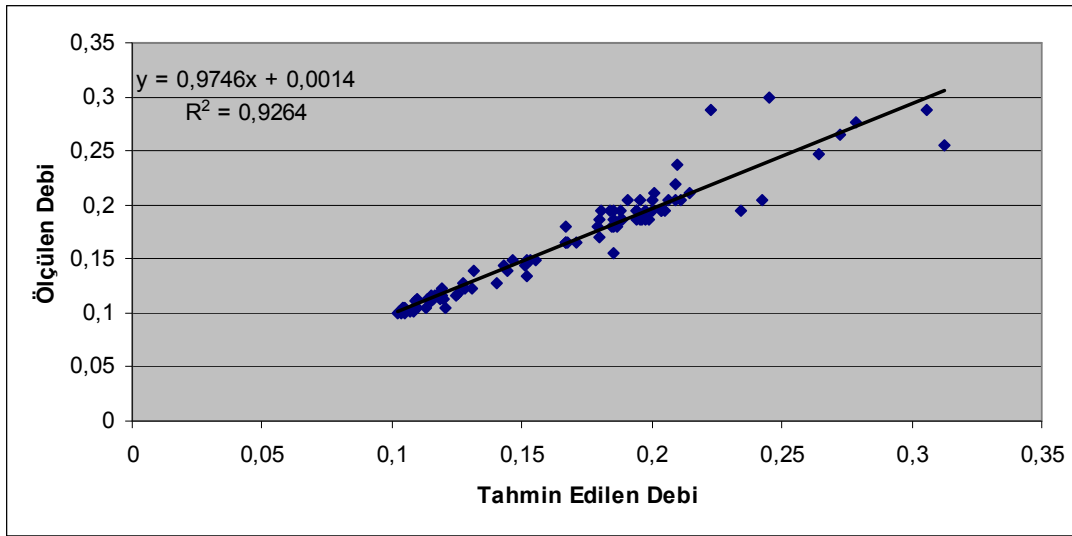
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,004748 + 0,138027.X_1 - 0,42329.X_2 + 1,267081.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.16'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9264$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9625$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.7. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denkleminiz,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,188138
X Değişkeni1	0,220546

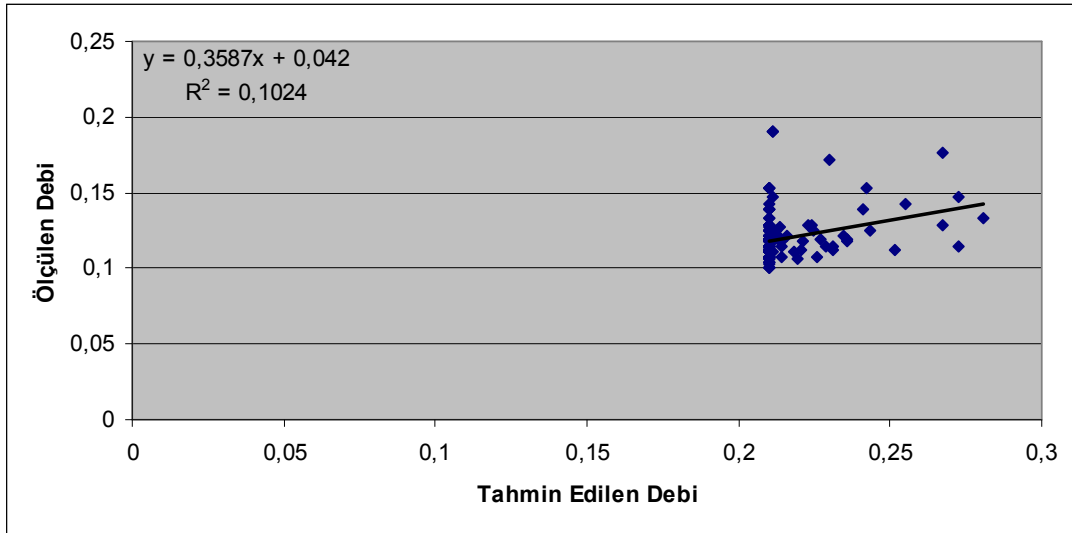
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,188138 + 0,220546.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.17'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,1024$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,32$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.8. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	-0,00408
X Değişkeni1	0,06550
X Değişkeni2	0,98297

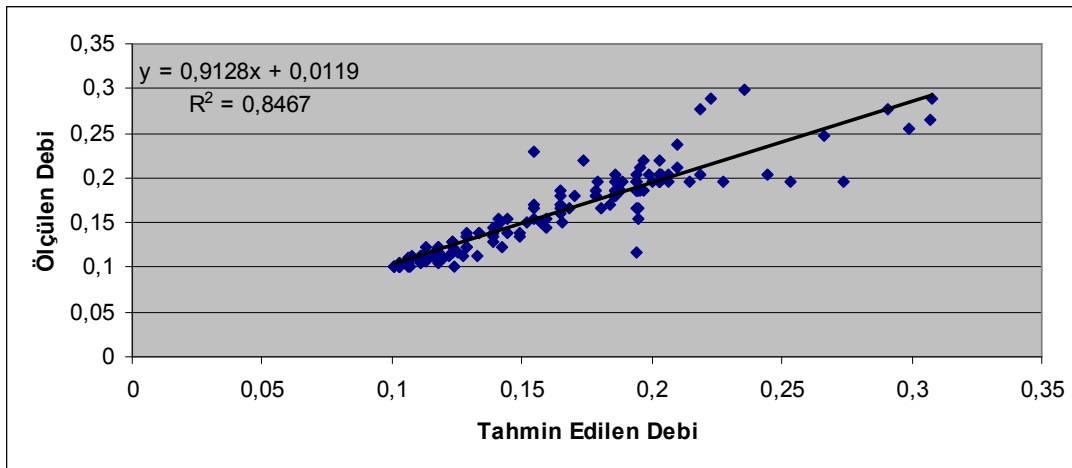
Denklem;

$$Q = n.a0 + a1.X1 + a2.X2$$

$$Q = -0,00408 + 0,06550.X1 + 0,98297.X2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.18'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9658$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9827$ olarak bulunmuştur.

4.2.2.9. 1626 nolu Maçka istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	-0,0021
X Değişkeni1	0,0673
X Değişkeni2	-0,0175
X Değişkeni3	0,9832

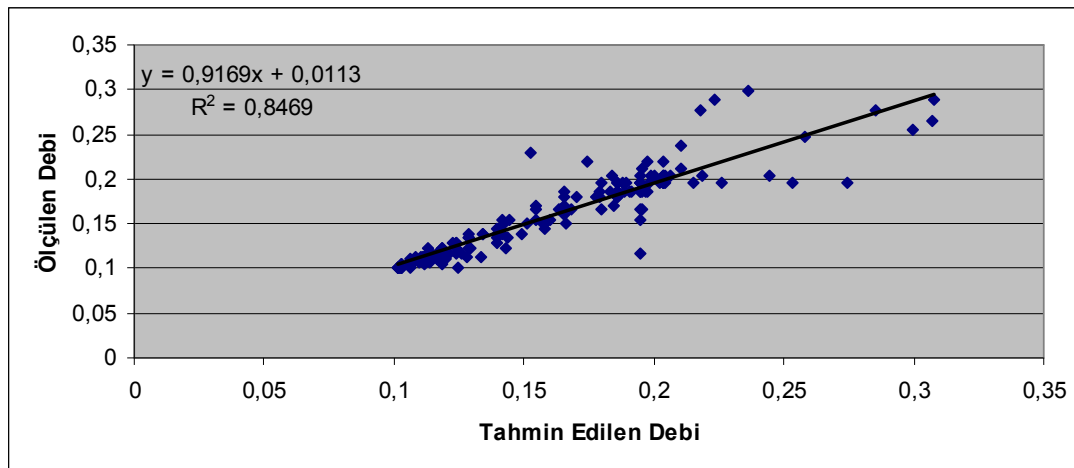
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = -0,0021 + 0,0673.X_1 - 0,0175.X_2 + 0,9832.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19.1626 Nolu Maçka İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.19'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9664$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9830$ olarak bulunmuştur.

4.2.3. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu için Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) ile Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Tablo 4.1'de belirtilen senaryoları 1980-2000 yılları arasındaki verilerle analiz ederek bulunan R^2 değerleri Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Tablo 4.4. 17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu için ÇRA Senaryoları R^2 değerleri

Senaryolar	Senaryo Numaraları	R^2
SENARYO I	Senaryo I-1	0,1970
	Senaryo I-2	0,1867
	Senaryo I-3	0,1878
SENARYO II	Senaryo II-1	0,9151
	Senaryo II-2	0,9249
	Senaryo II-3	0,9264
SENARYO III	Senaryo III-1	0,0767
	Senaryo III-2	0,9102
	Senaryo III-3	0,9094

4.2.3.1. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo I-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,08948
X Değişkeni1	0,337745

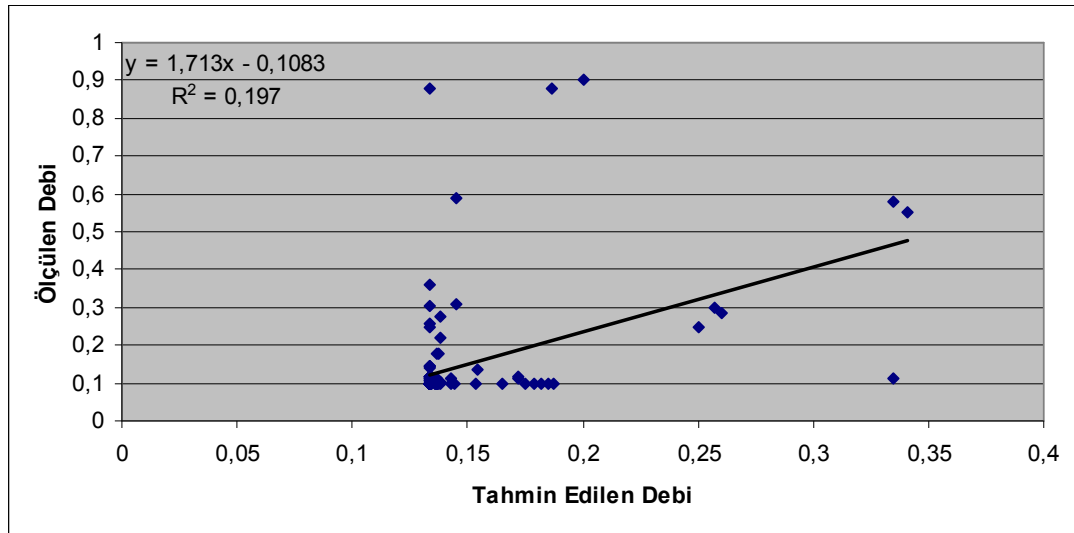
Denklem;

$$Q = n.a0 + a1.X1$$

$$Q = 0,08948 + 0,337745.X1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.20'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,1970$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4438$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.2. 17088 nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,080768
X Değişkeni1	0,000801
X Değişkeni2	0,374452

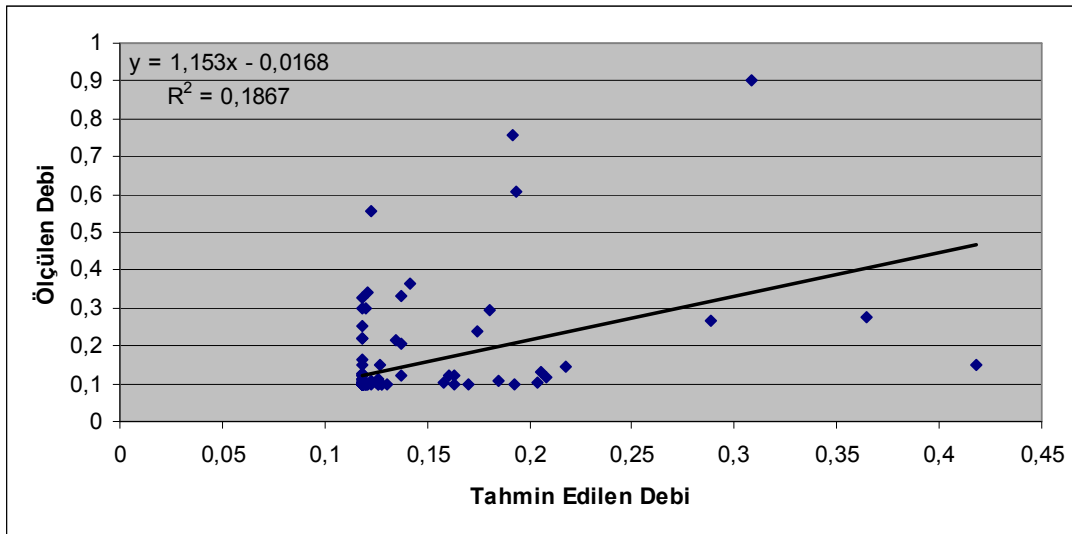
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,080768 + 0,000801.X_1 + 0,374452.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.21 de verilmiştir.



Şekil 4.21.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.21'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,1867$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4321$ olarak bulundu.

4.2.3.3. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo I-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi Miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,073899
X Değişkeni1	0,084766
X Değişkeni2	-0,03095
X Değişkeni3	0,374459

Denklem;

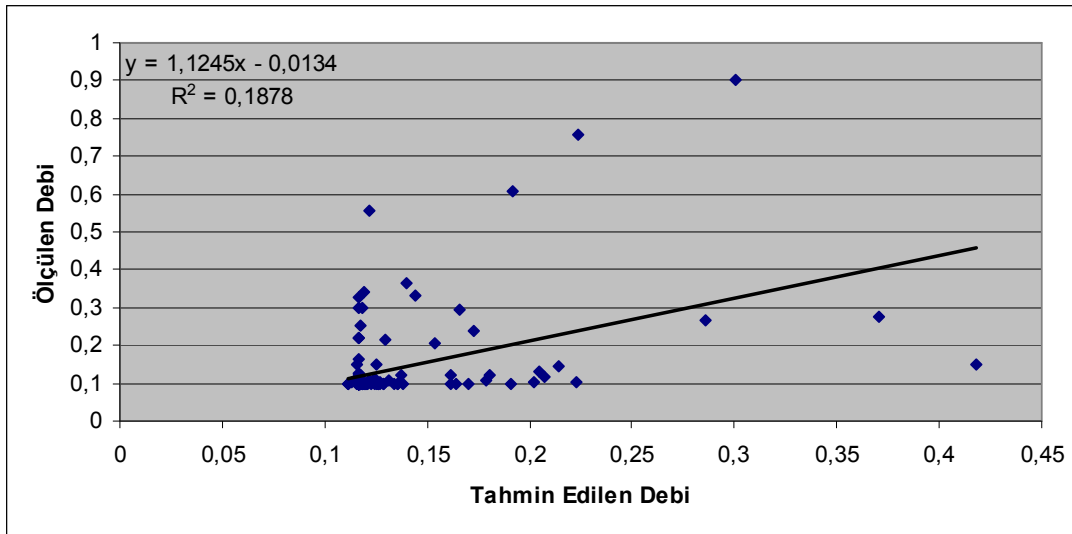
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,073899 + 0,084766.X_1 - 0,03095.X_2 + 0,374459.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo I-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.22'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,1878$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,4333$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.4. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004402
X Değişkeni1	0,983153

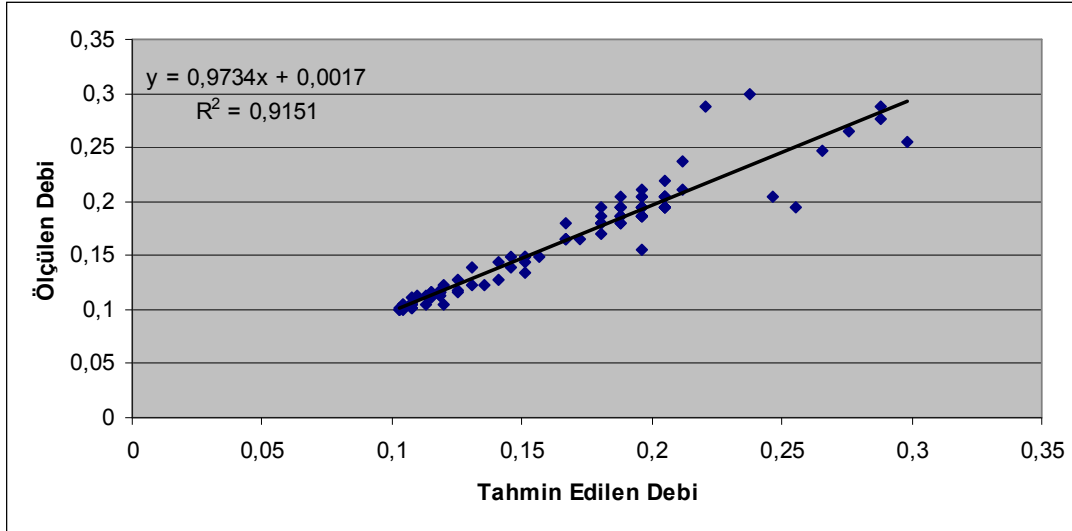
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,004402 + 0,983153.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.23'de verilmiştir.



Şekil 4.23.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.23' den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9151$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9566$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.5. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,005556
X Değişkeni1	-0,25308
X Değişkeni2	1,23192

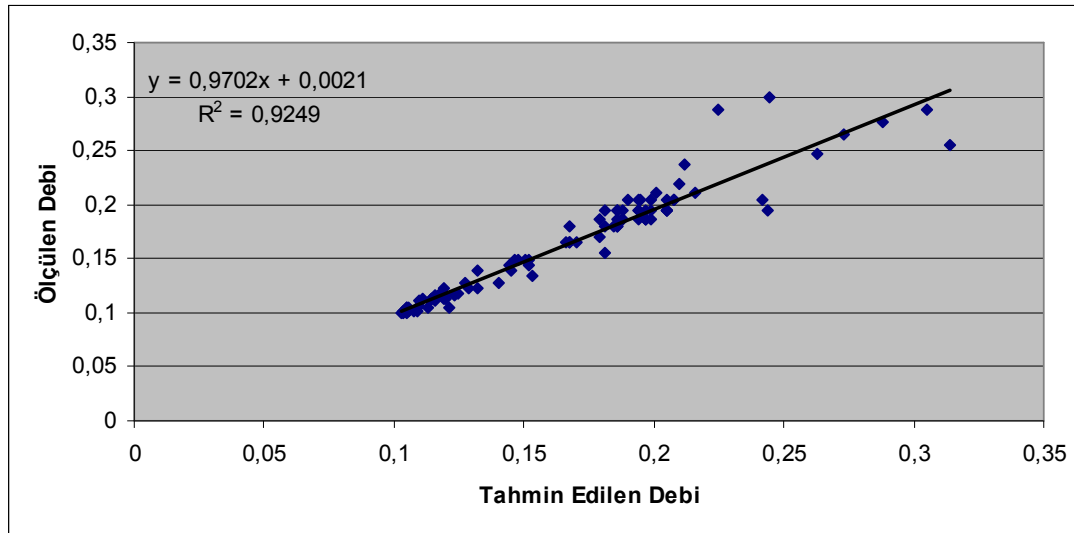
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,005556 - 0,25308.X_1 + 1,23192.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.24'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9249$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9617$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.6. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo II-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,004748
X Değişkeni1	0,138027
X Değişkeni2	-0,42329
X Değişkeni3	1,267081

Denklem;

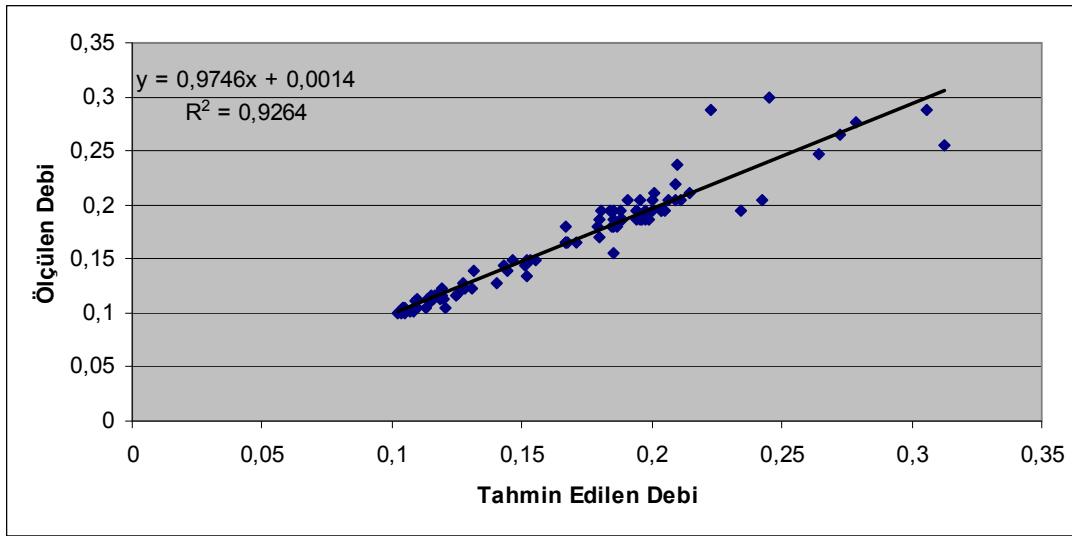
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = 0,004748 + 0,138027.X_1 - 0,42329.X_2 + 1,267081.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.25'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9264$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9625$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.7. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-1 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklemler,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,157384
X Değişkeni1	0,189775

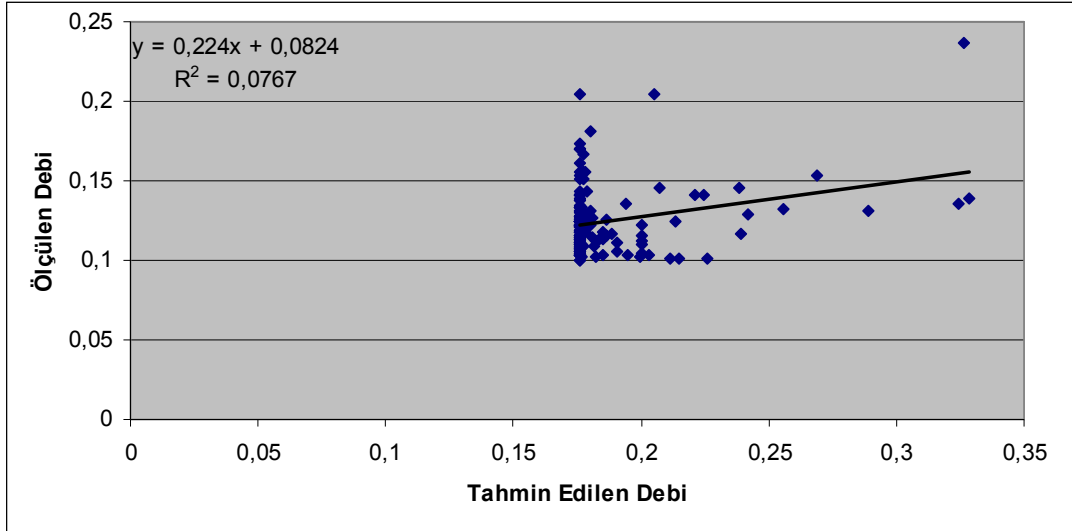
Denklemler;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1$$

$$Q = 0,157384 + 0,189775.X_1$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo III-1 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.26'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,0767$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,277$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.8. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-2 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	-0,00167
X Değişkeni1	0,051397
X Değişkeni2	0,979999

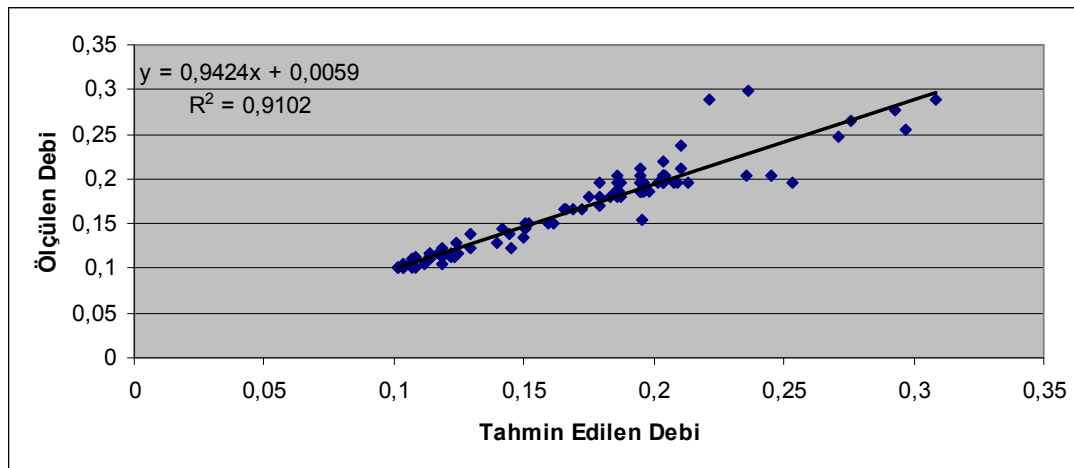
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = -0,00167 + 0,051397.X_1 + 0,979999.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.27.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo II-2 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.27'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9102$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9540$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.9. 17088 nolu Gümüşhane istasyonu Senaryo III-3 için çoklu regresyon analizi (ÇRA) ile debi miktarının tahmin edilmesi

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel 2003) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	-0,00288
X Değişkeni1	0,048837
X Değişkeni2	0,013058
X Değişkeni3	0,979212

Denklem;

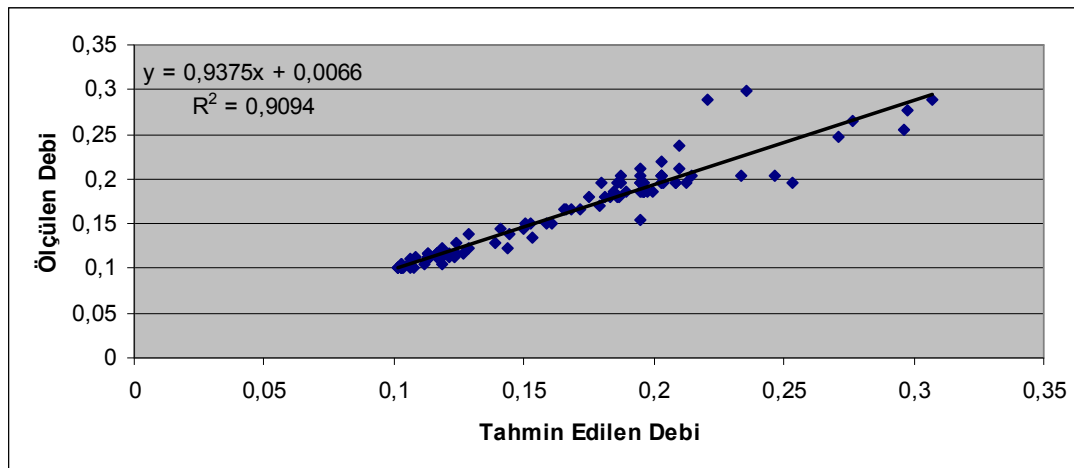
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = -0,00288 + 0,048837.X_1 + 0,013058.X_2 + 0,979212.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28.17088 Nolu Gümüşhane İstasyonu Senaryo III-3 için ÇRA Yöntemiyle Debi Miktarının Tahmin Edilmesi

Şekil 4.28'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9094$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9532$ olarak bulunmuştur.

4.3. YSA Veri Setleri ve Senaryoları

Akarsularda debi miktarı tahmini için YSA modelleri arasında İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Sinir Ağları (İBGYSA) modeli akarsularda debi miktarı tahmininde uygun bir YSA modeli olduğu literatür çalışmalarından görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada model girdisi olarak yağış ve akım verileri 3 gün öncesine kadar modele dâhil edilip çeşitli senaryolar altında modele olan etkisi araştırılmıştır. Düzenlenmiş senaryolarda sadece yağış, sadece akım ve hem yağış hem de akım verileri beraber olmak üzere ele alınmıştır. Bu verilere zaman ötelemesi de yaparak çok sayıda senaryo kurma imkânı bulunmuştur. Böylece en iyi sonucu verecek olan kombinasyon bulunmaya çalışılmıştır.

Modelde kullanılan yağış verileri, Trabzon'daki 1787 nolu, Maçka'daki 1626 nolu, Gümüşhane'deki 17088 nolu Devlet Meteoroloji İşlerine ait ölçüm istasyonlarından elde edilmiş, 1980–2000 yılları arasındaki yağış verileri temin edilmiştir. Akım verileri ise ayna havza içerisinde ve ölçüm verileri bulunan bir derenin verileri esas alınarak bu iki dere arasında benzeşim kurularak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Senaryolar her yıl için tekrarlanmış olup 365 veri setinin 260'ı eğitim, 105'i test kısmında kullanılmıştır.

Senaryo I' de sadece yağış verileri ele alınırken, Senaryo II' de sadece akım verileri ve Senaryo III' de ise hem yağış hem de akım verileri kullanılmıştır. Burada amaçlanan, en az girdi değişkeni ile en iyi sonucu veren eğitim sonucunun ve ağ parametrelerinin bulunmasıdır. Tablo 4.5'deki tüm senaryolar 3 ayrı veri seti için ayrı ayrı denenmiş, en iyi R^2 , en küçük ortalama karesel hata (OKH) ve en küçük hata (%)' yı veren eğitim fonksiyonu uygulama sonuçları kısmında verilmiştir.

Tablo 4.5. YSA Senaryoları

Senaryolar	Senaryo Numaraları	Girdiler
SENARYO I	Senaryo I-1	$P(t-1)$
	Senaryo I-2	$P(t-1) P(t-2)$
	Senaryo I-3	$P(t-1) P(t-2) P(t-3)$
SENARYO II	Senaryo II-1	$Q(t-1)$
	Senaryo II-2	$Q(t-1) Q(t-2)$
	Senaryo II-3	$Q(t-1) Q(t-2) Q(t-3)$
SENARYO III	Senaryo III-1	$P(t)$
	Senaryo III-2	$P(t) P(t-1) Q(t)$
	Senaryo III-3	$P(t) P(t-1) Q(t) Q(t-1)$

4.4.İBGYSA Uygulaması

4.4.1. 1787 nolu Trabzon ölçüm istasyonu İBGYSA uygulaması

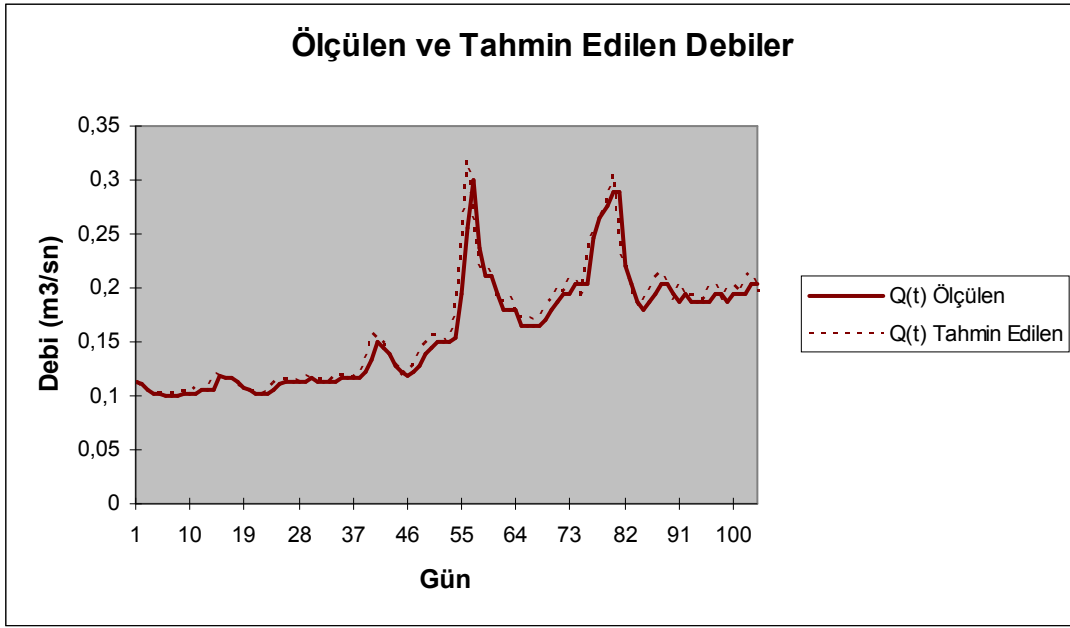
Modelin girdi parametresi olarak 1787 nolu Trabzon yağış istasyonuna ait 1980-2000 yılları arasındaki günlük yağış verileri kullanılmıştır. Her yıl için tekrarlanan bu analizlerde 365 verinin 260'ı eğitim 105'i test amaçlı kullanılmıştır.

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versiyon 4, paket programı kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

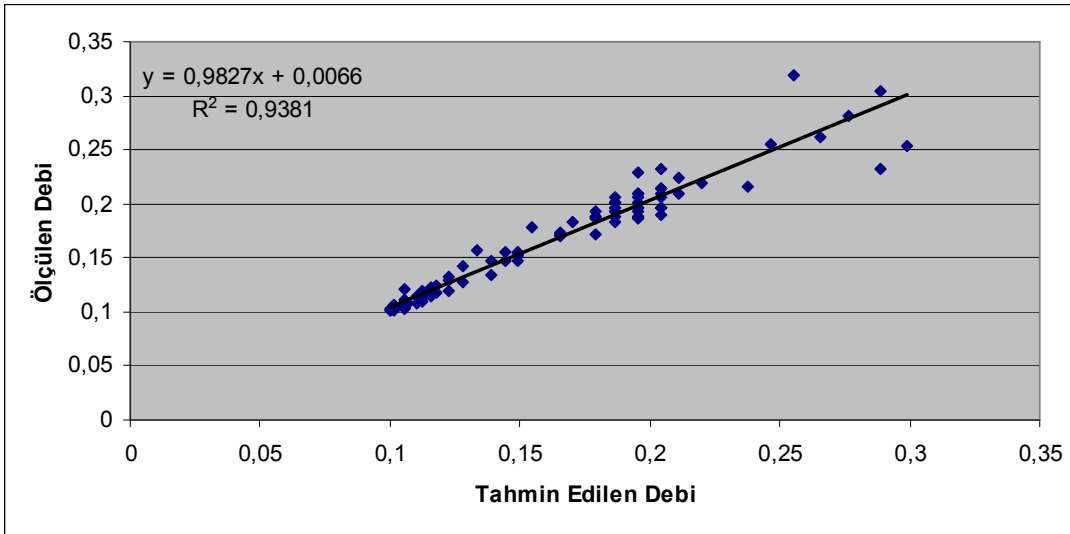
Senaryo I' de model girdisi olarak sadece yağış verileri kullanılmıştır. Yağışların çeşitli nedenlerle oluşabilecek kayıplar içermesi nedeni ile iyi sonuç alınamamıştır. Girdi verisi olarak sadece akım verilerinin incelendiği Senaryo II de, iki gün ötelemeli şekilde kurulmuş model ile en iyi sonuç elde edilmektedir. Hem yağış hem de akım verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo III e ait tüm senaryolarda iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen en iyi sonuç Senaryo II de elde edilmiştir. Senaryolara ait sonuçlar Tablo 4.6'da sunulmuştur. Bu sonuçlara ait grafiklerde Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 da görülmektedir.

Tablo 4.6.1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları

1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu İBGYSA Uygulaması Sonuçları							
Senaryolar	Girdi Tabakası Nöron Sayısı	Gizli Tabaka Nöron Sayısı	Çıktı Tabakası Nöron Sayısı	İterasyon Sayısı	R²	OKH	OMH
S I-1	1	5	1	5000	0,1650	0,0549	1,092
S I-2	2	7	1	4000	0,3896	0,0088	0,403
S I-3	3	5	1	1000	0,2126	0,0085	0,229
S II-1	1	7	1	4000	0,9171	0,0002	0,051
S II-2	2	5	1	5000	0,9381	0,0002	0,051
S II-3	3	8	1	5000	0,9268	0,0002	0,062
S III-1	1	7	1	4000	0,0614	0,0195	1,197
S III-2	2	5	1	5000	0,9144	0, 208	0,0011
S III-3	3	6	1	3000	0,9173	0,075	0,0010



Şekil 4.29.1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.30.1787 Nolu Trabzon Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2

1787 nolu Trabzon ölçüm istasyonu için determinasyon katsayısı bakımından 0,9381 ile iki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 5000 iterasyon sonucu oluşan Senaryo II-2 YSA modeli en iyi sonucu vermiştir. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,0002, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,050 dir. 1787 nolu Trabzon ölçüm istasyonu için Tablo 4.6'daki senaryolar için determinasyon katsayısı bakımından

$R^2=0,9381$ ile en iyi sonucu veren senaryo olduğu anlaşılmıştır. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,9827x + 0,0066$ olarak bulunmuştur.

4.4.2. 1626 nolu Maçka ölçüm istasyonu İBGYSA uygulaması

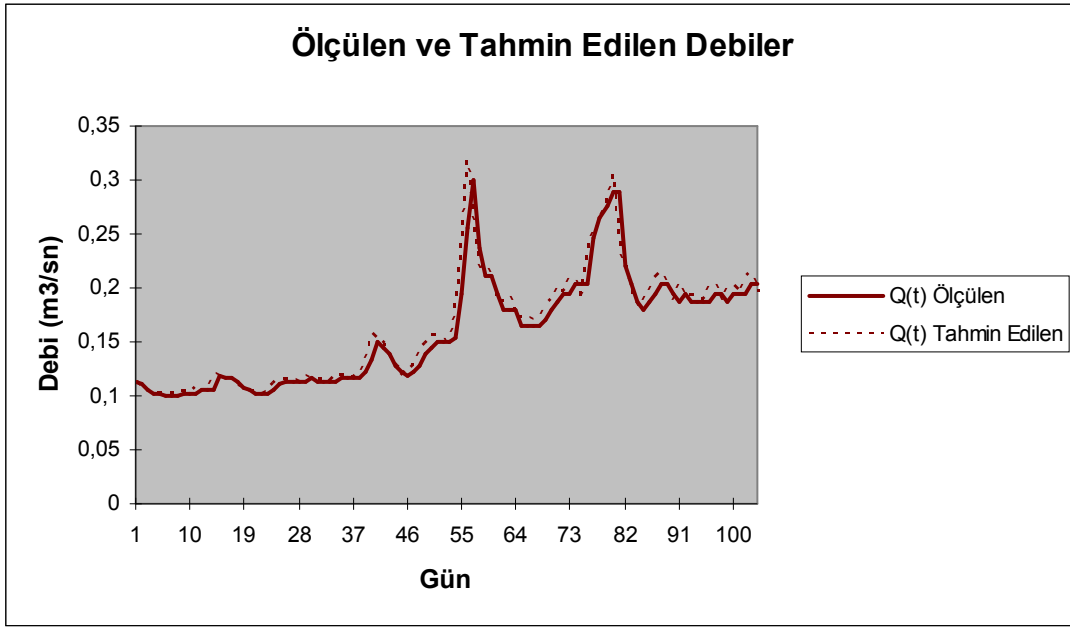
Modelin girdi parametresi olarak 1626 nolu Maçka ölçüm istasyonuna ait 1980-2000 yılları arasındaki günlük yağış verileri kullanılmıştır. Her yıl için tekrarlanan bu analizlerde 365 verinin 260'ı eğitim 105'i test amaçlı kullanılmıştır.

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versin 4, paket programı kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

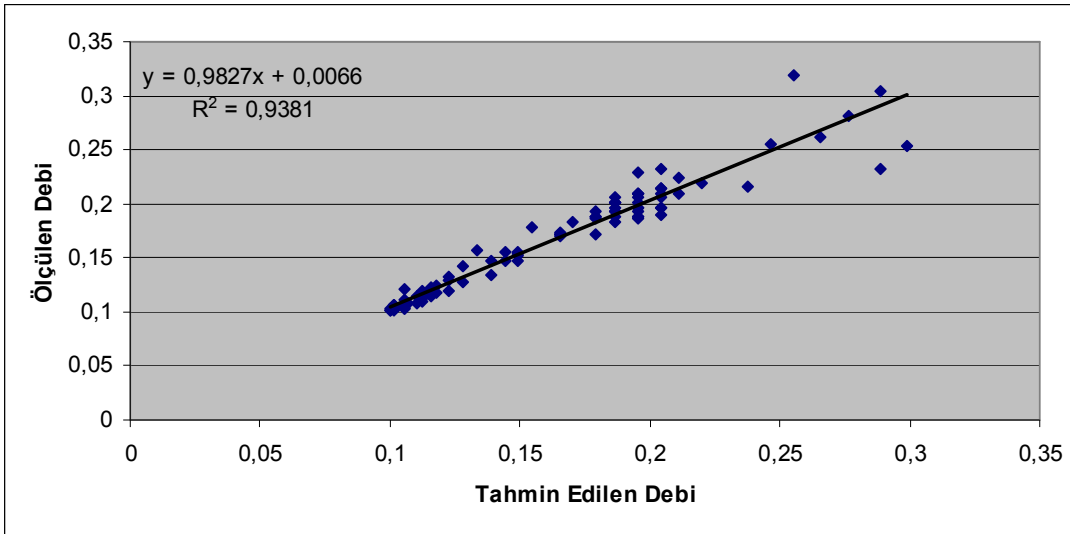
Senaryo I' de model girdisi olarak sadece yağış verileri kullanılmıştır. Yağışların çeşitli nedenlerle oluşabilecek kayıplar içermesi nedeni ile iyi sonuç alınamamıştır. Girdi verisi olarak sadece akım verilerinin incelendiği Senaryo II de, iki gün ötelemeli şekilde fonksiyona sokulduğunda en iyi sonuç elde edilmektedir. Hem yağış hem de akım verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo III e ait tüm senaryolarda iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen en iyi sonuç Senaryo II-2 de elde edilmiştir. Senaryolara ait sonuçlar Tablo 4.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara ait grafiklerde Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de sunulmuştur.

Tablo 4.7 1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları

1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu İBGYSA Uygulaması Sonuçları							
Senaryolar	Girdi Tabakası Nöron Sayısı	Gizli Tabaka Nöron Sayısı	Çıktı Tabakası Nöron Sayısı	İterasyon Sayısı	R²	OKH	OMH
S I-1	1	7	1	4000	0,2230	0,0167	0,522
S I-2	2	5	1	5000	0,3148	0,0074	0,341
S I-3	3	7	1	4000	0,2792	0,0043	0,194
S II-1	1	7	1	4000	0,9171	0,0002	0,051
S II-2	2	5	1	5000	0,9381	0,0002	0,051
S II-3	3	8	1	5000	0,9268	0,0002	0,062
S III-1	1	6	1	3000	0,1027	0,6728	6,975
S III-2	2	5	1	1000	0,9324	0,0004	0,083
S III-3	3	5	1	5000	0,8503	0,0004	0,070



Şekil 4.31.1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.32. 1626 Nolu Maçka Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2

1626 nolu Maçka ölçüm istasyonu için determinasyon katsayısı bakımından 0,9381 ile iki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 5000 iterasyon sonucu oluşan Senaryo II-2 YSA modeli en iyi sonucu vermiştir. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,0002, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,050 dir. 1626 nolu Maçka ölçüm istasyonu için Tablo 4.7'deki senaryolar için determinasyon katsayısı bakımından $R^2=0,9381$

ile en iyi sonucu veren senaryo olduğu anlaşılmıştır. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,9827x + 0,0066$ olarak bulunmuştur.

4.4.3. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İBGYSA Uygulaması

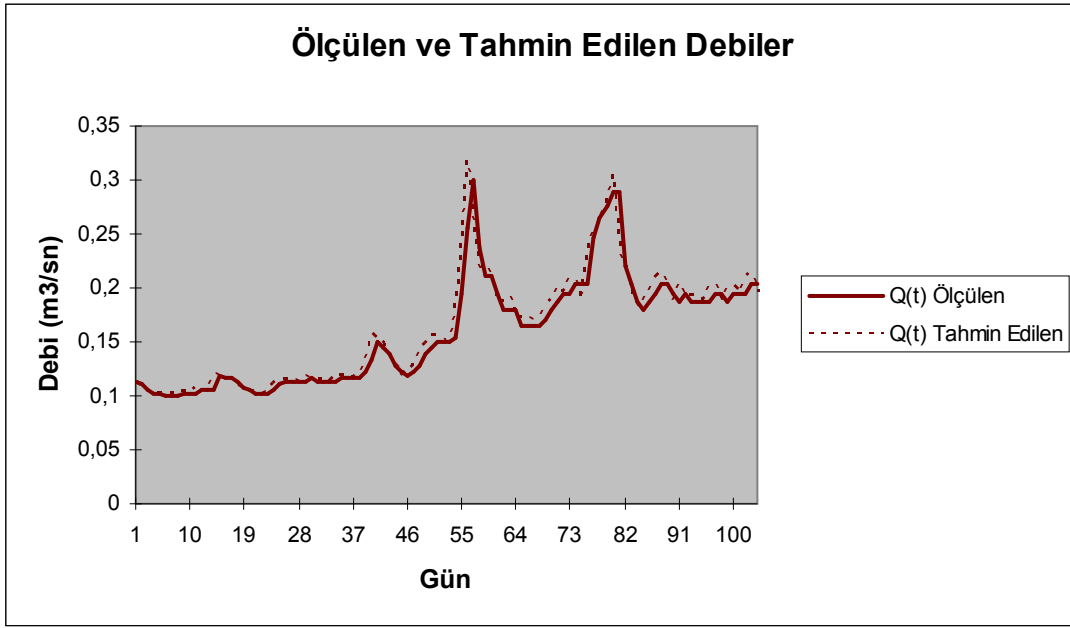
Modelin girdi parametresi olarak 17088 nolu Gümüşhane ölçüm istasyonuna ait 1980-2000 yılları arasındaki günlük yağış verileri kullanılmıştır. Her yıl için tekrarlanan bu analizlerde 365 verinin 260'ı eğitim 105'i test amaçlı kullanılmıştır.

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versiyon 4 paket programı kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

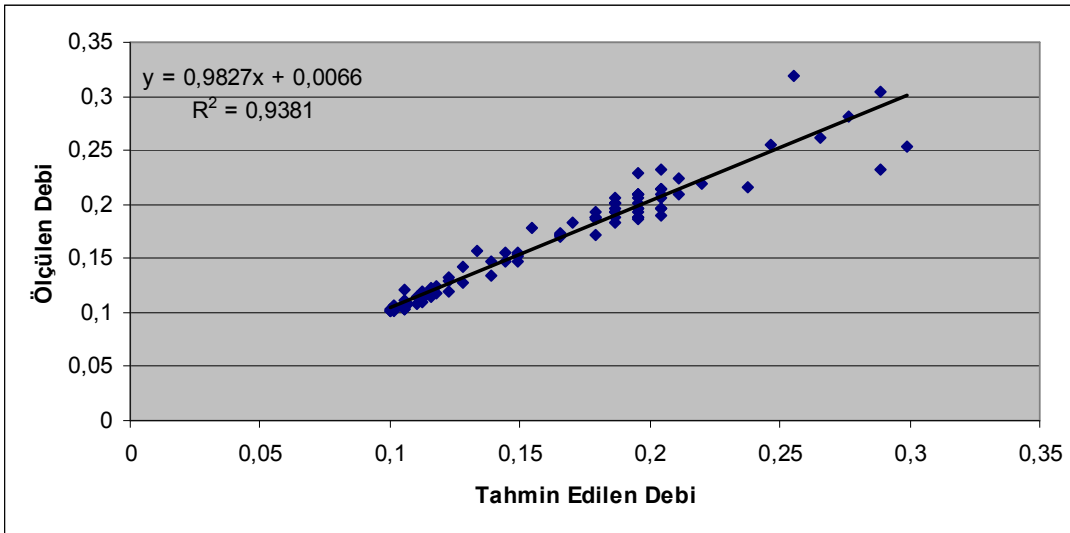
Senaryo I' de model girdisi olarak sadece yağış verileri kullanılmıştır. Yağışların çeşitli nedenlerle oluşabilecek kayıplar içermesi nedeni ile iyi sonuç alınamamıştır. Girdi verisi olarak sadece akım verilerinin incelendiği Senaryo II de, iki gün ötelemeli şekilde fonksiyona sokulduğunda en iyi sonuç elde edilmektedir. Hem yağış hem de akım verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo III e ait tüm senaryolarda iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen en iyi sonuç Senaryo II de elde edilmiştir. Senaryolara ait sonuçlar Tablo 4.8'de verilmiştir. Bu sonuçlara ait grafiklerde Şekil 33 ve Şekil 34'de sunulmuştur.

Tablo 4.8. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İçin Senaryo I,II,III Sonuçları

17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İBGYSA Uygulaması Sonuçları							
Senaryolar	Girdi Tabakası Nöron Sayısı	Gizli Tabaka Nöron Sayısı	Çıktı Tabakası Nöron Sayısı	İterasyon Sayısı	R²	OKH	OMH
S I-1	1	6	1	3000	0,2909	0,0110	0,326
S I-2	2	8	1	5000	0,2843	0,059	0,994
S I-3	3	5	1	5000	0,2910	0,0096	0,260
S II-1	1	7	1	4000	0,9171	0,0002	0,051
S II-2	2	5	1	5000	0,9381	0,0002	0,051
S II-3	3	8	1	5000	0,9268	0,0002	0,062
S III-1	1	8	1	5000	0,1383	0,0313	0,859
S III-2	2	5	1	5000	0,9110	0,0003	0,100
S III-3	3	5	1	1000	0,9107	0,0004	0,095



Şekil 4.33.17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.34.17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu Senaryo II-2

17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İçin determinasyon katsayısı bakımından 0,9381 ile iki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 5000 iterasyon sonucu oluşan Senaryo II-2 YSA modeli en iyi sonucu vermiştir. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,0002, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,050 dir. 17088 Nolu Gümüşhane Ölçüm İstasyonu İçin Tablo 4.8'deki senaryolar için determinasyon katsayısı bakımından $R^2=0,9381$ ile en iyi sonucu veren senaryo olduğu

anlaşılmıştır. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,9827x + 0,0066$ olarak bulunmuştur.

4.5. Belirlenen En İyi Modelin Benzeşim Kurulmuş Dereye Ait Akım Verilerine Uygulanması

Bu bölümde, bölüm 4.1 ve 4.4 arasında yapılmış olan regresyon ve YSA analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığında en iyi model olarak tespit edilen senaryo II-2 için benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–2000 yılları arasındaki 6902 günlük akım verileri kullanılarak debi tahmini yapılmıştır.

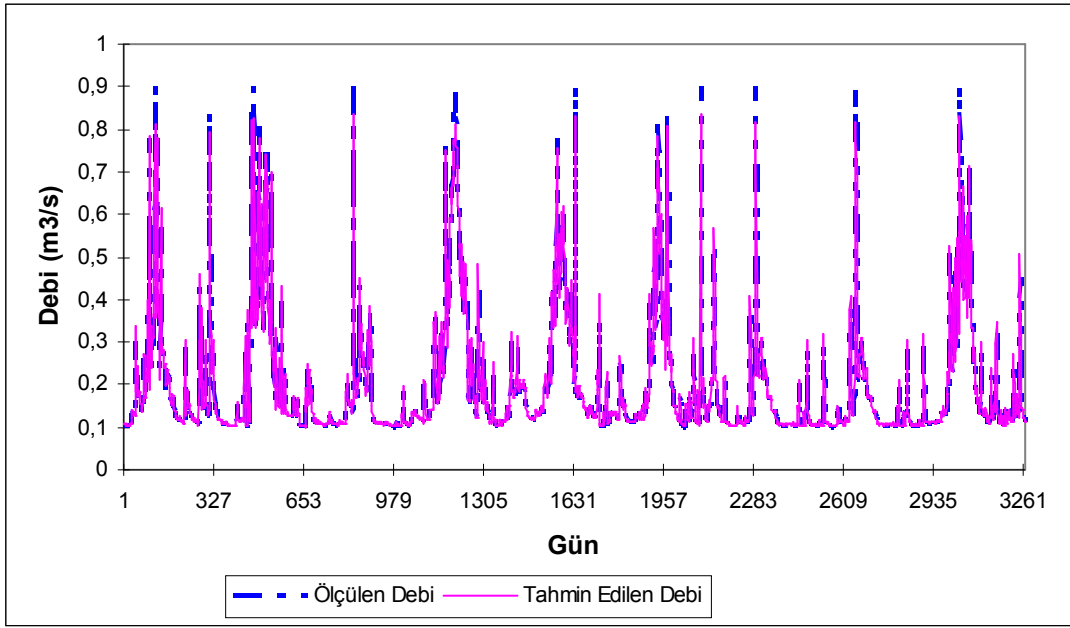
Bu amaçla, benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–1990 yılları arasındaki akım verileri eğitim, 1991–2000 yılları arasındaki akım verileri test verisi olarak modele dahil edilmiştir. Aynı verilerle regresyon analizi de yapılarak sonuçlar kıyaslanmıştır.

4.5.1. Benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması

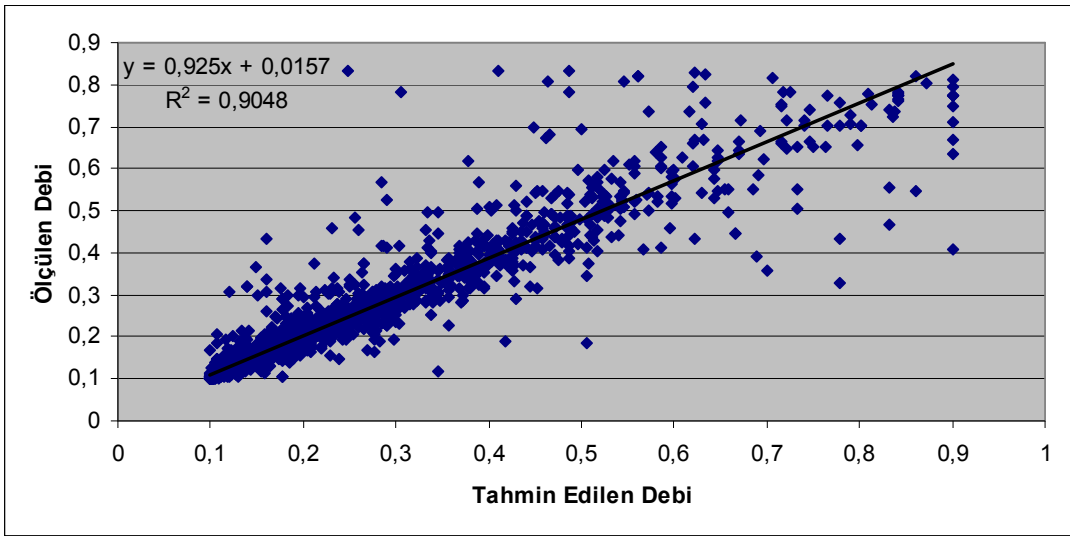
Modelin girdi parametresi olarak benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–2000 yılları arasındaki günlük akım verileri kullanılmıştır. 1980–1990 yılları arasındaki 3633 günlük akım verisi eğitim 1991–2000 yılları arasındaki 3269 günlük akım verisi test amaçlı kullanılmıştır.

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versiyon 4 paket programı kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

En iyi model olarak belirlenmiş Senaryo II-2 için yapılmış analizler sonucu Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'daki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 4.35. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.36. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar

İki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 3000 iterasyon sonucu oluşan YSA modeli Senaryo II-2 için yapılan analizlerde determinasyon katsayısı 0,9048 olarak bulunmuştur. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,00188, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,066'dir. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,925x + 0,0157$ olarak bulunmuştur.

4.5.2. Benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine ÇRA uygulaması

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,010765
X Değişkeni1	-0,18630
X Değişkeni2	1,13159

Denklem;

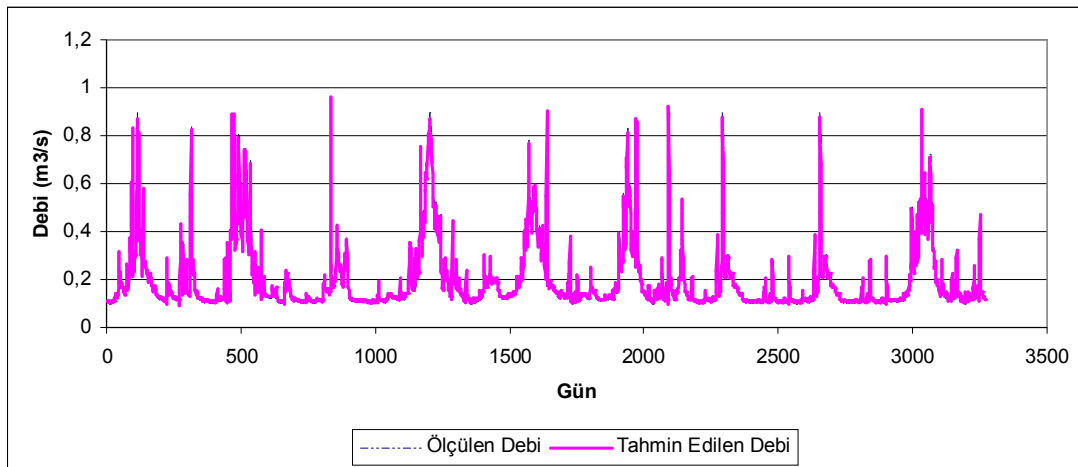
$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

$$Q = 0,010765 - 0,18630.X_1 + 1,13159.X_2$$

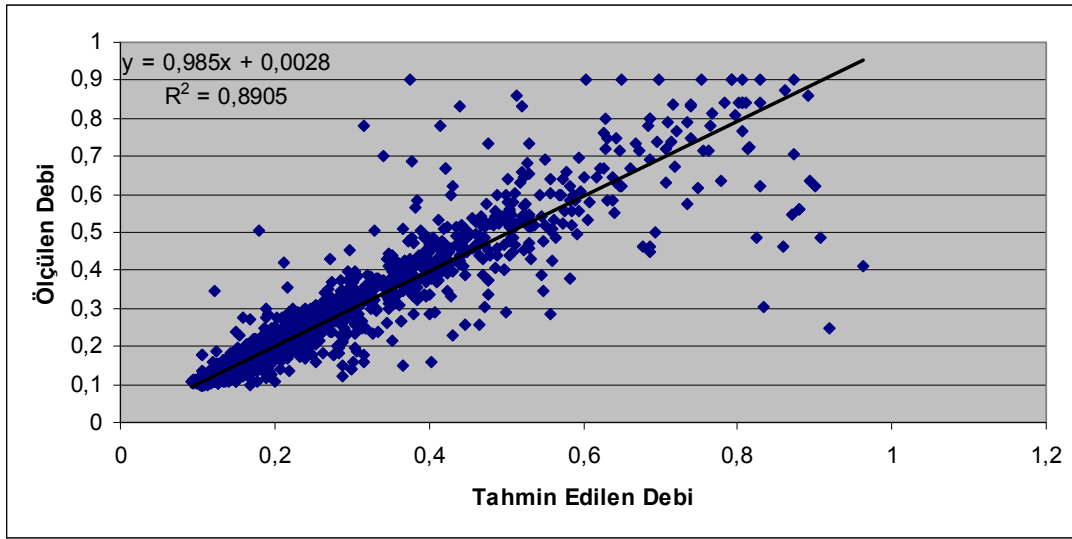
şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait Şekil 4.37 ve Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.37.ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.38. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait sonuçlar

Şekil 4.37 ve Şekil 4.38 'den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,8905$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9436$ olarak bulunmuştur.

4.6.Belirlenen En İyi Modelin Gerçek Akım Verilerine Uygulanması

Bu bölümde, bölüm 4.1 ve 4.4 arasında yapılmış olan regresyon ve YSA analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığında en iyi model olarak tespit edilmiş olan senaryo II-2 için çalışma sahası olan dereye ait 2008-2009 yılları arasında ölçülmüş olan 365 günlük akım verileri kullanılarak debi tahmini yapılmıştır.

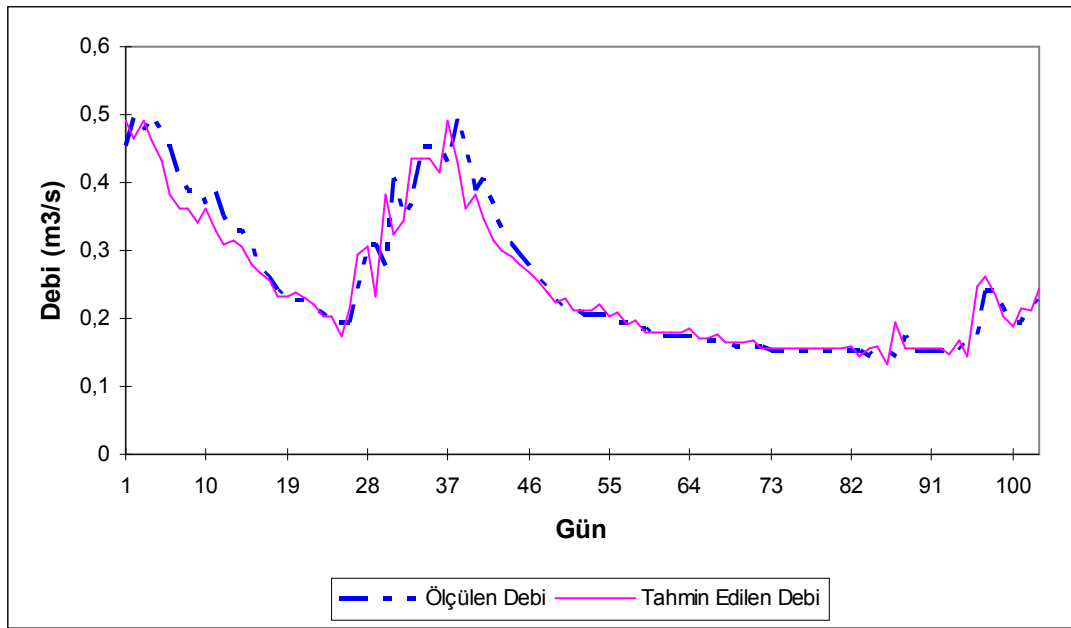
Bu amaçla, 2008-2009 yılları arasında çalışmaya konu olan Turnagöl deresinde yapılan ölçümler sonucu elde ettiğimiz bir su yılına ait 365 günlük yağış verilerinin, ilk 260 gününü eğitim verisi, 100 günde test verisi olarak modele dahil edilmiştir. Aynı verilerle regresyon analizi de yapılarak model sonuçları kıyaslanmıştır.

4.6.1. Gerçek akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması

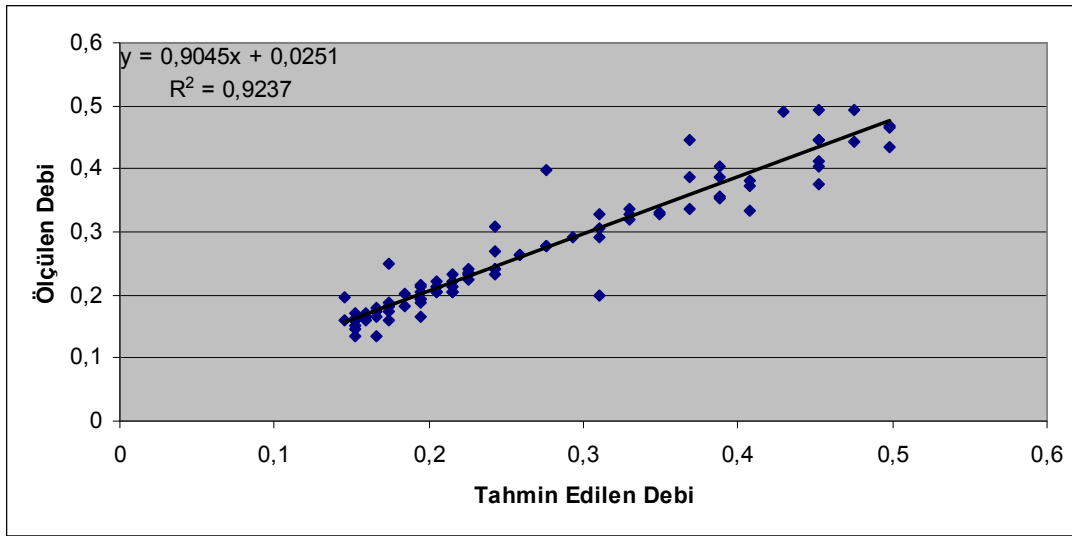
Modelin girdi parametresi olarak çalışmaya konu olan Turnagöl deresine ait 2008-2009 yılları arasındaki günlük akım verileri kullanılmıştır. Bir su yılına ait 365 günlük yağış verilerinin, ilk 260 gününü eğitim verisi, 100 günde test amaçlı kullanılmıştır.

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versiyon 4 programları kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

En iyi model olarak belirlenmiş Senaryo II-2 için yapılmış analizler sonucu Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'daki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 4.39. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.40. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar

İki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 2000 iterasyon sonucu oluşan YSA modeli Senaryo II-2 için yapılan analizlerde determinasyon katsayısı 0,9237 olarak bulunmuştur. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,00091, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,0705'dir. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,9045x + 0,0251$ olarak bulunmuştur.

4.6.2. Gerçek akım verilerine ÇRA uygulaması

Denklem,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,003575
X Değişkeni1	-0,27297
X Değişkeni2	1,258007

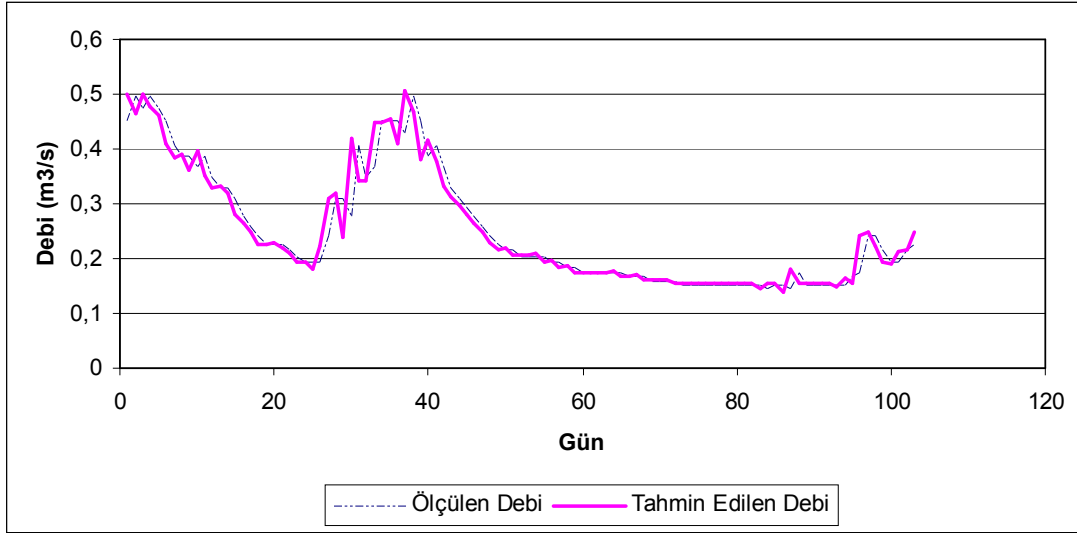
Denklem;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

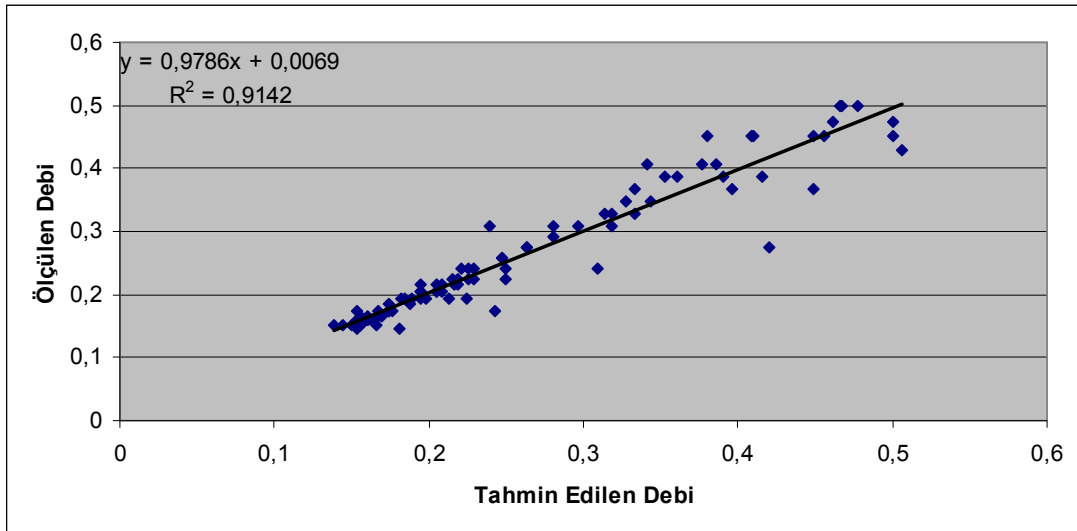
$$Q = 0,003575 - 0,27297.X_1 + 1,258007.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.41.ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2’ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.42. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2’ye ait sonuçlar

Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’den de görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri,

$R^2=0,9142$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9561$ olarak bulunmuştur.

4.7.Belirlenen En İyi Modelin Gerçek Akım Verileri ve Benzeşim Kurulmuş Dereye Ait Akım Verilerine Birlikte Uygulanması

Bu bölümde, bölüm 4.1 ve 4.4 arasında yapılmış olan regresyon ve YSA analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığında en iyi model olarak tespit edilen senaryo II-2 için benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–2000 yılları arasındaki 6902 günlük akım verileri ile 2008–2009 yılları arasında Turnagöl deresinde yapılmış olan bir su yılına ait 365 günlük akım verileri kullanılarak debi tahmini yapılmıştır.

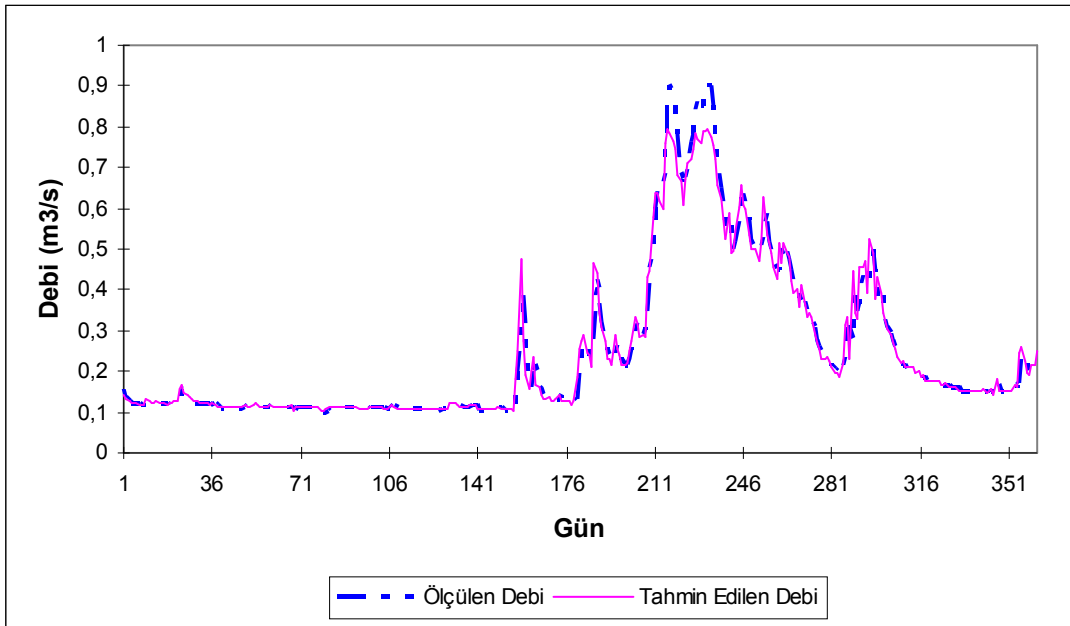
Bu amaçla, benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–2000 yılları arasındaki akım verileri eğitim, çalışmamıza konu olan Turnagöl deresine ait 2008–2009 yılları arasındaki akım verileri test verisi olarak modele dahil edilmiştir. Aynı verilerle regresyon analizi de yapılarak sonuçlar YSA sonuçları ile kıyaslanmıştır

4.7.1. Gerçek akım verileri ve benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine İBGYSA modeli uygulaması

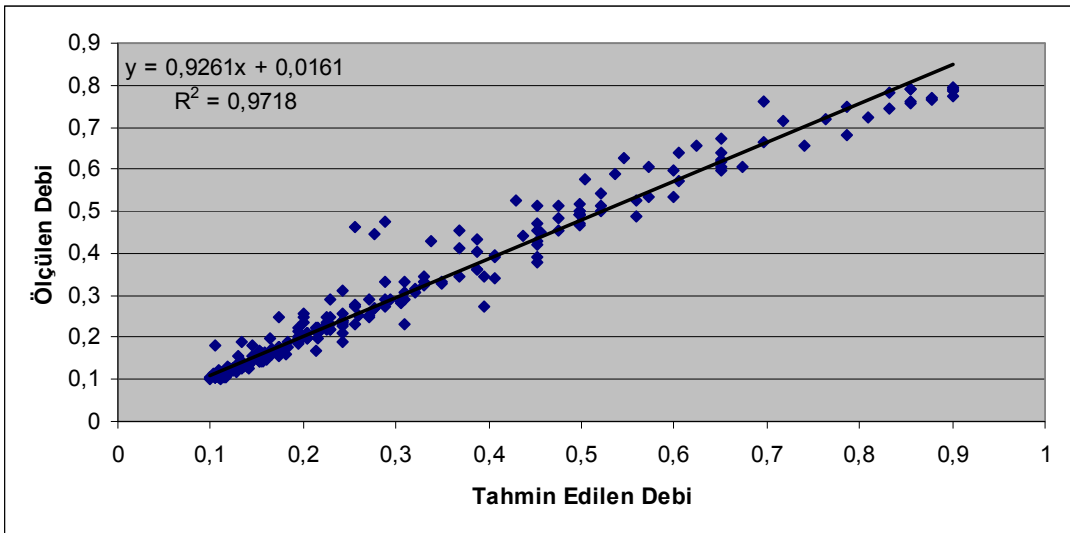
Modelin girdi parametresi olarak benzeşim kurulmuş dereye ait 1980–2000 yılları arasındaki 6902 günlük akım verileri ile Turnagöl deresinde yaptırmış olduğumuz bir su yılına ait 365 günlük akım verileri kullanılmıştır. 1980–2000 yılları arasındaki 6902 günlük akım verisi eğitim, 2008–2009 yılları arasındaki 365 günlük akım verisi test amaçlı kullanılmıştır

Uygulamada Microsoft Excel 2003 ve bu program dahilinde çalışan Neuro Solution versiyon 4 programları kullanılmıştır. Modeller kurulurken İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modeli seçilmiştir. Bir tane gizli katman seçilmiş ve gizli katmandaki nöron sayıları 5 ile 8 arasında denenmiştir. İterasyon sayısı ise 1000 ile 5000 arasında en iyi sonucu verene kadar denenmiştir.

En iyi model olarak belirlenmiş Senaryo II-2 için yapılmış analizler sonucu Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'deki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 4.43. Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.44. Senaryo II-2'ye ait sonuçlar

İki girdi, beş gizli nöron ve bir çıktılı, 3000 iterasyon sonucu oluşan YSA modeli Senaryo II-2 için yapılan analizlerde determinasyon katsayısı 0,9718 olarak bulunmuştur. Senaryonun ortalama karesel hatası (OKH) 0,00119, ortalama mutlak hatası (OMH) 0,056'dir. Lineer bağımlılığını gösteren doğrunun denklemi $y = 0,9261x + 0,0161$ olarak bulunmuştur.

4.7.2. Gerçek akım verileri ve benzeşim kurulmuş dereye ait akım verilerine ÇRA uygulaması

Denklemler,

$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$ şeklindedir. Burada katsayılar pratik olması açısından ilgili bilgisayar programı yardımıyla (MS Office Excel) bulunmuştur.

Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,010163
X Değişkeni1	-0,18692
X Değişkeni2	1,13588

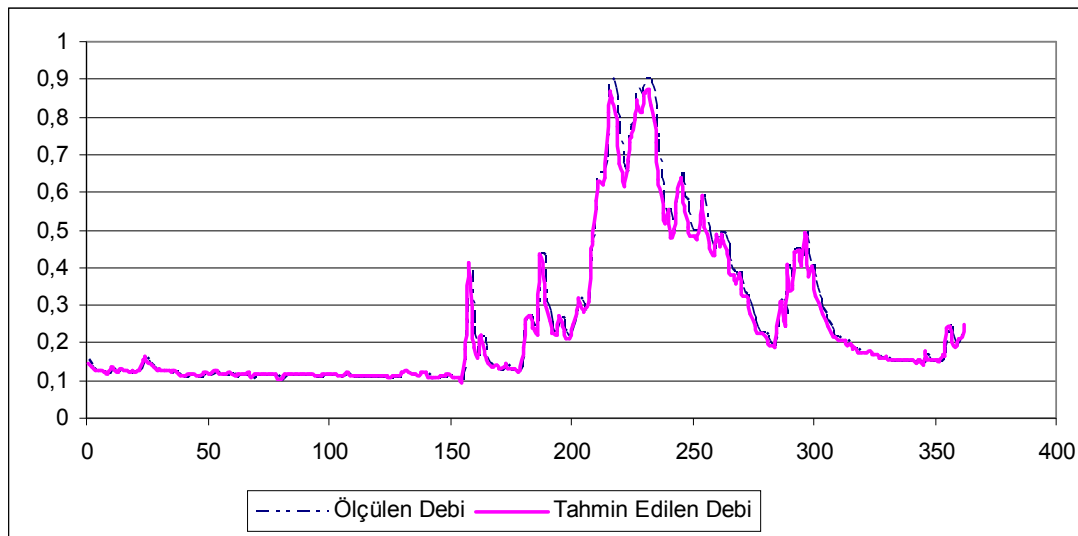
Denklemler;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2$$

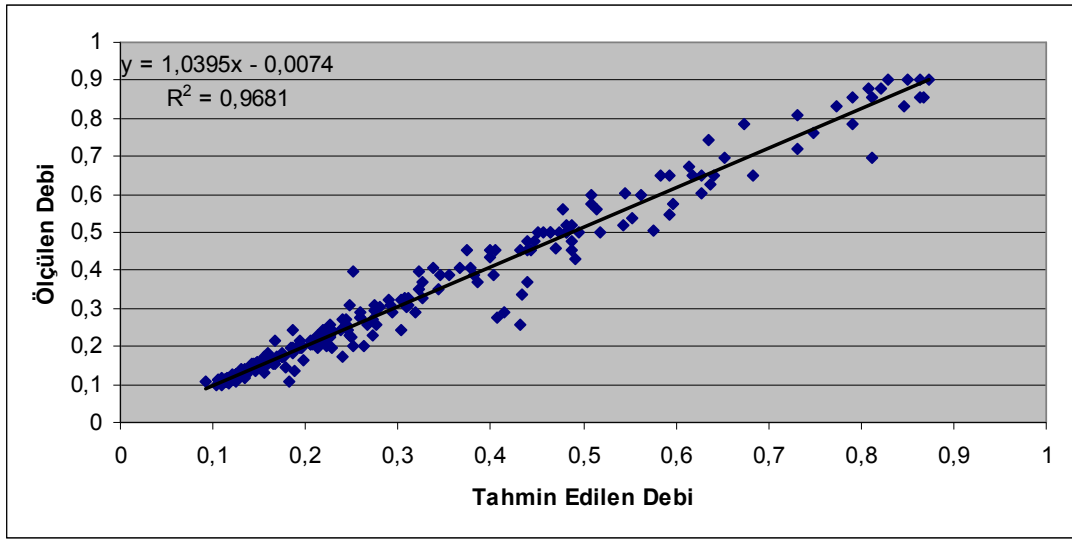
$$Q = 0,010163 - 0,18692.X_1 + 1,13588.X_2$$

şeklinde bulunmuştur. Elde edilen formül kullanılarak akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri arasında korelasyon kurulup analiz verimi ölçülmüştür.

ÇRA modeli ile elde edilen performans değerlerine ait Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'da verilmiştir.



Şekil 4.45.ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait tahmin edilen ve ölçülen akım değerlerinin kıyaslanması



Şekil 4.46. ÇRA ile modellenmiş, Senaryo II-2'ye ait sonuçları

Şekil 4.45 ve Şekil 4.46 'dan da görüldüğü gibi ÇRA modeli ile yapılan akım verilerinin tahmininde determinasyon katsayısı (R^2) değeri, $R^2=0,9681$ olarak hesaplanmıştır. Buradan korelasyon katsayısı değeri $R = 0,9839$ olarak bulunmuştur.

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, YSA'nın akım ölçümleri olmayan derelere ait akım verilerinin tahmini için uygulanabilirliği araştırılmış ve sonuçları ÇRA metodu ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda yapılmış olan tahminler için akım verileri ve yağış verileri ayrı ayrı ve beraber olmak üzere ayrı senaryolarda girdi olarak kullanılmıştır. Akım ve yağış girdilerinin 3 gün geriye ötelenerek ($Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3), P(t-1), P(t-2), P(t-3)$) yapılacak olan akım veri tahminlerine etkisi araştırılmıştır. Böylece birçok değişik girdi senaryosu kurularak akım tahmini yapılmıştır.

Bu konuda yapılan literatür çalışmalarından da anlaşılacağı üzere, YSA'nın stokastik tahmin metotlarına göre daha iyi ve gerçeğe yakın değerleri verdiği söylenebilir. İBGYSA metodu hidroloji alanındaki çalışmalarda daha uygun görülerek bu metot kullanılmıştır.

Çalışmada Doğu Karadeniz de bulunan Turnagöl deresine ait akım verilerinin elde edilmesi amacıyla dereye yakın mesafelerde olan Trabzon, Gümüşhane ve Maçka ya ait 1980–2000 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır.

Akım verisi olarak, Turnagöl Deresi üzerinde D.S.İ. tarafından işletilmiş/işletilmekte olan herhangi bir Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmadığından Turnagöl derenin mansaplandığı Değirmendere üzerinde resmi kurumlar tarafından işletilmiş/işletilmekte olan DSİ 22–104 No'lu AGİ'ye ait 1980–2000 yılları arasındaki debi ölçümleri kullanılmıştır. Bu amaçla, akım verileri çeşitli senaryolarla irdelenerek YSA ve ÇRA modelleri ile debilerinin tahmin edilmesi ve tahmin edilen verilerin sağlıklı olduğunun kontrolü amacıyla birçok analiz yapılmıştır. İlk önce, her yıl için tek tek analizler yapılarak korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Değirmendere'ye ait akım verilerinin 1980–1990 yılları arası eğitim ve 1991–2000

yılları test verisi olmak üzere yapılan YSA ve ÇRA analizleri sonucunda da korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir.

Turnagöl deresinde ölçüm yaparak elde ettiğimiz bir su yılına ait akım verilerini de yine aynı yöntemlerle analiz ederek korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir.

Değirmendere ve Turnagöl derelerinin akım verilerinin kendi aralarındaki uyumunun çok iyi olduğu kurulan modellerde görülmektedir. Akabinde incelemiş olduğumuz Turnagöl Deresine ait bir yıllık verilere, komşu dere olan Değirmendere'ye ait veri setleri de eklenmiştir. Değirmendere'ye ait veriler eğitim, Turnagöl deresine ait veriler test amaçlı kullanılmıştır. Çeşitli senaryolar altında yapılan YSA ve ÇRA analizleri sonucu elde edilen korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiş ve Tablo 5.1'den de görüleceği gibi en iyi sonucu YSA modelinin verdiği ortaya konmuştur.

Tablo 5.1.Değirmendere' Ye Ait 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Her Yıl İçin Analizi

Hesap Yöntemi	Determinasyon Katsayısı (R^2)	Korelasyon Katsayısı (R)
ÇRA Yöntemi	0,9249	0,9617
YSA Yöntemi	0,9381	0,9686

Tablo 5.2.Değirmendere' Ye Ait 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin İlk On Yılın Eğitim, Son On Yılın Test Verisi Olarak Alındığı Model Analizi

Hesap Yöntemi	Determinasyon Katsayısı (R^2)	Korelasyon Katsayısı (R)
ÇRA Yöntemi	0,8905	0,9437
YSA Yöntemi	0,9048	0,9512

Tablo 5.3.Turnagöl Deresine Ait 2008-2009 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Analizi

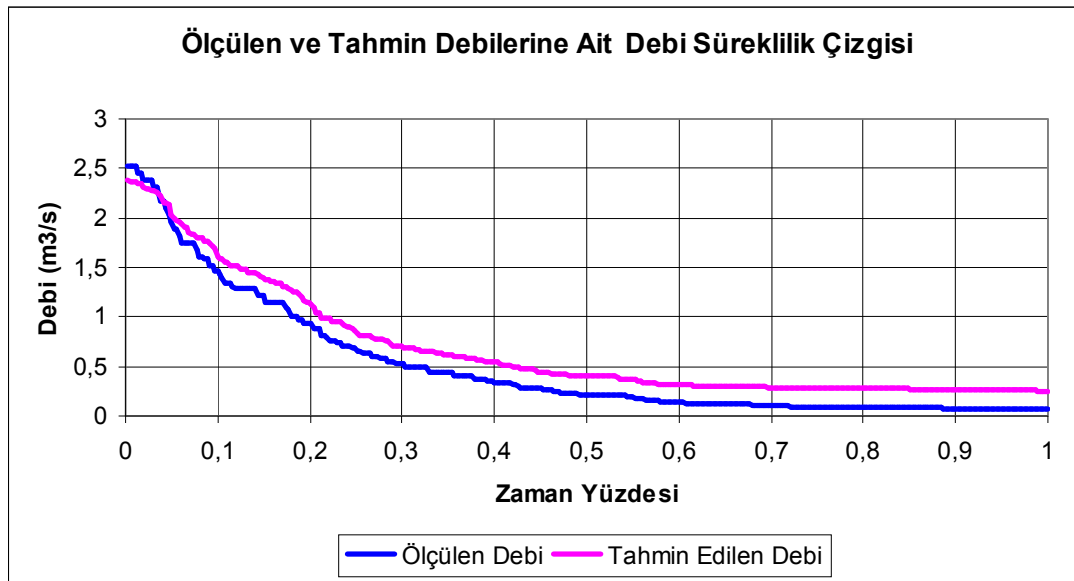
Hesap Yöntemi	Determinasyon Katsayısı (R^2)	Korelasyon Katsayısı (R)
ÇRA Yöntemi	0,9142	0,9561
YSA Yöntemi	0,9237	0,9611

Tablo 5.4.Değirmendere' Ye Ait 1980-2000 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Eğitim, Turnagöl Deresine Ait 2008-2009 Yılları Arasındaki Akım Verilerinin Test Verisi Olarak Kullanıldığı Model Analizi

Hesap Yöntemi	Determinasyon Katsayısı (R^2)	Korelasyon Katsayısı (R)
ÇRA Yöntemi	0,9681	0,9839
YSA Yöntemi	0,9718	0,9858

Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 den de görüleceği üzere ÇRA ve YSA sonuçlarının birbirine yakın olduğu, fakat YSA modelinin ÇRA' ne kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Farklı veri setleriyle yapılan analizler sonucunda 1980–2000 yılları arasındaki Değirmendere' ye ait akım verileriyle 2008–2009 yılları arasındaki Turnagöl deresine ait akım verilerinin birlikte ele alınarak analize dahil edilmeleri sonucu en iyi yaklaşımı veren model belirlenmiştir. Bu model sonucu elde edilen verilerle de Turnagöl deresine ait debi gidiş ve debi süreklilik çizgileri elde edile bilmektedir.

Bu amaçla bulunan normalize edilmiş akım verileri denormalize edilerek elde edilen Turnagöl Deresine ait debi süreklilik çizgisi Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1.Turnagöl deresine ait ölçülen ve tahmin edilen debilere ait debi süreklilik çizgisi

Elde edilmiş olan bu debi süreklilik çizgisinden faydalanarak, bu dere üzerinde yapılması düşünülen su kaynakları projelerinin yapılabilirliğinin analizinde çok önemli bir aşama kaydedilmiş olmaktadır. Akım verilerinin tespitinde bu modelin kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] RAO,S.G., “ANN in Hydrology I, II ”, Journal of Hydrologic Engineering, April,2000.
- [2] CİĞİZOĞLU,H.K., “Debi Süreklilik Çizgisinin Matematik Modelleri”, Doktora Tezi, İTÜ, 1997.
- [3] YANIK,B., “Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesinde Bölgesel Analiz Yaklaşımı”, Doktora Tezi, İ.T.Ü., 2004.
- [4] ŞENTÜRK,K., “Gözlem İstasyonu Olmayan Havzalarda Su Potansiyelinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., 2008.
- [5] GÖKÇE,H., “Akarsularda Taşman Askı Maddesi Miktarının Yapay Sinir Ağları Metodu ile Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2008.
- [6] ŞAHİN,M., “Karadeniz Bölgesindeki Yağış-Akış İlişkisinin Farklı Yapay Sinir Ağları Metotlarıyla Belirlenmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., 2007.
- [7] TOLUK,T., “Akarsu Akımlarının Yapay Sinir Ağı Metotları Kullanılarak Modellenmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2006.
- [8] ALP,M., “Farklı Yapay Sinir Ağı Metotları ile Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesi”, BMYS, Eskişehir, 2008.
- [9] FENNESSY,N.M.,VOGEL,R.M. “Regional Flow Duration Curves for Ungaged Sites in Massachusetts, Journal of Water Resources Planning and Management”, ASCE, Vol 116 (4), pp.530-549, 1990.
- [10] CİĞİZOĞLU,H.K., “Debi Süreklilik Çizgisinin Matematik Modelleri ”, Doktora Tezi, İTÜ, 1997.
- [11] CASTELLARİN,A. ve ark., “Regional Flow-Duration Curves Reliabilty for Ungaged Basins”, 2004.
- [12] BAYAZIT,M., “Hidroloji”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası,İstanbul, 1987.
- [13] CHOW,W.T., “ Handbook of Applied Hydrology ”, Mc-Graw Hill Book Co.,New York, 1964.
- [14] FOSTER,H.A., “ Duration Curves ”, ASCE Trans., 99, 1213-1267, 1934.

- [15] MITCHELL, W.D., “Flow Duration Curves of Illinois Streams, Illinois Dept. of Public Works and Buildings, Division of Waterways.
- [16] CROSS, W.P., BERHAGEN, R.J., “Flow Duration, Ohio Streamflow Characteristic”, Bull. 10, Part 1, Ohio Dept. of Natural Resour., Div. of Water, 1949.
- [17] SAVILLE, THORNDIKE, WATSON, J.D., “An Investigation of Flow Duration Characteristics of North Carolina Streams”, Trans., Am. Geophys. Union, 406-525, 1933.
- [18] SINGH, K.P., “Model Flow Duration and Streamflow Variability, Water Resources Research, 7(4), 1031-1036, 1971.
- [19] DINGMAN, S.L., “Synthesis of Flow-Duration Curves for Unregulated Streams in New Hampshire”, Water Resources Bulletin, 14(6), 1481-1502, 1978.
- [20] SEARCHY, J.K., “Flow-Duration Curves, Water Supply Paper 1542-A, U.S. Geological Survey, Reston Virginia, 1959.
- [21] FIENBERG, S.E., “Graphical Methods in Statistics, The Am. Statistician”, 33(4), 165-178, 1979.
- [22] MALE, J.W., OGAWA, H., “Tradeoffs in Water Quality Management, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.110, No.4, pp.434-444, 1984.
- [23] ALLUZE, C.M., “Reservoir Releases to Uses With Different Reliability Requirements, Water Resources Bulletin, 25(6), 1163-1168.
- [24] HUGHES, D.A., SMAKHTIN, V., “Daily Flow Time Series Patching or Extension: A Spatial Interpolation Approach Based on Flow Duration Curves, Hydrological Sciences, 41(6), 1996.
- [25] ŞEN, Z., “Yapay Sinir Ağı İlkeleri”, Su vakfi, İstanbul, 2004.
- [26] ELMAS, Ç., “Yapay Sinir Ağları”, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.
- [27] KÜYÜK, H.S., “Yapay Sinir Ağları ile Kesme Donstısız Betonarme Kirişlerin Analizi”, Y.T.Ü., İstanbul, 2005.
- [28] ÇAĞLAR, N., “Yapay Sinir Ağları ile Binaların Dinamik Analizi”, Doktora Tezi, Sakarya, 2001.
- [29] DOĞAN, E., Akarsularda Taşınan Toplam Katı Madde Miktarının Yapay Zeka Metotları İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Sakarya, 2008.

- [30] DOĞAN,E., IŞIK S., “Sapanca Gölü Günlük Buharlaşma Miktarının Radyal Temelli Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi”, BMYS Kocaeli,2005.
- [31] EBERBART,R.C., DOBBİNS,R.W., “Neural Network PC Tools.:A Practical Guide, 1990.
- [32] BAYAZIT, M., OĞUZ, B., “Mühendisler İçin İstatistik”, Birsen Yayınevi, Cağaloğlu, İstanbul,1994.
- [33] BAYAZIT,M., “ Hidrolojik Modeller ”, İ.T.Ü. Rektörlüğü, İstanbul,1998.
- [34] Devlet Meteoroloji İşleri DMI, Ankara.
- [35] Devlet Su İşleri DSİ, Ankara.