



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE GÜNLÜK
AKARSU AKIM DEĞERLERİNİN TAHMİNİ-HALDİZEN
DERESİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan NACAR

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. M. Ali HINIS

AKSARAY, 2014



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE GÜNLÜK AKARSU
AKIM DEĞERLERİNİN TAHMİNİ-HALDİZEN DERESİ
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan NACAR

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. M. Ali HINIS

AKSARAY, 2014

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132303302 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Sinan NACAR", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "FARKLI YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE GÜNLÜK AKARSU AKIM DEĞERLERİNİN TAHMİNİ-HALDİZEN DERESİ ÖRNEĞİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

İmza

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Ali HINIS

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Gürol YILDIRIM

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Mustafa ACAR

Aksaray Üniversitesi

Teslim Tarihi: 19/11/2014

Savunma Tarihi:08/ 12 / 2014

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu ve bu eserleri her kullandığımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Ali HİNİS' a sonsuz teşekkürler.

Tezım süresince benden yardımlarını ve fikirlerini esirgemeyen, bu yolda başarılı olmam için maddi manevi desteklerini her daim hissettiğim Sayın Yrd. Doç. Murat KANKAL ve Yrd. Doç. Dr. Adem BAYRAM' a sonsuz teşekkürler.

Yüksek lisans ders aőamam sırasında yitirdiğimiz ve bu yolda ufkumu açan çok değerli öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRÇÜ hocama sonsuz şükranlarımı bildiririm.

Tezım süresince manevi desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Uğur SATILMIŐ, Arş. Gör. Ergun UZLU, Arş. Gör. Şükran TUĞRULELÇİ, Arş. Gör. Hümeıra BOLAKAR, Arş. Gör. Tülin SANDIKÇI, Uzm. Yakup BÖLÜKBAŐ, Tek. Fatih ÇELİK ve Selim OLCA' ya teşekkürler.

Eğitimimin her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her daim yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
DOĞRULUK BEYANI	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SEMBOL DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1.GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN YÖNTEMLER	13
3.1 Materyal	13
3.1.1 Hidroloji ve hidrolojik çevrim	13
3.1.2 Akım.....	15
3.1.3 Su seviyesinin belirlenmesi.....	16
3.1.3.1 Yazıcı olmayan ölçerler	16
3.1.3.2 Yazıcı ölçerler	16
3.1.4 Hız ölçümleri.....	17
3.1.5 Debinin hesaplanması	17
3.1.6 Anahtar eğrisi	17
3.1.7 Doğu Karadeniz Havzası.....	18
3.1.7.1 Havza bilgileri	19
3.1.7.2 Solaklı Vadisi	20
3.1.7.3 Solaklı Vadisi'nin iklimi ve bitki örtüsü.....	22
3.1.7.4 Solaklı Vadisi su kaynakları	22
3.1.7.5 Solaklı Vadisi akım özellikleri.....	22
3.2 Yöntem.....	23

3.2.1 Yapay Sinir Ağları (YSA).....	23
3.2.1.1 Yapay Sinir Ağları'nın mimarisi ve yapı elemanları	23
3.2.1.2 Biyolojik sinir hücresinin yapısı	24
3.2.1.3 Biyolojik sinir ağlarının yapısı.....	24
3.2.1.4 Yapay sinir hücresinin yapısı	25
3.2.2 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın yapısı (ÇK-YSA)	27
3.2.2.1 ÇK-YSA'nın çalışma adımları.....	28
3.2.3 Temel Bileşenler Analizi Yapay Sinir Ağları (TBA-YSA)	29
3.2.4 Zaman-Geciktirmeli Özyineli Yapay Sinir Ağları (ZGÖ-YSA).....	31
3.2.5 Kullanılan Öğrenme Algoritmaları	32
4. KULLANILAN VERİLER VE YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
4.1 Çalışmada Kullanılan Veriler.....	35
4.2 Yapılan Çalışmalar.....	38
4.3 Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri	41
5. BULGULAR VE İRDELEME.....	43
5.1 Bir Gün Sonraki ($Q(t)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	49
5.2 Üç Gün Sonraki ($Q(t+2)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	54
5.3 Beş Gün Sonraki ($Q(t+4)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	59
5.4 Yedi Gün Sonraki ($Q(t+6)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	65
5.5 On Dört Gün Sonraki ($Q(t+13)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi	69
5.6 Doğrulama Verileri Pik Değerlerinin Tahmini	75
6. SONUÇLAR	83
KAYNAKLAR	86
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	122

ÖZET

FARKLI YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE GÜNLÜK AKARSU AKIM DEĞERLERİNİN TAHMİNİ-HALDİZEN DERESİ ÖRNEĞİ

Su kaynaklarının planlanmasında ve su yapılarının yönetiminde ileriye yönelik tahmin yapabilen bir metodun kullanılması büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle uzun süreli tahmin yapabilmek, su kaynakları uygulamalarında, çevre korumasında, kuraklık yönetiminde, su kaynaklarının kullanılmasında, sulamanın büyük önem taşıdığı rezervuar yönetimlerinde, hidroelektrik enerji üretiminde ve sürdürülebilir su kaynaklarının geliştirilmesinde üreticiye ve kullanıcıya uygun bir planlama ve yönetim imkanı sağlayabilmektedir. Bu tezde su kaynakları ve su yapıları çalışmalarında en önemli parametre olan akım değerleri, ileriye yönelik akım değerleri tahmininde kullanılmıştır. Genellikle haftalık veya aylık akım verileri ile işlem yapmak bu verilerin varyansları az olduğundan daha yaygın kullanımı olsa da asıl ihtiyaç duyulan daha kısa süreli (günlük veri gibi) verilerin modellenmesidir. Bu amaçla Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan Haldizen Deresi'nin 1998-2009 yılları arasında günlük olarak ölçülmüş olan akım verileri kullanılarak modelleme yapılmış ve günlük verilerle kısa süreli planlamalara ışık tutulmaya çalışılmıştır. Modellemede; İleri Beslemeli Geriye Yaymalı Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇK-YSA), Temel Bileşenler Analizi Yapay Sinir Ağları (TBA-YSA), Zaman Gecikmeli Öz Yinelili Yapay Sinir Ağları (ZGÖ-YSA) metotları kullanılarak ileriye yönelik akım tahminlerinde bulunulmuştur. Bu yöntemler arasında en uygun olanı farklı performans kriterleri ile belirlenmiş, tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler :Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları, Günlük Akım Tahmini, Haldizen Deresi, Temel Bileşenler Analizi Yapay Sinir Ağları, Zaman Geciktirmeli Özyineli Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

**ESTIMATION OF DAILY STREAMFLOW USING DIFFERENT
ARTIFICIAL
INTELLIGENCE METHODS-A CASE STUDY OF HALDIZEN STREAM**

Streamflow forecasting is an important task for planning and management of water resources and structures. To make especially long-term predictions, most of water resources applications, environmental protection, management of drought, the use of water resources, is also of great importance. Reservoir management of irrigation can provide a useful planning and management facilities for manufacturers and users in developing sustainable water supply and hydroelectric generation. Streamflow is the most important parameter used in water resources planning and design of water structures. Generally modelling of monthly or weekly flow data has better results due to their low variances however, the shorter duration with higher variances such as daily flow data are needed in most usual design cases. Therefore, daily flow data with shorter duration and higher variances is used in the modelling in this study to shed light on the precise data for short term planning. Data of Haldizen Stream in the East Black Sea Basin is used and attempted to develop a model to use in water structure management in the region. In the study, during the period of 1998-2000 years of daily stream flow measured data of Haldizen Stream located in the Eastern Black Sea Basin has been used in the models. The following models are used in this study for streamflow forecasting: Feed forward back propagation multilayer artificial neural network (MLP-NN), Principal Component Neural Network (PC-NN), Time-Lagged Recurrent Neural Network (TL-NN). Performance of the models are compared with various criteria and best fit of the models are determined and presented with tables and figures.

Key Words: Daily Flow Estimation, Haldizen Stream, Multi Layer Perceptron Neural Network, Principal Component Analysis Neural Network, Time Lagged Recurrent Neural Network.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1: Hidrolojik Döngü.....	13
Şekil 3.2: Doğu Karadeniz Havzası.....	19
Şekil 3.3: Solaklı Deresi Anakol ve Yankolları.....	20
Şekil.3.4: Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı (URL-4).....	24
Şekil 3.5: Sinir Sistemi (URL-4).....	25
Şekil 3.6: Yapay Sinir Ağı (URL-4).....	26
Şekil 3.7: ÇK-YSA yapısı URL-4.....	27
Şekil 3.8: ZGÖ-YSA Mimarisi.....	32
Şekil 4.1: Haldizen Deresi Şerah AĞI 1998-2009 Günlük Ortalama Akım Değerlerine Ait Eğitim-Test-Doğrulama-Bütün Verilere Ait Zaman Serileri	37
Şekil 5.1: ÇK-YSA'da E Hata Değerlerinin Ara Katmandaki Eleman Sayısına Göre Değişimi.....	46
Şekil 5.2: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin R'lerinin zamanla değişimi.....	48
Şekil 5.3: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin RMSE'lerinin zamanla değişimi.....	49
Şekil 5.4: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin E'lerinin zamanla değişimi.....	49
Şekil 5.5: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.....	52
Şekil 5.6: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.....	52
Şekil 5.7: Q(t) Test Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	53
Şekil 5.8: Q(t) Doğrulama Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	53
Şekil 5.9: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.....	57
Şekil 5.10: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.....	57
Şekil 5.11: Q(t+2) Test Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	58
Şekil 5.12: Q(t+2) Doğrulama Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	58
Şekil 5.13: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.....	62
Şekil 5.14: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.....	62
Şekil 5.15: Q(t+4) Test Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	63
Şekil 5.16: Q(t+4) Doğrulama Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	63
Şekil 5.17: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.....	67
Şekil 5.18: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.....	67
Şekil 5.19: Q(t+6) Test Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	68
Şekil 5.20: Q(t+6) Doğrulama Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	68
Şekil 5.21: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.....	72
Şekil 5.22: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.....	72

Şekil 5.23: Q(t+13) Test Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	73
Şekil 5.24: Q(t+13) Doğrulama Veri Takımı Gözlem ve YSA Tahminleri Zaman Serisi.....	73
Şekil 5.25: Seçilen Maksimum Değerler.....	75
Şekil 5.26: Q(t) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahmini Zaman Serisi.....	75
Şekil 5.27: Q(t) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahminine Ait Saçılım Diyagramı	76
Şekil 5.28: Q(t+2) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahmini Zaman Serisi.....	77
Şekil 5.29: Q(t+2) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahminine Ait Saçılım Diyagramı	77
Şekil 5.30: Q(t+4) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahmini Zaman Serisi.....	78
Şekil 5.31: Q(t+4) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahminine Ait Saçılım Diyagramı	79
Şekil 5.32: Q(t+6) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahmini Zaman Serisi.....	80
Şekil 5.33: Q(t+6) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahminine Ait Saçılım Diyagramı	80
Şekil 5.34: Q(t+13) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahmini Zaman Serisi.....	81
Şekil 5.35: Q(t+13) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Tahminine Ait Saçılım Diyagramı	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: Haldizen Şerah AGİ Bilgileri.....	36
Çizelge 4.2: Haldizen Şerah AGİ Günlük Ortalama Akım Değerleri İstatiksel Analizi.....	37
Çizelge 4.3: Ağlar İçin Kurulan Modeller ve Girdi Parametreleri.....	38
Çizelge 4.4: Girdi-Çıktı Korelasyon Tablosu.....	39
Çizelge 4.5: Ağların Eğitiminde Kullanılan Değişkenler ve Belirlenen Değerle.....	40
Çizelge 4.6: Modellere Göre Belirlenen TB Sayıları.....	41
Çizelge 5.1: ÇK-YSA'da 10,30,50 Ara Katmanlı Eleman Sayılarına Karşılık Gelen Transfer Fonksiyonu Ve Öğrenme Kuralının E Değerlerinin Karşılaştırılması.....	44
Çizelge 5.2: ÇK-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.....	46
Çizelge 5.3: TBA-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.....	47
Çizelge 5.4: ZGÖ-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.....	47
Çizelge 5.5: Q(t) Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.....	50
Çizelge 5.6: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.....	51
Çizelge 5.7: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.....	54
Çizelge 5.8: Q(t+2) Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.....	55
Çizelge 5.9: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.....	56
Çizelge 5.10: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.....	59
Çizelge 5.11: Q(t+4) Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.....	60
Çizelge 5.12: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.....	61
Çizelge 5.13: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.....	64
Çizelge 5.14: Q(t+6) Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.....	65
Çizelge 5.15: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.....	66
Çizelge 5.16: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.....	69
Çizelge 5.17: Q(t+13) Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.....	70
Çizelge 5.18: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.....	71
Çizelge 5.19: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.....	74
Çizelge 5.20: Q(t) Doğrulama Veri Takımı Maksimum Debi Değerleri Tahmini ve RMSE Hata Değerleri.....	76
Çizelge 5.21: Q(t+2) Doğrulama Veri Takımı Maksimum Debi Değerleri Tahmini ve RMSE Hata Değerleri.....	78
Çizelge 5.22: Q(t+4) Doğrulama Veri Takımı Maksimum Debi Değerleri Tahmini ve RMSE Hata Değerleri.....	79

Çizelge 5.23: Q(t+6) Doğrulama Veri Takımı Maksimum Debi Değerleri Tahmini ve RMSE Hata Değerleri.....	81
Çizelge 5.24: Q(t+13) Doğrulama Veri Takımı Maksimum Debi Değerleri Tahmini ve RMSE Hata Değerleri.....	82

SEMBOL DİZİNİ

a,b	Mulunenin üzerinde yazılı olan kalibrasyon katsayıları
E	Nash Sutcliffe Değeri
I	Birim veya tanımlama parametresi
J	Amaç fonksiyonunun jakobiyeni
m	Hata değeri sayısı
n	Mulinenin saniyede dönme sayısı
R	Korelasyon katsayısı
Qi	Debi değeri (m ³ /sn)
Xi	Girdi parametresi
Wi	Ağırlık değeri
V	Mulinenin dönme hızı (m/sn)
Y	Çıkış parametresi
λ	Marquardt parametresi

KISALTMALAR DİZİNİ

DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresii
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
YSA	Yapay Sinir Ağları
İBGYYSA	İleri Beslemeli Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları
ÇK	Çok Katmanlı
ÇK-YSA	Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları
TB	Temel Bileşen
TBA	Temel Bileşenler Analizi
TBA-YSA	Temel Bileşenler Analizi ve Yapay Sinir Ağları
ZGÖ-YSA	Zaman Geciktirmeli Özyineli Yapay Sinir Ağları
GDK	Genelleştirilmiş Delta Kuralı
RTRL	Gerçek Zamanlı Özyineli
AR	Otoregresif
ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
LR	Lineer Regresyon
MATLAB	Matris Laboratuvarı
BM	Bulanık Mantık
RDI	Kuraklık Verisi Arama İndeksi
BKI	Bütünleşik Kuraklık İndeksi
NYI	Normalleştirilmiş Yağış İndeksi
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
RMSE	Ortalama Kareysel Hatanın Karekökü
R	Korelasyon Katsayısı
E	Nash Sutcliffe
M	Model

1.GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Yeryüzünde canlı hayatının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez unsurlarının başında hava ve su gelmektedir. Nüfusun hızla artması, mevcut su kaynaklarının kirletilmesi ve çevre şartlarının su üzerine olumsuz diğer etkileri temiz ve kullanılabilir suya olan talebi hızla arttırmıştır. Artan bu talep sonucunda sınırlı bir kaynak olan suyun korunması ve kullanımı açısından iyi bir planlamanın yapılması önemli bir konu haline gelmiştir. Dünya nüfusunun hızla arttığı düşünüldüğünde artan elektrik ve kullanılabilir su talebi yeterli su kaynaklarına sahip ülkelerde bile suyun ve su kaynaklarının kontrolünü önemli hale getirmiştir. Su kaynaklarının planlanması, yönetimi ve korunması su talebinin artmasına paralel olarak çok önemli bir konu haline gelmiş olup, su yapılarının geliştirilmesinde daha detaylı ve geniş araştırmaların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Endüstri, tarım, şehircilik ve kentsel gelişmedeki hızlı büyüme sonucunda temiz ve kullanılabilir su kaynaklarına olan ihtiyacın ilerleyen dönemlerde sürdürülebilir kararlı çevre politikaları ile giderilebileceği gözden kaçırılmaması gereken bir durum olmuştur.

Atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner, bir kısmı bitkiler tarafından alıkonur, bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına geçer. Geriye kalan su ise yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve onlar yoluyla denizlere ulaşır. Yeraltına sızan su ise yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır (Bayazıt,1982). Hidrolojik çevrimin önemli parametrelerinden olan akım ve yağış, su yapılarının planlanması, işletilmesi, suyun verimli kullanımı ve enerji üretimi gibi konularda önemli bir yere sahiptir. Günümüzde akım ölçümleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EİE) ve Devlet Su İşleri (DSİ) akım ölçüm istasyonları sayesinde sağlanmaktadır. Ancak bu istasyonlar, hem yetersiz sayıda hem de çok maliyetli olduğu için alternatif akım tahminleri geliştirilmek zorunda kalmıştır (Şen, 2002). Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler

oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ili ilgilenen bilim dalı olduğu söylenebilir (Öztemel, 2003).

Hidrolik yapıların tasarım ve işletilmesinde, debi tahminlerinde ve havzalarda yerleşke kurmaktan taşkın tahliyesine kadar uzanan ilgi alanlarında yeni geliştirilen metotları kullanarak tahmin modelleri geliştirmek zorunlu hale gelmiştir. Basit regresyon modelleri gibi birçok istatistiksel yöntemler ve dinamik yöntemler öngörü modellemesinde kullanılmaktadır. Bu bilinen modelleme teknikleri oldukça geniş bir alanda kullanılırken, bazı yeni yöntemleri de ön plana çıkmaktadır (Yurtoglu, 2005). Yapay sinir ağları (YSA) günümüzde kullanılan yeni yöntemler arasında hızla yayılmakta ve hassas veri tahmini sayesinde güvenilen en önemli yöntemlerden biri olarak kullanım yaygınlığını artırmaktadır. Yaygın olarak kullanılan istatistik modellerle karşılaştırıldığında, istatistiksel yöntemler modele alınacak değişkenlerin yapısı hakkında bilgiye gereksinim duyarlar ve birtakım varsayımları göz önüne alırlar. Fakat YSA değişkenlerin yapısı hakkında bilgi istemez ve ön kabul gerektirmez, doğrudan verilerle çalışır. Anlaşılması zor ve karmaşık eğilimleri belirlemek ve yapıları ortaya çıkarmak gibi avantajları sayesinde sık kullanım alanı bulmuşlardır. Ancak YSA bazı durumlarda uygulama alanına bağlı olarak çok karmaşık problemlerde yavaş yakınsama sorunu gibi dezavantajlara sahiptir. Yine de basit olarak görülebilecek yapılarına rağmen öngörü ve tahmin işlemleri için çok uygundur. Bu çalışmada, yapay zeka tekniklerinden olan ve günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan bazı yapay sinir ağları yöntemleri ile alternatif akım tahmin modelleri geliştirilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Temiz su kaynağını oluşturan akarsular buldukları bölge için çok büyük öneme sahiptirler. Özellikle ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi akarsularına ve temiz su kaynaklarına sahip olmaları bakımından yurdumuz için çok önemli bir yere sahiptir. Bu bölgede bulunan akarsular sulama, içme suyu ve enerji üretiminde kullanılmaktadır.

Günümüzde enerji ihtiyacının her geçen gün arttığı, fosil kaynaklardan elde edilen enerjinin oluşan talebi karşılamakta zorlandığı ve çevreye verilen zarar düşünülecek olursa akarsu üzerinde inşa edilen ve enerji üretiminde büyük rolü olan su yapılarının uygun ve maksimum enerji elde edilecek yerlerde inşa edilmelerinin önemi de açıkçaya ortaya çıkmaktadır. Temiz enerji kaynaklarının öneminin arttığı günümüz şartlarında bölge coğrafyası ve bölgeye düşen yağış miktarı hidroelektrik enerji üretimi bakımından oldukça uygundur. Bölgenin sahip olduğu hidroelektrik potansiyeli azımsanmayacak noktadadır. Bu konuda Bölüm 3.1.7'de daha geniş bilgi verilmiştir. Bölgedeki hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi ve akarsular üzerine kurulacak olan enerji üretim tesislerinin kapasitesinin belirlenmesi, ülke ekonomisi bakımından oldukça önemlidir. Bunun için de akarsuyun akımının iyi ölçülmesi ve tahmin edilmesi gerekmektedir.

Küreselleşen dünya şartlarında her geçen gün temiz su kaynaklarına olan talep artmaktadır. Temiz su kaynakları dünyanın geleceği için olmazsa olmaz şartıdır. Gerek canlı hayatının sürekliliği için gerekse yenilenebilir enerji üretimi için kilit noktada bulunan yüzeysel su kaynakları ve bu kaynakların yönetimi evrenin geleceği için önemli bir yere sahiptir. Bitki çeşitliliği ve canlı hayatının sürdürülebilirliği açısından önemli bir noktada olan çalışma bölgesinde, canlı hayatının sürekliliği için temiz su kaynaklarının kontrol altında tutulması ve bunun sağlanması içinde akım değerlerinin bilinmesi elzemdir.

Önceden belirlenen akım değerleri havzada oluşabilecek taşkınları kontrol altına alabilmek açısından da hayati bir yere sahiptir. Dere yataklarının daraltılması ve ani yağışlar sonucunda dere sularının kabarmasıyla meydana gelen taşkınlar çoğu zaman can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Çalışma alanı olan Doğu Karadeniz bölgesi günlük yağış değerlerinin yüksek olduğu dolayısı ile akım değerlerinin anlık değişiminin meydana geldiği ve yağıştan akışa geçen miktarın anlık olarak yükseldiği bir bölgedir. Bölgede ani yağışlar sonrası meydana gelen taşkınları önlemek için yapılacak olan su yapılarının projelendirilmesinde günlük akım değerlerinin önceden bilinmesi, gerek ekonomik olarak gerekse uygulanabilirlik olarak önemli bir yere sahiptir.

İleriye yönelik tahmin yapabilen bir tahmin metodunun geliştirilmesi ve kullanılması uygun su kaynaklarının planlanmasında ve su yapılarının yönetiminde büyük bir önem taşımaktadır. Debi değerlerinin önceden belirlenmesi debi gidiş eğrilerinin oluşturulmasında da önemli rol almaktadır. Özellikle uzun süreli tahmin yapabilmek,

çoğu su kaynakları uygulamalarında, çevre korumasında, kuraklık yönetiminde, su kaynaklarının kullanılmasında, sulamanın da büyük önem taşıdığı rezervuar yönetimlerinde, hidroelektrik üretiminde ve sürdürülebilir su kaynaklarının geliştirilmesinde üreticiye ve kullanıcıya kullanışlı bir planlama ve yönetim imkanı sağlayabilmektedir

Bu çalışmanın amacı; geçmiş yıllara ait günlük akım değerleri yardımıyla ileriye yönelik kısa ve uzun süreli akım tahmininde bulunan bir model geliştirmektir.

Bütün bu söylenenler ışığında, hidrolik yapıların tasarım ve işletilmesinde, debi tahminlerinde ve havzalarda yerleşke kurmaktan taşkın tahliyesine kadar uzanan ilgi alanlarında tahmin modelleri kullanmak zorunlu hale gelmiştir. (Yurtoglu, 2005). YSA yaygın istatistik yöntemlerle karşılaştırıldığında, istatistiksel yöntemler modele alınacak değişkenlerin yapısı hakkında bilgiye gereksinim duyarlar ve birtakım varsayımları göz önüne alırlar. Fakat YSA değişkenlerin yapısı hakkında bilgi istemez ve ön kabul gerektirmez, doğrudan verilerle çalışır. Anlaşılması zor ve karmaşık trendleri belirlemek ve yapıları ortaya çıkarmak gibi avantajları sayesinde sık kullanım alanı bulmuşlardır. Ancak bazı durumlarda uygulama alanına bağlı olarak çok karmaşık problemlerde yavaş yakınsama sorunu gibi dezavantajlara da sahiptirler. Yine de basit olarak görülebilecek yapılarına rağmen öngörü ve işlemleri için çok uygundur. (Aslan 2008).

Bu çalışmada oluşturulacak modellemeler için üç farklı tipte YSA kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Haldizen Deresinin 1998-2009 yıllarına ait günlük akım değerleri kullanılarak, Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇK-YSA), Temel Bileşenler Analizi Yapay Sinir Ağları (TBA-YSA) ve Zaman Geciktirmeli Özyineli Yapay Sinir Ağları (ZGÖ-YSA) yöntemleri ile ileriye yönelik akım değerleri, mühendislik hata sınırları içerisinde, gerek enerji üretiminde gerek su kaynaklarının kullanımında ve gerekse taşkın yönetiminde kullanılmak üzere tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde bu konuyla ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışma alanı kısmında akım, akışın tanımı, oluşumları, çeşitleri ve özellikleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nın genel özellikleri, kolları, üzerine kurulan HES'ler hakkında bilgi verilmiştir. Yöntem kısmında ise, kullanılan YSA yöntemleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, ilgili kurumlardan temin edilen akım verilerinden ve yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde ise, geliştirilen modellerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Çalışmanın altıncı bölümünde ise elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Akım tahmini konusunda daha önce yapılmış olan çalışmalar irdelenmiş ve özet halinde aşağıda sunulmuştur.

Turan (2007), çalışmasında akarsuların akım tahmini için YSA kullanmıştır. Bu çalışmada geçmiş akımlardan ve memba akım ölçüm değerlerinden nehir akımlarının tahmini için yapay zeka teknikleri kullanılmıştır. Kullanılan yapay zeka teknikleri arasında ileri beslemeli geri yayılım yapay sinir ağı (ÇK-YSA), genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağı (GRYSA), bulanık mantık (BM) yöntemleri bulunmaktadır. Kıyaslama için çok değişkenli regresyon analizi kullanılmıştır. Geçmiş nehir akımları kullanılarak gelecekteki akım değerinin tahmini konusunda yapılan uygulamada, İsviçre’de bulunan Birs Nehri Some kolu üzerindeki 2479 numaralı Delémont akım gözlem istasyonunun 01.01.1995–31.12.2002 tarihleri arasında gözlenen günlük akım değerleri kullanılmıştır. Önceki akım değerleri geciktirilerek kurulan 7 modelde ileri beslemeli geri yayımlı, genelleştirilmiş regresyon ağı ve bulanık mantık yöntemleri kullanılmıştır. Performans ölçütleri olarak karesel ortalama hata, determinasyon katsayısı ve verimlilik katsayısı göz önüne alınarak en iyi sonuç veren model aranmıştır.

Okkan ve Mollamahmutoğlu (2010), çalışmalarında su kaynakları planlanması ve tasarımı aşamasında, güvenilir akım tahminlerinin ve akım modelleme çalışmalarının yapılmasının büyük önem taşıdığını vurgulamışlardır. Sunulan çalışmada, bir YSA geliştirilerek, bu model Çoruh havzasında yer alan Çoruh Nehrine ait günlük akımlara uygulanmıştır. Girdi olarak 1 ve 2 gün önceki akım değerlerine ihtiyaç duyan YSA modeli, 03.10.1991-01.04.1996 tarihleri arasındaki 1643 günlük akım verileri kullanılarak eğitilmiş; 02.04.1996-30.09.2000 tarihleri arasındaki 1643 günlük akım verileri kullanılarak sınanmıştır. Hazırlanan YSA modeli içsel bağımlı stokastik AR(2) model yapısıyla da karşılaştırılmıştır. Analiz sonucu, yöntemlerin yaklaşık sonuçlar verdiği görülmüş ancak YSA performansı içsel bağımlı modele göre daha başarılı bulunmuştur. Uzun dönemde gözlenmiş ve modellenmiş akımların istatistikleri karşılaştırıldığında; kurulan YSA modelinin Çoruh Nehri günlük akımlarını başarıyla temsil ettiği; böylece geliştirilen model yapısının diğer akarsu

havzalarının günlük akımlarının tahmininde de başarıyla kullanılabilceği sonucuna varmışlardır.

Önal (2009), çalışmasında YSA metodu ile Kızılırmak Nehri'nin akım değerlerini tahmin etmeye çalışmıştır. YSA metodu kullanılarak akım tahmin modelleri geliştirmek için, Kızılırmak Nehri üzerinde bulunan Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nden (EİE) Söğütlühan (1535), Yamula (1501) ve Bulakbaşı (1539) akım gözlem istasyonunun akım değerleri ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) Kayseri, Sivas ve Zara istasyonlarının yağış değerleri alınmıştır. Söğütlühan istasyonunun akım değerlerini tahmin etmek için üç farklı model geliştirilmiştir. Bunlardan ilkinde, Kayseri, Sivas ve Zara istasyonlarının yağış değerleri ile Yamula ve Bulakbaşı akım gözlem istasyonlarının akım değerleri girdi olarak kullanılmıştır. İkinci model geliştirilirken, birinci modelde kullanılan girdi parametrelerinden Kayseri yağış gözlem istasyonunun değerleri çıkarılmıştır. Akım tahmini için geliştirilen üçüncü modelde ise girdi parametreleri olarak sadece Yamula ve Bulakbaşı akım gözlem istasyonlarının akım değerleri kullanılmıştır. Geliştirilen modeller kıyaslandığında, bütün modellerin uygun sonuçlar verdiği, en iyi sonucun sadece akım değerleri kullanıldığında elde edildiği görülmüştür. Sonuç olarak, YSA metodunun akım tahmin problemlerinde kolaylıkla kullanılabilceği görülmüştür.

Turhan (2012), çalışmasında Seyhan Havzası'nın Yağış-Akış ilişkisini YSA yöntemini kullanarak modellemeye çalışmıştır. Su kaynaklarının planlanması ve projelendirilmesi aşamasında güvenilir akım tahminlerinin ve akım modelleme çalışmalarının yapılması önem taşıdığını vurgulamıştır. Bu çalışmasında YSA ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi belirlenmeye çalışmıştır. Çalışmada, modelleme için MATLAB programı kullanılmıştır. Uygulama için Seyhan Havzası seçilmiştir. Gözlenmiş yağış ve akım verileri kullanılarak akım tahminleri yapılmıştır. ÇK-YSA kullanılmış ve Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda ÇK-YSA yönteminin ÇDR yöntemine göre genelde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Aslan (2008), çalışmasında değişik YSA metotlarını, su kaynakları verisinin uzun zaman aralıklı tahmini için kullanmıştır. Çalışmasında üç farklı sinir ağı modeliyle çeşitli istasyonların akış verileri ve kuraklık verilerini kullanarak ileriye yönelik tahminlerde bulunmuştur. Genelleştirilmiş YSA, Radyal Tabanlı YSA ve ÇK-YSA

modellemeler için kullanılmıştır. Performans karşılaştırma kriterleri olarak, test süresi için elde edilen verinin ortalama kare hatası ve determinasyon katsayısı değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, yapılan çalışmada Genelleştirilmiş YSA'nın, gösterdiği eğilim-tanımlama becerisi ile aylık akımlar ve özellikle yeraltı su seviyesi veri takımlarında uzun zaman aralıkları sonunda daha iyi olduğu görülmüştür.

Can (2012), çalışmasında YSA yönteminin hidroloji alanına da uyarlanabileceğini göstermek amacıyla, su yapılarının mühendislik açısından işlevsel, emniyetli ve ekonomik planlanması için gereken belirli bir zaman sürecindeki akım değerlerini elde etmek için kullanılmıştır. Bu amaçla oluşturulan YSA çeşitli alternatif durumlar için eğitilmiştir. Eğitim ve test setlerini oluştururken çoklu regresyon modelinden yararlanılmıştır. Sonuçlar YSA yönteminin uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Shamseldin (2010), çalışmasında gelişmiş ülkelerdeki akarsu akım tahmini için YSA kullanmıştır. Çalışma alanı olarak Sudan'da bulunan Mavi Nil Nehri'ni seçmiştir. Çalışmasında dört adet yağış-akış modeli kurmuş ve modellerin sonuçlarının doğruluğu için lineer olmayan AR model sonuçları ile kıyaslama yapmıştır. Sonuçlar YSA'nın gelişmiş ülkelerdeki akım tahminleri için kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Chang vd. (2012), çalışmalarında çok farklı doğa olaylarının yaşandığı Kuzey Taiwan' da bulunan Shihmen rezervuarı akım verilerini kullanarak ileriye yönelik akım tahmini yapmışlardır. Çalışmada 2003 yılının çok düşük akım verileri haricinde 2001-2006 yılları arasındaki saatlik yağış ve akım değerleri kullanılmıştır. Bu verilerden 917' si eğitim, 575'i ise test olarak kullanılmış ve analiz sonuçları çeşitli hata değerleri hesaplanarak kıyaslanmıştır.

Nourani vd. (2012), çalışmalarında Ethiopia' da bulunan Gilgel Abay nehrine ait 2003-2007 su yılları verilerini kullanarak çeşitli YSA modelleri ile ileriye yönelik akım tahmini yapmaya çalışmışlardır. Bulunan sonuçlar geleneksel AR modellerin çıktığı değerleri ile çeşitli hata değerleri için kıyaslanmıştır. Çalışmada ileriye yönelik tek adım ve çok adımlı modeller kurulmuş ve ağ girdi verisi olarak çeşitli girdi değişkenleri uygulanmıştır. Girdi modellerinde iki gün önceki akış, bir gün önceki akış, günlük akış ve yağış kullanılmış ve bir gün sonraki akış tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Demirpençe (URL-1) çalışmasında akarsu akım tahmini için son yıllarda su kaynakları ve hidroloji alanında kullanımı artan YSA yöntemini kullanmıştır.

Çalışmada ÇK-YSA modeli kullanılmıştır. Çalışmada Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan önemli akarsulardan olan Köprüçay akarsuyuna ait 1968-1970 su yılları arasındaki günlük akım değerleri kullanılarak çeşitli YSA modelleri kurulmuştur. Günlük akım değerlerinin çeşitli kombinasyonları girdi olarak kullanılarak, 6 model oluşturulmuştur. ÇK-YSA metodu ile tahmin edilen Köprüçay akımları, lineer regresyon (LR) modeli sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Chang ve Chen (2014), çalışmalarında meydana gelen yağışlardan kaynaklanan su seviyesindeki ani değişimler sonucunda oluşan taşkınların önüne geçmek amacıyla su seviyesinin tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak Taiwan'da bulunan Taipei şehrindeki Yu-Cheng istasyonunu seçmişlerdir. Su seviyesini etkileyen faktörler çeşitli istatistik yöntemleriyle belirlenmiş ve bunun sonucunda iki senaryo belirlenmiştir. Bunlardan ilki sadece yağışa bağlı olarak tahmin diğeri ise yağış ve su seviyesine bağlı olarak tahmindir. Bu senaryolara bağlı kalınarak ileriye yönelik 6 adımlı tahminler yapılmış ve maksimum 60 dakika ileriye yönelik tahminde bulunmuşlardır. Çalışmada 2004-2013 yıllarına ait şiddetli yağış verileri kullanılmıştır. Toplamda 1985 adet veri kullanılmış ve bunların 826'sı eğitim, 508'i test ve 651'i doğrulama olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar çeşitli kriterlere göre diğer modellerle kıyaslanmıştır.

Kote ve Jothiprakash (2012), yaptıkları çalışmada çalışma alanı olarak Hindistan'da bulunan Upper Bhima Dere Yatağı'nı seçmiş ve bu dereye ait aylık ve mevsimsel akım değerlerini kullanmışlardır. Deneme ve yanılma yöntemini kullanarak girdi sayısını ve gizli katmandaki eleman sayısı belirlemişlerdir. Çalışmada Zaman Geciktirmeli Özyineli YSA (ZGÖ-YSA) ve ÇK-YSA yöntemleri kullanılmıştır. Çeşitli denemelerden sonra 50 veri eğitim aşamasında 50 veri ise test aşamasında kullanmışlardır. Sonuçları çeşitli kriterlere göre kıyaslamış ve ZGÖ sonuçlarının daha iyi olduğu kanısına varılmışlardır.

Li-Chiu ve Fi-John (2004), çalışmalarında ileriye yönelik tahminin önemini belirtmiş ve ileriye yönelik sadece tek aşamalı değil birden fazla aşamalı tahminde bulunmaya çalışmışlardır. Yöntem olarak Gerçek Zamanlı Özyineli Ağ (GZÖ-YSA) kullanılmış ve sonuçlar çeşitli istatistik yöntemlerle kıyaslanmıştır. Sonuçlar GZÖ-YSA'nın daha doğru ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Wang ve Chau (2008), Lancangjiang Nehri' ne ait 1953-2004 yılları arasına ait aylık ortalama yağış verilerini kullanarak ileriye yönelik tahmin yapmaya çalışmışlardır. 1953-1999 yılları arasındaki veriler kalibrasyon için, 1999-2004 yılları arası veriler ise doğrulama aşamasında kullanılmıştır. Çalışmada çeşitli yapay zeka yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemlerin çıktıları çeşitli hata değerlerine göre hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

Komornik ve Komornikova (2006), kar suyu ve geleneksel mevsimsel yağışlarla beslenen, Slovakya'daki Tatry bölgesinde bulunan küçük ve orta büyüklükteki 7 istasyonun 36 yıla ait aylık ve mevsimsel akım verilerini ileriye yönelik tahmin yapmak amacıyla kullanmışlardır. 32 yıla ait veriler eğitim ve test geri kalanları ise doğrulama aşamasında kullanılmıştır. Çalışmalarında 1, 3, 6 ve 12 adım ileriye yönelik tahminde bulunmuş ve sonuçlarını çeşitli hata değerlerine göre hesaplayıp kıyaslamışlardır.

Golob vd. (1998), YSA metodu ile akım tahmini yapmışlardır. Bunun için Soca Nehri'ne (Slovenya) ait akım ve yağış verileri alınarak modeller oluşturup, girdi ve çıktı olarak elde edilen değerleri modellemiş ve eğitmişlerdir. Kurulan Modellerin çıktılarının iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Kişi (2007), çeşitli YSA modelleri kurarak akarsu debi tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Kısa süreli ve uzun süreli tahminin gelecek için önemini belirttiği çalışmasında, North Platte nehrine ait 2001 yılının günlük akım değerleri eğitim, 2002 yılının günlük akım değerleri ise test olarak kullanılmıştır. İleriye yönelik 1, 2 ve 3 gün sonraki akım değerleri tahmin edilmeye çalışılmış ve en iyi sonucu bulmak için 6 adet model kurulmuştur. Çalışmada dört farklı YSA algoritması kullanılmıştır. Sonuçlar YSA'nın kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Latt ve Wittenberg (2014), YSA ve çoklu lineer regresyon yöntemleri ile Chindwin nehrine ait 1990-2011 yıllarının taşkın dönemlerine ait verileri kullanarak ileriye yönelik tahminde bulunmuşlardır. Bu verilerden 2007 yılına kadar olan eğitimde geri kalanı ise test aşamasında kullanılmıştır. İleriye yönelik 5 adımlık tahminlerinin sonucunda YSA'nın daha doğru sonuçlar verdiği görülmüş ve özellikle pik noktadaki taşkın değerlerini tahmin etmede daha az hata değeriyle daha iyi tahminde bulunduğu gözlenmiştir.

Dawson ve Wilby (2001), İngiltere' de bulunan Thames ve Mole nehirlerinin akım tahminini yapmak amacıyla YSA metodunu kullanmışlardır. Nehirlere ait yağış- akış

değerlerini kullanarak modeller geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda YSA metodu ile geliştirilen modellerin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Sattari vd. (2012), yağış akış ilişkisini iki aşamalı olarak, YSA metodunu kullanarak farklı model yapılarıyla ileriye yönelik tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında 1993-1999 yılları arasındaki aylık yağış ve meteorolojik verileri kullanmışlardır. İlk aşamada girdi verisi olarak sadece akış verileri kullanılmış ve bunun için en uygun model belirlenip hata değerleri hesaplanmış, ikinci aşamada ise geçmiş yıllara ait sıcaklık, yağış ve akım değerleri kullanılarak anlık akım tahmini yapılmıştır. Girdi verisinin çoğalması durumunda hata değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Kişi (2004), Devlet Su İşlerinden Göksudere nehri üzerinde bulunan İsaköy akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım değerlerini kullanarak, AR ve YSA yöntemleriyle ileriye yönelik akım tahmininde bulunmuştur. YSA ve AR için kurulan 6 model için değişik ara katman sayılarında tahminler yapılmış ve en iyi modeller belirlenmiştir. Çeşitli kriterlere göre sonuçlar değerlendirilmiş ve YSA ileriye yönelik tahminde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Dibike ve Solomatine (2001), Venezüella'da Apure Nehri havzasında, akım tahmini için YSA metodunu kullanmışlardır. Çalışmalarında çok tabakalı algılayıcı ve radyal tabanlı fonksiyon ağlarını kullanmışlardır. Bu ağların performanslarını kavramsal yağış-akış modeli ile karşılaştırmışlar ve nehir akım tahmin problemi için oldukça iyi sonuçlar bulmuşlardır.

Cığızoğlu (2003), Akdeniz'in doğusunda bulunan 4 istasyona ait 1970 - 1989 yılları arasındaki 20 yılın günlük ortalama akım verilerini kullanarak bir gün ve altı gün sonrası akım tahminini YSA kullanarak yapmıştır. Çalışmada ÇK-YSA metodu kullanılmış ve sonuçların geleneksel tahmin yöntemlerine kıyasla daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Turan ve Yurdusev (2009), üç istasyonun 1995 - 2002 yıllarına ait günlük akım verileri kullanarak farklı bir istasyonda gözlenen akım değerini tahmin etmeye çalışmışlardır. 1995-2000 yılları arası verileri eğitim 2001 - 2002 yılları arasındaki verileri ise test aşamasında kullanmışlardır. Çalışmada ÇK-YSA, Bulanık Mantık (BM) ve (Genelleştirilmiş Regresyon) GRYSA kullanılmıştır. Çalışmada yedi model oluşturulmuş ve çeşitli kriterlere göre tahmin sonuçları değerlendirilmiştir.

Ersungur vd. (2007) Türkiye'de bölgelerin sosyo - ekonomik gelişmişlik sıralaması çalışmasında bölge birimlerine ait veriler ele alınarak değişkenler arasındaki

bağımlılık yapısını ortadan kaldırmak, boyut indirgemek, gelişmişlik derecelerinin yakınlığını belirlemek için Temel Bileşenler Analizi kullanılmıştır.

Ceylan vd. (2007) kalp ritim bozukluğunun sınıflandırılması çalışmasında sayısal olarak etkili ve erken teşhis için ECG sinyallerinin sınıflandırılmasının doğruluğunun test edilmesi aşamasında Temel Bileşenler Analizi (TBA) kullanılmıştır.

Efrosyni vd. (2011) Yunanistan'daki Kuraklığın Zaman-Mekansal Çeşitliliği İçin Jeoinformatik Zeka Teknikleri çalışmasında, 19 yıllık kuraklık verisi arama indis (RDI) TBA kullanılarak analiz edilmiş ve kuraklığın zamansal ve yersel değişimi haritalanmıştır.

Larson vd. (2008) Kıyı morfolojik özelliklerinin mevsimsel, aylık, on yıllık ve yıllık zaman ölçeklerindeki davranışlarının, verilerin analizi ile elde edildiği çalışmada TBA kullanılmıştır.

Hınıs (2013) Çalışmasında Aksaray ili için kuraklık analizi yapmıştır. Kuraklık analizi için literatürde teklif edilen pek çok indeks arasında en çok kabul gören "Normalleştirilmiş Yağış İndeksi" (NYİ) metodu ile BKİ (Bütünleşik Kuraklık İndeksi) metodu karşılaştırmış ve farkları ortaya koymuştur. Hidrolojik çevrimde kuraklık analizi yapılan bölge için göz önüne alınan verileri çok değişkenli istatistiksel analiz metotlarından biri olan TBA ile bütünleştirilerek BKİ oluşturmuştur.

3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1 Materyal

3.1.1 Hidroloji ve hidrolojik çevrim

Su, doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde bulunmakta ve yer küresinin çeşitli kısımları arasında durmadan dönüp durmaktadır. Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden hidrolojik çevrim denir.

Hidrolojik çevrimi gözden geçirmeye herhangi bir noktadan başlayabiliriz. Atmosferden başlayacak olursak, atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (%60-75 kadarı) zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner, bir kısmı bitkiler tarafından alıkonur (tutma), bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına geçer (sızma). Geriye kalan su ise yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve onlar yoluyla denizlere ulaşır (yüzeysel akış). Yeraltına sızan su ise yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır. Hidrolojik döngünün bütün aşamalarını aşağıdaki şekildeki gibi özetleyebiliriz.



Şekil 3.1: Hidrolojik Döngü.

Su sürekli olarak denizlerden atmosfere, karalara ve tekrar denizlere döngü içindedir, bu şekilde bize temizlenmiş yeni su kaynağı sağlar. Hidrolojik döngü olarak bilinen kompleks devir daim denizler, karalar ve atmosferde sürekli olarak dengeli miktarda su bulunmasını sağlar. Su denizlerin yüzeyinden buharlaşarak, atmosferde bulutları oluşturur. Su aynı zamanda toprak, dere nehir ve göllerden de buharlaşır. Bitkilerin su buharı kaybı transpirasyon ile de atmosfere önemli miktarda su geçer. Bitki yaprakları topraktan gelen suyun yaklaşık % 97'sini transpirasyon ile atmosfere verir (URL-2).

Suyun hareketini inceleyen bilim hidromekanik, bu bilimin teknikteki uygulaması hidrolik olarak adlandırılmaktadır. Hidroloji ise suyun yerküredeki dağılımını, çevrimini ve özelliklerini inceler. "Hidroloji, yer kürede (yani yeryüzünde, yer altında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilimdir". Bu tanımıyla hidroloji diğer birçok bilim alanlarına da girmektedir. Gerçekten bugün hidrolojiyle diğer bilimler arasındaki sınırları kesin olarak çizmek çok güçtür.

Yerküre üzerinde suyun dağılımını, hareketini ve özelliklerini inceleyen hidroloji bilimi, insanın çevresi ile olan ilişkisi arttıkça daha büyük önem kazanmaya başlamıştır. İnsanın çevresini düzenleyip kontrol altına alma çabalarının bir parçası olan su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında, hidrolojik veriler önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda su işletim sistemleri, su biriktirme yapıları, su alma yapıları, akarsu geçişleri (köprü ve menfezler) ve drenaj projelerinin en ekonomik biçimde boyutlandırılmasında hidroloji biliminin önemli bir yeri bulunmaktadır. Söz konusu olan su yapımlarının planlanması, proje, inşaat ve işletme çalışmaları için gerekli olan suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili çeşitli bilgiler, hidroloji biliminin uygulamaları ile elde edilir. Uygulamalı bir bilim olan hidrolojinin su yapılarına rahatlıkla uygulanabilmesi ve tüm hidrolojik kuralların iyi araştırıp doğru kullanılması için bu yöntemlerin uygulamasını gösteren örneklerin incelenmesinde yarar vardır. Su miktarının kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar: Taşkınların önlenmesi, kurutma tesisleri, kanalizasyon tesisleri; su kalitesinin kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar ise su kirliliğinin önlenmesidir. Bütün bu amaçlarla yapılacak tesislerin planlama, proje, inşaat ve işletme safhalarında suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili bazı sorunların karşılıklarının bilinmesi istenir. Örneğin taşkınlardan

korunma amacıyla yapılacak bir barajın veya göletin hesabında, göz önüne alınan (100, 500, 1000 yıl) gibi belli bir süre içinde ortalama olarak meydana gelmesi muhtemel en büyük taşkın tahmini gerekir. Öte yandan bir su kuvveti tesisinin güvenilir gücünün belirlenmesi için de akarsuda yılda (180 gün gibi) belli bir süre mevcut debi tahmin edilmelidir. Bu gibi örneklerin sayısı çoğaltılabilir. Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili mühendislik çalışmalarının hemen hepsinde karşımıza çıkan bu gibi sorunları hidroloji bilimi cevaplandırır. Bu cevapların yeterli bir doğrulukla bilinmesi büyük önem taşır. Zira ekonomik nedenlerle hidrolojik hesaplarda, diğer mühendislik hesaplarında olduğu kadar büyük emniyet katsayıları kullanılmasına izin verilmez. Bu bakımdan tahmin edilenden büyük bir taşkın gelmesi barajın yıkılmasına yol açabilir, öte yandan bir su kuvveti tesisinde mevcut debi için fazla büyük bir tahmin yapılması beklenen gücün elde edilememesine yol açar. Nihayetinde bazı hallerde tehlikeli, bazı hallerde de ekonomik yönden sakıncalı sonuçlar ortaya çıkabilir. Taşıdığı önemin daha iyi anlaşılmasıyla son yıllarda hidroloji bilimi ile ilgili çalışma ve araştırmalar yoğunlaştırılmıştır. Ancak hidrolojik olaylara karışan etkenlerin sayısının pek çok oluşu incelemeyi güçleştirmektedir (Yenigün, 2009).

3.1.2 Akım

Suyun yeryüzünde akışa geçen kısmını belirlenmesi hidrolojinin en önemli konularından biri olduğu gibi temiz su kaynaklarının belirlenmesi ve bu kaynakların işletilebilmesi içinde oldukça önemlidir. Yüzeyde akışa geçen su miktarının bilinmesi, akış yolu boyunca kurulacak olan su yapılarının projelendirilmesinde, taşkın kontrolünde, içme ve kullanma suyu projelendirilmesinde, yenilenebilir enerji olan hidroelektrik enerji üretim tesislerinin kapasitesinin belirlenmesi gibi birçok konuda önem arz etmektedir.

Hidrolojinin akım ölçümleriyle ilgilenen kısmına hidrometri denilmektedir. Hidrometri çalışmalarında debi, hız, su seviyesi, kesit belirleme gibi çalışmalar yapılmaktadır (Özbek, 1989).

Akım ölçmelerinin amacı akarsuyun bir kesitindeki su seviyesini ve kesitten geçen debiyi (birim zamanda geçen su hacmini) zamana bağlı olarak belirtmektir. Süreklilik denklemine göre, debi, ortalama hız ile akış kesiti alanının çarpımına eşit olduğundan debiyi ölçmek için hız ve kesit ölçmeleri yapmak ve elde edilen

sonuçlardan debiyi hesaplamak gerekir. Ancak, bu gibi ölçmeleri sürekli olarak yapmak çok zor ve masraflı olacağından pratikte bir istasyonun debi-seviye bağıntısını (anahtar eğrisi) belirlendikten sonra sadece su seviyesini ölçmek yeterli olur ve bu seviyeye karşı gelen debi, anahtar eğrisinden okunur (Bayazıt, 1982).

3.1.3 Su seviyesinin belirlenmesi

Akım ölçümlerinde akarsuyun belli bir kesitindeki su seviyesi devamlı olarak ya da günde birkaç kere ve kesitten geçen debi de ayda bir ya da iki kere gibi belli aralıklarla ölçülür. Debi ölçümünün sürekli yapılması çok masraflı ve zor olduğundan genellikle su seviyesi devamlı olarak ölçülür ve belli zamanlarda yapılan debi ölçümlerinden elde edilen anahtar eğrisi kullanılarak, seviye ölçümleri debi değerlerine çevrilir.

Türkiye’de akım ölçümleri iki kuruluş tarafından yapılmaktadır.Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşler Etüt İdaresi (EİEİ). Bu iki kuruluş akımları bütün Türkiye’yi kaplayan 25 Hidrolojik Havzada ölçerlerNehirlerdeki su seviyeleri yazıcı (Limnigraf) veya yazıcı olmayan (Limnimetre) aletlerle belli bir kot baz alınarak ölçülür. Baz alınan kotun nehirdeki minimum sus seviyesinin daha altında bir seviye olması gerekmektedir (Usul, 2008).

3.1.3.1 Yazıcı olmayan ölçerler

Akarsu yatağındaki su seviyesi en basit olarak eşel adı verilen bir cetvelle ölçülür. Eşel cm bölmesi olan tahta veya metal bir çubuktur ve genellikle bir köprü ayağına bir kazığa veya herhangi bir yapıya her zaman için suyun içerisinde kalacak şekilde sabitlenir. Eğer dere yatağı genişse birden fazla eşel bırakılır ya da dere yatağının eğiminin az olduğu kenarına konulur. Okumalar genellikle günde iki defa olacak şekilde yapılır ancak taşkın zamanlarında en az altı saatte bir ölçüm yapılır (Kutoğlu, 1980).

3.1.3.2 Yazıcı ölçerler

Yazıcı olmayan ölçerler maliyet olarak çok uygun ve kullanımını basit olmasının yanında su seviyesinin hızlı değiştiği durumlarda yetersiz kalmaktadır. Su seviyesinin hızlı bir biçimde değiştiği durumlarda ölçümleri sık aralıklarla almak gerekmektedir. Bu durumda yazıcı olmayan aletlerle yapılacak ölçümler çok

zahmetli ve masraflı olmaktadır. Böyle durumlarda yazıcı aletlerin kullanılması daha uygun olmaktadır.

Yazıcı aletlerde, akarsuya bir boru vasıtasıyla bağlı olan bir sakinleştirme kuyusu vardır. Bu kuyudaki suyun seviyesi su yüzeyindeki bir yüzgecin hareketinin devamlı olarak herhangi bir şekilde kaydedilmesiyle elde edilir (Usul, 2008).

3.1.4 Hız ölçümleri

Hız ölçmek için mulineler kullanılır. Muline akım yönüne tutulduğu zaman dönen bir pervanedir. Muline suya daldırılıp, bir noktada sabit tutulmak ve belirli bir seviye içindeki dönme sayısını tespit edip, dönüş sayısına karşı gelen hızı abakta okumak suretiyle bulunur. Mulinedeki dönme sayısı ile hız arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$V = a + bn \quad (3.1)$$

Burada n ile aletin saniyedeki dönme sayısı ifade edilmiş olup, a, b değerleri ise aletin üzerinde yazılı olan kalibrasyon katsayılarıdır ve bu katsayılar üretici firma tarafından verilen sayılardır (Özbek, 1989; Bayazıt, 1982).

3.1.5 Debinin hesaplanması

Debi değerinin belirlenmesi hidrometrinin en önemli aşamalarından biridir. Yukarıda anlatıldığı gibi su seviyesi çeşitli yöntemlerle sürekli olarak belirlenir. Ölçüm yapılan kesitin şekli genellikle doğa şartlarına uyum sağladığından düzgün değildir. Bu sebeple ölçülen su seviyesi değerinin debi değerine dönüştürülmesi arazide yapılan debi ölçümlerinin aynı andaki su seviyeleri ile ilişkilendirilerek yapılır. Bu ilişki ise anahtar eğrisi ile elde edilir. Debi değeri;

Hız ölçümleriyle debi değerinin belirlenmesi,

Kimyasal ölçümle debi değerinin belirlenmesi,

Manning denklemi ile debi değerinin belirlenmesi,

Doğrudan debi ölçümü,

gibi yöntemler vasıtasıyla belirlenmektedir.

3.1.6 Anahtar eğrisi

Bir akarsu kesitinde debi ile seviye arasındaki bağıntıyı gösteren eğriye anahtar eğrisi denir. Bu eğriyi çizerken genellikle seviye düşey ekseninde gösterilir. Logaritmik ölçek kullanılması tercih edilir, çünkü bu takdirde anahtar eğrisi doğruya yakın olur.

Anahtar eğrisinin çıkarıldığı kesitte seviye ve debi arasında belirli ve tek değerli bir bağıntının bulunması gerekir, böyle bir kesite kontrol kesiti denir. Ancak bazı nedenlerle böyle bir kesitte de anahtar eğrisi zamanla değişebilir. Bunun bir nedeni akarsu kesitinde zamanla değişiklikler olmasıdır. Alüviyal akarsularda tabanın hareketli olması nedeniyle oyulma ve yığılmalar sonunda anahtar eğrisi değişebilir. Bu nedenlerle kesitin anahtar eğrisinin değişip değişmediğini arada bir kontrol etmek gerekir. Akarsuyun buz tutması da anahtar eğrisini değiştirebilir. Bunun nedeni, buz ile sürtünme ve su yüzeyi kotunun okunmasını zorlaştırmasıdır (Önal 2009).

3.1.7 Doğu Karadeniz Havzası

Doğu Karadeniz Havzası; batıda Ordu il sınırı, doğuda Gürcistan sınırı, güneyde ise Doğu Karadeniz dağ silsilesi ve kuzeyde Karadeniz ile sınırlanan Türkiye'nin kuzeydoğu bölgesini oluşturur. Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye' deki 26 akarsu havzasından birisidir. Havza; Melet Çayı, Harşit Çayı, Kara dere, Solaklı Deresi, Fırtına deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşur. Bölgenin en önemli özelliği aldığı büyük ölçüdeki yağıştır. Bölgedeki dağ yapısı kıyı kesiminde deniz iklimi yaşanmasına ve yukarılara doğru çıkıldıkça iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu sebeple hava sıcaklığı ve yağış oranları kıyı kesiminden iç kesimlere gidildikçe azalmaktadır. Topoğrafik etkiler sebebiyle yağış oranı Trabzon'un doğusundan başlayarak doğuda bulunan Rize, Arhavi ve Hopa'ya doğru gidildikçe artmaktadır. Bölgedeki bazı illerin aldığı yıllık ortalama yağış miktarı; Rize'de yıllık ortalama 2189mm, 1237mm Giresun'da, 809mm Trabzon'da, 1029mm Ordu'da, 704mm Artvin'de, 672mm Samsun'da ve 452mm Gümüşhane şeklindedir. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 643mm iken Doğu Karadeniz Havzası her yıl ortalama olarak yaklaşık 1198,2mm yağış almaktadır (URL-3; Uzlu, 2011).

Şekil 3.2' de Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan dereler gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Doğu Karadeniz Havzası.

Doğu Karadeniz Havzası bölgenin dağlık yapısı ve aldığı önemli miktardaki yağışlar sebebiyle, önemli miktarda hidroelektrik potansiyeline sahiptir. Bölgede bulunan Hidro Elektrik Santraller’den (HES) ve barajlardan üretilen elektrik üretimi 1216,97GWs/yıl olarak Türkiye’nin 129 500 GWs/yıl olan yıllık hidroelektrik üretiminin %0,94’lük kısmını oluşturmaktadır (Uzlu, 2011).

Doğu Karadeniz Havza’sı hidroelektrik potansiyeli açısından Türkiye’nin en zengin havzaları arasındadır. Bölgede EİE ve DSİ tarafından yapılan ve yapılması planlanan, inşası değişik aşamalarda bulunan 292 HES projesi bulunmaktadır Uzlu(2011). Ayrıca bölgede bulunan ve yapılması planlanan barajlarda ürettikleri elektrik enerjisi bakımından bölgenin potansiyelini arttırmaktadır.

Türkiye’nin ekonomik olarak üretebileceği hidroelektrik potansiyeli DSİ tarafından 129.500 GWs/yıl olarak hesaplanmıştır. Yine bir başka çalışmaya göre bu potansiyel DSİ verilerine göre %48 fazla olacak şekilde 188.000 GWs/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre Doğu Karadeniz Bölgesi bu potansiyelin %12,5-8,6’lık kısmını tek başına karşılayabilmektedir (Uzlu, 2011).

3.1.7.1 Havza bilgileri

Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinde 22 adet AGİ ve 20 adet meteoroloji gözlem istasyonu olmak üzere toplam 42 adet gözlem istasyonu mevcuttur. Bu gözlem istasyonlarının 16 adedi DSİ, 10 adedi EİE ve 16 adedi DMİ tarafından işletilmekte olup bu istasyonların bir kısmı tamamen kapatılmış, bir kısmı yer değiştirmiş, bir kısmının ise ölçümleri eksik yapılmıştır (Şahin, 2007).

Trabzon, Doğu Karadeniz Bölgesinde yer almakta ve 4.685 km.2'lik yüzölçümüyle ülke topraklarının % 0.6'sını oluşturmaktadır. Trabzon, Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda, Karadeniz'in tabii bir limanı kıyısında, Asya ve Ortadoğu transit yolunun başında kurulmuş bir şehirdir. 41° enleminde ve 39° 43' doğu boylamında bulunur.

Trabzon ili doğuda Rize, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, batıda Giresun illeri, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. Trabzon topraklarının %30'u dağlık %60'ıkıyından içeriye doğru gittikçe yükselen ve ortalama 25-30 metre arası değişen bir eğim gösteren alanlar biçimindedir, ancak %10'u düzlük olan il toprakları genellikle engebelerdir. İl topraklarının güneyinde uzanan dağlar, vadilerle yarılmış sırtlar halinde Karadeniz kıyısına kadar ulaşmakta ve yer yer 2000 metreyi de aşmaktadır. İl sınırları içinde Haldizen (3376), Kemer (2.856 m), Kastan (2.500 m.), Çakırgöl (3.063 m.), Zigana (2.536 m.), ve Horos (2.396 m.) dağları yer alır. Çalışma alanının güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Haldizen ve Soğanlı dağları sınırlar. Yer yer 3 bin metreyi aşan bu dağların yüksek kesimleri doğal sınırı oluşturur. Havzanın en yüksek noktası güneydoğudaki Haldizen dağında 3376 m Demirkapı Tepesi'dir. Havza sularını toplayan başlıca akarsu Solaklı Çayıdır. Fazla yağış, gevşek ve kaygan arazi yapısı ve akarsuların derin biçimde yarıdığı bazı dik yamaçlardaki cılız bitki örtüsü ilin çeşitli yörelerinde zaman zaman can ve mal kaybına yol açan sel ve heyelanlara neden olur (Şahin, 2007).

Solaklı Vadisi hidroelektrik üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Vadi üzerinde işletmede bulunan 5, inşa halinde bulunan 4, proje aşamasında bulunan 6 ve planlama aşamasına bulunan 8 adet HES bulunmaktadır. Toplamda Solaklı Vadisinde yapılan ve yapılması planlanan, inşası farklı aşamalarda devam eden 23 HES bulunmaktadır. Solaklı Deresi üzerinde bulunan ve işletme aşamasında bulunan HES'lerin kurulu güç bakımından en büyüğü 45 MW olan Çambaşı Regülatörü ve HES'dir. Çambaşı'ndan sonra sırasıyla 17,58MW, 12,60MW, 9,48MW, ve 8,10MW kurulu güce sahip olan ARCA Reg. ve HES, Güneşli II HES, Balkodu I Reg. Ve HES ve Çamlıkaya HES gelmektedir. İşletmede bulunan bu HES'lerin toplam kurulu gücü ise 92,76MW'tır. İnşası süren ve Solaklı, Karaçam, Kavlatan, Büyükdere Dereleri üzerine yapılan HES'lerin kurulu gücü ise 49,46MW'tır. Proje aşamasındaki Haldizen Deresi üzerine iki ve diğer yankollar üzerinde bulunan toplamda altı adet

HES'lerin kurulu gücü ise 58,83MW'tır. Planlama aşamasında bulunan sekiz HES'in kurulu gücü ise 27,23MW olarak belirlenmiştir (DSİ, 2014).

3.1.7.3 Solaklı Vadisi'nin iklimi ve bitki örtüsü

Trabzon İlinde, yumuşak bir deniz iklimi hakimdir. En sıcak ay ortalaması 23 C (Ağustos), en soğuk ay (Şubat) ortalaması 7 C'dir. Ortalama yağış miktarı metrekareye 830 mm'dir. Yılda 51 gün açık, 174 gün parçalı bulutlu ve 140 gün de kapalı olarak geçmektedir. Doğu Karadeniz sıradağlarına bağlı kıyı dağlarının yüksek kesimlerinden Karadeniz kıyısına kadar uzanan Trabzon ilinin doğal bitki örtüsü, doğu ve batıda komşusu olan iller gibi çok zengindir. Kuzeye bakan kesimleri bol yağış alan bu dağlar kızılçam, gürgen, kestane, kayın, köknar ve ladinden oluşan yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. İlin güneydoğusundaki Haldizen Dağı'nın Güneye bakan yamaçlarında ise sarıçam ormanları vardır. Ormanın üst sınırının geçtiği 2000-2100 metre yükseklikten sonra rastlanan alp tipi Sultanmurat gibi çayırlarla kaplı yaylalar yer alır. Trabzon İlinde ormanlık alan 176 055 ha olup, il arazisinin % 38'ini; çayır ve mera alanı ise 111 628 ha olup, il arazisinin %24'ünü oluşturmaktadır (Şahin, 2007).

3.1.7.4 Solaklı Vadisi su kaynakları

Solaklı, Doğu Karadeniz Havzası'nın önemli bir kısmını teşkil etmekle birlikte genellikle yağışlı, nemli ve ılıman bir iklime sahiptir. Solaklı havzasında Karadeniz iklimi hakimdir. Bu vadi ülkemizin en fazla yağış alan bölgesidir. İç kesimlere ve yukarılara doğru gidildikçe iklim Karadeniz ikliminden uzaklaşır. Yağış miktarı azalır.

3.1.7.5 Solaklı Vadisi akım özellikleri

Solaklı vadisinin su kaynağı Solaklı deresi ve kollarıdır. Solaklı deresi, Balkodu Deresi ile Haldizen adı verilen iki derenin birleşmesinden oluşmaktadır. Haldizen deresi 3376 m yükseklikteki Demirkapı tepeden doğup, akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürerek Uzungöl'e ulaşır. Uzungöl'den sonra soldan Balkodu dereyi aldıktan sonra Solaklıdere adını alır ve vadi boyunca kuzeye dönerek akışını sürdürür. Daha sonra ise Çaykara ilçesine ulaşır. Akışını kuzey yönünde sürdürerek Of ilçesine ulaşan Solaklı deresi ilçe içinden geçerek Karadeniz'e dökülür.

3.2 Yöntem

3.2.1 Yapay Sinir Ağları (YSA)

İnsanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanan yapay zeka, aslında programlanmış bilgisayarlara düşünme yeteneği sağlama girişimidir. İnsan gibi düşünen ve davranan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak 1950’li yıllardan beri süren yapay zeka çalışmaları, bir noktada insanı taklit etmeye yönelik olduğundan mühendislik, nöroloji ve psikoloji gibi alanlara da yayılmıştır (Yurtoğlu 2005).

Yapay zeka tekniklerinden biri olan YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek mümkün değildir. O nedenle, YSA’nın programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir.

Teknik olarak bir YSA’nın en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi takımına karşılık gelebilecek bir çıktı takımı belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı takımları belirlenir (Öztemel, 2006).

YSA’lar günümüzde birçok problem için uygulanmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrulukları bakımından bu ağların kullanılabilirliğini göstermektedir. Doksanların başından beri, YSA’lar yağış-akış modellemesi, taşkın tahmini, yeraltı suyu modellemesi, su kalitesi, su yönetimi politikası, sedimantasyon tahmini, hidrolojik zaman serileri ve hazne işletmesi gibi hidrolojik ilgi alanlarında başarıyla kullanılmıştır.

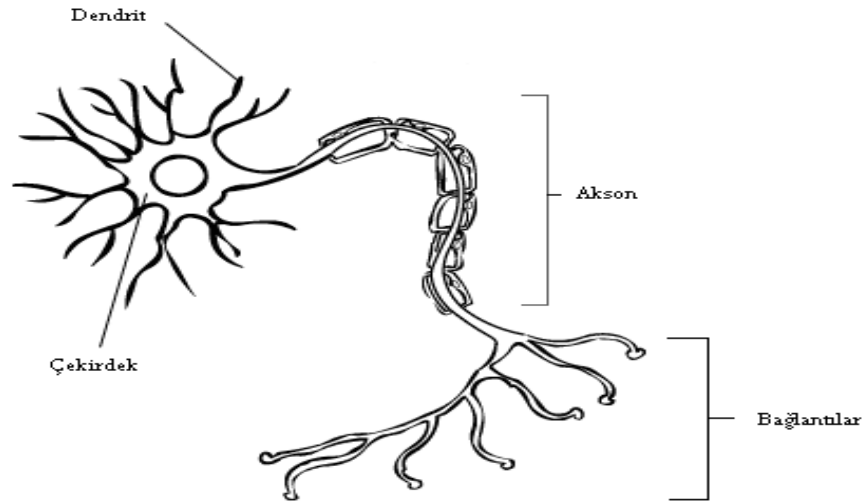
3.2.1.1 Yapay Sinir Ağları’nın mimarisi ve yapı elemanları

YSA’lar biyolojik sinir ağlarının modellenmesi olduğu için YSA’ların çalışmasını anlayabilmek için öncelikle biyolojik sinir sisteminin yapısına bakmak gerekir.

Biyolojik sinir sisteminin yapı taşı olan sinir hücreleri nöronlar, YSA'nın da yapı taşıdır.

3.2.1.2 Biyolojik sinir hücresinin yapısı

Biyolojik sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronların yapısı dört ana bölümden oluşmaktadır; dendrit, akson, çekirdek ve bağlantılar. Dendritlerin sinir hücresinin ucunda bulunan ve ağaç kökü görünümüne sahip bir yapıya sahiptir. Dendritlerin görevi bağlı olduğu diğer nöronlardan veya duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendrit tarafından gelen sinyalleri bir araya toplayarak ve aksona iletir. Toplanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek nöronun diğer ucunda bulunan bağlantılara gönderilir. Bağlantılar ise yeni üretilen sinyalleri diğer nöronlara iletir. Şekil 3.4'te bir biyolojik sinir hücresi yapısı görülmektedir (URL-4).

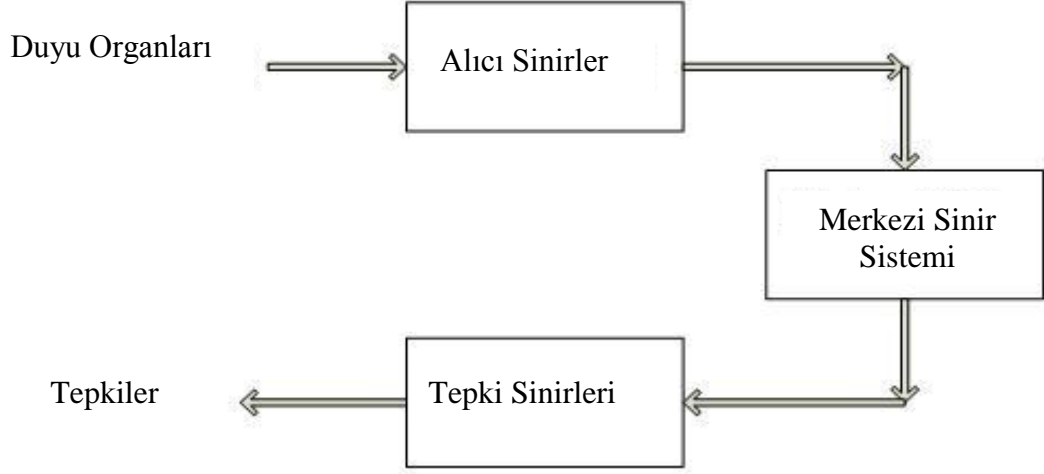


Şekil.3.4: Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı (URL-4).

3.2.1.3 Biyolojik sinir ağlarının yapısı

Bir insanın beyinde yaklaşık olarak 10 milyar sinir hücresi ve bu nöronların birbirleriyle yaptığı bağlantı sayısının ise 60 trilyon olduğu tahmin edilmektedir. Bu sinirler girdi bilgilerini duyu organlarından alırlar. Daha sonra alıcı (taşıyıcı) sinirler bu sinyalleri işleyip bir sonraki sinire aktararak sinyalin merkezi sinir sistemine kadar ulaşmasını sağlar. Merkezi sinir sistemi bu sinyalleri alıp yorumladıktan sonra tepki sinyallerini üretir. Bu sinyaller de tepkilerin oluşacağı organlara tepki sinirleri vasıtasıyla iletilir. Bu sayede duyu organlarından gelen bilgilere karşı tepki

organlarına uygun işaretler sinir sistemi vasıtasıyla yollanır (URL-4). Şekil 3.5'te bir sinir sistemi şeması verilmiştir.



Şekil 3.5: Sinir Sistemi (URL-4).

3.2.1.4 Yapay sinir hücresinin yapısı

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ kurarak YSA'yı oluştururlar. Aynı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş sinyallerini aldıkları, bu sinyalleri toplayıp işledikleri ve çıktılarını ilettikleri bölümleri bulunmaktadır. Bir yapay sinir hücresi beş bölümden oluşmaktadır;

Girdiler

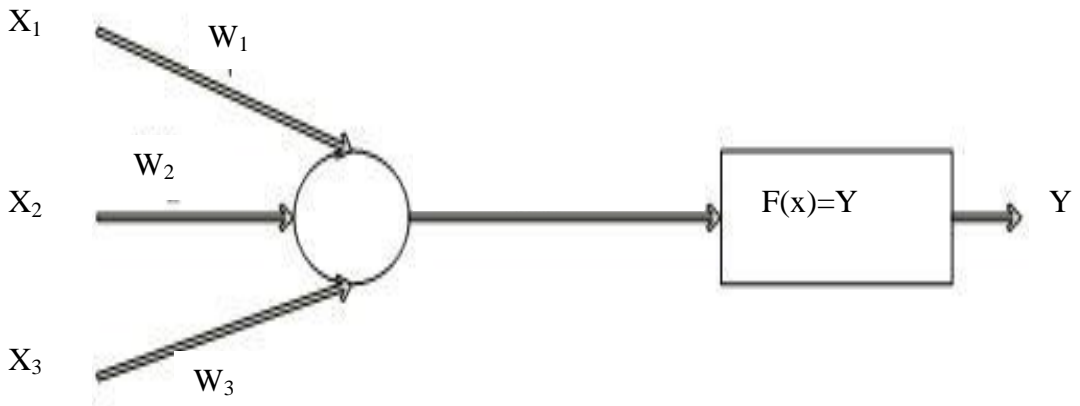
Ağırlıklar

Birleştirme fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu

Çıktılar

Yapay Sinir Ağı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Yapay Sinir Ağı (URL-4).

Girdiler: Girdiler nöronlara gelen verilerdir. Girdiler yapay sinir hücresine bir diğer hücreden gelebileceği gibi direk olarak dış dünyadan da gelebilir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir.

Ağırlıklar: Yapay sinir hücresine gelen bilgiler girdiler üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu sayede girdilerin üretilecek çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıktı üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır.

Birleştirme fonksiyonu: Birleştirme fonksiyonu bir yapay sinir hücresine ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur.

$$NET = \sum_{i=1}^N (X_i \cdot W_i) \quad (3.2)$$

Aktivasyon fonksiyonu: Birleştirme (toplama) fonksiyonundan çıkan NET toplam hücrenin çıktısını oluşturmak üzere aktivasyon fonksiyonuna iletilir. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. YSA'nın bir özelliği olan "doğrusal olmama" aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir.

Aktivasyon fonksiyonu seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Geri beslemeli ağlarda

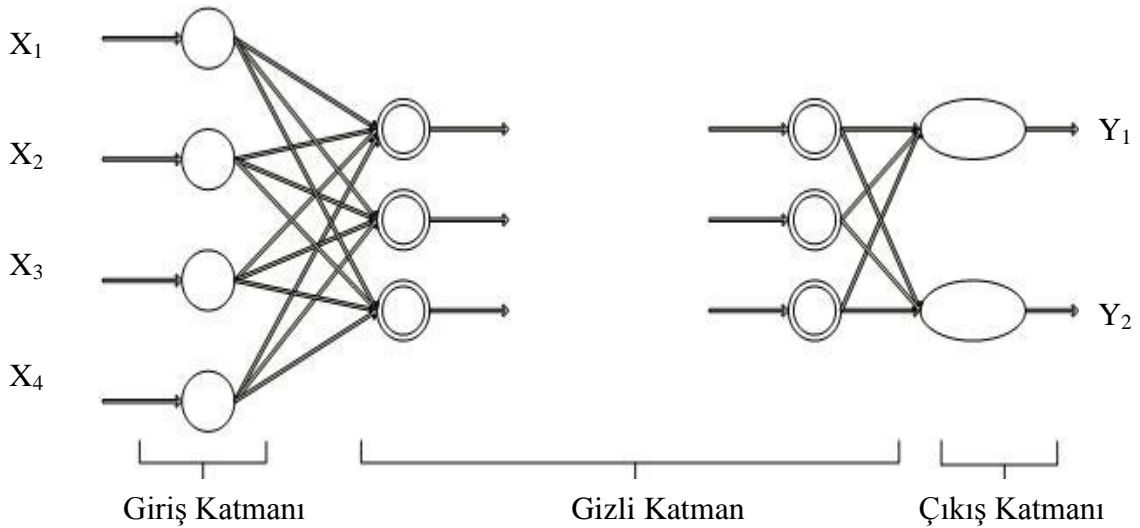
aktivasyon fonksiyonunun türevi de kullanıldığı için hesaplamaların yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanır bir fonksiyon seçilir (URL-4).

Yapay sinir hücrelerinin bir araya gelerek oluşturdukları yapıya YSA olarak adlandırılır. Günümüzde birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada Haldizen deresindeki DSİ'ye ait AGİ'den elde edilen 1998-2009 yıllarına ait günlük ortalama akım verilerine uygulanan ÇK-YSA, TBA-YSA ve ZGÖ-YSA modelleri kullanılmıştır. Bu bölümde kullanılan modellerin işleyişinden bahsedilecektir.

3.2.2 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın yapısı (ÇK-YSA)

YSA'ların ilk geliştirilen modellerinin en önemli özellikleri doğrusal olayları çözebilmeleridir. Bu özelliklerinin dışında, doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmelerinde güçlüklerle karşılaşmıştır. Bu nedenle çok katmanlı algılayıcılar geliştirilmiştir.

ÇK-YSA yapay sinir hücrelerinin bir araya gelerek oluşturdukları ve 3 katmandan oluşmuş bir yapıdır. Bu üç katman girdi, ara, ve çıktı katmanları olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.7'de ÇK-YSA ağı modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.7: ÇK-YSA yapısı (URL-4).

Ağın giriş katmanında dış dünyada gelen bilgiler bulunmaktadır. Bu katmanda X'lerle ifade edilen değişkenlerdir dolayısıyla bu katmanda dış dünyadan verilecek giriş sayısı kadar nöron bulunmak zorundadır. Bu katmanda herhangi bir veri işleme durumu söz konusu değildir. Gelen bilgiler değiştirilmeden bir sonraki katmana

aktarılır. Girdi katmanında bulunan her nöron bir sonraki katmandaki her elemana bağlıdır.

Girdi katmanından ara katmana yani gizli katmana gelen veriler işlenerek bir sonraki katmana gönderilirler. Bu bölümde birden fazla katman olabilir ve bu katmanlardaki her eleman bir sonraki katmandaki elemanlara bağlıdır (Kankal, 2010).

Çıkış katmanında ise bir önceki katmandan gelen veriler işlenerek ağın ürettiği çıktıları (Y) dış dünyaya iletilir. Çıktı katmanında da birden fazla eleman bulunabilir ve bu katmandaki tüm elemanlar kendilerinden önceki tüm elemanlara bağlıdır.

ÇK ağları öğretmenli öğrenme modeline göre çalışırlar. Bu durum, ağlara eğitim sırasında hem girdilerin hem de o girdilere karşılık üretilmesi beklenen çıktıların ağa tanıtılması demektir. ÇK ağın öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı (GDK) da denmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim takımı adı verilen ve örneklerden oluşan bir veri takımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri takımında her örnek için hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. GDK iki safhadan oluşur. İlk safha ileri doğru hesaplama adı verilen ağın çıktısını hesaplama safhasıdır. İkinci safha ise geriye doğru hesaplama olarak bilinen ağırlıkları değiştirme safhasıdır (Öztemel, 2006).

3.2.2.1 ÇK-YSA'nın çalışma adımları

ÇK ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

Örneklerin toplanması; ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim takımı) ağın denenmesi için de örneklerin (deneme takımı) toplanması gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında deneme takımı ağa hiç gösterilmez. Eğitim takımındaki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra, deneme takımındaki örnekler gösterilerek ağın becerisi ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.

Ağın topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısının oluşturulduğu adımdır. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve işlem fonksiyonlarının belirlendiği adımdır.

Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: İşlem elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanmasının yapıldığı adımdır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.

Öğrenme takımından örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örneklerin (Girdi/Çıktı değerleri) belirli bir düzende gösterildiği adımdır.

Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Sunulan girdiler için çıktılar hesaplandığı adımdır.

Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerlerinin hesaplandığı adımdır.

Ağırlıkların değiştirilmesi: Geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.

Yukarıdaki adımlar ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar devam eder. Ağın öğrenmesi için bir durdurma kriteri olması gerekmektedir. Bu ise genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır (Öztemel, 2006).

3.2.3 Temel Bileşenler Analizi Yapay Sinir Ağları (TBA-YSA)

TBA ilk kez 1900'lü yılların başında Karl Pearson tarafından tanıtılmıştır. Daha sonra 1933 yılında Hotelling ve 1964 yılında Rao tarafından uygulama alanları geliştirilmiştir (Timm, 2002).

Değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan TBA tek başına kullanılan bir analiz olduğu gibi, başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Değişkenler arasında bir bağımlılığın bulunması ve dolayısı ile bağımsız olmamaları durumunda istatistik analiz sonuçlarının yorumu oldukça güç olmaktadır. Bu gibi durumlarda kullanılan tekniklerin başında Temel Bileşenler Analizi gelmektedir (Sangün, 2007).

Çok değişkenli istatistiksel analizde n tane bireye (nesne) ilişkin p tane değişken (özellik) incelenmektedir. Bu değişkenlerden birçoğunun birbiriyle ilişkili ve

değişken sayısının (p) çok büyük olması, çeşitli değerlendirmeler yapılmasını güçleştirmektedir. Böyle durumlarda temel bileşenler analizi başvurulan en önemli tekniktir. Değişkenler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu değişkenlerin doğrusal birleşimleri vasıtasıyla açıklayarak, veri indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir. Genel olarak değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi ve/veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan bu teknik başlı başına bir analiz olduğu gibi başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Yöntemde karşılıklı bağımlılık yapısı gösteren, ölçüm sayısı n olan p adet değişken; doğrusal, ortogonal ve birbirinden bağımsız olma özelliklerini taşıyan k ($k \leq p$) tane yeni değişkene dönüştürülür.

Her biri n ölçümünde p değişkenin oluşturduğu bir sistem düşünüldüğünde, sistemin toplam değişkenliği (varyansı) p değişkenin tümü tarafından açıklanır. Toplam değişkenliğin önemli bir kısmı k ($k \leq p$) bileşen tarafından açıklandığı durumlarda, k bileşen orijinal p değişkeni temsil edebilir. Bu durumda n ölçümdeki p değişken, önemli bir bilgi (varyans) kaybına neden olunmaksızın, n ölçümündeki k değişkene indirgenmiş olur. Söz konusu k adet yeni değişken, orijinal değişkenlerin bazı kısıtlamalara bağlı kalınarak oluşturulmuş çeşitli doğrusal birleşimleridir.

Temel bileşenler analizi ile ulaşılması istenilen ilk sonuç; X_1, X_2, \dots, X_p gibi p tane değişkeni, önemli bir bilgi kaybına neden olmaksızın, bu değişkenleri temsil edebilen daha az sayıda değişkene indirgemek ve değişkenlere etki eden genel nedensel faktörleri elde etmektir. Daha sonra indirgenmiş yeni değişkenler ile çalışmanın amacı doğrultusunda çeşitli sonuçlara ulaşmaktır.

X_1, X_2, \dots, X_p vektörlerinin standartlaştırılmış hali olan Z_1, Z_2, \dots, Z_p vektörlerinin p tane doğrusal bileşimi, ya da temel bileşimi aşağıdaki gibi ise;

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= (a_1)'Z = a_{11}Z_1 + a_{21}Z_2 + \dots + a_{p1}Z_p \\
 Y_2 &= (a_2)'Z = a_{12}Z_1 + a_{22}Z_2 + \dots + a_{p2}Z_p \\
 &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\
 Y_p &= (a_p)'Z = a_{1p}Z_1 + a_{2p}Z_2 + \dots + a_{pp}Z_p
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Burada; Z_1, Z_2, \dots, Z_p 'ler standartlaştırılmış veri matrisinin satır, Y_1, Y_2, \dots, Y_p 'ler temel bileşenler, a_{ij} 'ler ise her bir temel bileşenin değişkenle hangi oranda ilişkilendirildiğini gösteren sabit sayılardır. Bu sayılara temel bileşen yükleri denir. Temel bileşen yükleri (a_{ij}), temel bileşenlerin değişkenlere varyans katkısını

gösteren ağırlıklardır ve temel bileşenleri değişkenlerin hangi ağırlıklarla tanımladıklarını göstermektedir. Temel bileşenler ortogonal seçileceğinden (a_{ij}) ağırlıkları değişkenler ile temel bileşenler arasındaki korelasyon katsayısıyla orantılıdır. a_{ij} = i'inci değişkenin j'inci temel bileşendeki ağırlığıdır.

Y_1, Y_2, \dots, Y_p temel bileşenleri orijinal değişkenlerin, birbirinden bağımsız ve varyansları toplam sistem varyansını mümkün olabilecek en fazla bir biçimde açıklayan doğrusal bileşimleri olacak şekilde seçilmelidir. Bunun için izlenecek yol; birinci temel bileşen, toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde, ikinci temel bileşen, birinci temel bileşenden bağımsız olarak, birinci temel bileşenin açıkladığı varyanstan sonra geriye kalan toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde, benzer şekilde üçüncü ve diğer temel bileşenler her birinin toplam varyansa katkısı maksimum olacak şekilde belirlenir.

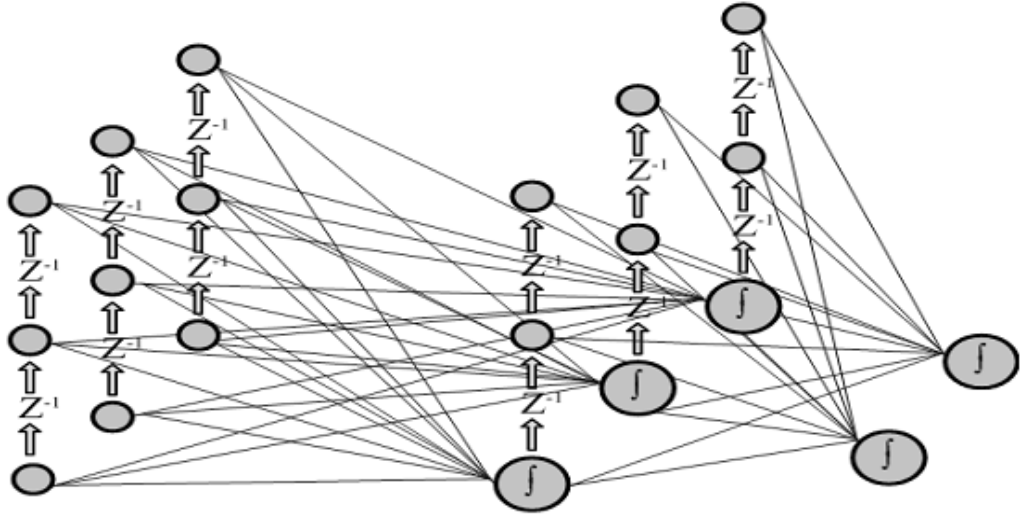
Orijinal sistemin toplam varyansı, temel bileşenlerin toplam varyansına eşittir.

Uygulamalarda birkaç temel bileşen, toplam değişkenliğin %80'inden büyük bir oranını açıklayabiliyorsa, bu bileşenler büyük bir bilgi kaybına neden olmaksızın orijinal p değişkenin yerini alabilir (Ersungur vd., 2007).

3.2.4 Zaman-Geciktirmeli Özyineli Yapay Sinir Ağları (ZGÖ-YSA)

ZGÖ-YSA'lar ÇK-YSA'nin genişletilmiş versiyonudur. ZGÖ-YSA'da yerel özyineli bağlantıları olan kısa zamanlı hafıza yapıları kullanılmaktadır. Birçok gerçek veri kendi yapısı içerisinde, zamanla değişen veri gibi, bilgi taşımaktadır. Buna rağmen çoğu YSA statik sınıflandırıcılardır. ZGÖ-YSA'lar ise bunun aksine, doğrusal olmayan zaman serisi tahminlerinde, sistem tanımlamalarında ve geçici örüntü sınıflandırmalarında kullanılan bir YSA modelidir.

ZGÖ-YSA'ların en önemli avantajları, ÇK-YSA'ya kıyasla, geçici problemleri öğrenirken daha küçük sayıda verinin yeterli olması ve veri içerisindeki gürültüye karşı hassasiyetinin düşük olmasıdır. Ayrıca, ZGÖ-YSA'ların özyineli yapısı, uyarlanabilir hafıza derinliği yönünden bir avantaj sağlamaktadır (Bahadır, 2008). Aşağıda ZGÖ-YSA mimarisi verilmiştir.



Şekil 3.8: ZGÖ-YSA Mimarisi (Wang, 2009).

3.2.5 Kullanılan Öğrenme Algoritmaları

YSA' ların mimarilerinin belirlenmesi ve bağlantı ağırlıklarının hesaplanması için öğrenme yöntemleri adı verilen ve yapay zekada örneklerden öğrenme yöntemi olarak tanımlanan tümevarımsal yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerde öğrenmesi beklenen dizgeye öğrenilecek kavramla ilgili örnekler gösterilir ve dizgenin bir genellemeye giderek istenen bir kavramı oluşturması beklenir. Çalışma kapsamında 3 farklı öğrenme algoritma kullanılarak ÇK-YSA, TBA-YSA ve ZGÖ-YSA eğitilmiştir. Kullanılan bu algoritmalar Levenber Marquardt (LM) , Momentum (M) ve Conjugate Gradient (CG) algoritmalarıdır.

Levenberg Marquardt (LM);

Temel olarak bu algoritma maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş, genel olarak bu metot yavaş yakınsama problemlerinden etkilenmez. İleri beslemeli ağlarda en hızlı öğrenme metodudur. $E(w)$ 'nin bir amaç fonksiyonu olduğu düşünülürse m tane hata terimi için $e_i^2(w)$ eşitlik 3.5'te verilmiştir.

$$E(w) = \sum_{i=1}^m e_i^2(w) = \|f(w)\|^2 \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte;

$$e_i^2(w) \equiv (y_i - y_{d_i})^2 \text{ dir.} \quad (3.5)$$

Burada amaç fonksiyonu $f(w)$ ve onun jakobiyeni j' nin bir noktada w' nin bilindiği farz edilir. LM' de hedef, parametre vektörü w 'nin $E(w)$ minimum iken bulunmasıdır. LM' nin kullanılmasıyla yeni vektör w_{k+1} farz edilen vektör w_k ' dan eşitlik aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_{(k+1)} = w_k + \delta w_k \quad (3.6)$$

burada δw_k şöyle hesaplanır;

$$(j_k^T j_k + \lambda I) \delta w_k = -j_k^T f(w_k) \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

j_k : f 'nin(hatanın) w_k değerlendirilmiş Jakobiyeni

λ : Marquardt parametresi

I : birim veya tanımlama matrisi

Levenberg-Marquardt algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir.

i) $E(w_k)$ 'yü hesapla

ii) Küçük bir λ değeri ile başla(mesela $\lambda=0.01$)

iii) δw_k 'yü verilen eşitlikten çöz ve $E(w_k + \delta w_k)$ değerini hesapla

iv) şayet $E(w_k + \delta w_k) \geq E(w_k)$ λ 'yü 10 kat artır ve (iii)'ye git

v) şayet $E(w_k + \delta w_k) < E(w_k)$ λ 'yü 10 kat azalt

w_k : $w_k + \delta w_k$ 'yü güncelleştir ve (iii)'ye git.

Hedef çıkışı hesaplamak için birçok katmanlı nöronun LM kullanılarak öğretilmesi ağırlık dizisi w_0 'a bir başlangıç değerinin atanması ile başlar ve hataların karelerinin toplamı e_i^2 'nin hesaplanmasıyla devam eder. Her e_i^2 terimi, hedef çıkışı (y) ile gerçek çıkış (y_d) arasındaki farkın karelerini ifade eder. Bütün veri seti için e_i^2 hata terimlerinin tamamının elde edilmesiyle, ağırlık dizileri (i)'den (v)'e kadar olan LM adımlarının uygulanmasıyla açıklandığı gibi adapte edilir (Mete, 2008).

Conjugate Gradient (CG);

Geriyayılım algoritması ağırlık değerlerini eğimin negatifi yönünde dengeler. Bu doğrultu eğimin hızla düştüğü doğrultu olarak bilinir. Bu doğrultuda performans fonksiyonu da hızla düşer. Performans fonksiyonundaki hızlı düşüş, ağırlık hızla yakınsamasını sağlamayabilir. Eşleştirmeli eğim algoritmalarında, eğim azaltım

yöntemindeki doğrultulardan genellikle daha hızlı yakınsayan eşleştirme doğrultularında bir arama işlemi yapılır (Hagan vd., 1996).

Eğim azaltımlı öğrenme algoritmalarında global minimuma doğru olan ağırlık güncellemesindeki adım oranını belirleyen bir öğrenme oranı parametresi kullanılmaktadır. Eşleştirmeli eğitim algoritmasında adım boyutu, her bir iterasyonda yeniden güncellenir. Performans fonksiyonunun o doğrultu boyunca minimize edileceği adım boyutunu belirlemek için, eşleştirmeli eğitim doğrultusu boyunca bir arama gerçekleştirilir (Mathworks Inc., 1998; Bishop, 1995).

Eşlenik gradyan algoritması ağırlık değerlerinin en iyi şekilde belirlenebilmesi için performans yüzeyinin eğiminden yararlanır. Bu algoritma yardımıyla istenen ve gerçek ağ çıktılarının arasındaki ortalama karesel hata değeri azaltılmıştır.

4. KULLANILAN VERİLER VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

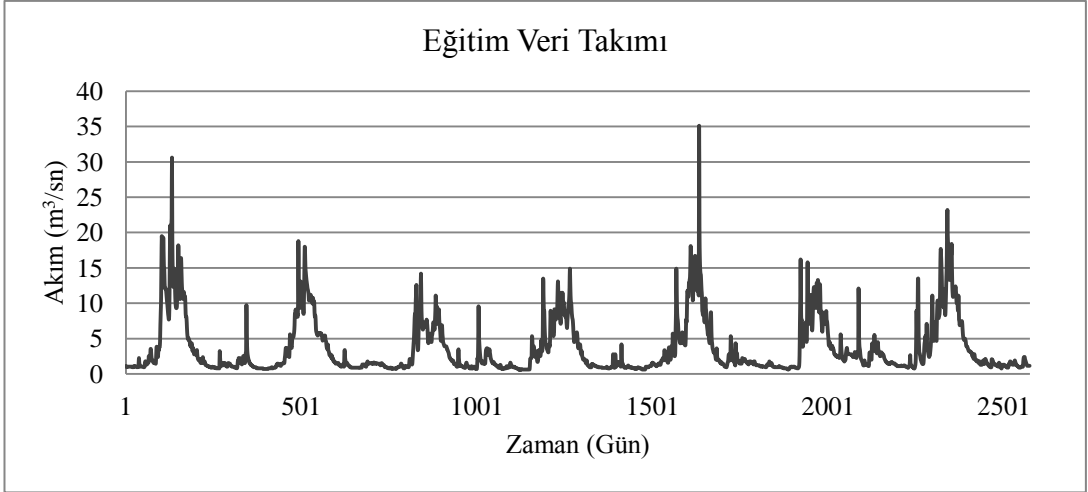
4.1 Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan Solaklı deresinin yan kollarından biri olan Haldizen Deresinin 1998-2009 yılları arasındaki günlük akım değerleri kullanılmıştır. Haldizen Deresi üzerinde bulunan DSİ'ye ait Şerah Akım Gözlem İstasyonu'ndan (AGİ) ölçülmüş olan günlük ortalama akım değerleri DSİ'den edinilmiştir. Haldizen Deresi'nin akım değerlerinin ölçüldüğü Şerah AGİ'ye ait bilgiler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

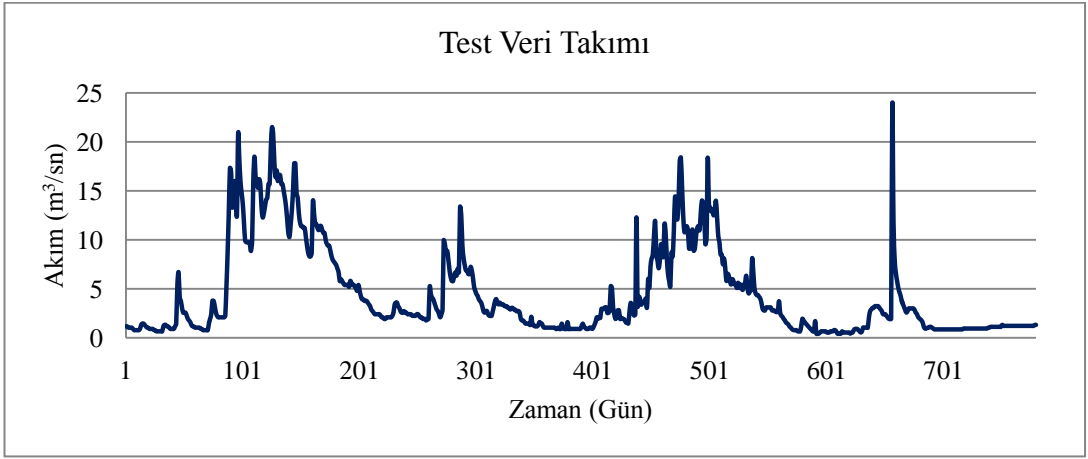
Çizelge 4.1: Haldizen Şerah AGİ Bilgileri.

İst. No	Akarsu Adı	İstasyon Adı	İşletme	Kot (m)	Yağış Alanı (km ²)	Açılış	Durumu
22.07	Haldizen	Şerah	DSİ	1114	153,5	1965	Aktif

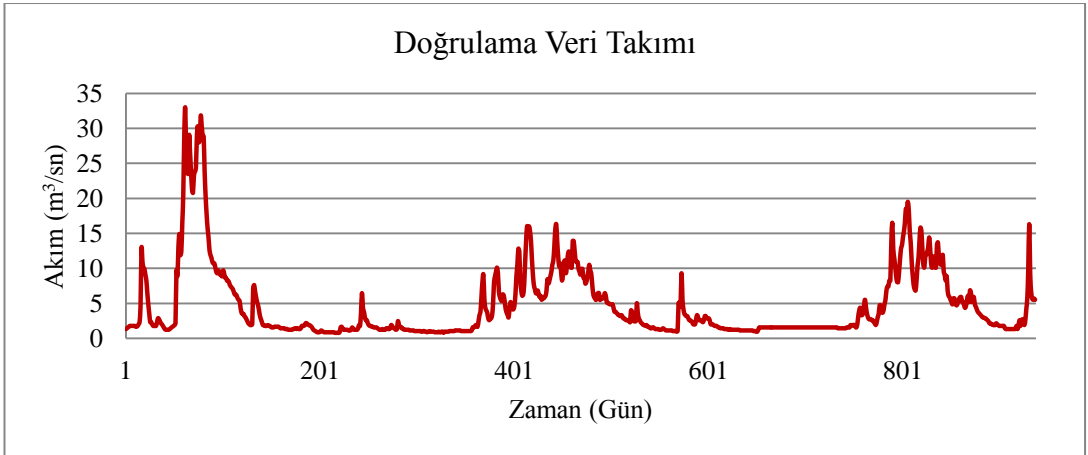
Çalışmada Şerah AGİ'ye ait 4291 adet günlük ortalama akım verisi kullanılarak ileriye yönelik akım tahmininde bulunulmuştur. Kullanılan 1998-2009 yılları arası 4291 adet verinin ilk 2575'i (%60) ağın eğitimi için, sonraki 780'i (%18) test için ve geri kalan 938'i (%22) doğrulama aşaması için kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan verilere ait zaman serisi şekil 4.1'de verilmiştir. Veriler en büyük akım değerleri göz önünde bulundurularak eğitim test ve doğrulama bölümlerine ayrılmıştır. Doğrulama verileri içerisinde en büyük değerlerin bulunması istenmiş ve bu değerlerin kullanılan yöntemlerle tahmini değerlendirilmiştir.



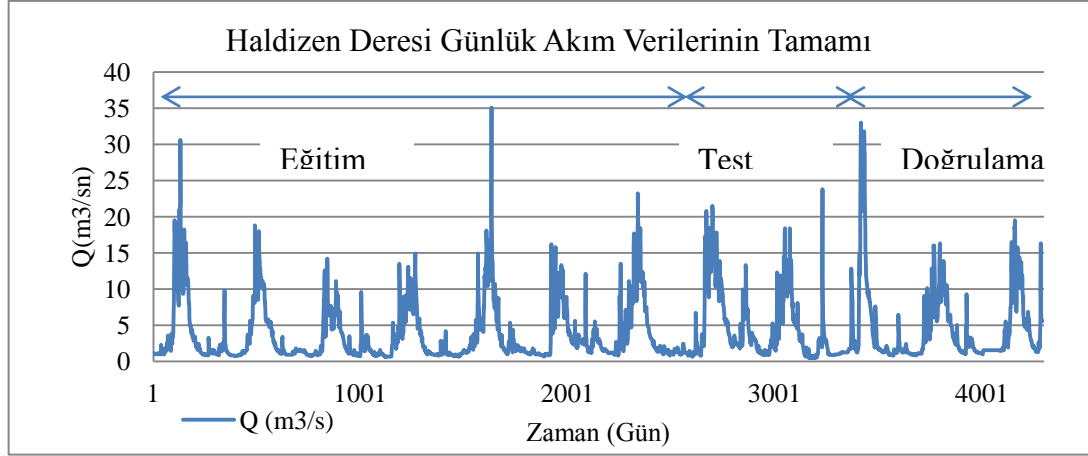
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.1: Haldizen Deresi Şerah AGİ 1998-2009 Günlük Ortalama Akım Değerlerine Ait Eğitim-Test-Doğrulama-Bütün Verilere Ait Zaman Serileri.

Çalışmada kullanılan Haldizen Deresi Şerah AGİ'den ölçülmüş olan günlük ortalama akım verilerine ait istatistiksel analiz eğitim, test, doğrulama ve tüm veriler için çizelge 4.2'de sunulmuştur. Eğitim ve test veri setlerinde hem girdi hem çıktı verileri kullanılmış ancak doğrulama veri setinde sadece girdi verileri kullanılmış ve elde edilen tahminler ile (çıkı verileri ile) gerçek gözlem değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2: Haldizen Şerah AGİ Günlük Ortalama Akım Değerleri İstatistiksel Analizi.

İstatistik Değerler	Tüm Veri	Eğitim	Test	Doğrulama
Ortalama (m ³ /sn)	3.99	3.613076	4.45	4.63
Ortanca (m ³ /sn)	1.93	1.71	2.57	2.00
Standart Sapma (m ³ /sn)	4.38125	3.92382	4.580849	5.215766
Varyans (m ⁶ /sn)	19.1954	15.39636	20.98418	27.20421
Basıklık	5.80634	5.022214	1.45554	6.917279
Çarpıklık	2.14523	2.044625	1.495131	2.389595
En Büyük (m ³ /sn)	35.10	35.10	23.80	33.00
En Küçük (m ³ /sn)	0.42	0.577	0.42	0.78
Veri Adedi	4291	2574	780	938
Veri Yüzdesi (%)	100	60	18	22

4.2 Yapılan Çalışmalar

Tez çalışması kapsamında DSI'den edinilmiş olan 1998-2009 yılları arası günlük ortalama akım değerleri ile ileriye yönelik akım tahmininde bulunulmuştur. Çalışmada tahmin için üç farklı YSA modeli olan ÇK-YSA, TBA-YSA ve ZGÖ-YSA kullanılmıştır. Eldeki veriler birer gün öncesine kaydırılarak, gün atlatmalı olacak şekilde, sadece akım verilerinin kullanılmasıyla ileriye yönelik akım tahmininde bulunulmuştur.

Haldizen deresinin ölçülmüş günlük ortalama akım değerleri kullanılarak girdi sayısı, bir önceki günkü yağış değerinin girilmesi şartıyla, birer birer artırılarak YSA'da toplamda altı model kurulmuştur. Kurulan modeller Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Ağlar İçin Kurulan Modeller ve Girdi Parametreleri.

Model	Girdiler						
1	Q(t-2)	Q(t-1)					
2	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)				
3	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)			
4	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		
5	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)	
6	Q(t-7)	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)

Her model için ileriye yönelik sırasıyla 1, 3, 5, 7 ve 14 gün sonraki akım tahmini yapılmıştır. Girdi değerleri olarak 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 gün önceki akım değerleri kullanılmıştır. Bu girdilere karşılık gelen çıktı değerleri için önce 1 gün sonrası gibi kısa süreli akım tahmini ve daha sonra 14 gün sonrası gibi uzun süreli akım tahmininde bulunulmuştur. Yapılan her tahmin değerlendirilerek en uygun tahmini yapan YSA modeli, ağ yapısı ve girdi modeli belirlenmeye çalışılmıştır.

Kurulan modellere ait girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni arasındaki korelasyon Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4: Girdi-Çıktı Korelasyon Tablosu (%).

Q(t+13)	Q(t+6)	Q(t+4)	Q(t+2)	Q(t)	%Korelasyon
0.71	0.81	0.85	0.90	0.96	Q(t-1)
0.70	0.79	0.83	0.87	0.93	Q(t-2)
0.69	0.78	0.81	0.85	0.90	Q(t-3)
0.68	0.76	0.79	0.83	0.87	Q(t-4)
0.67	0.75	0.78	0.81	0.85	Q(t-5)
0.66	0.74	0.76	0.79	0.83	Q(t-6)
0.64	0.73	0.75	0.78	0.81	Q(t-7)

Çizelge 4.4 incelenecek olursa girdi takımı ile çıktı arasındaki korelasyon, akım değeri tahmin edilecek olan günün ötelenmesiyle zayıflamaktadır. Bir gün sonrası akım tahmini için girdi takımı ile çıktı arasındaki korelasyonun en düşük olduğu değer %81 ile Q(t-7) iken on dört gün sonrası akım tahmininde bu değer %64 değerine gerilemiştir. Bu durum tahmin sonuçlarının performansını doğrudan etkileyen faktörlerden biri olmuştur.

Çalışmada kurulan ağlarda transfer fonksiyonu olarak Tanjant Hiperpolik Axon ve Sigmoid Axon belirlenmiş ve belirlenen bu iki fonksiyona karşılık üç öğrenme kuralı belirlenmiştir. Her bir fonksiyona karşılık öğrenme kuralı olarak Momentum, Conjugate Gradient ve Levenberg Marquardt seçilmiş, bu fonksiyon ve öğrenme kurallarına göre ağlar eğitilerek ağa en uygun transfer fonksiyonu ve öğrenme kuralı belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen her transfer fonksiyonu ve öğrenme kuralına karşılık gelen en uygun ara katman sayısı ve ara katmandaki eleman sayısı belirlenmiştir. Kurulan ağlarda gizli katmandaki eleman sayısı 50, 30, 20, 15, 10 ve 5 olarak denenmiş ve daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenen 10 elemanlı gizli katman bütün ağlar için kullanılmasına karar verilmiştir.

Tahmin süresi göz önünde bulundurularak tekrar sayısı ve iterasyon sayısı 10 ve 1000 olarak belirlenmiş ve çalışma boyunca sabit tutulmuştur. Tekrar sayısı ve iterasyon sayısının arttırılması ve azaltılması durumunda tahmin için geçen süre önemli miktarda değişmektedir. Kullanılan veri takımının büyük olması tahmin süresini etkileyen bir diğer parametre olmuştur. Tahmin değerlerinin gerçekçi olması istenildiğinden veri takımı geniş tutularak pik değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca öğrenme oranı ve momentum katsayısı optimum değerler olarak

belirlenmiş ve çalışma boyunca bütün tahmin modellerinde sabit olarak kullanılmıştır. Böylelikle belirlenen yöntemler aynı öğrenme oranı ve momentum katsayısı ile eğitilmiş, elde edilen sonuçlara göre modeller kıyaslanmış ve en iyi yöntem verilen bu değişken değerlerine göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler ve bu değişkenler için kullanılan değerler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağların Eğitiminde Kullanılan Değişkenler ve Belirlenen Değerler.

Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	G.K. Eleman Sayısı	Tekrar (Run Number)	İterasyon (Epoch Number)	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
Tanh.Axon	Momentum	50				
Tanh.Axon	Conjugate Gradient	30				
Tanh.Axon	Levenberg Marquardt	20				
Sig.Axon	Momentum	15	10	1000	1.0	0.7
Sig.Axon	Conjugate Gradient	10				
Sig.Axon	Levenberg Marquardt	5				

TBA-YSA analizlerinde kurulan her model için diğerlerinden farklı olarak TB sayısının belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Bu aşamada kurulan her model için farklı TB sayıları belirlenmiş ve ağ bu TB sayılarına göre eğitilmiştir. TB sayısı belirlenirken M1 de iki TB olacak şekilde ve geri kalan her model için en fazla girdi sayısı kadar TB oluşturulmuştur. Belirlenen temel bileşenlerin verilerin tamamının varyansını açıklama yüzdeleri, her model için kod yazılarak MATLAB yardımıyla belirlenmiştir. Kurulan modellere göre belirlenen TB sayıları ve bu bileşenlerin verilerin tamamının varyansını açıklama yüzdeleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: Modellere Göre Belirlenen TB Sayıları.

Model	Girdi		Varyansı Açıklama Oranı (%)					
	Sayı	TB Sayısı						
M1	2	2						100
M2	3	2 3						99,2 100
M3	4	2 3 4						98,5 99,5 100
M4	5	2 3 4 5						97,9 99,1 99,6 100
M5	6	2 3 4 5 6						97,3 98,6 99,3 99,7 100
M6	7	2 3 4 5 6 7						96,7 98,2 99,1 99,4 99,7 100

Tahmin değerleri bütün ağlar için elde edilmiş ve çeşitli kriterlere göre doğrulukları belirlenmiştir. En iyi sonuç veren metot ve en iyi sonucu veren model, hesaplanan bu kriterlere göre bulunmuştur.

4.3 Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri

Ağların eğitilmesi sonucunda elde edilen çıktı değerleri çeşitli kriterlere göre değerlendirilmiştir. Çıktı değerlerinin gerçek verilerle korelasyonu ve tahmin sonuçlarının doğruluğu Ortalama Karesel Hatanın Karekökü (RMSE), Korelasyon Katsayısı (R) ve NashCutcliffe (E) kriterlerine göre belirlenmiştir. Kullanılan üç ağın çıktıları bu kriterlere göre hesaplanmış ve birbirileri ile kıyaslanmıştır.

Karesel Ortalama Hatanın Karekökü (RMSE);

Karesel Ortalama Hata Karekökü (RMSE), ölçüm değerleri ile model tahminleri arasındaki hata oranını belirlemek amacıyla kullanılmakta ve RMSE değerinin sıfıra yaklaşması modelin tahmin kabiliyetinin artması anlamına gelmektedir. RMSE aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Singh vd., 2009; Gupta, 2009).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{i(\text{tahmin})})^2} \quad (4.1)$$

Korelasyon Katsayısı (R);

Korelasyon katsayısı (R), ölçüm değerleri ile model tahminleri arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. R değeri 0 ile 1 arasında değişmekte ve bu değer 1'e yaklaşması model tahminleri ile ölçüm değerleri

arasındaki bağımlılığın kuvvetli olduğu anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının (R) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Doğan vd., 2008).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{o(\text{ölçüm})}) \times (Q_{i(\text{tahmin})} - Q_{o(\text{tahmin})})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{o(\text{ölçüm})})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{tahmin})} - Q_{o(\text{tahmin})})^2}} \quad (4.2)$$

Nash Sutcliffe (E);

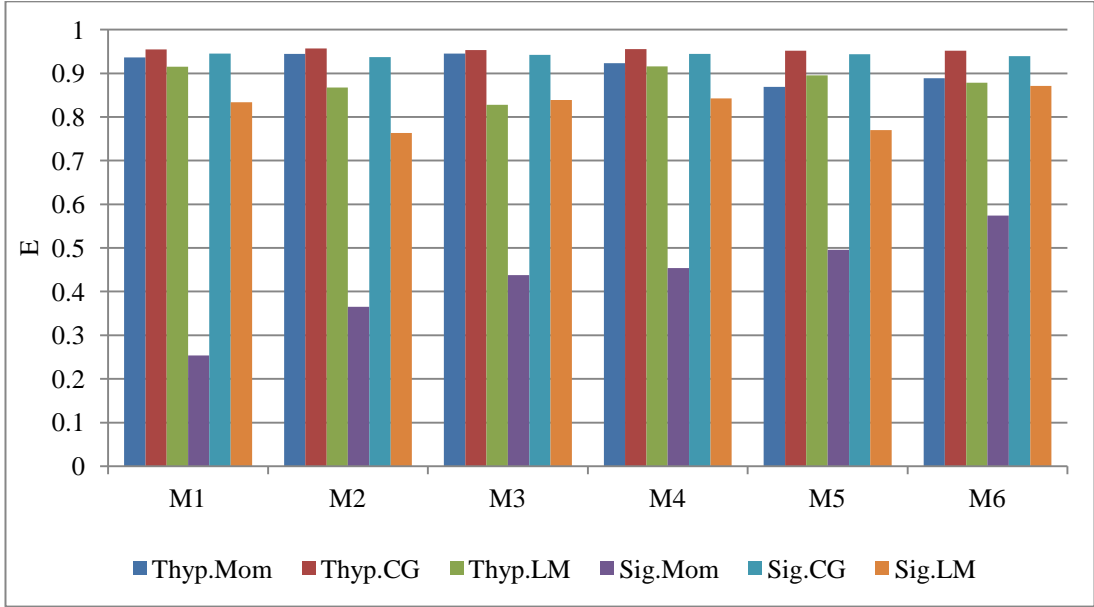
Nash–Sutcliffe modeli, hidrolojik modellerin öngörü gücünün derecesini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır (Nash ve Sutcliffe, 1970). Eşitlik sonucunun alacağı değer $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. Sonucun 1 olması, ölçülen ve hesaplanan değerler arasında çok iyi bir ilişkinin varlığını işaret etmektedir (Aydın, 2011).

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{o(\text{ortalama})})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{i(\text{tahmin})})^2} \quad (4.3)$$

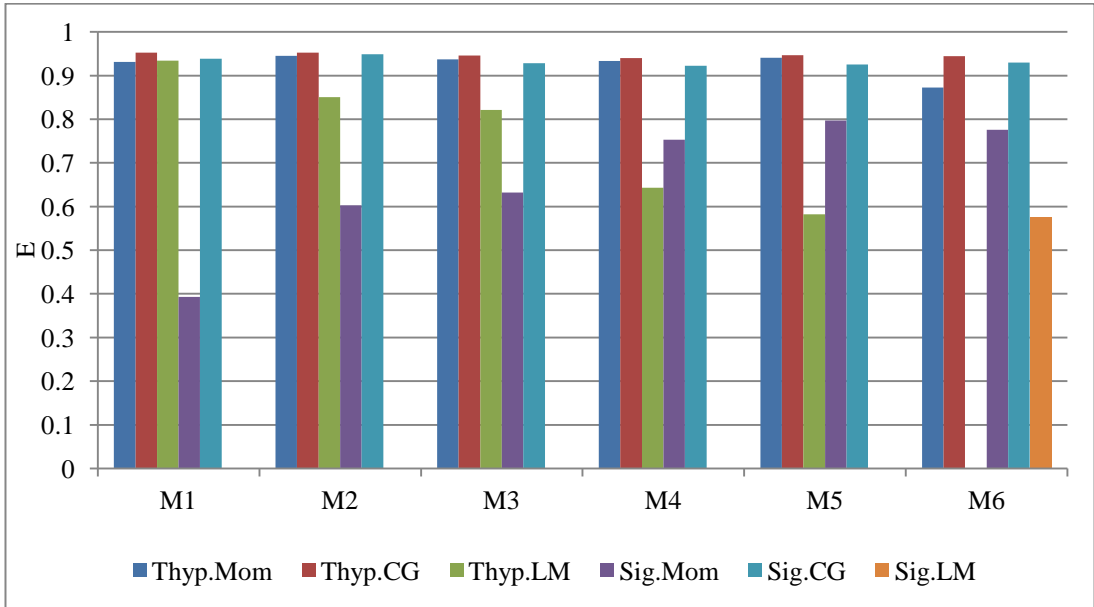
5. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışmanın bu bölümünde ileriye yönelik yapılan 1, 3, 5, 7 ve 14 gün sonraki akım değerlerinin tahmin sonuçları sırasıyla incelenmiştir. Her tahmin için en iyi metot, en uygun ağ yapısı ve en iyi model hesaplanan hata değerleri ile belirlenmiştir. En iyi sonucu veren tahmin değerlerinin test ve doğrulama verileri ile gerçek veriler grafik olarak verilmiştir. Çalışmada kurulan ağlarda transfer fonksiyonu olarak Tanjant Hiperpolik Axon ve Sigmoid Axon belirlenmiş ve belirlenen bu iki fonksiyona karşılık üç öğrenme kuralı belirlenmiştir. Her bir fonksiyona karşılık öğrenme kuralı olarak Momentum, Conjugate Gradient ve Levenberg Marquardt seçilmiş, bu fonksiyon ve öğrenme kurallarına göre ağlar eğitilerek ağa en uygun transfer fonksiyonu ve öğrenme kuralı belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen her transfer fonksiyonu ve öğrenme kuralına karşılık gelen en uygun ara katman sayısı ve ara katmandaki eleman sayısı belirlenmiştir. Kurulan ağlarda gizli katmandaki eleman sayısı 50, 30, 20, 15, 10 ve 5 olarak denenmiş ve daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenen 10 elamanlı gizli katmanın bütün ağlar için kullanılmasına karar verilmiştir. Kurulan ağlarda kullanılan transfer fonksiyonlarına ve bunlara karşılık olarak kullanılan öğrenme kurallarının performansı ara katman eleman sayılarına göre kıyaslanmıştır. Denenen bütün ara katman eleman sayılarına karşılık en doğru sonuçları veren Tanjant Hiperbolik Axon ve buna karşılık gelen Conjugate Gradient öğrenme kuralı diğer yöntemlerde de kullanılmıştır. Tanjant Hiperbolik Axon transfer fonksiyonu ve Conjugate Gradient öğrenme kuralının, kullanılan diğer fonksiyon ve öğrenme kuralları ile 10, 30 ve 50 ara katmandaki eleman sayısına karşılık gelen E değerleri kıyaslaması aşağıdaki grafikte verilmiştir.

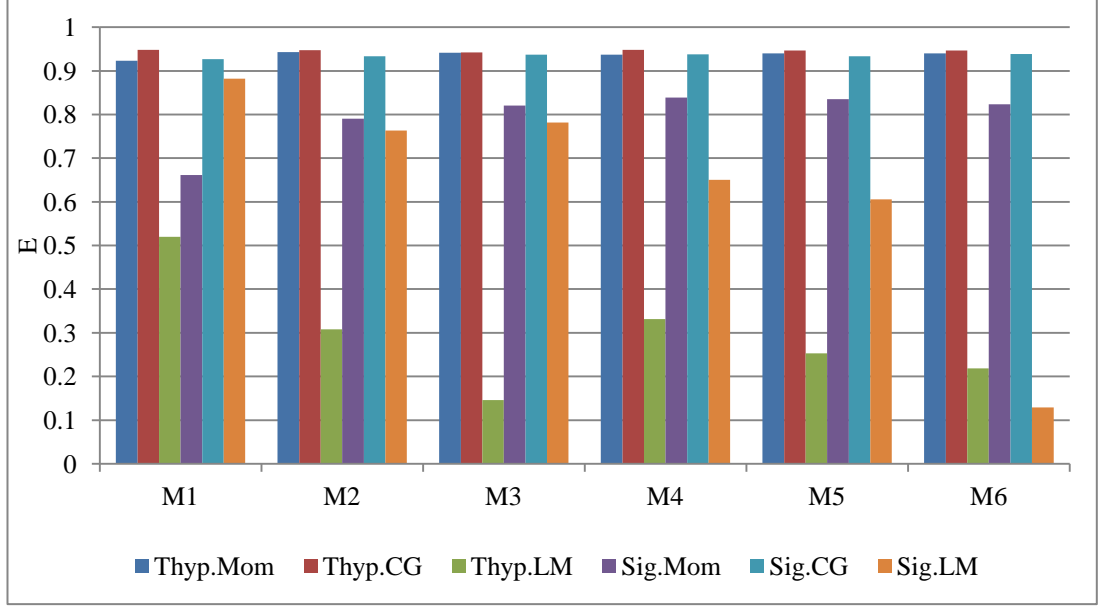
Çizelge 5.1: ÇK-YSA'da 10, 30, 50 Ara Katmanlı Eleman Sayılarına Karşılık Gelen Transfer Fonksiyonu Ve Öğrenme Kuralının E Değerlerinin Karşılaştırılması.



(a) ÇK-YSA'da ara katman eleman sayısı 10.



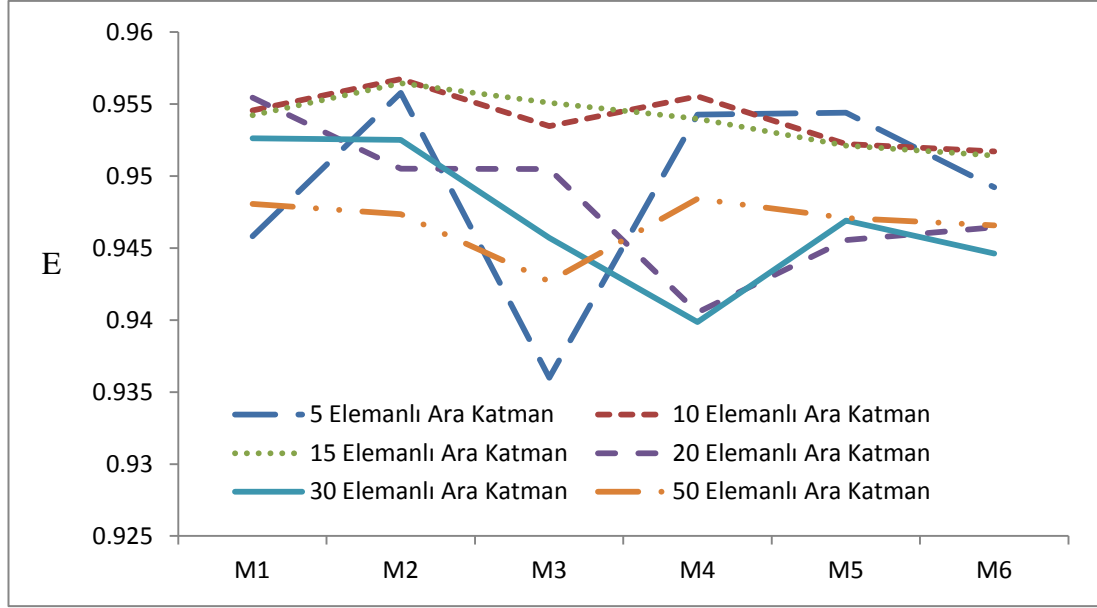
(b) ÇK-YSA'da ara katman eleman sayısı 30.



(c) ÇK-YSA'da ara katman eleman sayısı 50.

Çizelge 5.1 incelendiğinde verilen bütün ara katmanlarda en iyi sonuçların Tanjant Hiperbolik Axon transfer fonksiyonu ve Conjugate Gradient öğrenme kuralı ile elde edildiği gözlemlenmiştir.

Verilen ara katman eleman sayılarından ÇK-YSA'da E hata değerlerine bakıldığında Şekil 5.1'de görüldüğü gibi en doğru sonuçlar 3 model için 10 elemanlı ara katmandan elde edilmiştir. Bu değer diğer yöntemler içinde sabit tutulmuş ve ağırlar 10 elemanlı ara katmanla eğitilmiştir.



Şekil 5.1: ÇK-YSA'da E Hata Değerlerinin Ara Katmandaki Eleman Sayısına Göre Değişimi.

Çalışmalar doğrultusunda ileriye yönelik tahmin süresi arttıkça elde edilen değerlerin hata oranları artmış ve gözlenen değerlerle aradaki korelasyon zayıflamıştır. İleriye yönelik yapılan bütün tahminlerde ise ÇK-yönteminin diğer iki yonteme göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. TBA-YSA sonuçlarının TB sayısına bağlı olarak değiştiği ve maksimum TB sayısında elde edilen değerlerin ZGÖ-YSA metodundan elde edilen değerlere oranla daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

ÇK-YSA'nın ileriye yönelik tahmin sonuçları ve değişimi Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2: ÇK-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.

Tahmin Edilen	Model	R	RMSE	E
Q(t)	M2	0,978	1,085	0,956
Q(t+2)	M3	0,906	2,232	0,817
Q(t+4)	M1	0,838	2,873	0,697
Q(t+6)	M1	0,783	3,266	0,609
Q(t+13)	M4	0,625	4,117	0,383

Çizelge 5.2 incelenecek olursa ÇK-YSA'da korelasyon katsayısı (R) değerinin atlatılan gün sayısına bağlı olarak azaldığı gözlemlenmektedir. Buna bağlı olarak RMSE değerinde artış ve E değerinde 1 değerinden uzaklaşma gözlemlenmektedir.

TBA-YSA'nın ileriye yönelik tahmin sonuçları ve değişimi Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3: TBA-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.

Tahmin Edilen	Model	R	RMSE	E
Q(t)	M6-7TB	0,976	1,138	0,952
Q(t+2)	M5-6TB	0,890	2,415	0,786
Q(t+4)	M3-4TB	0,830	2,943	0,683
Q(t+6)	M5-6TB	0,778	3,314	0,599
Q(t+13)	M2-3TB	0,614	4,164	0,369

Çizelge 5.3. incelenecek olursa TBA-YSA'da ileriye yönelik atlatılan gün sayısına bağlı olarak R değerinde azalma, RMSE değerinde artma ve E değerinde ise 1'den uzaklaşma gözlemlenmektedir. Buda ileriye yönelik atlatılan gün sayısının artmasının tahmin sonuçlarını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Örnek olarak 14 gün sonraki tahminler için en iyi model olarak M2-3TB bulunmuş ve tahmin için kullanılmıştır. Bu modelde 3 temele bileşen olup 14 gün sonraki akım değerine ait tahmindeki E değeri % 36.9 olarak bulunmuştur. 14 gün sonraki akım değerleri tahmini için TB modelleri arasında M2-3TB en iyi sonucu vermiştir ZGÖ-YSA'nın ileriye yönelik tahmin sonuçları ve değişimi Çizelge 5.4'de verilmiştir.

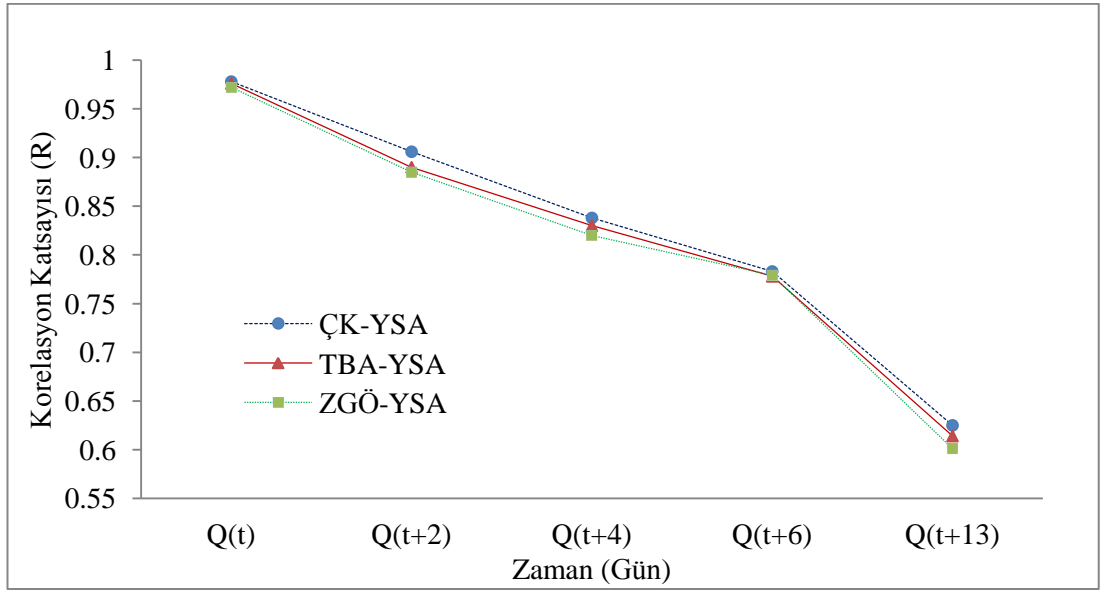
Çizelge 5.4: ZGÖ-YSA Tahmin Sonuçları ve Değişimi.

Tahmin Edilen	Model	R	RMSE	E
Q(t)	M1	0,972	1,123	0,944
Q(t+2)	M1	0,885	2,445	0,780
Q(t+4)	M2	0,820	2,994	0,671
Q(t+6)	M2	0,779	3,307	0,600
Q(t+13)	M5	0,601	4,213	0,353

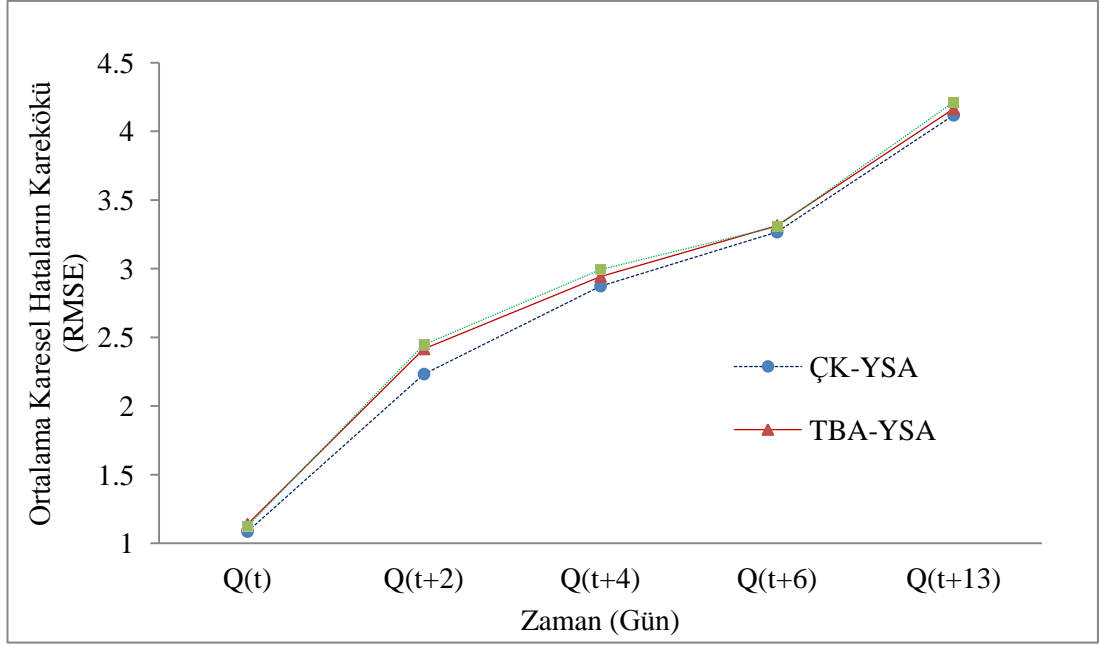
Çizelge 5.4. incelenecek olursa ZGÖ-YSA'da ileriye yönelik atlatılan gün sayısına bağlı olarak R değerinde azalma, RMSE değerinde artma ve E değerinde ise 1'den uzaklaşma gözlemlenmektedir. Buda ileriye yönelik atlatılan gün sayısının

artmasının ZGÖ-YSA'da da diğer iki yöntemde olduğu gibi tahmin sonuçlarını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.

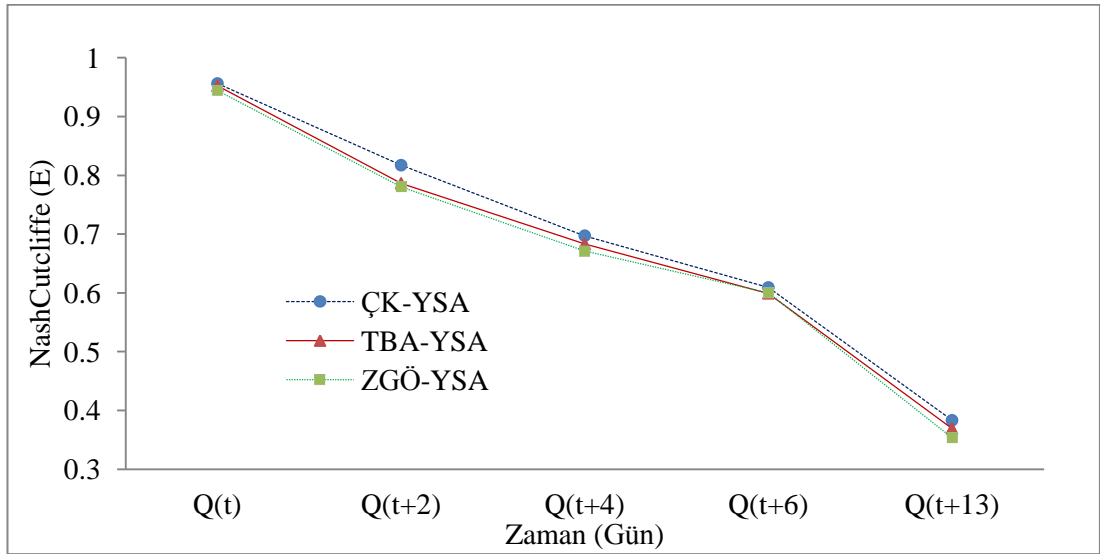
Toplu olarak R, RMSE ve E karşılaştırma değerlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu karşılaştırma 1, 3, 5, 7 ve 14 gün sonrası için tahmin edilen debi değerlerine karşılık gelen hata değerlerinin kıyaslanmasıdır. Bu duruma göre de açıkça görüleceği üzere uzak tahminlerde genel olarak pik değerler için en iyisi ÇK-YSA sonuçlarıdır. Bir gün sonrası ve yedi gün sonrası akım tahminlerinde ise bütün yöntemler yaklaşık olarak aynı performansı göstermiştir.



Şekil 5.2: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin R'lerinin zamanla değişimi.



Şekil 5.3: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin RMSE'lerinin zamanla değişimi.



Şekil 5.4: Günlük ortalama akım tahminleri için kullanılan yöntemlerin E'lerinin zamanla değişimi.

5.1 Bir Gün Sonraki (Q(t)) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

Bir gün sonraki akım değerlerinin tahmin edilmesi çalışmasında Neuro Solutions (URL-5) programında ÇK-YSA, TBA-YSA ve ZGÖ-YSA metotları sırasıyla belirlenip ağırlar eğitilmiştir. Girdi sayısına göre değişen, toplamda altı adet model denenmiştir. Her model için tek çıktı değeri olarak bir gün sonraki akım değeri olan

$Q(t)$ belirlenmiştir. Kurulan her model için girdi sayısı bir artırılarak yeni modeller oluşturulmuştur. Çizelge 5.5’ te bir gün sorası akım tahmini için kurulan modeller gösterilmiştir.

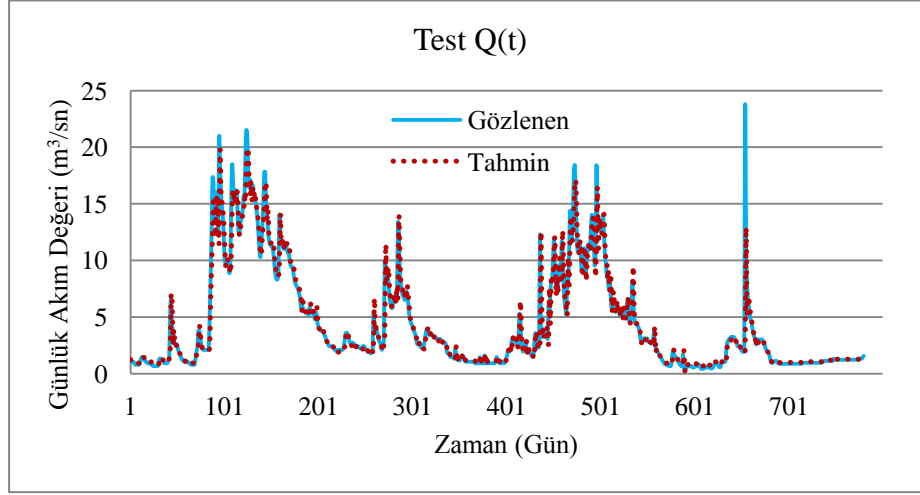
Çizelge 5.5: $Q(t)$ Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.

Model	Girdiler						Çıktı	
M1	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$					$Q(t)$	
M2	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$				$Q(t)$	
M3	$Q(t-4)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$			$Q(t)$	
M4	$Q(t-5)$	$Q(t-4)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$		$Q(t)$	
M5	$Q(t-6)$	$Q(t-5)$	$Q(t-4)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$	$Q(t)$	
M6	$Q(t-7)$	$Q(t-6)$	$Q(t-5)$	$Q(t-4)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$	$Q(t)$

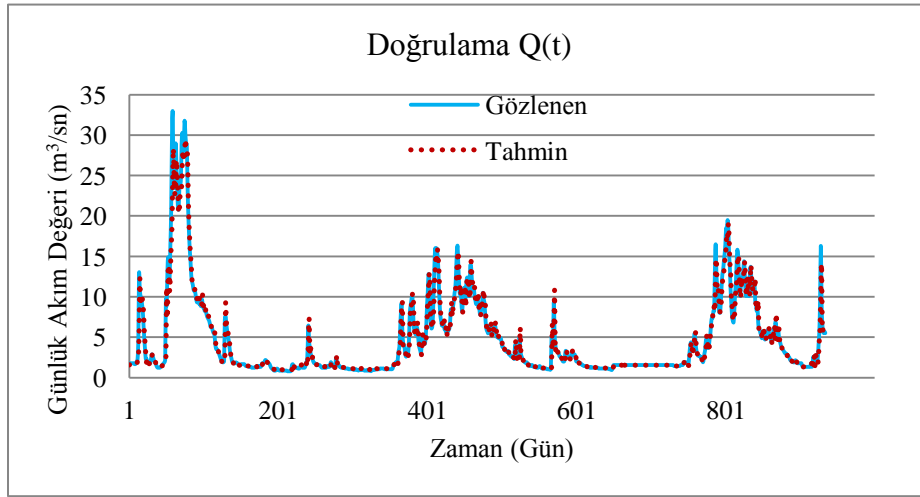
Çizelge 5.5’te belirtilen değişik girdi sayıları olan altı adet model, belirtilen üç yöntemde eğitilmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin test ve doğrulama verileri için R, RMSE ve E değerleri hesaplanmış ve en iyi metot için en iyi model belirlenmiştir. Hesaplanan hata değerleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,977	1,112	0,954	M1-2TB	0,974	1,221	0,945	<u>M1</u>	<u>0,972</u>	<u>1,123</u>	<u>0,944</u>
<u>M2</u>	<u>0,978</u>	<u>1,085</u>	<u>0,956</u>	M2-3TB	0,976	1,148	0,951	M2	0,965	1,363	0,931
M3	0,977	1,126	0,953	M3-4TB	0,974	1,170	0,949	M3	0,961	1,507	0,917
M4	0,977	1,101	0,955	M4-5TB	0,943	1,172	0,949	M4	0,966	1,348	0,933
M5	0,976	1,141	0,952	M5-6TB	0,969	1,284	0,939	M5	0,965	1,376	0,930
M6	0,976	1,148	0,951	<u>M6-7TB</u>	<u>0,976</u>	<u>1,138</u>	<u>0,952</u>	M6	0,970	1,277	0,940

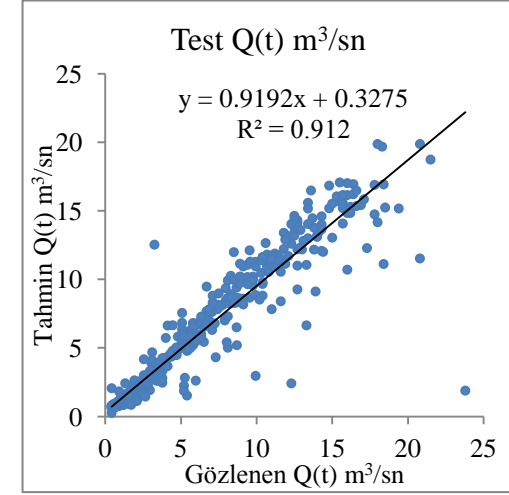


(a)

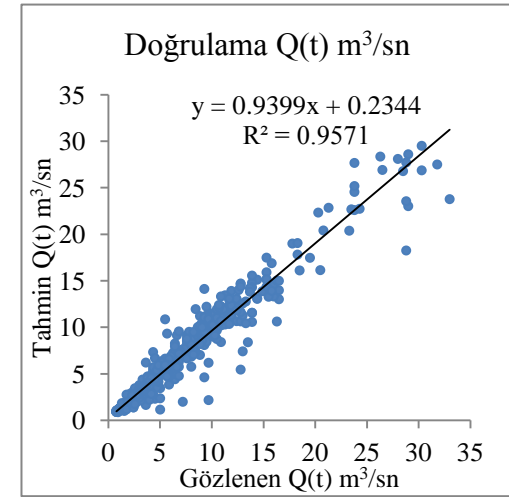


(b)

Şekil 5.5: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

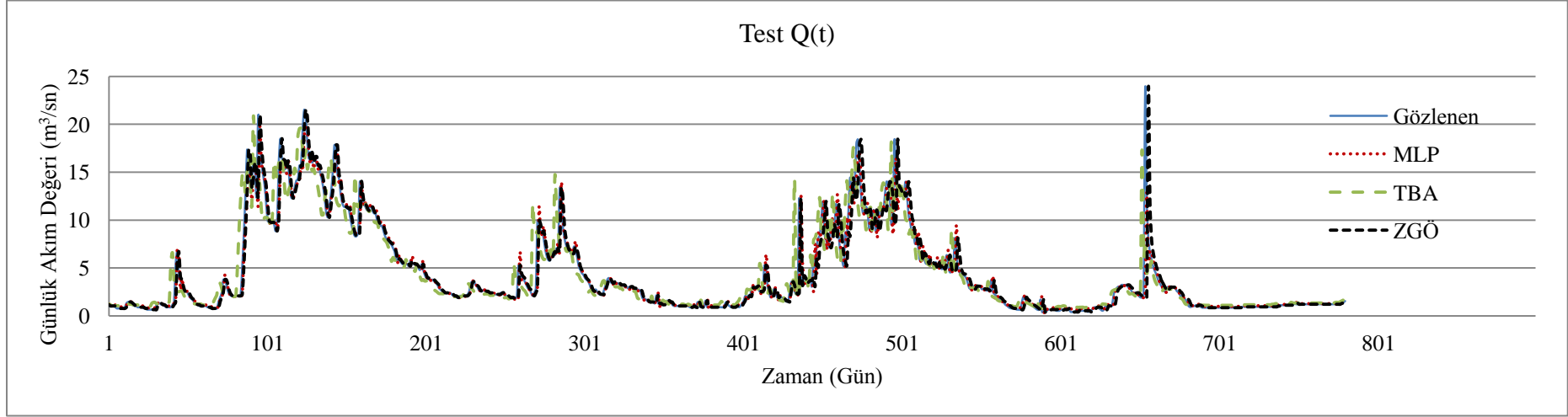


(a)

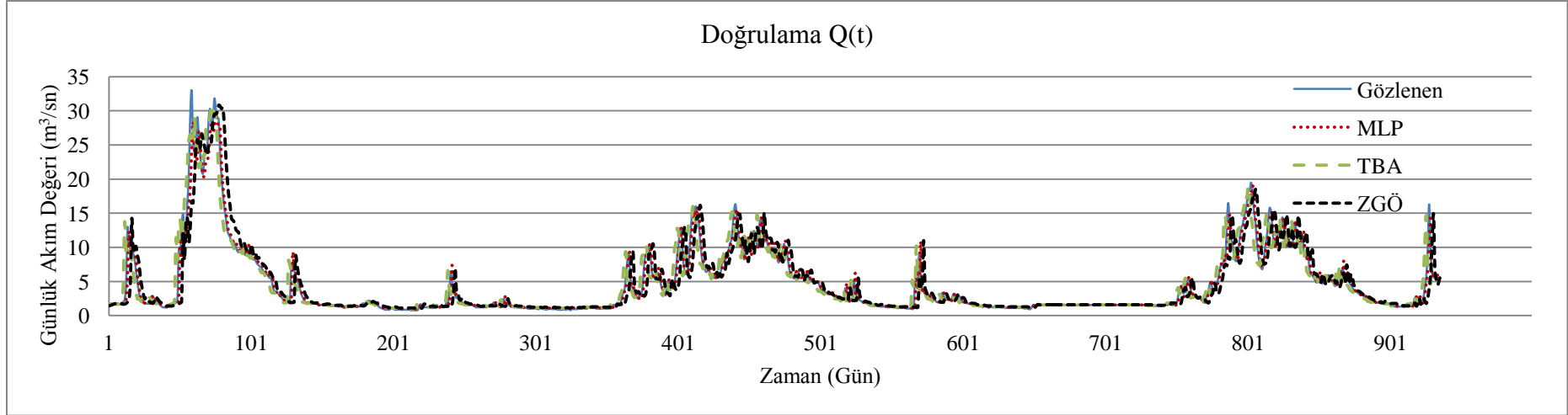


(b)

Şekil 5.6: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.



Şekil 5.7: $Q(t)$ test veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.



Şekil 5.8: $Q(t)$ doğrulama veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.

Her üç yöntem için elde edilen en uygun sonuçları veren ağ yapısı değişkenleri Çizelge 5.7’ de verilmiştir.

Çizelge 5.7: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.

Ara Katman Eleman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	Tekrar Sayısı	İterasyon	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
10	TanH.Axon	Conjugate Gradient	10	1000	1.0	0.7

Çizelge 5.6 incelenecek olursa bir gün sonrası akım değerleri tahmininde hesaplanan R, RMSE ve E değerleri birbirileri ile uyumlu olarak her metot için aynı modelde en iyi sonucu vermiştir. Kullanılan metotlar arasında en doğru tahmin değerleri ÇK-YSA metodundan elde edilmiştir. ÇK-YSA’ da eğitilen bütün modeller arasından en iyi sonucu ise M2 vermiştir. M2’de R değeri 0,978, RMSE 1,085 ve E değeri 0,956 civarındadır. Bu da ÇK-YSA’ da tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

Kullanılan diğer metotlar değerlendirilecek olursa TBA-YSA’ da R değeri 0,976, RMSE 1,138 ve E değeri ise 0,952 civarındadır. Bu değer TBA sonucunda elde edilen, toplam varyansın %100’ lük kısmını açıklayan 7TB’ in, girdi olarak kullanıldığı M6’ da elde edilmiştir. Yine ZGÖ-YSA sonucunda elde edilen 0,972’lik R değeri, 1,123’lük RMSE ve 0,944’lük E değerleri ise tahmin sonuçlarının doğruluğunun önemli bir boyutta olduğunu ancak bu yöntemin ÇK ve TBA YSA’larına oranla daha kötü sonuç verdiğini göstermektedir.

En iyi sonucu veren ÇK-YSA’ da ki M2’nin Doğrulama verilerinin zaman serisi incelendiğinde minimum debi değerlerinin tahmininde hiçbir sorun yaşanmazken maksimum debilerde pik noktalarda kaçırımlar olduğu gözlemlenmektedir.

Sonuç olarak bir gün sonraki akım değerleri tahmininde en iyi sonucu ÇK-YSA’ da M2 vermiştir.

5.2 Üç Gün Sonraki (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

Üç gün sonraki akım değerlerinin tahmin edilmesi çalışmalarında önceki akım değerlerinden oluşturulmuş birer gün atlatmalı, farklı girdi sayılarına sahip olan altı adet model oluşturulmuştur. Oluşturulan her model için çıktı değeri olarak üç gün sonraki akım değeri kullanılmıştır. Kurulan modellerde birbirinden farklı öğrenme

kuralları ile en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.8’ de üç gün sonrası akım tahmini için kurulan modeller gösterilmiştir.

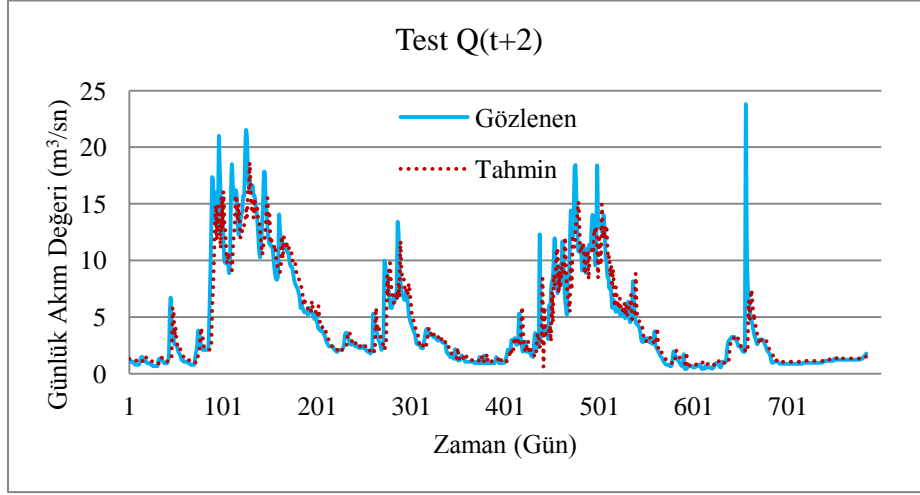
Çizelge 5.8: Üç Gün Sonraki $Q(t+2)$ Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.

Model	Girdiler							Çıktı
M1	Q(t-2)	Q(t-1)						Q(t+2)
M2	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)					Q(t+2)
M3	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)				Q(t+2)
M4	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)			Q(t+2)
M5	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		Q(t+2)
M6	Q(t-7)	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)	Q(t+2)

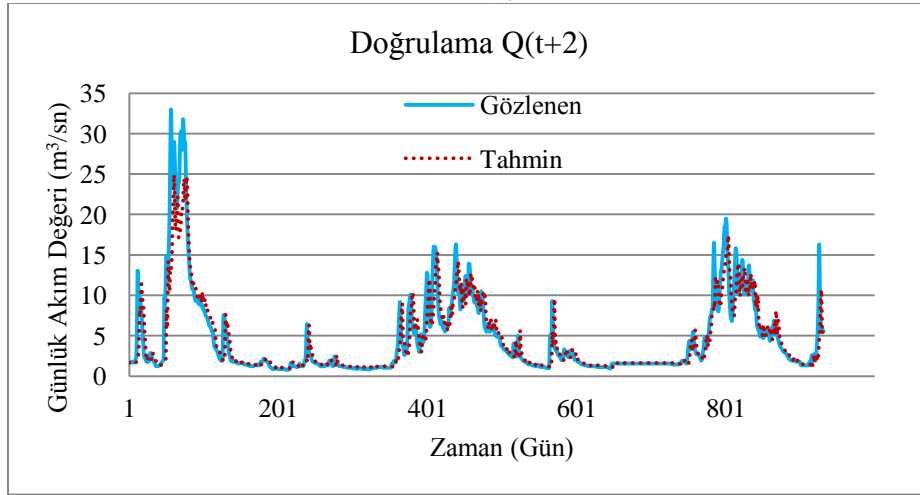
Çizelge 5.8’de belirtilen değişik girdi sayıları olan altı adet model, belirtilen üç yöntemde eğitilmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin test ve doğrulama verileri için R, RMSE ve E değerleri hesaplanmış ve en iyi metot için en iyi model belirlenmiştir. Hesaplanan hata değerleri Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,905	2,237	0,816	M1-2TB	0,882	2,537	0,764	<u>M1</u>	<u>0,885</u>	<u>2,445</u>	<u>0,780</u>
M2	0,904	2,264	0,812	M2-3TB	0,892	2,417	0,785	M2	0,877	2,547	0,762
<u>M3</u>	<u>0,906</u>	<u>2,232</u>	<u>0,817</u>	M3-4TB	0,896	2,359	0,796	M3	0,879	2,492	0,772
M4	0,890	2,468	0,777	M4-5TB	0,884	2,542	0,763	M4	0,867	2,611	0,750
M5	0,903	2,297	0,807	<u>M5-6TB</u>	<u>0,890</u>	<u>2,415</u>	<u>0,786</u>	M5	0,881	2,474	0,776
M6	0,900	2,296	0,807	M6-7TB	0,883	2,522	0,767	M6	0,866	2,646	0,744

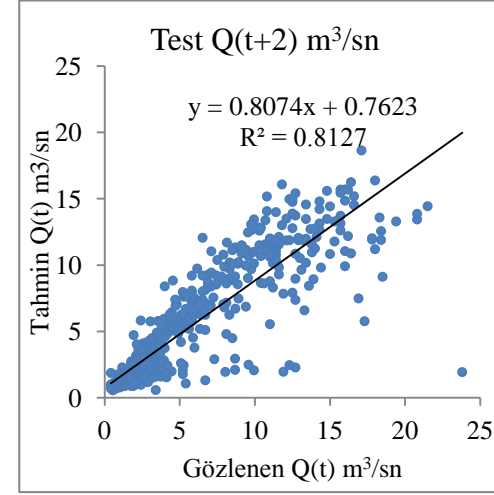


(a)

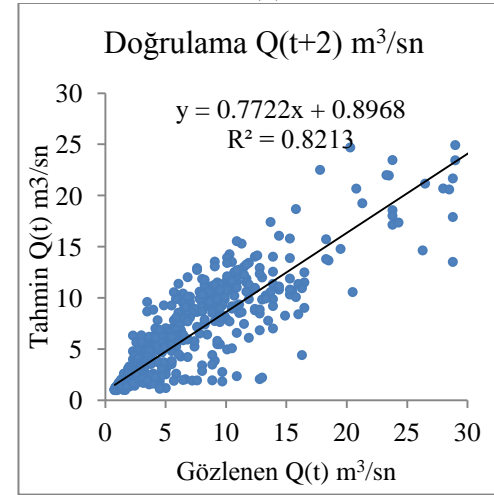


(b)

Şekil 5.9: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

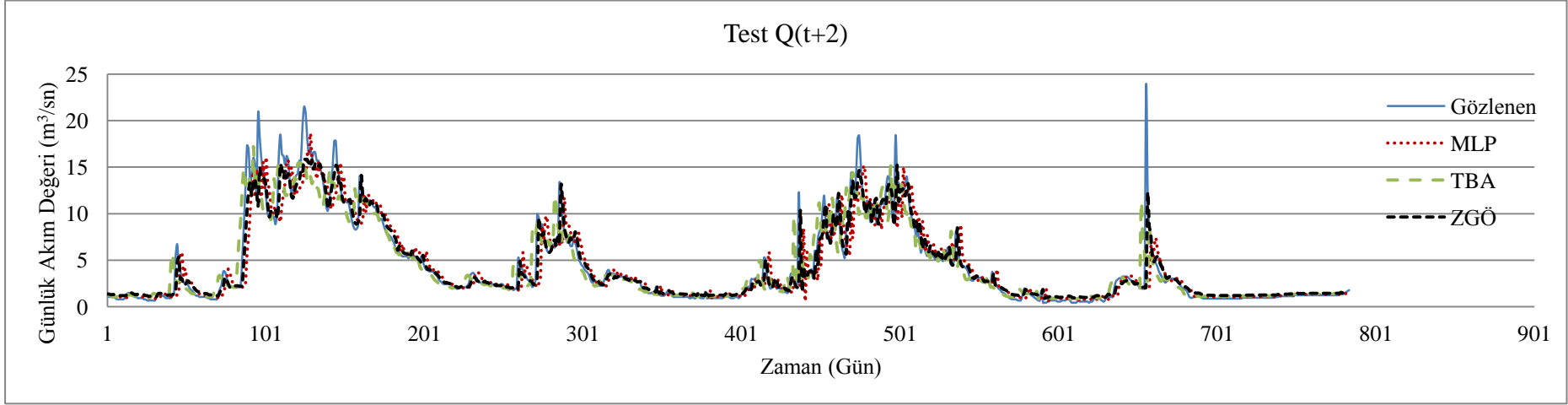


(a)

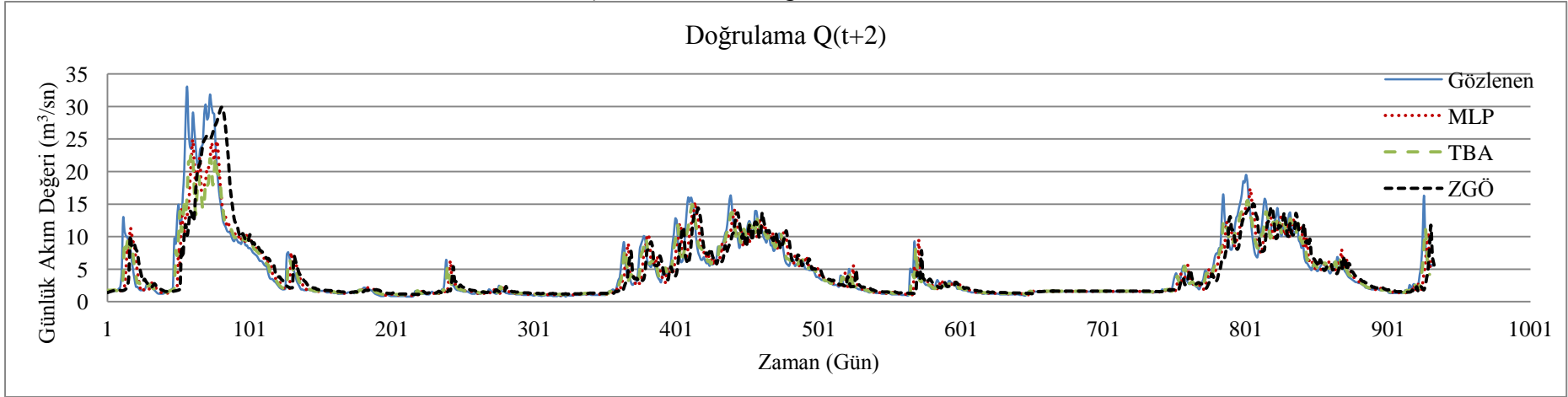


(b)

Şekil 5.10: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.



Şekil 5.11: Q (t+2) test veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.



Şekil 5.12: Q (t+2) doğrulama veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.

Her üç yöntem için elde edilen en uygun sonuçları veren ağ yapısı değişkenleri Çizelge 5.10' da verilmiştir.

Çizelge 5.10: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.

Ara Katman Eleman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	Tekrar Sayısı	İterasyon	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
10	TanH.Axon	Conjugate Gradient	10	1000	1.0	0.7

Çizelge 5.9 incelenecek olursa üç gün sonrası akım değerleri tahmininde hesaplanan R, RMSE ve E değerleri birbirileri ile uyumlu olarak her metot için aynı modelde en iyi sonucu vermiştir. Kullanılan metotlar arasında en doğru tahmin değerleri ÇK-YSA metodundan elde edilmiştir. ÇK-YSA' da eğitilen bütün modeller arasından en iyi sonucu ise M3 vermiştir. M3'de R değeri 0,906, RMSE 2,232 ve E değeri 0,817 civarındadır. Bu da ÇK-YSA' da tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uyumun bir önceki tahmine göre azaldığını ancak buna rağmen diğer metotlara göre gözlenen verilerle aralarında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

Kullanılan diğer metotlar değerlendirilecek olursa TBA_YSA' da R 0,890, RMSE 2,415 ve E değeri 0,786 civarındadır. Bu değer TBA sonucunda elde edilen, toplam varyansın %100' lük kısmını açıklayan 6TB' in, girdi olarak kullanıldığı M5' da elde edilmiştir. Yine ZGÖ-YSA sonucunda elde edilen 0,885'lik R, 2,445'lik RMSE ve 0,780'lik E değerleri tahmin sonuçlarının diğer iki yöntemle oranla daha kötü olduğunu ancak aralarında çok fazla değişim olmadığını göstermektedir.

En iyi sonucu veren ÇK-YSA' da ki M3'nin doğrulama verilerinin zaman serisi incelendiğinde minimum debi değerlerinin tahmininde hiçbir sorun yaşanmazken maksimum debilerde pik noktalardaki sapmalar bir gün önceki akım değerleri tahminine göre daha fazla olmuştur.

Sonuç olarak üç gün sonraki akım değerleri tahmininde en iyi sonucu ÇK-YSA' da M3 vermiştir.

5.3 Beş Gün Sonraki (Q(t+4))Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

Beş gün sonraki akım değerlerinin tahmin edilmesi çalışmalarında önceki akım değerlerinden oluşturulmuş birer gün atlatmalı, farklı girdi sayılarına sahip olan altı adet model oluşturulmuştur. Oluşturulan her model için çıktı değeri olarak beş gün

sonraki akım değeri istenmiştir. Kurulan modellerde birbirinden farklı öğrenme kuralları ile en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.11’ de beş gün sonrası akım tahmini için kurulan modeller gösterilmiştir.

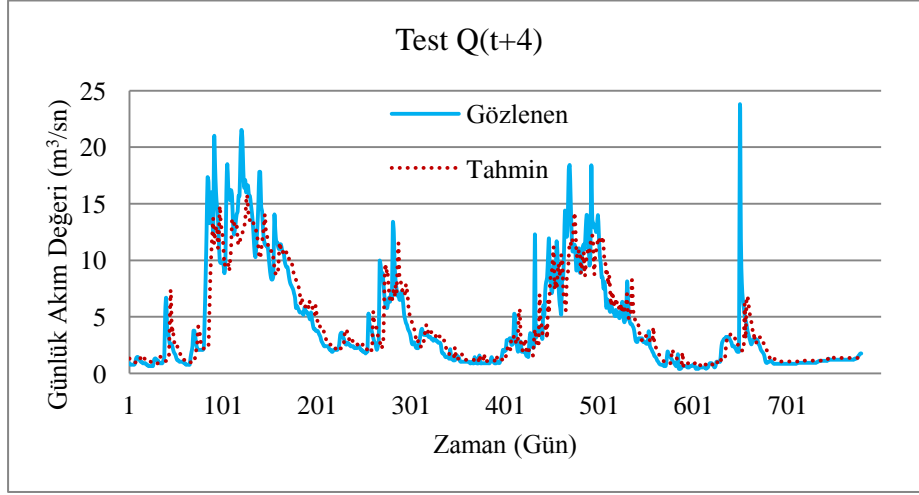
Çizelge 5.11: Beş Gün Sonraki $Q(t+4)$ Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.

Model	Girdiler							Çıktı
M1	Q(t-2)	Q(t-1)						Q(t+4)
M2	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)					Q(t+4)
M3	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)				Q(t+4)
M4	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)			Q(t+4)
M5	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		Q(t+4)
M6	Q(t-7)	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)	Q(t+4)

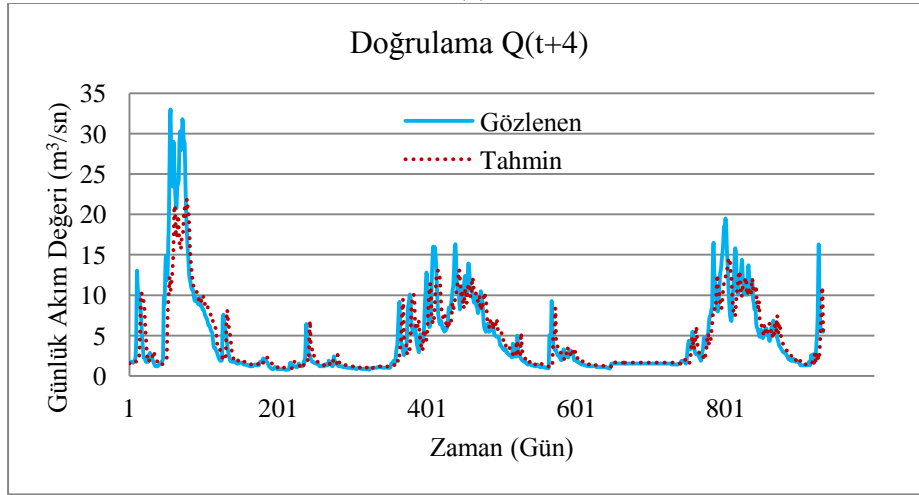
Çizelge 5.11’ de belirtilen değişik girdi sayıları olan altı adet model, belirtilen üç yöntemde eğitilmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin test ve doğrulama verileri için R, RMSE ve E değerleri hesaplanmış ve en iyi metot için en iyi model belirlenmiştir. Hesaplanan hata değerleri Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
<u>M1</u>	<u>0,838</u>	<u>2,873</u>	<u>0,697</u>	M1-2TB	0,828	2,971	0,676	M1	0,786	3,256	0,614
M2	0,829	2,971	0,676	M2-3TB	0,823	3,017	0,666	<u>M2</u>	<u>0,820</u>	<u>2,994</u>	<u>0,671</u>
M3	0,816	3,079	0,653	<u>M3-4TB</u>	<u>0,830</u>	<u>2,943</u>	<u>0,683</u>	M3	0,777	3,314	0,598
M4	0,824	3,002	0,670	M4-5TB	0,821	3,041	0,661	M4	0,820	2,998	0,670
M5	0,820	3,038	0,663	M5-6TB	0,824	3,019	0,667	M5	0,806	3,100	0,649
M6	0,831	2,937	0,685	M6-7TB	0,814	3,088	0,651	M6	0,804	3,170	0,633

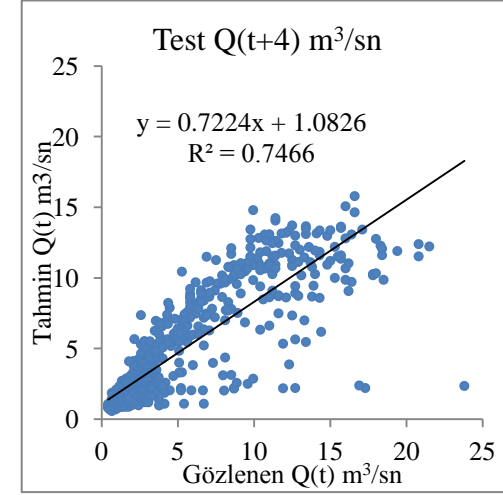


(a)

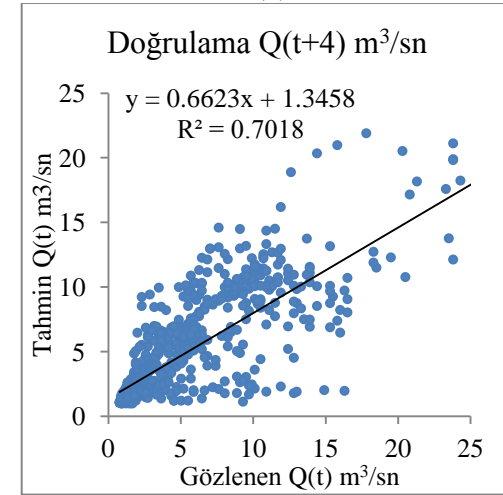


(b)

Şekil 5.13: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

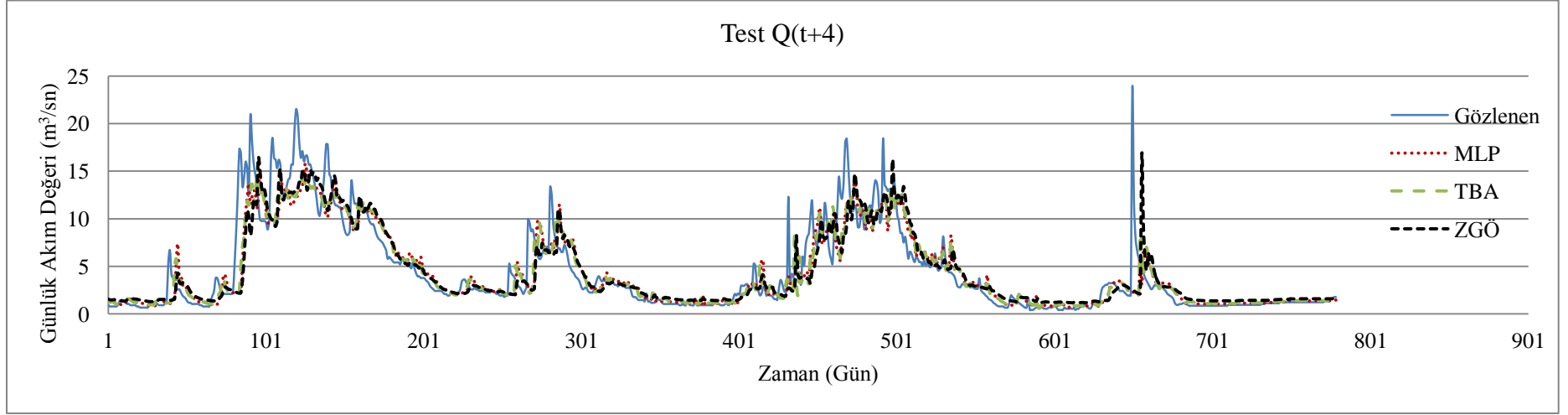


(a)

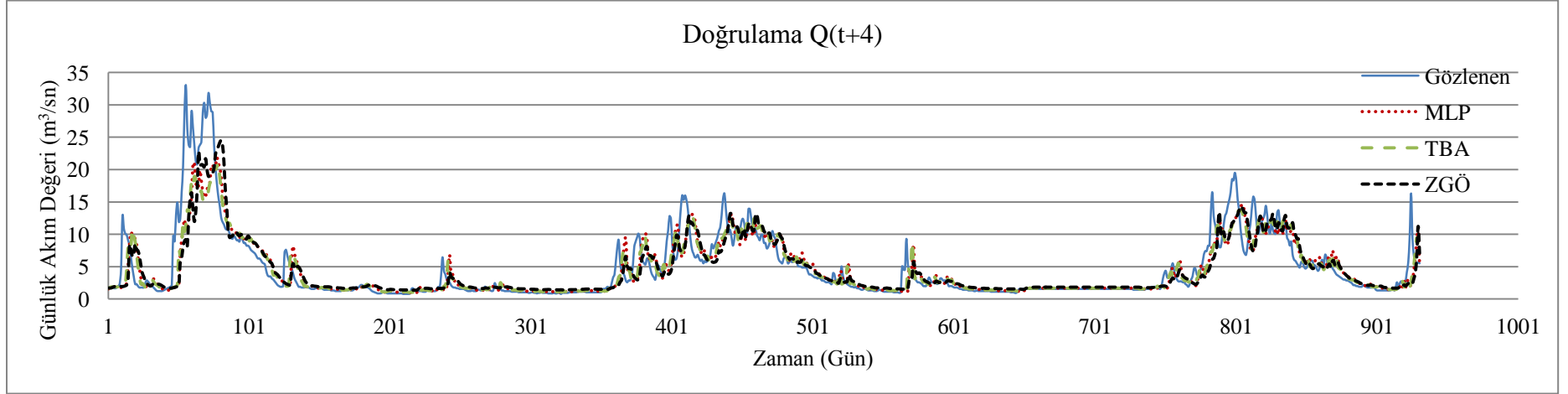


(b)

Şekil 5.14: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.



Şekil 5.15: $Q(t+4)$ test veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.



Şekil 5.16: $Q(t+4)$ doğrulama veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.

Her üç yöntem için elde edilen en uygun sonuçları veren ağ yapısı değişkenleri Çizelge 5.13’ de verilmiştir.

Çizelge 5.13: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.

Ara Katman Eleman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	Tekrar Sayısı	İterasyon	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
10	TanH.Axon	Conjugate Gradient	10	1000	1.0	0.7

Çizelge 5.12 incelenecek olursa beş gün sonrası akım değerleri tahmininde hesaplanan R, RMSE ve E değerleri birbirileri ile uyumlu olarak her metot için aynı modelde en iyi sonucu vermiştir. Kullanılan metotlar arasında en doğru tahmin değerleri ÇK-YSA metodundan elde edilmiştir. ÇK-YSA’ da eğitilen bütün modeller arasından en iyi sonucu ise M1 vermiştir. M1’de R değeri 0,838, RMSE 2,873 ve E değeri 0,697 civarındadır. Bu da ÇK-YSA’ da beş gün sonrası akım değerleri tahmini için elde edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uyumun giderek azaldığını göstermektedir

Kullanılan diğer metotlar değerlendirilecek olursa TBA-YSA’ da R 0,830, RMSE 2,943 ve E değeri ise 0,683 civarındadır. Bu değer TBA sonucunda elde edilen, toplam varyansın %100’ lük kısmını açıklayan 4TB’ in, girdi olarak kullanıldığı M3’ de elde edilmiştir. TBA-YSA sonuçları da ÇK-YSA’da olduğu gibi ileri yönelik sürenin artmasına bağlı olarak değişmektedir. Yine ZGÖ-YSA sonucunda elde edilen 0,820’lik R, 2,994’lük RMSE ve 0,671’lik E değerleri tahmin sonuçlarının doğruluğunun giderek azaldığını göstermektedir.

En iyi sonucu veren ÇK-YSA’ daki M1’in doğrulama verilerinin zaman serisi incelendiğinde minimum debi değerlerinin tahmininde hiçbir sorun yaşanmazken maksimum debilerde pik noktalardaki sapmalar bir gün önceki akım değerleri tahminine göre daha fazla olmuştur.

Sonuç olarak beş gün sonraki akım değerleri tahmininde en iyi sonucu ÇK-YSA’ da M1 vermiştir.

5.4 Yedi Gün Sonraki ($Q(t+6)$) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

Yedi gün sonraki akım değerlerinin tahmin edilmesi çalışmalarında önceki akım değerlerinden oluşturulmuş birer gün atlatmalı, farklı girdi sayılarına sahip olan altı adet model oluşturulmuştur. Oluşturulan her model için çıktı değeri olarak yedi gün sonraki akım değeri istenmiştir. Kurulan modellerde birbirinden farklı öğrenme kuralları ile en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.14’ de yedi gün sonrası akım tahmini için kurulan modeller gösterilmiştir.

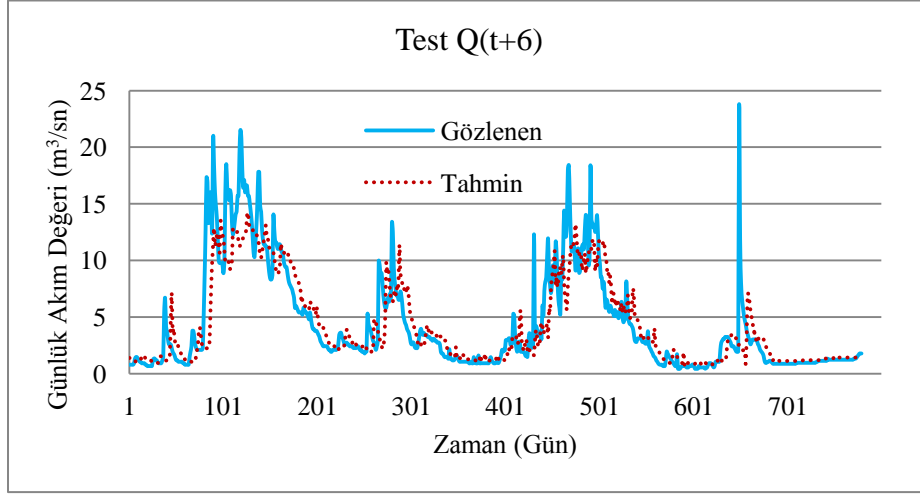
Çizelge 5.14: Yedi Gün Sonraki Akım $Q(t+6)$ Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.

Model	Girdiler							Çıktı
M1	Q(t-2)	Q(t-1)						Q(t+6)
M2	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)					Q(t+6)
M3	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)				Q(t+6)
M4	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		Q(t+6)	
M5	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		Q(t+6)
M6	Q(t-7)	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)	Q(t+6)

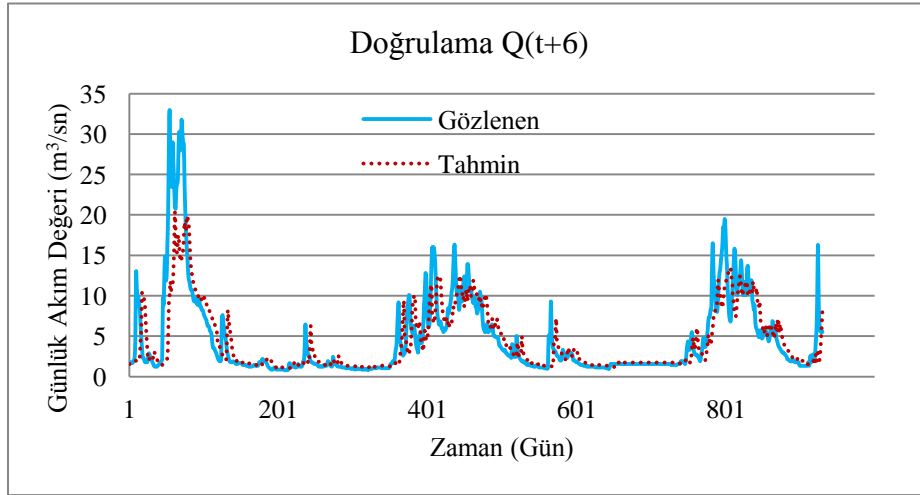
Çizelge 5.14’te belirtilen değişik girdi sayıları olan altı adet model, belirtilen üç yöntemde eğitilmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin test ve doğrulama verileri için R, RMSE ve E değerleri hesaplanmış ve en iyi metot için en iyi model belirlenmiştir. Hesaplanan hata değerleri Çizelge 5.15’te verilmiştir.

Çizelge 5.15: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
<u>M1</u>	<u>0,783</u>	<u>3,266</u>	<u>0,609</u>	M1-2TB	0,771	3,376	0,582	M1	0,549	4,494	0,260
M2	0,779	3,307	0,600	M2-3TB	0,774	3,343	0,591	M2	0,722	3,649	0,513
M3	0,778	3,314	0,598	M3-4TB	0,775	3,336	0,593	<u>M3</u>	<u>0,759</u>	<u>3,416</u>	<u>0,573</u>
M4	0,771	3,362	0,587	M4-5TB	0,776	3,314	0,598	M4	0,734	3,590	0,529
M5	0,763	3,419	0,573	<u>M5-6TB</u>	<u>0,778</u>	<u>3,314</u>	<u>0,599</u>	M5	0,735	3,560	0,537
M6	0,768	3,361	0,588	M6-7TB	0,774	3,323	0,597	M6	0,701	4,364	0,305

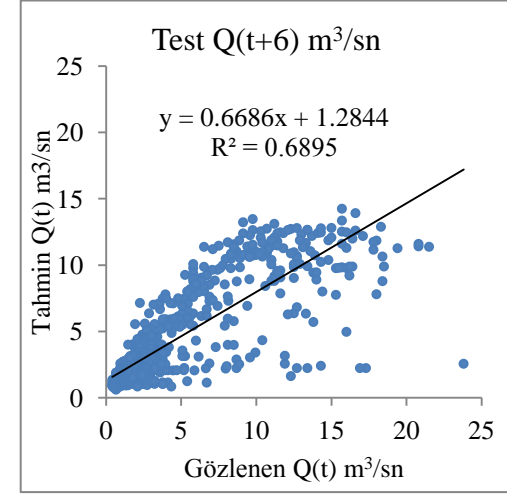


(a)

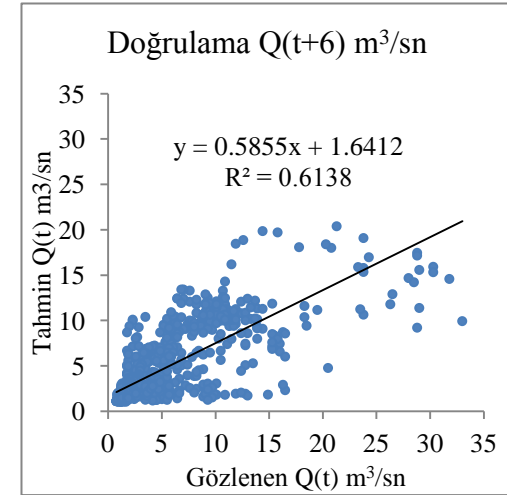


(b)

Şekil 5.17: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

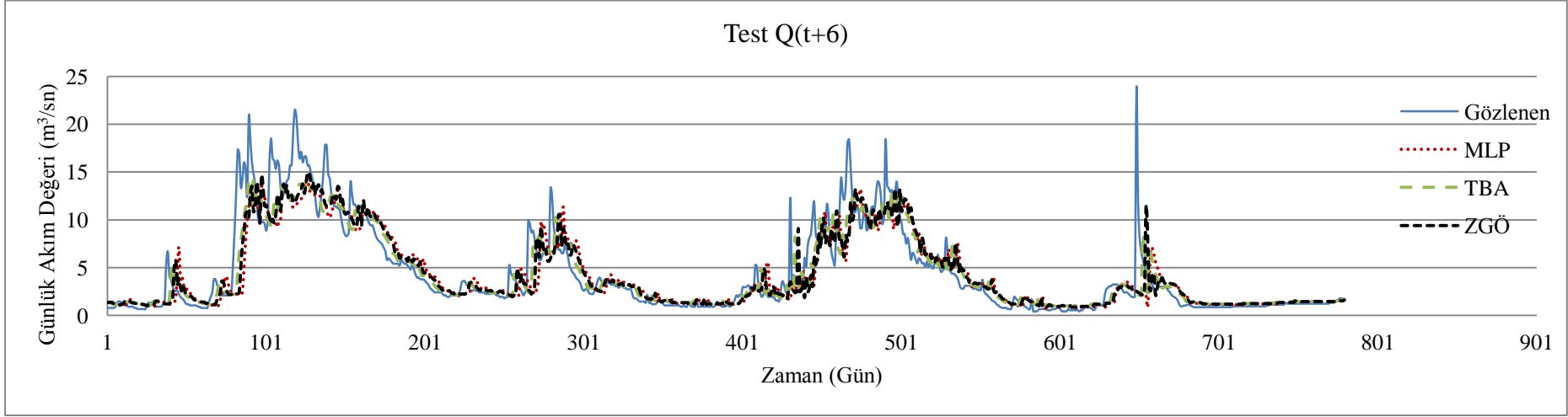


(a)

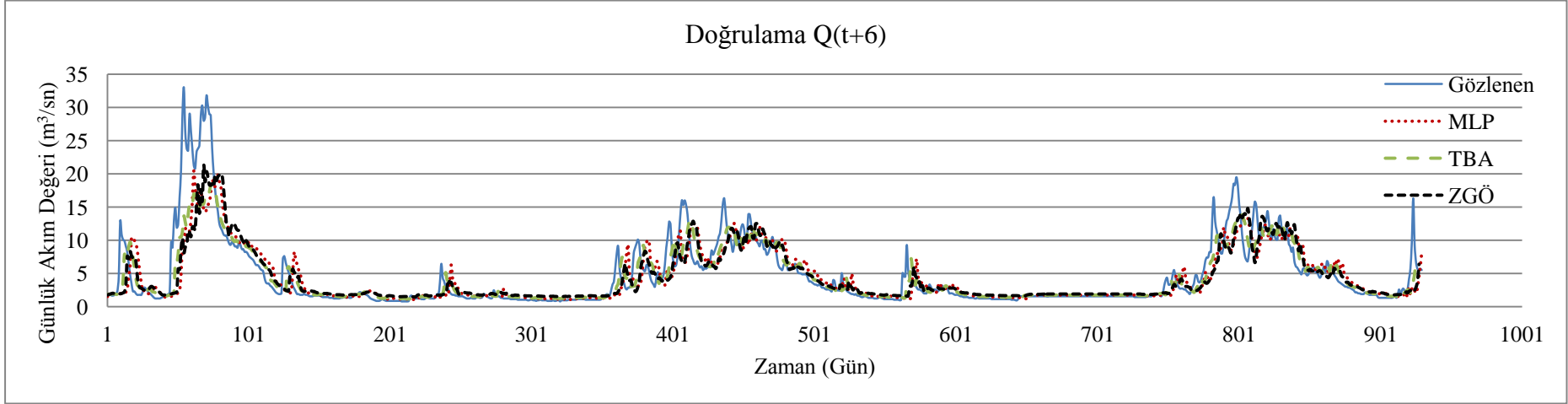


(b)

Şekil 5.18: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.



Şekil 5.19: Q (t+6) test veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.



Şekil 5.20: Q (t+6) Doğrulama veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.

Her üç yöntem için elde edilen en uygun sonuçları veren ağ yapısı değişkenleri Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.

Ara Katman Eleman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	Tekrar Sayısı	İterasyon	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
10	TanH.Axon	Conjugate Gradient	10	1000	1.0	0.7

Çizelge 5.15 incelenecek olursa yedi gün sonrası akım değerleri tahmininde hesaplanan R, RMSE ve E değerleri birbirileri ile uyumlu olarak her metot için aynı modelde en iyi sonucu vermiştir. Kullanılan metotlar arasında en doğru tahmin değerleri ÇK-YSA metodundan elde edilmiştir. ÇK-YSA’ da eğitilen bütün modeller arasından en iyi sonucu ise M1 vermiştir. M1’de R değeri 0,783, RMSE 3,266 ve E değeri 0,609 civarındadır. Bu da ÇK-YSA’ da yedi gün sonrası akım değerleri tahmini için elde edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uyumun atlatılan zamana bağlı olarak giderek azaldığını göstermektedir.

Kullanılan diğer metotlar değerlendirilecek olursa TBA-YSA’ da R değeri 0,778, RMSE 3,314 ve E değeri 0,599 civarındadır. Bu değer TBA sonucunda elde edilen, toplam varyansın %100’ lük kısmını açıklayan 6TB’ in, girdi olarak kullanıldığı M5’ de elde edilmiştir. TBA-YSA’da elde edilen sonuçlar yine atlatılan zamana bağlı olarak değiştiği gözlemlenmektedir. Yine ZGÖ-YSA sonucunda elde edilen 0,759’lik R, 3,416’lık RMSE ve 0,673’lük E değerleri tahmin sonuçlarının doğruluğunun giderek azaldığını göstermektedir.

En iyi sonucu veren ÇK-YSA’ daki M1’in doğrulama verilerinin zaman serisi incelendiğinde minimum debi değerlerinin tahmininde çok az sapma meydana gelirken maksimum debilerde pik noktalardaki sapmalar bir gün önceki akım değerleri tahminine göre giderek artmıştır.

Sonuç olarak yedi gün sonraki akım değerleri tahmininde en iyi sonucu ÇK-YSA’ da M1 vermiştir.

5.5 On Dört Gün Sonraki (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Tahmin Sonuçlarının İrdelenmesi

On dört gün sonraki akım değerlerinin tahmin edilmesi çalışmalarında önceki akım değerlerinden oluşturulmuş birer gün atlatmalı, farklı girdi sayılarına sahip olan altı

adet model oluşturulmuştur. Oluşturulan her model için çıktı değeri olarak on dört gün sonraki akım değeri istenmiştir. Kurulan modellerde birbirinden farklı öğrenme kuralları ile en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.17.' de on dört gün sonrası akım tahmini için kurulan modeller gösterilmiştir.

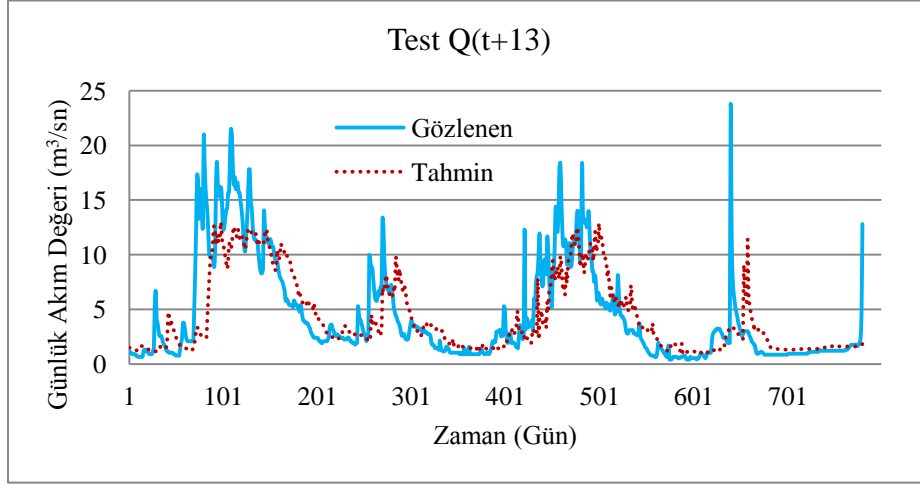
Çizelge 5.17: On dört gün sonraki Akım $Q(t+13)$ Tahmini İçin Kurulan YSA modelleri.

Model	Girdiler							Çıktı
M1	Q(t-2)	Q(t-1)						Q(t+13)
M2	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)					Q(t+13)
M3	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)				Q(t+13)
M4	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)			Q(t+13)
M5	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)		Q(t+13)
M6	Q(t-7)	Q(t-6)	Q(t-5)	Q(t-4)	Q(t-3)	Q(t-2)	Q(t-1)	Q(t+13)

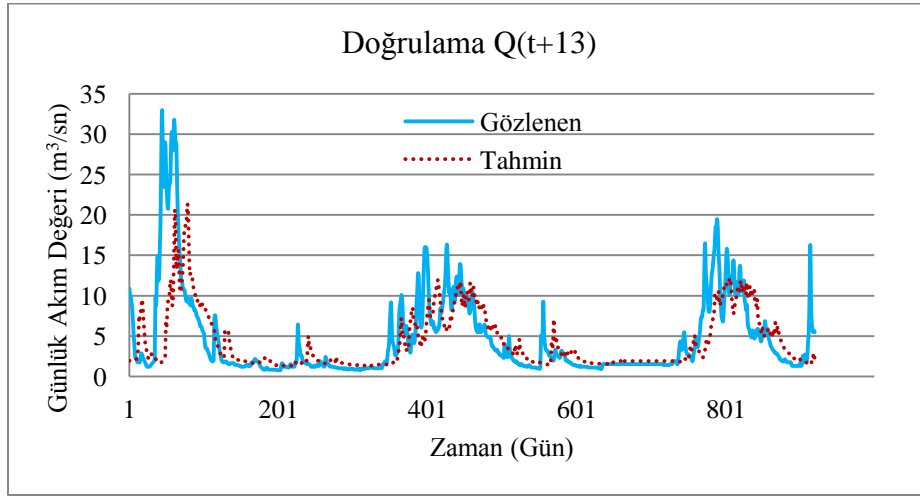
Çizelge 5.17'de belirtilen değişik girdi sayıları olan altı adet model, belirtilen üç yöntemde eğitilmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin test ve doğrulama verileri için R, RMSE ve E değerleri hesaplanmış ve en iyi metot için en iyi model belirlenmiştir. Hesaplanan hata değerleri Çizelge 5.18' de verilmiştir.

Çizelge 5.18: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E		R	RMSE	E		R	RMSE	E
M1	0,611	4,179	0,364	M1-2TB	0,612	4,175	0,365	M1	0,599	4,248	0,343
M2	0,619	4,144	0,375	<u>M2-3TB</u>	<u>0,614</u>	<u>4,164</u>	<u>0,369</u>	M2	0,594	4,325	0,319
M3	0,618	4,149	0,375	M3-4TB	0,607	4,198	0,359	M3	0,588	4,342	0,315
<u>M4</u>	<u>0,625</u>	<u>4,117</u>	<u>0,383</u>	M4-5TB	0,588	4,275	0,334	M4	0,598	4,208	0,355
M5	0,620	4,134	0,377	M5-6TB	0,613	4,162	0,369	<u>M5</u>	<u>0,601</u>	<u>4,213</u>	<u>0,353</u>
M6	0,621	4,126	0,380	M6-7TB	0,619	4,134	0,377	M6	0,577	4,285	0,284

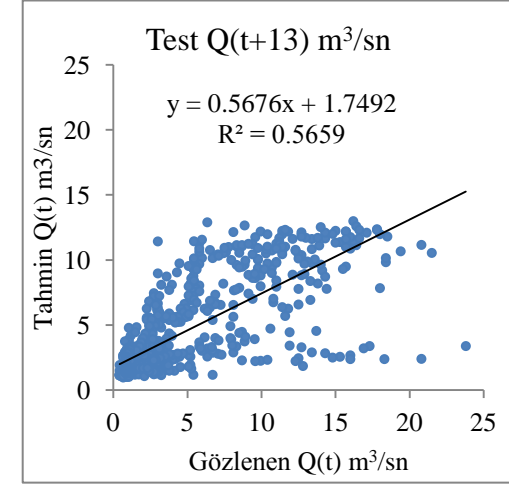


(a)

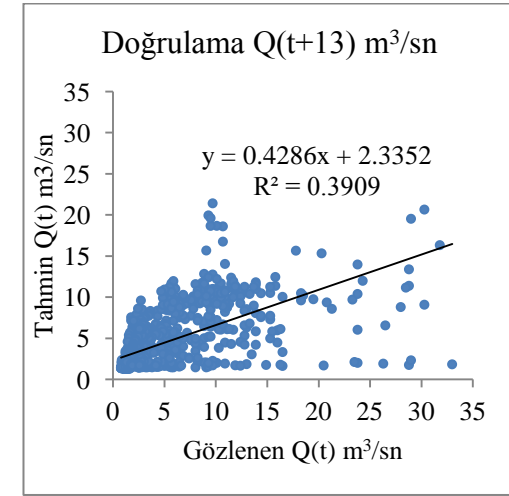


(b)

Şekil 5.21: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

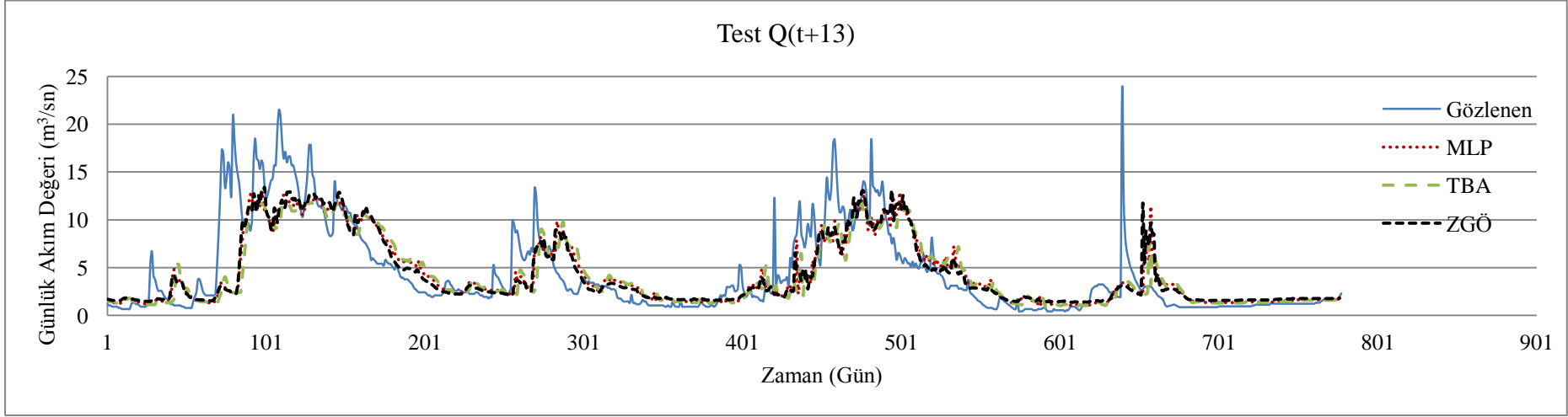


(a)

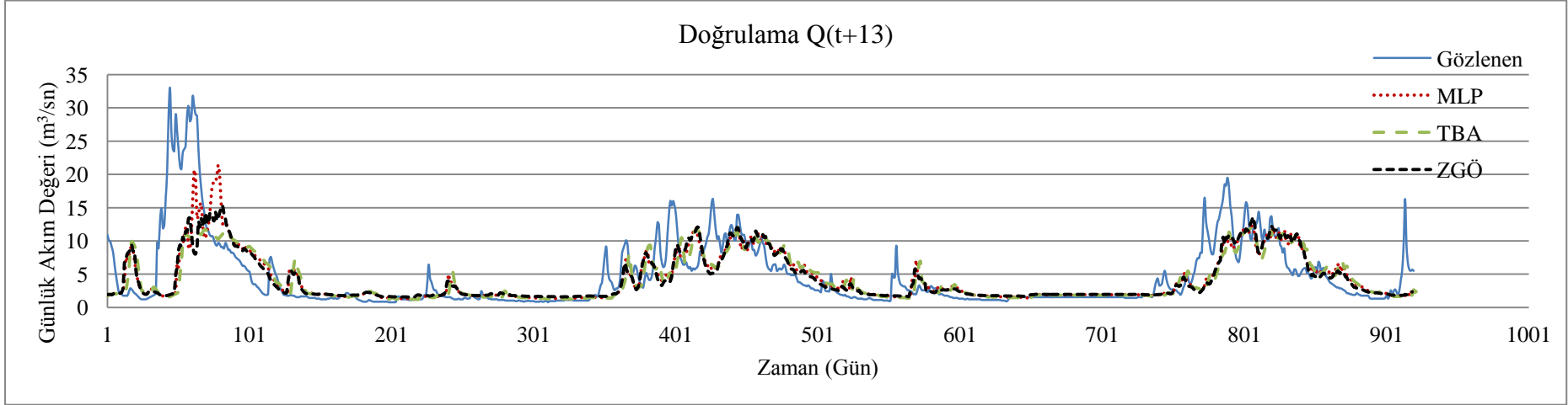


(b)

Şekil 5.22: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.



Şekil 5.23: Q (t+13) test veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.



Şekil 5.24: Q (t+13) doğrulama veri takımı, gözlem ve YSA tahminleri zaman serisi.

Her üç yöntem için elde edilen en uygun sonuçları veren ağ yapısı değişkenleri Çizelge 5.19’ da verilmiştir.

Çizelge 5.19: En Uygun Sonuçları Veren Ağ Yapısı Değişkenleri.

Ara Katman Eleman Sayısı	Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Kuralı	Tekrar Sayısı	İterasyon	Öğrenme Oranı	Momentum Katsayısı
10	TanH.Axon	Conjugate Gradient	10	1000	1.0	0.7

Çizelge 5.18 incelenecek olursa on dört gün sonrası akım değerleri tahmininde hesaplanan R, RMSE ve E değerleri birbirileri ile uyumlu olarak her metot için aynı modelde en iyi sonucu vermiştir. Kullanılan metotlar arasında en doğru tahmin değerleri ÇK-YSA metodundan elde edilmiştir. ÇK-YSA’ da eğitilen bütün modeller arasından en iyi sonucu ise M4 vermiştir. M4’de R değeri 0,625, RMSE 4,117 ve E değeri 0,383 civarındadır. Bu da ÇK-YSA’ da on dört gün sonrası akım değerleri tahmini için elde edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uyumun giderek azaldığını ileriye yönelik tahmin sonuçlarının atlatılan gün sayısına bağlı olarak önemli miktarda değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

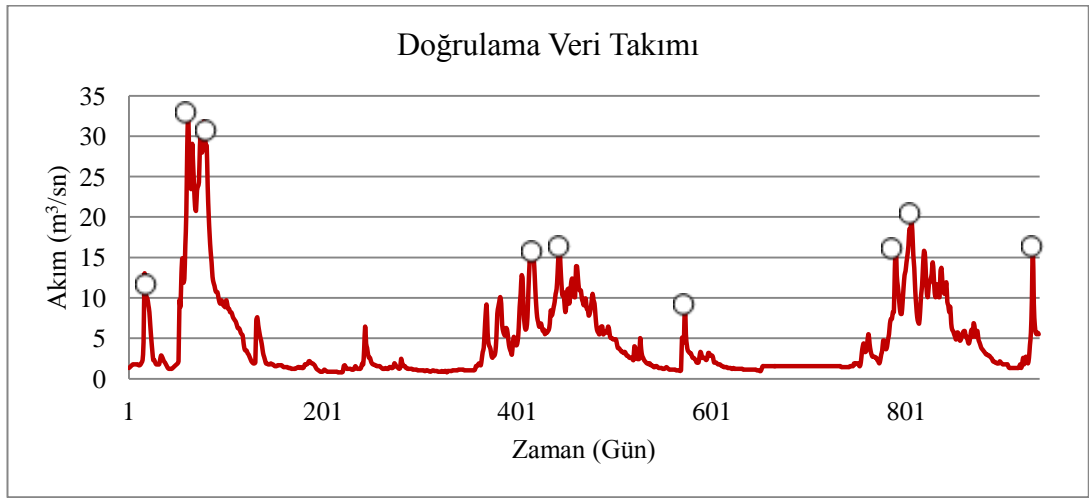
Kullanılan diğer metotlar değerlendirilecek olursa TBA-YSA’ da R değerinin önceki tahmin değerlerine göre giderek düşerek 0,614 civarına geldiği görülmektedir. Bununla beraber RMSE değeri 4,164’lara yükselmiş ve E değeri 0,396 seviyelerine düşmüştür. Bu değer TBA sonucunda elde edilen, toplam varyansın %100’ lük kısmını açıklayan 3TB’ in, girdi olarak kullanıldığı M2’ de elde edilmiştir. Yine ZGÖ-YSA sonucunda elde edilen 0,601’lik R değeritahmin sonuçlarının doğruluğunun giderek azaldığını göstermektedir. Önemli ölçüde artış gösteren RMSE değeri 4,213’e çıkmış, E değeri ise 0,353’lere düşmüştür. Elde edilen bu sonuçlar tahmin doğruluğunun giderek azaldığını net bir şekilde ortaya koymuştur.

En iyi sonucu veren ÇK-YSA’ daki M4’ün doğrulama verilerinin zaman serisi incelendiğinde minimum debi değerlerinin tahminindeki sapma miktarının öncekilere göre artış gösterdiği görülmektedir. Maksimum debilerde pik noktalardaki sapmalar önceki akım değerleri tahminlerine göre giderek artmıştır.

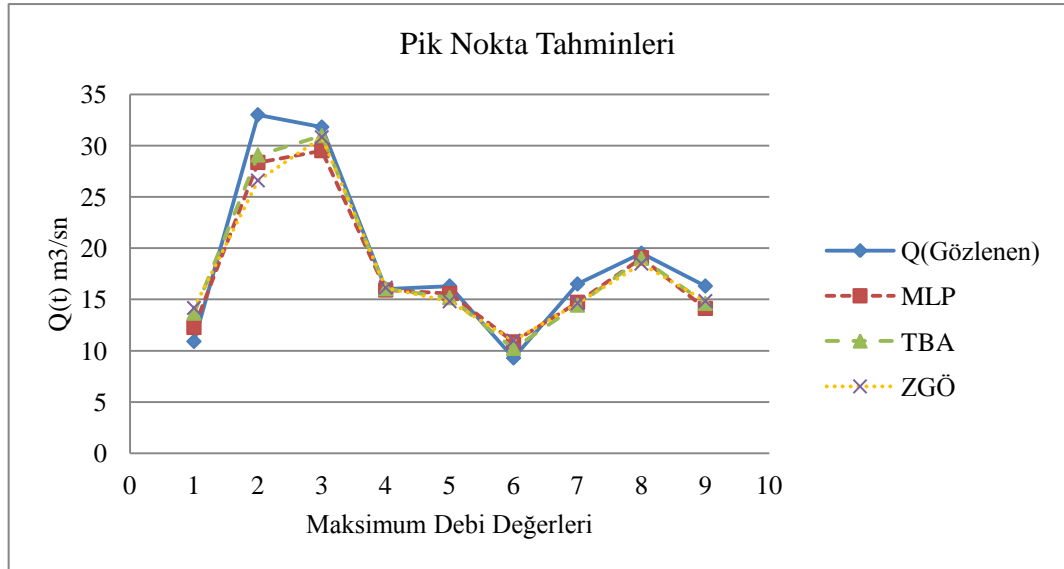
Sonuç olarak on dört gün sonraki akım değerleri tahmininde en iyi sonucu ÇK-YSA’ da M4 vermiştir.

5.6 Doğrulama Verileri Pik Değerlerinin Tahmini

Doğrulama veri takımı içerisinde bulunan debi değerlerinden maksimum olan dokuz adet debi değeri belirlenmiş ve belirlenen bu debi değerlerine karşılık her üç yöntemin tahmin sonuçları belirlenerek grafik olarak verilmiştir. Maksimum debi değerleri çalışma alanında taşkın zamanlarına denk geldiğinden bu değerlerin bilinmesi bölge için can ve mal kaybının önüne geçilmesinde önemli bir rol almaktadır.



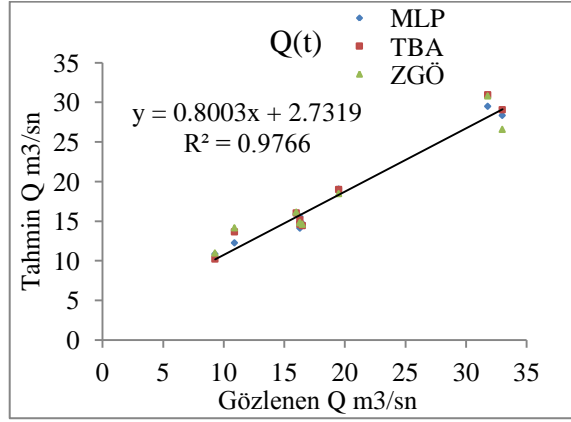
Şekil 5.25: Seçilen Maksimum Değerler



Şekil 5.26: Q(t) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerleri Zaman Serisi.

Q(t) doğrulama veri takımında bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık her üç yöntemle tahmin edilen debi değerleri Şekil 5.26'da verilmiştir. Şekil incelenecek olduğunda maksimum debi değerleri tahmininde her üç yönteminde

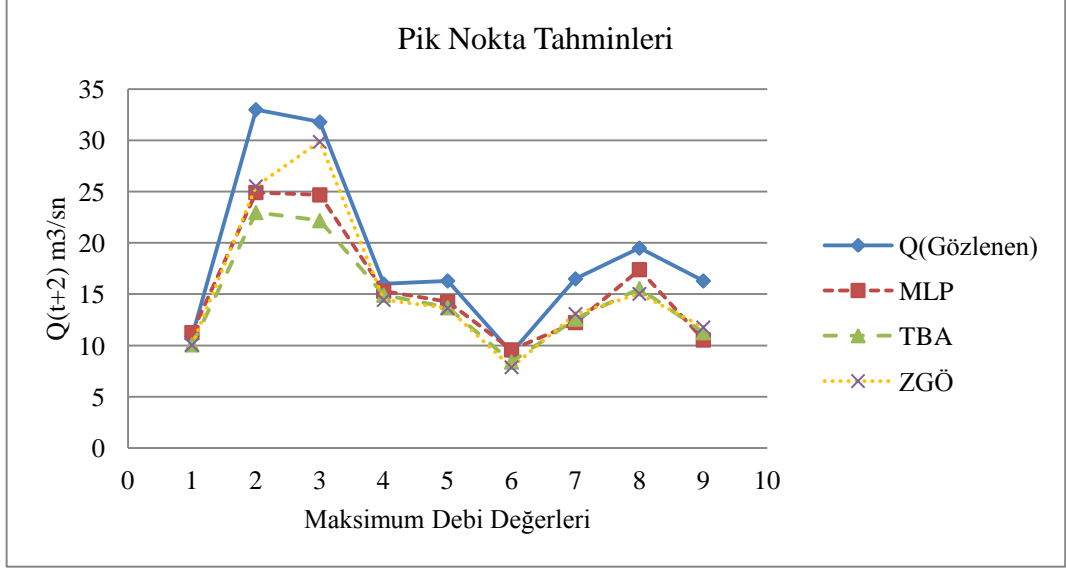
başarılı olduğu ancak ZGÖ ve TBA-YSA tahminlerinin bazı noktalarda MLP'ye oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.27: Q(t) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahminine Ait Saçılım Diyagramı.

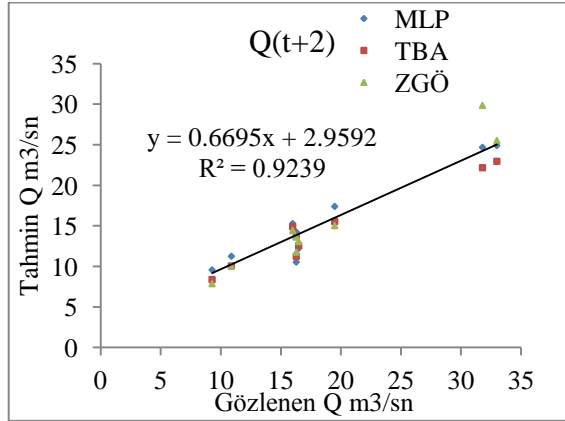
Çizelge 5.20: Q(t) Doğrulama Veri Takımı Pik Değerleri Tahmini Ve RMSE Hata Değerleri.

Gözlenen Q	Tahmin			RMSE		
	MLP	TBA	ZGÖ	MLP	TBA	ZGÖ
10.9	12.26	13.65	14.16	2.11	1.92	2.68
33.0	28.35	29.07	26.59			
31.8	29.50	30.96	30.81			
16.0	15.91	16.04	16.14			
16.3	15.56	15.17	14.8			
9.29	10.85	10.22	10.98			
16.5	14.71	14.44	14.61			
19.5	19.05	19.00	18.48			
16.3	14.12	14.61	14.84			



Şekil 5.28: Q(t+2) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahmini Zaman Serisi.

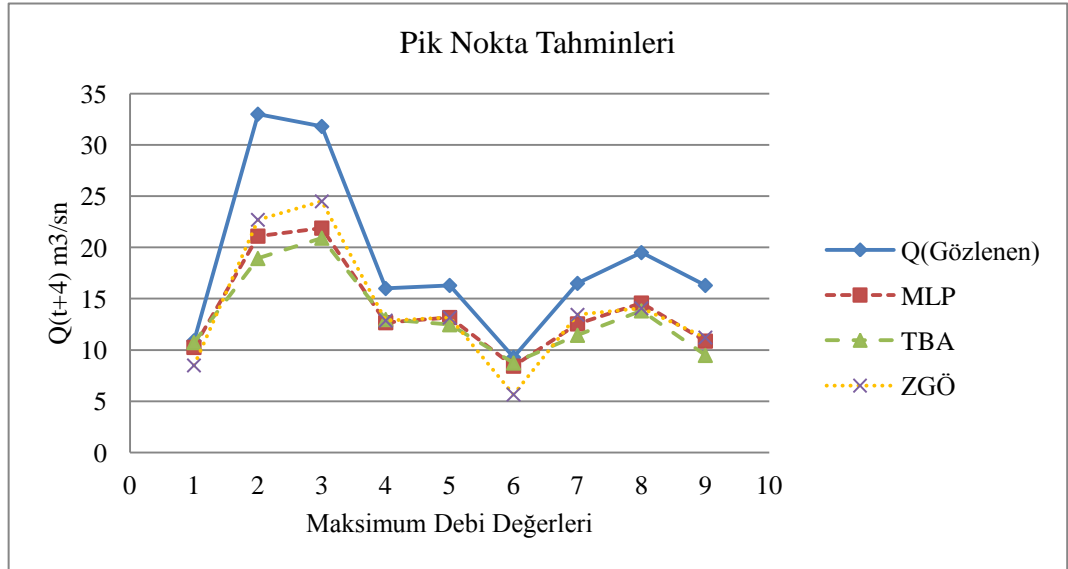
Q(t+2) doğrulama veri takımında bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık her üç yöntemle tahmin edilen debi değerleri Şekil 5.28’de verilmiştir. Şekil incelenecek olduğunda maksimum debi değerleri tahmininde hata oranlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ZGÖ ve TBA-YSA tahminlerinin bazı noktalarda MLP’ye oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.29: Q(t+2) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahminine Ait Saçılım Diyagramı.

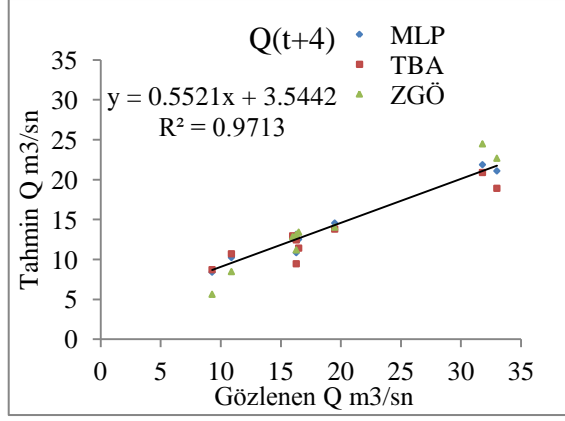
Çizelge 5.21: $Q(t+2)$ Doğrulama Veri Takımı Pik Değerleri Tahmini Ve RMSE Hata Değerleri.

Gözlenen	Tahmin			RMSE		
	MLP	TBA	ZGÖ	MLP	TBA	ZGÖ
Q						
10.9	11.26	10.07	10.05	4.43	5.36	3.71
33.0	24.92	22.97	25.53			
31.8	24.69	22.18	29.86			
16.0	15.29	14.91	14.44			
16.3	14.25	13.69	13.64			
9.29	9.58	8.39	7.88			
16.5	12.24	12.58	13.08			
19.5	17.40	15.55	15.04			
16.3	10.54	11.26	11.77			



Şekil 5.30: $Q(t+4)$ Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahmini Zaman Serisi.

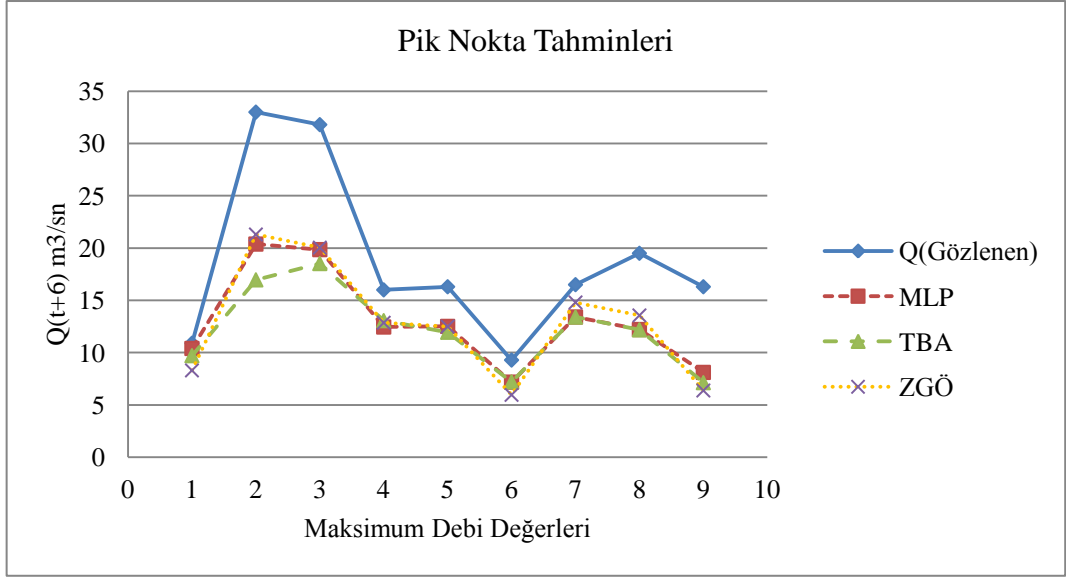
$Q(t+4)$ doğrulama veri takımında bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık her üç yöntemle tahmin edilen debi değerleri Şekil5.30'da verilmiştir. Şekil incelenecek olduğunda maksimum debi değerleri tahmininde hata oranlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ZGÖ ve TBA-YSA tahminlerinin bazı noktalarda MLP'ye oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.31: Q(t+4) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahminine Ait Saçılım Diyagramı.

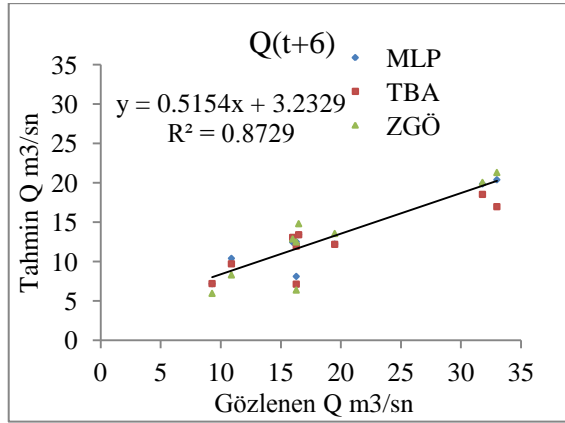
Çizelge 5.22: Q(t+4) Doğrulama Veri Takımı Pik Değerleri Tahmini Ve RMSE Hata Değerleri.

Gözlenen	Tahmin			RMSE		
	MLP	TBA	ZGÖ	MLP	TBA	ZGÖ
Q						
10.9	10.26	10.73	8.50	6.06	7.03	5.40
33.0	21.11	18.93	22.70			
31.8	21.89	20.91	24.50			
16.0	12.67	12.98	12.87			
16.3	13.17	12.47	13.16			
9.29	8.43	8.74	5.66			
16.5	12.55	11.44	13.44			
19.5	14.58	13.82	14.07			
16.3	10.87	9.48	11.22			



Şekil 5.32: Q(t+6) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahmini.

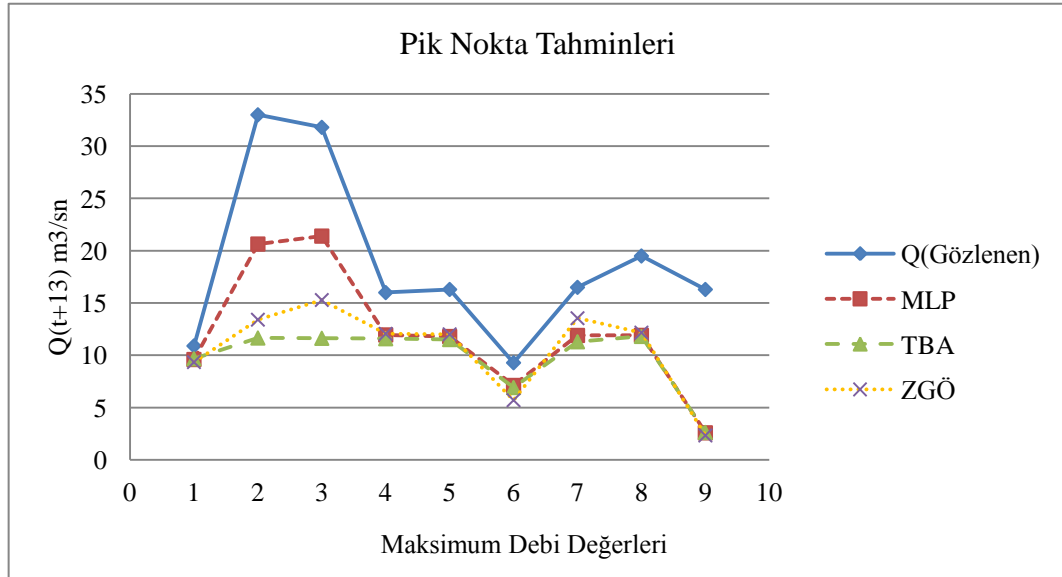
Q(t+6) doğrulama veri takımında bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık her üç yöntemle tahmin edilen debi değerleri Şekil5.32’de verilmiştir. Şekil incelenecek olduğunda maksimum debi değerleri tahmininde hata oranlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ZGÖ ve TBA-YSA tahminlerinin bazı noktalarda MLP’ye oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.33: Q(t+6) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahminine Ait Saçılım Diyagramı.

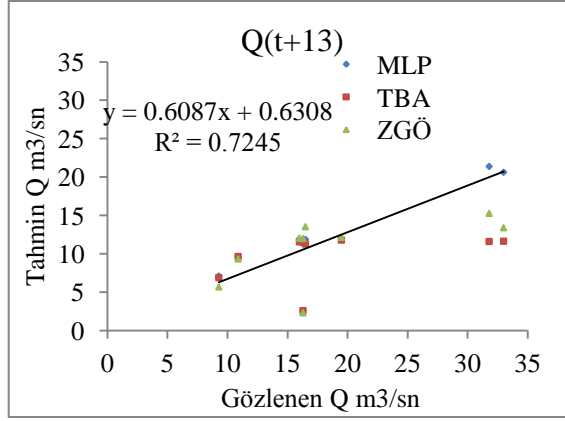
Çizelge 5.23: $Q(t+6)$ Doğrulama Veri Takımı Pik Değerleri Tahmini Ve RMSE Hata Değerleri.

Gözlenen	Tahmin			RMSE		
	MLP	TBA	ZGÖ	MLP	TBA	ZGÖ
Q						
10.9	10.40	9.71	8.30	7.17	8.26	7.10
33.0	20.38	16.96	21.30			
31.8	19.85	18.52	20.04			
16.0	12.45	13.06	12.86			
16.3	12.51	11.95	12.49			
9.29	7.18	7.20	5.96			
16.5	13.41	13.40	14.80			
19.5	12.21	12.18	13.56			
16.3	8.11	7.13	6.38			



Şekil 5.34: $Q(t+13)$ Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahmini.

$Q(t+13)$ doğrulama veri takımında bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık her üç yöntemle tahmin edilen debi değerleri Şekil5.34'te verilmiştir. Şekil incelenecek olduğunda maksimum debi değerleri tahmininde hata oranlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ZGÖ ve TBA-YSA tahminlerinin bazı noktalarda MLP'ye oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.35: Q(t+13) Doğrulama Verileri Maksimum Debi Değerlerin Tahminine Ait Saçılım Diyagramı.

Çizelge 5.24: Q(t+13) Doğrulama Veri Takımı Pik Değerleri Tahmini Ve RMSE Hata Değerleri.

Gözlenen Q	Tahmin			RMSE		
	MLP	TBA	ZGÖ	MLP	TBA	ZGÖ
10.9	9.60	9.67	9.35	7.96	11.47	10.34
33.0	20.64	11.66	13.41			
31.8	21.40	11.63	15.29			
16.0	11.95	11.59	12.06			
16.3	11.80	11.51	12.01			
9.29	7.12	6.92	5.71			
16.5	11.90	11.30	13.55			
19.5	11.91	11.81	12.17			
16.3	2.59	2.63	2.34			

6. SONUÇLAR

Akarsu akım değerlerinin bilinmesi, bir akarsu üzerine yapılacak olan yapıların tasarımında ve yapımında, akarsuyun çeşitli amaçlar için kullanımında ve taşkın kontrolünde büyük önem taşımaktadır. Akarsu üzerine inşa edilecek olan yapıların maliyetinin de çok yüksek olduğu düşünülecek olursa akım değerlerinin bilinmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Akım değerlerinin bilinmesi taşkınların önüne geçerek can ve mal kaybını önlemesi açısından da hayati bir öneme sahiptir. Her geçen gün büyüyen sanayi ve küreselleşen dünya şartlarında enerji ihtiyacı da artış göstermektedir. Bu enerjinin hidroelektrik santralleri tarafından karşılanması planlandığında, akım değerlerinin bilinmesi kurulacak olan santrallerinden kapasitesinin ve kurulacak yerin tayin edilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Akım tahmini yaparken akım değerini etkileyen faktörlerinde iyi bilinmesi iyi bir tahmin yapmak açısından oldukça önemlidir. Akım değerlerini etkileyen faktörlerden bazıları havzaya düşen yağış miktarı, sıcaklık, yer altı suları ve yer altı su kaynakları, havza bitki örtüsü, havza büyüklüğü ve eğimi, havza tabakasının geçirimsizliği olarak sıralanabilir. Bu faktörlerde göz önüne alınarak yapılacak olan akım tahminlerinin daha gerçekçi sonuçlar vereceği düşünülebilir.

Bu çalışmada Solaklı Deresinin en büyük iki yan kolundan biri olan Haldizen Deresi üzerinde bulunan ve DSİ'ye ait olan, 2207 numaralı istasyonundan ölçülen, 1998-2009 yıllarına ait, 4291 adet günlük ortalama akım değerleri kullanılarak 1,3,5,7 ve 14 gün sonraki akım değerleri, bazı Yapay Sinir Ağları metodu ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma verileri DSİ'den temin edilmiştir. Çalışmada sadece akım değerlerinin kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiği daha önce yapılan çalışmalar incelenerek gözlemlenmiş ve bu çalışma bu durum göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Çalışmada akım değerlerinin birer gün önceki verileri alınacak şekilde toplamda 6 model geliştirilmiştir. Bütün modellerde tek çıktı değeri aranmıştır. Geliştirilen bu modellerin her biri için birbirinden farklı fonksiyonlar ve ara katman eleman sayısı belirlenip test edilmiştir. Çalışmada kurulan modellerin hata değerleri incelendiğinde YSA'nın akım tahmini problemlerinde kısa süreli akım tahmininde oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Modellemede (Çok Katmanlı) ÇK-YSA, (Temel Bileşenler Analizi) TBA-YSA ve (Zaman Geciktirmeli Özyineli) ZGÖ-YSA kullanılmış ve bu ağların sonucunu etkileyen transfer fonksiyonu olarak (Tanjant Hiperbolik Axon) TanhAxon ve (Sigmoid Axon) SigAxon seçilmiştir. Bu fonksiyonlardan TanhAxon'un daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Her bir fonksiyona karşılık öğrenme kuralı olarak Momentum, Conjugate Gradient ve Levenberg Marquardt seçilmiş ve bu fonksiyon ve öğrenme kurallarına göre ağ eğitilmiştir. Kullanılan öğrenme kurallarından en iyi sonuçları Conjugate Gradient öğrenme kuralına göre eğitilen ağlar vermiştir. Kullanılan öğrenme kurallarından en iyi sonuçları Conjugate Gradient öğrenme kuralına göre eğitilen ağlar vermiştir. Kurulan ağlarda öğrenme oranı ve momentum katsayısı olarak optimum değerler olan 1,00 ve 0,70 olarak seçilmiştir (Neuro Soltuion, 2005). Kurulan ağlarda gizli katmandaki eleman sayısı 50,30,20,15,10 ve 5 olarak denenmiş ve daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenen 10 elamanlı gizli katman bütün ağlar için kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca gizli katman sayısı içinde 1 ve 2 denenmiş ancak tek gizli katmanlı ağların daha hızlı ve daha doğru sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Tekrar sayısı ve iterasyon sayısı olarak ağ eğitiminde harcanan süre de göz önünde bulundurularak, daha kısa sürede daha iyi tahmin verebilmesi beklentisi açısından 10 ve 1000 olarak seçilmiştir.

Sonuç olarak akım değerlerinin, YSA kullanılarak, mevcut metotlara oranla daha kısa sürede ve sadece geçmiş yılların akım verilerinin kullanılması ile tahmin edilmesi, bu yöntemin rahatlıkla kullanılabilmesinin yolunu açmıştır. Bu çalışmada, akım değerlerinin bilinmediği, ölçümün alınmadığı, ölçüm sisteminin arızalı olduğu istasyonların akım değerlerinin tahmin edilmesi probleminin YSA ile çözülebileceği sonucuna varılmıştır.

Modellere etki eden parametreler içinse aşağıdaki gibi bir sıralama yapılabilir;

Geçmiş yıllara ait akım değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar ÇK-YSA,TBA-YSA ve ZGÖ-YSA'nın kullanılabilirliğini göstermiştir.

YSA'da tek ara katmandan farklı ara katman sayıları da denenmiş ancak tek katmanlı ağın eğitilmesinin hem daha hızlı hem de daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

YSA'da kısa süreli akım tahmini sonuçlarının uzun zamanlı akım tahmini sonuçlarından daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Tahmin başarısının ileriye yönelik sürenin artmasıyla azaldığı görülmüştür.

YSA'da ara katmandaki eleman sayısı tahminin hata değerleri üzerinde etkili olmuştur. Bu sebeple değişik ara katman eleman sayılar denenmiş ve en iyi sonuç veren ara katman sayısı bütün modellere uygulanmıştır.

Girdi sayısının az olduğu modellerin genellikle daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Ağda iki transfer fonksiyonu ve üç öğrenme kuralı denenmiş ve Tanjant Hiperbolik Axon transfer fonksiyonu ile Conjugate Gradient öğrenme kuralının diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yapılan akım tahminlerinde minimum yani kuraklık seviyelerindeki tahminlerin oldukça başarılı olduğu ancak maksimum debi değerlerinin tahmininde kısa süreli tahminler için çok az miktarda sapma olduğu ve sürenin uzatılmasıyla bu sapmanın arttığı gözlemlenmiştir.

YSA sonuçları, kısa süreli akım tahminlerinde tezde kullanılan yöntemlerin rahatlıkla uygulanabilir olduğunu ancak bu yöntemler arasında ÇK-YSA sonuçlarının diğerlerine oranla daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Çalışma kapsamında doğrulama veri takımı içerisinde bulunan dokuz adet maksimum debi değerine karşılık tahmin edilen debi değerleri belirlenmiş ve çeşitli kriterlerle kıyaslanmıştır. Pik değer tahmininde kullanılan üç yöntemden ZGÖ-YSA'nın diğer iki yönteme kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Algancı, U., Coşkun, H. G., Eriş, E., Ağırlioğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Toprak, Z. F., 2010. Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında hidroelektrik potansiyelin belirlenmesine yönelik uzaktan algılama ve cbs ile hidrolojik modelleme, Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi, 101-102.
- Aslan, E., 2008. Değişik yapay sinir ağı metotlarının su kaynakları verisinin uzun zaman aralıklı tahminlerinde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, H., Düzen, H., 2011. Comparison of measured and calculated evaporation values of openwater surface the case of lake Van, 5th Atmospheric Science Symposium, İstanbul, Bildiriler Kitabı,275-284.
- Bahadır, İ., 2008. Bayes teoremi ve YSA modelleriyle borsa gelecek değer tahmini uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayazıt M.,1982. Hidroloji, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Bishop, C.M., 1995. Neural networks for pattern recognition, Oxford University Press, Oxford.
- Can, M., 2012. Yapay sinir ağları ile akım tahmini: mahmudiye göleti örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Chang, L., Chang, F., Chiang, Y., 2004. A two-step-ahead recurrent neural network for stream-flow forecasting, Hydrological Processes 18, 81-92.
- Chang, L. C., Chen, P. A., Chang, F. J., 2012. Reinforced two-step-ahead weight adjustment technique for online training of recurrent neural networks.Neural Networks and Learning Systems, IEEE Transactions on, 23, 8, 1269-1278.
- Chang, F., Chen, P., Lu, Y., Haung, E., Chang, K., 2014. Real-time-multi-step-ahead water level forecasting by reccurentt neural network for urban flood control, Journal of Hydrology, 517, 836 - 846.
- Cıgızoğlu, H.K., 2003. Estimation, forecasting and extrapolation of river flows by artificial neural Networks, Hydrological Sciences Journal 48, 3, 349-361.

- Ceylan, R., Özbay, Y., 2007. Comparison of FCM, PCA and WT techniques for classification ECG arrhythmias using artificial neural network, *Expert Systems with Applications*, 33, 2, 286-295.
- Dawson C. W., Wilby R.L., 2001. Hydrological modelling using artificial neural networks, *Progress in Physical Geography*, 25, 1, 80-108.
- Dibike, Y.B., Solomatine, D.P., 2001. River flow forecasting using artificial neural networks, *Physics Chemical Earth*, 26, 1, 1-7.
- Doğan, E., Ateş, A., Yılmaz, E.C., Eren, B., 2008. Application of artificial neural networks to estimate wastewater treatment plant inlet biochemical oxygen demand, *Environmental Progress*, 27, 4, 439-446.
- Eren, B., Eyüpoğlu, V., 2011. Yapay sinir ağları ile Ni(II) Gyonu geri kazanım veriminin modellenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium, Bildiriler Kitabı, 16-18, Elazığ.
- Ersungur, Ş.M., Kızıltan, A., Polat, Ö., 2007. Türkiye’de bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması: temel bileşenler analizi, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21, 2.
- Golob R., Stokelj T., Grgic D., 1998. Neural network- based inflow forecasting, *Control Engineering Practice*, 6, 593-600.
- Gupta, H.V., Kling, H., Yilmaz K.K., Martinez G.F., 2009. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling, *Journal of Hydrology* 377, 80-91.
- Gupta, H. V., Kling, H., 2011. On typical range, sensitivity, and normalization of Mean Squared Error and Nash-Sutcliffe Efficiency type metrics. *Water Resources Research*, 47,10.
- Hagan, M.T., Demuth, H.B., Beale, M.H., 1996. *Neural network design*, MA PWS Publishing, Boston.
- Hınıs, M.A., 2013. Bütünleşik kuraklık indeksi ile aksaray’da hidrometeorolojik kuraklık analizi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 28, 4, 711-721.
- Kote, A. S., Jothiprakash, V., 2008. Reservoir inflow prediction using time lagged recurrent neural networks. In *Emerging Trends in Engineering and Technology*, First International Conference, 618-623.
- Kişi, Ö., 2004. River flow modeling using artificial neural network, *Journal of Hydrologic Engineering*, 9, 60-63.
- Komornik, j., Komornikova, M., Mesiar, R., Szökeova, D., Szolgay, J., 2006. Comparison of forecasting performance of nonlinear models of hydrological time series, *Physics and Chemistry of The Earth* 31, 1127-1145.

- Kişi, Ö., 2007. Streamflow forecasting using different artificial neural network algorithms, *Journal of Hydrologic Engineering*, 12, 532-539.
- Kankal, M., 2010. Liman içi çalkantılarının fiziksel ve sayısal modellenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kanellou, E.C., Spyropoulos, N.V., Dalezios, N.R., 2011. Geoinformatic intelligence methodologies for drought spatiotemporal variability in greece, *Water Resources Management*, 26, 5, 1089-1106.
- Kroon, A., Larson, M., 2008. Statistical analysis of coastal morphological data sets over seasonal to decadal time scales, *Coastal Engineering*, 55, 7, 581-600.
- Kutoğlu, H.Y., 1980. Uygulamalı hidrolik ve hidroloji, Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.
- Latt, Z.Z., Wittenberg, H., 2014. Improving flood forecasting in a developing country: A comparative study of stepwise multiple regression and artificial neural network, *Water Resour Manage*, 28, 2109-2128.
- Mathworks Inc., 1998. MATLAB 5.3. Neural network toolbox, Users Guide, 5. Printing, Version 3, Mathworks Inc.
- Mete, T., 2008. Kesikli bir biyoreaktörde yapay sinir ağlarının kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Nash, J. E., Sutcliffe J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part 1, A Discussion of Principles, *Journal of Hydrology*, 10, 3, 282-290.
- Nourani, V., Baghanam A.H., Adamowski, J., Gebremichael, M., 2013, Using self organizing maps and wavelent transforms for space-time pre-processing of satalitte precipitation and runoff data in neural network based rainfall-runoff modeling, *Journal of Hydrology*, 476, 228-243.
- Okkan, U., Mollamahmutoğlu, A., 2010. Çoruh nehri günlük akımlarının yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14, 3, 251-261.
- Önal, S., 2009. Yapay sinir ağları metodu ile Kızılırmak Nehri'nin akım tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Özbek T., 1989. Hidroloji, Gazi Üniversitesi, 1-60, Ankara.
- Öztemel E., 2003. Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Öztemel, E., 2006. Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

- Sattari, M., Apaydın, H., Öztürk, F., 2012. Flow estimation for the Sohu Stream using artificial neural network, Environ Earth Sci 66, 2031-2045.
- Sangün, L., 2007. Temel bileşenler analizi, ayırma analizi, kümeleme analizleri ve ekolojik verilere uygulanması üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Shamseldin, A. (2010). Artificial neural network model for river flow forecasting in a developing country. Journal of Hydroinformatics, 12, 1, 22-35.
- Singh, K.P., Basant, A., Malik, A., Jain, G., 2009. Artificial neural network modeling of the river water quality, Ecological Modelling, 220, 6, 888-895.
- Şahin, M., 2007. Karadeniz bölgesindeki yağış-akış ilişkisinin farklı yapay sinir ağları metodlarıyla belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen, Z., 2002. Yapay sinir ağları ve ilkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Turan, M.E., 2007. Akarsu akımlarının tahmininde yapay zeka tekniklerinin kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Turan, M.E., Yurdusev, M.A., 2009. River flow estimation from upstream flowrecords by artificial intelligence methods, Journal of Hydrology 369, 71-77.
- Timm, N. H., 2002. Applied multivariate analysis, Springer, New York
- Turhan, E., 2012. Seyhan havzasının yağış-akış ilişkisinin yapay sinir ağları yöntemi ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- URL-1 Demirpençe, H., Köprüçay akımlarının yapay sinir ağları ile tahmini, Alındığı tarih: 6.8.2014, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/11121.pdf>
- URL-2 Özdemir, S., Jeobiyokimyasal Döngüler, Alındığı tarih: 13.8.2014, <http://web.sakarya.edu.tr/~saimo/ders-unite07.htm>
- URL-3 <<http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>>, Alındığı tarih: 15.8.2014.
- URL-4 <<http://www.forumgercek.com/bilimsel-calismalar-ve-haberler/95658-yapay-zeka-amaci-ve-tarihcesi-gelecekte-yapay-zeka.html>>, Alındığı tarih: 22.8.2014.
- URL-5 <www.neurosolutions.com>, Alındığı tarih: 15.8.2014.
- Usul, N., 2008. Mühendislik hidrolojisi, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara.

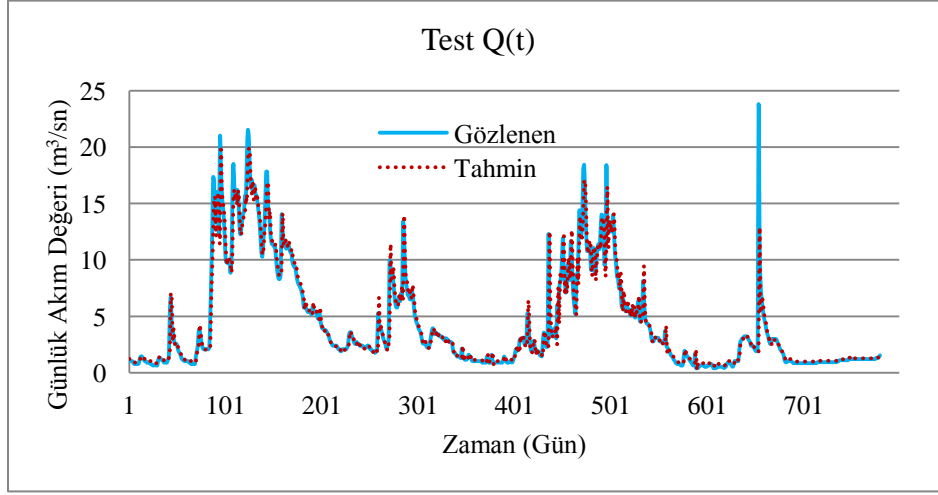
- Uzlu, E., Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., 2011. Restructuring of Turkey's electricity market and the share of hydropower energy: The case of the Eastern Black Sea Basin, *Renewable Energy* 36, 676-688.
- Wang, W., Chau, K., Cheng, C., Qiu, L., 2009. A comparison of performance of several artificial intelligence methods for forecasting monthly discharge time series, *Journal of Hydrology*, 374, 294-306.
- Wang, Y., Traore, S., 2009. Time Lagged Recurrent Neural Network for forecasting episodic event suspended sediment load in typhoon prone area. *International Journal of Physical Sciences*, 4, 9, 519-528.
- Yenigün, K., Gümüş, V., 2009. Hidroloji ders notları, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 1-40, Şanlıurfa.
- Yurtoğlu, H., 2005. Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellenmesi: Bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye Örneği, Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.

EKLER

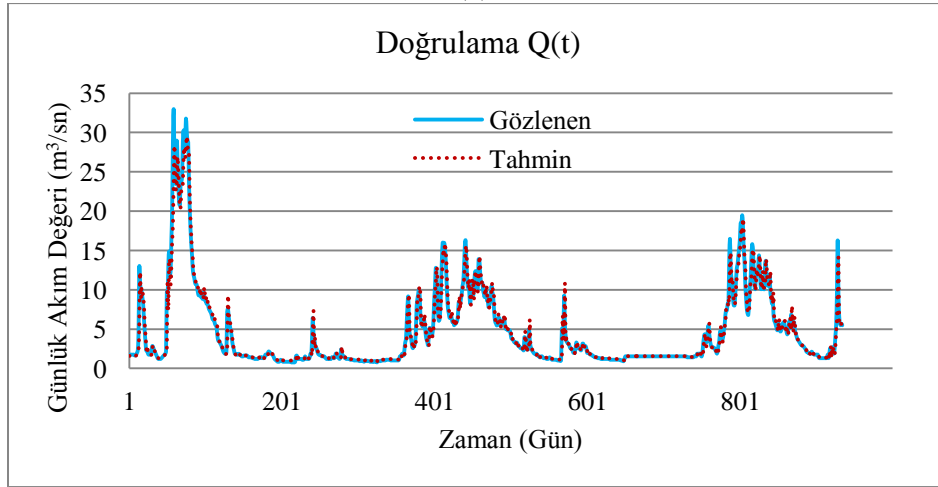
EK.A: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini.

Çizelge A.1: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,977	1,112	0,954	M1-2TB	0,974	1,221	0,945	M1	0,972	1,123	0,944
<u>M2</u>	<u>0,978</u>	<u>1,085</u>	<u>0,956</u>	M2-3TB	0,976	1,148	0,951	M2	0,965	1,363	0,931
M3	0,977	1,126	0,953	M3-4TB	0,974	1,170	0,949	M3	0,961	1,507	0,917
M4	0,977	1,101	0,955	M4-5TB	0,943	1,172	0,949	M4	0,966	1,348	0,933
M5	0,976	1,141	0,952	M5-6TB	0,969	1,284	0,939	M5	0,965	1,376	0,930
M6	0,976	1,148	0,951	M6-7TB	0,976	1,138	0,952	M6	0,970	1,277	0,940

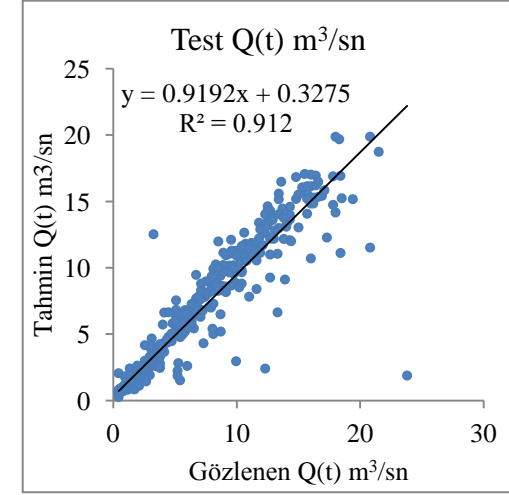


(a)

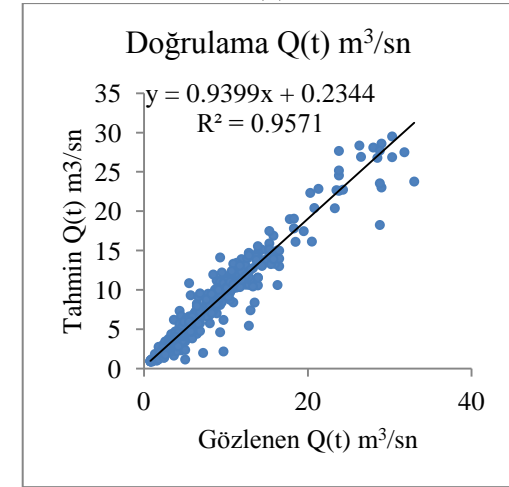


(b)

Şekil A.1: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)

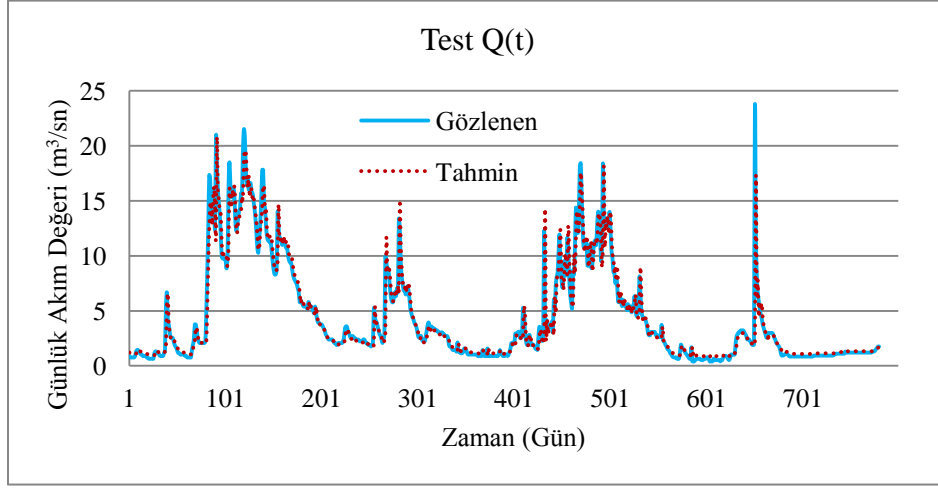


(b)

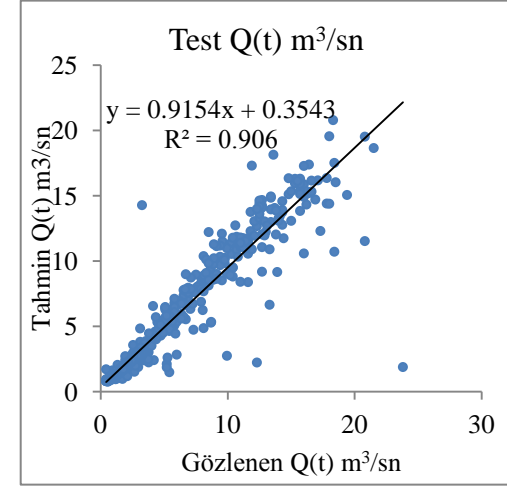
Şekil A.2: ÇK-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.

Çizelge A.2: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

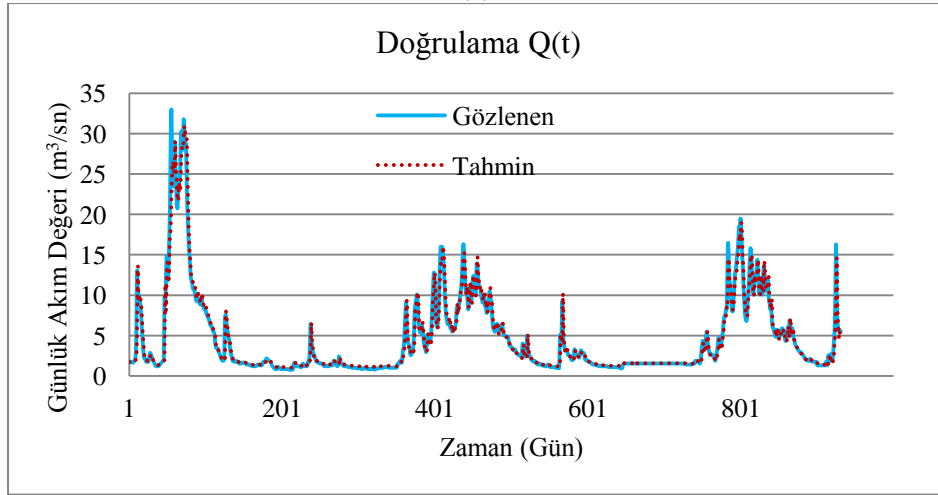
ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,977	1,112	0,954	M1-2TB	0,974	1,221	0,945	M1	0,972	1,123	0,944
M2	0,978	1,085	0,956	M2-3TB	0,976	1,148	0,951	M2	0,965	1,363	0,931
M3	0,977	1,126	0,953	M3-4TB	0,974	1,170	0,949	M3	0,961	1,507	0,917
M4	0,977	1,101	0,955	M4-5TB	0,943	1,172	0,949	M4	0,966	1,348	0,933
M5	0,976	1,141	0,952	M5-6TB	0,969	1,284	0,939	M5	0,965	1,376	0,930
M6	0,976	1,148	0,951	<u>M6-7TB</u>	<u>0,976</u>	<u>1,138</u>	<u>0,952</u>	M6	0,970	1,277	0,940



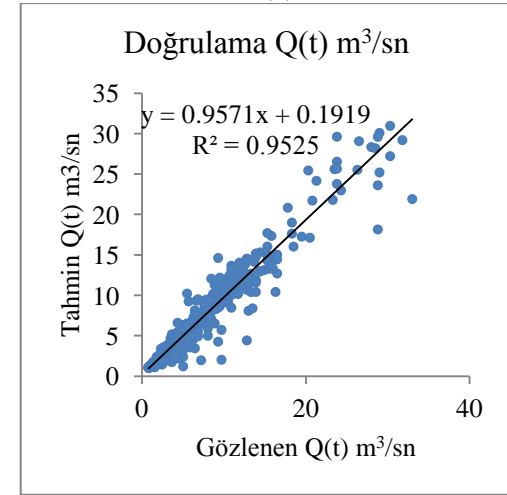
(a)



(a)



(b)



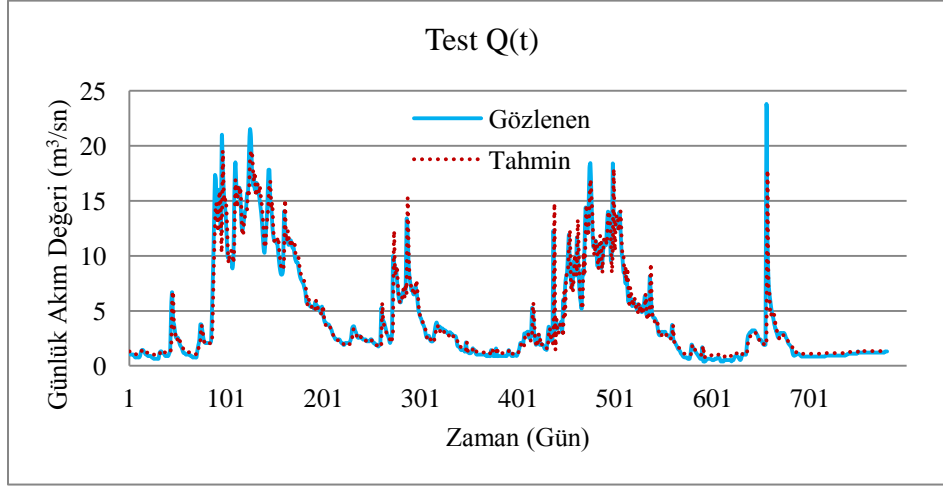
(b)

Şekil A.3:TBA-YSA'da M6-7TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

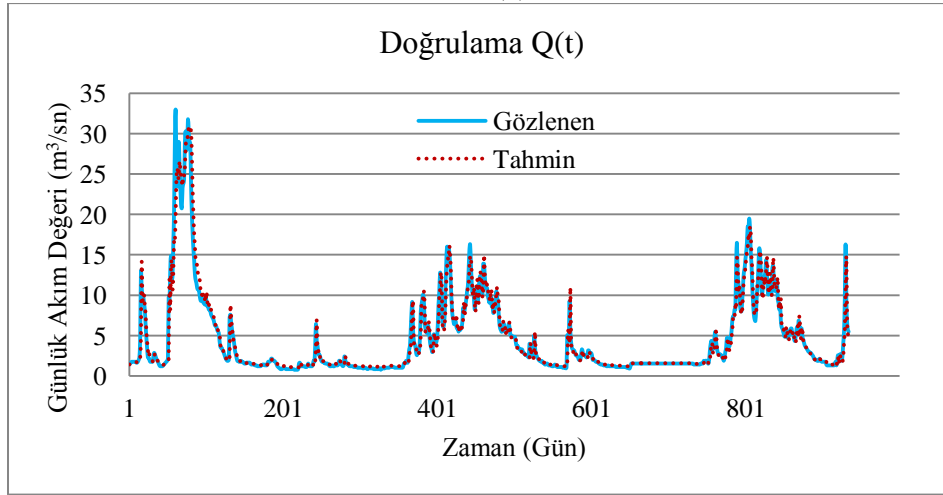
Şekil A.4:TBA-YSA'da M6-7TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.

Çizelge A.3: Bir Gün Sonrası (Q(t)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,977	1,112	0,954	M1-2TB	0,974	1,221	0,945	<u>M1</u>	<u>0,972</u>	<u>1,123</u>	<u>0,944</u>
M2	0,978	1,085	0,956	M2-3TB	0,976	1,148	0,951	M2	0,965	1,363	0,931
M3	0,977	1,126	0,953	M3-4TB	0,974	1,170	0,949	M3	0,961	1,507	0,917
M4	0,977	1,101	0,955	M4-5TB	0,943	1,172	0,949	M4	0,966	1,348	0,933
M5	0,976	1,141	0,952	M5-6TB	0,969	1,284	0,939	M5	0,965	1,376	0,930
M6	0,976	1,148	0,951	M6-7TB	0,976	1,138	0,952	M6	0,970	1,277	0,940

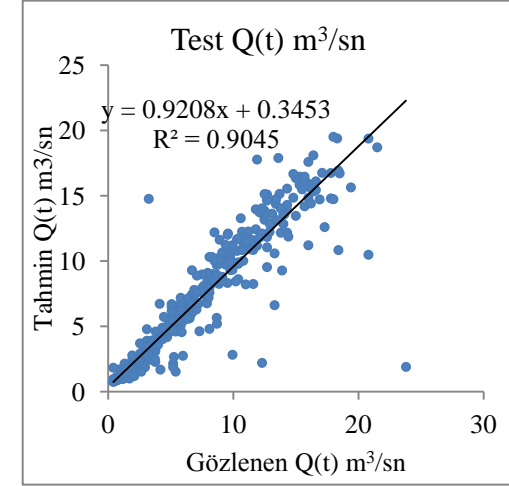


(a)

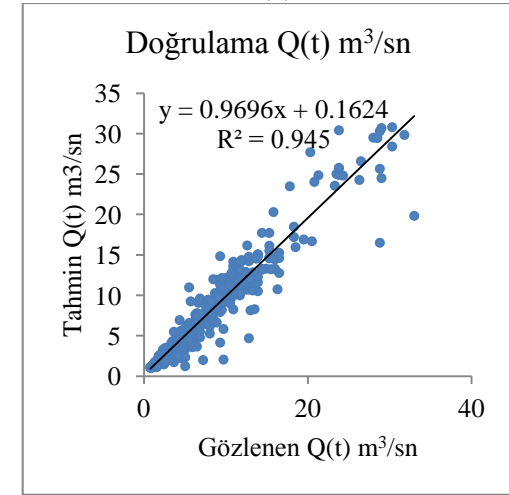


(b)

Şekil A.5: ZGÖ-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)



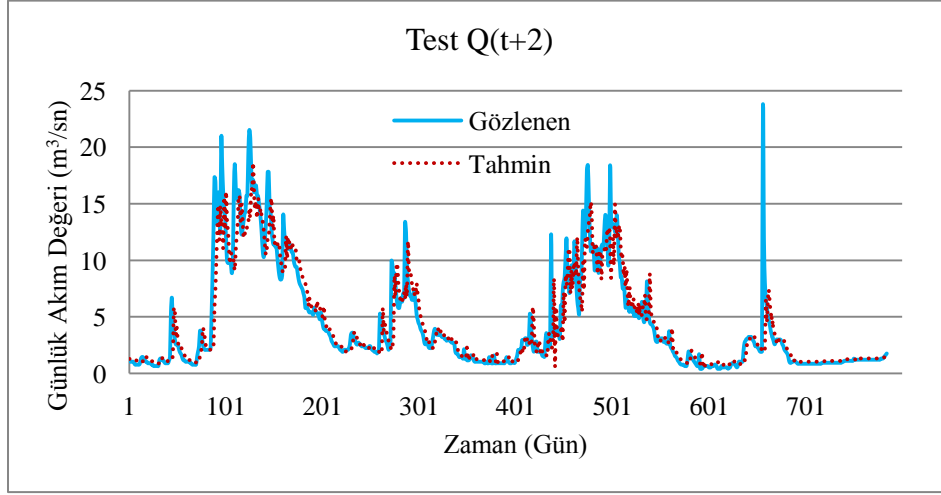
(b)

Şekil A.6: ZGÖ-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılım Diyagramı.

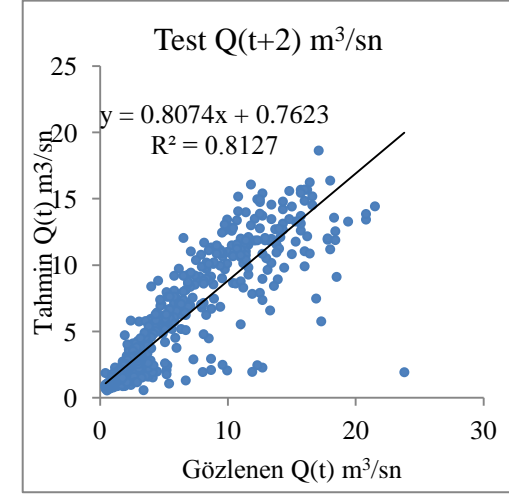
EK.B: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini.

Çizelge B.1: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

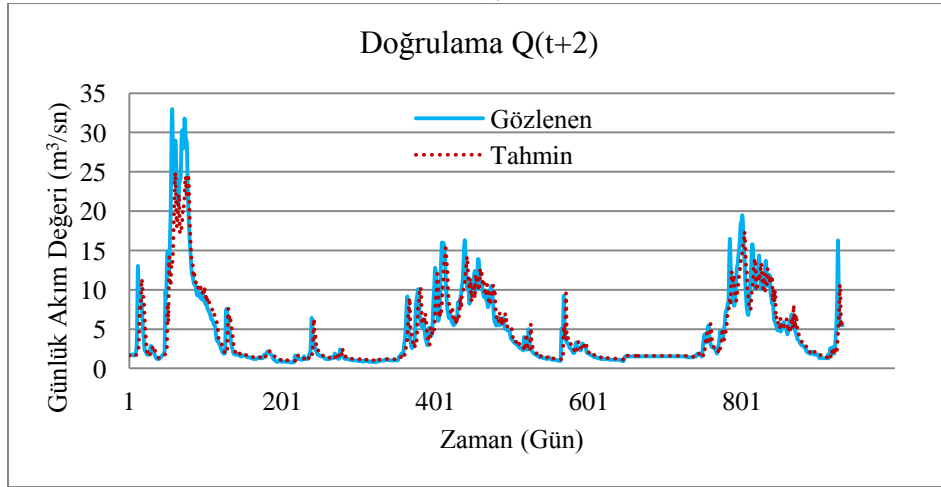
ÇK-YSA			TBA-YSA			ZGÖ-YSA					
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,905	2,237	0,816	M1-2TB	0,882	2,537	0,764	M1	0,885	2,445	0,780
M2	0,904	2,264	0,812	M2-3TB	0,892	2,417	0,785	M2	0,877	2,547	0,762
<u>M3</u>	<u>0,906</u>	<u>2,232</u>	<u>0,817</u>	M3-4TB	0,896	2,359	0,796	M3	0,879	2,492	0,772
M4	0,890	2,468	0,777	M4-5TB	0,884	2,542	0,763	M4	0,867	2,611	0,750
M5	0,903	2,297	0,807	M5-6TB	0,890	2,415	0,786	M5	0,881	2,474	0,776
M6	0,900	2,296	0,807	M6-7TB	0,883	2,522	0,767	M6	0,866	2,646	0,744



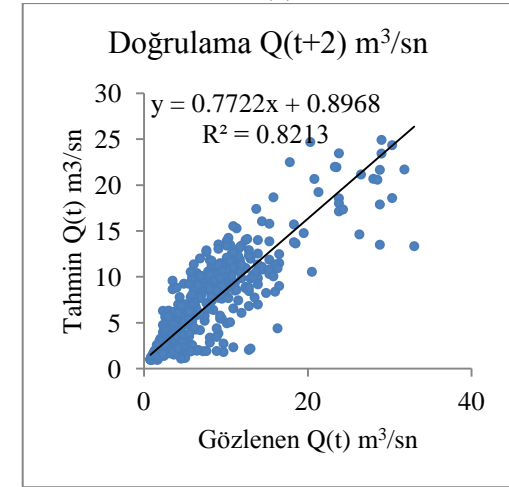
(a)



(a)



(b)



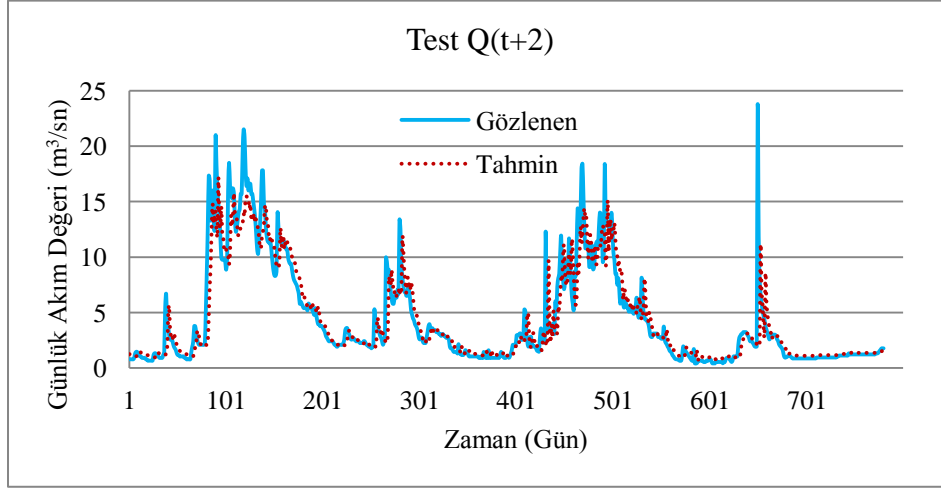
(b)

Şekil B.1: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi .

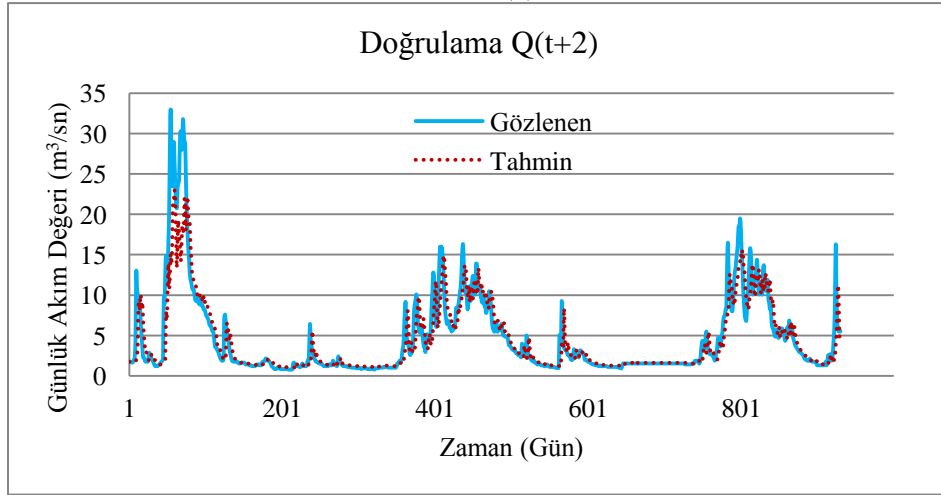
Şekil B.2: ÇK-YSA'da M3'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge B.2: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,905	2,237	0,816	M1-2TB	0,882	2,537	0,764	M1	0,885	2,445	0,780
M2	0,904	2,264	0,812	M2-3TB	0,892	2,417	0,785	M2	0,877	2,547	0,762
M3	0,906	2,232	0,817	M3-4TB	0,896	2,359	0,796	M3	0,879	2,492	0,772
M4	0,890	2,468	0,777	M4-5TB	0,884	2,542	0,763	M4	0,867	2,611	0,750
M5	0,903	2,297	0,807	<u>M5-6TB</u>	<u>0,890</u>	<u>2,415</u>	<u>0,786</u>	M5	0,881	2,474	0,776
M6	0,900	2,296	0,807	M6-7TB	0,883	2,522	0,767	M6	0,866	2,646	0,744

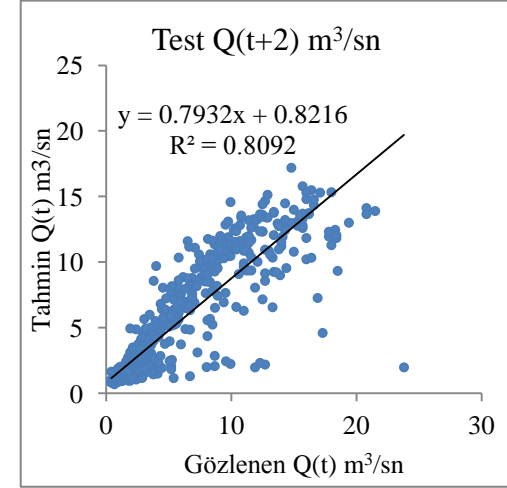


(a)

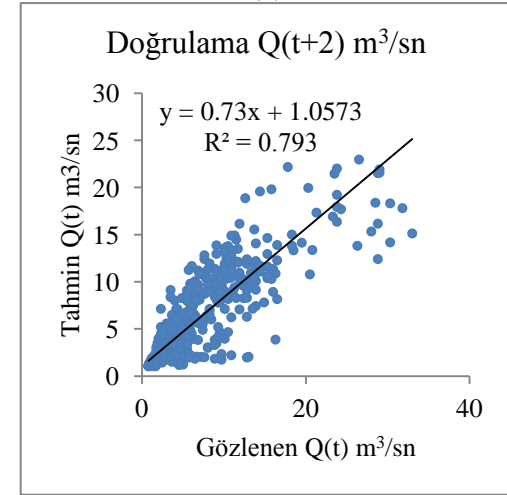


(b)

Şekil B.3: TBA-YSA'da M5-6TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)

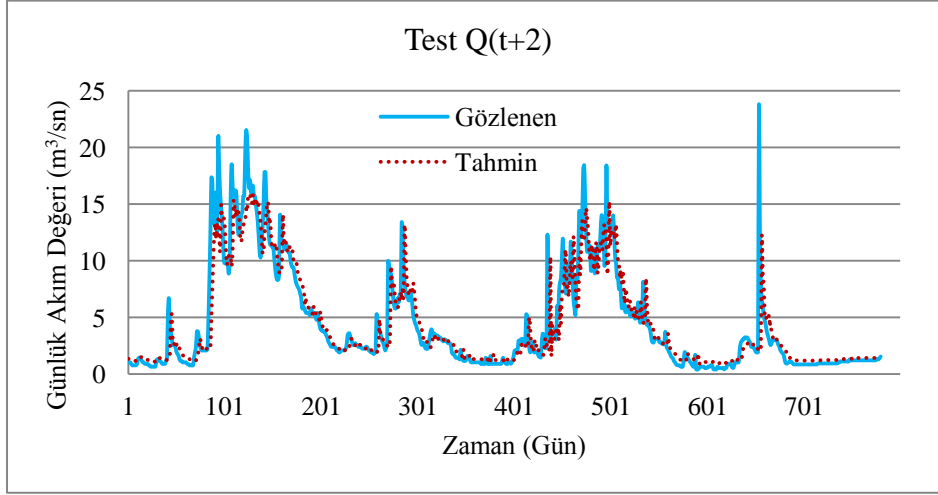


(b)

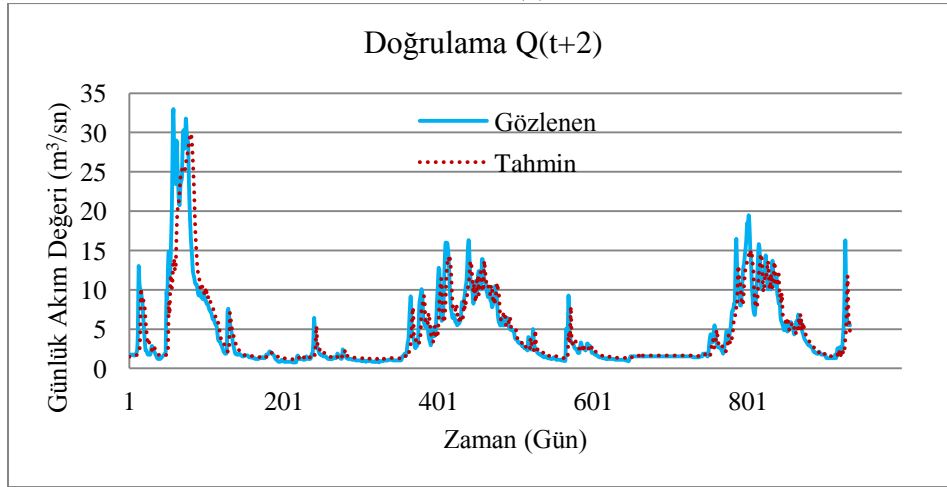
Şekil B.4: TBA-YSA'da M5-6TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge B.3: Üç Gün Sonrası (Q(t+2)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,905	2,237	0,816	M1-2TB	0,882	2,537	0,764	<u>M1</u>	<u>0,885</u>	<u>2,445</u>	<u>0,780</u>
M2	0,904	2,264	0,812	M2-3TB	0,892	2,417	0,785	M2	0,877	2,547	0,762
M3	0,906	2,232	0,817	M3-4TB	0,896	2,359	0,796	M3	0,879	2,492	0,772
M4	0,890	2,468	0,777	M4-5TB	0,884	2,542	0,763	M4	0,867	2,611	0,750
M5	0,903	2,297	0,807	M5-6TB	0,890	2,415	0,786	M5	0,881	2,474	0,776
M6	0,900	2,296	0,807	M6-7TB	0,883	2,522	0,767	M6	0,866	2,646	0,744

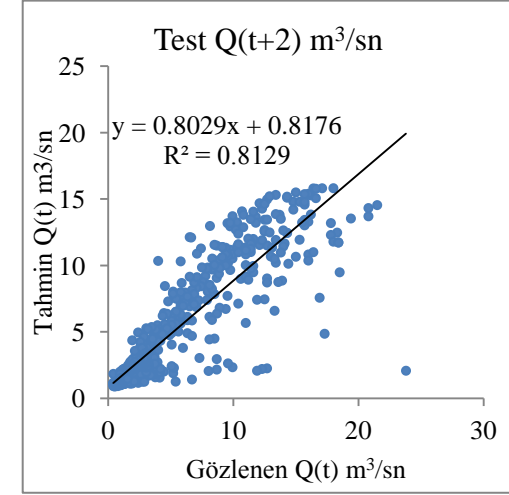


(a)

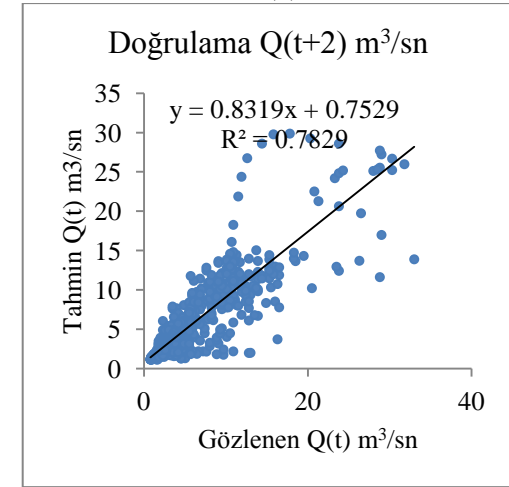


(b)

Şekil B.5: ZGÖ-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)



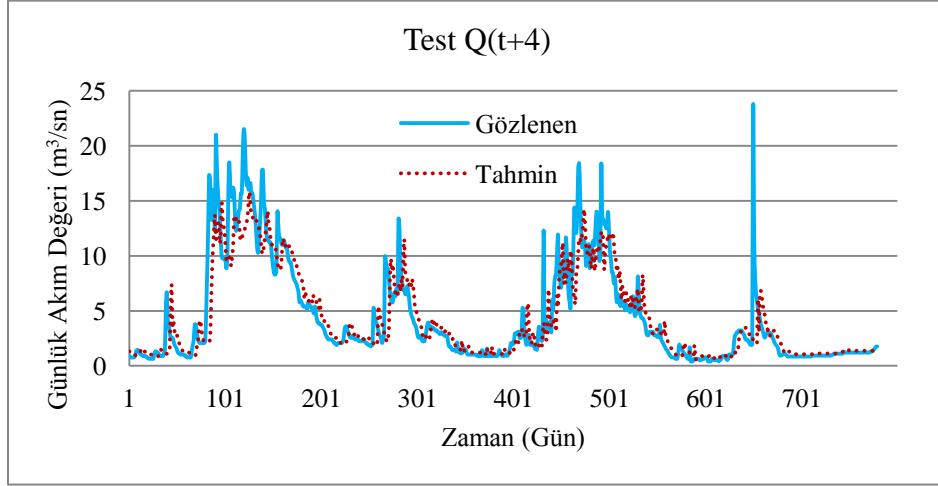
(b)

Şekil B.6: ZGÖ-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

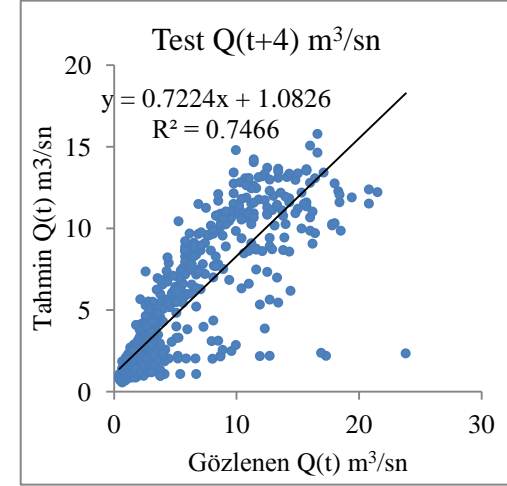
EK.C: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini.

Çizelge C.1: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

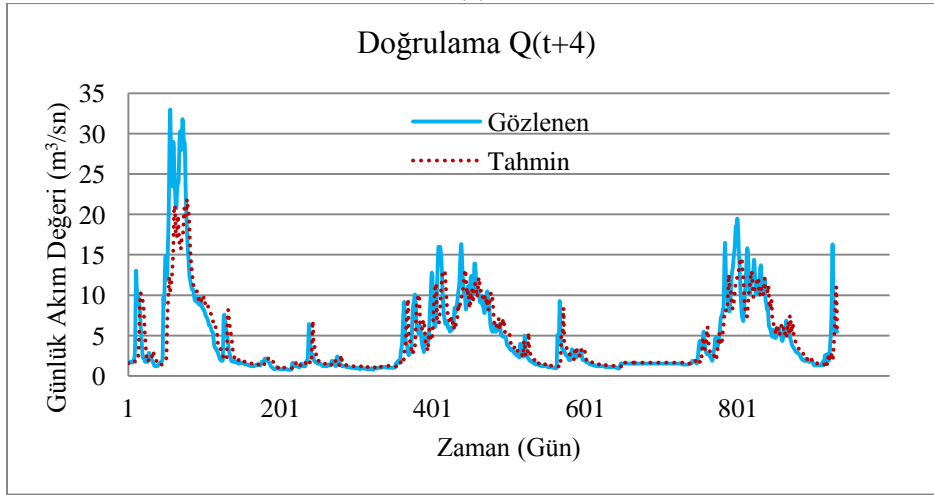
ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,838	2,873	0,697	M1-2TB	0,828	2,971	0,676	M1	0,786	3,256	0,614
M2	0,829	2,971	0,676	M2-3TB	0,823	3,017	0,666	M2	0,820	2,994	0,671
M3	0,816	3,079	0,653	M3-4TB	0,830	2,943	0,683	M3	0,777	3,314	0,598
M4	0,824	3,002	0,670	M4-5TB	0,821	3,041	0,661	M4	0,820	2,998	0,670
M5	0,820	3,038	0,663	M5-6TB	0,824	3,019	0,667	M5	0,806	3,100	0,649
M6	0,831	2,937	0,685	M6-7TB	0,814	3,088	0,651	M6	0,804	3,170	0,633



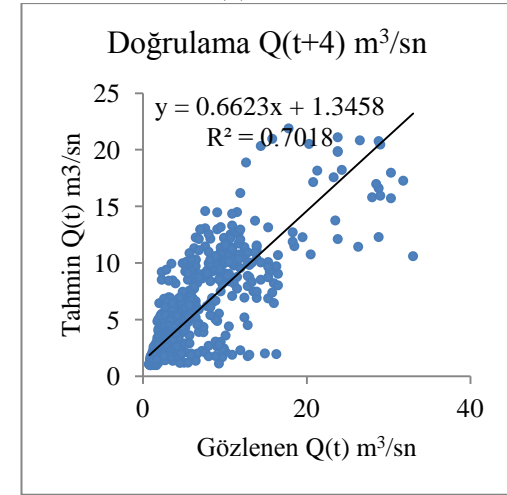
(a)



(a)



(b)



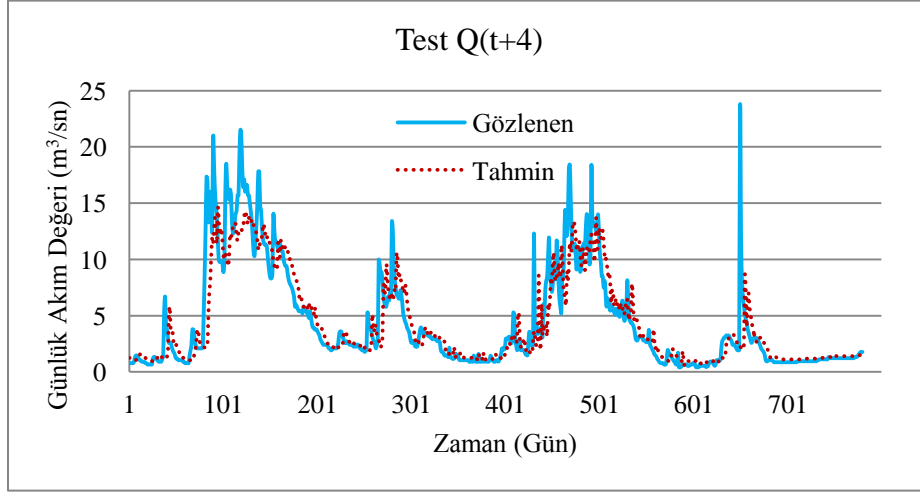
(b)

Şekil C.1: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

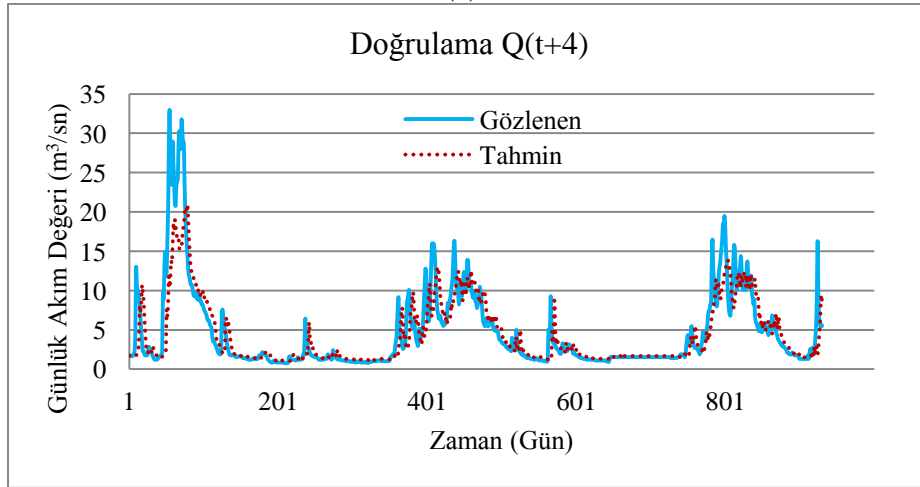
Şekil C.2: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge C.2: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,838	2,873	0,697	M1-2TB	0,828	2,971	0,676	M1	0,786	3,256	0,614
M2	0,829	2,971	0,676	M2-3TB	0,823	3,017	0,666	M2	0,820	2,994	0,671
M3	0,816	3,079	0,653	<u>M3-4TB</u>	<u>0,830</u>	<u>2,943</u>	<u>0,683</u>	M3	0,777	3,314	0,598
M4	0,824	3,002	0,670	M4-5TB	0,821	3,041	0,661	M4	0,820	2,998	0,670
M5	0,820	3,038	0,663	M5-6TB	0,824	3,019	0,667	M5	0,806	3,100	0,649
M6	0,831	2,937	0,685	M6-7TB	0,814	3,088	0,651	M6	0,804	3,170	0,633

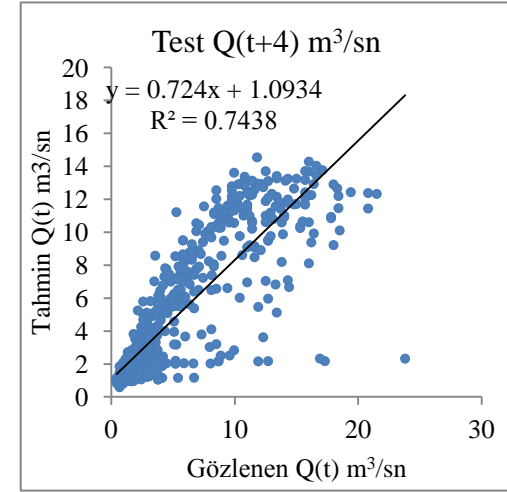


(a)

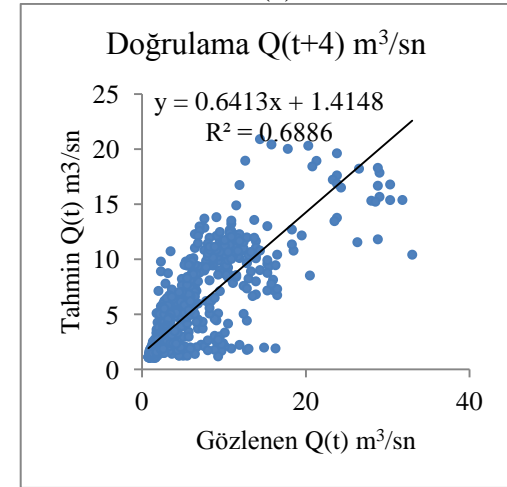


(b)

Şekil C.3: TBA-YSA'da M3-4TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)

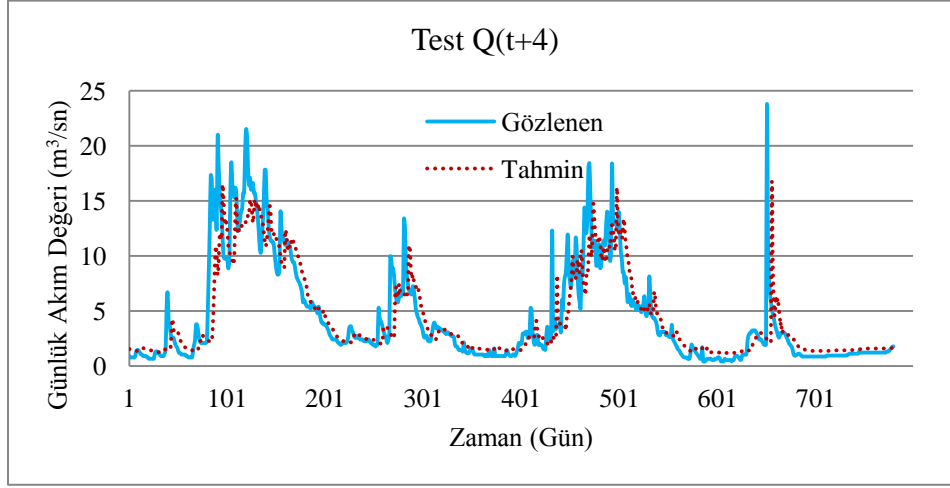


(b)

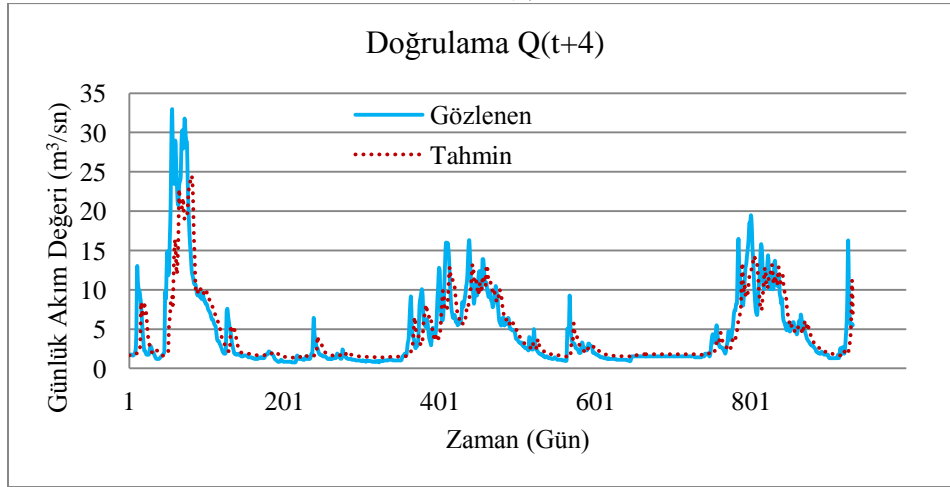
Şekil C.4: TBA-YSA'da M3-4TB'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge C.3: Beş Gün Sonrası (Q(t+4)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,838	2,873	0,697	M1-2TB	0,828	2,971	0,676	M1	0,786	3,256	0,614
M2	0,829	2,971	0,676	M2-3TB	0,823	3,017	0,666	<u>M2</u>	<u>0,820</u>	<u>2,994</u>	<u>0,671</u>
M3	0,816	3,079	0,653	M3-4TB	0,830	2,943	0,683	M3	0,777	3,314	0,598
M4	0,824	3,002	0,670	M4-5TB	0,821	3,041	0,661	M4	0,820	2,998	0,670
M5	0,820	3,038	0,663	M5-6TB	0,824	3,019	0,667	M5	0,806	3,100	0,649
M6	0,831	2,937	0,685	M6-7TB	0,814	3,088	0,651	M6	0,804	3,170	0,633

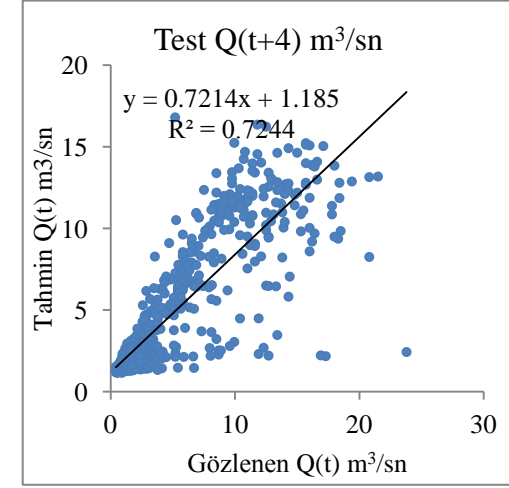


(a)

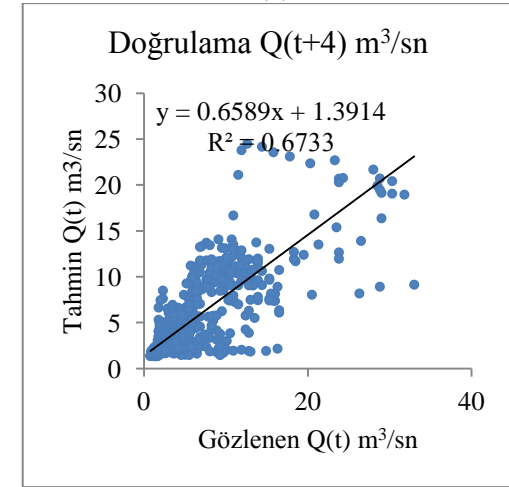


(b)

Şekil C.5: ZGÖ-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)



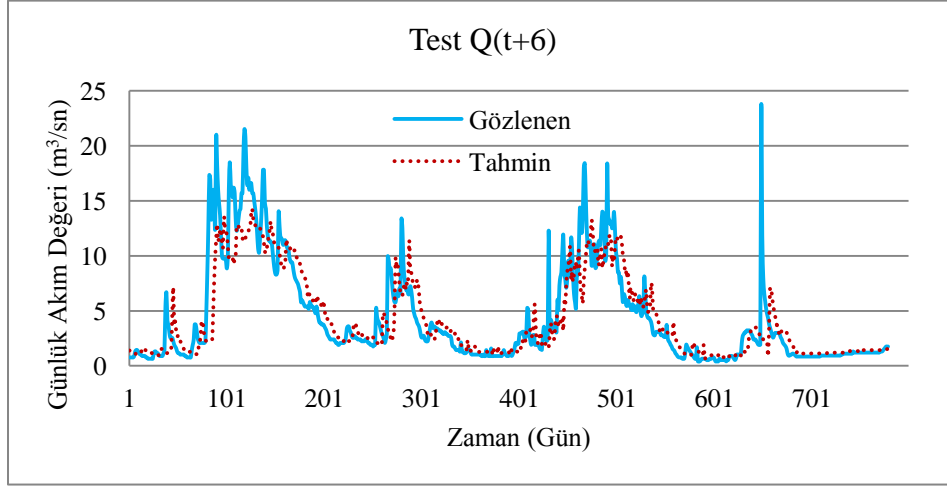
(b)

Şekil C.6: ZGÖ-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

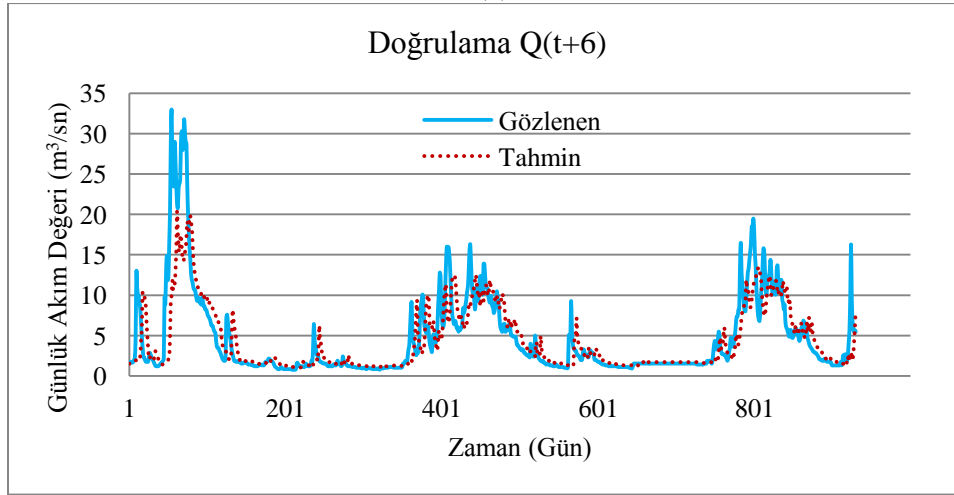
EK.D: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini.

Çizelge D.1: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,783	3,266	0,609	M1-2TB	0,771	3,376	0,582	M1	0,549	4,494	0,260
M2	0,779	3,307	0,600	M2-3TB	0,774	3,343	0,591	M2	0,779	3,307	0,600
M3	0,778	3,314	0,598	M3-4TB	0,775	3,336	0,593	M3	0,759	3,416	0,573
M4	0,771	3,362	0,587	M4-5TB	0,776	3,314	0,598	M4	0,734	3,590	0,529
M5	0,763	3,419	0,573	M5-6TB	0,778	3,314	0,599	M5	0,735	3,560	0,537
M6	0,768	3,361	0,588	M6-7TB	0,774	3,323	0,597	M6	0,701	0,305	0,305

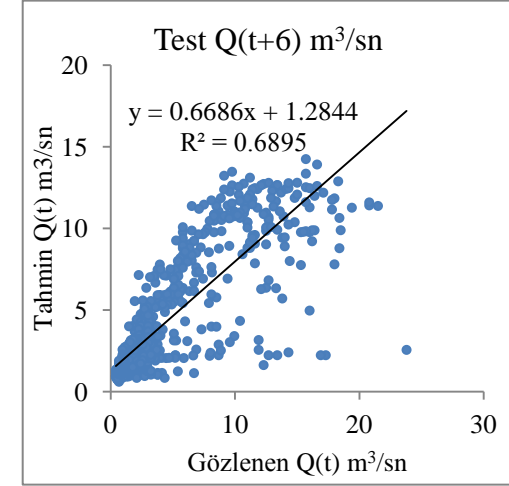


(a)

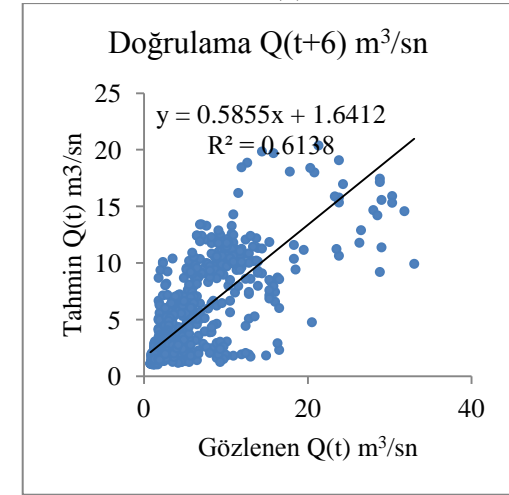


(b)

Şekil D.1: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)

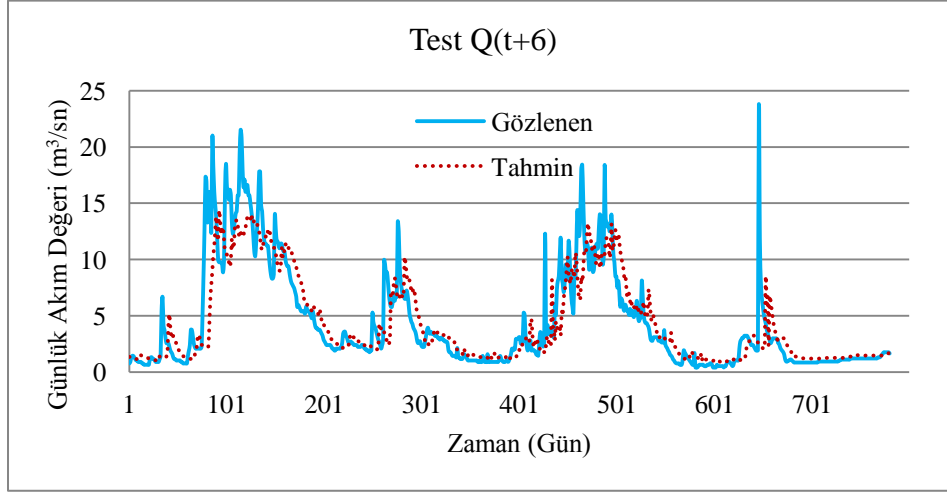


(b)

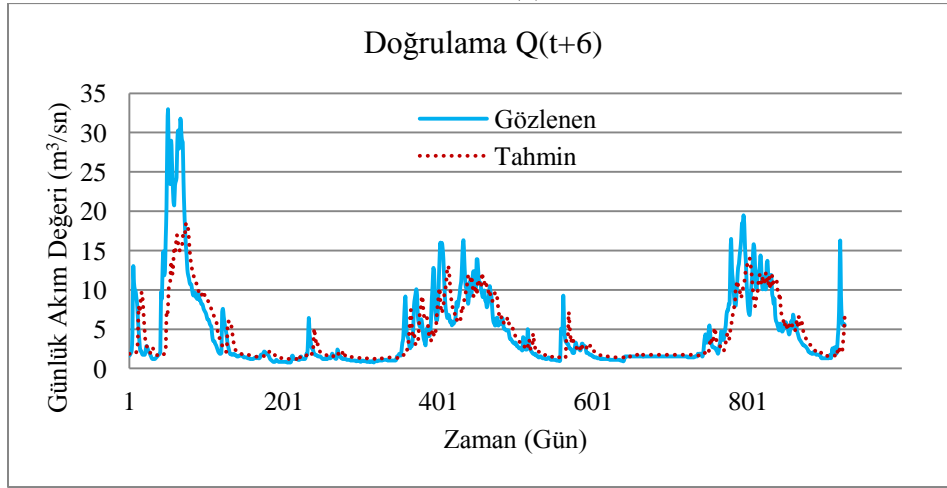
Şekil D.2: ÇK-YSA'da M1'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge D.2: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,783	3,266	0,609	M1-2TB	0,771	3,376	0,582	M1	0,549	4,494	0,260
M2	0,779	3,307	0,600	M2-3TB	0,774	3,343	0,591	M2	0,779	3,307	0,600
M3	0,778	3,314	0,598	M3-4TB	0,775	3,336	0,593	M3	0,759	3,416	0,573
M4	0,771	3,362	0,587	M4-5TB	0,776	3,314	0,598	M4	0,734	3,590	0,529
M5	0,763	3,419	0,573	<u>M5-6TB</u>	<u>0,778</u>	<u>3,314</u>	<u>0,599</u>	M5	0,735	3,560	0,537
M6	0,768	3,361	0,588	M6-7TB	0,774	3,323	0,597	M6	0,701	0,305	0,305

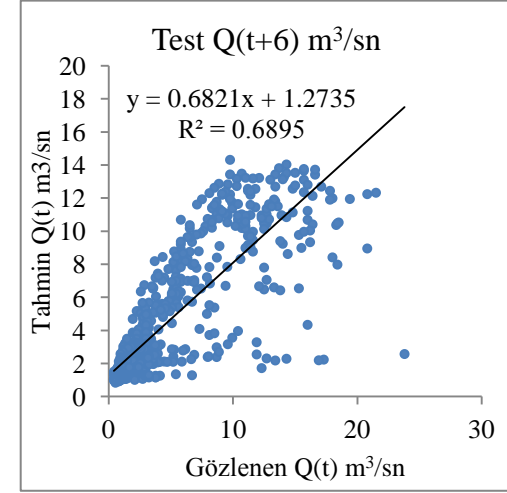


(a)

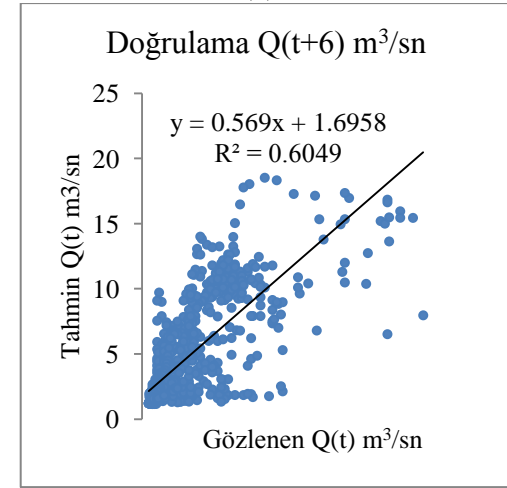


(b)

Şekil D.3: TBA-YSA'da M5-6TB'nin Test ve Doğrulama Verisi Zaman Serisi.



(a)

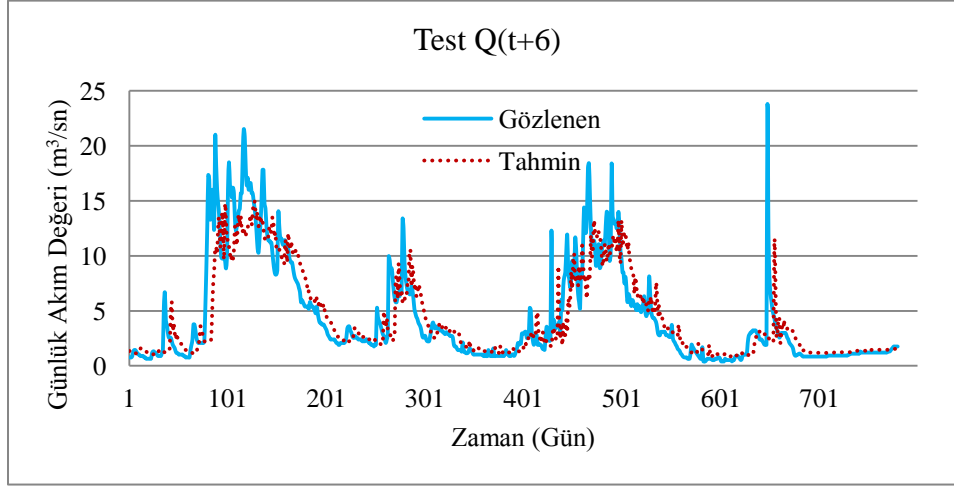


(b)

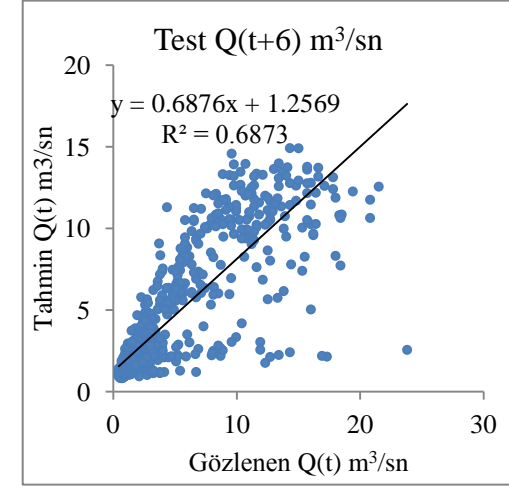
Şekil D.4: TBA-YSA'da M5-6TB'nin Test ve Doğrulama Verisi Saçılma Diyagramı.

Çizelge D.3: Yedi Gün Sonrası (Q(t+6)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

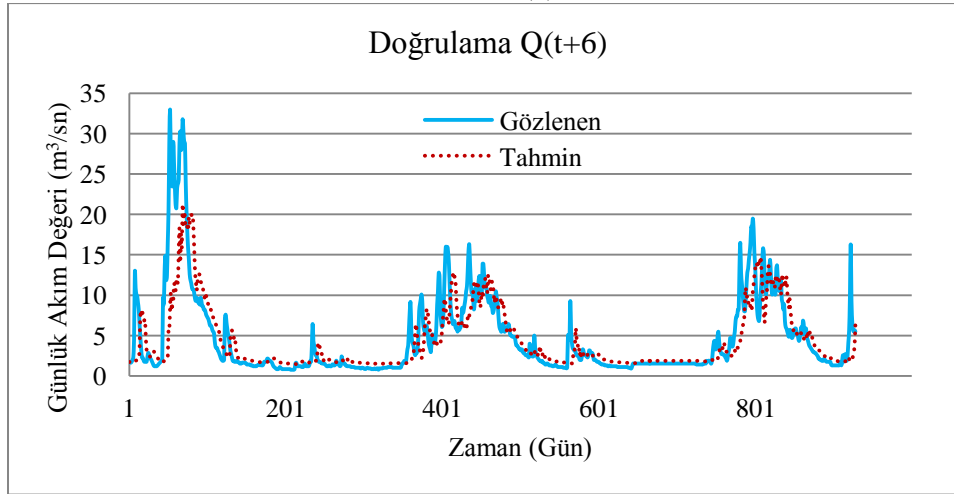
ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E	Model	R	RMSE	E
M1	0,783	3,266	0,609	M1-2TB	0,771	3,376	0,582	M1	0,549	4,494	0,260
M2	0,779	3,307	0,600	M2-3TB	0,774	3,343	0,591	<u>M2</u>	<u>0,779</u>	<u>3,307</u>	<u>0,600</u>
M3	0,778	3,314	0,598	M3-4TB	0,775	3,336	0,593	M3	0,759	3,416	0,573
M4	0,771	3,362	0,587	M4-5TB	0,776	3,314	0,598	M4	0,734	3,590	0,529
M5	0,763	3,419	0,573	M5-6TB	0,778	3,314	0,599	M5	0,735	3,560	0,537
M6	0,768	3,361	0,588	M6-7TB	0,774	3,323	0,597	M6	0,701	0,305	0,305



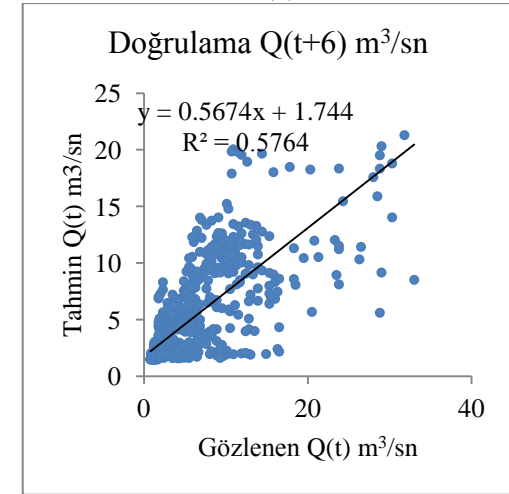
(a)



(a)



(b)



(b)

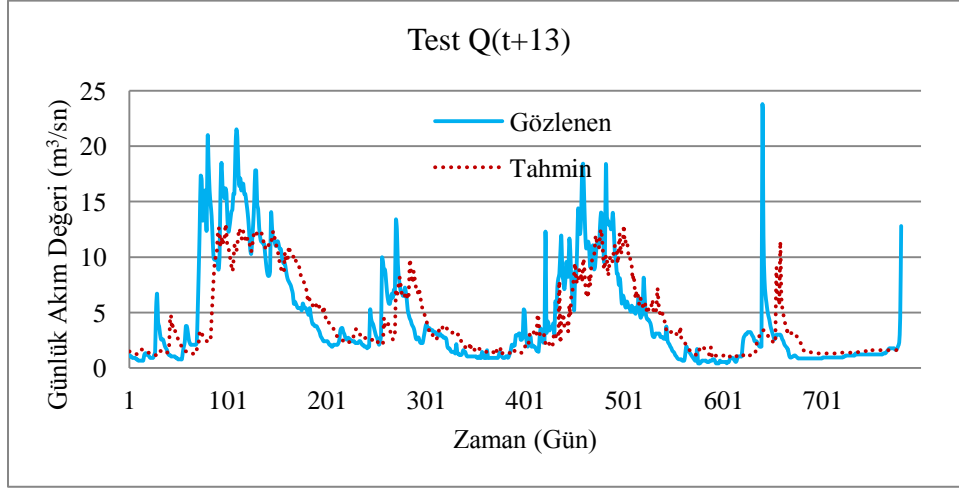
Şekil D.5: ZGÖ-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.

Şekil D.6: ZGÖ-YSA'da M2'nin Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

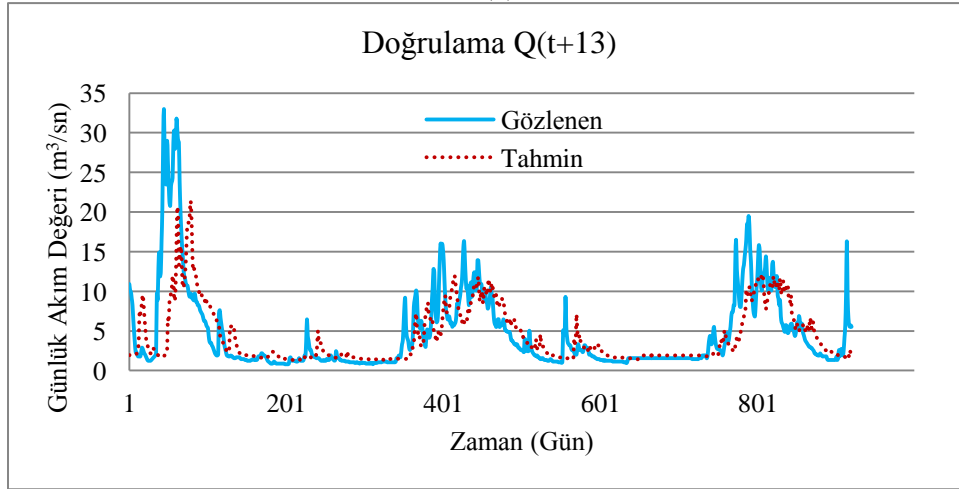
EK.E: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini.

Çizelge E.1: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E		R	RMSE	E		R	RMSE	E
M1	0,611	4,179	0,364	M1-2TB	0,612	4,175	0,365	M1	0,599	4,248	0,343
M2	0,619	4,144	0,375	M2-3TB	0,614	4,164	0,369	M2	0,594	4,325	0,319
M3	0,618	4,149	0,375	M3-4TB	0,607	4,198	0,359	M3	0,588	4,342	0,315
<u>M4</u>	<u>0,625</u>	<u>4,117</u>	<u>0,383</u>	M4-5TB	0,588	4,275	0,334	M4	0,598	4,208	0,355
M5	0,620	4,134	0,377	M5-6TB	0,613	4,162	0,369	M5	0,601	4,213	0,353
M6	0,621	4,126	0,380	M6-7TB	0,619	4,134	0,377	M6	0,577	4,285	0,284

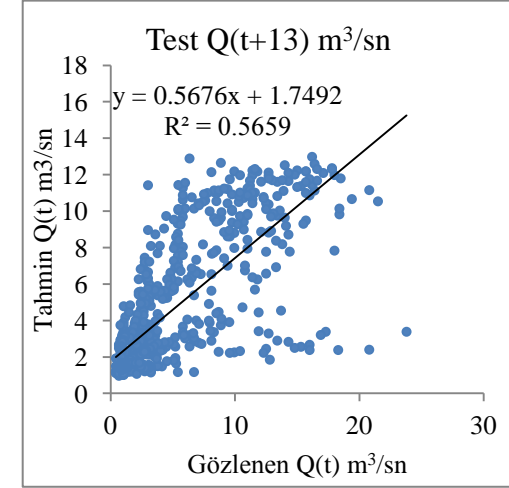


(a)

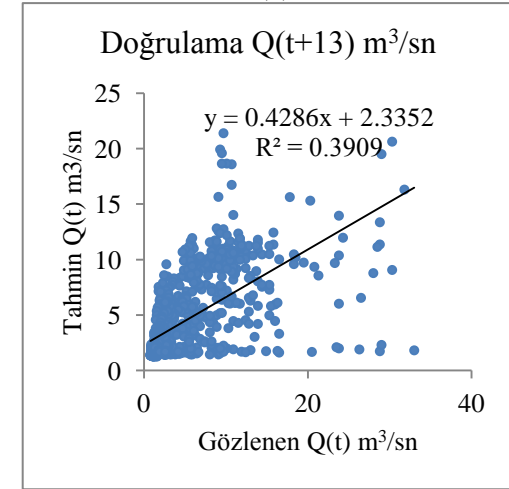


(b)

Şekil E.1: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)

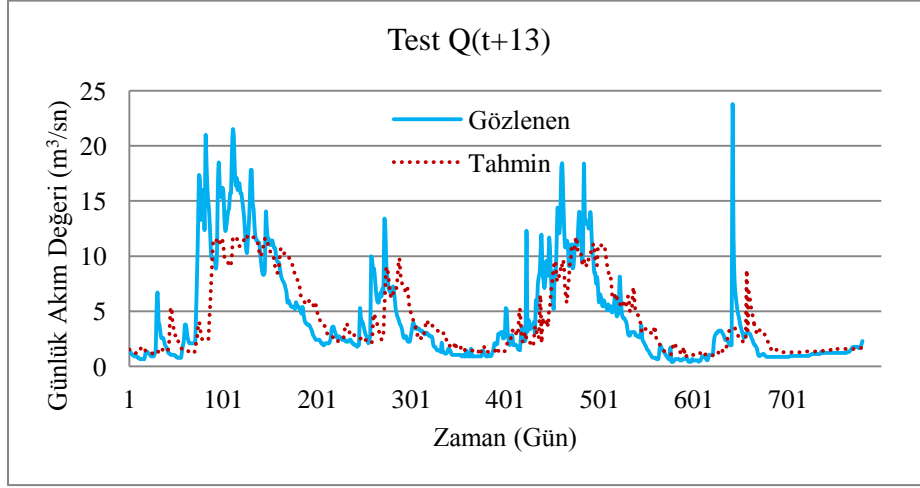


(b)

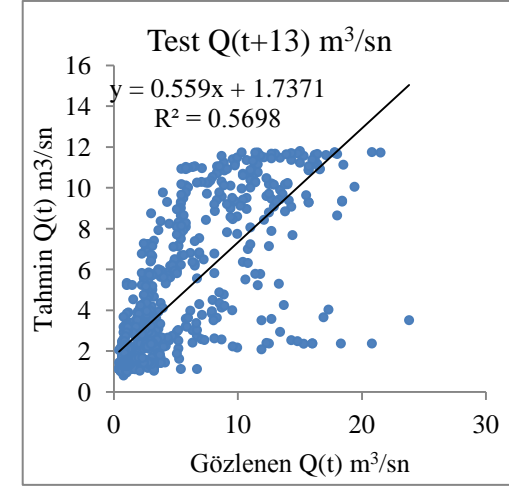
Şekil E.2: ÇK-YSA'da M4'ün Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

Çizelge E.2: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

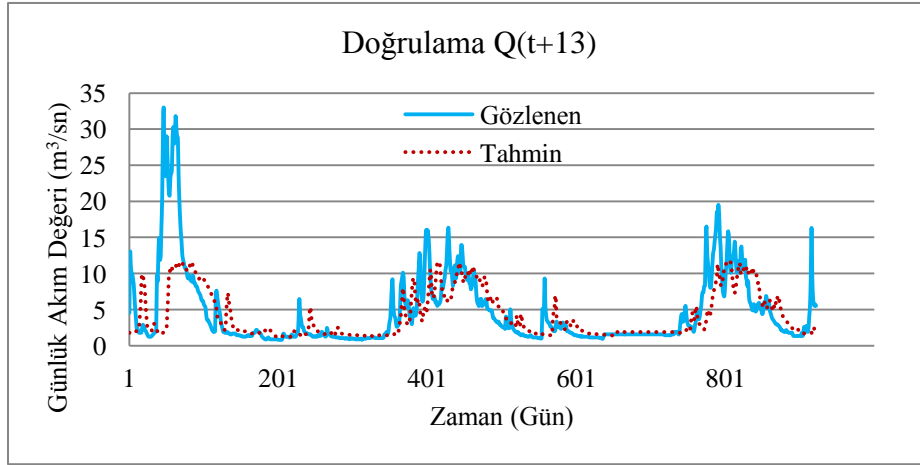
ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E		R	RMSE	E		R	RMSE	E
M1	0,611	4,179	0,364	M1-2TB	0,612	4,175	0,365	M1	0,599	4,248	0,343
M2	0,619	4,144	0,375	<u>M2-3TB</u>	<u>0,614</u>	<u>4,164</u>	<u>0,369</u>	M2	0,594	4,325	0,319
M3	0,618	4,149	0,375	M3-4TB	0,607	4,198	0,359	M3	0,588	4,342	0,315
M4	0,625	4,117	0,383	M4-5TB	0,588	4,275	0,334	M4	0,598	4,208	0,355
M5	0,620	4,134	0,377	M5-6TB	0,613	4,162	0,369	M5	0,601	4,213	0,353
M6	0,621	4,126	0,380	M6-7TB	0,619	4,134	0,377	M6	0,577	4,285	0,284



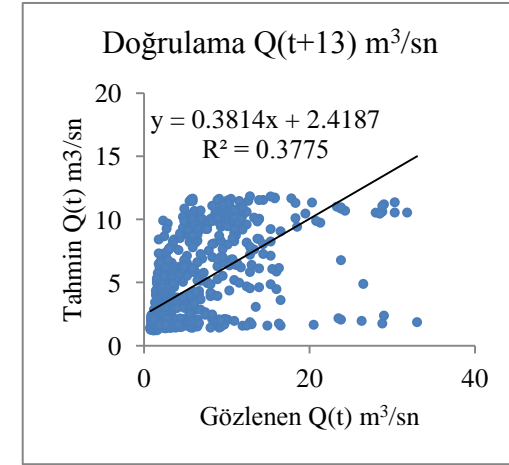
(a)



(a)



(b)



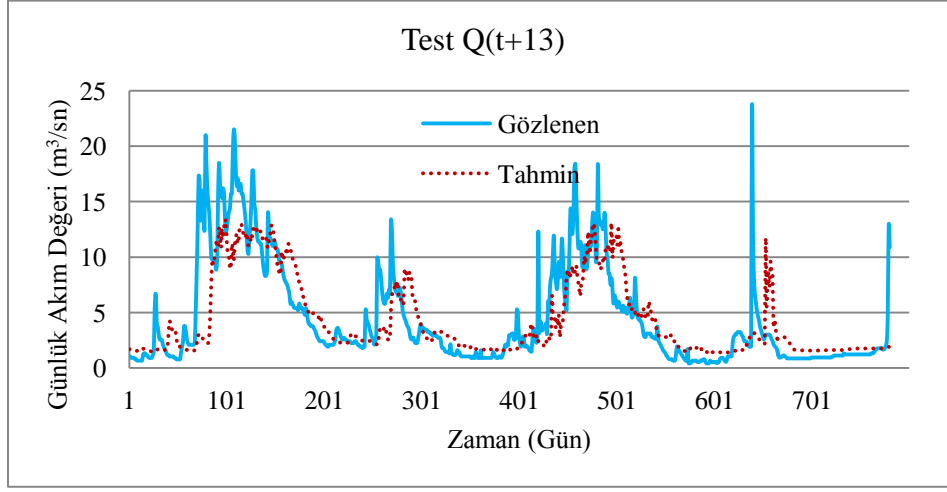
(b)

Şekil E.3: TBA-YSA'da M2-3TB'nin Test ve Doğrulama Verisi Zaman Serisi.

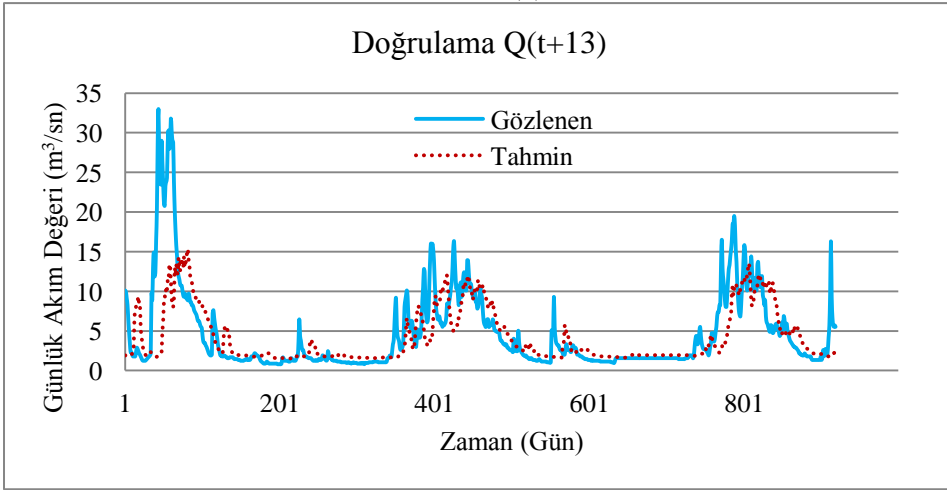
Şekil E.4: TBA-YSA'da M2-3TB'nin Test ve Doğrulama Verisi Saçılma Diyagramı.

Çizelge E.3: On Dört Gün Sonrası (Q(t+13)) Akım Değerlerinin Doğrulama Verileri İçin Hata Değerleri Tablosu.

ÇK-YSA				TBA-YSA				ZGÖ-YSA			
Model	R	RMSE	E		R	RMSE	E		R	RMSE	E
M1	0,611	4,179	0,364	M1-2TB	0,612	4,175	0,365	M1	0,599	4,248	0,343
M2	0,619	4,144	0,375	M2-3TB	0,614	4,164	0,369	M2	0,594	4,325	0,319
M3	0,618	4,149	0,375	M3-4TB	0,607	4,198	0,359	M3	0,588	4,342	0,315
M4	0,625	4,117	0,383	M4-5TB	0,588	4,275	0,334	M4	0,598	4,208	0,355
M5	0,620	4,134	0,377	M5-6TB	0,613	4,162	0,369	<u>M5</u>	<u>0,601</u>	<u>4,213</u>	<u>0,353</u>
M6	0,621	4,126	0,380	M6-7TB	0,619	4,134	0,377	M6	0,577	4,285	0,284

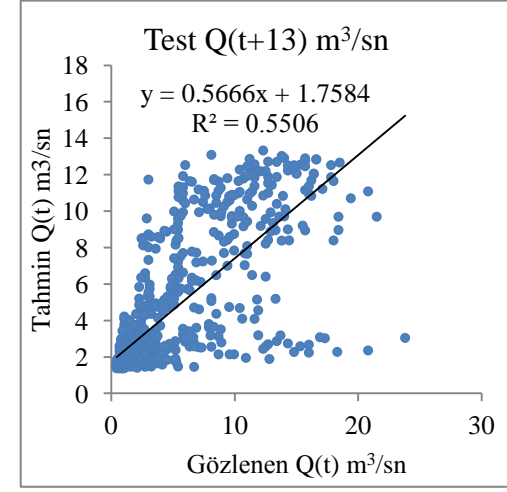


(a)

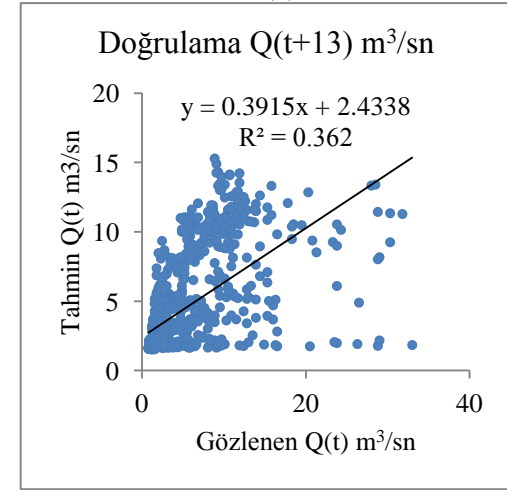


(b)

Şekil E.5: ZGÖ-YSA'da M5'in Test ve Doğrulama Verileri Zaman Serisi.



(a)



(b)

Şekil E.6: ZGÖ-YSA'da M5'in Test ve Doğrulama Verileri Saçılma Diyagramı.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Sinan NACAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 07 / 09 / 1987
E-posta : sinannacar@hotmail.com
EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi 2007-2011
Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi 2011-2014
Doktora : -

