



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GİRESUN İLİ AKSU DERESİ İÇİN FARKLI PARAMETRELER
KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ MODELLEMESİ VE
İLERİYE DÖNÜK AKIM TAHMİNLERİ YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Törehan BABACAN

**ARALIK 2015
GÜMÜŞHANE**

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

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GİRESUN İLİ AKSU DERESİ İÇİN FARKLI PARAMETRELER
KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ MODELLEMESİ VE
İLERİYE DÖNÜK AKIM TAHMİNLERİ YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Törehan BABACAN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Veriliş Tarihi : 24/11/2015
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 28/12/2015**

ARALIK 2015



KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA danışmanlığında, **Hasan Törehan BABACAN** tarafından hazırlanan “ **GİRESUN İLİ AKSU DERESİ İÇİN FARKLI PARAMETRELER KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ MODELLEMESİ VE İLERİYE DÖNÜK AKIM TAHMİNLERİ YAPILMASI** ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Ömer YÜKSEK

Üye (Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA

Üye

Yrd. Doç. Dr. Selahattin ALBAYRAK

ONAY

Bu tez **10./02/16** tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "GİRESUN İLİ AKSU DERESİ İÇİN FARKLI PARAMETRELER KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ MODELLEMESİ VE İLERİYE DÖNÜK AKIM TAHMİNLERİ YAPILMASI" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

24/11/2015



Hasan Törehan BABACAN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GİRESUN İLİ AKSU DERESİ İÇİN FARKLI PARAMETRELER
KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ MODELLEMESİ VE
İLERİYE DÖNÜK AKIM TAHMİNLERİ YAPILMASI**

Hasan Törehan BABACAN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA

İkinci Danışman : Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL

2015, 76 sayfa

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası içerisinde bulunan Giresun iline bağlı Aksu Deresi için belirlenen 3 farklı Akım Gözlem İstasyonu konumlarında akım modellemesi yapılmıştır. Modelleme için Devlet Su İşleri'nden elde edilen akım verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen yağış ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Oluşturulacak akım modeli için yapay sinir ağları (YSA) metodu tercih edilmiştir. YSA metodu mimarisinde seçilen çok katmanlı yapay sinir ağı (ÇK-YSA) modeli, belirtilen parametrelerin çeşitli kombinasyonlarıyla oluşturulmuş 14 farklı model ile denenmiştir. Denemeler sonucunda tahmin edilen değerler; RMSE, R, RH, E ve OMH hata değerlendirme katsayıları ile değerlendirilmiştir. Her istasyon için en başarılı olan model girdi kombinasyonu çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) analizi ile de denenmiştir. Tahmin edilmiş

debi değerleri, taşkın koruma tesisleri, hidroelektrik santral tesisleri, arıtma tesisleri gibi yapıların projelendirme aşamasında, en çok kullanılan aşılma olasılıklarına göre belirlenmiş debi değerleri için, gözlem değerleri ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, K-YSA yönteminin DR yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir ve gelecek akım verisinin tahmin edilmesinde uygunluğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Akış modellemesi, Akım tahmini, Aksu deresi, Buharlaşma, ok Katmanlı Algılayıcı, Yağış, Yapay sinir ağları



ABSTRACT

MS THESIS

**FUTURE FLOW PREDICTION AND FLOW MODELLING WITH
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK USING DIFFERENT PARAMETERS FOR
AKSU RIVER IN GIRESUN**

Hasan Törehan BABACAN

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Fatih SAKA

Co-Supervisor : Asst. Prof. Dr. Murat KANKAL

2015, 76 pages

In this study, a flow modelling has been made in three different current observatory stations located the Aksu River Basin in Giresun, a province in Eastern Black Sea Basin. The flow data provided by General Directorate of Hydraulic Works, the precipitation and evaporation data obtained from Turkish State Meteorological Service are used for the modelling. artificial neural network (ANN) method is preferred for the flow modelling that will be created. The multi layered artificial neural network (ML-ANN) method which is selected in the architecture of ANN model has been tested in 14 different models with various combinations of the specified parameters mentioned before. The estimated values from the experiments, are evaluated according to the error coefficients of RMSE, r, RH, E and MAE. The most successful input combinations for each station were tested by Multiple

Linear Regression Analysis (MLR) model. During the design phase of structures such as predicted flow results flood protection facilities, hydroelectric plants and water treatment plants, the predicted flow results are compared with the observation values for the most commonly used flow rate which were determined according to the possibility of exceedance. As a result, ML-ANN method was given better results than MLR method and this study shown that ML-ANN method can be used for prediction of future flow datas.

Keywords: Runoff Modelling, Flow Prediction, Aksu River, Evaporation, Multi Layered Perceptron, Precipitation (Rainfall), Artificial Neural Network



TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini sunan ve her yaptığım şeyde arkamda sabırla duran haklarını ne yapsam ödeyemeyeceğim biricik Aileme sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Her koşulda desteğini esirgemeyen ve moral kaynağım olan Leyla SARI'ya teşekkür ederim.

Öğrenciliğim boyunca bana hem hoca hem de yakın bir arkadaş olan, sorunlarımla yakından ilgilenen, sadece derslerim ve bu çalışmam konusunda değil hayatımda her konuda bana kattıklarından ve olumlu yönlendirmelerinden dolayı değerli hocam Fatih SAKA'ya teşekkür ederim

Tez savunma jüri başkanım değerli büyüğüm Ömer YÜKSEK hocama ve jüri üyem sayın Selahattin ALBAYRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tamamlanması süresince başını sıkça ağrıttığım, ilgisini ve değerli vaktini bana hiç düşünmeden ayıran ve bilgisinden beni de faydalandıran sayın hocam Murat KANKAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Gerek lisans öğrenciliğim gerekse de bu çalışma süresince yaşadıklarım boyunca benimle sadece bir hoca gibi değil de bir abi, bir arkadaş gibi ilgilenen ve yolumu aydınlatan sevgili büyüğüm ve değerli hocam Adem BAYRAM'a teşekkür ederim.

Bana çalışmam süresince fazlaca yardımı dokunmuş başta MGM Trabzon çalışanlarına olmak üzere, DSİ Trabzon ve Ankara çalışanlarına ve emeği geçen, katkısı olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hasan Törehan BABACAN
Gümüşhane, 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Literatür Araştırması	3
1.3. Materyal	7
1.3.1. Hidroloji Bilimi ve İnşaat Mühendisliğindeki Yeri	7
1.3.2. Hidrolojik Çevrim.....	8
1.3.2.1 Yağış	9
1.3.2.1.1. Ortalama Yağış Yüksekliğinin Belirlenmesi	10
1.3.2.1.2. Thiessen Metodu	11
1.3.2.2. Yüzeysel Akış	12
1.3.2.3. Buharlaşma ve Buhar Basıncı	12
1.3.3. Çalışma Alanının Yeri ve Özellikleri	14
1.3.3.1. Doğu Karadeniz Havzası	14
1.3.3.2. Aksu Deresi Topografyası	16
1.4. Yöntem.....	17
1.4.1. Yapay Sinir Ağlarına Giriş	17
1.4.2. Biyolojik Sinir Hücresinin Özellikleri	18

1.4.3.	Biyolojik Sinir Ağının Yapısı	19
1.4.4.	Yapay Sinir Hücresi	21
1.4.5.	Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın Yapısı.....	23
1.4.6.	ÇK-YSA'nın Çalışma Sistemi	25
1.4.6.1.	Levenberg-Marquardt Algoritması	26
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	28
2.1.	Kullanılacak Yağış Verilerinin Seçimi	28
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler ve İstatistiksel Olarak İncelemesi	28
2.2.1.	22-71 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu	30
2.2.2.	22-90 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu	33
2.2.3.	2213 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu	36
2.2.4.	17034 Numaralı Meteoroloji Gözlem İstasyonu (MGİ)	39
2.3.	Akış Modelinin Kurulması	42
2.4.	Kullanılan Değerlendirme Kriterleri	45
3.	BULGULAR VE İRDELEME	47
3.1.	Tahminlerde Bir Sonraki Gün $Q(t)$ Debilerinin İrdelenmesi	47
3.1.1.	22-71 Analizi M10 Modeli $Q(t)$ Tahminlerinin İrdelenmesi	48
3.1.2.	22-90 Analizi M8 Modeli $Q(t)$ Tahminlerinin İrdelenmesi	54
3.1.3.	2213 Analizi M4 Modeli $Q(t)$ Tahminlerinin İrdelenmesi	60
3.2.	ÇK-YSA Sonuçları ile ÇDR Sonuçlarının Kıyaslanması	67
3.3.	Aşılma Olasılıklarına Göre Test Debi Tahminleri	68
4.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	73
5.	KAYNAKLAR	74
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Hidrolojik Çevrim.....	9
Şekil 1.2	Thiessen Çokgenleri.....	11
Şekil 1.3.	Türkiye Havzaları	14
Şekil 1.4.	Doğu Karadeniz Havzası	15
Şekil 1.5.	Aksu Deresi Alt Havzası.....	16
Şekil 1.6.	Biyolojik Sınır Hücresinin Yapısı.....	19
Şekil 1.7.	Biyolojik Sınır Ağının İşleyişi	20
Şekil 1.8.	Yapay Sınır Hücresi	21
Şekil 1.9.	ÇK-YSA Yapısı	23
Şekil 2.1.	Doğu Karadeniz Havzası İçin Çizilmiş Thiessen Çokgenleri.....	28
Şekil 2.2.	Çalışmada Kullanılan AGİ'lerin Havzadaki Konumları.....	29
Şekil 2.3.	22-71 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi.....	30
Şekil 2.4.	22-71 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi	31
Şekil 2.5.	22-71 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi.....	31
Şekil 2.6.	22-71 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi	32
Şekil 2.7.	22-90 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi.....	33
Şekil 2.8.	22-90 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi	34
Şekil 2.9.	22-90 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi.....	34
Şekil 2.10.	22-90 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi	35
Şekil 2.11.	2213 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi.....	36
Şekil 2.12.	2213 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi.....	37
Şekil 2.13.	2213 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi	37
Şekil 2.14.	2213 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi	38
Şekil 3.1.	22-Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi.....	50

Şekil 3.2.	22-71 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi	50
Şekil 3.3.	22-71 İstasyonu m=5 İçin Hata Yayılımı.....	51
Şekil 3.4.	22-71 İstasyonu M10 Modeli Test Verileri Zaman Serisi	52
Şekil 3.5.	22-71 İstasyonu M10 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı	53
Şekil 3.6.	22-90 Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi.....	56
Şekil 3.7.	22-90 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi	56
Şekil 3.8.	22-90 İstasyonu m=5 İçin Hata Yayılımı.....	57
Şekil 3.9.	22-90 İstasyonu M8 Modeli Test Verileri Zaman Serisi	58
Şekil 3.10.	22-90 İstasyonu M8 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı	59
Şekil 3.11.	2213 Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi	62
Şekil 3.12.	2213 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi.....	62
Şekil 3.13.	2213 İstasyonu m=10 İçin Hata Yayılımı.....	63
Şekil 3.14.	2213 İstasyonu M4 Modeli Test Verileri Zaman Serisi.....	64
Şekil 3.15.	2213 İstasyonu M4 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı	65
Şekil 3.16.	22-71 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler	70
Şekil 3.17.	22-90 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler	71
Şekil 3.18.	2213 İstasyonu Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler	72

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Kaynak Araştırması Özeti.....	6
Tablo 2.1.	Çalışmada Kullanılan AGİ'lerin Özellikleri.....	29
Tablo 2.2.	22-71 Numaralı AGİ'ye Ait Verilerin İstatistiksel Olarak İncelemesi.....	32
Tablo 2.3.	22-90 Numaralı AGİ'ye Ait Verilen İstatistiksel Olarak İncelemesi.....	35
Tablo 2.4.	2213 Numaralı AGİ'ye Ait Verilerin İstatistiksel Olarak İncelemesi.....	38
Tablo 2.5.	22-71 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	39
Tablo 2.6.	22-71 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	40
Tablo 2.7.	22-90 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	40
Tablo 2.8.	22-90 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	41
Tablo 2.9.	2213 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	41
Tablo 2.10.	2213 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi.....	42
Tablo 2.11.	ÇK-YSA Analizinde Denenen Modeller.....	43
Tablo 2.12.	Ağ için Kullanılan Parametreler ve Belirlenen Değerler.....	45
Tablo 3.1.	M10 Modeline Ait Detaylar.....	48
Tablo 3.2.	M10 Modeli Girdi ve Çıktı Örnekleri.....	48
Tablo 3.3.	22-71 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri.....	49
Tablo 3.4.	M8 Modeline Ait Detaylar.....	54
Tablo 3.5.	M8 Modeline Ait Girdi ve Çıktı Örnekleri.....	54
Tablo 3.6.	22-90 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri.....	55
Tablo 3.7.	M4 Modeline Ait Detaylar.....	60
Tablo 3.8.	M4 Modeline Ait Girdi ve Çıktı Örnekleri.....	60
Tablo 3.9.	2213 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri.....	61
Tablo 3.10.	ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri.....	67
Tablo 3.11.	ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri.....	68

Tablo 3.12.	ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri	68
Tablo 3.13.	22-71 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi	70
Tablo 3.14.	22-90 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi	71
Tablo 3.15.	2213 İstasyonu Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi	72



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Havza Alanı (km ²)
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
B	: Buharlaşma Yüksekliği (mm)
BM	: Bulanık Mantık
BYO	: Bölgesel Yağış Ortalaması (mm)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Ç	: Yapay Sinir Ağının Ürettiği Çıktı Değeri
ÇDÇA	: Çoklu Dalgacık Çözünürlük Analizi
ÇDR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
ÇK-YSA	: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları
DSİ	: Devlet Su İşleri
E	: Nash-Sutcliffe Belirlilik Katsayısı
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EVT	: Günlük Ortalama Buhar Basıncı (hPa)
G	: Yapay Sinir Ağı Girdi Verileri
GDK	: Genelleştirilmiş Delta Kuralı
GY	: Geri Yayılımlı
HES	: Hidroelektrik Santral
HO	: Hareketli Ortalama
hPa	: Hekto Pascal
I	: Birim Matris
İB	: İleri Beslemeli
J _k	: Hatanın w _k Değerlendirilmiş Jakobiyeni
LM	: Levenberg Marquardt Algoritması
LTF	: Lineer Transfer Fonksiyonu
m	: Ara (Gizli) Katman Eleman Sayısı
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MHO	: Mutlak Hata Ortalaması
MYSA	: Modüler Yapay Sinir Ağları
N	: Toplam Veri Sayısı
NET	: Yapay Sinir Ağı Toplama Fonksiyonu
OMGİ	: Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
ÖNM	: Öncül Nem Muhtevası
P	: Günlük Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)
P _{ma}	: 20 Günlük Hareketli Yağış Ortalaması
Q	: Yüzeysel Akış Debisi (m ³ /sn)
R	: Korelasyon Katsayısı
RH	: Rölatif Hata
RMSE	: Ortalama Hata Kareleri Karekökü
R-YSA	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
Sİ	: Süreklilik İndeksi

TK-YSA	: Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları
TSA	: Tekil Spektrum Analizi
w	: Yapay Sinir Hücreleri Arası Bağlantının Ağırlık Değeri
YDSA	: Yankı Durumu Sinir Ağları (Echo State Network)
YSA	: Yapay Sinir Ağları
λ	: Marquardt Parametresi
α	: Dönemsellik Bileşeni
n_i	: Verinin Veri Seti İçerisindeki Pozisyonu



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Amaç ve Kapsam

Yeryüzünde yaşamın vazgeçilmez ihtiyaçlarından birisi sudur. Nüfusun hızla artış göstermesi, enerjiye olan talebin artmasını beraberinde getirmektedir. Bunun beraberinde çevreye insanlığın vermiş olduğu zararlar ile meydana gelen çevre kirliliği de artan su talebi ile birlikte düşünüldüğünde, önlem alınmazsa; mevcut kaynakların yetersiz olacağı gerçeğini gözler önüne sermektedir. Suyun korunması ve enerji talebi bakımından iyi planlamalar yapılması, su zengini ülkelerde bile, önemle üzerinde durulan bir olgudur.

Dünyada su zenginliği; kişi başına düşen yıllık su miktarına bakılarak belirlenmektedir. Su miktarı 8000m^3 ile 10000m^3 arasında ve daha fazla ise su zenginliğinden, 2000m^3 'ten daha az ise su azlığından, 1000m^3 'ten daha az ise su fakirliğinden söz edilebilir. Rakamlara bakılacak olursa; Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1519m^3 civarındadır ve bu haliyle Türkiye, su zengini bir ülke değil, su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (URL-1, 2015).

Bu bilgiler göz önüne alındığında; ülkemizde su kaynaklarının korunması ve planlanmasına yönelik yapılacak çalışmaların en ince ayrıntıya kadar incelenmesi gerekliliği görülmektedir. Yapılacak doğru planlamalar ve alınacak önlemler hayati önem taşımaktadır. Nesilden nesile miras olarak süregelen çevremizi ve kaynaklarımızı sonraki nesillere temiz ve kullanılabilir olarak bırakmak en önemli görevlerimiz arasındadır.

Hidrolojik olaylar çok sayıda değişkene bağlıdır. Bütün hidrolojik verileri ölçerek elde etmek ekonomik olmayacağı gibi birçok hallerde mümkün de olmadığından ölçümlerin bulunmadığı ya da yetersiz olduğu hallerde hidrolojik olayları yöneten kanunların belirlenmesi için bu olayların matematik modellerinin kurulması ve bunların doğruluğunun ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılarak kontrol edilmesi gerekir. Fizik kanunları esas alınarak kurulan bu modeller doğadaki hidrolojik sistemlerin soyutlanmış benzerleri olarak düşünülebilir. Bu modellerin kurulmasında sistem analizi metotları önem kazanmaktadır. Hidrolojik modeller insanların doğada yapacakları değişikliklerin sonucunda hidrolojik büyüklüklerde oluşacak değişimlerin tahmininde de kullanılır (Bayazıt, 1999).

Parametrelerin çokluğu ve karmaşık ilişki ağına sahip olması nedeniyle hidrolojik olayların incelenmesi teorik bir analizden ziyade, yaklaşık yöntemlerin kullanımını zorunlu

kılmaktadır. Bu nedenledir ki, problem çözümleri tek bir yöntem ile değil birden fazla yöntem ile yapılabilir. Bunların arasında bir seçim yapmak, bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Kullanılacak yöntem incelenecek olayların genellikle zaman ölçeği ile de ilişkili hale gelmektedir. Hidrolojik olaylar arasında kesin bir bağıntıdan söz etmek neredeyse imkânsızdır. Rastgele bir karakter taşıyan bu olayların incelenmesi ve modellenmesi için bazı istatistiksel metotlar ve bilgisayar destekli algoritmalar kullanılmaktadır.

İnsan fizyolojisi ve beyni tarih boyunca yoğun araştırmalara konu olmuş, çeşitli bilgisayar sistemleri ve robotlar ile bunlar taklit edilmeye çalışılmıştır. İnsan sinir sisteminin son yıllarda en başarılı taklitlerinden biri olan ve bilgi işleme amacıyla kullanılan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi geliştirilmiştir.

Sinir sisteminin modellenmesi sonucu ortaya çıkan YSA paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sisteminin özelliğini göstermektedir. Diğer özelliklerinin yanında paralel çalışmasından dolayı bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve ihtiyaç duyduğu donanımın kolayca gerçekleştirilebilir olması YSA'yı başka yöntemlere göre daha cazip kılmaktadır. Bu sebeple YSA halen sınıflandırma, desen tanıma, kontrol prognostik (bir olayın iç işleyişini anlama) hesaplamaları, görüntü işleme, ses tanıma vb. birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. YSA birçok alanda yeni kullanılmaya başlamasına rağmen her geçen gün kullanım alanları genişlerken artmaktadır (Şen, 2004).

Su yaşam için tartışmasız en önemli ihtiyaçlardan birisidir. Hızla artan nüfus, su ve enerji ihtiyacı göz önüne alındığında ülkemizde bulunan su kaynaklarına ilişkin koruma ve kullanım çalışmaları daha da büyük önem kazanmakta ve mevcut su kaynaklarını en verimli şekilde değerlendirmemiz gerektiği de anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi, Doğu Karadeniz Havzası sınırları içinde bulunan, Giresun ili Aksu Deresi için tespit edilmiş üç farklı akım gözlem istasyonu (AGİ) için günlük ortalama akım değerleri çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) ve YSA yöntemi ile modelleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ) akım yıllıklarından alınan akım değerleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan, bölgenin günlük yağış ve buharlaşma değerleri arasında bir ilişki araştırılmış ÇDR ve YSA modelleri kurulmuş, en iyi sonuç veren model tespit edilmiştir.

Bu çalışma; gelecek yıllarda içme suyu ve kullanma suyunun sürekli olarak temin edilmesi, süregelen yıllarda oluşabilecek taşkın riskinin önceden belirlenmesi ve önlem yapılarının optimal şekilde tesis edilmesi ayrıca ülkemizdeki su kaynaklarının yenilenebilir

enerji temini bakımından değerlendirilmesi için gerekli olan akım değerini tahmin etmek üzere günlük ortalama; yağış, buharlaşma ve akış verilerini kullanarak ileri dönük akım tahmini yapabilen YSA ve ÇDR akım modellerini içermektedir.

1.2. Literatür Araştırması

Machado vd. (2011), çalışmalarını Jangada Nehri havzasında, Paraná, Brezilya'da noktasal istasyon bazında gerçekleştirmiştir. Çalışmada 1976 yılı Mart ayından, 1994 yılı Temmuz ayına kadar olan veri grubu kullanılmıştır. Yağış-akış arasındaki ilişkiyi bulmak için YSA metodu kullanılmıştır. YSA uygulanırken aylık ortalama akış, aylık ortalama buharlaşma ve aylık ortalama yağış verileri çeşitli birleşimlerde girdi verisi olarak seçilmiştir ve çıktı verisi olarak da aylık ortalama debi değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Hata değerlerini kıyaslamak için determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe Belirlilik Katsayısı (E) kullanılmıştır. Bu değerlere göre hata oranı en düşük olan YSA kombinasyonunun verdiği sonuçlar ile ampirik bir metot olan IPHMEN yönteminin verdiği sonuçlar kıyaslanılmıştır. Bu kıyaslamanın sonucunda YSA metodunun IPHMEN yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

De Vos (2013), şimdiye kadar yağış-akış modellemesinde iyi sonuçlar veren geleneksel ileri beslemeli YSA yöntemi için; eğitim, ağ mimarisinin kurulması ve ağın işleme biçiminin karmaşık, deneyime dayalı bir olay olmasından dolayı YSA'ya alternatif yöntemler üzerinde çalışmıştır. Yankı durumu sinir ağları (YDSA) bunlardan biridir. Bu çalışmada basit YDSA yağış-akış arasında bir model oluşturarak, debiyi tahmin etmek için kullanılmıştır. Çalışma Twelve River havzasında, ABD'de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada; 1960-1998 yılları arasındaki günlük ortalama veriler kullanmıştır. Bunlar günlük ortalama yağış, günlük potansiyel buharlaşma, günlük ortalama debi ve 20 günlük hareketli yağış ortalaması verileridir. Çalışmada bölgesel temelde modellemeler yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda YDSA yöntemi daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Wu ve Chau (2011), çalışmalarını Wuxi ve Chongyang, Çin havzalarında bölgesel olarak yapmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 6 farklı istasyondan noktasal olarak alınmış ve bölgeselleştirmek için Thissen Çokgenleri yöntemi uygulanarak, veriler bölgeyi temsil edecek şekilde ifade edilmiştir. Günlük ortalama yağış ve günlük ortalama akış verileri kullanılmış, buharlaşma verilerine erişilemediği için buharlaşma verileri çalışmada yer almamıştır. Yağış-akış analizi yaparken veriler tekil spektrum analizi (TSA) ile normalize

edilmiştir. Modüler yapay sinir ağları (MYSA), geleneksel YSA ve ÇDR yöntemlerinin analiz sonrası ürettikleri çıktılar; E, süreklilik indeksi (Sİ) ve ortalama hata kareleri karekökü (RMSE) katsayıları ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamaların sonucunda MYSA-TSA en yakın sonuçları vermiş ÇDR-TSA en uzak sonuçları vermiştir.

Lohani vd. (2011), çalışmalarını Narmada, Hindistan havzasında yapmıştır. Çalışmada; YSA, bulanık mantık (BM) ve lineer transfer fonksiyonu (LTF) yöntemleri en iyi yağış-akış modeli sağlaması bakımından değerlendirilmiştir. Veri grubu 1993-1998 yılları arasında günlük ortalama yağış, günlük ortalama akış ve öncül nem muhtevası (ÖNM) olarak seçilmiştir. Burada bahsedilen ÖNM değerleri, 7 günlük yağış değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Zeminde mevcut nemi ifade etmektedir. Çalışma için girdi kombinasyonları çok geniş tutulmuş ve noktasal bazda istasyon üzerinde çalışılmıştır. 4 ayrı başlıkta toplam 11 girdi modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda ise BM yönteminin, YSA ve LTF yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Dibike ve Solomatine (2001), çalışmalarını Apure nehri havzası, Venezuela'da gerçekleştirmiştir. Yağış-akış modellemesi çalışması yapılırken, geri yayımlı çok katmanlı yapay sinir ağı (GY-ÇK-YSA) ve ileri beslemeli radyal tabanlı yapay sinir ağı (İB-R-YSA) modelleri kullanılmıştır. Çalışma havzasına ait 23 istasyondan günlük ortalama veriler temin edilmiş ancak verilerdeki uzun kesiklikler nedeniyle analizler, haftalık ortalama değerler ile sürdürülmüştür. Haftalık ortalama; yağış, buharlaşma ve akış verileri kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar bir laboratuvar örnekleme olan TANK modeli ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak; YSA yönteminin konsept modellere göre daha başarılı sonuçlar ürettiğini görülmüştür.

Rajurkar vd. (2004), çalışmalarını Hindistan'da bulunan yedi farklı havzada bölgesel olarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada havzalarda çalışılan zaman aralığı süresince gerçekleşen fırtına olayları da göz önüne alınarak modeli iyileştirmek için basit lineer model (BLM) ile havzaya dair katsayılar elde edilmiştir. Buradan çıkan veriler yağış-akış modeli oluşturmak için çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (İB-ÇK-YSA) modelinin eğitimi için kullanılmıştır. Bu sistemde yapılan çalışmanın büyük havzalarda ve fazla veri grubunda daha başarılı sonuçlar vereceği görülmüştür.

Riad vd. (2004), çalışmalarını Ourika, Fas havzasının alt havzalarından birisi olan Tensift havzasında bulunan Aghbalou istasyonu için yapmıştır. Çalışmada çok katmanlı yapay sinir ağı (ÇK-YSA) ile geleneksel bir yöntem olan ÇDR yöntemi kıyaslanılmıştır. Yağış-akış modellemesi için akım tahminleri yapma konusunda, ÇK-YSA'nın ÇDR'ye göre daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur.

Jeong ve Kim (2005), çalışmalarında girdi verileri olarak aylık ortalama yağış, aylık ortalama buharlaşma ve aylık ortalama akış verilerini kullanmıştır. Çıktı verisi olarak da akış verileri kullanılmış ve noktasal bazda yağış-akış modellemesi yapılmaya çalışılmıştır. Modelleme iki farklı yapay sinir ağı yöntemiyle, ayrıca konsept ve deneye bağlı bir modelleme olan TANK metodu ile kıyaslanmıştır. YSA yöntemlerinden, tek katmanlı yapay sinir ağı (TK-YSA) ve ÇK-YSA olmak üzere iki farklı metot kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar, RMSE ile kıyaslanmış ve en iyi sonucun ÇK-YSA yöntemi ile elde edildiği görülmüştür.

Antar vd. (2006), çalışmalarını Mavi Nil, Mısır havzasında yapmıştır. Çalışmada havzanın çok büyük olması nedeniyle havza 7 alt havzaya ayrılmış ve bir çalışma model alınarak, yağış verileri coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımı ile işlenmiştir. Modellenen alt havzalar alanlara bölünmüş ve bu alanların günlük ortalama yağış değerleri bulunmuştur. Bu değerler ve debi değerleri girdi verisi olarak kullanılmıştır. YSA modeli üzerinde parametre değişiklikleri yaparak en iyi model bulunmaya çalışılmıştır. YSA yöntemiyle bulunan sonuçlar, ampirik bir yöntemle bulunan sonuçlar ile kıyaslanılmıştır. Sonuç olarak iyi şekilde mimarisi kurulmuş olan bir YSA modelinin daha başarılı olduğu görülmüş, ayrıca YSA için çok yoğun bir veri grubuna ihtiyaç olmadığı gözlemlenmiştir.

Wu vd. (2009), Lushiu ve Daning, Çin havzalarında çalışmalarını yapmıştır. Çalışma yapılırken günlük ortalama akış verisi kullanılmıştır. Akış değerleri girdi verisi olarak okutulup ileri zamanda akış değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. YSA metodu üç farklı veri işleme yöntemi ile birlikte kullanılarak altı farklı model üzerinde durulmuştur. Bu modellerin ilki olan İB-ÇK-YSA'ya veriler herhangi bir yöntemle işlemeden okutularak tahmin yapılmıştır. Diğer yöntemlerde ise aynı ağ mimarisine veriler hareketli ortalama (HO), TSA ve çoklu dalgacık çözünürlük analizi (ÇDÇA) yöntemleri ile işleyerek okutulmuştur. Bu işlemler sonucunda YSA-HO kombinasyonunun en başarılı sonuçları verdiği, YSA-ÇDÇA kombinasyonunun ise verilerin, normalizasyon işlemi yapılmaksızın okutularak işlem yapılabilmesi dışında, başka bir avantajının olmadığı görülmüştür.

Turhan (2012), çalışmasını Seyhan Havzası'nın Yağış-Akış ilişkisini, YSA yöntemini kullanarak modellemesi üzerine yapmıştır. Çalışmada, ileri beslemeli geri yayımlı YSA (İBGY-YSA) tercih edilmiştir. Çalışma bölgesel olarak değil, seçilmiş istasyonlara göre noktasal olarak yapılmış ve havza temsil edilmeye çalışılmıştır. YSA ile bulunan sonuçlar ÇDR ile bulunan sonuçlar ile kıyaslanmış ve YSA yönteminin başarılı sonuçlar ürettiği vurgulanmıştır.

Literatür araştırmalarına ait özet görünüm Tablo 1.1. içerisinde sunulmuştur.

Tablo 1.1. Kaynak Araştırması Özeti

Yazar,Yıl	Çalışılan Havza	Veri Aralığı	Veri Grubu	Girdi Değişkenleri	Modeller
Machado, F. ; Mine, M. ; Kaviski, E. ; Fill, H. , 2011	Jangada Nehri havzası, Prana, Brezilya.	Mart 1976 - Temmuz 1994	Aylık	P, B, Q	IPHMEN, YSA
De Vos, N. J. , 2013	Twelve River Havzası, ABD	1960-1998	Günlük	P, B, Q, P _{ma}	YDSA, YSA
C. L. Wu, K. W. Chau , 2011	Wuxi ve Chongyang Havzaları, Çin	1 Ocak 1988 - 31 Aralık 2007	Günlük	P, Q	MYSa, ÇDR, YSA
Lohani, A. K. , Goel, N K. , Bhatia, K. K. S. , 2011	Narmada Havzası, Hindistan	1993-1998	Günlük	P, Q, ÖNM	YSA, BM, LTF
Dibike, Y. B. , Solomatine, D. P. , 2001	Apure Nehri Havzası, Venezüella	1981-1985	Haftalık	P, Q, B	YSA, TANK
Rajurkar, M. P. , Kothiyari, U. C. , Chaube, U. C. , 2004	Narmada, Krishna, Bird Creek, Brosna, Garrapatas, Kizu, Pampangaa, Havzaları	1980-1988 / 1981-1990 / 1957-1962 / 1969-1978 / 1980-1984 / 1963-1971 / 1974-1978	Günlük	P, Q	YSA
Riad, S. , Mania, J. , Bouchaou L. , Najjar, Y. , 2004	Ourika Havzası, Fas	1990-1996	Günlük	P, Q	YSA
Jeong, D. , Kim, Y. , 2005	Geum Nehri Havzası, Kore	1981-2001	Aylık	P, B, Q	TANK, TK-YSA, ÇK-YSA
Antar, M. A. , Elassiouti, I. , Allam, M. N. , 2006	Blue Nile Havzası, Mısır	1992-1999	Günlük	P, BYO	YSA
Wu, C. L. , Chau, K. W. , Li, Y. S. , 2009	Lushui ve Daning Havzaları, Çin	1 Ocak 1984- 31 Aralık 1988	Günlük	Q	YSA
Turhan, E. , 2012	Seyhan Havzası, Türkiye	1961-1995	Aylık	P, Q	YSA, ÇDR

1.3. Materyal

1.3.1. Hidroloji Bilimi ve İnşaat Mühendisliğindeki Yeri

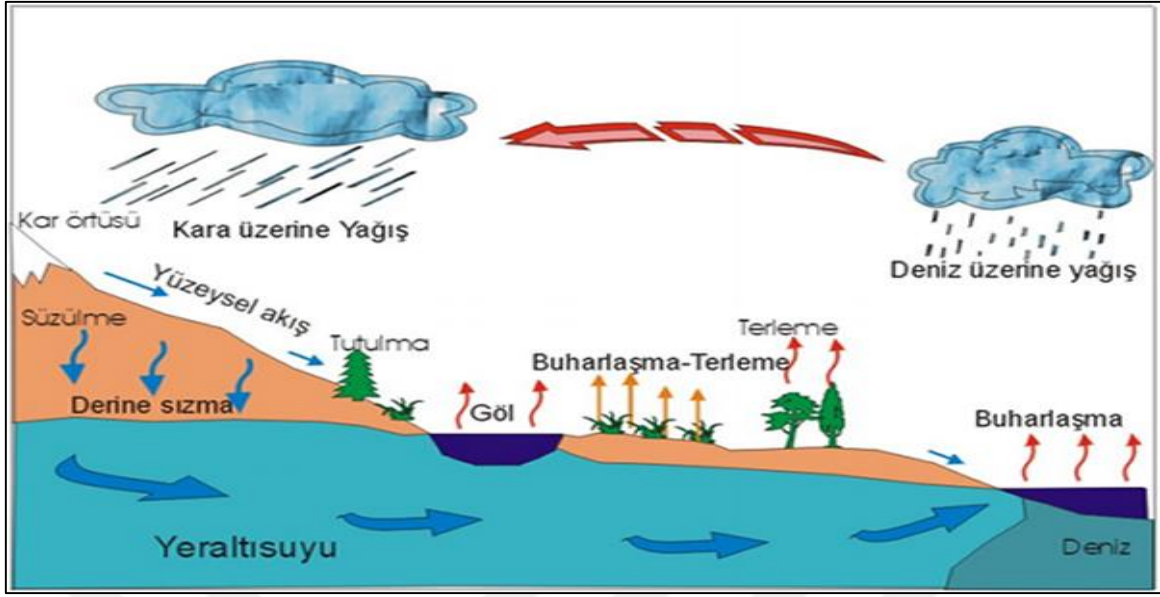
Yeryüzünde canlıların yaşaması için suyu kullanmak ve kontrol altına almak gerektiğinden tarih boyunca insanlar su ile ilgilenmişler ve suyun davranışlarını anlamaya, özelliklerini tanımaya çalışmışlardır. Suyu en verimli şekilde kullanmak ve neden olabileceği olumsuz etkilerden korunmak amacıyla yapılar inşa etmişlerdir. Bu bağlamda suyun hareketlerini inceleyen su bilimi, hidromekanik ve bu hareket nedeniyle suyun oluşturduğu etkileri araştıran su bilimi ise hidrolik olarak isimlendirilmektedir. Suyun yerkürede dağılımını, suyun çevrimini, fiziksel ve kimyasal niteliklerini, ayrıca çevreyle ve canlılarla olan ilişkisini araştıran bilim dalı ise hidroloji olarak adlandırılmaktadır.

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 yapılarının planlanması, proje, inşaat ve işletme çalışmaları için gerekli olan suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili çeşitli bilgiler, hidroloji biliminin uygulamaları ile elde edilmektedir. Uygulamalı bir bilim olan hidrolojinin su yapılarına rahatlıkla uygulanabilmesi için tüm hidrolojik kuralların iyi araştırılıp doğru kullanılması gerekmektedir. Su miktarının kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar; taşkınların önlenmesi, kurutma tesisleri, kanalizasyon tesisleri gibi çalışmalar ve su kalitesinin kontrolü amacıyla yapılan çalışmalar ise su kirliliğinin önlenmesine dair çalışmalardır. Bütün bu amaçlarla yapılacak tesislerin planlama, proje, inşaat ve işletme safhalarında suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili bazı sorunların karşılıklarının bilinmesi istenilmektedir. Örneğin; taşkınlardan korunma amacıyla yapılacak bir barajın veya göletin hesabında, göz önüne alınan 100, 500, 1000 yıl gibi belli bir süre içinde meydana gelmesi muhtemel en büyük taşkın tahmini gerekmektedir. 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 karşılaşılan bu gibi sorunları hidroloji bilimi çözmektedir. Bu çözümlerin yeterli bir doğrulukla yapılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Zira ekonomik nedenlerle hidrolojik hesaplarda, diğer mühendislik hesaplarında olduğu kadar büyük

emniyet katsayıları kullanılmasına izin verilmemektedir. 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 açabilir. Nihayetinde bazı hallerde tehlikeli, bazı hallerde de ekonomik yönden sakıncalı sonuçlar ortaya çıkabilir. Taşdığı önemin daha iyi anlaşılmasıyla, son yıllarda hidroloji bilimi ile ilgili çalışma ve araştırmalar yoğunlaştırılmıştır. Ancak; hidrolojik olaylara karışan etkenlerin sayısının çok fazla oluşu incelemeyi güçleştirmektedir (Yenigün ve Gümüş, 2009).

1.3.2. Hidrolojik Çevrim

Su, doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde (sıvı, katı, gaz) bulunmakta ve yer küresinin çeşitli kısımları arasında sürekli çevrim yapmaktadır. Suyun doğada takip ettiği yolların tümü hidrolojik çevrim olarak adlandırılır. Hidrolojik çevrim, herhangi bir noktadan gözden geçirmeye başlanabilir, atmosferden başlanacak olursa; 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 da zeminden süzülerek yeraltına geçer (sızma). Geriye kalan su ise yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve akarsular yoluyla denizlere ulaşır (yüzeysel akış). Yeraltına sızan su yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır. Denizlere ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri döner. Görüldüğü gibi su; katı, sıvı ve gaz hallerinde doğanın çeşitli kısımları arasında ve çeşitli yollar izleyerek çevrim yapmaktadır. Bu çevrim için gerekli enerji, güneşten ve yerçekiminden sağlanır. Yerküresinin iklim sistemi ile yakından ilişkili olan hidrolojik çevrim, günlük ve yıllık periyotları olan bir süreçtir. Hidrolojik çevrimin şematik hali Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Hidrolojik Çevrim (URL-4, 2015).

1.3.2.1 Yağış

Atmosferden katı veya sıvı halde yeryüzüne düşen suya yağış denilmektedir. Yağış çeşitleri suyun fiziksel haline göre isimlendirilir. Sıvı haldeki yağışa yağmur denilmektedir. Katı formda bir oluşum gösterirse; kar, dolu, vb. gibi isimlendirilmektedir. Hidroloji bilimi için yağışlar önemlidir ama yeraltı su seviyesini ve yüzeysel akış miktarını daha fazla etkilediğinden ötürü, yağmur ve karın önemi daha fazladır. Yağmur ve kar yeryüzü su kaynaklarını beslemesi bakımından farklılıklar göstermektedir. Yeryüzüne düşen yağmur, yüzeysel akışı hemen etkilerken, kar eridikten sonra yüzeysel akışa katılmaktadır.

Havzada yüzeysel akışa etkileyen en önemli parametrelerden birisi yağıştır. Yağış verileri çalışma kapsamında, günlük ortalama yağış yüksekliği cinsinden değerler alınarak kullanılmıştır. Günlük ortalama akışın değişimini modelleyebilmek amacıyla yağış yükseklikleri ile buharlaşma değerleri de günlük olarak kullanılmıştır. Böylece taşkına sebep olabilecek günlük aşırı akış değerlerinin de önceden tahmini amaçlanmıştır.

Yağış, belli bir zaman süresinde yatay bir düzlem üzerine düşen ve düştüğü yerde kalarak biriktiği kabul edilen su sütununun yüksekliği ile ifade edilir. Yağış yüksekliği, hidrolojik çalışmalarda çoğu zaman mm cinsinden ifade edilir (Bayazıt, 1999).

Yağış verileri, yazıcı olan veya yazıcı olmayan ölçerler ile ölçülebilmektedir. Günümüzde işletilen istasyonlar genellikle verileri kayıt altında tutmakta ve bu verileri

gerekirse grafik haline getirebilmektedir. Bu durum, verileri daha kolay ulaşılabilir, daha kolay güvenilir kılmaktadır.

1.3.2.1.1. Ortalama Yağış Yüksekliğinin Belirlenmesi

Bir bölgede ortalama yağış yüksekliği: mevcut verileri en iyi Şekilde değerlendirerek, bölgesel ortalama yağış yüksekliğini en az hata ile hesaplayabilmek için, her bir yağış leğinin çevresinde, o ölçekteki okumayla temsil edilebilecek alanı belirleyen metotlar kullanılarak elde edilir. Bir bölgedeki ortalama yağış yüksekliği eşitlik (1.1) ile ifade edilebilir.

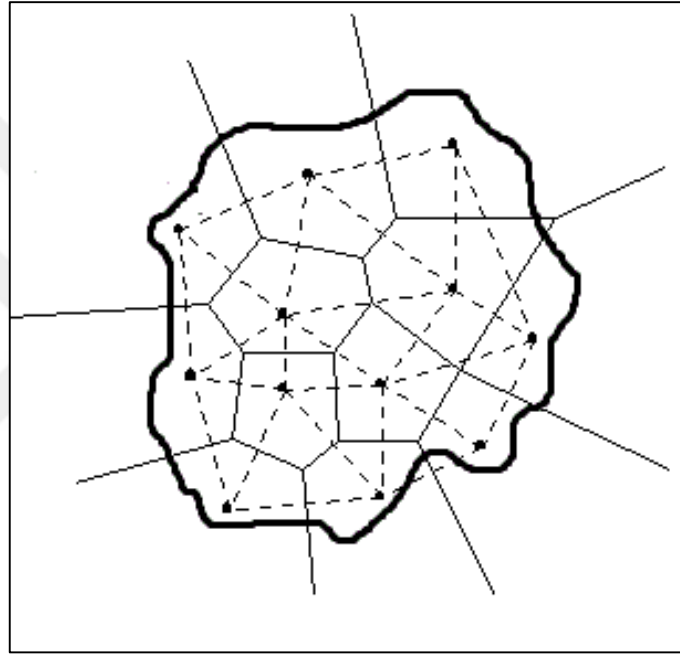
$$P_{ort} = \frac{\int_A P \cdot dA}{A} \quad (1.1)$$

Burada dA yüzey elemanını, A bölgenin toplam alanını göstermektedir. Ancak bölgenin her noktasına bir ölçek yerleştirmek mümkün olmayacağına göre mevcut ölçeklerden faydalanarak hesaplanan yaklaşık bir değerle yetinmek gerekir. Ölçekler ne kadar sık olursa, elde edilen sonucun doğruluğu o kadar artar, çünkü topografya, bitki örtüsü, gller ve yapılar gibi etkenler yağışın üniform dağılmasına engel olurlar (Bayazit, 1999).

Bu yöntemlerden başlıcaları; aritmetik ortalama, Thiessen okgenleri metodu ve izohiyet metodudur. Aritmetik ortalama yöntemi ile bölgede yağış yüksekliğinin belirlenmesi için, yağış ölçeklerindeki verilerin üniform dağılması ve alanın 500 km^2 'den küçük olması gerekmektedir. Aritmetik ortalama yönteminin, bu kabuller ile dağlık alanlarda ve yağışın ani değişim göstereceği yerlerde uygulanması pek uygun olmamaktadır. İzohiyet metodu ile temel olarak; yağış yüksekliği aynı olan noktaları birleştiren izohiyetler oluşturularak sonuca ulaşılmaktadır. Bu yöntem için bölgedeki ölçeklerin sıklığı, üniform dağılışı ve ölçümü yapılış yıllarının sürekliliğinin fazla olması çok önemlidir. Thiessen yöntemi; bölgede ölçeklerin dağılımı üniform olmasa bile uygulanabilmektedir. Bölge içerisinde olmayan istasyonların verilerinin de kullanılabilir. Bu bakımdan diğer yöntemlere göre daha yüksek toleransa sahiptir. Çalışma bölgesinde, ölçeklerin üniform olmayan dağılışı ve bölgenin dağlık yapısı sebebiyle Thiessen metodu seçilmiştir.

1.3.2.1.2. Thiessen Metodu

Bu metotta, bölge her bir ölçüğün çevresinde o şekilde parçalara bölünür ki her nokta en yakın olduğu ölçüğe ait parça içinde kalsın. Bunu yapmak için birbirine yakın ölçekler doğru parçalarıyla birleştirilip, orta dikmeler çizilir ve her bir ölçüğün çevresinde bu dikmelerin meydana getirdiği çokgenin (Thiessen çokgeni), o ölçekteki yağışla temsil edildiği kabul edilir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Thiessen Çokgenleri (URL-5, 2015).

Thiessen Çokgeni çizilirken bölgenin dışında kalan, fakat meteorolojik bakımdan bölge ile homojen karakterde olduğu kabul edilen ölçekler de göz önüne alınmaktadır. Böylece ağırlıklı bir ortalama ile ortalama yağış hesaplanmakta, her bir ölçüğün çevresinde kalan alanın yüzdesi, o ölçekteki yağışa ağırlık olarak verilmektedir.

$$P_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \cdot A_i}{A} \quad (1.2)$$

(1.2) numaralı eşitlikte; A_i , yağış yüksekliği, P_i olan ölçeğin çevresindeki bölgenin alanı, N ölçek sayısıdır. Bu sebeple aritmetik ortalama ile elde edilen sonuçlardan daha güvenlidir. Thiessen Çokgeni yağıştan yağışa değişmediği için bölgede bir kere çizilmesi yeterli olmaktadır. Bu metot 500-5000km² arasındaki bölgelerde kullanılabilir. Ölçeklerin üniform dağılımından gelen etkileri hesaba katmaktadır (Bayazıt, 1999).

1.3.2.2. Yüzeysel Akış

Bir akarsu kesitinden, belli bir anda geçen su parçacıklarının oluşturduğu bütüne; yüzeysel akış denilmektedir. Yüzeysel akışı doğada etkileyen birçok etken vardır. Bunlardan en büyük etkiye sahip olanlar arasında; sızma, buharlaşma ve yağış sayılabilir. Akışın tahmin edilmesi, su bilimi açısından en önemli konulardan birisi olmuştur. Bunun için kullanılacak yöntemlerde, havzada olabilecek bütün etkileri aynen oluşturup sonuca ulaşmak imkânsızdır. Bu sebeple akım tahminlerinde kesinlikten söz edilememektedir.

Yüzeysel akış, hidrolojik çevrimin en önemli elemanlarından biridir. Su kaynaklarının geliştirilmesiyle ilgili çalışmaların, planlama ve projelendirilmesinde, akarsu debisinin miktar ve zamansal değişimi oldukça önemlidir. Mesela taşkın kontrol tesislerinde, taşkın debisinin, su kuvveti tesislerinde (örneğin; hidroelektrik santral), yılın belli süresinde (örneğin yılın yarısında veya %75'inde) akarsuda mevcut olan debinin, sulama maksadıyla kurulan bir gölette ise yıllık ortalama debinin bilinmesi şarttır. Yüzeysel akışın, yağış, sızma, buharlaşma gibi hidrolojik parametrelere bağlı olarak tahmin edilebilmesi mümkündür. Ancak, bu konuda her durumda geçerli olan bir yöntem henüz geliştirilemediğinden, bu tahminlerin güvenilirliği tartışmalıdır. Bu sebeple, güvenilir sonuçlar elde edebilmek için doğru ölçüm yapabilen yeterli sıklıkta kurulmuş AGİ'lerde, debinin direkt olarak ölçülmesi en iyi yoldur. Hidrolojinin akım ölçümleri ile ilgilenen dalına hidrometri adı verilir. Hidrometrinin gayesi, akarsudaki Q debisinin zamanla (t) değişiminin, başka bir ifadeyle $Q=f(t)$ fonksiyonunun belirlenmesidir (Yüksek ve Üçüncü, 1999).

1.3.2.3. Buharlaşma ve Buhar Basıncı

Atmosferden yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı, bitkiler tarafından tutularak, bir kısmı zemine sızarak, bir kısmı terleme ve buharlaşma yoluyla akışa geçmeden atmosfere

geri dönmektedir. Buharlaşma, suyun olduğu her yerde meydana gelebilmektedir (bitkiler aracılığıyla topraktan veya su yüzeyinden buharlaşma gibi örnekler verilebilir). Buharlaşmanın hesaplanması özellikle kurak mevsimler için kritik önem arz etmektedir.

Buharlaşma, suyun sıvı halden gaz haline geçmesi olayıdır. Su yüzeyindeki moleküller yeterli bir kinetik enerjiye sahip olduklarında, kendilerini tutmaya çalışan diğer moleküllerin çekim etkisinden kurtularak, sudan havaya fırlarlar. Su yüzeyi civarında, sudan havaya havadan suya sürekli bir molekül akımı vardır. Sudan havaya geçen moleküllerin fazla olması olayına buharlaşma adı verilir. Buharlaşma yoluyla yeryüzündeki su atmosfere transfer edilir. Buharlaşma, su mühendisliği açısından büyük öneme sahiptir. Özellikle baraj göllerinde biriken suyun önemli bir kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmekte ve bu sudan yararlanılamamaktadır. Buharlaşma mekanizmasını bilmek ve oluşan su kayıplarını tahmin etmek, su potansiyelinden yararlanma açısından büyük bir öneme sahiptir (Yüksek ve Üçüncü, 1999).

Su yüzeyinden olan buharlaşma, suyun en fazla kaybedildiği süreçtir. Bu sebeple su yüzeyinden buharlaşmayı belirlemek oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle geliştirilen çeşitli yöntem ve araçlar bulunmaktadır. Bunlardan pratikte en kolay olanı, buharlaşma leğeni adı verilen cihazı kullanmaktır. Buharlaşma leğenleri büyük rezervuarların küçük modelleridir, alandaki gerçek buharlaşma değerleri için buharlaşma leğeninden hesaplanan değer, belirli katsayılar ile küçültülerek kullanılmaktadır (Şen, 2002).

Bir sıvıyı oluşturan taneciklerin bir kısmı, gaz haline geçerek sıvı yüzeyinde basınç oluşturur. Yüzeğe uygulanan bu basınca buhar basıncı denilmektedir.

Su yüzeyinden buharlaşma miktarı, atmosferde bulunan su buharı miktarı ile yakından ilişkilidir. Sıvı yüzeyinden ayrılan moleküller, atmosferde yayılmaktadır ve sıvı yüzeylerine basınç uygulamaktadır. Su yüzeyindeki basınç ve su üzerine etkiyen basınç arasındaki fark ile buharlaşma miktarı orantılıdır. Buhar basıncı ne kadar küçükse, su yüzeyinden o kadar fazla su kaybedilmektedir. Buharlaşma, MGM tarafından işletilen istasyonlar aracılığıyla ölçülmektedir. Buharlaşma ölçümleri, buharlaşma havuzları içerisindeki kaybolan suyun hesaplanması ile yapılmaktadır. Ölçümde kullanılan havuzun hacminin küçük olması, ısı değişimlere karşı hassas olmasına neden olmaktadır. Ayrıca durağan bir sistemden ölçülen buharlaşmanın akış halindeki bir suyu temsil yeteneğinin az olması sebebiyle, çalışmada buharlaşmaya direkt olarak etki eden, buhar basıncı kullanılmıştır. Buhar basıncı verileri günlük ortalama veriler (hPa biriminde) olarak çalışmaya dahil edilmiştir.

1.3.3. Çalışma Alanının Yeri ve Özellikleri

1.3.3.1. Doğu Karadeniz Havzası

Türkiye, hidrolojik çalışmalar için 26 ana akarsu havzasına ayrılmıştır. Doğu Karadeniz Havzası 22 numaralı ana akarsu havzasıdır (Şekil 1.3.). Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunmaktadır. Havza, 40015' ile 41034' kuzey enlemleri, 36043' ile 41035' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın güneyinde Karadeniz dağları, kuzeyinde ise Karadeniz bulunmaktadır. Havza; Samsun Terme çayı yakınlarından başlayarak, Gürcistan sınırına kadar uzanmaktadır. Havza, dağlık yapının fazla olması nedeniyle, engebeli ve eğimi yüksektir.

Havza; Melet Çayı, Harşit Çayı, Kara Dere, Aksu Deresi, Fırtına Deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşur (Şekil 1.4.). 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 (Nacar, 2014). Bölgedeki bazı illerin MGM'den alınan 1981-2010 yılları arası, yıllık toplam alansal yağış ortalaması; Artvin için 1006.6mm, Rize için 1421.1mm, Trabzon için 932.6mm, Giresun için 783.0mm, Gümüşhane için 613.6mm, Ordu için 849.1mm ve Samsun için 658.1mm şeklindedir.



Şekil 1.3. Türkiye Havzaları (URL-2, 2015).



Şekil 1.4. Doğu Karadeniz Havzası (Nacar, 2014).

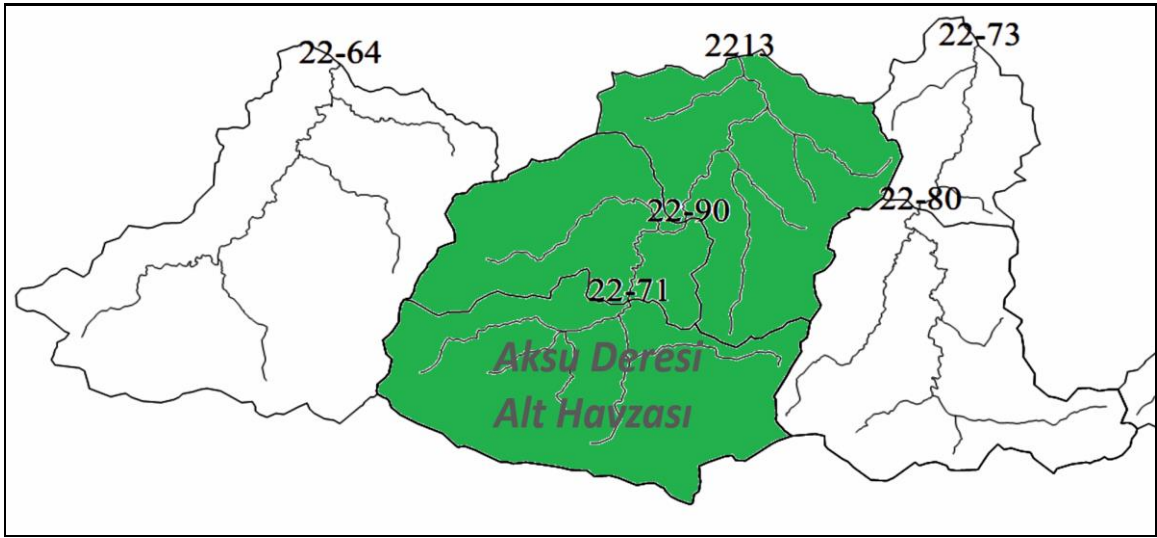
Doğu Karadeniz Havzası bölgenin dağlık yapısı, aldığı önemli miktardaki yağışlar, bölge jeolojisinin geçirimsiz veya yarı geçirimli olması ve eğimin yüksek olması nedenleriyle yüksek hidroelektrik potansiyele sahiptir.

DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nden edinilen bilgilere göre; bölgede bulunan hidroelektrik santrallerden (HES) ve barajlardan üretilen elektrik üretimi 6894GWs/yıl olarak Türkiye'nin 62000GWs/yıl olan yıllık hidroelektrik üretiminin %11'lik kısmını oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası hidroelektrik potansiyeli açısından Türkiye'nin en zengin havzaları arasındadır. Bölgede DSİ tarafından yapılması planlanan, proje aşamasında ve inşası değişik aşamalarda bulunan 126 HES projesi bulunmaktadır. Bölgede yapılması planlanan bu santraller; bölgedeki potansiyel hidroelektrik enerjiyi, ülkemizin kullanımına açacak ve bölgenin Türkiye enerji ihtiyacını karşılamakta olan payını arttıracaktır.

Doğu Karadeniz Havzası üzerinde DSİ tarafından işletilen 178 adet AGİ ve 26 adet meteoroloji gözlem istasyonu bulunmaktadır (URL-3, 2015). Bu istasyonlardan bazıları kapatılmış, bazılarının yerleri değiştirilmiştir. AGİ'lerin bazıları elektrik işleri etüt idaresi (EİE) tarafından açılrsa da, sonrasında işletmesi DSİ'ye devredilmiştir. Meteoroloji gözlem istasyonları ise MGM tarafından işletilmektedir.

1.3.3.2. Aksu Deresi Topografyası

Aksu havzası; Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü içerisinde yer almaktadır. Aksu, Giresun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir. Aksu havzası doğuda Yağlıdere Havzası, batıda Pazar Suyu Havzası, kuzeyde Karadeniz ve güneyde Karadağ ile çevrilidir. Aksu deresi, Bekta yaylalarının sırtlarından başlayan ve birçok derelerle beslenen bir akarsudur. Aksu ve Tam derenin birleşmesiyle oluşmuştur. Su toplama havzası 752km² ve mecrası uzunluğu ise 61km'dir (Aksoy ve Mücahit, 2010). Aksu deresi alt havzasına ait görsel Şekil 1.5.'te verilmektedir.



Şekil 1.5. Aksu Deresi Alt Havzası

Aksu deresi Giresun ilinde bulunmaktadır. Bölgede iklim iç kesimlerden kuzeye doğru nemli iklimden çok nemli iklime doğru geçişlidir. Giresun ilinde ortalama yıllık yağış 783mm dolaylarındadır. Trabzon ve Rize iline göre daha az yağış almaktadır. Bölgedeki kar, sel felaketlerine ve dolayısıyla yüzeysel akışa önemli ölçüde etkimektedir. Yukarı kesimlerde yoğun kar yağışı yaşanmaktadır. En yüksek kar örtüsü kalınlığı Giresun ili için 57cm olarak ölçülmüştür. Giresun kıyı bölgesi Rize'den sonra en çok yağış alan yerlerden birisidir. Bölgede, MGM verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık; +1,3°C ile +33°C arasında değişmektedir.

Doğu Karadeniz Havzası bitki örtüsü ve biyolojik çeşitlilik açısından ülkemizin en zengin bölgesidir. Giresun ili bol yağış aldığı için, bitki örtüsü bakımından çok zengindir.

İlin % 38'i ormanlarla kaplıdır. Çayır ve meralar ise % 27'dir. Toprağın ancak % 7'si ziraate elverişli değildir. Geri kalan kısmı ziraate elverişlidir. Giresun ilinde 1000m yüksekliğe kadar her taraf fındık, kestane, akasya, gürgen, meşe, ıhlamur, dişbudak, karaağaç, akçaağaç ve çeşitli meyve ağaçları ile örtülüdür. 1000-2000m arasında çam ormanları (sarıçam ve ladin ağaçları) ile kaplıdır. 2000m'nin üstünde Alp bitkileri görülür.

1.4. Yöntem

1.4.1. Yapay Sinir Ağlarına Giriş

İnsanoğlu varoluşundan beri doğa ile iç içe yaşamış ve doğadan ilham yolu ile birçok çözümler öğrenmiştir. Özellikle ihtiyaçlarını gidermek için doğal kaynakları kullanmakla birlikte elinden geldiği kadarı ile de doğal afetlerle mücadele etmeye çalışmıştır. Bununla beraber doğada meydana gelen olayları da düşünce, akıl ve hisleri ile anlamaya çalışmıştır. Olayların sebep-sonuç ilişkilerini içinde bulunduğu dönemin bilgi birikimi ve teknolojisinin elverdiği ölçüde irdelemeye çalışmıştır. Bu çalışmalar esnasında birçok yöntem geliştirilmiştir.

Üzerinde çalışılan yöntemler 1950 sonrası bilgisayarla sayısal hesaplamaların hızla gelişmesi sonucunda, son birkaç on yılda önceden benzeri görülmemiş biçimde gelişmeler kaydetmiştir. Geliştirilen yöntemlerin bazıları canlı organizmalardan esinlenerek ortaya çıkmıştır. Bu organizmaların işleyişlerinin matematikle ifade edilmeye çalışılması ile ortaya çıkan yöntemlere örnek olarak YSA verilebilir (Şen, 2004).

Biyolojik işleyişin matematiksel bir modeli 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 (Öztemel, 2006).

YSA sınıflandırma, kümeleme, vektör sayısallaştırması, desen uygunluğu, fonksiyon yaklaşımı, kontrol sorunları, optimizasyon ve arama çalışmaları konusunda etkin ve doğruluğu yüksek sonuçlar üretebilmektedir. İnşaat mühendisliği için her alanda kullanılabilir. Hidroloji bakımından kullanım alanları; yağış-akış modellemesi,

taşkın tahmini, yeraltı suyu modellemesi, su kalitesi, su yönetimi politikası, sedimentasyon tahmini, hidrolojik zaman serileri ve hazne işletmesi olarak örneklendirilebilir.

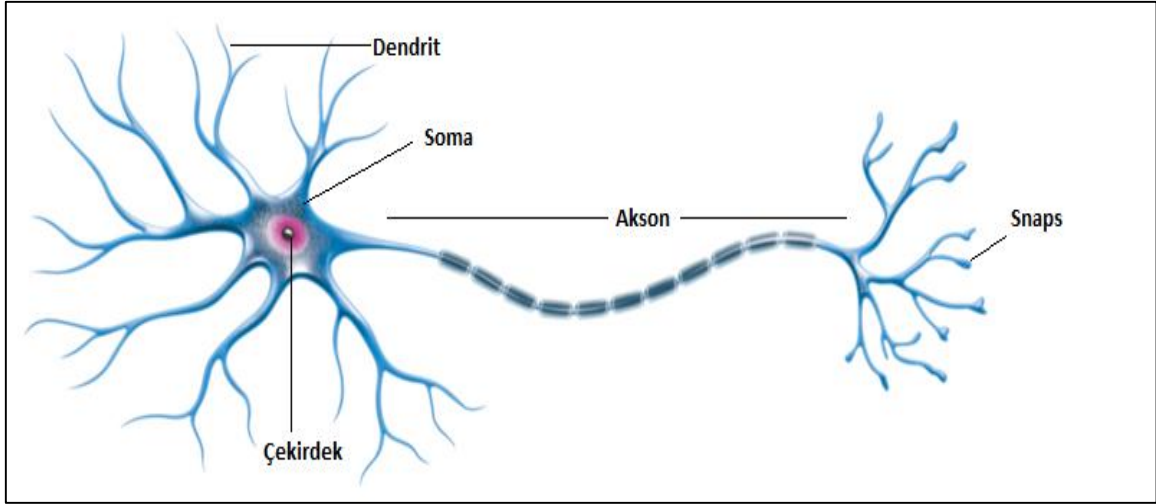
Yapay sinir ağları, ölçülmüş veya matematiksel formüller ile elde edilmiş sentetik verileri kullanarak öğrenme işlemi yapabilen, dışarıdan gelen etkiler karşısında nasıl tepkiler üreteceğine kararlar verebilen bilgisayar yazılımlarıdır. Genel olarak insan beyninin biyolojik sistem işleyişine benzer özellikler göstermektedir.

Genel olarak, bir yapay sinir ağının en temel görevi kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık bir çıktı seti oluşturmaktır. Bunu yapabilmesi için ağ öncelikle bu olayın örnekleri ile eğitilmelidir (öğrenme). Bu sayede ağ genelleme yapabilecek kabiliyete gelmektedir. Benzer olaylar karşısında da öğrendiği örneklere dayalı tahminler üretebilmektedir.

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sistemine çalışma prensibi olarak çok benzemektedir. Bu nedenle yapay sinir ağının tanıtılması için öncelikle biyolojik sinir hücresi ve biyolojik sinir ağlarının tanınması gerekmektedir.

1.4.2. Biyolojik Sinir Hücresinin Özellikleri

Biyolojik sinir sistemi ana elemanları, biyolojik sinir hücreleridir. Biyolojik sinir hücrelerine aynı zamanda nöron da denilmektedir. Her bir nöron temel olarak dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar elektriksel enerjiyi iletim sırasıyla; dendritler, soma, akson ve sinapslardır. Dendritler önceki hücrenin sinapslarından gelen nörotransmitter maddeleri almakla görevlidirler. Dendritlerin üzerinde nörotransmitter maddeyi değerlendirecek ve hücreye kabul edecek reseptörler bulunmaktadır. Bu reseptörlere iletilen nörotransmitter maddelerde, eğer bir hata veya bozulma varsa geri gönderilmekte ve düzeltilmesi istenilmektedir. Bu düzeltme sırasında önceki sinir hücresinden tüm ağa bu hata tanımlanmakta ve bir daha aynı hatada iletim olması engellenerek üretimin düzgün yapılması sağlanmaktadır. Bu olaya geri besleme denilmektedir. Dendritlerin reseptörlerinden kabul edilen nörotransmitter maddeler somaya ulaşır. Burada çekirdek aracılığıyla işlenerek hücrenin kendi elektriksel sinyali oluşturulur. Bu sinyal akson aracılığıyla sinapslara ulaşır ve buradan diğer hücreye nörotransmitter madde olarak aktarılır. Şekil 1.6.'da biyolojik sinir hücresinin yapısı görülmektedir.



Şekil 1.6. Biyolojik Sinir Hücresinin Yapısı (URL-6, 2015).

Biyolojik sinir ağından esinlenerek geliştirilen bir sistem olan YSA'nın en küçük bileşeni olan nöronların, biyolojik sinir ağını oluşturan nöronlar ile büyük benzerliği bulunmaktadır. Biyolojik sinir hücresinde meydana gelen olayların çoğunun karşılığı YSA hücresinde de bulunmaktadır. Örneğin; biyolojik sinir ağında bulunan yanma mekanizması, YSA hücresindeki aktivasyon fonksiyonuna tekabül etmektedir. Sinapslar, bağlantılar olarak, sinaptik güç ise bağlantı gücü olarak YSA'da karşılık bulmaktadır.

1.4.3. Biyolojik Sinir Ağının Yapısı

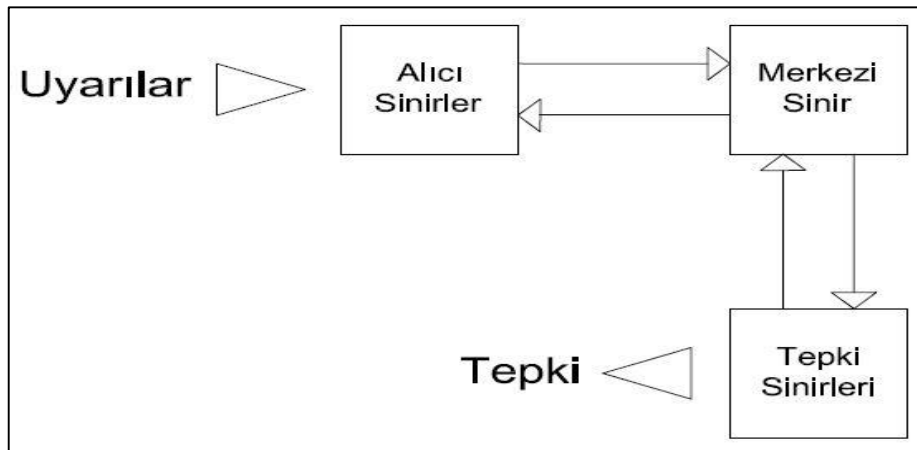
Sinir sisteminin, merkezi sinir sistemi ve çevresel sinir sistemi olmak üzere iki ana başlık altında incelenmesi mümkündür.

Merkezi sinir sistemi omurilik ve beyinden oluşmaktadır. Parçalı bir yapıya sahip omuriliğin, her parçasının sağ ve sol bölümlerinde bir algısal motor sinir bulunmaktadır. Her omurilik siniri organizmanın belirli bir bölümünü idare etmektedir. Omuriliğe giren algısal sinirler, omurilik içindeki nöronlarla sinaptik bağlantılar oluşturmakta ve ilgili bağlantılar, diğer motor nöronlarla bağlantılanmaktadır. Motor nöronlarsa algısal nöron ve ara nörondan gelen veriyi almakta ve ilgili organlara yollamaktadır. Omurilikteki nöron bağlantıları, refleks davranışlarının merkezi olduğu gibi bilinçli davranışların da gerçekleştirilmesini olanaklı kılabilir. Ancak unutulmaması gereken nokta, karmaşık öğrenme ve düşünce

faaliyeti için omuriliğin işlevsiz kalması ancak basit düzeyde öğrenmeleri mümkün kılabilmesidir.

Çevresel sinir sistemi, organizmanın dışından gelen sinyalleri beyne iletmekte ve iç organların çalışmasını düzenlemektedir. Bu söz konusu iletimde duyu organlarına bağlı nöronlar görev yapmaktadır. Çevresel sistem; bedensel bölüm ve otonom bölümden oluşmaktadır. Bedensel bölüm, nöronlar ile sinirsel verileri almakta ve kaslara komut vermektedir. Otonom sinir sistemi ise nefes alma, terleme, kalbin işleyişi gibi aktivasyonların, beynin kontrolünden bağımsız biçimde gerçekleşmesini sağlayan bir sinir şebekesi meydana getirmektedir.

Dünya üzerinde bulunan insan yapımı ya da doğal sistemler içinde, en yoğun bağlantılı ağa sahip olması dolayısıyla ve trilyonlarca sinaptik bağlantısıyla insan beyni, benzersiz bir yapıyı temsil etmektedir. Beyindeki 100 milyar nöronun her biri, ortalama 10000 başka nöronla bağlantılıdır ve bu durum yaklaşık yüz katrilyonluk bir bağlantıyı ortaya koymaktadır. Bu da beynin gerçekleştirdiği tüm fonksiyonları yerine getirebilecek bir bilgisayarın, yerkürenin birkaç katı büyüklüğünde yapılması gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır. İnsanoğlu, duyum ve bilinç merkezini oluşturan beyniyle, dış dünyadaki maddi ve manevi ilişkilerini yürütmektedir. Duyular aracılığıyla beyne iletilen sinyaller değerlendirildikten sonra vücudun gerekli tepkiyi göstermesi sağlanmaktadır. Beynin farklı bölümleri farklı fonksiyonları yerine getirmekte, bazı bölgeler duyu organlarından mesajlar alırken diğerleri dengeyi sağlamakta, kas eşgüdümünü gerçekleştirmekte, konuşma, hafıza, duygular, temel motor yetenekler ya da karmaşık hesaplarla ilgilenmektedir (URL-7, 2015). Biyolojik sinir ağının işleyişine dair şematik bir gösterim Şekil 1.7.'de sunulmuştur.



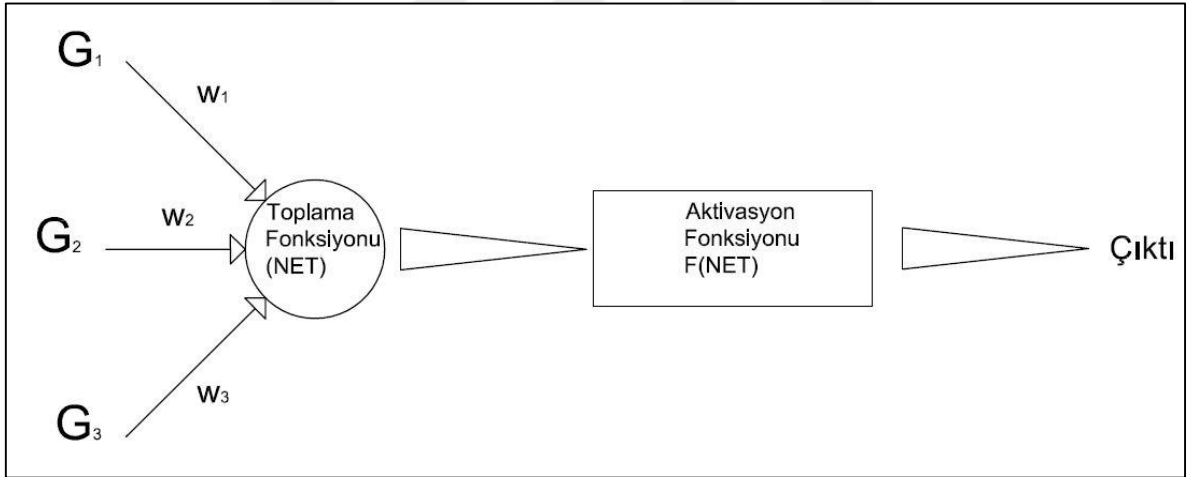
Şekil 1.7. Biyolojik Sinir Ağının İşleyişi

1.4.4. Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir hücreleri de tıpkı biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi çalışmaktadır. Yapay sinir hücreleri (proses elemanı) birbiri ile bağlantılar kurmak suretiyle YSA denilen hücreler kümesi yani bir ağ oluşturmaktadır. Bu ağın içerisinde her bir proses elemanına, biyolojik sinir hücresinde olduğu gibi veriler girmekte ve yorumlandıktan sonra ise bir sonraki hücreye aktarılmaktadır. Şekil 1.8.'de bu durum şematik bir şekilde verilmiştir.

Yapay sinir hücresinde bahsedilebilecek 5 temel bileşen vardır. Bu bileşenler Şekil 1.8.'de de görüldüğü üzere; girdiler (G), ağırlıklar (w), toplama fonksiyonu (NET), aktivasyon fonksiyonu (F(NET)) ve hücre çıktısıdır.

Girdiler; yapay sinir hücresine gelen bilgilerdir. Bu bilgiler ağın eğitimi için istenen örnekler tarafından belirlenmektedir. Bu bilgiler tasarımcı veya otonom sistemler tarafından dışarıdan girebileceği gibi başka hücreler veya hücrenin kendisinden de gelebilmektedir.



Şekil 1.8. Yapay Sinir Hücresi

Ağırlıklar; proses elemanına giren girdilerin önemini ve hücredeki etkisini gösteren sayılardır. Bu sayılar pozitif, negatif veya sıfır olabilmektedir. Sayının büyük veya küçük olması, verinin önemini göstermemektedir. Bununla birlikte sayının pozitif olması ya da negatif olması da bir önem göstergesi teşkil etmemektedir, sayı işaretleri verinin etkisini temsil etmektedir. Bu ağırlık değerleri, girdi verileri ile çarpılacak ve toplama fonksiyonuna gönderilerek işleme girecektir.

Toplama fonksiyonu; Bu fonksiyonun asıl amacı, hücreye gelen net girdiyi hesaplamaktır. Bu fonksiyon üzerinde genel olarak girdi verileri, ağırlık değerleri ile çarpılarak toplanmaktadır. Bu fonksiyonun çeşitli tipleri kullanılmaktadır. Bu fonksiyonun seçimi için herhangi bir kural bulunmamaktadır, tasarımcı deneme yanılma yoluyla fonksiyona karar vermektedir. En yaygın olanı ise ağırlıklı toplamın bulunmasıdır.

$$NET = \sum_{i=1}^n G_i \cdot w_i \quad (1.3)$$

(1.3) numaralı eşitlikte; G girdi değerlerini, w ağırlık değerlerini, n ise hücreye giren toplam veri sayısını göstermektedir.

Aktivasyon fonksiyonu; bu fonksiyon hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin üreteceği çıktıyı belirlemektedir. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonları da çeşitlilik göstermektedir. Tasarımcı bu fonksiyonun seçiminde deneme yanılma yoluyla veya tecrübelerine dayanarak karar vermek durumundadır. ÇK-YSA mimarisi için seçilen aktivasyon fonksiyonunun türevlenebilir olması, ağırlık doğru sonuç üretebilmesi ve hızlı çalışması için dikkate alınması gereken bir etkidir. Bu nedenle çalışmacılar (1.4) numaralı eşitlik ile örneklendirilen sigmoid fonksiyonları tercih etmektedir.

$$F(NET) = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (1.4)$$

Bu çalışmada; hiperbolik tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Hiperbolik tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri [-1,1] aralığında değişmektedir. Hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (1.5) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanmaktadır.

$$F(NET) = \frac{2}{1 + e^{-2NET}} - 1 \quad (1.5)$$

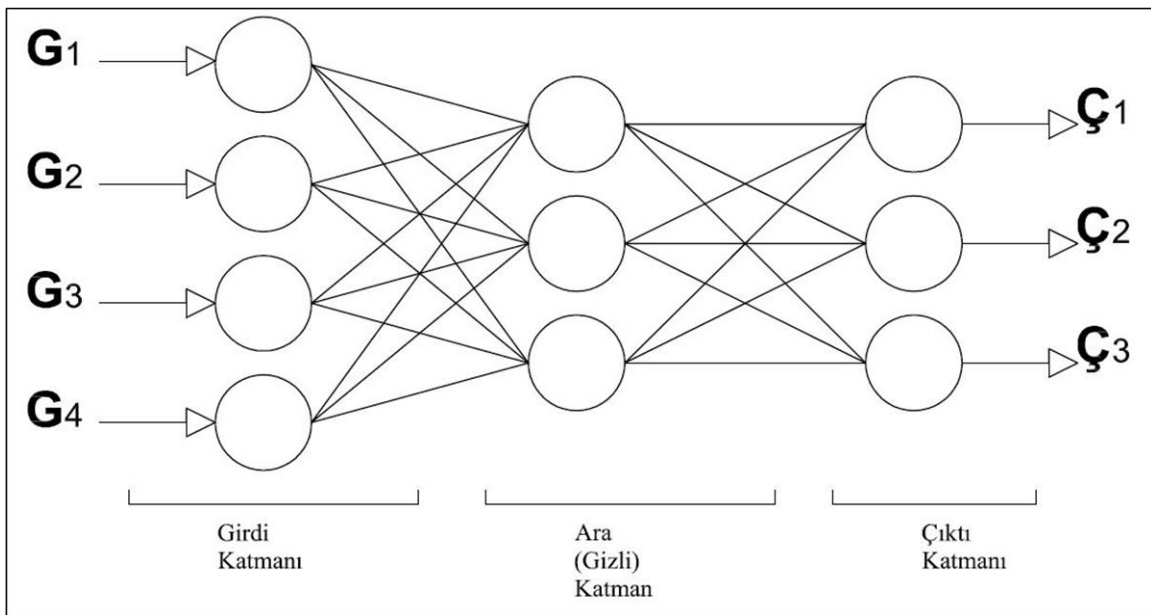
Hücre çıktısı; hücrenin aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Bu değer başka bir hücreye veya dış dünyaya gönderilebilmektedir. Her bir YSA hücresinin yalnızca bir adet çıktısı bulunmaktadır (Öztemel, 2006).

YSA modelleri çok çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle seçilecek modelin uygunluğu veri grubuna göre belirlenmekte ve kurallar buna göre tanımlanmaktadır. Bu çalışmada ÇK-YSA oluşturulmuş ve Aksu deresi için akış tahminleri yapılmıştır. ÇK-YSA yapısı ve işleyişine dair bilgi bir sonraki bölümde sunulmuştur.

1.4.5. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları'nın Yapısı

Çok katmanlı algılayıcılar; ilk geliştirilen YSA'ların yalnızca doğrusal örüntüleri çözebilme yeteneği olması ve doğrusal olmayan örüntülerde başarısız kalması nedeniyle geliştirilmiştir. ÇK-YSA'lar hem doğrusal ilişkilerde hem de doğrusal olmayan ilişkilerde başarılı sonuçlar üretebilmektedir. Bu nedenle çalışmalarda sıklıkla ÇK-YSA kullanımına rastlanmaktadır.

ÇK-YSA daha önce değinilmiş olan proses elemanlarının belirli parametreler ile bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Genel olarak üç farklı katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar; girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.9.'da ÇK-YSA şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.9. ÇK-YSA Yapısı

Katmanların her birinde Şekil 1.9.'da sembolize edilmiş yuvarlaklar, nöron olarak tanımlanmaktadır. Bu nöronlar YSA içerisinde bulunan proses elemanlarıdır ve ağı içerisinde bulunan işlem birimleridir.

Girdi katmanı; ağa dışarıdan giren bilgilerin (Şekil 1.9.'da bulunan G_1, G_2, G_3, G_4) toplandığı kısımdır. Burada veriler herhangi bir işlem görmeksizin, aynen bir sonraki katmana iletilmektedir. Burada gelen veri adedi kadar proses elemanı bulunmaktadır. Nöronlar aldığı bilgileri aynen aktarmakla görevlidirler. Burada bulunan nöronlar, ara katmanda bulunan nöronların tümüne bağlıdır.

Ara (gizli) katman; girdi katmanından gelen bilgileri işleyen ve bir sonraki katmana gönderen birimdir. Ara katmanda birden fazla katman bulunabilmekte ve her biri farklı fonksiyonlar ile işlem yapabilmektedir. Ara katman içinde bulunan tüm nöronlar birbiriyle bağlantılı ve paralel biçimde işlem yapabilmektedir. Katmanlardaki nöron sayıları sabit değil tasarımcının belirleyeceği şekilde farklılık gösterebilmektedir.

Çıktı katmanı; ara katmandan gelen bilgileri işleyerek çıktılara dönüştüren birimdir. Çıktı katmanında birden fazla nöron bulunabilmektedir. Bulunan her nöron bir önceki katmandaki nöronlar ile bağlantılıdır. Her bir nöronun dış dünyaya ürettiği bir adet çıktı bulunmaktadır (Şekil 1.9.'da $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$).

ÇK-YSA modelinde, bu çalışma için, danışmanlı öğrenme olarak adlandırılan öğrenme stratejisi kullanılmaktadır. Buna göre bilgiler hem örnekler hem de örneklere karşılık beklenen çıktılar şeklinde verilmektedir. Ağ girdilere karşılık çıktı değerlerini üretebilmek için kendi ağırlık değerlerini günceller. Hata payı ağ tarafından, ağın ürettiği çıktılar ile gerçek değerler arasındaki fark hesaplanarak belirlenir. Daha sonra her bir hücreye düşen hata oranına göre ağırlık değerleri, ağ tarafından, güncellenir. Bu olay genellikle makine öğrenmesi olarak tabir edilmektedir. Bu işlemden sonra ağa gösterilmemiş benzer örnekler verilerek, ağın çözüm yapması istenir. Bu çözümü ağ, öncesinde oluşturmuş olduğu çözüm uzayından yararlanarak yapmaktadır.

YSA'da sabit bir tasarım bulunmamaktadır. Tasarımcının problemlere üreteceği çözüm konusunda herhangi bir kural yoktur. YSA'lar nöronların birbirine bağlantı biçimine göre, ileri ve geri beslemeli olarak ayrılır. İleri beslemeli ağlarda, nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Bir katmandan, sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. Yapay sinir ağına gelen bilgiler giriş katmanına, daha sonra sırasıyla ara katmanlardan ve çıkış katmanından işlenerek geçer ve sonra dış dünyaya çıkar. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, ileri beslemeli olanların aksine, bir hücrenin çıktısı

sadece kendinden sonra gelen hücrenin katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir hücreye de girdi olarak bağlanabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları, doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir (URL-8, 2015).

Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) ağının öğrenme kuralı, en küçük kareler yöntemine dayalı Delta öğrenme kuralının geliştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına; geliştirilmiş Delta kuralı (GDK) da denmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim seti adı verilen ve örneklerden oluşan bir sete ihtiyaç vardır. Bu set içinde her örnek için ağın hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir (Öztemel, 2006).

1.4.6. ÇK-YSA'nın Çalışma Sistemi

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

Örneklerin toplanması: Ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim seti) ağın test edilmesi için de örneklerin (test seti) toplanması gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında test seti ağa hiç gösterilmez. Eğitim setindeki örnekler ağa tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra test setindeki örnekler gösterilerek ağın performansı ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.

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

Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağın doğrulama kontrolü iterasyon sayısının, proses elemanlarının toplama ve aktivasyon fonksiyonlarının, ayrıca genel parametrelerin belirlendiği bölümdür.

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

Öğrenme setinden örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örneklerin (girdi/çıktı değerleri) belirli bir düzeneğe göre gösterildiği adımdır.

Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Sunulan girdiler için çıktıların 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 YSA'nın 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).

Çalışmada YSA oluşturulurken, eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt algoritması (LM) seçilmiştir. Bu LM algoritması ile çalışan bir YSA sisteminin durdurma kriteri, öncekilere benzer şekilde en küçük hata değerine inmesidir, ancak bu hata değerini bulsa bile sistem tasarımcının belirlediği doğrulama iterasyon sayısı kadar YSA'nın çalışmasını sürdürür ve daha düşük bir hata değeri bulmaya çalışır. Eğer daha düşük bir hata değeri bulursa, kontrol yeniden yapılır ve bulamayana kadar devam eder.

1.4.6.1. Levenberg-Marquardt Algoritması

Temel anlamıyla, çalışmada eğitim algoritması olarak kullanılan bu algoritma maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuştur, genel olarak 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 (1.6)'da ve (1.7)'de verilmiştir.

$$E(w) = \sum_{i=1}^m e_i^2(w) = \|f(w)\|^2 \quad (1.6)$$

(1.6) numaralı eşitlikte;

$$e_i^2(w) \equiv (y_i - y_{di})^2 \quad (1.7)$$

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 (1.8)'deki gibi hesaplanır.

$$w_{k+1} = w_k + \delta w_k \quad (1.8)$$

δw_k eşitlik (1.9)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır;

$$(J_k^T J_k + \lambda I) \delta w_k = -J_k^T f(w_k) \quad (1.9)$$

Bu eşitlikte;

J_k ; f 'nin (hatanın) w_k değerlendirilmiş jakobiyeni

λ ; Marquardt parametresi

I ; Birim veya tanımlama matrisi

Levenberg-Marquardt algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir.

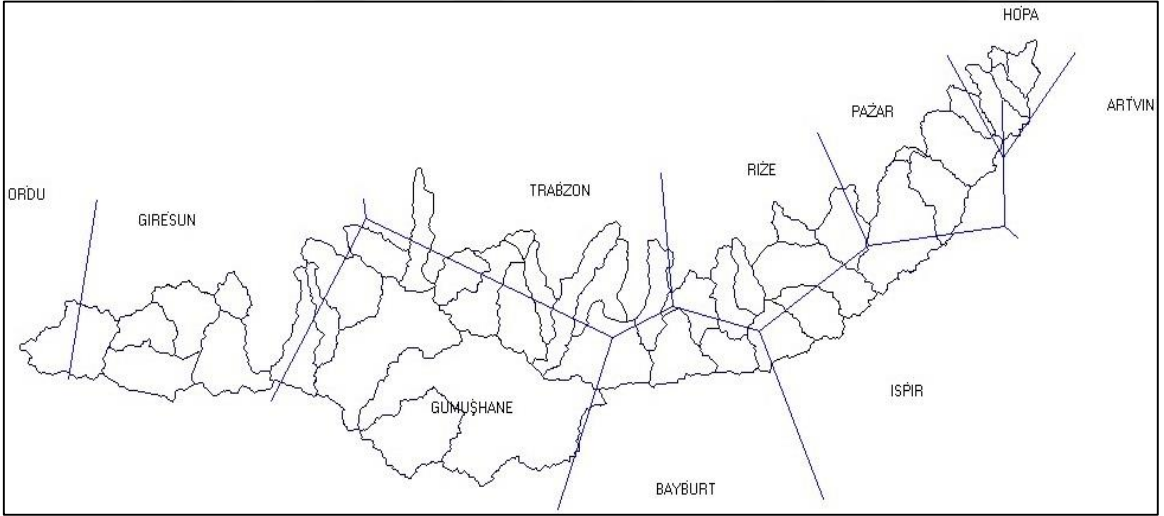
- i) $E(w_k)$ 'yi hesapla
- ii) Küçük bir λ değeri ile başla (mesela $\lambda=0.01$)
- iii) δw_k 'yi eşitlik 1.9.'da olduğu gibi çöz ve $E(w_k + \delta w_k)$ değerini hesapla
- iv) Şayet $E(w_k + \delta w_k) \geq E(w_k)$ ise λ 'yı 10 kat artır ve (iii)'ye git
- v) Şayet $E(w_k + \delta w_k) < E(w_k)$ ise λ 'yı 10 kat azalt
($w_{k+1} = w_k + \delta w_k$)'yi 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).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılacak Yağış Verilerinin Seçimi

Çalışmada AGİ'lerin bulunduğu koordinatlarda hesaplama yapılacağından, çalışılacak AGİ konumlarına, meteoroloji gözlem istasyonundan ölçülen, yağış yüksekliği ve buhar basıncı veri değerlerinin aktarılması için Thiessen çokgenleri yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemle göre tüm Doğu Karadeniz havzasında Thiessen Çokgenleri, NetCAD programı yardımıyla oluşturulmuştur. Çokgenler yardımıyla, meteoroloji gözlem istasyonlarının temsil ettiği alanlar belirlenmiştir. 22-71, 22-90 ve 2213 istasyonları, 17034 numaralı meteoroloji tarafından işletilen meteoroloji gözlem istasyonunun temsil ettiği alan içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple yağış yüksekliği ve buhar basıncı verileri AGİ konumlarında, meteoroloji gözlem istasyonundan aynen aktarılmıştır. Doğu Karadeniz havzasında yapılan Thiessen çokgenlerine dair görsel Şekil 2.1.'de sunulmuştur.



Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Havzası İçin Çizilmiş Thiessen Çokgenleri

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve İstatistiksel Olarak İncelemesi

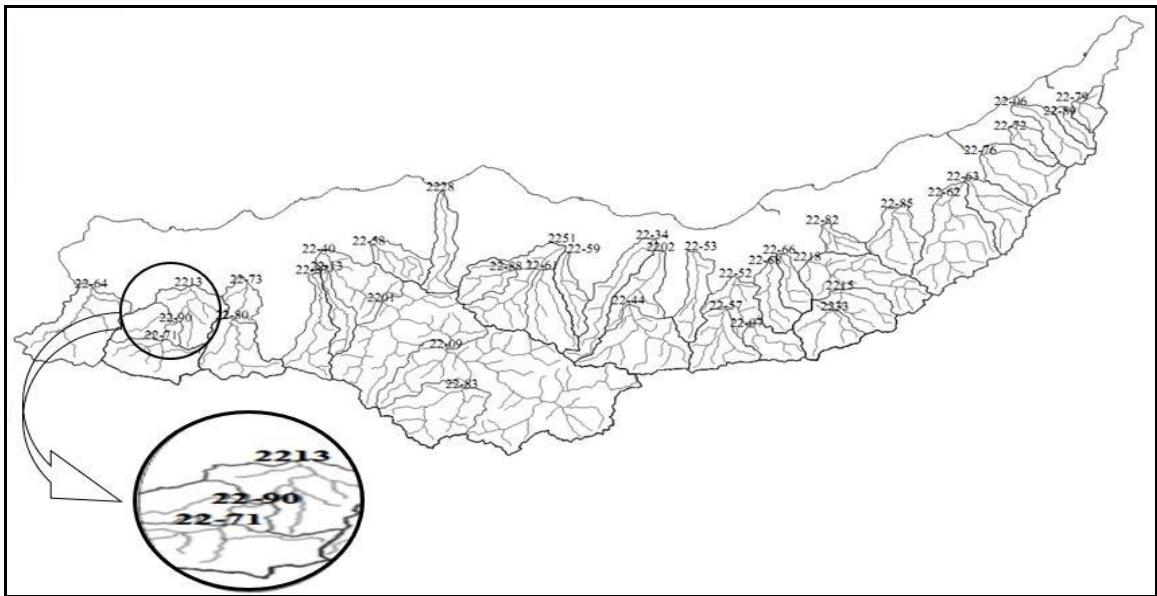
Çalışmada Doğu Karadeniz Havzası, Giresun ili sınırları içinde Aksu Deresi üzerinde bulunan, 3 adet akım gözlem istasyonuna ait ölçülmüş, günlük ortalama akım verileri

DSİ'den temin edilmiş ve kullanılmıştır. Temin edilen akım verilerinde ölçüm yapılmamış veya kayda geçilmemiş yıllar olduğundan, en uzun süre devamlı ölçülmüş veri grubu üç AGİ için de seçilmiştir. Bu sayede akımın zaman içerisinde değişimi kesiksiz olarak gözlenmek istenilmiştir. 22-71 istasyonu için mevcut akım verilerinden 1990-1999 yılları arası, 22-90 istasyonu için 1996-2004 yılları arası ve 2213 istasyonu için de 1995-2005 yılları arasında bulunan veriler seçilmiştir. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait özellikler Tablo 2.1.'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Çalışmada Kullanılan AGİ'lerin Özellikleri (Saka, 2012)

İstasyon No (Adı)	Kotu (m)	Drenaj Alanı (km ²)	Toplam Akarsu Uzunluğu (m)	Drenaj Yoğunluğu (m/km ²)	Ort. Akarsu Eğimi
22-71 (İkisü)	990	297.3	58735	197.6	0.049
22-90 (Alancık)	700	468.6	87907	187.6	0.04
2213 (Aksu)	248	713.9	155420	217.7	0.022

Çalışmada kullanılan 22-71, 22-90 ve 2213 AGİ'lerinin havzadaki yerleri Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.

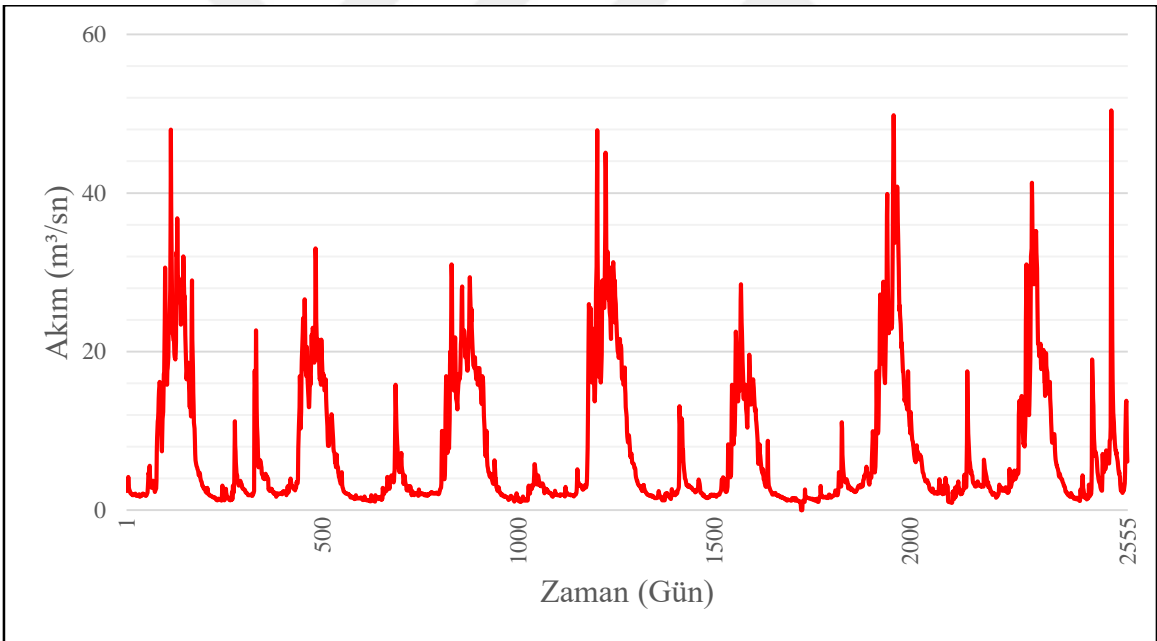


Şekil 2.2. Çalışmada Kullanılan AGİ'lerin Havzadaki Konumları

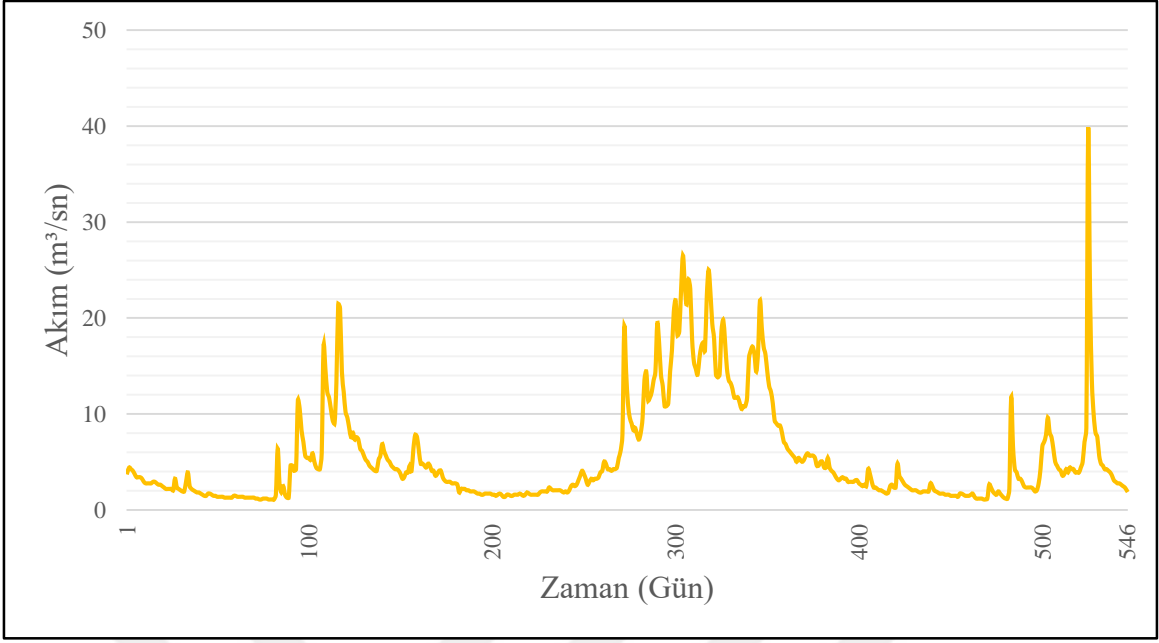
2.2.1. 22-71 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu

22-71 istasyonu; 990 metre kotunda, Giresun Dereli ilçesinden sonra İkisü köyünde bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarından, ortalama akarsu eğimi en fazla olanıdır.

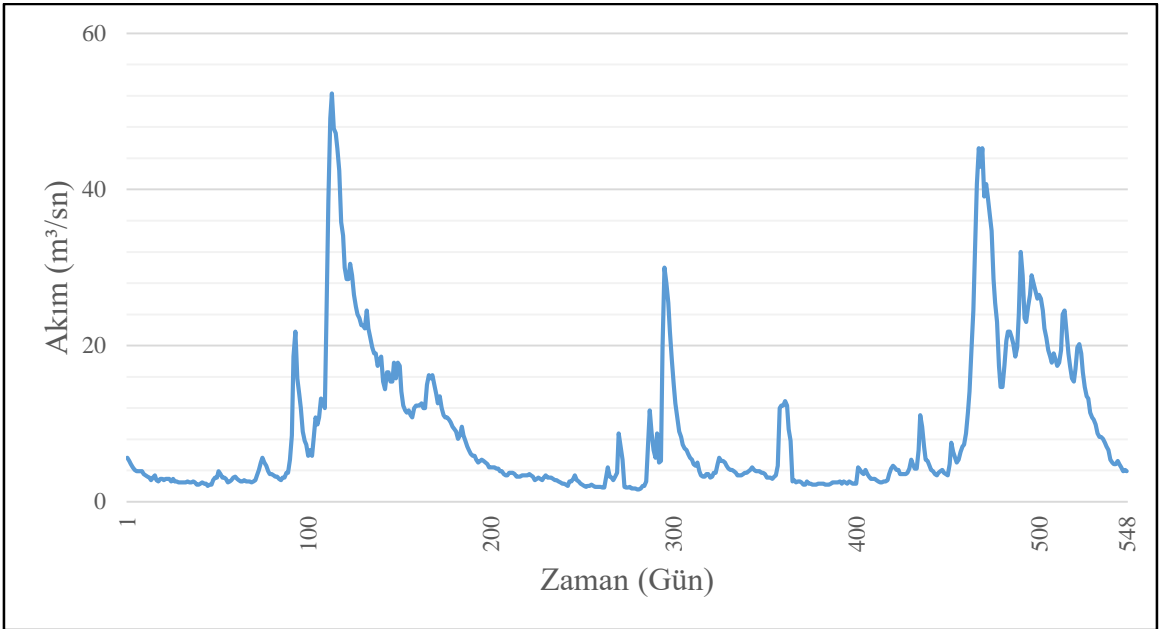
22-71 istasyonu için 1990-1999 yılları arasında bulunan 3649 adet akım verisi kullanılmıştır. Bu akım verilerinin 2555 tanesi ($\approx\%70$) eğitim veri seti, 546 tanesi ($\approx\%15$) doğrulama veri seti ve 548 tanesi de ($\approx\%15$) ağı simülasyonu için test veri seti olarak belirlenmiştir. Bu verilerin çalışmaya okutulması; 1.-2555. arası eğitim aşaması, 2556.-3103. arası test aşaması, 3104.-3649. arası ise doğrulama aşaması için olmak üzere teşkil edilmiştir. 22-71 istasyonu verilerine ait zaman serileri aşağıda Şekil 2.3., Şekil 2.4. Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.'da sunulmuştur.



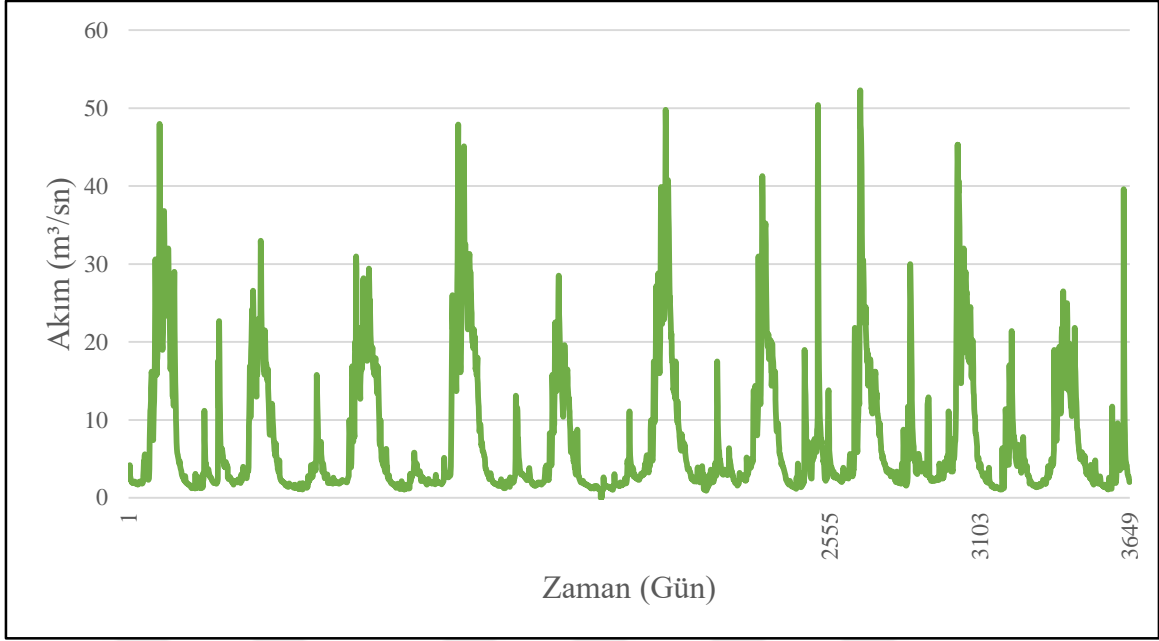
Şekil 2.3. 22-71 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.4. 22-71 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.5. 22-71 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.6. 22-71 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi

Çalışmada kullanılan 22-71 numaralı, DSİ'ye bağlı akım gözlem istasyonu için ölçülmüş günlük ortalama akım değerlerinin, istatistiksel olarak analizi yapılmıştır ve Tablo 2.2.'de sunulmuştur.

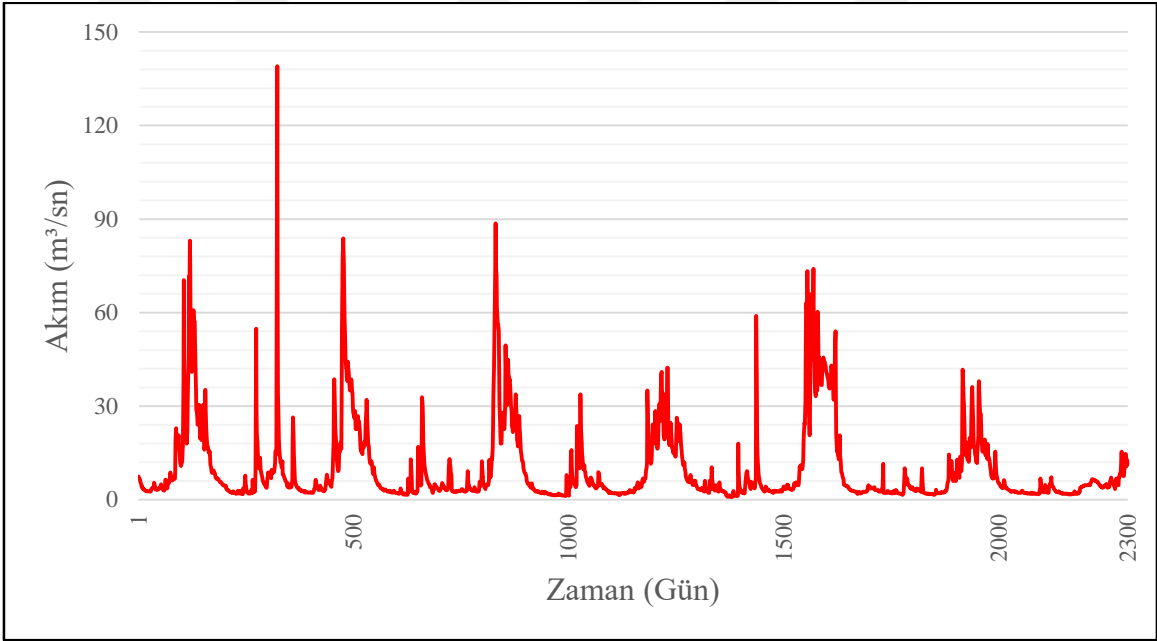
Tablo 2.2. 22-71 Numaralı AGİ'ye Ait Verilerin İstatistiksel Olarak İncelemesi

İSTASYON NO		22-71(AGİ)		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (m ³ /sn)	7.27	7.27	5.46	9.04
Mod (m ³ /sn)	1.80	1.98	1.57	2.61
Medyan (m ³ /sn)	3.39	3.10	3.39	4.40
Ortalama Sapma (m ³ /sn)	6.1902	6.5870	3.9361	7.1535
Standart Sapma (m ³ /sn)	8.1628	8.2744	5.3956	9.4397
Çarpıklık	1.9383	1.8003	2.0220	1.9403
Basıklık	6.8157	5.9400	7.6743	6.7948
Maksimum (m ³ /sn)	52.3	50.4	39.6	52.3
Minimum (m ³ /sn)	0.9180	0.9180	1.07	1.57
Veri Adedi	3649	2555	546	548
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

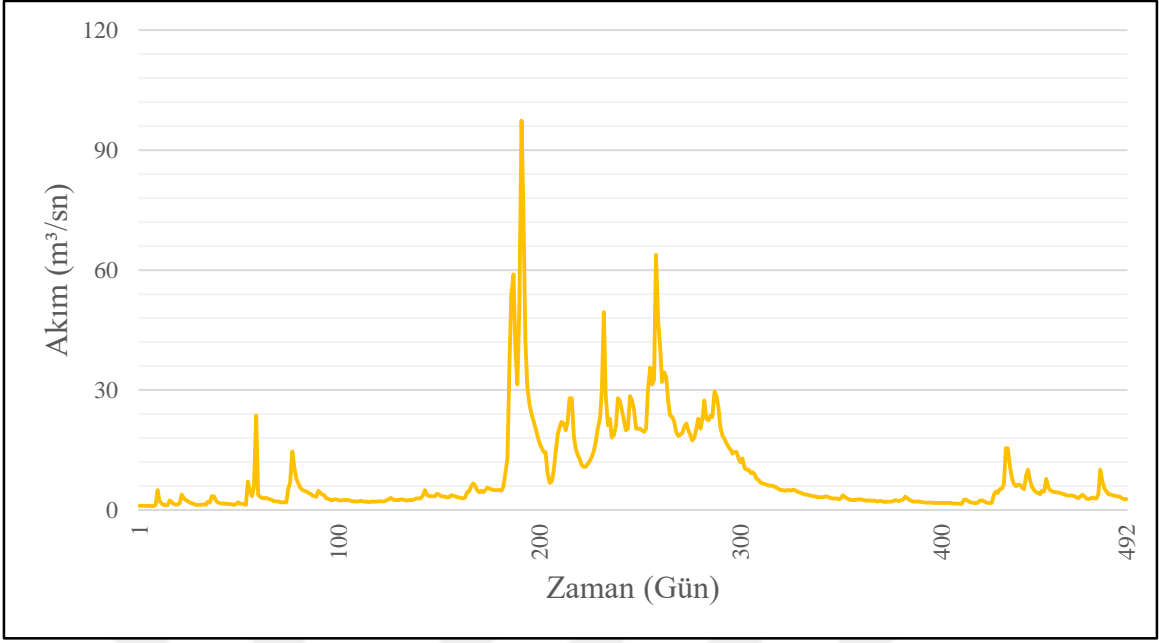
2.2.2. 22-90 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu

22-90 istasyonu; Giresun-Dereli yolu üzerinde, Alancık köyü girişinde bulunmaktadır. İstasyonun yaklaşık kotu 700 metredir.

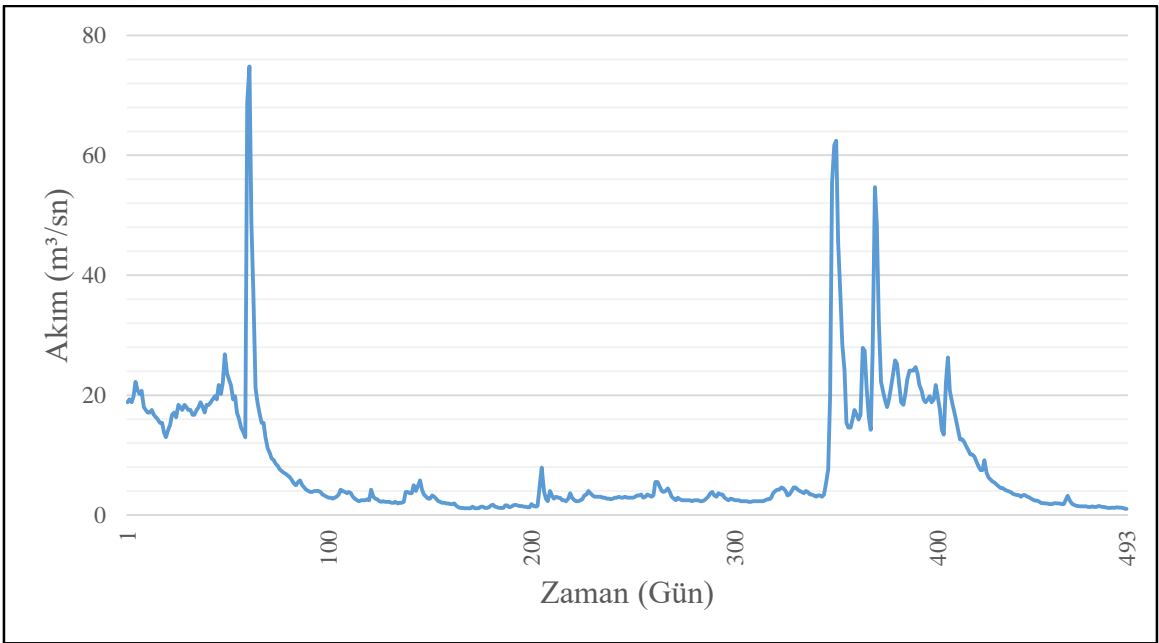
22-90 istasyonunda çalışmaya dahil edilen, 1996-2004 yılları arası, 3285 adet ölçülmüş günlük ortalama akım verisi bulunmaktadır. Bu verilerden 1.-2300. veri aralığı, 2300 adet veri ($\approx\%70$) eğitim verisi olarak, 2794.-3285. veri aralığı, 492 adet veri ($\approx\%15$) doğrulama verisi olarak, 2301.-2793. veri aralığı, 493 adet veri de ($\approx\%15$) test verisi olarak kullanılmıştır. Kullanılan bu veriler için zaman serileri Şekil 2.7., Şekil 2.8., Şekil 2.9. ve Şekil 2.10.'da verilmiştir.



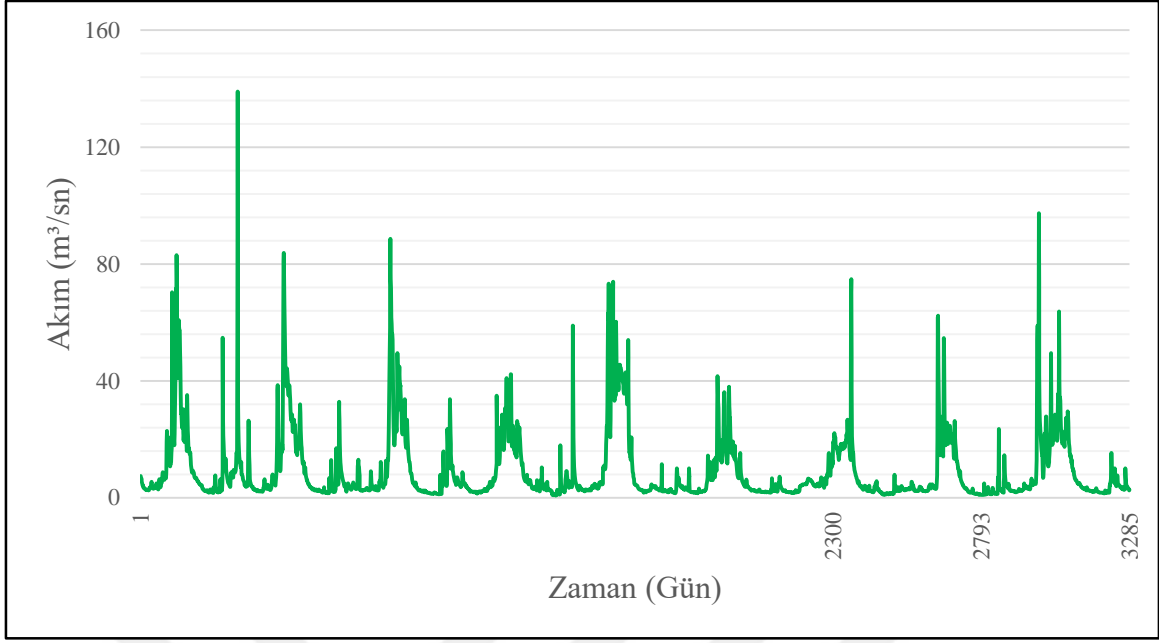
Şekil 2.7. 22-90 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.8. 22-90 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.9. 22-90 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.10. 22-90 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi

22-90 numaralı AGİ için yapılan istatistiksel inceleme sonuçları Tablo 2.3.'de sunulmuştur.

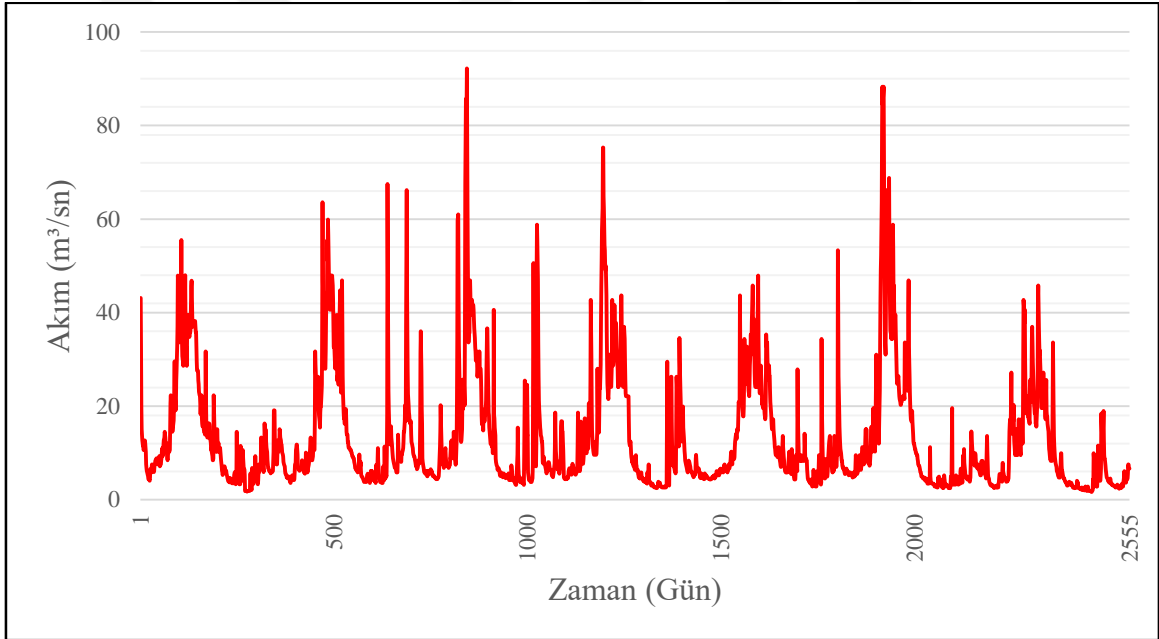
Tablo 2.3. 22-90 Numaralı AGİ'ye Ait Verilen İstatistiksel Olarak İncelemesi

İSTASYON NO		22-90(AGİ)		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (m ³ /sn)	9.34	9.74	8.46	8.32
Mod (m ³ /sn)	2.60	2.60	2.50	2.45
Medyan (m ³ /sn)	4.03	4.37	3.66	3.44
Ortalama Sapma (m ³ /sn)	8.3424	8.7103	7.6890	7.5115
Standart Sapma (m ³ /sn)	12.2269	12.8433	10.9912	10.1736
Çarpıklık	2.9204	2.8735	3.0417	2.7174
Basıklık	14.9003	14.2553	16.8778	13.5770
Maksimum (m ³ /sn)	139	139	97.4	74.80
Minimum (m ³ /sn)	0.84	0.84	0.98	1.04
Veri Adedi	3285	2300	492	493
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

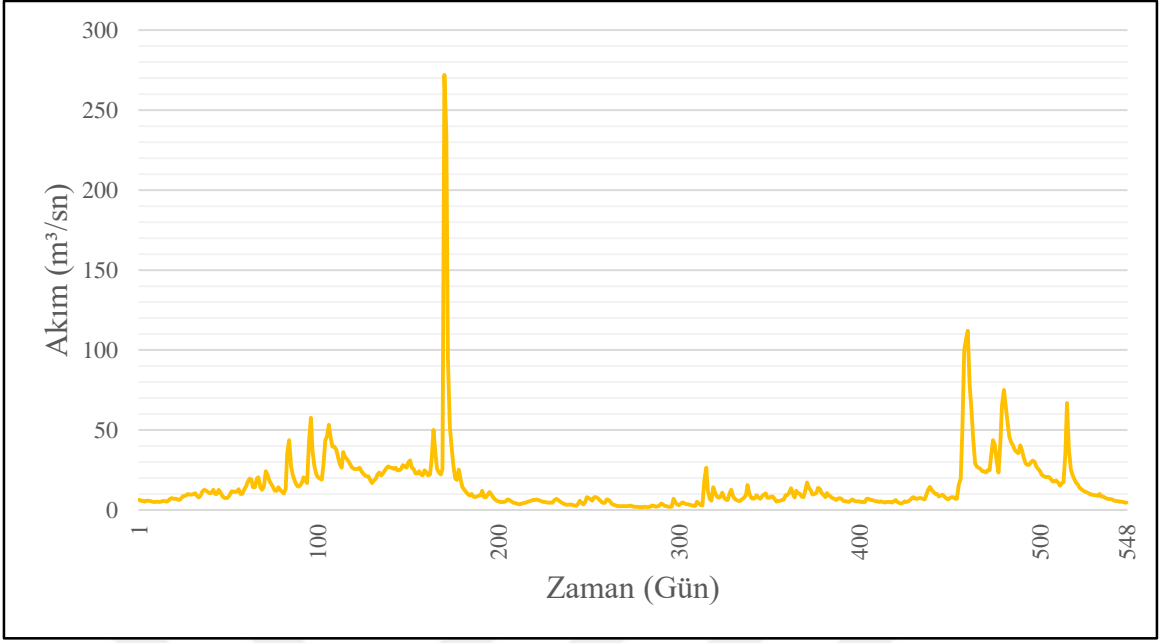
2.2.3. 2213 Numaralı Akım Gözlem İstasyonu

Öncesinde eski adıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne (EİE) bağlı olarak ölçümü yapılan istasyon, DSİ rasatlar şube müdürlüğü çatısı altında birleştirilmiştir. İstasyon Giresun ili dereli ilçesindeki kemer köprü'nün 1 km mansabında yer almaktadır.

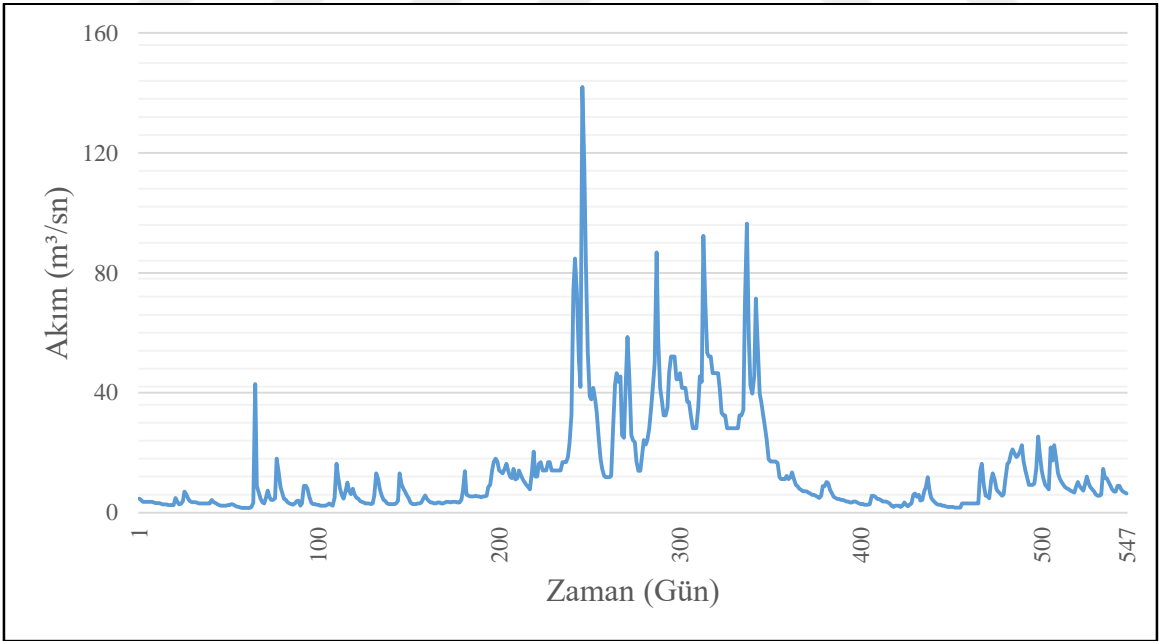
Çalışmada istasyona ait; 1995-2004 yılları arasında bulunan, 3650 adet ölçülmüş günlük ortalama akım verisi kullanılmıştır. Bu verilerden 1.-2555. veriler arası, 2555 adet veri (\approx %70) eğitim verisi olarak, 2556.-3103. veriler arası, 548 adet veri (\approx %15) doğrulama verisi, 3104.-3650. veriler arası 547 adet veri de test verisi olarak kullanılmıştır. Bu verilere ait zaman serileri aşağıda; Şekil 2.11., Şekil 2.12., Şekil 2.13. ve Şekil 2.14.'te sunulmuştur.



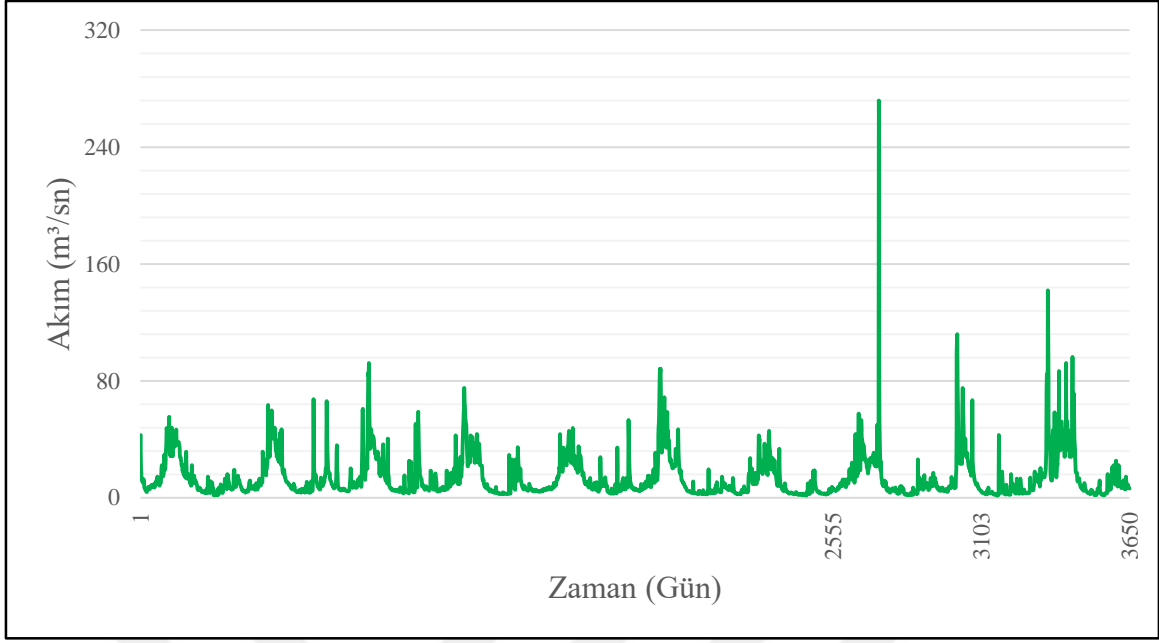
Şekil 2.11. 2213 Numaralı AGİ Eğitim Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.12. 2213 Numaralı AGİ Doğrulama Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.13. 2213 Numaralı AGİ Test Veri Seti Zaman Serisi



Şekil 2.14. 2213 Numaralı AGİ Toplu Veri Zaman Serisi

2213 numaralı AGİ için yapılan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 2.4.'de sunulmuştur.

Tablo 2.4. 2213 Numaralı AGİ'ye Ait Verilerin İstatistiksel Olarak İncelemesi

İSTATİSTİK DEĞER	İSTASYON NO	2213(AGİ)			
		Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (m ³ /sn)		13.64	13.21	15.35	13.91
Mod (m ³ /sn)		2.64	2.64	4.95	3.07
Medyan (m ³ /sn)		8.05	8.08	9.10	6.99
Ortalama Sapma (m ³ /sn)		9.9761	9.3153	11.2388	11.7451
Standart Sapma (m ³ /sn)		14.8696	12.7245	20.3966	17.2760
Çarpıklık		4.3074	2.1411	6.8609	2.7762
Basıklık		47.4297	8.7486	74.4187	13.6480
Maksimum (m ³ /sn)		272	92.2	272	142
Minimum (m ³ /sn)		1.55	1.68	1.74	1.55
Veri Adedi		3650	2555	548	547
Veri Yüzdesi (%)		100	70	15	15

2.2.4. 17034 Numaralı Meteoroloji Gözlem İstasyonu (MGİ)

Çalışmada kullanılan bu istasyon; Giresun ili merkezde bulunmaktadır ve MGM tarafından işletilmektedir. İstasyon gözlem türü olarak; otomatik meteorolojik gözlem istasyonudur (OMGİ). Bu istasyonlar belirlenen meteorolojik parametreleri anlık olarak ölçerek, belirlenen formatta yazıya ve grafiklere çevirebilmektedir. MGM'ye direkt bağlı oldukları için en güvenilir istasyonlardır.

Çalışma alanında kullanılacak olan yağış ve buharlaşma verilerinin alınacağı istasyonun seçimi için öncelikle bütün Doğu Karadeniz Havzası üzerinde Thiessen Çokgenleri çalışması yapılmıştır. Bu çalışmadan çıkan sonuç 17034 numaralı MGİ'nin verilerinin herhangi bir katsayı ile çarpılmaksızın aynen çalışma alanına kullanılabileceğini göstermiştir.

17034 MGİ'den çalışmada kullanılmak üzere ölçülmüş; günlük ortalama buhar basıncı (hPa) ve günlük ortalama yağış (mm) verileri alınmıştır. Alınan bu veriler 22-71 istasyonu için 1990-1999 yılları arası, 22-90 istasyonu için 1996-2004 yılları arası ve 2213 istasyonu için de 1995-2004 yılları arasındadır. Alınan bu veriler ve çalışmada kullanılan kısımları için yapılmış istatistiksel incelemeler Tablo 2.5., Tablo 2.6., Tablo 2.7., Tablo 2.8, Tablo 2.9. ve Tablo 2.10'da sunulmuştur.

Tablo 2.5. 22-71 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		YAĞIŞ		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (mm)	3.29	3.29	3.48	3.11
Mod (mm)	0	0	0	0
Medyan (mm)	0	0	0	0.1
Ortalama Sapma (mm)	4.5713	4.6023	4.8696	4.1312
Standart Sapma (mm)	7.8902	8.0649	8.3836	6.4176
Çarpıklık	4.3250	4.4315	4.1674	3.2348
Basıklık	28.9929	30.3394	24.9001	16.1778
Maksimum (mm)	103.70	103.70	69.8	50.4
Minimum (mm)	0	0	0	0
Veri Adedi	3649	2555	546	548
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

Tablo 2.6. 22-71 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		BUHARLAŞMA		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (hPa)	13.61	13.60	14.83	12.44
Mod (hPa)	8.2	8.2	20.1	6.9
Medyan (hPa)	12.4	12.3	13.6	11.3
Ortalama Sapma (hPa)	5.2876	5.2950	5.5092	4.9236
Standart Sapma (hPa)	6.1304	6.0972	6.4051	5.7604
Çarpıklık	0.4548	0.4231	0.4834	0.5044
Basıklık	2.0631	1.9793	2.0977	2.1307
Maksimum (hPa)	29.70	28.70	29.70	25.80
Minimum (hPa)	3	3.5	5	3
Veri Adedi	3649	2555	546	548
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

Tablo 2.7. 22-90 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		YAĞIŞ		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (mm)	3.49	3.40	4.23	3.1556
Mod (mm)	0	0	0	0
Medyan (mm)	0	0	0	0
Ortalama Sapma (mm)	4.8552	4.6856	5.8852	4.5922
Standart Sapma (mm)	8.3150	7.9446	10.0370	8.0613
Çarpıklık	4.0344	4.0573	3.7823	3.9715
Basıklık	23.6873	24.6878	19.8587	21.6459
Maksimum (mm)	75.4	75.4	72.8	64.8
Minimum (mm)	0	0	0	0
Veri Adedi	3285	2300	492	493
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

Tablo 2.8. 22-90 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		BUHARLAŞMA		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (hPa)	13.22	13.12	12.77	14.16
Mod (hPa)	6.4	6.4	6.4	17.9
Medyan (hPa)	11.9	11.6	12	14.3
Ortalama Sapma (hPa)	5.2260	5.1611	5.0377	5.5677
Standart Sapma (hPa)	6.0994	6.0802	5.8753	6.3123
Çarpıklık	0.5080	0.6034	0.4535	0.1269
Basıklık	2.2127	2.3598	2.1382	1.8073
Maksimum (hPa)	30.7	30.7	26.7	28.7
Minimum (hPa)	2.9	2.9	3.1	3.2
Veri Adedi	3285	2300	492	493
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

Tablo 2.9. 2213 İstasyonu Yağış Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		YAĞIŞ		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (mm)	3.45	3.36	3.18	4.14
Mod (mm)	0	0	0	0
Medyan (mm)	0	0	0	0
Ortalama Sapma (mm)	4.8094	4.6443	4.5415	5.8398
Standart Sapma (mm)	8.2632	7.8773	8.0922	9.9788
Çarpıklık	4.0395	3.9886	4.4087	3.7246
Basıklık	23.5764	23.4487	27.7197	19.1941
Maksimum (mm)	75.4	75.4	72.6	72.8
Minimum (mm)	0	0	0	0
Veri Adedi	3650	2555	548	547
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

Tablo 2.10. 2213 İstasyonu Buhar Basıncı Verileri İstatistiksel İncelemesi

İSTASYON NO		17034(MGİ)		
VERİ TÜRÜ		BUHARLAŞMA		
İstatistik Değer	Toplu Veri	Eğitim Veri Seti	Doğrulama Veri Seti	Test Veri Seti
Aritmetik Ortalama (hPa)	13.26	13.43	12.04	13.68
Mod (hPa)	6.4	6.9	5.7	6.4
Medyan (hPa)	11.9	12	10.15	13.1
Ortalama Sapma (hPa)	5.2333	5.1861	5.1069	5.4432
Standart Sapma (hPa)	6.0925	6.0106	5.9189	6.2183
Çarpıklık	0.5015	0.5329	0.6513	0.2406
Basıklık	2.1734	2.2344	2.3745	1.8002
Maksimum (hPa)	30.7	30.7	28.7	26.7
Minimum (hPa)	2.9	2.9	3.2	3.1
Veri Adedi	3650	2555	548	547
Veri Yüzdesi (%)	100	70	15	15

2.3. Akış Modelinin Kurulması

Çalışmada, DSİ'den temin edilmiş günlük ortalama akım verileri ile birlikte MGM'den temin edilmiş günlük ortalama yağış ve günlük ortalama buhar basıncı verileri kullanılmıştır. Gün serisi oluşturmak, modelin kararlılığını ve tahmin sonuçlarının gözlenen değerlere yakınlığını arttırmak için dönemsellik bileşeni kullanılmıştır (Sanikhani ve Kişi, 2012). Çalışmada kurulan ÇK-YSA mimarisi ile, Aksu deresi için geleceğe yönelik akım tahminlerinde bulunulmuştur.

Analizlerde, havzada yüzeysel akışı etkileyen ancak direkt olarak hesaplanamayan veya ölçülmesi ekonomik olmayan parametrelerin etkisi, gün gecikmeli model girdi kombinasyonları oluşturularak tolere edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda gün gecikmeli modeller YSA'da kararlılığı arttırmakta ve ağın ürettiği çıktılarının doğruluğunu da olumlu yönde etkilemektedir.

Analizler kapsamında, ÇK-YSA mimarisi içerisinde toplam 14 farklı girdi kombinasyonuna sahip model denenmiştir. Denenen her model ile ileriye dönük akım tahmini yapılmıştır. Modellerde sadece geçmiş veriler değil, tahmin edilecek günün verileri de kullanılmıştır. Bu durum modelin kararlılığını yükselterek, gün içinde yaşanacak ani değişimler karşısında, modelin başarılı sonuç üretebilme kabiliyetini arttırmayı amaçlamaktadır. ÇK-YSA ile yapılan her tahmin değerlendirilerek en uygun tahmini yapan ağ mimarisi ve model belirlenmeye çalışılmıştır. ÇK-YSA analizleri sonrasında, her analiz

grubu için belirlenen en iyi model, girdi verilerinin kurgusu değiştirilmeden ÇDR analizinde kullanılmıştır. Denenen modellerde belirlenen girdi kombinasyonları ve hedef çıktı değerleri Tablo 2.11.'de sunulmuştur.

Tablo 2.11. ÇK-YSA Analizinde Denenen Modeller

Model No	Girdi	Çıktı
M1	$Q(t-1), \alpha$	$Q(t)$
M2	$Q(t-1), Q(t-2), \alpha$	$Q(t)$
M3	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), \alpha$	$Q(t)$
M4	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), \alpha$	$Q(t)$
M5	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), \alpha$	$Q(t)$
M6	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), \alpha$	$Q(t)$
M7	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), \alpha$	$Q(t)$
M8	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), EVT(t-1), \alpha$	$Q(t)$
M9	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), EVT(t-1), EVT(t-2), \alpha$	$Q(t)$
M10	$Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), EVT(t-1), EVT(t-2), EVT(t-3), \alpha$	$Q(t)$
M11	$Q(t-1), Q(t-2), EVT(t), EVT(t-1), EVT(t-2), EVT(t-3), \alpha$	$Q(t)$
M12	$Q(t-1), Q(t-2), EVT(t), EVT(t-1), EVT(t-2), \alpha$	$Q(t)$
M13	$Q(t-1), Q(t-2), EVT(t), EVT(t-1), \alpha$	$Q(t)$
M14	$Q(t-1), Q(t-2), EVT(t), \alpha$	$Q(t)$

YSA için kullanılacak verilerin ölçeklenmesi (normalizasyon), ağın performansını yakından etkileyen bir unsurdur. Normalizasyon veri setindeki dağılımı düzenlemektedir. Girdi setinde aşırı noktalar bulunmasından, ağın bu noktalardan olumsuz etkilenmesinden ve farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek ile değerlendirilmek istenmesinden dolayı veri seti ölçeklenmiştir. Yağış veri setinde 0 değerlerinin olması ve ağın bu değerleri öğrenmeyerek ezberleme yoluna gitmesini önlemek amacıyla, daha önce yapılmış olan örneklerde de görülebileceği üzere, veriler 0,1-0,9 aralığında ölçeklenmiştir. Normalizasyon işleminin yapılması için aşağıda verilen (2.1) numaralı denklem kullanılmıştır. Normalizasyon işlemi yapılarak veriler boyutsuz hale getirilmiş olmaktadır (Yavuz, ve Devenci, 2013).

$$x' = 0,8 * \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} + 0,1 \quad (2.1)$$

Çalışma kapsamında tasarımı yapılan, ileri beslemeli geri yayımlı ÇK-YSA mimarisinde transfer fonksiyonu olarak, literatürde seçilmiş ve başarılı olmuş fonksiyonlar denenmiştir. Bu fonksiyonlar içerisinde ileri beslemeli geri yayımlı nöronların kolay ve hızlı işlem yapabildiği, denemeler sonucunda daha başarılı bulunan, hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu tercih edilmiştir. Öğrenme algoritmasının seçimi için, daha önce yapılan çalışmalarda, tasarımcıların en çok tercih ettiği algoritmalarından ikisi olan; eşlenik eğim (conjugate gradient) algoritması ve Levenberg-Marquardt algoritması denenmiştir. Eşlenik eğim algoritması, Levenberg-Marquardt algoritmasından daha başarılı sonuçlar üretmediği için ağ mimarisi kurulurken Levenberg-Marquardt algoritması seçilmiştir. Ağda belirlenen bu fonksiyon ve seçilen algoritmaya karşılık, ağın başarısını etkileyecek bir diğer seçim olan ara (gizli) katmandaki eleman sayısı (m) seçimi için; nöron sayıları 1-60 aralığında rastgele olarak denenmiş ve en uygun sonuçları veren optimal ara katman eleman sayıları; 3,5 ve 10 nöron olarak belirlenmiştir. Ağda koşturulacak her model için m=3, m=5 ve m=10 nöron sayıları denenmiştir. Ağ mimarisinde tahmin sonuçlarını etkileyen en önemli etkenlerden birisi olan ara (gizli) katman sayısı 1-20 aralığında rastgele olarak denenmiş ve 1 ara katman ağ mimarisine uygun görülmüştür.

Kurulan ağ mimarisinde tahmin süresinin kısa olması nedeniyle, iterasyon sayısı çok yüksek seçilmiştir. Bu seçim ile ağın; iterasyon sayısı bitiminde değil, belirlenmiş en küçük hata değerine ulaştığında kendini durdurması amaçlanmıştır. LM için ağ üzerinde doğrulama kontrolü (validation check); ağın hedeflenen en küçük hata değerine, belirlenen aralıklar içerisinde en çok yakınsadığı andan itibaren, ağın daha düşük bir hata değeri aramasıdır. Bu işlem için ağ tasarlanırken, kontrol iterasyonu değeri 100 olarak seçilmiş ve ağın belirlenen sayı kadar kontrol iterasyonu yaparak en düşük hataya ulaşması amaçlanmıştır. Ağ mimarisinin tasarımı için kullanılan parametreler ve bunlara ilişkin belirlenen değerler Tablo 2.12.'de özet halinde sunulmuştur.

Tablo 2.12. Ağ için Kullanılan Parametreler ve Belirlenen Değerler

Transfer Fonksiyonu	Öğrenme Algoritması	Ara Katman Eleman Sayısı (m)	İterasyon Sayısı	Kontrol İterasyonu Sayısı	Marquardt Parametresi (λ) Başlangıç Değeri
Hiperbolik Tanjant Sigmoid Fonksiyonu	Levenberg-Marquardt	3	10000	100	0.01
		5			
		10			

2.4. Kullanılan Değerlendirme Kriterleri

Ağın eğitilmesi ve örnekler üzerinde tahmin üretebilme yeteneği kazandırılması ile ağın çıktı verileri çeşitli kriterlere göre değerlendirilmiştir. Çıktı verilerinin gözlenen gerçek verilerle korelasyonu ve tahmin edilen değerlerin doğruluğu; ortalama hata kareleri karekökü (RMSE), korelasyon katsayısı (R), rölatif hata (RH), Nash-Sutcliffe Belirlilik Katsayısı (E) ve ortalama mutlak hata (OMH) kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Ortalama hata kareleri karekökü (RMSE); literatürde en fazla tercih edilen hata değerlendirme kriteridir. Bu kriter ölçülmüş gerçek veriler ile modelin üretmiş olduğu tahmin değerleri arasındaki hata oranını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu değer in sıfıra yakınsaması modelin, tahmin üretme kabiliyetinin artmasını ifade etmektedir. RMSE değeri (2.2) numaralı eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (Q_{i(ölçüm)} - Q_{i(tahmin)})^2} \quad (2.2)$$

Korelasyon katsayısı (r); ölçülmüş gerçek değerler ile üretilmiş tahminsel değerler arasında lineer bir ilişkinin varlığını değerlendirmektedir. r değeri [-1,1] aralığında bir değer olabilmektedir. r değerinin 1 olması durumunda, değerler arasında pozitif ve tam doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu durumda bir veri grubu artarken diğerinin de artacağı veya bir grup azalırken diğer grubun da azalacağı anlaşılmaktadır. r değerinin -1 olduğu durumda tam ters bir ilişkiden söz edilmektedir. Bu durumda ise veri grubundan birisi artarken diğer grubun azalması veya tam ters ilişki olması beklenmektedir. r değerinin 0 olması durumunda

ise veri grupları arasında herhangi bir ilişkiden söz edilememektedir. (2.3) numaralı eşitlikte korelasyon katsayısının hesaplanması için formül verilmiştir.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i(\text{ölçüm})} - \bar{Q}_{(\text{ölçüm})}) * (Q_{i(\text{tahmin})} - \bar{Q}_{(\text{tahmin})})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{i(\text{ölçüm})} - \bar{Q}_{(\text{ölçüm})})^2 * \sum_{i=1}^n (Q_{i(\text{tahmin})} - \bar{Q}_{(\text{tahmin})})^2}} \quad (2.3)$$

Rölatif hata (RH); gözlenen değerler ile ölçülmüş değerlerin mutlak farkının gözlenen değere bölümlerinin, veri sayısına göre oranını göstermektedir. Yüzde veya binde olarak ifade edilebilmektedir. Bu değerın sifira yakınsaması, tahmin verilerinin gözlem verilerine yakın olduğunu ve yapılan tahminlerin başarılı olduğunu ifade etmektedir. RH (2.4) numaralı eşitlikte olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$RH = \frac{1}{n} * \frac{|Q_{(\text{ölçüm})} - Q_{(\text{tahmin})}|}{Q_{(\text{ölçüm})}} * 100 \quad (2.4)$$

Nash-Sutcliffe belirlilik katsayısı (E); yapılan hidrolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir hata değerlendirme parametresidir. Bu katsayı $(-\infty, 1]$ aralığında bir değer alabilmektedir. Katsayı değerinin 1'e yakınsaması modelin ürettiği tahmin sonuçlarının ölçülmüş değerlere yakınsadığını ifade etmektedir. (2.5) numaralı eşitlikte E belirlilik katsayısı formülü verilmiştir.

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{i(\text{tahmin})})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{i(\text{ölçüm})} - \bar{Q}_{(\text{ölçüm})})^2} \quad (2.5)$$

Ortalama mutlak hata (OMH); ölçülen gerçek değerler ile tahmin edilmiş verilerin mutlak farkları toplamı ortalamasıdır. (2.6) numaralı eşitlikte OMH formülü verilmiştir.

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_{i(\text{ölçüm})} - Q_{i(\text{tahmin})}|}{n} \quad (2.6)$$

3. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışmanın bu kısmında çalışmada hedeflendiği üzere, üç farklı akım gözlem istasyonu konumlarında ileriye dönük akım tahminleri yapılmıştır. İleriye dönük akım değerlerinin sonuçları incelenecektir. Sonuçların incelenmesinde; çalışmalarda sıklıkla kullanılan, analitik veri değerlendirme parametreleri olan; RMSE, r, RH, E ve OMH, bu çalışmada analiz çıktılarının doğruluğunu sınamak için kullanılmıştır. Bu kriterlerin gösterdiği sonuçlara göre sınıflandırma yapılarak, en iyi sonuç üreten ağ kurgusu belirlenmiştir. Bu mimari içerisinde en uygun ağ yapısı, gerçek değerlere en yakın sonuçların tahmininde başarılı olan girdi modeli, optimal gün gecikme sayısı, en uygun ara (gizli) katman sayısı, ara katmanda kullanılacak en uygun nöron sayısı belirlenmiştir.

Her AGİ konumunda ölçülmüş akım değerine en yakın tahmin üretmiş modeller, girdi verisi kurguları değiştirilmeden, geleneksel bir yöntem olan ÇDR ile sınanmıştır. Bu çalışma, geleneksel metotlardan birisi olan ÇDR'nin kullanım alanlarında, YSA yönteminin daha iyi alternatif oluşturma durumunun araştırılması amacı ile yapılmıştır. ÇDR ile elde edilmiş sonuçlar r değerlerine göre değerlendirilmiş ve sonuçları ÇK-YSA sonuçları ile kıyaslanmıştır.

3.1. Tahminlerde Bir Sonraki Gün Q(t) Debilerinin İrdelenmesi

Bir sonraki gün Q(t) debilerinin tahminlerinin yapılması için, MATLAB programı aracılığıyla YSA mimarisi oluşturulmuş ve 14 farklı girdi değişkeni kombinasyonuna sahip model denenmiştir. Denenen modeller arasından, çalışmada kullanılan AGİ konumları için yapılmış analizlerin her birinde ölçülmüş değerlere en yakın tahmin sonuçlarını üreten modeller; RMSE, r, RH, E ve OMH katsayıları kullanılarak belirlenmiştir. Analiz konumlarına göre en başarılı modellerin, hedef çıktı değeri olan bir sonraki günün akım değeri (Q(t)) için ürettiği tahmin sonuçları irdelenmiştir.

3.1.1. 22-71 Analizi M10 Modeli Q(t) Tahminlerinin İrdelenmesi

22-71 AGİ konumunda yapılan analizlerde en başarılı model olarak M10 modeli belirlenmiştir. M10 modelinde test aşamasına ait detaylar Tablo 3.1.'de ve test aşamasında, ağa girilen verilere karşılık, ağın ürettiği çıktı değerlerinden maksimum, minimum ve rastgele bir değer takımı, normalize edilmemiş haliyle Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Denenen modeller sonucunda tahmin edilen Q(t) değerleri belirlenmiştir. İstasyon konumunda yapılan analizlerde denenmiş bütün modellerin, m=3, m=5 ve m=10 nöron sayılarında ürettikleri tahmin değerleri ile gerçek değerler kıyaslanarak ulaşılan hata değerleri Tablo 3.3.'te sunulmuştur. Model performansı belirlenirken ilk olarak dikkate alınan katsayılar olan, RMSE ve E katsayılarının ara katmanda bulunan nöron sayıları (m) ve modellere göre değişimi Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'de verilmiştir. Denenen modellerde, en iyi nöron sayısı olan m=5 değerindeki, hata değerlendirme katsayılarının değişimi, grafik halinde Şekil 3.3.'te gösterilmiştir. Modele ait olan zaman serisi ve saçılım diyagramı Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'te sunulmuştur.

Tablo 3.1. M10 Modeline Ait Detaylar

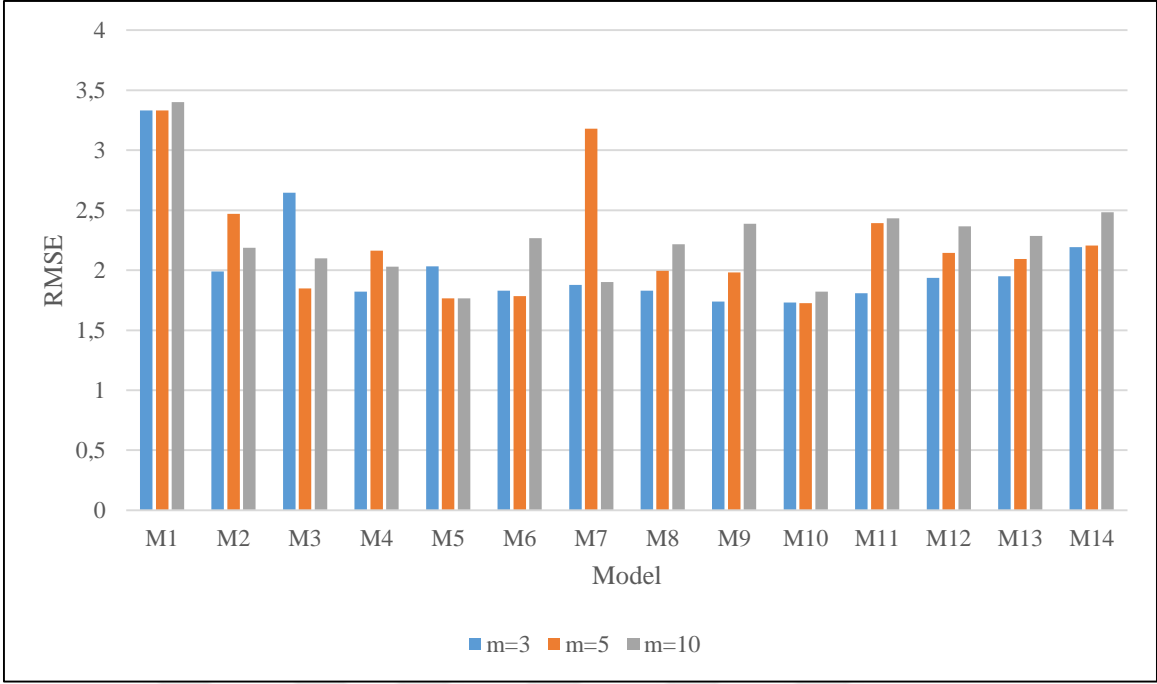
Hata Değerlendirme Katsayısı				
RMSE	E	r	RH	OMH
1.7264	0.9670	0.9830	11.5860	0.9250
M10 Modeli Girdi Kombinasyonu				Hedef Çıktı
Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), EVT(t-1), EVT(t-2), EVT(t-3), α				Q(t)

Tablo 3.2. M10 Modeli Girdi ve Çıktı Örnekleri

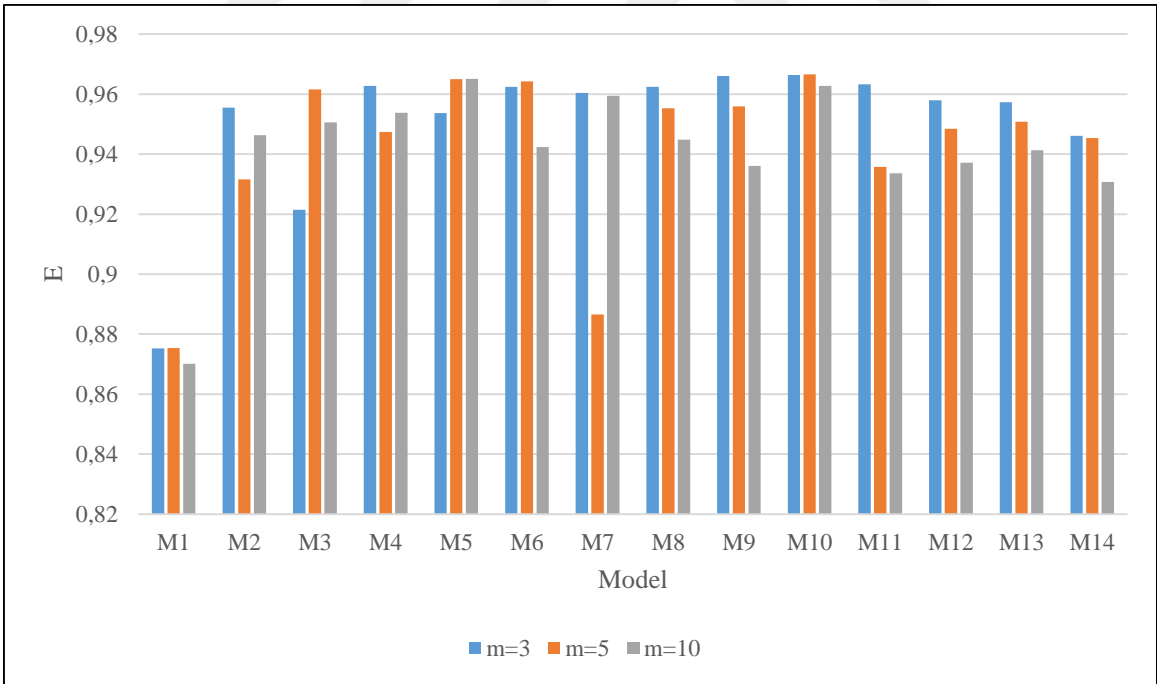
Q		P				EVT				α	Q _{ÖL}	Q _T
(t-1)	(t-2)	(t)	(t-1)	(t-2)	(t-3)	(t)	(t-1)	(t-2)	(t-3)		(t)	(t)
49.1	38.5	0	0	0	1.7	11.6	10.3	11.2	11.3	114	52.3	49.4
1.57	1.68	0	0	0.1	21	13.8	13.7	14	13.3	282	1.57	1.87
12	13.5	0	0	6.9	0	19.5	18.6	20	22	175	11.1	11.4

Tablo 3.3. 22-71 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri

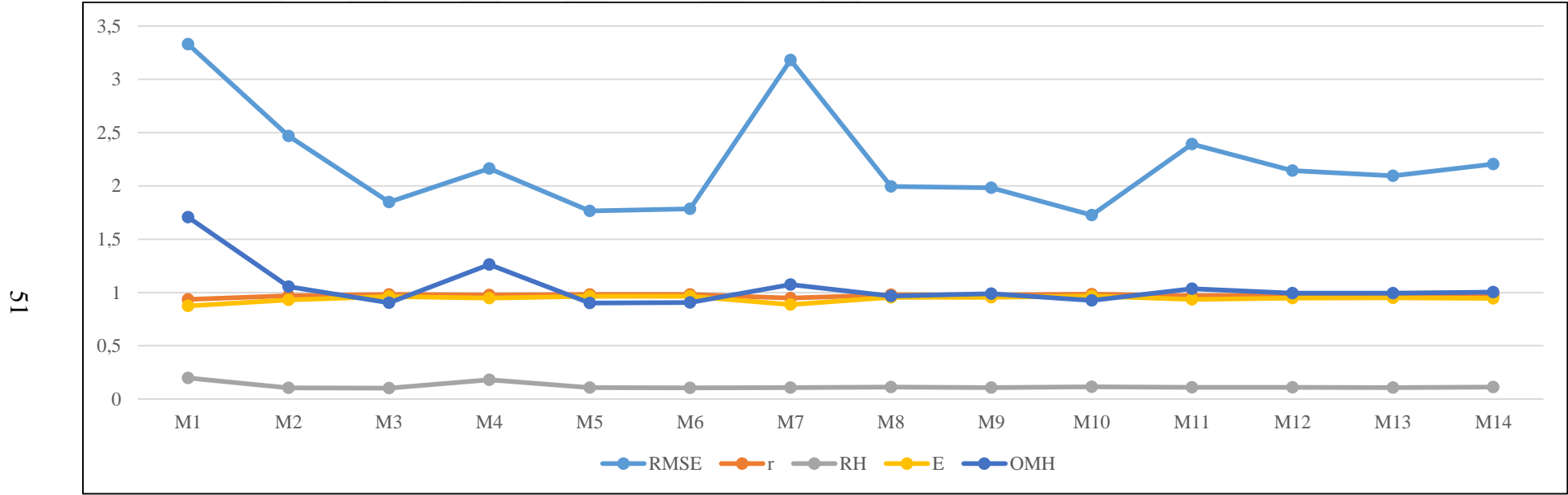
İstasyon	22-71														
	M=3					M=5*					M=10				
Model No	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH
M1	3.332	0.936	19.976	0.875	1.709	3.331	0.936	19.796	0.875	1.707	3.400	0.933	20.761	0.870	1.743
M2	1.990	0.979	9.866	0.956	0.942	2.469	0.969	10.647	0.932	1.056	2.186	0.976	10.426	0.946	0.997
M3	2.646	0.972	11.381	0.921	1.168	1.849	0.981	10.272	0.962	0.905	2.099	0.979	17.121	0.951	1.152
M4	1.822	0.982	10.479	0.963	0.930	2.164	0.978	18.155	0.947	1.263	2.030	0.983	10.711	0.954	0.985
M5	2.032	0.980	14.704	0.954	1.064	1.766	0.983	10.854	0.965	0.902	1.765	0.983	10.397	0.965	0.892
M6	1.830	0.983	10.012	0.962	0.899	1.784	0.983	10.609	0.964	0.905	2.266	0.972	10.685	0.942	1.040
M7	1.878	0.981	11.297	0.960	0.957	3.180	0.947	10.893	0.887	1.075	1.901	0.980	9.737	0.959	0.909
M8	1.829	0.982	10.837	0.962	0.922	1.996	0.979	11.318	0.955	0.967	2.217	0.974	11.048	0.945	1.021
M9	1.739	0.983	10.629	0.966	0.903	1.982	0.978	10.758	0.956	0.989	2.387	0.969	10.699	0.936	1.018
M10*	1.731	0.983	10.772	0.966	0.902	<u>1.726</u>	<u>0.983</u>	11.586	<u>0.967</u>	0.925	1.821	0.983	11.339	0.963	0.944
M11	1.808	0.982	10.672	0.963	0.917	2.392	0.969	10.959	0.936	1.034	2.431	0.966	11.581	0.934	1.067
M12	1.936	0.980	10.776	0.958	0.954	2.143	0.977	11.147	0.948	0.993	2.366	0.970	10.697	0.937	1.026
M13	1.950	0.980	10.428	0.957	0.949	2.095	0.977	10.830	0.951	0.994	2.286	0.973	10.793	0.941	1.015
M14	2.191	0.974	11.451	0.946	1.008	2.206	0.975	11.232	0.945	1.005	2.484	0.967	10.233	0.931	1.063



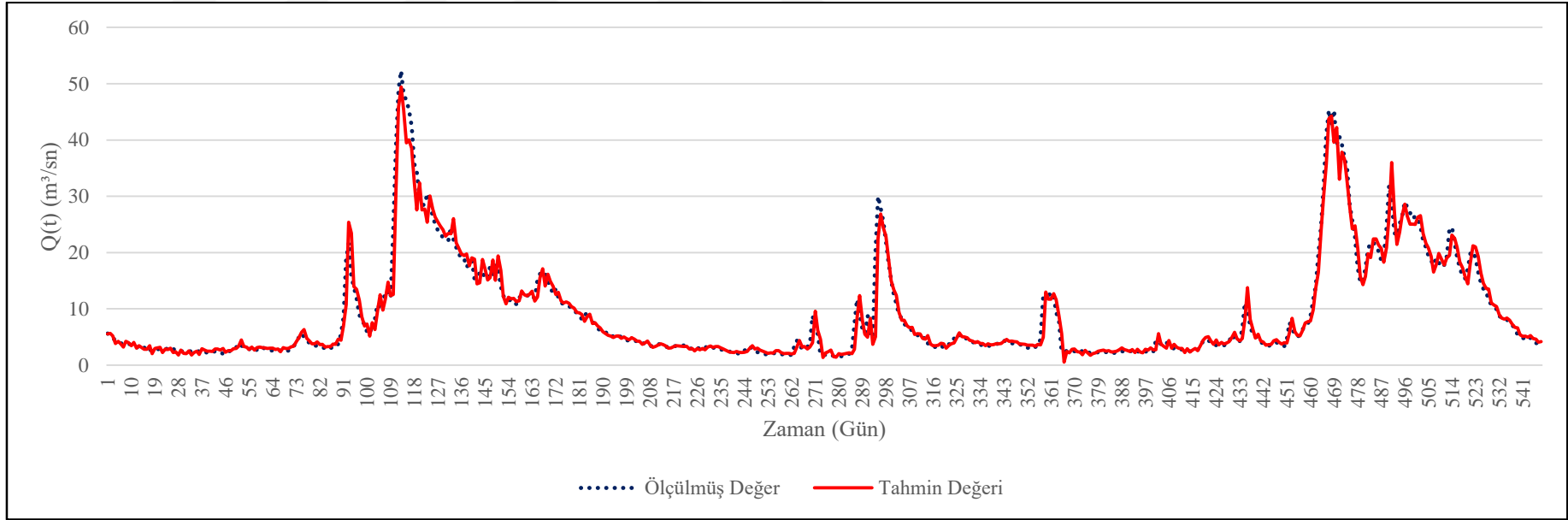
Şekil 3.1. 22-Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi



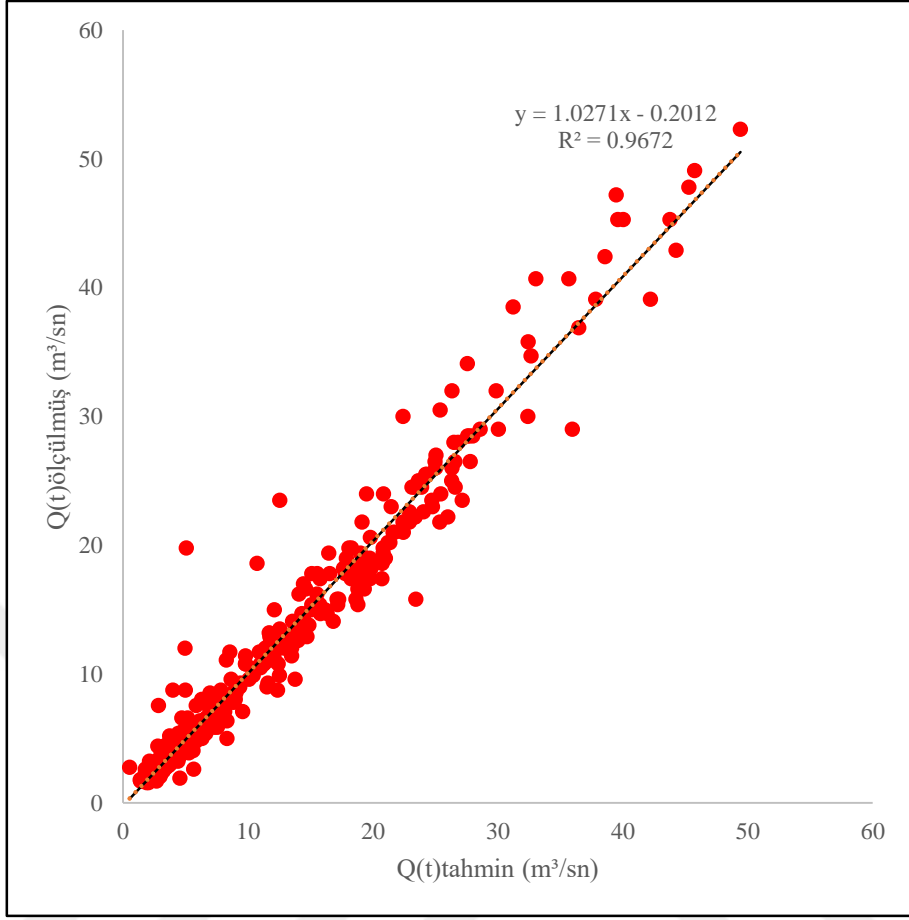
Şekil 3.2. 22-71 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi



Şekil 3.3. 22-71 İstasyonu m=5 İçin Hata Yayılmı



Şekil 3.4. 22-71 İstasyonu M10 Modeli Test Verileri Zaman Serisi



Şekil 3.5. 22-71 İstasyonu M10 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı

3.1.2. 22-90 Analizi M8 Modeli Q(t) Tahminlerinin İrdelenmesi

22-90 AGİ konumunda yapılan analizlerde en başarılı model olarak M8 modeli belirlenmiştir. M8 modelinde test aşamasına ait detaylar Tablo 3.4.'te ve test aşamasında, ağa girilen verilere karşılık, ağın ürettiği çıktı değerlerinden maksimum, minimum ve rastgele bir değer takımı, normalize edilmemiş haliyle Tablo 3.5.'te verilmiştir.

Denenen modeller sonucunda tahmin edilen Q(t) değerleri belirlenmiştir. İstasyon konumunda yapılan analizlerde denenmiş bütün modellerin, m=3, m=5 ve m=10 nöron sayılarında ürettikleri tahmin değerleri ile gerçek değerler kıyaslanarak ulaşılan hata değerleri Tablo 3.6.'da sunulmuştur. Model performansı belirlenirken ilk olarak dikkate alınan katsayılar olan, RMSE ve E katsayılarının ara katmanda bulunan nöron sayıları (m) ve modellere göre değişimi Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.'de verilmiştir. Denenen modellerde, en iyi nöron sayısı olan m=5 değerindeki, hata değerlendirme katsayılarının değişimi grafik halinde Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. Modele ait olan zaman serisi ve saçılım diyagramı Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.'da sunulmuştur.

Tablo 3.4. M8 Modeline Ait Detaylar

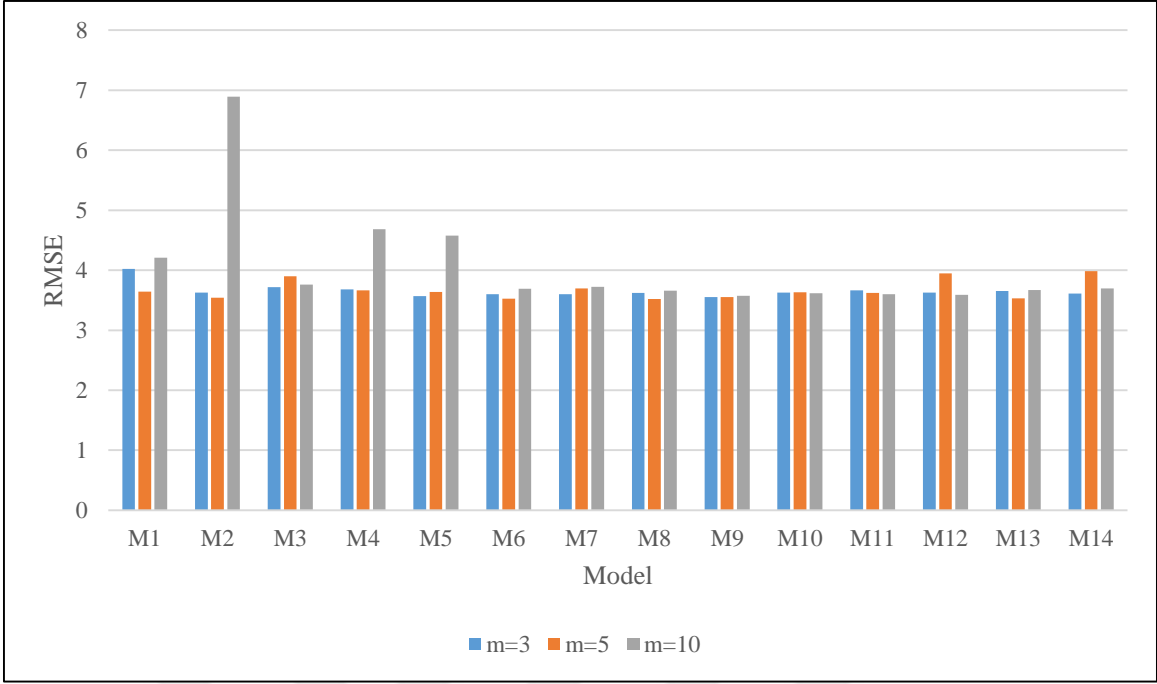
Hata Değerlendirme Katsayısı				
RMSE	E	r	RH	OMH
3.5220	0.8800	0.9380	17.108	1.1720
M8 Modeli Girdi Kombinasyonu				Hedef Çıktı
Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), P(t-2), P(t-3), EVT(t), EVT(t-1), α				Q(t)

Tablo 3.5. M8 Modeline Ait Girdi ve Çıktı Örnekleri

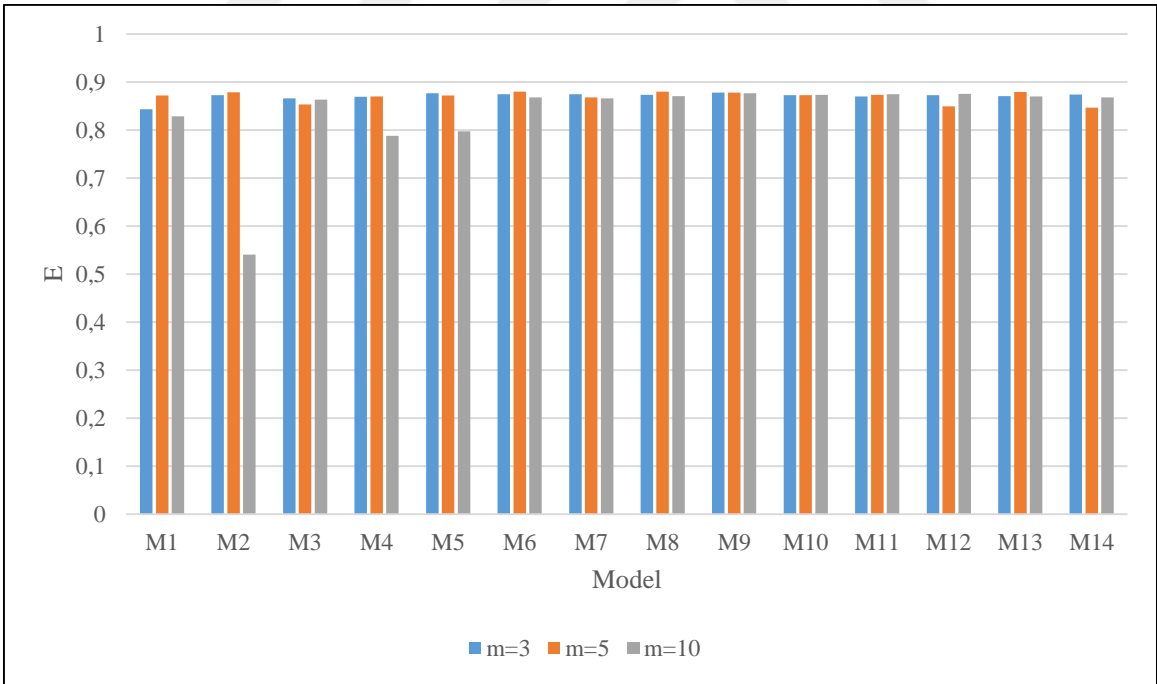
Q		P				EVT		α	Q _{ÖL}	Q _{TH}
(t-1)	(t-2)	(t)	(t-1)	(t-2)	(t-3)	(t)	(t-1)		(t)	(t)
68.8	13	34.1	16.8	7.7	0	17.4	15.4	172	74.8	68.5
1.10	1.17	0	0	0	35.2	25	24.8	239	1.04	1.47
18.8	11.5	0	1.2	1.6	0.5	7.9	8.3	113	19.3	19.6

Tablo 3.6. 22-90 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri

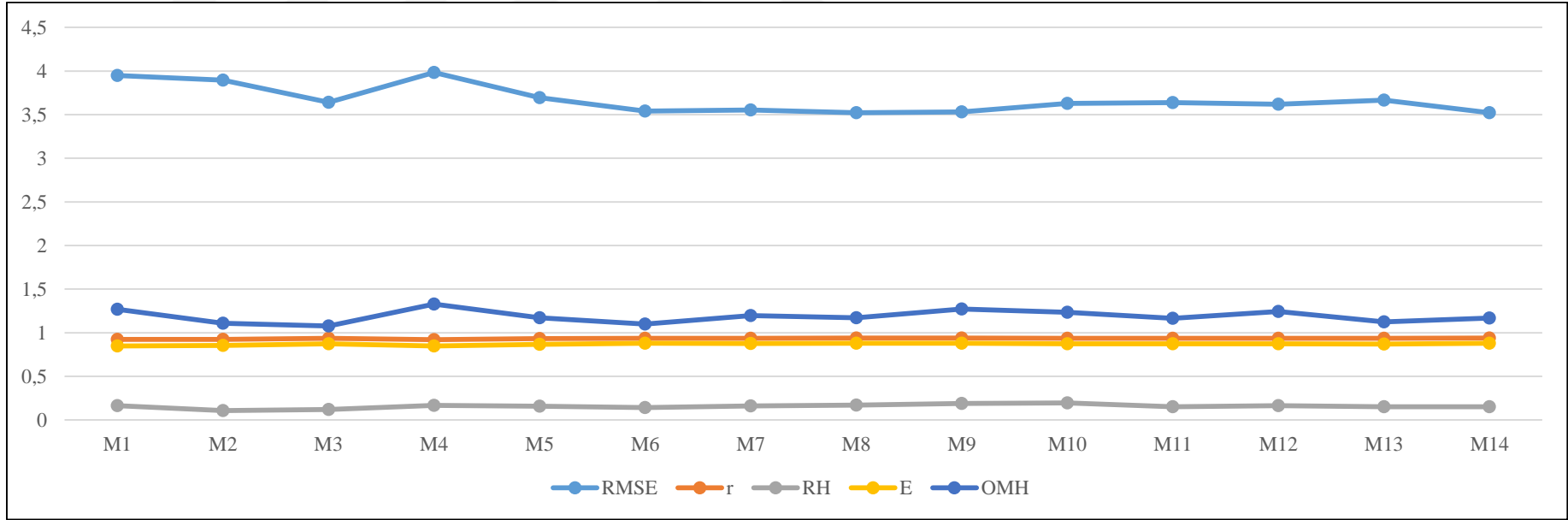
İstasyon	22-90														
Nöron Sayısı	M=3					M=5*					M=10				
Model No	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH
M1	4.023	0.920	18.010	0.844	1.311	3.948	0.923	16.396	0.849	1.268	4.207	0.913	13.354	0.829	1.271
M2	3.629	0.936	12.187	0.873	1.101	3.897	0.924	10.778	0.853	1.109	6.893	0.761	13.845	0.541	1.493
M3	3.720	0.931	12.204	0.866	1.118	3.641	0.935	12.020	0.872	1.077	4.683	0.888	15.000	0.788	1.260
M4	3.678	0.932	13.266	0.869	1.141	3.982	0.921	16.727	0.847	1.329	3.759	0.929	14.513	0.863	1.240
M5	3.570	0.936	14.877	0.877	1.120	3.694	0.932	15.805	0.868	1.171	3.657	0.933	17.351	0.871	1.255
M6	3.602	0.935	13.579	0.875	1.165	3.542	0.938	14.080	0.879	1.099	3.616	0.935	19.788	0.874	1.313
M7	3.603	0.936	16.453	0.875	1.176	3.553	0.937	16.010	0.878	1.196	4.576	0.895	16.417	0.798	1.280
M8*	3.621	0.935	17.265	0.873	1.179	<u>3.522</u>	0.938	17.108	<u>0.880</u>	1.172	3.697	0.932	32.726	0.868	1.639
M9	3.554	0.938	17.493	0.878	1.206	3.530	0.939	18.929	0.880	1.272	3.601	0.936	19.944	0.875	1.262
M10	3.627	0.935	18.364	0.873	1.176	3.630	0.936	19.523	0.873	1.234	3.587	0.937	24.227	0.876	1.349
M11	3.662	0.935	21.249	0.870	1.259	3.638	0.937	15.214	0.872	1.165	3.725	0.934	17.294	0.866	1.208
M12	3.628	0.937	15.318	0.873	1.181	3.620	0.938	16.546	0.873	1.243	3.572	0.939	18.429	0.877	1.210
M13	3.654	0.935	14.019	0.871	1.103	3.665	0.935	15.075	0.870	1.124	3.670	0.934	26.407	0.870	1.372
M14	3.610	0.936	13.781	0.874	1.100	3.523	0.939	15.305	0.880	1.167	3.692	0.934	16.593	0.868	1.194



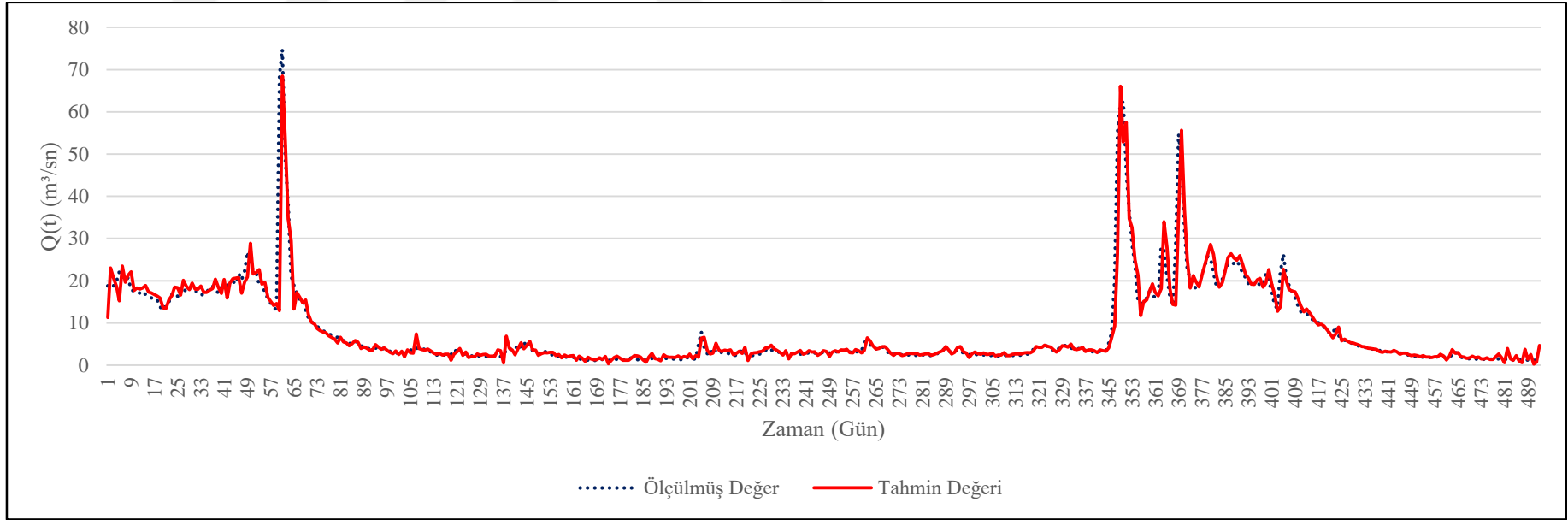
Şekil 3.6. 22-90 Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi



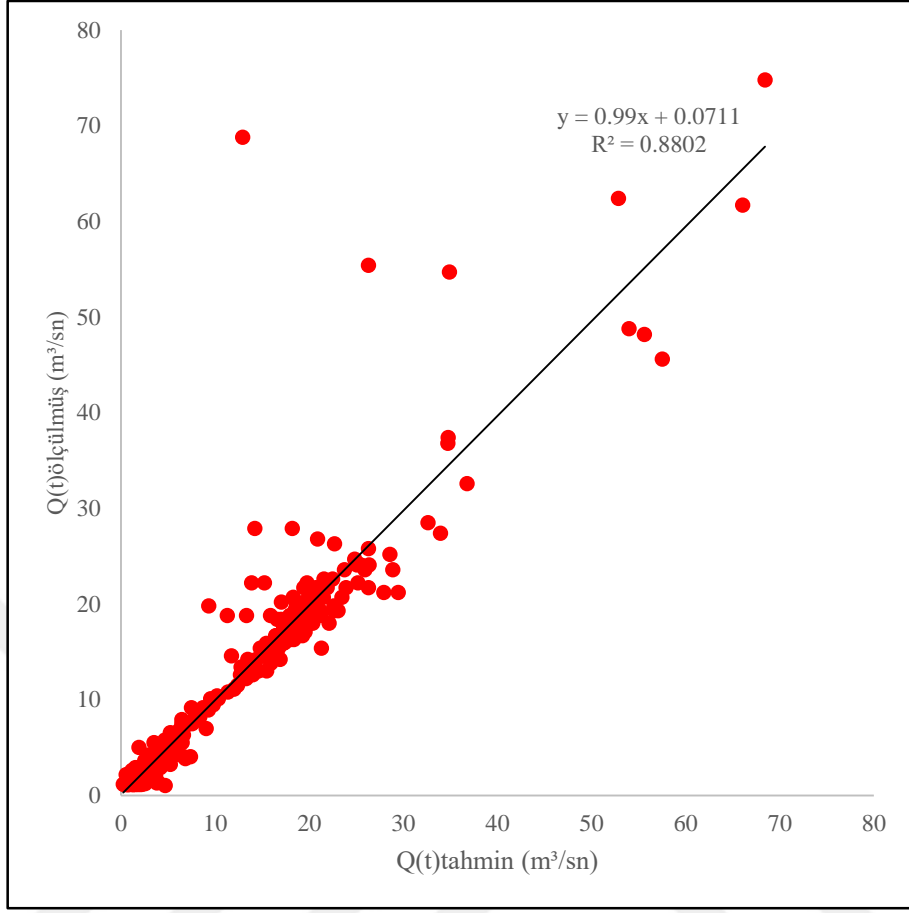
Şekil 3.7. 22-90 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi



Şekil 3.8. 22-90 İstasyonu m=5 İçin Hata Yayılımı



Şekil 3.9. 22-90 İstasyonu M8 Modeli Test Verileri Zaman Serisi



Şekil 3.10. 22-90 İstasyonu M8 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı

3.1.3. 2213 Analizi M4 Modeli Q(t) Tahminlerinin İrdelenmesi

2213 AGİ konumunda yapılan analizlerde en başarılı model olarak M4 modeli belirlenmiştir. M4 modelinde test aşamasına ait detaylar Tablo 3.7.'de ve test aşamasında, ağa girilen verilere karşılık, ağın ürettiği çıktı değerlerinden maksimum, minimum ve rastgele bir değer takımı, normalize edilmemiş haliyle Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Denenen modeller sonucunda tahmin edilen Q(t) değerleri belirlenmiştir. İstasyon konumunda yapılan analizlerde denenmiş bütün modellerin, m=3, m=5 ve m=10 nöron sayılarında, ürettikleri tahmin değerleri ile gerçek değerler kıyaslanarak ulaşılan hata değerleri Tablo 3.9.'da sunulmuştur. Model performansı belirlenirken ilk olarak dikkate alınan katsayılar olan, RMSE ve E katsayılarının ara katmanda bulunan nöron sayıları (m) ve modellere göre değişimi Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.'de verilmiştir. Denenen modellerde, en iyi nöron sayısı olan m=10 değerindeki, hata değerlendirme katsayılarının değişimi grafik halinde Şekil 3.13.'te gösterilmiştir. Modele ait olan zaman serisi ve saçılım diyagramı Şekil 3.14. ve Şekil 3.15.'te sunulmuştur.

Tablo 3.7. M4 Modeline Ait Detaylar

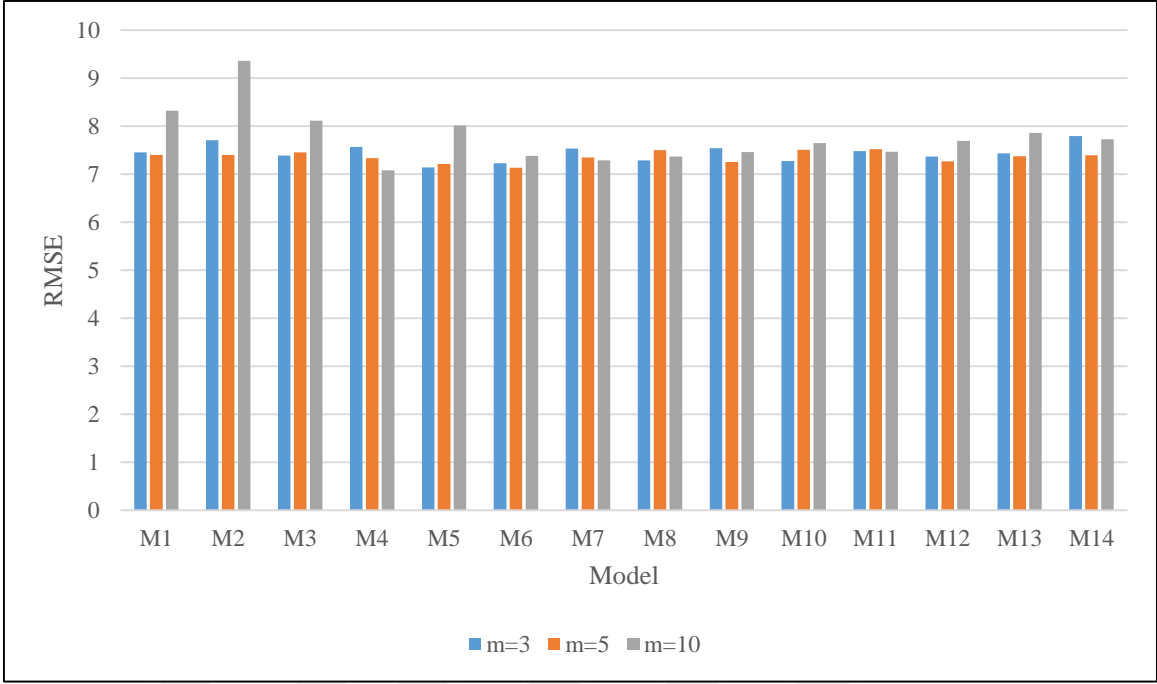
Hata Değerlendirme Katsayısı				
RMSE	E	r	RH	OMH
7.080	0.8320	0.9130	24.6570	2.7840
M4 Modeli Girdi Kombinasyonu				Hedef Çıktı
Q(t-1), Q(t-2), P(t), P(t-1), α				Q(t)

Tablo 3.8. M4 Modeline Ait Girdi ve Çıktı Örnekleri

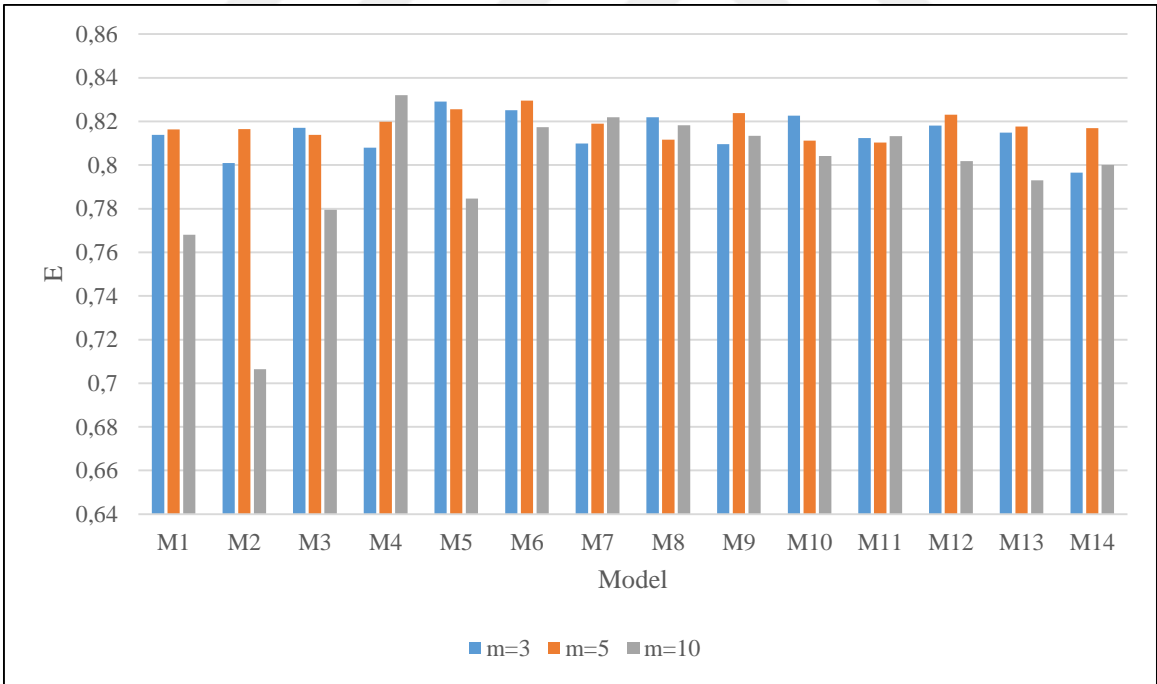
Q		P		α	QÖL	QTH
(t-1)	(t-2)	(t)	(t-1)		(t)	(t)
41.9	51.4	1	4.8	65	142	38
1.55	1.69	0	0	243	1.55	1.96
142	41.9	45.5	1	66	116	114

Tablo 3.9. 2213 İstasyonu Test Sonuçları Hata Değerleri

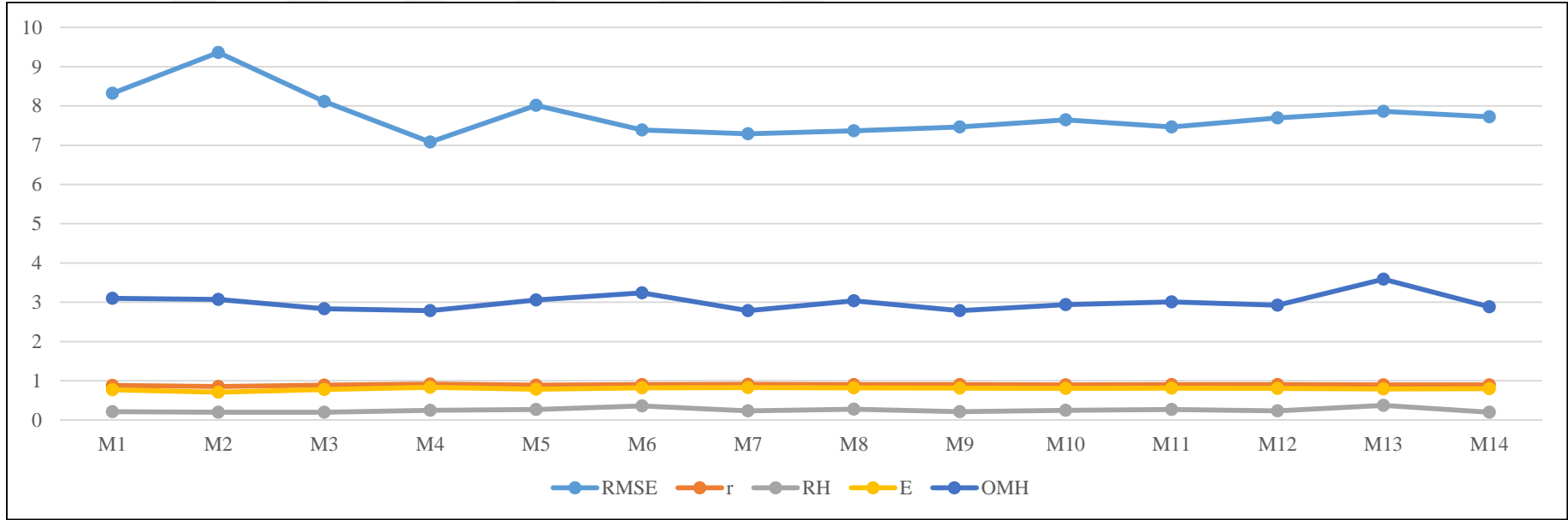
İstasyon	2213														
Nöron Sayısı	M=3					M=5					M=10*				
Model No	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH	RMSE	r	RH(%)	E	OMH
M1	7.453	0.902	22.128	0.814	2.931	7.405	0.904	25.318	0.816	2.943	8.321	0.881	21.172	0.768	3.096
M2	7.709	0.907	16.970	0.801	2.877	7.402	0.904	24.848	0.816	2.907	9.361	0.851	19.652	0.706	3.073
M3	7.391	0.904	17.919	0.817	2.744	7.454	0.903	23.028	0.814	2.844	8.113	0.889	19.932	0.779	2.835
M4*	7.571	0.907	52.115	0.808	4.060	7.333	0.906	25.277	0.820	2.904	<u>7.080</u>	<u>0.913</u>	24.657	<u>0.832</u>	2.784
M5	7.143	0.911	25.704	0.829	2.798	7.217	0.909	35.234	0.826	3.127	8.017	0.889	26.406	0.785	3.058
M6	7.226	0.909	20.504	0.825	2.762	7.132	0.911	22.101	0.830	2.722	7.384	0.905	35.444	0.817	3.237
M7	7.533	0.901	23.458	0.810	2.811	7.350	0.905	21.235	0.819	2.719	7.291	0.907	23.385	0.822	2.782
M8	7.292	0.907	28.801	0.822	3.007	7.499	0.902	44.975	0.812	3.520	7.367	0.905	27.713	0.818	3.035
M9	7.539	0.900	34.886	0.810	3.323	7.252	0.908	26.861	0.824	2.927	7.464	0.903	20.997	0.813	2.787
M10	7.276	0.907	25.910	0.823	2.932	7.506	0.901	28.619	0.811	3.144	7.646	0.897	24.951	0.804	2.937
M11	7.484	0.902	24.327	0.812	2.970	7.523	0.902	22.435	0.810	2.848	7.466	0.902	26.515	0.813	3.007
M12	7.368	0.905	23.343	0.818	2.903	7.266	0.907	21.077	0.823	2.787	7.692	0.899	23.328	0.802	2.924
M13	7.433	0.903	20.288	0.815	2.788	7.378	0.906	19.129	0.818	2.664	7.861	0.894	37.381	0.793	3.590
M14	7.793	0.895	20.226	0.796	2.904	7.393	0.904	25.942	0.817	2.900	7.725	0.896	19.775	0.800	2.881



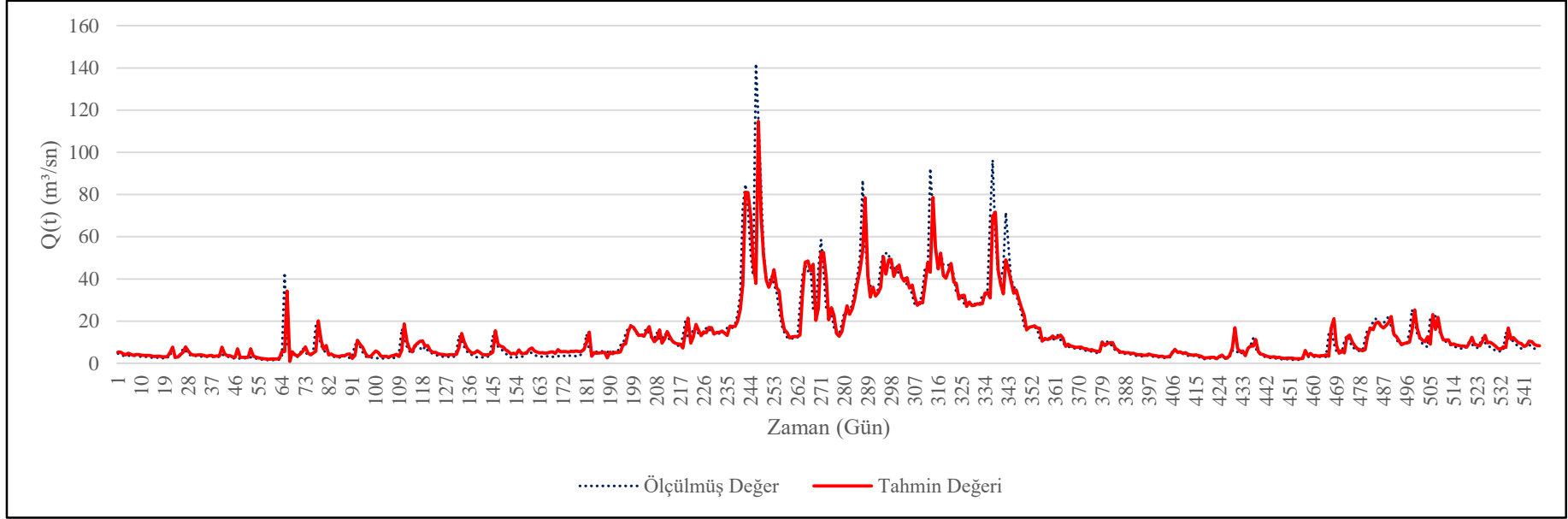
Şekil 3.11. 2213 Analizi Tahminleri İçin RMSE Değerleri Değişimi



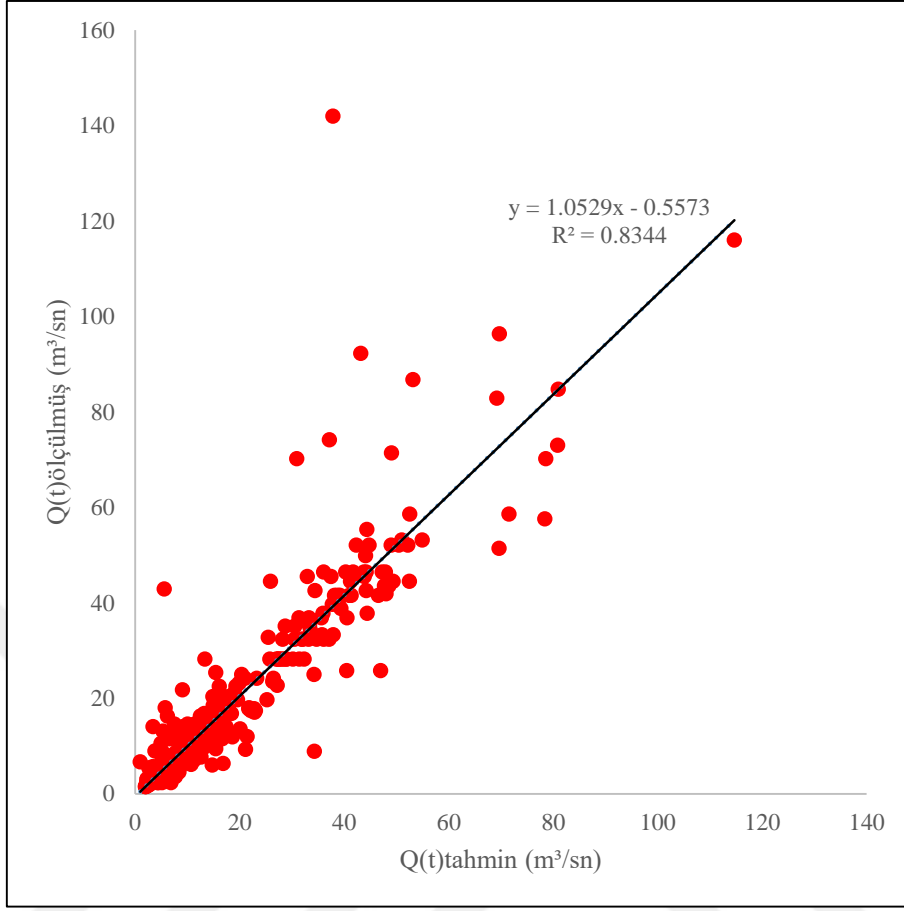
Şekil 3.12. 2213 Analizi Tahminleri İçin E Değerleri Değişimi



Şekil 3.13. 2213 İstasyonu $m=10$ İçin Hata Yayılmı



Şekil 3.14. 2213 İstasyonu M4 Modeli Test Verileri Zaman Serisi



Şekil 3.15. 2213 İstasyonu M4 Modeli Test Verileri Saçılım Diyagramı

Ağın eğitim aşaması ve doğrulama aşaması tamamlanmış, ağa daha önce görmediği örnekler gösterilerek ağın, daha önceden kazanmış olduğu çözüm uzayından faydalanarak, ileriye dönük tahminler yapılmıştır. Yapılan bu tahminlerin sonucunda, en iyi sonuçları üreten yapılar belirlenmiş ve her analiz grubu için grafikler halinde sonuçlar verilmiştir.

22-71 analiz grubundaki tahmin sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişki kuvvetli çıkmıştır, ayrıca iki veri grubu arasındaki farkların çok önemli derece olmadığı gözlemlenmiştir. Tablo 3.3. incelendiğinde, RMSE, E ve r kıyaslamalarına göre görülen en iyi model olan M10 modelinde, günlük ortalama akış değeri 2 güne kadar, günlük ortalama yağış yüksekliği değeri 3 güne kadar, günlük ortalama buhar basıncı değeri de 3 güne kadar gecikmeli olarak girilmiştir. Grafiklere bakıldığında, zaman serisi olarak verilmiş grafikte; gözlenen değerler ile sistemin tahmin ettiği değerlerin uyumlu yayılımı gözlenmiştir. Saçılım diyagramını incelendiğinde ise gözlenen veriler ile tahmin edilen verilerin arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu desteklenmiştir.

22-90 analiz grubundaki tahmin sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu ve aralarındaki hata değerlerinin çok büyük olmadığı söylenebilir. Tablo 3.6.'da görüldüğü üzere en iyi model olarak, günlük ortalama akış değerinin 2 güne kadar, günlük ortalama yağış yüksekliği değerinin 3 güne kadar ve günlük ortalama buhar basıncı değerinin 1 güne kadar gecikmeli olarak girildiği M8 modeli, en iyi tahmin sonuçlarına ulaşmıştır. Grafikler incelendiğinde; zaman serisi olarak verilmiş grafikte alt debi değerlerinde, gözlenen değerler ile tahmin edilmiş değerlerin aynı ilerlediği, pik noktalarda ise küçük farkların olduğu görülmektedir. Saçılım diyagramında ise birkaç veri dışındaki verilerin, 45 derece doğrusu etrafında toplandığı ve aralarındaki ilişkinin iyi olduğu görülmüştür.

2213 analiz grubu tahmin sonuçları ile gözlenen değerler arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğunu ve bu veriler arasındaki farkların diğer analiz gruplarına göre biraz daha fazla olmasına rağmen, kabul edilebilir aralıkta olduğu söylenilebilmektedir. Tablo 3.9.'a göre M4 modeli en başarılı tahminleri oluşturmuştur. M4 modelinde, günlük ortalama akış değeri 2 güne kadar, günlük ortalama yağış yüksekliği 1 güne kadar gecikmeli olarak girilmiştir. Zaman serisi grafiği incelendiğinde, alt debi değerlerinde gözlenen değerlerin ve tahmin edilen değerlerin eğrilerinin aynı ilerlediği görülmektedir. Pik debi değerlerinde ise tahmin edilen verilerin gözlenen değerlere göre daha küçük çıktığı görülmüştür. Saçılım diyagramına bakıldığında, verilerin çoğunun 45 derece çizgisi etrafında kümelenildiği ve sistemin değerler arasındaki ilişkiyi iyi derecede olduğu görülmüştür.

3.2. ÇK-YSA Sonuçları ile ÇDR Sonuçlarının Kıyaslanması

YSA ile yapılan her analiz grubunda gerçek değerlere en yakın sonuçları üreten modeller, girdi kombinasyonları değiştirilmeden, ÇDR analizi için kullanılmıştır. Modellerdeki gün gecikmeleri için kullanılan her veri grubu ÇDR'ye bağımsız değişken olarak tanımlanmıştır. Bağımlı değişken olarak bir sonraki gün debileri kullanılmıştır. Ayrıca ÇDR analizinde gün gecikmeli tanımlanacak ilişkinin, her bir parametre ayrı bağımsız değişken olarak tanımlanarak yapılan klasik analiz yöntemine göre başarısı araştırılmıştır. Sonuçların başarısı; RMSE, r, RH, E ve OMH katsayıları ile değerlendirilmiştir.

22-71 analizi için, öncelikle günlük ortalama yağış yüksekliği, günlük ortalama buhar basıncı ve dönemsellik katsayısı bağımsız değişken olarak kullanılmak üzere analiz yapılmıştır (ÇDR-1). Sonra yapılan analizde ÇK-YSA analizindeki en başarılı model olan M10 modelindeki veriler kullanılmıştır (ÇDR-2). M10 modelinde parametreler gecikmeli olacak şekilde ayrı ayrı bağımsız değişken olarak atanmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek ÇK-YSA sonuçları ile Tablo 3.10. içerisinde verilmiştir.

Tablo 3.10. ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri

ANALİZ GRUBU	ANALİZ ÇEŞİDİ	RMSE	r	RH	E	OMH
22-71	ÇK-YSA	1.7269	0.9839	11.5861	0.9676	0.9251
22-71	ÇDR-1	9.5009	0.1080	109.551	-0.0130	6.6314
22-71	ÇDR-2	1.7538	0.9826	12.0936	0.9654	0.9118

22-90 analizi için, öncelikle günlük ortalama yağış yüksekliği, günlük ortalama buhar basıncı ve dönemsellik katsayısı bağımsız değişken olarak kullanılmak üzere analiz yapılmıştır (ÇDR-1). Sonra yapılan analizde ÇK-YSA analizindeki en başarılı model olan M8 modelindeki veriler kullanılmıştır (ÇDR-2). M8 modelinde parametreler gecikmeli olacak şekilde ayrı ayrı bağımsız değişken olarak atanmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek ÇK-YSA sonuçları ile Tablo 3.11. içerisinde verilmiştir.

Tablo 3.11. ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri

ANALİZ GRUBU	ANALİZ ÇEŞİDİ	RMSE	r	RH	E	OMH
22-90	ÇK-YSA	3.5520	0.9386	17.1081	0.8804	1.1723
22-90	ÇDR-1	9.8430	0.2842	194.7957	0.0639	7.3813
22-90	ÇDR-2	3.7865	0.9283	21.5302	0.8614	1.2845

2213 analizi için, öncelikle günlük ortalama yağış yüksekliği, günlük ortalama buhar basıncı ve dönemsellik katsayısı bağımsız değişken olarak kullanılmak üzere analiz yapılmıştır (ÇDR-1). Sonra yapılan analizde ÇK-YSA analizindeki en başarılı model olan M4 modelindeki veriler kullanılmıştır (ÇDR-2). M4 modelinde parametreler gecikmeli olacak şekilde ayrı ayrı bağımsız değişken olarak atanmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek ÇK-YSA sonuçları ile Tablo 3.12. içerisinde verilmiştir.

Tablo 3.12. ÇDR analizleri ve ÇK-YSA analizleri Hata Değerleri

ANALİZ GRUBU	ANALİZ ÇEŞİDİ	RMSE	r	RH	E	OMH
2213	ÇK-YSA	7.0801	0.9137	24.6571	0.8328	2.7840
2213	ÇDR-1	15.9192	0.4825	135.5191	0.1508	10.1322
2213	ÇDR-2	7.7108	0.8949	31.1229	0.8007	3.2396

Tablolar incelendiğinde; ÇK-YSA analizlerinin, ÇDR analizlerine kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmektedir. ÇDR-1 analizleri, parametrelerde gün gecikmesi yapılmaksızın, bağımsız değişken olarak atanması suretiyle yapılmıştır. Bu şekilde yapılan ÇDR analizinin, gün gecikmeli olacak şekilde bağımsız değişkenlerle yapılan ÇDR-2 analizine göre başarısız olduğu görülmüştür. ÇDR analizlerinde bu sonuçlar ışığında, bağımsız değişkenlerin gün gecikmeli olarak atanabileceği ve gün gecikmeli veri setleriyle yapılacak olan analizlerin klasik analiz yöntemlerine göre başarılı olacağı belirlenmiştir.

3.3. Aşılma Olasılıklarına Göre Test Debi Tahminleri

Su yapılarının büyük çoğunluğunun projelendirilmesi için gelecek debinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılacak tesislerin türüne göre, projelendirilmesi için bilinmesi gereken farklı debi değerleri vardır, bunlar da tesisin ekonomik ömrü, bakım

maliyetleri, inşaa maliyetleri, uygulanabilirlik ve sağlayacağı fayda gibi birçok etkeni doğrudan etkilemektedir. Çalışmanın bu kısmında, hidrolojik yapıların projelendirilme safhasında kullanılan, bazı aşılma olasılıklarına karşılık gelen debi değerleri için çalışma kapsamında yapılan analizlerin başarısı incelenmiştir.

Aşılma olasılıkları hesaplanırken, her analiz grubunun test setinde bulunan veriler kullanılmıştır. Verilerin aşılma olasılıkları araştırıldığından, veriler veri seti içerisinde, büyük veriden küçük veriye doğru sıralanmıştır. Sıralanmış olan bu verilerin pozisyon olasılıkları (P_i) yüzdelik olarak, (3.1) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlikte verinin veri seti içindeki pozisyonu (n_i) kullanılmıştır. İncelenecek aşılma olasılıkları, hidrolik projelerde sıklıkla kullanılan değerler göz önüne alınarak seçilmiştir. Seçimlerde %10, %5 ve %2 gibi karşılaşıma ihtimali çok düşük olan debiler için de ağın performansının değerlendirilmesi yapılmıştır.

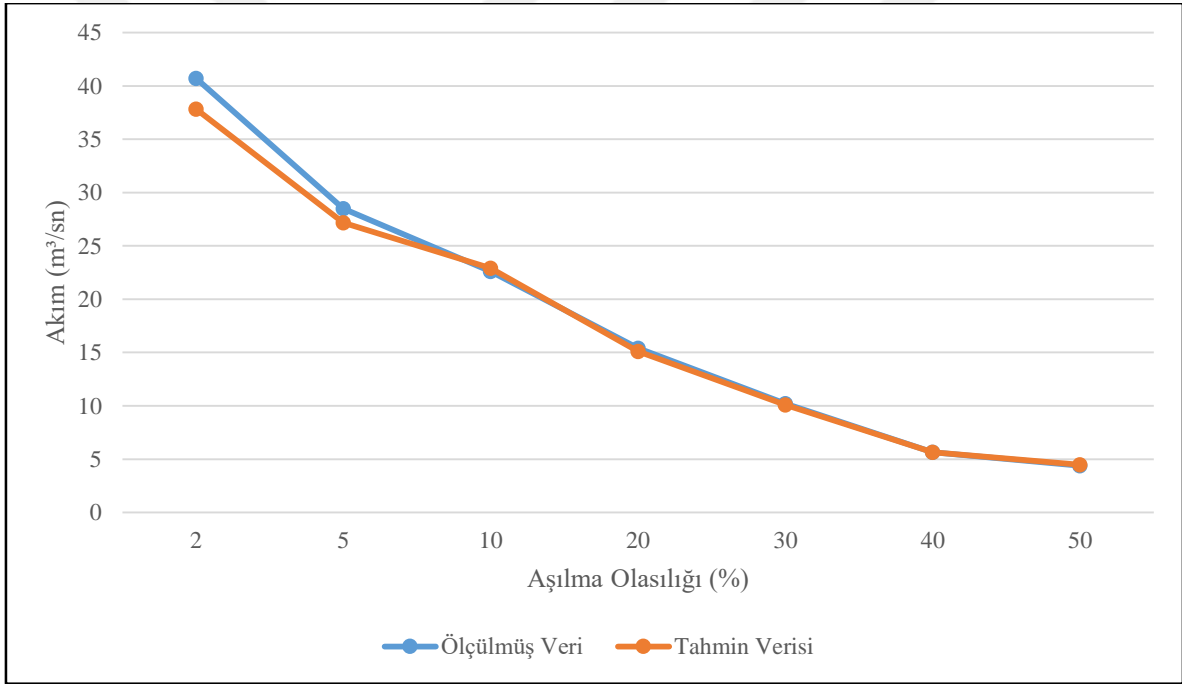
$$P_i = \frac{n_i}{N + 1} * 100 \quad (3.1)$$

Yapılan değerlendirme sonuçları her analiz grubu için grafik ve tablo olarak sunulmuştur. Tablolarda gözlenen veriler ve tahmin edilmiş veriler yer almaktadır. Çalışmada kullanılan; RMSE, r, RH, E ve OMH katsayılarına göre performans değerlendirmesi yapılmıştır.

22-71 analizi için aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri ve bunlara karşılık yapılan tahmin değerlerinin değerlendirilmesi Tablo 3.13.'de verilmiştir. Grafik olarak aşılma olasılığı ve buna karşılık gelen akım değerlerinin, ölçülmüş veri ve tahmin edilen veri için eğrisi Şekil 3.16.'da bulunmaktadır.

Tablo 3.13. 22-71 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi

İstasyon					22-71		
Aşılma Olasılığı (%)	Ölçülmüş Gerçek Akım (m ³ /sn)	Tahmin Edilmiş Akım (m ³ /sn)	RMSE	r	RH (%)	E	OMH
2	40.7	37.826	2.874	0.9988	7.061	0.992	2.874
5	28.5	27.159	1.341		4.705	0.995	1.341
10	22.6	22.923	0.323		1.429	0.999	0.323
20	15.4	15.095	0.305		1.980	0.997	0.305
30	10.2	10.094	0.106		1.039	0.991	0.106
40	5.64	5.655	0.015		0.265	0.999	0.015
50	4.4	4.468	0.068		1.545	0.999	0.068

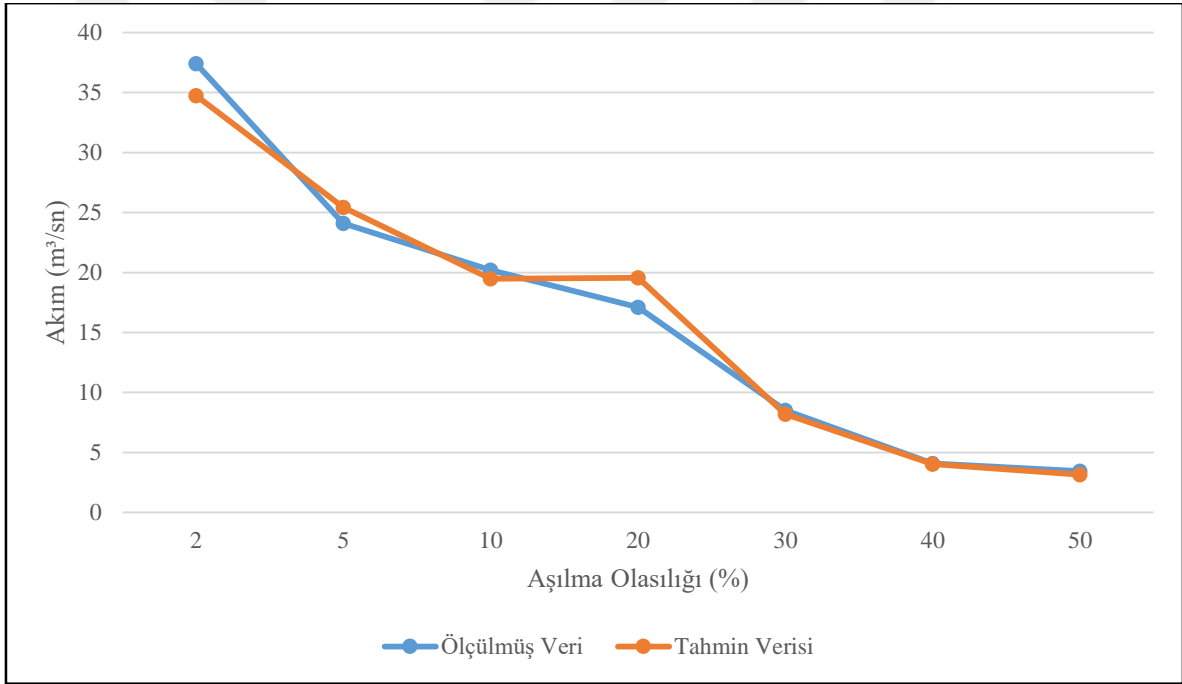


Şekil 3.16. 22-71 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler

22-90 analizi için aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri ve bunlara karşılık yapılan tahmin değerlerinin değerlendirilmesi Tablo 3.14.'te verilmiştir. Grafik olarak aşılma olasılığı ve buna karşılık gelen akım değerlerinin, ölçülmüş veri ve tahmin edilen veri için eğrisi Şekil 3.17.'de bulunmaktadır.

Tablo 3.14. 22-90 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi

İstasyon					22-90		
Aşılma Olasılığı (%)	Ölçülmüş Gerçek Akım (m ³ /sn)	Tahmin Edilmiş Akım (m ³ /sn)	RMSE	r	RH (%)	E	OMH
2	37.4	34.755	2.645	0.9916	7.072	0.991	2.645
5	24.1	25.445	1.345		5.580	0.992	1.345
10	20.2	19.490	0.710		3.514	0.995	0.710
20	17.1	19.553	2.453		14.345	0.906	2.453
30	8.53	8.189	0.341		3.997	0.995	0.341
40	4.08	4.027	0.053		1.299	0.999	0.053
50	3.44	3.143	0.297		8.633	0.997	0.297

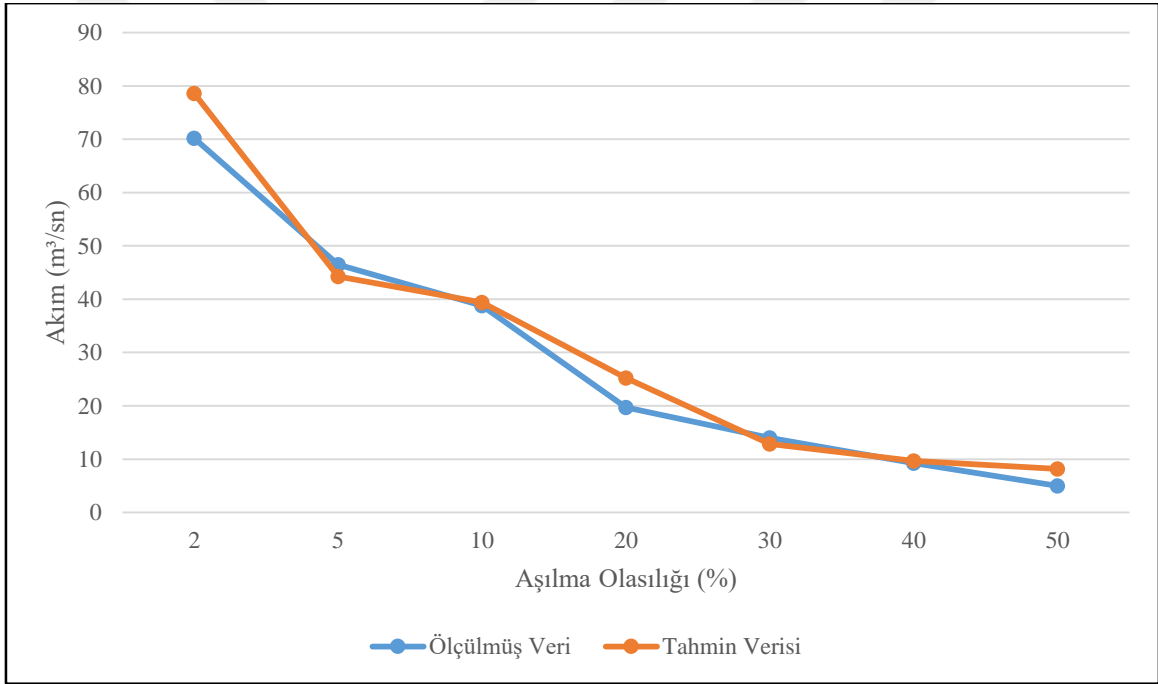


Şekil 3.17. 22-90 Analizi Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler

2213 analizi için aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri ve bunlara karşılık yapılan tahmin değerlerinin değerlendirilmesi Tablo 3.15.'te verilmiştir. Grafik olarak, aşılma olasılığı ve buna karşılık gelen akım değerlerinin, ölçülmüş veri ve tahmin edilen veri için eğrisi Şekil 3.18.'de bulunmaktadır.

Tablo 3.15. 2213 İstasyonu Aşılma Olasılıklarına Göre Veri Değerlendirilmesi

İstasyon					2213		
Aşılma Olasılığı (%)	Ölçülmüş Gerçek Akım (m ³ /sn)	Tahmin Edilmiş Akım (m ³ /sn)	RMSE	r	RH (%)	E	OMH
2	70.2	78.617	8.417	0.9900	11.990	0.981	8.417
5	46.5	44.252	2.248		4.834	0.996	2.248
10	38.8	39.414	0.614		1.582	0.999	0.614
20	19.7	25.241	5.541		28.126	0.728	5.541
30	14.01	12.887	1.123		8.015	0.948	1.123
40	9.28	9.663	0.383		4.127	0.993	0.383
50	6.99	8.174	1.184		16.93	0.862	1.184



Şekil 3.18. 2213 İstasyonu Aşılma Olasılıklarına Göre Debiler

Yukarıda analiz grupları için verilmiş tablo ve grafikler incelendiğinde ölçülmüş değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın çok küçük olduğu ve iki veri grubu arasındaki ilişkinin oldukça kuvvetli olduğu görülmüştür. Hidrolik yapıların projelendirme aşamasında ihtiyaç duyulan aşılma olasılıklarına göre ve %10, %5, %2 gibi az rastlanabilecek aşılma olasılıklarına göre bile, çalışmada tasarımı yapılan ileri beslemeli geri yayımlı ÇK-YSA mimarisinin kullanılabilir kesin sonuçlar ürettiğini söylemek mümkündür.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Oluşturulan ileri beslemeli geri yayımlı ÇK-YSA mimarisi, ileriye dönük akım tahminleri yapma konusunda başarılı sonuçlar üretmiştir. İleri beslemeli geri yayımlı ÇK-YSA modellerinin ileriye dönük akım tahminleri yapma, istasyonlardaki eksik verileri tamamlama gibi işlemler için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Kurulan akış modelinin girdi setinin gün gecikmeli olarak verilmesi ile; yüzeysel akışa etkisi olan ancak ölçülemeyen veya ölçülmesi ekonomik olmayan parametrelerin, modele dahil edilmesi dolaylı olarak sağlanmış; tahmin sonuçlarındaki başarının arttığı gözlemlenmiştir.

Gün gecikmeli olmadan, yani her günün ortalama akış, ortalama buhar basıncı, ortalama yağış yüksekliği ve dönemsel bileşeni değerleri ile oluşturulan ÇDR analizinin, akış tahmini konusunda yetersiz kaldığı görülmüştür. ÇDR analizlerinde gün gecikmeli modellerin her parametresinin bağımsız değişken olarak tanımlanması ile ÇDR analizlerinde bariz bir performans artışı gözlemlenmiştir. Sonuçta, YSA modelinin, ÇDR metoduna göre daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Hidrolik yapıların projelendirme aşamalarında ihtiyaç duyulan belli aşılma olasılıklarına göre debilerin belirlenmesi için, oluşturulan ÇK-YSA mimarisi çok düşük hata oranlarına sahip tahminler yaptığından, bu gibi debilerin tahmini için tercih edilebilir olduğu görülmüştür.

Olası sel felaketlerinde, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için geçmiş verilerden yararlanarak, gelecek debiyi tahmin eden, çalışma kapsamında oluşturulmuş ileri beslemeli geri yayımlı ÇK-YSA modelinin erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Çalışma yaptığımız bölgenin, hidrolojik özelliklerinin benzer olması sebebiyle sızma gibi değişkenlerin fazla farklılık göstermediği düşünülmektedir. Daha geniş alanlarda kurulacak modellemelerde, sızma değişkenliği gibi hidrolojik özellikler ele alınmalı ve sonuçlar üzerine etkileri irdelenmelidir.

Çalışmada kullanılan istasyonların verileri kullanılarak, bulanık mantık (BM) gibi, YSA'ya alternatif modeller aracılığıyla analizler yapılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Aksoy, B., MÜCAHİT, C., Aksu Vadisi (Giresun) Aşağı Kesiminde Doğal Ortam Şartlarının Taşkın Üzerine Etkileri, Gazi Türkiyat Türkoloji Araştırmaları Dergisi, 2010, 1-7.
- Antar, M. A., Ellassiouti, I., & Allam, M. N. (2006). Rainfall-runoff modelling using artificial neural networks technique: a Blue Nile catchment case study. *Hydrological Processes*, 20(5), 1201-1216.
- Bayazıt, M., 1999. Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 242s.
- De Vos, N. J. (2013). Echo state networks as an alternative to traditional artificial neural networks in rainfall-runoff modelling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(1), 253-267.
- Dibike, Y. B., & Solomatine, D. P. (2001). River flow forecasting using artificial neural networks. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(1), 1-7.
- Jeong, D. I., & Kim, Y. O. (2005). Rainfall-runoff models using artificial neural networks for ensemble streamflow prediction. *Hydrological processes*, 19(19), 3819-3835.
- Karstarlı, Ç., Kömürcü, M. İ., Akpınar, A., Uzlu, E., Kankal, M., & Önsoy, H. Doğu Karadeniz Havzasındaki Hidroelektrik Potansiyelin Analizi, II. Su Yapıları Sempozyumu - 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır
- Lohani, A. K., Goel, N. K., & Bhatia, K. K. S. (2011). Comparative study of neural network, fuzzy logic and linear transfer function techniques in daily rainfall-runoff modelling under different input domains. *Hydrological Processes*, 25(2), 175-193.
- Machado, F., Mine, M., Kaviski, E., & Fill, H. (2011). Monthly rainfall-runoff modelling using artificial neural networks. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(3), 349-361.
- Mete, T., Kesikli Bir Biyoreaktörde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008, 128s.
- Nacar, S., Farklı Yapay Zeka Yöntemleriyle Günlük Akarsu Akım Değerlerinin Tahmini-Haldizen Deresi Örneği, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 2014, 139s.
- Öztemel, E., 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232s.

- Rajurkar, M. P., Kothiyari, U. C., & Chaube, U. C. (2004). Modeling of the daily rainfall-runoff relationship with artificial neural network. *Journal of Hydrology*, 285(1), 96-113.
- Riad, S., Mania, J., Bouchaou, L., & Najjar, Y. (2004). Rainfall-runoff model usingan artificial neural network approach. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(7), 839-846.
- Saka, F., Sentetik Debi Süreklilik Eğrilerinin Matematiksel Yöntemlerle Belirlenmesi ve Doğu Karadeniz Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012, 85s.
- Sanikhani, H., & Kisi, Ö., River Flow Estimation and Forecasting by Using Two Different Adaptive Neuro-Fuzzy Approaches. *Water Resources Management*, 2012, 26(6), 1715-1729.
- Şen, Z., 2002. Su Bilimi Temel Konuları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 227s.
- Şen, Z., 2004. Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 183s.
- Turhan, E., 2012. Seyhan Havzasının Yağış-Akış İlişkisinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Modellenmesi, Adana, 2012,
- URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. 31 Mayıs 2015.
- URL-2, webb.deu.edu.tr/cevre/old/pala/SU%20KAYNAKLARI%20DSI.ppt 07 Haziran 2015.
- URL-3, <http://rasatlar.dsi.gov.tr/>. 07 Haziran 2015
- URL-4, <http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/turkiye-ulusal-hidroloji-komisyonu>. 08 Haziran 2015
- URL-5, <http://www.xmswiki.com/wiki/File:Thiessen.gif>. 23 Haziran 2015
- URL-6, <http://ais-humanbiology.wikispaces.com/Nervous+system>. 24 Haziran 2015
- URL-7, <http://www.kisiselbasari.com/insan-beyni-ve-isleyisi.html>. 25 Haziran 2015
- URL-8, [http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar / Ileri Algoritma Analizi / Ileri AlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf](http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/Ileri%20Algoritma%20Analizi/Ileri%20AlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf). 26 Haziran 2015
- Wu, C. L., & Chau, K. W. (2011). Rainfall–runoff modeling using artificial neural network coupled with singular spectrum analysis. *Journal of Hydrology*, 399(3), 394-409.
- Wu, C. L., Chau, K. W., & Li, Y. S. (2009). Methods to improve neural network performance in daily flows prediction. *Journal of Hydrology*, 372(1), 80-93.

Yavuz, S., Deveci, M., 2013, İstatistiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi, Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, Sayı 40, Haziran-Aralık 2012ss. 167-187s.

Yenigün, K., Gümüş, V., 2009. Hidroloji Ders Notları, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, 40s.

Yüksek, Ö., Üçüncü, O., Çözülmüş Problemlerle Temel Hidroloji, Akoluk Basım Yayın Dağıtım, Trabzon, 1999.



ÖZGEÇMİŞ

Hasan Törehan Babacan 1991 yılında Ankara’da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Ankara Keçiören ilçesinde bulunan Vildan Nurettin Demirer İlköğretim Okulu’nda ve lise öğrenimini de Pursaklar Ayyıldız Anadolu Lisesi’nde tamamlamıştır. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği lisans eğitimine başlamış ve 2013 yılında mezun olmuştur. Aynı sene içerisinde Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Yüksek lisans eğitiminin ilk yılı süresince; biri Trabzon diğeri Bayburt illerinde olmak üzere, iki adet HES projesinde proje müdürü sıfatıyla görev yapmıştır.