İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN FARKLI YAPAY SİNİR AĞLARI METOTLARIYLA BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Merthan Şahin

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN FARKLI YAPAY SİNİR AĞLARI METOTLARIYLA BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Merthan Şahin

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. H.Kerem Cığızoğlu**
Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Necati Ağıralioğlu**
Prof.Dr. Serhat Şeker

MAYIS 2007

ÖNSÖZ

Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmamda bir akarsu havzasında yağış ile akımın arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmeye çalıştım. Öncelikle genel olarak literatürdeki uygulamaları araştırıp, bugüne kadarki uygulanan modelleri sınıflandırma yoluyla ifade etmeye çalışarak kullanılan bazı modelleri tanıttım. Daha sonra günümüzde oldukça geniş çapta uygulama alanı bulan bir kara kutu modeli olarak Yapay Sinir Ağları yöntemlerini tanıttım. Sonraki bölümde ise TÜBİTAK projesi kapsamında yağış-akış modeli kurulacak olan Karadeniz bölgesini tanıtıp, akışı etkileyen havza parametrelerini saptayarak hidro meteorolojik verileri elde edebileceğim istasyonları belirledim.

Sonraki adımda ise akım modeli için kullanılacak zaman serilerini tespit ederek; eksik olan verileri diğer yakın istasyonlarla regresyon denklemleri neticesinde tamamlayarak kesiksiz zaman serisi elde ettim. Son bölümde ise 3 farklı YSA mimarisi ve geleneksel çok değişkenli regresyon modelini kurarak akım değerlerini tahmin ettim ve modellerin birbirleri arasındaki performans karşılaştırmasını yaparak "en iyi tahmin" i yapan modeli elde etmeye çalıştım.

Bu çalışmamda özellikle Karadeniz bölgesini seçmemdeki amaç; bölgenin daha gelişmemiş olması ve yurdumuzun en çok yağış alan bölgesi olarak önemli miktarda hidroelektrik potansiyele sahip olmasıdır.

Bu çalışmamda bana yardımcı olarak bilimsel katkılarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. H.Kerem Cığızoğlu ve bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Necati Ağıralioğlu ayrıca TÜBİTAK projesi kapsamında çalışan diğer bütün hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca eğitim hayatım boyunca hiç yanımdan ayrılmadan beni destekleyip zor günlerde yanımda durarak benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2007 Merthan Şahin

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... Vİİ
TABLO LİSTESİ ..... Vİ
ŞEKİL LİSTESİ ..... Vİİİ
SEMBOL LİSTESİ ..... İX
ÖZET X
SUMMARY X
1 GİRİŞ 1
2 YAĞIŞ – AKIŞ MODELLEMESİ 2
2.1 Genel Bilgi 2
2.2 Hidrolojik Modeller 3
2.3 Modellerin Sınıflandırılması 6
3 YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) 10
3.1 Genel Bilgi 10
3.2 Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Metotları 12
3.2.1 İleriye Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağları (İBGYSA) 12
3.2.2 Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) 15
3.2.3 Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı (GRYSA) 17
4 YAĞIŞ-AKIŞ MODELİ KURULACAK HAVZANIN TANIMI 19
4.1 Doğu Karadeniz Havzası 19
4.2 Hidrometeorolojik Verilerin Toplanması 22
4.2.1 Ölçüm İstasyonları 23
4.2.2 Bölgesel Veriler 23
4.3 Solaklı Vadisi 25
4.3.1 Solaklı Vadisinin İklimi Ve Bitki Örtüsü 26
4.3.2 Su Kaynakları 27
4.3.3 Havza Verileri 27
5 AKIM MODELİ İÇİN KULLANILACAK ZAMAN SERİLERİNİN TESBİTİ, TAMAMLANMASI VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ 36
5.1 Model İçin Kullanılacak Olan Hidrometeorolojik Gözlem İst. Belirlenmesi 36
5.1.1 Akım Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi 36

5.1.2 Yağış Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi 41
5.1.3 Diğer Meteorolojik Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi 43
5.2 Veri Analizi İçin Genel Değerlendirme 48
6 MODELİN KURULMASI VE TAHMİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 52
6.1 Modelin Kurulması 52
6.2 Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları Modeli 55
6.3 İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağı Modeli 57
6.4 Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı Modeli 59
6.5 Çok Değişkenli Regresyon Modeli (ÇDR) 60
7 SONUÇLAR 63
EKLER 65
KAYNAKLAR 72
ÖZGEÇMİŞ 86

KISALTMALAR

ARMA	: Auto Regressive Moving Average
YSA	: Yapay Sinir Ağları
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
İBGYSA	: İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağları
GRYSA	: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları
RTYSA	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
ÇDR	: Çok Değişkenli Regresyon
TDA	: Tekli Doğrusal Algılayıcı
OKH	: Ortalama Kare Hatası
OYF	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
SYM	: Sayısal Yükseklik Modelleri
UA	: Uzaktan Algılama
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
DSİ	: Devlet Su İşleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Bazı hidrolojik modeller (Singh ve Woolhiser, 2002) 5
Tablo 4.1: Karadeniz Bölgesindeki Bazı Meteoroloji Ölçüm İstasyonları 23
Tablo 4.2: Solaklı Havzasındaki Bazı Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülen Değişkenler 27
Tablo 4.3: DMİ-Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm) 28
Tablo 4.4: DMİ-Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm) 28
Tablo 4.5: DMİ- Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm) 28
Tablo 4.6: DMİ–Köknar Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm) 29
Tablo 4.7: DMİ–Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Sıcaklık(°C) Değerleri 29
Tablo 4.8: DMİ–Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Sıcaklık(°C) Değerleri..... 29
Tablo 4.9: DMİ–Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort.Sıcaklık(°C) Değerleri 30
Tablo 4.10: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort.Sıcaklık(°C) Değerleri 30
Tablo 4.11: DMİ–Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri 30
Tablo 4.12: DMİ–Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri 31
Tablo 4.13: DMİ–Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri 31
Tablo 4.14: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Buharlaşma Değerleri (mm) 31
Tablo 4.15: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Basınç Değerleri(mb) 32
Tablo 4.16: Solaklı Havzasındaki Bazı Akım Gözlem İstasyonları 33
Tablo 4.17: 22-07 Haldizen S.- Şerah AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s) 34
Tablo 4.18: 22-057 Ögene Deresi- Alçakköprü AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s) 34
Tablo 4.19: 22-052 Solaklı D. –Ulucamii AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s) 34
Tablo 5.1: 22-07 Haldizen S.-Şerah AGİ ile diğer AGİ'lerin korelasyon katsayıları 37
Tablo 5.2: Kesiksiz Hale Getirilmiş 22-07 Haldizen S.- Şerah AGİ Akım Gözlem Değerleri(m^3/s) 39
Tablo 5.3: 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ ait 1979-1996 yılları arası istatistiksel Parametreler 39
Tablo 5.4: 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ ile yağış gözlem istasyonları arasındaki korelasyon katsayısı değerleri 41
Tablo 5.5: 1962-Uzungöl yağış gözlemleri ile diğer yağış gözlemleri arasındaki korelasyon katsayısı değerleri 41
Tablo 5.6: 1962- Uzungöl istasyonu yağış gözlem istatistik parametreleri 42

Tablo 5.7: 22-07 Haldizen S. –Şerah AGİ ile solaklı havzasındaki bazı meteoroloji gözlem istasyonlarının sıcaklık ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi 44
Tablo 5.8: 1962-Uzungöl gözlem istasyonu ile diğer gözlem istasyonlarının sıcaklık ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi 44
Tablo 5.9: Uzungöl istasyonundaki sıcaklık ölçümlerinin istatistiksel parametreleri 45
Tablo 5.10: 22-07 Haldizen S. –Şerah AGİ ile solaklı havzasındaki bazı meteoroloji gözlem istasyonlarının nem ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi 46
Tablo 5.11: 1962-Uzungöl gözlem istasyonunun diğer gözlem istasyonları ile arasındaki korelasyon katsayıları 46
Tablo 5.12: 1962-Uzungöl gözlem istasyonunun 1979-1996 yılları arası nem ölçümlerinin istatistiksel değerleri 47
Tablo 6.1: Yağış-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları 53
Tablo 6.2: Sıcaklık-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları 54
Tablo 6.3: Nem-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları 54
Tablo 6.4: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları İle Akım Tahmini Sonuçları 55
Tablo 6.5: İleri Beslemeli Geriye Yayılımlı YSA İle Akım Tahmini Sonuçları 57
Tablo 6.6: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları İle Akım Tahmini Sonuçları 59
Tablo 6.7: ÇDR İle Akım Tahmini Sonuçları 61
Tablo 7.1: Akım Modellerinin Performans Karşılaştırması 63
Tablo A.1: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Toplam Yağış verilerinin yıllara göre dağılımı 65
Tablo A.2: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Verilerinin Yıllara Göre Dağılımı 66
Tablo A.3: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Nem Verilerinin Yıllara Göre Dağılımı 67
Tablo A.4: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Buharlaşma verilerinin yıllara göre dağılımı 68
Tablo A.5: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Basınç verilerinin yıllara göre dağılımı 69
Tablo A.6: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Toplam Akım verilerinin yıllara göre dağılımı 70

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Sistem tanımına göre havza modelleri 7
Şekil 2.2: Alan ve zaman ölçeklerine göre havza modelleri 7
Şekil 2.3: Çözüm tekniklerine göre havza modelleri 8
Şekil 3.1: İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağlarının(İBGYSA) Yapısı 13
Şekil 3.2: Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri..... 17
Şekil 3.3: GRYSA Yapısı..... 18
Şekil 4.1: Doğu Karadeniz Bölgesi AGİ Bulduru Haritası 19
Şekil 4.2: Solaklı Deresi Havza sınırlarını kapsayan, 14.25 metre geometrik çözümlemeli Amerikan NASA tarafından yörüngesine yerleştirilmiş olan LANDSAT 7 ETM uydu görüntüsü (10.07.2000- Bant 5/4/3) ile oluşturulmuş bölgenin renkli görüntüsü 20
Şekil 4.3: Solaklı Deresi Havza sınırlarını içine alan, Uzungöl ve civarının uydu verileri ile oluşturulan perspektif görünümü..... 21
Şekil 4.4: Doğu Karadeniz Havzası Hidrometeorolojik Gözlem İstasyonları Bulduru Haritası…….....22
Şekil 5.1: 22-52 Solaklı D. – Ulucamii ile 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği 37
Şekil 5.2: 22-57 Ögene D.-Alçakköprü AGİ İle 22-52 Solaklı D.-Ulucami AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği 38
Şekil 5.3: 22-07 Haldizen S.– Şerah AGİ İle 22-57 Ögene D.-Alçakköprü AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği 38
Şekil 5.4: 22-07 Haldizen S.– Şerah AGİ 1979-1996 yılları arası sürekli zaman serisi 40
Şekil 5.5: 1803-İkizdere Yağış Gözlemleri İle 1962-Uzungöl Yağış Gözlemleri Arasındaki Korelasyon İlişkisi..... 42
Şekil 5.6: 1962- Uzungöl Gözlem İstasyonu İçin Kesiksiz Yağış Zaman Serisi 43
Şekil 5.7: 1962- Uzungöl Gözlem İstasyonunun Sıcaklık Zaman Serisi 45
Şekil 5.8: 1962- Uzungöl gözlem istasyonu için nem zaman serisi 48
Şekil 5.9: DSİ Tarafından Hazırlanan Of-Solaklı Formülasyon Projesi 50
Şekil 5.10: 22-07 Haldizen S – Şerah AGİ İle 1962-Uzungöl İstasyonu Gözlem Değerlerinin Birlikte Değişim Çizelgesi..... 51
Şekil 6.1: Gözlenen akımlar ve RTYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması56
Şekil 6.2: RTYSA ile test süresi için elde edilen akım değerleri 56
Şekil 6.3: Gözlenen akımlar ve İBGYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması 58
Şekil 6.4: İBGYSA ile Test Süresi İçin Elde Edilen Akım Değerleri..... 58
Şekil 6.5: Gözlenen akımlar ve GRYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması 60
Şekil 6.6: GRYSA İle Test Süresi İçin Elde Edilen Akım Değerleri..... 60
Şekil 6.7: Gözlenen Akımlar İle ÇDR Tahmin Akımlarının Karşılaştırılması 62
Şekil 6.8: ÇDR İle Test Süresi İçinde Elde Edilmiş Akım Değerleri 62

SEMBOL LİSTESİ

s	: Konum
t	: Zaman
ε	: Modelin Rastgele Karakter Bileşeni
X_i	: Girdi Nöronları
T_n	: Çıktı Nöronları
N	: Girdi grubu adedi
w_{ij}	: Gizli nöronlardaki ara bağlantı ağırlıkları
H_j	: Gizli nöron girdisi
HO_j	: Gizli nöron çıktısı
θ_j	: Taraflılık değeri
O_n	: Sigmoind fonksiyonu tarafından işlenerek oluşturulan çıktı değerleri
E	: Ortalama Sistem Hatası
T_n	: Hedef değeri
δ_j	: Hata Gradyanı
α	: Momentum oran terimi
η	: Öğrenme oranı
r	: İterasyon numarası
$F(x)$	: Enterpolasyon fonksiyonu
$\phi(x)$	: Radyal tabanlı fonksiyon
$f(x,y)$	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
p	: Vektör boyutu
S	: Düzeltme parametresi
R^2	: Belirlilik katsayısı
Q	: Akım
T	: Sıcaklık
R	: Yağış
N	: Nem
$X_{maks.}$	: Girdi verilerinin maksimum değeri
$X_{min.}$	: Girdi verilerinin minimum değeri
X_i	: Girdi verileri
$r_{X,Y,0}$	: Yağış-akım çapraz korelasyon katsayısı
$r_{X,K,0}$	: Sıcaklık-akım çapraz korelasyon katsayısı
$r_{X,L,0}$	: Nem-akım çapraz korelasyon katsayısı
OKH	: Ortalama Kare Hatası
X_1	: Bağımsız yağış değişkeni
X_2	: Bağımsız sıcaklık değişkeni
X_3	: Bağımsız nem değişkeni
$Y(t)$	: Bağımlı Akım değişkeni

KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN YSA METOTLARIYLA BELİRLENMESİ

ÖZET

Su kaynaklarının değerlendirilmesinde günlük veya aylık ortalama akımların bilinmesi çok önemlidir. Ancak akarsuların çoğunda akım ölçüm ağı ya yoktur ya da çok zayıftır. Bu sebeple akım ölçümü olmayan veya eksik olan akarsu havzalarında ortalama akımların tahmini için pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bir akarsudaki akım havzadaki yağış, sıcaklık, nem gibi birçok parametreye bağlı olmakla birlikte yağış olayının görülmesi ile akımın oluşması arasında belli bir gecikme vardır. Akım tahminlerini yaparken bu gecikmeden yararlanılır. Bu çalışmada, ileri beslemeli geriye yayınım sinir ağı (İBGYSA), radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı sinir ağı (RTYSA) ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağı (GRSA) olmak üzere üç yapay sinir ağı (YSA) metodu ve klasik yöntemlerden olan Çok Değişkenli Regresyon (ÇDR) metodu ile yağış, sıcaklık, geçmiş akım değerleri kullanılarak, akım tahminleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırılmış ve daha başarılı bulunmuştur. Ekstrapolasyon yapılması gerektiğinde tercih edilmesi gereken YSA metotlarının daha ziyade İBGYSA ve RTYSA olduğu görülmüştür. Buna karşın bu iki metot bazı durumlarda düşük akım değerleri için negatif tahminler verebilmekte, GRYSA kullanıldığında ise bu sorunla karşılaşılmamaktadır.

RAINFALL-RUNOFF MODEL USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACH FOR BLACK SEA CATCHMENTS

SUMMARY

It is important to reach daily or monthly flows in water resources assessment; however, flow observation network is mostly unavailable or inadequate for rivers. Hence, many studies have been performed to estimate mean flows for inadequate or ungauged basins. River flows depend on many variables such as precipitation, temperature, moisture and there is a lag time between precipitation and flow. This lag time is used to estimate flows. In this study, precipitation, temperature, moisture and previous flow data are used to estimate flows by means of three different neural network methods namely, conventional feed forward back propagation (FFBP), radial basis functions neural network (RBF), generalized regression neural network (GRNN) and multivariate regression, one of the classical methods. Consequently, FFBP and RBF are found more preferable when extrapolation is required. On the other hand both methods occasionally give negative estimations for low flow values; that is a problem not faced when GRNN is used.

1 GİRİŞ

Bir akarsu havzasındaki hidroelektrik potansiyeli belirleyip ne miktarda elektrik enerjisinin üretilebileceğinin saptanması ayrıca gelecek yıllar için içme suyu ve kullanma suyunun sürekli olarak temini amacıyla ve süregelen yıllar içinde oluşabilecek taşkın riskinin önceden saptanıp kontrol altına alınması maksadı ile projeler geliştirmek için kurulacak yağışın akışa dönüşümü olayını benzeştiren "yağış-akış modelleri"nin irdelenmesi, ülkemizdeki su kaynaklarının verimli kullanılması açısından son derece önem taşımaktadır.

Hidrolojik çevrim neticesi olarak bilindiği gibi denizlerden,topraktan ve bitkilerden buharlaşan su zerrecikleri bulutlar ile birlikte birçok hidrolojik parametrenin(nem,sıcaklık,basınç,buharlaşma,…) döngüsel olarak birlikte değişimi neticesinde havza üzerine yağış olarak düşmektedir.Bu yağışın belli bir miktarı yer altı suyunu beslemekte, bir miktarı bitkiler ve toprak tarafından tutulmakta, bir miktarı ise daha havza yüzeyine düşmeden tekrar buharlaşmaktadır.Geriye kalan miktar ise yüzeysel akış olarak havza üzerinde ötelenmekte ve sonuç olarak çıkış noktasında akış haline dönüşmektedir.İşte bu akımın miktarı , hızı ve geçmiş yıllardaki davranışı (trendi), bize ileriki yıllar için belirli bir risk aralığında projeler üretmeye imkan sağlamaktadır.

Türkiye'de yağışların yaklaşık 1/3'ünün akış haline geçtiği, kalan 2/3'lük kısmının ise toprak tarafından emildiği veya buharlaştığı bilinmektedir.Yeraltına sızan su rezerv olarak kalarak yeryüzü haznelerini beslemektedir.DSİ'nin 2006 yılı saptamalarına göre yılda 86 milyar kWH enerji boşa denize akmaktadır ve yıllık kayıp yaklaşık olarak 6 milyar dolar olarak belirlenmiştir.Kullanılmayan bu potansiyelden yararlanmak amacıyla kurulacak olan yağış-akış modellerinin geliştirilmesi ve literatürdeki uygulamaların göz önünde bulundurulması ülkemiz açısından büyük önem arzetmektedir.

2 YAĞIŞ – AKIŞ MODELLEMESİ

2.1 Genel Bilgi

Akarsu havzalarında yağışın akışa dönüştürülmesi sürecinin fiziksel yönleriyle daha iyi benzeştirilebilmesi için parametrik (çok bileşenli, kavramsal) modeller geliştirilmiş ve bilgisayar programları hazırlanmıştır. Bu modellerde akarsu havzası,biriktirme sistemleri ve bunların arasındaki ilişkilerle temsil edilmektedir.Basit olarak biriktirme sistemlerine süreklilik denkleminin uygulanması prensibi ile model çalıştırılmaktadır. Parametrik modeller özellikle kapalı kutu modellerinin kullanılamadığı, havzanın özelliklerinin değiştirilmesinin etkilerini incelemek istenen durumlarda yararlı olur. Ancak bunun için de modelin parametrelerinin havza üzerinde değişimini hesaba katmak gerekebilir.(yayılı model). Modelde havza sistemi ne kadar çok sayıda elemana ayrılırsa o ölçüde ayrıntılı model geliştirmiş olur.Ancak böyle bir modelde kalibrasyon için gerekli veri miktarı artacaktır. Kullanılacak modelin ölçeği eldeki verilere bağlı olarak seçilmelidir. Pratikte çoğu zaman parametrelerin havza üzerinde sabit kaldığı kabul edilen toplu modeller kullanmak gerekir.(Bayazıt, 1998).

Akım tahmini konusunda stokastik modellerin kullanımı oldukça yaygındır. ARMA modelleri zaman serileri için genel bir matematik modeldir (Box ve Jenkins, 1976). Kara kutu modelleri ise havzanın bir alt sistemi veya bütünü için davranışının havza özellikleriyle havza işleyişine hemen hemen hiç bakılmaksızın matematiksel olarak bir davranış fonksiyonları takımı ile temsiline dayanır. Kara kutu sistem deyimi ile yapısal özellikleri ve çalışma tarzları ayrıntılı şekilde ve tam olarak ölçülüp değerlendirilemeyen ve dolayısıyla modellendirilmeleri oldukça güç veya imkansız olabilen sistemler kastedilir. Kara kutu sistemlerin modellenmesi sistem davranışı kavramına dayanmaktadır. Davranış fonksiyonları havzanın girdi ve çıktı dataları üzerinde belirlenir**.** (Müftüoğlu, 1991). Birim hidrograf metodu yağış-akış ilişkisinin modellenmesinde sıkça kullanılan bir kara kutu modelidir. Bir yapay zeka metodu olan yapay sinir ağları (Y.S.A) metodu ise son yıllarda sıkça kullanılan bir kara kutu modelidir.Bu çalışmada farklı Y.S.A metotları kullanılarak oluşturulan matematiksel

modeller birbirleriyle karşılaştırılmış ve gelecek yıllar için en iyi matematiksel tahmini yapabilecek Y.S.A model tasarımı saptanmaya çalışılmıştır.Yapay Sinir Ağlarının (Y.S.A) gözlenen zaman verilerinin analizinde kullanılmaları oldukça uygun gözükmektedir.(Eberhart ve Dobbins,1990).Çünkü Y.S.A yaklaşımı esnek bir yaklaşım sunmakta ve küçük veri setlerinden mantıklı bir çözüm üretebilmektedir.Modelleyicinin veri girdileri üzerinde kontrolü olup, ilgisiz değişkenleri belirleyebilir veya modeli oluşturma sürecinde bunları ayıklayabilir. Bu çalışmada özellikle akarsu üzerinde akım, yağış, sıcaklık ve nem ölçümleri eksik olan istasyon yerlerinde, eksik ölçümleri elde edebilmek için havza sınırları içerisindeki diğer istasyonlarla olan korelasyon katsayıları irdelenip, istasyonlar arası regresyon denklemleri oluşturularak eksik veriler sürekli hale getirilerek havzanın yağış-akış modeli oluşturulmuştur.

2.2 Hidrolojik Modeller

Yağış-akış arasındaki ilişkinin incelenmesi ve modellenmesi üzerinde dünya literatüründe çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Amorocho ve Hart (1964), yağış ve nehir akımı arasındaki ilişkinin incelenmesinde fiziksel hidroloji ve sistem incelemesi olmak üzere iki yaklaşımın gelişmekte olduğundan bahsetmiştir. İlk yaklaşım ile son 35 yıl içerisinde hem fiziksel tabanlı hem de alansal dağılımlı hidrolojik modeller geliştirilmiştir. (Abbott ve diğ., 1986). Bu tip modellerin kalibrasyonu için çok sayıda ölçülmüş fiziksel değişken verisinin elde bulunması gerekmekte olup buda çoğu kez mümkün olmamaktadır. Buna karşın sistem incelenmesi yaklaşımında, teknolojik sorunların çözümlenmesinde fiziksel temellerden ziyade yalnızca mevcut verinin dikkate alınması söz konusudur (Amoroco ve Hart, 1964).

Yağışın akışa dönüştürülmesinde kullanılan ve rasyonel yöntem olarak bilinen ilk matematiksel model Mulvany (1850) tarafından geliştirilmiştir. Çok daha sonra geliştirilen diğer önemli bir yöntem Sherman (1932) tarafından geliştirilen 'birim hidrograf' yöntemidir. Ancak birim hidrograf yönteminin iki önemli dezavantajı bulunmaktadır. Bunlar (*i*) etkin yağışın hesaplanması, (*ii*) hidrografın şeklinin belirlenmesidir (Todini, 1996). Aynı yıllarda Horton (1939) artık yağışı belirlemede kullanılacak olan sızma teorisi ve yüzey akımı için yarı deneysel bir formül geliştirmiştir. Bundan da önce Green ve Ampt (1911), günümüzde de sıkça

kullanılan basitleştirilmiş fizik ilkelerine dayanan sızma kapasitesini hesaplamaya yarayan bir formül geliştirmiştir. Hidrolojik modellemede bir diğer önemli değişken olan evapotranspirasyon çalışmaları ise Richardson (1931), Cummings (1935), Thornthwaite (1948) ve Penman (1948) tarafından yapılmıştır. Yüzeyde tutma ve depolama gibi diğer bileşenler için Horton (1919) bir seri deneysel formül geliştirmiş, Soil Conservation Service – SCS – (1956) yağış-akış eğri numarasını depolamayı da gözönüne alarak yağışın akışa geçen kısmını hesaplamada kullanmıştır.

Yeraltı suyu akımı ile ilgili olarak Jacob (1943, 1944), taban akımının ayrılması konusunda ise Barnes (1940) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Puls (1928) tarafından akımın hazneden ötelenmesi ile ilgili yapılan çalışmada ise sonradan US Bureau of Reclamation – USBR – (1949) tarafından geliştirilerek modifiye edilmiş Puls yöntemine dönüştürülmüştür. Lighthill ve Whitham (1955) ise uzun akarsulardaki öteleme için kinematik dalga teorisini geliştirmiştir. 1960'lı yıllardan itibaren ise dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte hidrolojik çevrimin farklı bileşenlerinin entegrasyonu ile tüm havza üzerinde benzeşim modellerinin uygulanması sağlanmıştır (Singh ve Woolhiser, 2002). Beven (2001) yaptığı çalışmada sadece son 25 yıllık süre içerisinde 100 adet yağış-akış modeline ulaşmıştır (Marechal, 2004). 1960'dan beri süregelen ve günümüzde de kullanılan hidrolojik modellerin bazıları Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1: Bazı hidrolojik modeller (Singh ve Woolhiser, 2002)

Model	Kaynak	Açıklama
TR 20 Modeli	Soil Conservation Service (1965)	Toplu (ortalanmış) parametre kesikli akım modeli
Purdue Modeli	Huggins ve Monke (1970)	Sürece yönelik, fiziksel, kesikli akım modeli
SWMM Modeli	Metcalf ve Eddy vd. (1971), Huber ve Dickinson (1988), Huber (1995)	Sürece yönelik, yarı-yayılı, sürekli benzeşim modeli
Tank Modeli	Sugawara vd. (1974), Sugawara (1995)	Sürece yönelik, yarı-yayılı veya toplu (ortalanmış) sürekli benzeşim modeli
TOPMODEL	Beven ve Kirkby (1979)	Fiziksel, yayılı, sürekli hidrolojik benzeşim modeli
UBC Modeli	Quick ve Pipes (1977), Quick (1995)	Sürece yönelik, toplu (ortalanmış) parametre, sürekli benzeşim modeli
Xinanjiang Modeli	Zhao ve diğ. (1980), Zhao ve Liu (1995)	Sürece yönelik, toplu (ortalanmış), sürekli benzeşim modeli
HEC HMS	Feldman (1981),HEC(1981, 2000)	Fiziksel, yarı-yayılı, kesikli akım modeli
SHE/SHESED	Abbott vd. (1986a,b), Bathurst vd. (1995)	Fiziksel, yayılı, sürekli akım ve sediment benzeşim modeli
CASC2D	Julien ve Saghafian (1991), Ogden (1998)	Fiziksel, yayılı, kesikli akım benzeşim modeli
IHACRES	Jakeman vd. (1990) Jakeman ve Hornberger (1993) Croke ve diğ. (2006)	Hybrid, kavramsal, metrik
MIKE SHE	Refsgaard ve Storm (1995)	Fiziksel, yayılı, sürekli hidrolojik ve hidrolik benzeşim modeli
HMS	Yu (1996), Yu ve Schwartz (1998), Yu ve diğ. (1999)	Fiziksel, yayılı parametre, sürekli hidrolojik benzeşim modeli
SWAT	Arnold ve diğ. (1998)	Yayılı, kavramsal, sürekli benzeşim modeli

Günümüze kadar gelişerek gelen havza modellerindeki gelişme Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisinin ortaya çıkması ile doruğa ulaşmıştır. Bu teknoloji modellemeye meteorolojik veri girdilerinin, zemin ve arazi kullanım parametrelerinin, başlangıç ve sınır koşullarının zamansal ve konumsal dağılımının

belirlenmesinde ve baraj, göl, akarsu gibi depolama alanlarının, kar ve buz örtüsü miktarının bulunmasında çok büyük yararlar sağlamıştır (Engman ve Gurney, 1991).

2.3 Modellerin Sınıflandırılması

Hidrolojik modellerde girdiyi çıktıya dönüştüren bir sistem sözkonusudur. Bu sistem zaman ve konumla değişen ve içinde rastgelelik taşıyan bir yapıdadır. Çok genel olarak

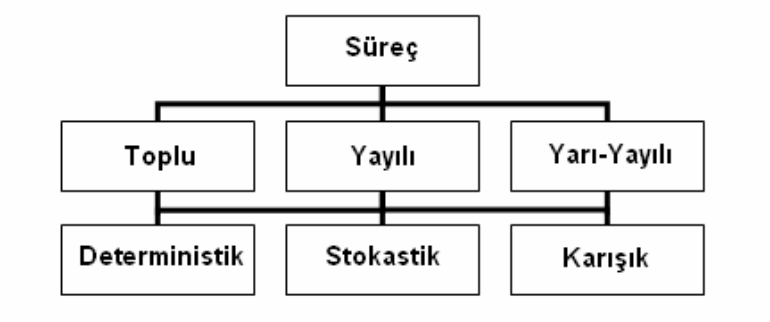
$$y(s,t) = f\left[x(s,t)\right] + \varepsilon(x,t) \qquad \textbf{(2.1)}$$

şeklindedir. Burada, y ve x sırası ile model çıktı ve girdisi, ε ise modelin rastgele karakterini yansıtan bileşendir. Bunların üçü de hem konum (s) hem de zaman (t) ile değişebilmektedir. Hidrolojik sistemlerin rastgele karakterde olmaları önemli bir konu olmakla birlikte bazan modelde kullanılan sistemlerde bu rastgelelik dikkate alınmaz. Bu durumda (2.1) denklemi

$$y(s,t) = f\left[x(s,t)\right] \qquad \textbf{(2.2)}$$

şeklini alır. Yani aynı bir girdinin daima aynı çıktıyı oluşturduğu kabul edilir. Bu esasa göre kurulan bir model deterministik yapıdadır. Stokastik bir modelde ise çıktılar rastgele karakterdedir. Deterministik ve stokastik modeller toplu (ortalanmış) veya yayılı olabilirler. Toplu bir modelde model çıktısı konumdan bağımsızdır, sadece havzanın çıkışındaki akım değerini verir. Yayılı modellerde ise havzada herhangi bir noktada çıktıyı belirleme şansı vardır, yani model konuma bağlı değişen çıktılar vermektedir. Bu model tipleri aynı zamanda zamanla değişen ya da zaman içinde sabit kalan çıktılar verme durumunda olabilirler. Bu tip modeller sıra ile kararsız ve kararlı model olarak adlandırılır. Aşağıda bu sınıflandırmanın detayı verilmiştir.

Havza benzeşim modellerini Şekil 2.1'de görüldüğü gibi sistem tanımı, ölçek ve çözüm tekniği açısından sınıflandırmak mümkündür (Singh, 1995; Özkul ve diğ., 2001).

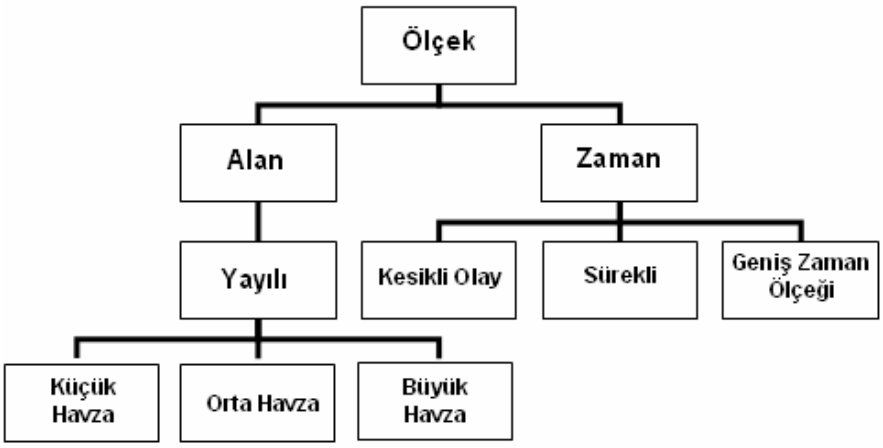


Şekil 2.1: Sistem tanımına göre havza modelleri

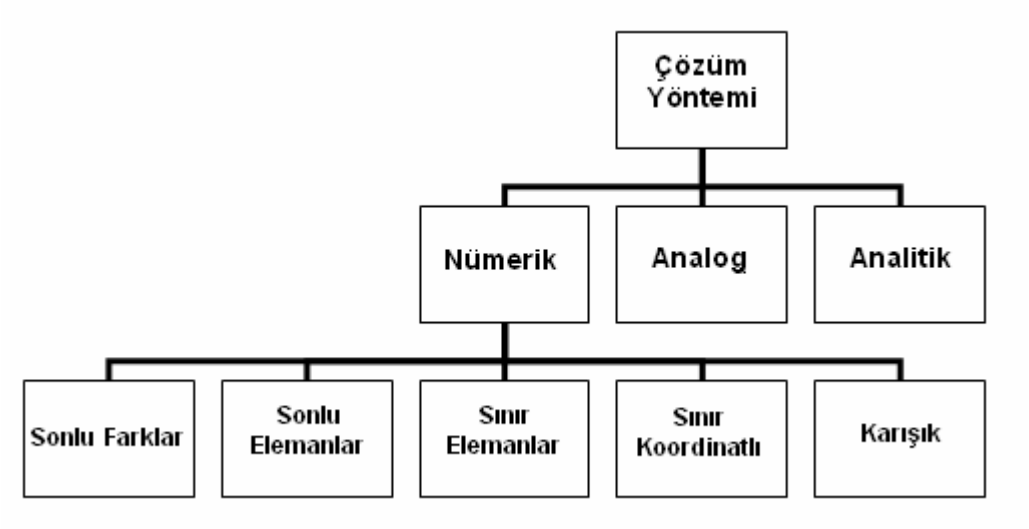
Toplu (ortalanmış) modellerde, yukarıda bahsedildiği gibi model bileşenlerinin alansal değişkenliği dikkate alınmaz. Yayılı modellerde ise bu değişkenlik gözönüne alınır. Kimi zaman alansal verilerin yetersizliği nedeniyle sadece çıktıyla doğrudan ilişkisi olan sistem süreçleri yayılı; diğer bileşenler ise toplu olarak ele alınır ki bu da karışık modellere bir örnektir.

Havza modellerinde seçilen zaman ölçeklerinden biri girdi ve model hesaplamalarında; diğeri ise çıktı ve model kalibrasyonunda esas alınan ölçektir. Modeller hesap aralığına göre sürekli ya da kesikli, günlük, aylık ya da yıllık olarak nitelendirilebilir (Şekil 3.2).

Alan ölçeğine göre modeller ise; küçük (< 100 km^2), orta (100-1000 km^2) ve büyük (>1000 km^2) havza modelleri olarak sınıflandırılırlar (Şekil 2.2). Modeller çözüm tekniklerine göre de Şekil 2.3'teki gibi nümerik (sayısal), analog veya analitik modeller olarak sınıfladırılır. Sayısal modeller ayrıca kullanılan çözüm şemasına göre alt sınıflandırmaya tabi tutulabilir.



Şekil 2.2: Alan ve zaman ölçeklerine göre havza modelleri



Şekil 2.3: Çözüm tekniklerine göre havza modelleri

Hidrolojik değişkenin incelendiği zaman aralığına göre yıllık, aylık, haftalık, günlük, saatlik olarak da ayrılabilen modeller ile ilgili detaylı bilgi ve eleştiriler Clarke (1973a,b; 1977), Lawrance ve Kottegoda (1977), Bayazıt (1979), Hipel (1993a,b), Lane (1993), Lettenmaier (1993), Marco (1993), Salas (1993), Salas ve Fernandez (1993) ve Yevjevich (1993a,b)'de bulunabilir.Son yıllarda özellikle kara kutu modeli olan Yapay Sinir Ağlarının su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanmasıyla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar yağış-akış ilişkisinin Y.S.A ile başarılı bir şekilde modellemişlerdir(Hsu ve Sorooshian (1995); Srinivasulu S, Jain A.(2006); Dawson CW., Wilby R (1998)). Ayrıca bazı araştırmacılar Y.S.A ile kurdukları modeller ile yağış rejimini sınıflandırıp; yağış değişimini karakterize etmeye çalışmışlardır ve oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Michaelides S. ve diğ. (2001); Freiwan M, Cığızoğlu H.K. (2005); Zhang M,ve diğ. (2003)). Bazı araştırmacılar (Cığızoğlu H.K. (2005)) ise geçmiş akım verilerini kullanarak İleriye Beslemeli Geriye Yayılımlı Sinir Ağı (İBGYSA) ve Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağı (GRSA) ile oluşturdukları matematiksel modelden elde ettikleri sonuçları istatistik ve stokastik metodlarla elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırdığında Y.S.A tabanlı metotların gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini saptamışlardır. Jain A., Indurthy SKVP (2003) San Antonio' da ki Salado akarsuyunun bulunduğu havza için oluşturduğu yağış-akış modelini deterministik, istatistik ve Y.S.A. metodu ile geliştirmiş, elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırarak gerçeğe en yakın tahmini Y.S.A tabanlı matematiksel modelin verdiğini saptamıştır. Toth E. ve diğ.(2000) gerçek zamanlı taşkın tahmini

yapabilmek için Y.S.A ve ARMA (Auto Regressive Moving Average) modellerini kurarak elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırmış ve en iyi tahmini Y.S.A tabanlı modelin verdiğini saptamıştır.

Ayrıca Bruton J.M.ve diğ. (2000) günlük tava buharlaşma miktarını elde etmek için Y.S.A modeli geliştirmiş ve gerçeğe oldukça yakın sonuçlar elde etmiştir. Bazı araştırmacılar (Nayak P.C. ve diğ. (2004)) bulanık mantıkla Y.S.A. metodunu birlikte kullanarak akım değerinin kestiriminde bulunmuşlardır. Mesela Keskin E. ve diğ. (2006) Y.S.A ile bulanık mantığı birlikte kullanarak akım tahmini için matematiksel model geliştirip bu modeli ARMA modeli ile karşılaştırmış ve Y.S.A tabanlı matematiksel modelin gerçeğe daha yakın sonuçlar elde ettiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca Anctil F., Tape D.G. (2004) dalgacık tekniği metodunu kullanarak elde ettiği yağış-akış modelinin sonuçlarını Y.S.A ile elde ettiği sonuçlarla karşılaştırmış, Y.S.A metodunun sonuçlarını gerçeğe daha yakın bulmuştur.Jain S.K.ve diğ. (1999) Hindistan'ın Orissa kentinde sulama ve hidroelektrik üretmek için kurulması düşünülen barajın işletme çalışması için önceden bilinmesi gereken hazne giriş akımlarını Y.S.A ve ARMA modellerinden elde ederek karşılaştırmış, Y.S.A modelinin gerçeğe en yakın tahminleri elde ettiğini saptamıştır.Cığızoğlu H.K. (2005) ise kurak devre akımlarının kestiriminde (GRSA) ile (İBGYSA) ve ARMA metodlarını birbirleriyle karşılaştırmış ve (GRSA) ile başarılı sonuçlar elde etmiştir. Sudheer K.P. ve diğ. (2003) akarsu havzasındaki akımı Y.S.A ile modelleyerek pik akımı tahmin etmeye çalışmış ve oldukça iyi sonuçlar elde etmiştir. Alp M. ve Cığızoğlu H.K. (2007) askı maddesi taşınımının önceden kestirilmesi hususunda iki farklı tabanlı Y.S.A metodu (İBGYSA, RTSA) geliştirip çok değişkenli regresyon modeli ile elde ettiği sonuçları karşılaştırdığında Y.S.A tabanlı modellerden gerçeğe daha yakın tahminler elde etmişlerdir.

Bazı araştırmacılar (Ranjithan ve diğ., 1993; Rogers ve Dowla, 1994 gibi) Y.S.A' ları değişik yeraltı suyu problemlerinde kullanmışlardır. Boogard ve diğ. (1998) otoregresif sinir ağlarını geliştirerek zaman serilerinin lineer olmayan analizinde ve modellenmesinde uygulamışlardır. Ayrıca Y.S.A' lar birim hidrograf elde edilmesinde (Lange, 1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998), kanalizasyon akımlarının tahmininde (Djebbar ve Alila, 1998) de olumlu sonuçlar vermiştir. Riad ve diğ. (2004) yarı kurak havzaların akım değerlerinin tahmininde Y.S.A tabanlı modeller kullanmışlardır.

3 YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

3.1 Genel Bilgi

Mühendislik ve teknoloji uygulamalarında incelen olayın modelinin yapılarak davranış biçiminin saptanması yoluna gidilir. Bu iş en iyi insan beyni tarafından yapıldığı için beyin çalışma sisteminden esinlenerek ortaya atılan paralel işlemli modelleme yöntemlerine Yapay Sinir Ağları (YSA) denilmiştir. İnsan beyinin ve dokusunun incelenmesi neticesinde gelen bilgilerin beyindeki sinir hücrelerinde paralel olarak işlendiği ortaya çıkmıştır. Netice olarak günümüz bilgisayarları insan beyninden daha hızlı çalışmasına rağmen insan beynindeki sinirlerde bulunan paralel veri işleme yeteneğiyle eksik bilgi ile görme, tanıma, konuşma, hata düzeltme gibi işlemlerde, insan beyni daha verimli ve isabetli sonuçlar ortaya koymaktadır. Sinir sisteminin modellenmesi sonucu ortaya çıkan YSA paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sistemi özelliğini göstermektedir. Bilgi işlem süreci olarak da tanımlayabileceğimiz YSA; verilen girdilere karşı çıktılar üreten ayrıntılı bir kara kutu modeli olarak da nitelendirilebilir. YSA; bilgi akışını aksonlar yardımıyla sağlayan bir grup sinir hücresinin meydana getirdiği sinir sisteminin bir benzeri olarak tanımlanmakla birlikte yinelenebilir (adaptif) olan basit elemanların yoğun bir şekilde paralel bağlanmasıyla ortaya çıkan ağlar olarak da tanımlanmıştır. (Kohonen, 1988; Kung, 1993).

YSA üzerinde ilk çalışma 1943 yılında McCullogh ve Pitts (1943) tarafından yapay sinir tanımı yapılarak hücre modeli ortaya konmuştur. Yapılan bu çalışmada sinir hücreleri sabit eşik değerli mantıksal elemanlar olarak modellenmiştir. Daha sonraki yıllarda ise insan öğrenme sürecini modelleme üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır ve Hebb(1949) YSA' daki öğrenme kuralı için başlangıç sayılabilecek bir kuralı geliştirmiştir. Bu öğrenme kuralı o dönemde bir sinir ağının öğrenme işini nasıl gerçekleştirebileceği konusunda fikir vermekle birlikte bugün hala geçerli olan öğrenme kurallarından birçoğunun da temelini teşkil etmiştir.

Daha sonraki yıllarda ise Rosenblatt (1958) tekli doğrusal algılayıcı (TDA) (perceptron) modeli ve öğrenme kuralı ile bugünkü makine öğrenme algoritmasının

temelini atmış oldu. TDA karmaşık yinelemeli davranışlarda kullanılabilen öğrenme makinesi olup doğrusal çok boyutlu düzlemsel problemleri çözebildiği halde doğrusal olmayan sorunlara bir çözüm getirememiştir. Sonraki yılda ise Widrow ve Hoff (1960) tarafından Widrow-Hoff öğrenme kuralı ortaya atılarak eğitim boyunca toplam hatayı en aza indirme çalışmaları yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda Hopfield (1982) tarafından eğrisel (doğrusal olmayan) ağların geliştirilmesi, Kohonen(1982) ve Anderson (1983) tarafından yapılan çalışmalar neticesinde öğretmensiz öğrenen ağların geliştirilmesi ve Rumelhart ve diğ. (1986) tarafından çok algılayıcı ağlar için 'geriye yayılma' olarak adlandırılan bir eğitme algoritmasının geliştirilmesi neticesinde bilim adamlarının YSA ile olan alakaları artmış ve literatürde bugüne kadar YSA tabanlı birçok modelleme çalışması yapılmıştır.

Netice olarak Yapay Sinir Ağları; modellenmesi gereken olayların örneklerine bakmakta, ilgili olay hakkında gelen verilere bağlı olarak belli ağırlık katsayıları atayıp genellemeler yapmakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir. Temel olarak YSA şu özelliklere sahiptir;

Doğrusal olmama ki YSA' nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir ve dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana YSA model yapısı da doğrusal olmamaktadır ve bu özellik tüm ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde etkili bir yaklaşım olmuştur.

Öğrenme; ki YSA' nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve bağlantılar arasındaki ağırlık katsayıları önceden verilemez yada tasarlanamaz. YSA' nın gerçeğe daha yakın sonuçlar üretebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlık katsayılarına sahip olması gerektiğini ifade eder. Bu ancak istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemden aldığı eğitim örneklerini kullanarak mümkün olur.

Genelleme ki YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

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

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

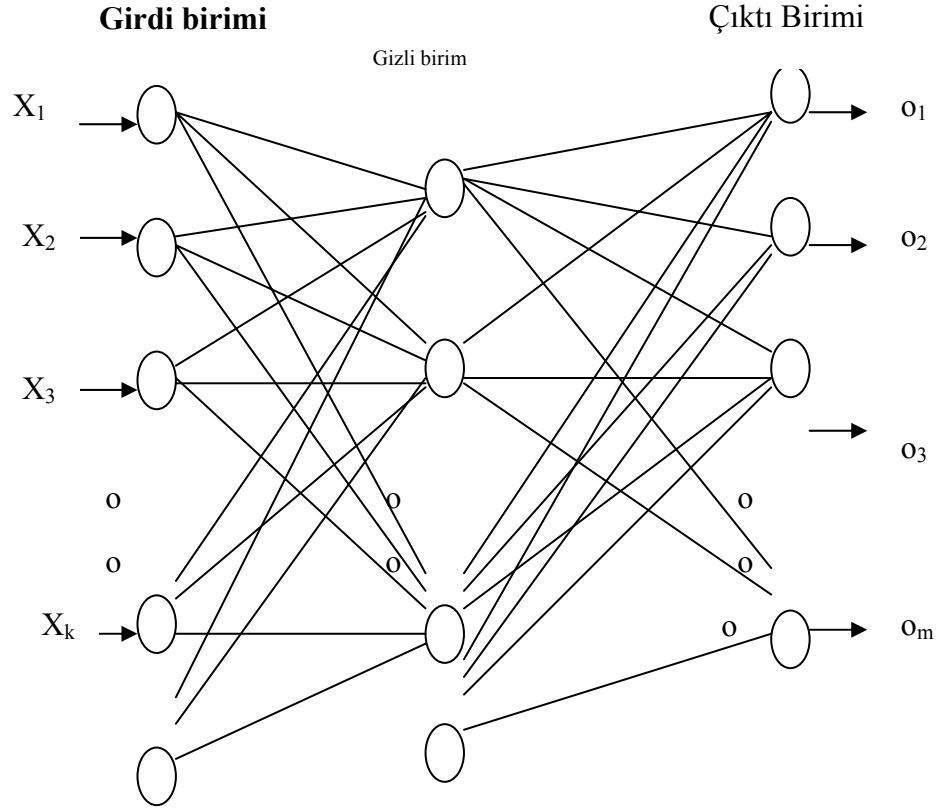
3.2 Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Metotları

3.2.1 İleriye Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağları (İBGYSA)

Bu yapay sinir ağı metodunda girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim bir çok nörondan oluşmakta olup birimler aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadırlar. Bağlanma şekli ve her kısımdaki nöron sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki nöronlar arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Nöronlar girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. İleriye doğru beslemeli geriye yayılım algoritması iki etaptan oluşmaktadır: çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi nöronlarındaki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı ile çıktı birimindeki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı (Eberhart and Dobbins, 1990).

Bir eğitim sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler olarak atanmaktadırlar. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarı ile tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci sonucunda ölçülmüş değer ile YSA modelinin ürettiği değer arasındaki fark belli bir değere vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar. Yeni bir girdi grubu sunulduğunda, ileriye doğru besleme ile yapay sinir ağının bağlantı kuvvetlerindeki öğrenilmiş ve saklanan bilgi sayesinde bir çıktı grubu

elde edilir. Bir girdi, bir gizli ve bir çıktı biriminden oluşan üç birimli bir öğrenme ağı Şekil 1'de gösterilmiştir. Her birinin girdi nöronlarında x_i, i=1,….,k girdi değerleri, çıktı nöronlarında da T_n, n =1, .., m çıktı değerleri kümesi bulunan toplam N adet girdi grubu bulunmaktadır. Girdi değerleri gizli nöronlardaki ilk ara bağlantı ağırlıkları, w_{ij}, j=1,…,h, ile çarpılmakta ve sonuçlar i indeksi boyunca toplanmakta ve gizli birimlerin girdileri olmaktadırlar, örneğin:



Şekil 3.1: İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağlarının(İBGYSA) Yapısı

$$H_j = \sum_{i=1}^{k} w_{ij} x_i \quad j=1, \ldots\ldots\ldots\ldots h \qquad \textbf{(3.1)}$$

burada H_j , j gizli nodunun girdisi, w_{ij} , ise i nöronundan j nöronuna doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli nöron bir aktivasyon fonksiyonu ile ki genellikle türevi alınabilir bir fonksiyon olması bakımından tercih edilen sigmoid fonksiyonu yardımı ile bir gizli nöron çıktısı, HO_j, oluşturmaktadır. HO_j şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1+\exp\left[-\left(H_j + \theta_j\right)\right]} \qquad \textbf{(3.2)}$$

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

$$IO_n = \sum_{j=1}^{h} w_{jn} HO_{jn} \qquad n=1,\ldots\ldots..m \qquad \textbf{(3.3)}$$

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

$$e_p = \sum_{n=1}^{m} \left(T_n - O_n\right)^2 \qquad \textbf{(3.4)}$$

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

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^{N} \sum_{n=1}^{m} \left(T_{pn} - O_{pn}\right)^2 \qquad \textbf{(3.5)}$$

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

$$\delta_n = O_n (1-O_n) (T_n-O_n) \qquad \textbf{(3.6)}$$

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

$$\delta_j = HO_j(1-HO_j) \sum_{n=1}^{m} \delta_n w_{jn} \qquad \textbf{(3.7)}$$

Hata gradyanları daha sonra ağ ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta w_{ij} (r) = \eta \delta_j x_i \qquad \textbf{(3.8)}$$

$$w_{ij} (r+1)= w_{ji}(r)+ \Delta w_{ji} (r) \qquad \textbf{(3.9)}$$

n'inci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

$$\Delta w_{ji} (r)= = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji} (r-1) \qquad \textbf{(3.10)}$$

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

3.2.2 Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)

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

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

$$F(x) = \sum_{s=1}^{N} w_s \phi\left(\left\| x - x^s \right\|\right) + p(x) \qquad \textbf{(3.11)}$$

Bu denklemde $\|\cdot\|$ öklid normu, w_1, ..., w_N reel sayılar, ϕ gerçek değişkenli bir fonksiyon , " $p \in \prod_n^d$ "ise en fazla n. derecede olabilen d sayıda değişkeni olan bir polinomdur. Bu enterpolasyon probleminde amaç w_1, ..., w_N değişkenlerini bulmak ve " $p = \sum_{l=1}^{D} a_1 p_j$ " polinom terimini elde etmektir.

Bu polinomda "$\prod_n^d$ " a standart temel ve a_1, ..., a_D sayıları da reel katsayılardır. Enterpolasyon şartları şunlardır:

$$F\left(x^s\right) = y^s, \quad s = 1,...,N \qquad \textbf{(3.12)}$$

$$\sum_{s=1}^{N} w_s p_j\left(x^s\right) = 0, \quad j = 1,...,D \qquad \textbf{(3.13)}$$

Eğer veri noktalarından herhangi birisi için enterpolasyon problemi tek çözümlü ise ϕ fonksiyonu Radyal Tabanlı Fonksiyon olarak tanımlanır. Bu durumlarda denklem (1.1)'deki polinomun terimleri ihmal edilebilir ve denklem (1.2) deki terimler ile toplandığında aşağıdaki denklem (1.4) meydana gelir.

$$\phi w = y \tag{3.14}$$

Bu denklemde w = (w_1, …, w_N), y = (y^1, …, y^N), ve ϕ de NxN bir matristir. Bu matris şöyle tanımlanabilir:

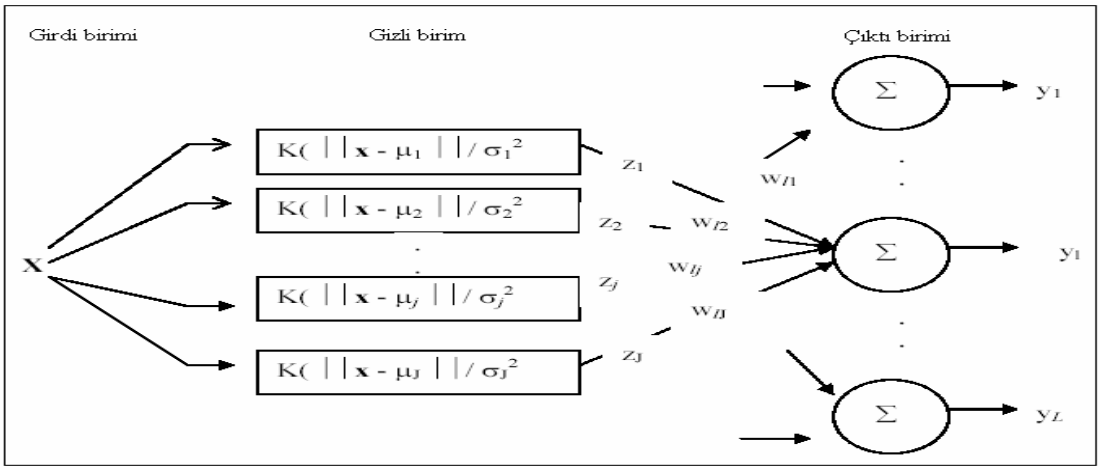
$$\phi = \left(\phi\left(\left\| x^k - x^s \right\|\right)\right)_{k,s=1,\ldots,N} \tag{3.15}$$

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

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

$$\phi\left(\left\| x - c \right\|\right) = e^{-\left(\|x-c\|/2\sigma^2\right)} \tag{3.16}$$

bu fonksiyonun $c \in R^d$ merkezinde en yüksek değeri alır ve merkezden uzaklaştıkça değeri küçülür.Radyal Tabanlı Fonksiyonların enterpolasyonunda kesin çözüm her (x^s,y^s) veri noktası için vardır. Normal şartlarda enterpolasyon probleminin kesin çözümü verilen noktalar arasında salınım yapan sıradan bir fonksiyondur. Kesin enterpolasyon prosedüründe karşılaşılan bir başka problem de şudur ki temel fonksiyonların sayısı veri noktalarının sayısına eşit olmakta ve bu nedenle ϕ NxN matrisinin tersini hesaplamak pratikte çok zor olmaktadır.Radyal Tabanlı Fonksiyonlar yöntemi üç tabakadan oluşan bir yapay sinir ağları metodudur (Şekil 3.2).Girdi tabakası şebekeye giren verilerin yer aldığı tabakadır. Gizli hücre tabakasında ise nöronlar yer alır. Burada temel fonksiyonların çıktıları hesaplanır. Saklı tabaka parametreleri kümeleme işlemleri ile ağırlıklarda başlangıçta rastgele küçük sayıların atanmasıyla elde edilir. Çıktı tabakasında ise temel fonksiyonlar arasında lineer bir bağıntı veya kombinasyon bulunmaya çalışılır.



Şekil 3.2: Radyal tabanlı fonksiyonlara dayalı yapay sinir ağlarında girdi, gizli ve çıktı birimleri.

3.2.3 Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı (GRYSA)

Genelleştirilmiş regresyon sinir ağı; geriye yayınım metodunda olduğu gibi bir iteratif eğitim prosedürü gerektirmemektedir. GRYSA, eğitim verisini kullanarak girdi ve çıktı vektörleri arasındaki herhangi bir fonksiyonu tahmin etmektedir. Eğitim seti genişledikçe tahmin hatası sıfıra iner. GRYSA tıpkı standart regresyon tekniklerinde olduğu gibi sürekli değişkenlerin tahmini için kullanılmaktadır.

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

f(x,y) ortak olasılık yoğunluk fonksiyonunun bilinmesi durumunda, bağımsız x değişkenine göre bağımlı y değişkeninin regresyonu;

$$E[y|X] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(X,y) dy}{\int_{-\infty}^{\infty} f(X,y) dy} \qquad \textbf{(3.17)}$$

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

$$\hat{f}(X,Y)= \frac{1}{(2\pi)^{(p+1)/2}\, s^{(p+1)}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \exp\left[-\frac{(X-X^i)^T (X-X^i)}{2s^2} \right] \exp\left[-\frac{(Y-Y^i)^2}{2s^2} \right] \quad \textbf{(3.18)}$$

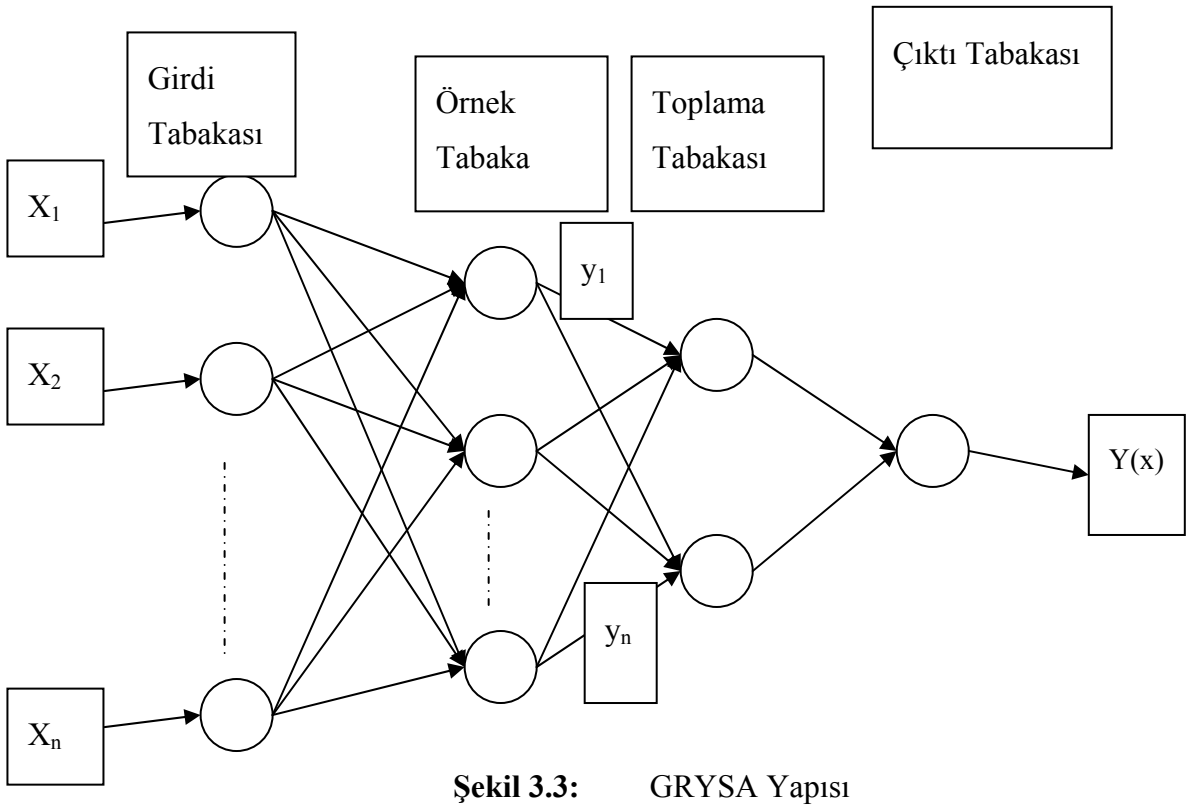
Bu denklemde p, x vektörünün boyutu, n, gözlenen veri sayısı, S ise düzeltme parametresidir. D_i^2 bir skaler fonksiyon olmak üzere;

$$D_i^2 = (X-X^i)^T (X-X^i) \quad \textbf{(3.19)}$$

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

$$\hat{Y}(X) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y^i \exp\left(-\frac{D_i^2}{2s^2} \right)}{\sum_{i=1}^{n} \exp\left(-\frac{D_i^2}{2s^2} \right)} \quad \textbf{(3.20)}$$

şeklinde bulunur.GRYSA'nın yapısı Şekil 3.3'te verilmiştir.

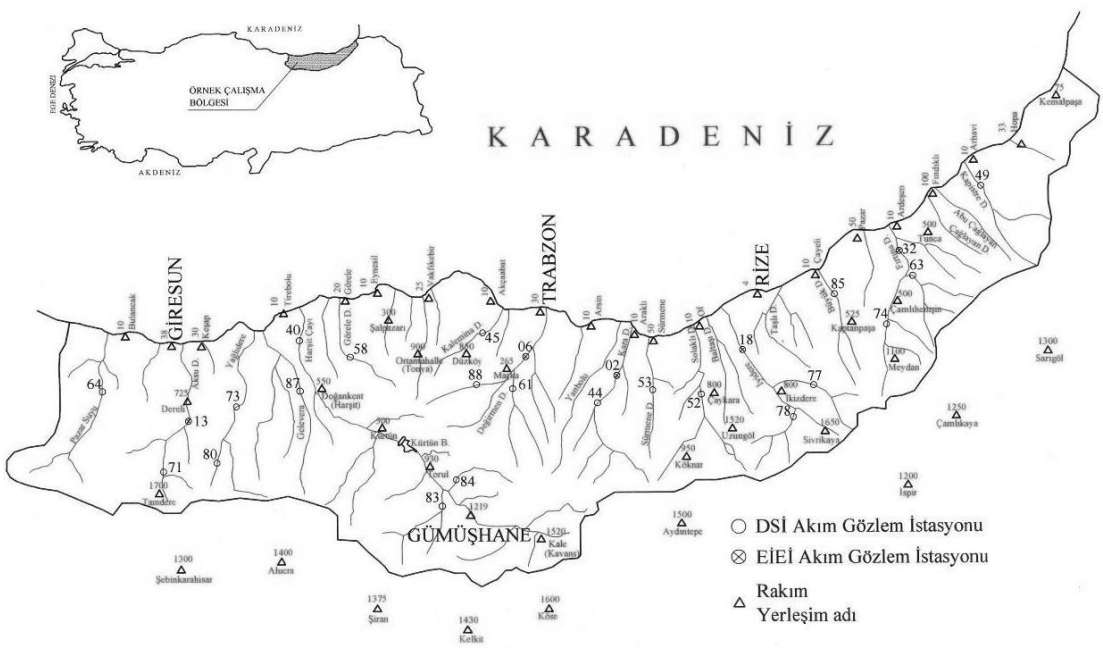


Şekil 3.3: GRYSA Yapısı

4 YAĞIŞ-AKIŞ MODELİ KURULACAK HAVZANIN TANIMI

4.1 Doğu Karadeniz Havzası

Doğu Karadeniz Havzası; batıda Ordu il sınırı, doğuda Gürcistan sınırı, güneyde ise Doğu Karadeniz dağ silsilesi ve kuzeyde Karadeniz ile sınırlanan Türkiye'nin kuzeydoğu bölgesini oluşturur. Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye' deki 26 akarsu havzasından birisidir. Havza; Melet Çayı, Harşit Çayı, Karadere, Solaklı Deresi, Fırtına deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşur. Doğu Karadeniz Havzası her yıl ortalama olarak yaklaşık 2000-2500 mm yağış alan bölge olarak Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir. (http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm). Şekil 4.1' de proje çalışma bölgesi gösterilmiştir.

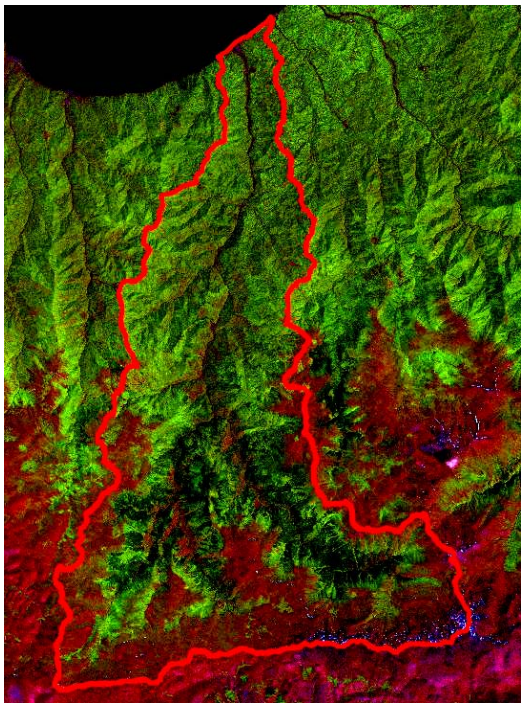


Şekil 4.1: Doğu Karadeniz Bölgesi AGİ Bulduru Haritası

Bu çalışmada "Akım Ölçümü Olmayan Havzaların Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi" adlı TÜBİTAK projesine paralel olarak Doğu Karadeniz Havzası'nın kuzeydoğusunda bulunan Solaklı Vadisi üzerinde meteorolojik ve hidrolojik ölçümleri eksik olan akarsu bölgelerinin zaman serileri elde edilmeye çalışılmış ve

farklı YSA metotları kullanılarak havzanın matematiksel olarak yağış-akış modeli elde edilmeye çalışılmıştır.

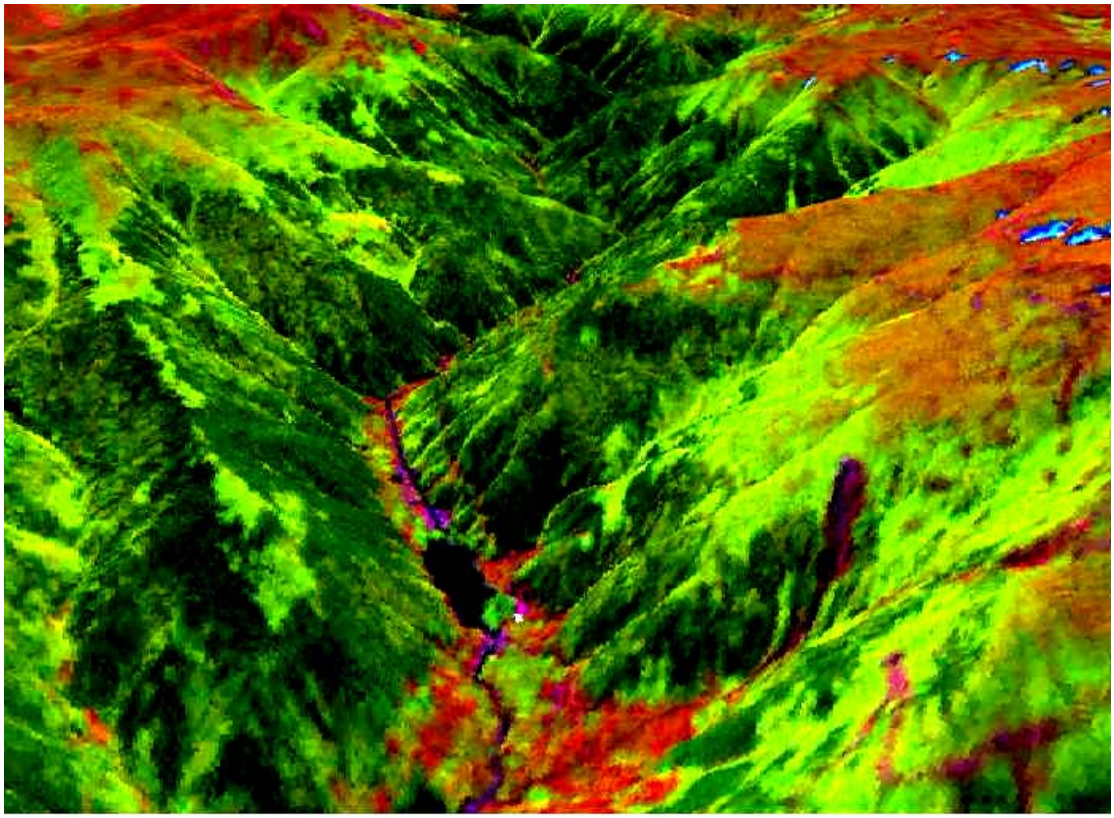
Havzanın Uzaktan Algılama (UA) Yöntemleri kullanılarak uzaydan uydu fotoğrafları çekilmiş olup, bu çalışma kapsamında ileriki safhalarda insansız uçakların haritalama çalışmaları için kullanılması düşünülmektedir. Hidrolojik çalışmalarda su toplama havzalarının alanları ve arazi eğim durumu çok önemlidir. Bu ise arazinin topoğrafik yapısının sayısal olarak hassas şekilde belirlenmesi ile elde edilir. Proje alanı oldukça yüksek eğim değerlerine sahip havza alanları ve çok yoğun orman ve bitki türünü bünyesinde barındırmaktadır. Böylesi karmaşık yüzey yapısına sahip ve geniş alanlarda 1:1.000 ya da 1:5.000 ölçekli verilerin yersel klasik ölçümlerle elde edilmesi hem çok pahalı hem de yıllar sürecek bir zaman gerektirmektedir. Bu nedenle günümüzde yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanılması ile oluşturulacak sayısal yükseklik modelleri(SYM), arazi kullanım haritaları ekonomik ve hızlı çözümler sunmaktadır (Coşkun, H.G.ve Algancı, U**.,** 2007). Şekil 4.2'de Solaklı Havzasının uzaydan uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2: Solaklı Deresi Havza sınırlarını kapsayan, 14.25 metre geometrik çözümlemeli Amerikan NASA tarafından yörüngesine yerleştirilmiş olan LANDSAT 7 ETM uydu görüntüsü (10.07.2000- Bant 5/4/3) ile oluşturulmuş bölgenin renkli görüntüsü

Öncelikli santral yeri olarak ele alınan Uzungöl ve civarının uydu verileri ile oluşturulan görüntüsü şekil 4.3'de verilmiştir.

İlk olarak Tüm Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde bulunan gözlem istasyonları genel olarak incelenecek, daha sonraki safhada ise bölgesel olarak Solaklı Vadisi üzerinde incelemeye ağırlık verilecektir.Bu proje kapsamında ilk yaklaşım olarak 50 farklı akarsu noktası için santral yeri düşünülmüş, öncelikli olarak ise Uzungöl civarında bir santral düşünülerek, bu kol üzerindeki akım modeli elde edilmeye çalışılmıştır. Diğer muhtemel santral yerleri için bu projenin ilerleyen safhalarında çalışmalara devam edilecektir. Santral kurulması düşünülen bu noktalardaki akımı elde etmek için matematiksel modeller kurulmuştur.

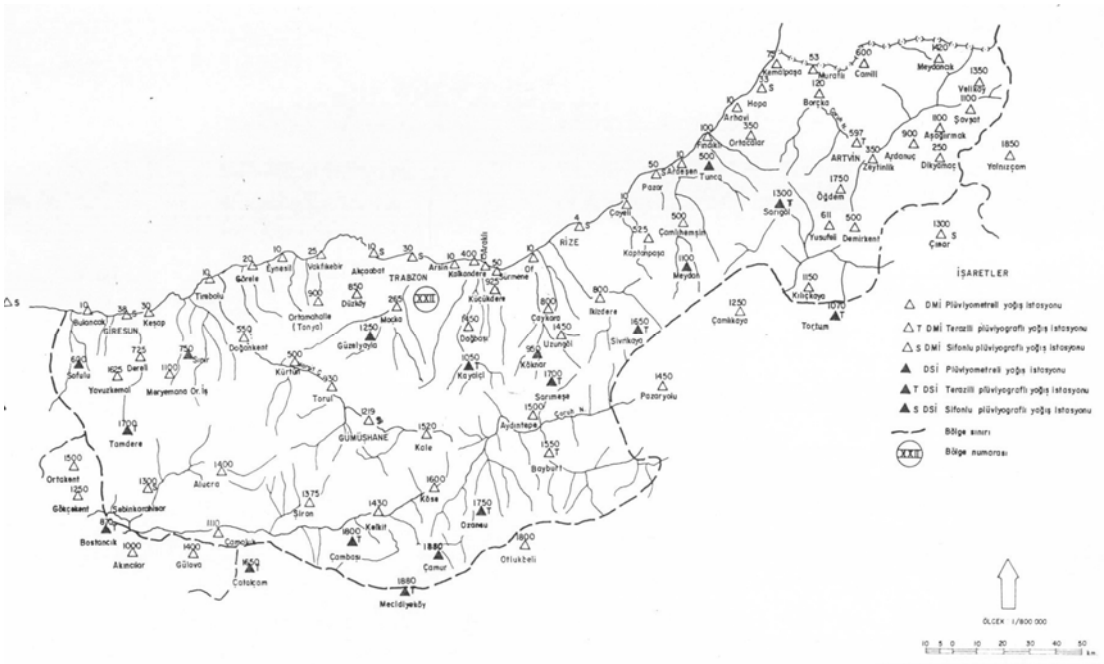


Şekil 4.3: Solaklı Deresi Havza sınırlarını içine alan, Uzungöl ve civarının uydu verileri ile oluşturulan perspektif görünümü

Solaklı Havzası üzerindeki bazı gözlem değerleri eksik olduğu veya hiç olmadığı için bunların kesiksiz hale getirilmeleri Solaklı Havzası üzerindeki gözlem istasyonlarıyla mümkün olmamaktadır. Bu verileri kesiksiz hale getirmek için Solaklı Vadisine çok yakın olan ve Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde bulunan gözlem istasyonlarından yararlanılmış olup; toplanan veriler neticesinde kurulan regresyon denklemleri ile veriler sürekli hale getirilmiştir.

4.2 Hidrometeorolojik Verilerin Toplanması

İlk yaklaşım olarak DSİ'ye ait olan Doğu Karadeniz Havzasına ait hidrometeorolojik istasyon bulduru haritası Şekil 4.4'de verilmiş olup bu haritalardan faydalanılarak meteoroloji gözlem istasyonlarının konumu tesbit edilmiştir. Öncelikle Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde bulunan tüm gözlem istasyonları bölgesel olarak incelenecek, daha sonraki safhada ise havza bazında Solaklı Vadisi üzerindeki gözlem istasyonlarının değerlendirilmesine ağırlık verilecektir.



Şekil 4.4: Doğu Karadeniz Havzası Hidrometeorolojik Gözlem İstasyonları Bulduru Haritası

4.2.1 Ölçüm İstasyonları

Doğu Karadeniz Bölgesindeki meteoroloji gözlem istasyonları ve bu istasyonları işleten kurumlar, açılış tarihleri, rasat süreleri, istasyon kotları, günlük ve aylık olmak üzere maksimum yağışları ve toplam yağışları ve diğer meteorolojik bilgileri Tablo 4.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.1: Karadeniz Bölgesindeki Bazı Meteoroloji Ölçüm İstasyonları

İSTASYON NO	METEOROLOJİ İSTASYONLARI	İŞLETEN KURUM	AÇILIŞ TARİHİ	RASAT SÜRESİ (YIL)	İSTASYON KOTU (m)	METEOROLOJİK ELEMANLAR													
						GÜNLÜK MAX. YAĞIŞ	AYLIK TOPLAM YAĞIŞ	AKTUEL BASINÇ	TOPRAK SICAKLIĞI	NİSBİ NEM	GÜNEŞLENME MÜDDETİ	ORTALAMA SICAKLIK	EN YÜKSEK SICAKLIK	EN DÜŞÜK SICAKLIK	BUHARLAŞMA	ORTALAMA BULUTLULUK	RÜZGAR ŞİDDETİ	RÜZGAR YÖNÜ	BUHAR BASINCI
1801	ÇAYKARA	DMİ	1957	38	280	+	+												
22-016	KÖKNAR	DSİ	1980	17	950	+	+												
1962	UZUNGÖL	DMİ	1968	32	1090	+	+												
17037	TRABZON	DMİ	1929	77	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1472	ARAKLI	DMİ	1963		10	+	+												
1475	OF	DMİ	1951		10	+	+												
1630	KÜÇÜKDERE	DMİ	1969		925	+	+												
1787	DAĞBAŞI	DMİ	1968		1450	+	+												
1803	İKİZDERE	DMİ	1954		800	+	+												
17040	RİZE	DMİ	1930		4	+	+												
17042	HOPA	DMİ	1938		33	+	+												
17045	ARTVİN	DMİ	1930		597	+	+												
17088	GÜMÜŞHANE	DMİ	1931		1219	+	+												
17626	AKÇAABAT	DMİ	1950		10	+	+												
17628	PAZAR RİZE	DMİ	1950		50	+	+												
17686	BAYBURT	DMİ	1930		1550	+	+												
22-003	SİVRİKAYA	DSİ	1977		1650	+	+												
22-011	KAYAİÇİ	DSİ	1978		1050	+	+												
22-013	MEYDAN	DSİ	1980		1100	+	+												
22-017	GÜZELYAYLA	DSİ	1980		1250	+	+												

4.2.2 Bölgesel Veriler

Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinde 22 adet AGİ ve 20 adet meteoroloji gözlem istasyonu olmak üzere toplam 42 adet gözlem istasyonu mevcuttur. Bu gözlem istasyonlarının 16 adedi DSİ, 10 adedi EİE ve 16 adedi DMİ tarafından işletilmekte olup bu istasyonların bir kısmı tamamen kapatılmış, bir kısmı yer değiştirmiş, bir kısmının ise ölçümleri eksik yapılmıştır. Bölgeye ait yağış, sıcaklık, nem, buharlaşma, basınç ve akım verileri ayrıntılı olarak incelenerek tablolaştırılmıştır.

4.2.2.1 Yağış

DSİ ve DMİ den alınan verilerin incelenmesiyle havzamızda; 4 adet DSİ ve 16 adet DMİ olmak üzere toplam 20 adet yağış gözlemi yapan istasyon saptanmıştır. Bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.1'de verilmiştir.

4.2.2.2 Sıcaklık

DMİ den alınan verilerle tüm havzada toplam 13 adet meteoroloji gözlem istasyonunda sıcaklık değerleri mevcuttur. Verisi olan tüm istasyonlar DMİ ye aittir ve aylık ort. sıcaklık şeklinde ölçülmüştür.Bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.2'de verilmiştir.

4.2.2.3 Nem

DMİ den alınan verilerle tüm havzada toplam 13 adet meteoroloji gözlem istasyonunda aylık ortalama nisbi nem değerleri mevcuttur. Sıcaklık gözlemi yapan DMİ istasyonları aynı zamanda nem gözlemi yaptıkları için yukarıdaki sıcaklık gözlem periyotlarının uzunlukları aynı şekilde nem gözlem ölçüm periyotları içinde geçerlidir. Bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.3'de verilmiştir.

4.2.2.4 Buharlaşmalar

Havzaya ait 3 adet DSİ, 4 adet DMİ olmak üzere 7 adet gözlem istasyonunda aylık ortalama buharlaşmalar ölçülmüştür.Bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.4'de verilmiştir.

4.2.2.5 Basınç

Havzaya ait 1 adet DSİ ve 6 adet DMİ olmak üzere toplam 7 adet gözlem istasyonunda aylık ortalama basınç değerleri ölçülmüştür.Bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.5'de verilmiştir.

4.2.2.6 Akım

Havza üzerinde 10 adet EİE ve 16 adet DSİ olmak üzere toplam 26 adet AGİ bulunmaktadır. Genel itibariyle bu istasyonların gözlem yılları Tablo A.6'de verilmiştir.

4.3 Solaklı Vadisi

Proje sahası, ülkemizin kuzeyinde, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisindeki Solaklı havzasıdır. Proje alanı Trabzon G 44, ve H44 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalarda yer almakta ve 13 paftayı içermektedir.

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

Trabzon ili doğuda Rize, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, batıda Giresun illeri, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. Trabzon topraklarının %30'u dağlık %60'ı kıyıdan içeriye doğru gittikçe yükselen ve ortalama 25-30 metre arası değişen bir eğim gösteren alanlar biçimindedir. Ancak %10'u düzlük olan il toprakları genellikle engebelidir. İl topraklarının güneyinde uzanan dağlar, vadilerle yarılmış sırtlar halinde Karadeniz kıyısına kadar ulaşmakta ve yer yer 2000 metreyi de aşmaktadır. İl sınırları içinde Haldizen (3376), Kemer (2.856 m), Kastan (2.500 m.), Çakırgöl (3.063 m.), Zigana (2.536 m.), ve Horos (2.396 m.) dağları yer alır.

Proje alanının güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Haldizen ve Soğanlı dağları sınırlar. Yer yer 3 bin metreyi aşan bu dağların yüksek kesimleri doğal sınırı oluşturur. Havzanın en yüksek noktası güneydoğudaki Haldizen dağında 3376 m Demirkapı Tepesidir. Havza sularını toplayan başlıca akarsu Solaklı Çayıdır. Fazla yağış, gevşek ve kaygan arazi yapısı ve akarsuların derin biçimde yardığı bazı dik yamaçlardaki cılız bitki örtüsü ilin çeşitli yörelerinde zaman zaman can ve mal kaybına yol açan sel ve heyelanlara neden olur.

Solaklı havzası üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelir. Bular Kuzeyden başlayarak Of, Dernekpazarı ve Çaykara'dır. Bunların içinde güneydeki Çaykara en genişidir.

Çaykara İlçesi, Karadeniz Bölgesinin doğu bölümünde, Trabzon İlinin Güneydoğusunda, 40.33- 40.55 kuzey enlemleri ile 40.15-40.30 doğu boylamları arasında yer alır. İlçenin doğusunda Rize ilinin İkizdere İlçesi, güneyde Bayburt İli, Batıda Sürmene İlçesi, Kuzeyde Dernekpazarı İlçesi, kuzey doğusunda Of İlçesi ile çevrilmiştir. Trabzon iline 75 km uzaklıktadır. İlçe merkezi denizden 280 m

yükseklikte ve 25 km içeridedir. Of ilçesinden Bayburt ili İstikametine uzanan vadinin içinde kurulmuştur. Solaklı Çayı'nın yatağı dar olduğundan, bu çayın kenarında bulunan Çaykara İlçesi'nin yerleşim alanı da dardır.

4.3.1 Solaklı Vadisinin İklimi Ve Bitki Örtüsü

Trabzon İlinde, yumuşak bir deniz iklimi hakimdir. En sıcak ay ortalaması 23 C (Ağustos), en soğuk ay (Şubat) ortalaması 7 C dir. Ortalama yağış miktarı metrekareye 830 mm. dir. Yılda 51 gün açık, 174 gün parçalı bulutlu ve 140 gün de kapalı olarak geçmektedir.

Doğu Karadeniz sıradağlarına bağlı kıyı dağlarının yüksek kesimlerinden Karadeniz kıyısına kadar uzanan Trabzon ilinin doğal bitki örtüsü, doğu ve batı da komşusu olan iller gibi çok zengindir. Kuzeye bakan kesimleri bol yağış alan bu dağlar kızılağaç, gürgen, kestane, kayın, köknar ve ladinden oluşan yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. İlin güneydoğusundaki Haldizen Dağı'nın Güneye bakan yamaçlarında ise sarıçam ormanları vardır. Ormanın üst sınırının geçtiği 2000-2100 metre yükseklikten sonra rastlanan alp tipi Sultanmurat gibi çayırlarla kaplı yaylalar yer alır. Trabzon İlinde ormanlık alan 176 055 ha olup, il arazisinin % 38'ini; çayır ve mera alanı ise 111 628 ha olup, il arazisinin %24'ünü oluşturmaktadır.

Çaykara İlçesinde, Ilıman serin iklimi göstermekle birlikte ortalama sıcaklıklar sahil kesiminden 4 -7 C daha düşük düzeyde seyretmektedir. Ayrıca çok yüksek kesimlerde (dağ köyleri ve yaylalarda) geçiş iklimi görülmektedir. İlçe arazisi doğu Karadeniz sıradağlarının eteklerinde ve yamaçlarında yer alması nedeniyle yılın büyük bir bölümü sisli ve yağışlı geçmektedir.

Havzada hemen hemen bütün mevsimlerde yağışın görülmesi, bitki örtüsünün gür ormanlarla kaplı olmasına neden olmuştur. 900 m yüksekliğe kadar nemi seven geniş yapraklı (kayın, gürgen, meşe, çam, sarıçam kızılağaç, kestane, ceviz ve çeşitli meyve ağaçları), 900-1300 m arası ise iğne yapraklı ile kayın karışık ormanlar, 1300-2200 m ye kadar iğne yapraklı (karaçam- köknar gibi) ağaçlar mevcuttur. Genellikle ağaç türleri ilçe merkezinden yukarıya doğru kestane, kızılağaç, gürgen, ladin, kayın, sarıçam, köknar, akağaç, saf ve karışık meşeler yer alır. İlçe genelinde ormanın üst sınırı Demirkapı'da 2200m ye ulaşır. Havzada mevcut ormanlar özellikle Uzungöl yöresinin ormanlarıdır.

4.3.2 Su Kaynakları

Projenin yeri, Doğu Karadeniz havzasının bir bölümünü teşkil eden Solaklı Havzası olup genellikle nemli, yağışlı ve ılıman iklim kuşağındadır. Havzada genellikle Karadeniz iklimi hakimdir. Yöre, yurdumuzun en fazla yağış alan kesimini teşkil eder. Solaklı Deresi havzasının coğrafi konumu nedeni ile iklim özellikleri, genellikle Karadeniz iklimi tesiri altında olmasına rağmen havzanın üst kısımlarına gidildikçe Karadeniz ikliminden uzaklaşılır.

İç kesimlere gidildikçe yağış miktarı azalır. Bunda en büyük etken kıyıya paralel uzanan dağların yağışı kesmesi iç kısımlara ulaşmasını önler.

4.3.3 Havza Verileri

Projenin yeri, Doğu Karadeniz havzasının bir bölümünü teşkil eden Solaklı dere havzası içinde genellikle nemli, yağışlı ve ılıman iklim kuşağındadır. Havzada genellikle Karadeniz iklimi hakimdir. Yöre, yurdumuzun en fazla yağış alan kesimini teşkil eder.

Solaklı Deresi havzasının coğrafi konumu nedeni ile iklim özellikleri, genellikle Karadeniz iklimi tesiri altında olmasına rağmen havzanın üst kısımlarına gidildikçe Karadeniz ikliminden uzaklaşılır. İç kesimlere gidildikçe yağış miktarı azalır. Bunda en büyük etken kıyıya paralel uzanan dağların yağışı kesmesi iç kısımlara ulaşmasını önler. Proje yağış alanı içinde Çaykara (DMİ), Uzungöl (DMİ), Köknar (DSİ), Of (DMİ) meteoroloji istasyonları mevcut olup, bu istasyonlarla ilgili bilgiler, Tablo 4.2'de verilmiştir

Tablo 4.2: Solaklı Havzasındaki Bazı Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülen Değişkenler

İSTASYON NO	METEOROLOJİ İSTASYONLARI	İŞLETEN KURUM	AÇILIŞ TARİHİ	RASAT SÜRESİ (YIL)	İSTASYON KOTU (m)	METEOROLOJİK DEĞİŞKENLER													
						GÜNLÜK MAX. YAĞIŞ	AYLIK TOPLAM YAĞIŞ	AKTUEL BASINÇ	TOPRAK SICAKLIĞI	NİSBİ NEM	GÜNEŞLENME MÜDDETİ	ORTALAMA SICAKLIK	EN YÜKSEK SICAKLIK	EN DÜŞÜK SICAKLIK	BUHARLAŞMA	ORTALAMA BULUTLULUK	RÜZGAR ŞİDDETİ	RÜZGAR YÖNÜ	BUHAR BASINCI
1801	ÇAYKARA	DMİ	1957	38	280	+	+												
22-016	KÖKNAR	DSİ	1980	17	950	+	+												
1962	UZUNGÖL	DMİ	1968	32	1090	+	+												
1475	OF	DMİ	1951	16	10	+	+												

4.3.3.1 Yağış

Yağış alanına kuzeyden gelen sistemlerinin beraberinde getirdiği nemli hava kütleleri, alan üzerinde hareket ederken yağış alanındaki dağların topografik etkisi ile neminin önemli bölümünü bol yağış olarak bırakır. Proje alanının ortalarında yer alan Çaykara'nın yıllık ortalama yağışı 1000 mm civarındadır. Membadaki Uzungöl meteoroloji istasyonunda yıllık ortalama yağış miktarı 1121 mm civarındadır. Denizden yukarı kotlara çıkıldıkça yağış miktarı artmaktadır.

Çaykara meteoroloji istasyonuna ait yıllık toplam yağışlar Tablo 4.3'de , Uzungöl meteoroloji istasyonu aylık toplam yağışları Tablo 4.4'da; Of, Köknar aylık toplam yağışları ise sırasıyla Tablo 4.5 ve Tablo 4.6 'da verilmiştir.

Tablo 4.3: DMİ-Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
Ort.	82.9	76.9	73.7	73.3	79.7	92.2	70.8	68.3	83.9	106.8	102.0	84.2	994.8

Tablo 4.3'dan görüldüğü gibi Çaykara meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük yağış Ağustos ayında (68.3mm) ve en yüksek yağış Ekim ayında (106.8mm) olarak gözlenmiş, yıllık toplam yağış 994.8mm olmuştur.

Tablo 4.4: DMİ-Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
Ort.	171.9	77.1	80.0	98.7	105.8	101.1	67.5	71.1	69.1	101.0	98.9	79.5	1.121,7

Tablo 4.4'dan görüldüğü gibi Uzungöl meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük yağış Temmuz ayında (67.5mm) ve en yüksek yağış Ocak ayında (171.9mm) olarak gözlenmiş, yıllık toplam yağış 1121.7mm olmuştur.

Tablo 4.5: DMİ- Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
Ort.	179.5	105.1	76.0	51.6	64.2	77.4	108.8	103.2	114.0	190.6	180.8	116.9	1007.4

Tablo 4.5'ten görüldüğü gibi Of meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük yağış Nisan ayında (51.6mm) ve en yüksek yağış Ekim ayında (190.6mm) olarak gözlenmiş, yıllık toplam yağış 1007.4mm olmuştur.

Tablo 4.6: DMİ–Köknar Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Değerleri(mm)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
ORT.	43.0	48.8	48.1	79.6	102.4	107.6	65.7	64.3	76.7	110.7	82.9	51.8	881.5

Tablo 4.6'den görüldüğü gibi Köknar meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük yağış Ocak ayında (43mm) ve en yüksek yağış Ekim ayında (110.7mm) olarak gözlenmiş, yıllık toplam yağış 881.5mm olmuştur.

4.3.3.2 Sıcaklık

Proje alanı ve projenin yer aldığı Solaklı dere Havzası'nda yukarı kesimlere doğru çıkıldıkça kot yükselmesinden ve karasal iklim etkisi ile sıcaklık azalmaktadır. Proje havzasına ait en yakın sıcaklık rasadı yapan meteoroloji istasyonları Uzungöl, Of, Çaykara, ve Trabzon meteoroloji gözlem istasyonlarının Aylık Ortalama Sıcaklıkları (°C) sırasıyla Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9 ve Tablo 4.10' da verilmiştir. Bölgede her 100 m. yükselmede sıcaklığın ortalama 0.5 ^{o}C azaldığı bilinmektedir.

Tablo 4.7: DMİ–Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Sıcaklık(°C) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	0.42	0.02	2.70	8.07	11.44	13.89	16.24	16.48	13.70	10.45	5.68	1.94	10.06

Tablo 4.7'ten görüldüğü gibi Uzungöl meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük sıcaklık Şubat ayında (0.02 ^{o}C) ve en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (16.48 ^{o}C) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama sıcaklık 10.06 ^{o}C olmuştur.

Tablo 4.8: DMİ–Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Sıcaklık(°C) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	0.5	0.4	2.9	9.1	12.5	15.3	17.8	18.2	15.2	11.8	6.1	2.4	9.35

Tablo 4.8'den görüldüğü gibi Of meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük sıcaklık Ocak ayında (0.5 ^{o}C) ve en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (18.2 ^{o}C) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama sıcaklık 9.35 ^{o}C olmuştur.

Tablo 4.9: DMİ–Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort.Sıcaklık(°C) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	3.7	3.5	7.4	12.9	14.8	18.2	19.5	20.1	17.6	15.2	9.7	6.2	12.4

Tablo 4.9'dan görüldüğü gibi Of meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük sıcaklık Ocak ayında (3.7^{o}C) ve en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (20.1 ^{o}C) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama sıcaklık 12.4 ^{o}C olmuştur.

Tablo 4.10: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort.Sıcaklık(°C) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	7.6	7.2	8.6	12.4	16.3	20.9	23.9	24.0	20.7	16.7	12.7	9.5	15.0

Tablo 4.10'dan görüldüğü gibi Trabzon meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük sıcaklık Şubat ayında (7.2^{o}C) ve en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (24^{o}C) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama sıcaklık 15 ^{o}C olmuştur.

4.3.3.3 Nem

Solaklı Havzası üzerinde bulunan Of, Çaykara ve Uzungöl gözlem istasyonlarının aylık ortalama nem değerleri sırasıyla Tablo 4.11, Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.11: DMİ–Of Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	67.3	72.2	69.8	74.5	79.0	72.3	74.0	74.4	74.3	74.0	70.1	65.9	72.3

Tablo 4.11'den görüldüğü gibi Of meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük nem değeri Ocak ayında (%67.3) ve en yüksek sıcaklık Mayıs ayında (%79) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama nem (%72.3) olmuştur.

Tablo 4.12: DMİ–Çaykara Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	72.8	72.1	69.4	67.4	73.3	77.7	83.0	82.2	80.8	76.3	71.2	70.7	74.7

Tablo 4.12'den görüldüğü gibi Çaykara meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük nem değeri Nisan ayında (%67.3) ve en yüksek nem değeri Temmuz ayında (%83) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama nem (%74.7) olmuştur.

Tablo 4.13: DMİ–Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Aylık Ort. Nisbi Nem (%) Değerleri

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Ort.	75.1	75.2	74.2	70.3	74.8	81.2	84.7	86.1	80.2	75.8	74.1	75.9	77.3

Tablo 4.13'den görüldüğü gibi Uzungöl meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük nem değeri Nisan ayında (%70.3) ve en yüksek nem değeri Temmuz ayında (%86.1) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama nem (%77.3) olmuştur.

4.3.3.4 Buharlaşma

Solaklı Havzası sınırları içerisinde buharlaşma gözlemi yapan ölçüm istasyonu yoktur. Bunda en büyük etken bölgenin oldukça fazla yağış almasıdır.Projenin ilerleyen safhalarında buharlaşma değerleri için Trabzon gözlem istasyonunda ölçülen değerler kullanılarak veriler taşınabilecektir.Civarda buharlaşma rasadı yapan istasyon olmadığı için en yakın istasyon olarak Trabzon meteoroloji istasyonun buharlaşma değerleri esas alınmıştır. Değerler, Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Buharlaşma Değerleri (mm)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
Ort.	1.2	1.5	1.7	2.1	2.6	3.5	3.7	3.5	2.7	1.9	1.5	1.4	27.3

Tablo 4.14'den görüldüğü gibi Trabzon meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük buharlaşma değeri Ocak ayında (1.2 mm) ve en yüksek buharlaşma değeri Temmuz ayında (3.7 mm) olarak gözlenmiş, yıllık toplam buharlaşma 27.3 mm olmuştur.

4.3.3.5 Basınç

Solaklı Havzasının içinde basınç ölçümü yapan gözlem istasyonu yoktur. Proje havzasına en yakın meteoroloji gözlem istasyonu olarak Trabzon gözlem istasyonu alınmıştır. Trabzon İstasyonunun Aylık Ort. Basınç değerleri Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15: DMİ–Trabzon Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Basınç Değerleri(mb)

YIL	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Top.
Ort.	1.015	1.015	1.013	1.011	1.011	1.010	1.008	1.009	1.012	1.015	1.016	1.016	12.151

Tablo 4.15'den görüldüğü gibi Trabzon meteorolojik gözlem istasyonunda en düşük aylık toplam basınç değeri Temmuz ayında (1007.9 mb) ve en yüksek aylık toplam basınç değeri Kasım ayında (1015.8mb) olarak gözlenmiş, yıllık ortalama basınç 12151mb olmuştur.

4.3.3.6 Akım

Projenin su kaynağı Solaklı dere ve kollarıdır. Solaklı deresi, Balkodu Deresi ile Haldizen deresinin birleşmesinden oluşur. Haldizen deresi 3376 m yükseklikteki Demirkapı tepeden doğar. Akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürürek Uzungöl'e ulaşır. Uzungöl'den sonra soldan Balkodu dereyi aldıktan sonra Solaklı dere adını alır ve yönünü kuzeye dönerek akışını sürdürür. Daha sonra ise Çaykara ilçesine ulaşır. Buradan sonra akışını kuzey yönünde sürdürerek Of ilçesi içinden Karadeniz'e dökülür.

Solaklı Havzası sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonları ve bu istasyonlara ait karakteristik bilgiler Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16: Solaklı Havzasındaki Bazı Akım Gözlem İstasyonları

İSTASYON NO	AKARSUYUN ADI	İST. ADI	İŞLETEN KURULUŞ	KOT (m)	YAĞIŞ ALANI km2	AÇILDIĞI YIL	İSTASYONUN DURUMU	DEĞERLENDİĞİ YILLAR
22-07	Haldizen S.	Serah	DSİ	1114	153,5	1965	Açık	32
22-27	Ögene D.	Yukarı Sinekli	DSİ	800	240.0	1968	Kapalı	0
22-43	Solaklı D.	Dernek Pazarı	DSI	200	545.9	1976	Kapalı	0
22-47	Holo D.	Holo Değ.	DSİ	225	43.9	1978	Kapalı	0
22-48	Uzun G.	GGİ	DSI	1120	120.1	1978	Kapalı	0
22-51	Solaklı D.	Çambaşı	DSİ	450	469.4	1977	Kapalı	2
22-52	Solaklı D.	Ulucamii	DSI	275	576.8	1978	Açık	24
22-53	Süremen D.	Ortaköy	DSİ	150	180.5	1978	Kapalı	13
22-57	Öğene D.	Alçakköprü	DSİ	650	241.0	1978	Açık	17
22-75	Haldizen S.	Taşkıran	DSI	550	219.1	1981	Kapalı	0
2203	Of Deresi	Dernek Pazarı	EİE	360	567.2	1942	Kapalı	7

Solaklı Havza sınırı içerisinde 10 adet DSİ ve 1 adet EİE olmak üzere toplam 11 adet gözlem ölçümü yapan istasyon mevcuttur. Tablo 4.16'dan anlaşıldığı gibi bu istasyonların 8 adedi tamamen kapalıdır ve bu gözlem istasyonlarında ölçüm yapılmamaktadır. 3 adet gözlem istasyonu ise açık bulunmaktadır ve bu gözlem istasyonları göz önünde bulundurularak akım modelleri oluşturulacaktır. göz önünde bulundurulacak olan istasyonlar; 22-007 Haldizen S- Şerah, 22-057 Ögene Deresi-Alçakköprü ve 22-052 Solaklı D.–Ulucamii'dir. Bu istasyonların aldığı değerler sırasıyla Tablo 4.17, Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.17: 22-07 Haldizen S.- Şerah AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s)

YIL	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ort.
Ort.	2.63	2.64	2.00	1.50	1.53	2.63	7.87	13.76	12.54	6.58	3.11	1.98	4.90
Max	8.79	8.60	5.19	2.95	2.81	8.65	23.30	47.50	35.50	17.80	6.34	3.59	14.25
Min	0.82	0.93	0.90	0.70	0.36	1.11	3.23	6.21	6.44	2.19	1.34	0.96	2.10

Tablo 4.23 akım yıllıklarındaki su yıllarına göre düzenlenmiş olup aylık ortalama akım değerleri (m^3/s) cinsinden ifade edilmiştir.En yüksek akım değeri mayıs ayında (47.50 m^3/s), en düşük akım değeri şubat ayında (0.36 m^3/s) olarak bulunmuştur. Ortalama olarak en yüksek akım değeri ise (13.76 m^3/s) olarak mayıs ayında ölçülmüştür.

Tablo 4.18: 22-057 Ögene Deresi- Alçakköprü AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s)

YIL	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ort.
Ort.	2.86	4.56	3.10	1.98	2.01	4.32	14.24	18.61	10.92	4.41	2.46	2.04	5.96
Max	9.77	16.00	7.31	3.65	4.07	14.00	38.50	48.20	25.90	9.60	5.68	4.50	15.60
Min	0.75	0.67	0.47	0.44	0.56	1.75	5.81	11.06	5.86	1.10	1.17	0.62	2.52

Tablo 4.18 akım yıllıklarındaki su yıllarına göre düzenlenmiş olup aylık ortalama akım değerleri (m^3/s) cinsinden ifade edilmiştir.En yüksek akım değeri mayıs ayında (48.20 m^3/s), en düşük akım değeri ocak ayında (0.44 m^3/s) olarak bulunmuştur. Ortalama olarak en yüksek akım değeri ise (18.61 m^3/s) olarak mayıs ayında ölçülmüştür.

Tablo 4.19: 22-052 Solaklı D. –Ulucamii AGİ Akım gözlem Değerleri (m^3/s)

YIL	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ort.
Ort.	8.80	10.86	7.62	5.56	5.66	9.99	27.55	37.70	28.28	14.45	9.18	7.19	14.40
Max	17.24	23.00	11.69	8.42	7.57	20.90	52.20	51.79	71.53	37.74	34.76	16.33	29.43
Min	1.64	2.65	1.71	1.62	1.25	5.23	7.21	23.65	15.82	3.75	1.29	1.05	5.57

Tablo 4.19 akım yıllıklarındaki su yıllarına göre düzenlenmiş olup aylık ortalama akım değerleri (m^3/s) cinsinden ifade edilmiştir.En yüksek akım değeri Haziran ayında (71.53 m^3/s), en düşük akım değeri eylül ayında (1.05 m^3/s) olarak bulunmuştur. Ortalama olarak en yüksek akım değeri ise (37.70 m^3/s) olarak mayıs ayında ölçülmüştür.

5 AKIM MODELİ İÇİN KULLANILACAK ZAMAN SERİLERİNİN TESBİTİ, TAMAMLANMASI VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

5.1 Model İçin Kullanılacak Olan Hidrometeorolojik Gözlem İst. Belirlenmesi

Solaklı Havzasına ait Akım ve Meteorolojik gözlem istasyonları verilerinin birçoğu süreksizdir ve bir kısmında ise hiç gözlem yapılmamıştır. Eksik verileri olan bu istasyonların, Doğu Karadeniz Havzası içerisinde bulunan diğer istasyonlarla aralarındaki kesiksiz ölçümü olan ortak süre dikkate alınarak korelasyon katsayılarına bakılmış ve en yüksek korelasyon katsayılarını veren istasyonlarla Regresyon denklemi kurularak eksik olan veriler sürekli hale getirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Solaklı Vadisinin memba tarafında yer alan Uzungöl girişi mevkii için düşünülen muhtemel su kuvveti tesisi yerine ait karakteristik akım modeli; farklı matematiksel yöntemler kullanılarak tasarlanacak ve elde edilen performans sonuçları birbirleriyle karşılaştırılarak "en iyi tahmin" yapabilecek matematiksel model oluşturulacaktır.

5.1.1 Akım Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi

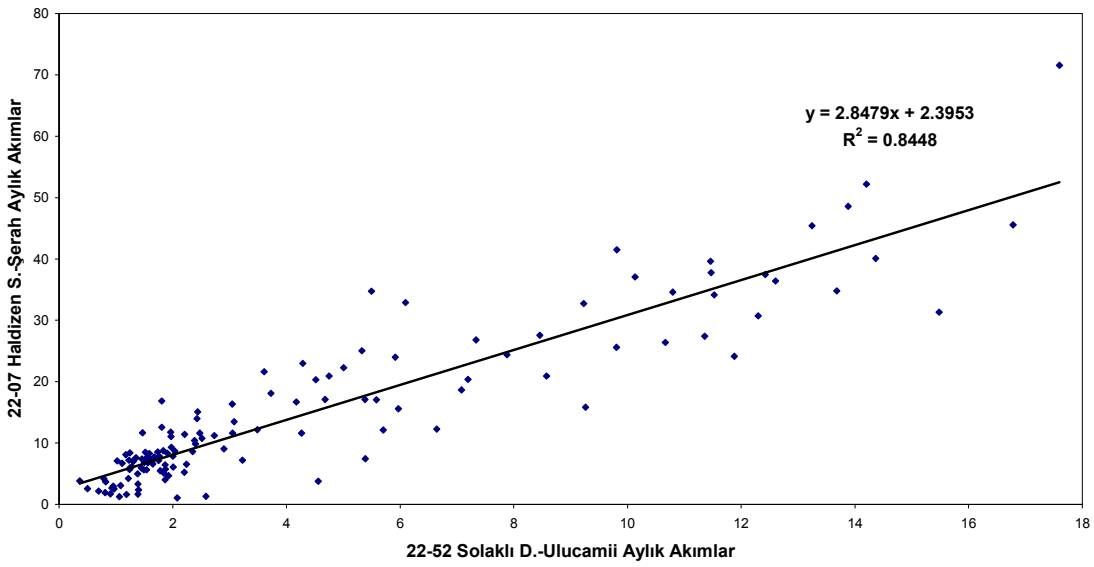
Uzungöl mevkiine konum olarak en yakın istasyon 22-07 Haldizen S.-Şerah akım gözlem istasyonu olduğu için kurulacak olan YSA modelinde bu istasyon göz önüne alınmıştır. Modelde kullanılacak olan diğer meteorolojik gözlem istasyonları, Haldizen S.-Şerah gözlem istasyonu ile en yüksek korelasyon katsayısını veren istasyonlar olarak belirlenecektir.

Tablo 4.7'den anlaşıldığı gibi Haldizen S.-Şerah AGİ; 1971-1994 yılları arası kesiksiz 1968-1970, 1995 ve 1998 yılları arası eksik verili olarak ölçülmüştür. Kullanılacak olan diğer yağış, nem ve sıcaklık verileri bu istasyonla en yüksek korelasyon katsayısını verecek olan gözlem istasyonlarından alınacağı için; Haldizen S.- Şerah AGİ istasyonunun akım verilerinin olabildiğince kesiksiz ve hatasız olarak elde edilmesi gerekmektedir.

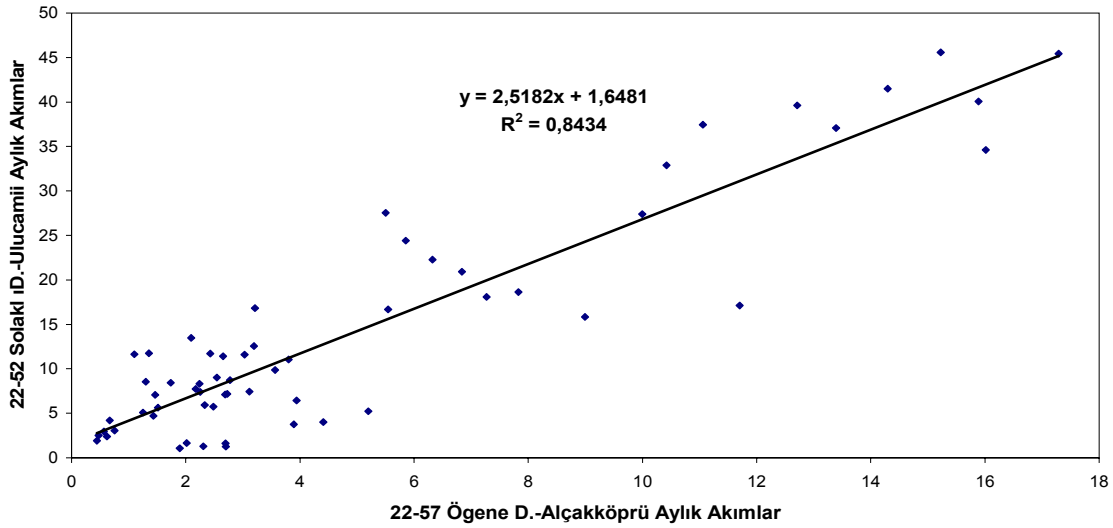
Eksik olan Haldizen S.- Şerah AGİ istasyonunun gözlem verilerinin tamamlanması için havza içi gözlem verileri olan civar istasyonlar ile en yüksek korelasyon ilişkisini veren istasyon tespit edilerek aralarında regresyon denklemi kurulmuştur. Akım gözlem istasyonlarının korelasyon katsayıları ve grafikleri sırası ile Tablo 5.1; Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.1: 22-07 Haldizen S.-Şerah AGİ ile diğer AGİ'lerin korelasyon katsayıları

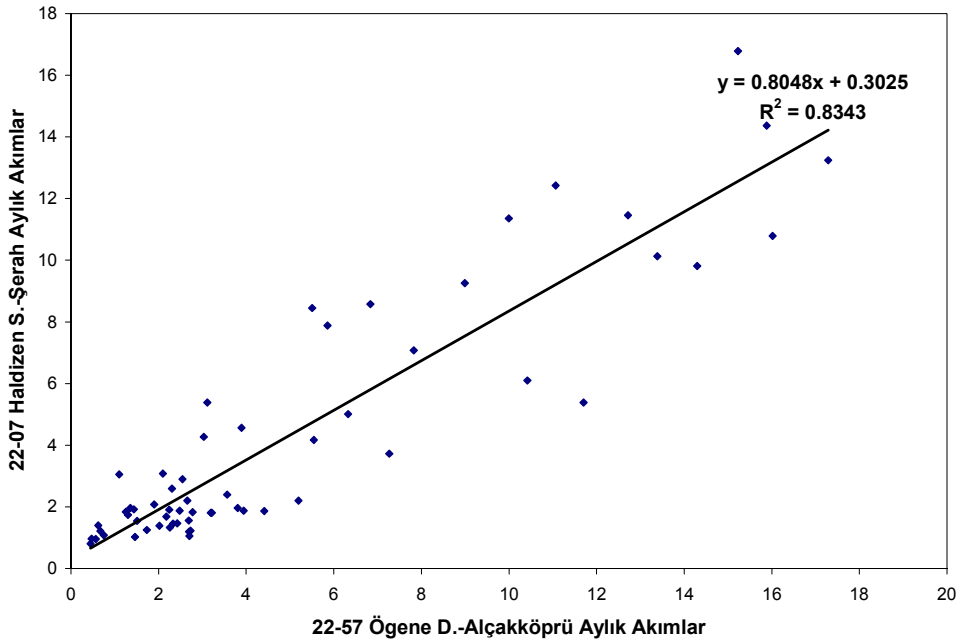
	HaldizenS.-Şerah
Solaklı D.-Ulucamii	**0.919**
Ögene D.-Alçakköprü	0.913



Şekil 5.1: 22-52 Solaklı D. – Ulucamii ile 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği



Şekil 5.2: 22-57 Ögene D.-Alçakköprü AGİ İle 22-52 Solaklı D.-Ulucami AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği



Şekil 5.3: 22-07 Haldizen S.– Şerah AGİ İle 22-57 Ögene D.-Alçakköprü AGİ Arasındaki Korelasyon Grafiği

Haldizen S.- Şerah ile Solaklı D.- Ulucamii arasında en yüksek korelasyon değeri 0.966 olarak Tablo 4.4'den saptanmış olup Denklem 5.1'deki gibi regresyon denklemi kurularak Haldizen S.- Şerah istasyonunun yalnızca 1995 yılı verisi elde edilmiştir.

$$Y_{(HALDİZEN)} = 2.8479.X_{(SOLAKLI)} + 2.3953 \quad \textbf{(5.1)}$$

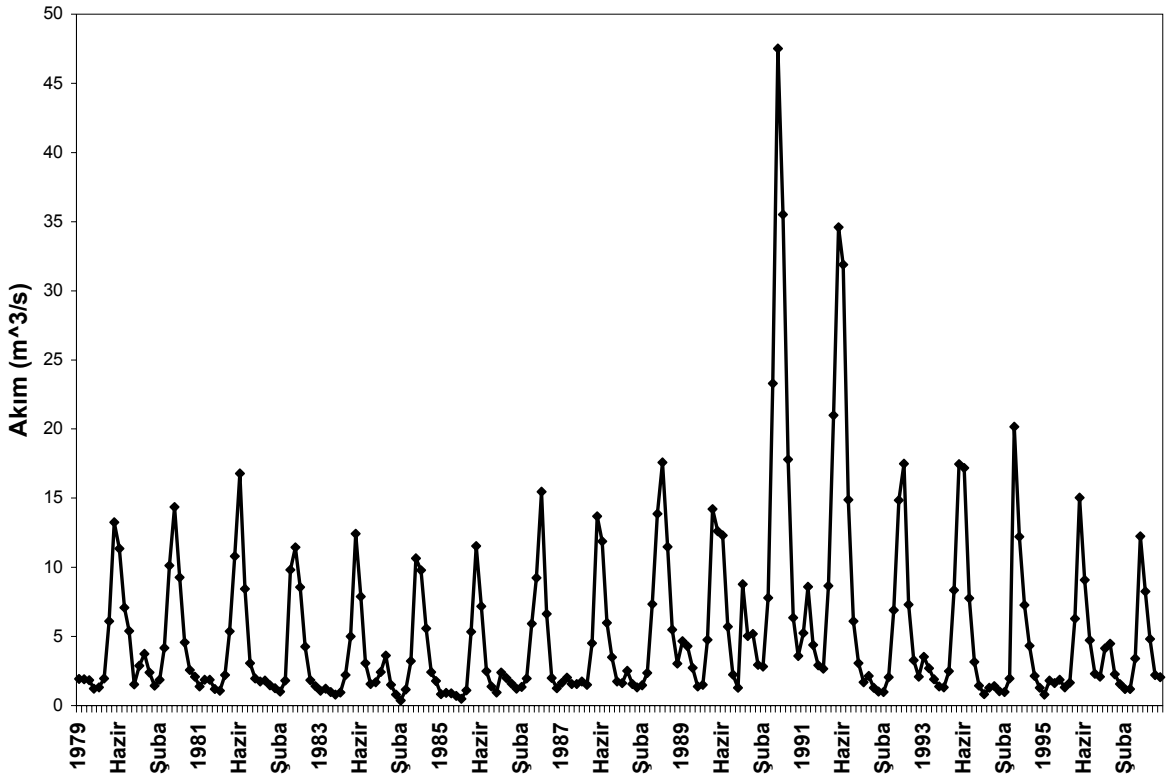
Oluşturulan regresyon grafiği ve kesiksiz süreye ait akım istatistik parametreleri (1979-1996) sırasıyla Tablo 5.2, 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.2: Kesiksiz Hale Getirilmiş 22-07 Haldizen S.- Şerah AGİ Akım Gözlem Değerleri(m^3/s)

YIL	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ort.
Ort.	2.63	2.64	2.00	1.50	1.53	2.63	7.87	13.76	12.54	6.58	3.11	1.98	4.90
Max	8.79	8.60	5.19	2.95	2.81	8.65	23.30	47.50	35.50	17.80	6.34	3.59	14.25
Min	0.82	0.93	0.90	0.70	0.36	1.11	3.23	6.21	6.44	2.19	1.34	0.96	2.10

Tablo 5.3: 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ ait 1979-1996 yılları arası istatistiksel Parametreler

Ortalama (m^3/s)	5.47
Standart Sapma (m^3/s)	6.63
Çarpıklık	2.91
Değişim Aralığı (m^3/s)	47.14
Minimum Debi (m^3/s)	0.36
Maksimum Debi (m^3/s)	47.50



Şekil 5.4: 22-07 Haldizen S.– Şerah AGİ 1979-1996 yılları arası sürekli zaman serisi

Muhtemel su kuvveti tesisi yerlerine yakın olması ve daha sonra projede kullanılması amacıyla da Solaklı D.- Ulucamii ile Haldizen S.-Şerah ve Ögene D.- Alçakköprü ile Haldizen S.-Şerah arasında korelasyon kurularak eksik veriler tamamlanmıştır. Solaklı D.- Ulucamii için 1990-1994 arası eksik yıllar bu tarihler arasında eksiği bulunmayan Haldizen S.-Şerah istasyonu akım verilerinden (Denklem 5.1); Ögene D.- Alçakköprü için 1984-1993 yılları arası eksik verileri ise yine bu tarihler arası eksik verisi bulunmayan Haldizen S.-Şerah istasyonundan tamamlanmıştır.(Denk.5.2)

$$Y_{(HALDİZEN)} = 0.8048.X_{(ÖGENE)} + 0.3025 \quad \textbf{(5.2)}$$

Ögene D.- Alçakköprü istasyonu ile Solaklı D.- Ulucamii istasyonu arasındaki korelasyon katsayısı daha büyük (0.918) olmasına rağmen 1984-1993 arası Solaklı D.- Ulucamii istasyonunda eksik veri bulunması nedeniyle Haldizen S.-Şerah istasyonu seçilmiştir.

5.1.2 Yağış Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi

Kurulacak olan modelde kullanılacak yağış değerleri saptamak için; 22-07 Haldizen S.- Şerah akım gözlemleri ile en yüksek korelasyon katsayısını verecek olan yağış gözlem istasyon verileri belirlenecektir. Tablo 5.4'da 22-07 numaralı AGİ istasyonu ile havza içi YGİ gözlem değerleri arasındaki korelasyon katsayıları verilmiştir ve en yüksek korelasyonu 1962-Uzungöl YGİ vermiştir.

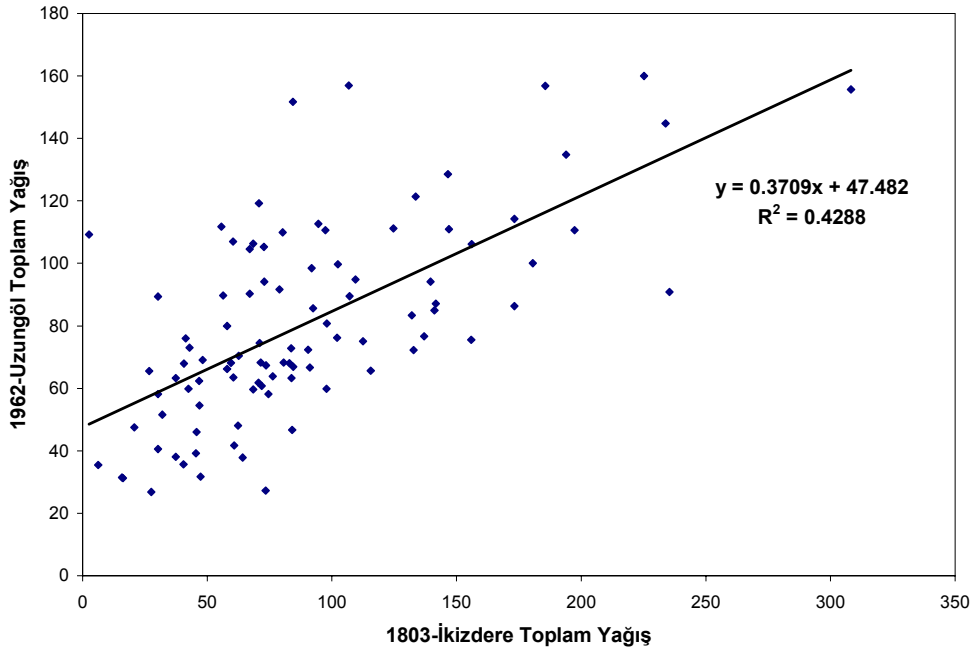
Tablo 5.4: 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ ile yağış gözlem istasyonları arasındaki korelasyon katsayısı değerleri

	22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ
1475- Of Yağış Gözlemleri	-0.218
1801- Çaykara Yağış Gözlemleri	-0.015
1962- Uzungöl Yağış Gözlemleri	**0.204**
22-016 Köknar Yağış Gözlemleri	0.105

Uzungöl gözlem istasyonu yağış verilerini tamamlamak için diğer istasyonlarla arasındaki korelasyon ilişkisi irdelenmiştir. En yüksek korelasyon değeri 1803-İkizdere istasyonunun yağış gözlemleri ile saptanmış olup bu istasyonla arasında regresyon denklemi kurularak eksik yağış değerleri elde edilmiştir. Diğer yağış gözlemleri ile olan korelasyon ilişkisi ve kurulan regresyon denklemi sırasıyla Tablo 5.5, Şekil 5.5 ve Denklem 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.5: 1962-Uzungöl yağış gözlemleri ile diğer yağış gözlemleri arasındaki korelasyon katsayısı değerleri

	1962-Uzungöl YGİ
1475-Of Yağış Verileri	0.230
1803-İkizdere Yağış Verileri	**0.654**
22-016 Köknar Yağış Verileri	0.256



Şekil 5.5: 1803-İkizdere Yağış Gözlemleri İle 1962-Uzungöl Yağış Gözlemleri Arasındaki Korelasyon İlişkisi

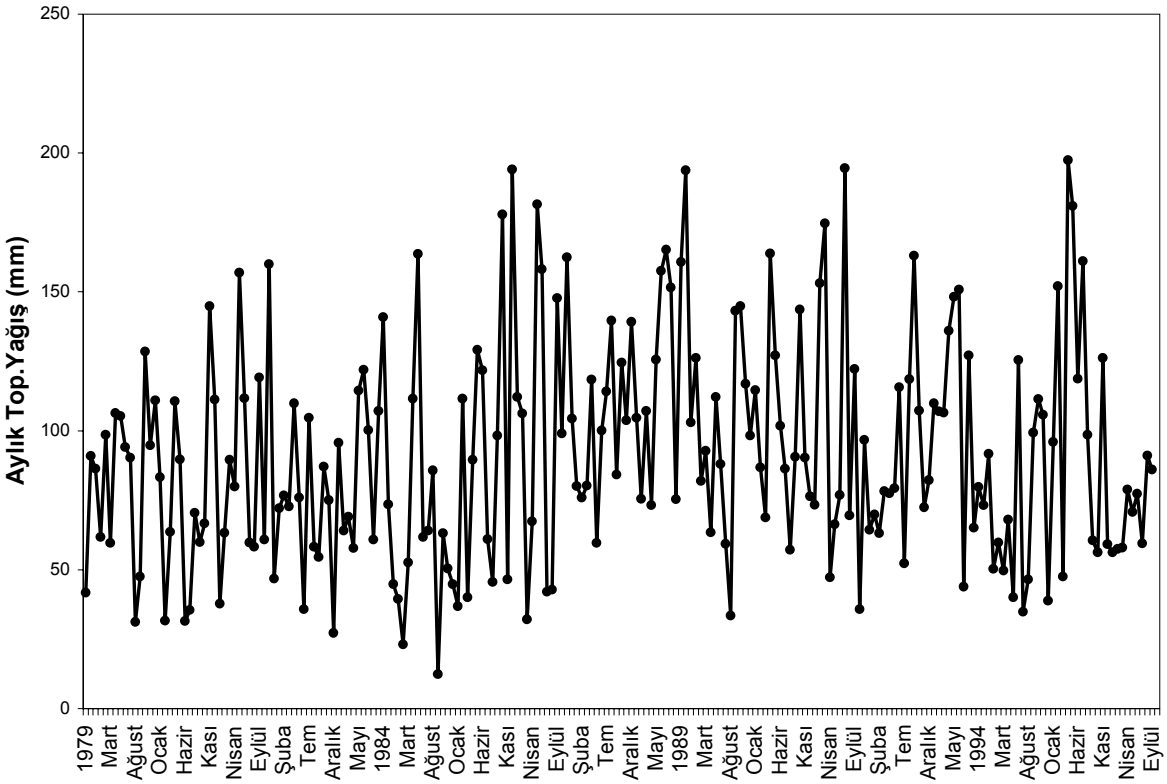
Kurulan korelasyon ilişkisi neticesinde oluşturulan regresyon denklemi ;

$$Y_{(UZUNGÖL)} = 0.3709.X_{(İKİZDERE)} + 47.4821 \quad \textbf{(5.3)}$$

şeklindedir. Bu denklem sonucunda 1962-Uzungöl Yağış gözlemleri 1979-2001 yıları arası kesiksiz olarak elde edilmiştir. Uzungöl istasyonuna ait istatistiksel büyüklükler Tablo 5.6' da verilmiştir.

Tablo 5.6: 1962- Uzungöl istasyonu yağış gözlem istatistik parametreleri

Ortalama Yağış (mm)	88.216
Standart Sapma (mm)	38.365
Çarpıklık	0.518
Min. Yağış (mm)	12.400
Mak. Yağış (mm)	197.400



Şekil 5.6: 1962- Uzungöl Gözlem İstasyonu İçin Kesiksiz Yağış Zaman Serisi

5.1.3 Diğer Meteorolojik Gözlem İst. Belirlenmesi ve Kesiksiz Sürenin Elde Edilmesi

Akım modelinde kullanılacak olan sıcaklık ve nem gözlemleri mevcut meteoroloji gözlem istasyonlarını saptamak için Solaklı Havzası sınırları içerisinde bulunan istasyonlar ile 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ verileri arasındaki korelasyon ilişkisi irdelenmiş ve Tablo 5.7 halinde aşağıda verilmiştir.

Görüldüğü gibi 22-07 Haldizen S.-Şerah ile en yüksek korelasyonu 1962-Uzungöl istasyonunun sıcaklık gözlemleri vermiştir, modelde kullanılacak olan sıcaklık gözlem değerlerinin 1962-Uzungöl gözlem istasyonundan alınmasına karar verilmiştir.

Tablo 5.7: 22-07 Haldizen S. –Şerah AGİ ile solaklı havzasındaki bazı meteoroloji gözlem istasyonlarının sıcaklık ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi

	22-07 Haldizen S. –Şerah AGİ
1475- Of Sıcaklık Gözlemleri	0.103
1801- Çaykara Sıcaklık Gözlemleri	0.221
1962- Uzungöl Sıcaklık Gözlemleri	**0.332**
22-016 Köknar Sıcaklık Gözlemleri	0.203

1962-Uzungöl gözlem istasyonundaki eksik sıcaklık gözlem verilerinin tamamlanması için ise havza içi veya havzaya yakın olan gözlem istasyon değerleri ile aralarında matematiksel ilişkisi (korelasyon katsayısı) en yüksek olan gözlem istasyonu saptanarak; aralarında regresyon denklemi kurulmuş ve eksik veriler bu regresyon denklemiyle tamamlanmıştır.

Tablo 5.8' de 1962-Uzungöl gözlem istasyonun diğer gözlem istasyonlarıyla olan korelasyon katsayıları verilmiştir.

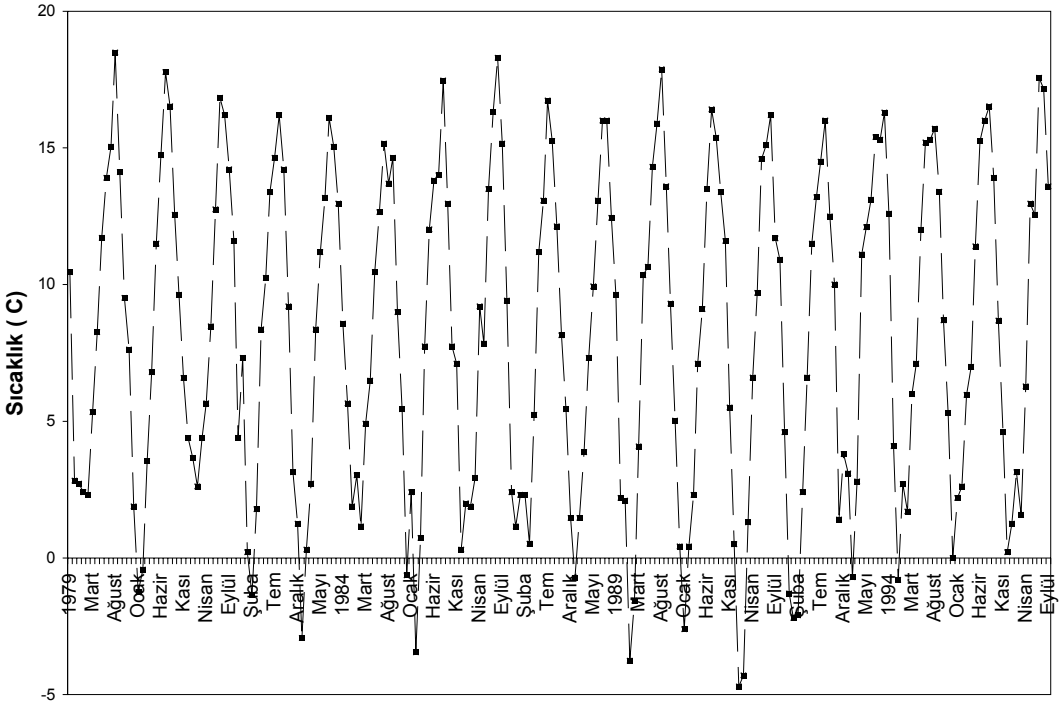
Tablo 5.8: 1962-Uzungöl gözlem istasyonu ile diğer gözlem istasyonlarının sıcaklık ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi

	1962-Uzungöl Sıcaklık Gözlemleri
1475-Of Sıcaklık Gözlemleri	0.878
1801-Çaykara Sıcaklık Gözlemleri	0.936
1803-İkizdere Sıcaklık Gözlemleri	**0.997**

Tablo 5.8'de görüldüğü gibi Uzungöl istasyonun eksik verilerini tamamlamak için İkizdere istasyonu ile aralarında regresyon denklemi kurulmalıdır.Bu kurulan regresyon denklemi;

$$Y_{(UZUNGÖL)} = 1.0455 * X_{(İKİZDERE)} - 3.5547 \quad \textbf{(5.4)}$$

şeklindedir. Uzungöl istasyonun kesiksiz olarak elde edilen sıcaklık-zaman serisi Şekil 5.7'de verilmiştir. Tablo 5.9'de Uzungöl istasyonundaki sıcaklık ölçümlerinin istatistiksel değerleri verilmiştir.



Şekil 5.7: 1962- Uzungöl Gözlem İstasyonunun Sıcaklık Zaman Serisi

Tablo 5.9: Uzungöl istasyonundaki sıcaklık ölçümlerinin istatistiksel parametreleri

Ortalama Sıcaklık (° C)	8.291
Standart Sapma (° C)	5.981
Çarpıklık	- 0.181
Mak. Sıcaklık (° C)	18.30
Min. Sıcaklık (° C)	- 4.7

Modelde kullanılacak olan nem gözlem verilerinin saptanması amacıyla; hangi istasyonun verilerinin kullanılacağının belirlenmesi için havza içi ölçülmüş nem gözlem verileri ile 22-07 Haldizen S.- Şerah akım gözlem verileri arasında Tablo 5.10'da korelasyon katsayı değerleri saptanmıştır.

Tablo 5.10: 22-07 Haldizen S. –Şerah AGİ ile solaklı havzasındaki bazı meteoroloji gözlem istasyonlarının nem ölçümleri ile arasındaki korelasyon ilişkisi

	22-07 Haldizen S.-Şerah AGİ
1475- Of Nem Gözlemleri	0.118
1801- Çaykara Nem Gözlemleri	-0.148
1962- Uzungöl Nem Gözlemleri	**0.171**
22-016 Köknar Nem Gözlemleri	-0.043

Tablo 5.10'den görüldüğü gibi 1962-Uzungöl gözlem istasyonuna ait ölçülmüş nem değerleri ile 22-07 Haldizen S.-Şerah akım gözlem değerleri arasındaki matematiksel ilişki diğer istasyonlara nazaran daha yüksek çıkmıştır. Dolayısıyla kurulacak olan akım modelinde, Uzungöl gözlem istasyonuna ait ölçülmüş nem değerleri alınacaktır.

1962-Uzungöl istasyonundaki eksik nem verilerini tamamlamak için havza içi veya havzaya yakın olan gözlem istasyonlarıyla aralarındaki korelasyon incelenecek ve neticesinde en yüksek korelasyon katsayısını verecek olan gözlem istasyonu ile regresyon denklemi kurularak eksik veriler tamamlanacak ve kesiksiz zaman serisi elde edilmiş olacaktır.

Tablo 5.11'de Uzungöl gözlem istasyonu ile diğer gözlem istasyonları arasında korelasyon katsayı değerleri verilmiştir.

Tablo 5.11: 1962-Uzungöl gözlem istasyonunun diğer gözlem istasyonları ile arasındaki korelasyon katsayıları

	1962-Uzungöl Nem Gözlemleri
1475-Of Nem Gözlemleri	0.303
1801-Çaykara Nem Gözlemleri	0.478
1803-İkizdere Nem Gözlemleri	**0.747**

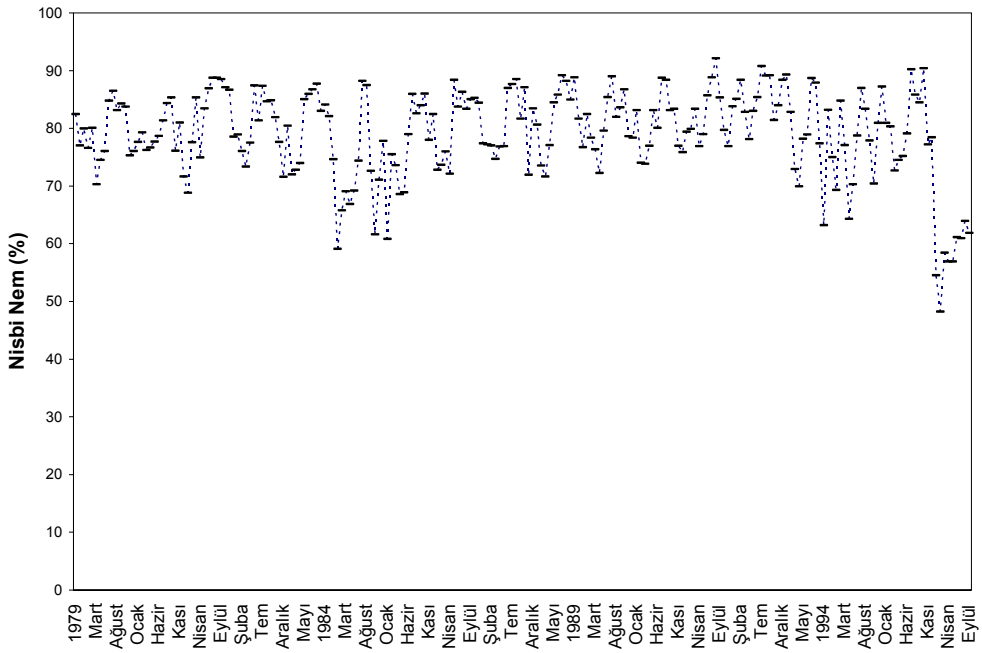
Tablo 5.11'de görüldüğü gibi Uzungöl gözlem istasyonu ile en yüksek korelasyon değerini İkizdere gözlem istasyonu vermiştir.Uzungöl istasyonuna ait eksik nem verilerinin tamamlanması için İkizdere istasyonuna ait değerlerle ile aralarında;

$$Y_{(UZUNGÖL)} = 0.7470 * X_{(İKİZDERE)} + 24.4443 \quad \textbf{(5.5)}$$

denklemi kurularak Uzungöl istasyonuna ait 1979-1983, 1984, 1986-1989 ve 1990-1991 yılına ait eksik değerler elde edilmiştir. Şekil 5.8'de kesiksiz ölçüm süreleri ve Tablo 5.12'de bu süreler ait istatistiksel parametreler verilmiştir.

Tablo 5.12: 1962-Uzungöl gözlem istasyonunun 1979-1996 yılları arası nem ölçümlerinin istatistiksel değerleri

Ortalama Nisbi Nem (%)	80.082
Standart Sapma (%)	6.714
Çarpıklık	-0.589
Mak. Nisbi Nem (%)	92.10
Min. Nisbi Nem (%)	59.10



Şekil 5.8: 1962- Uzungöl gözlem istasyonu için nem zaman serisi

5.2 Veri Analizi İçin Genel Değerlendirme

Bu çalışmada iki istasyonun aylık akım değerleri arasında korelasyon yöntemi uygulanmadan önce aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir;

1- Seçilen AGİ'lerin en az 24 aylık ortak akım gözlemi mevcuttur,

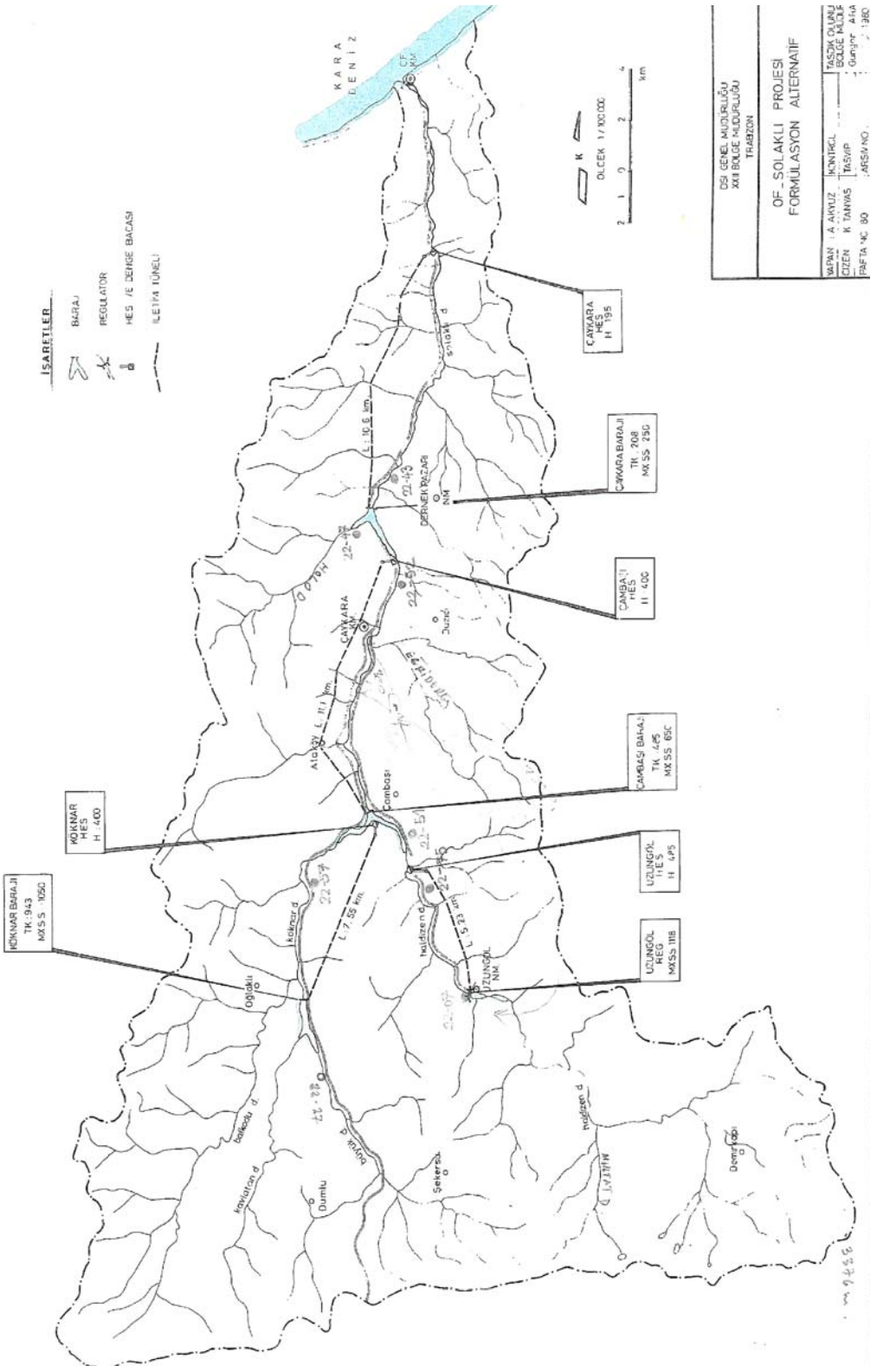
2- Aynı havzada bulunan AGİ'ler seçilmiş ve drenaj alanları arasındaki farkın fazla olmamasına dikkat edilmiştir.

3-AGİ'ler aynı havzada değil ise iklim, topografya, drenaj alanı büyüklüğü,jeolojik yapı, bitki örtüsü ve havza ortalama yükseklikleri benzer olması gerekmektedir.

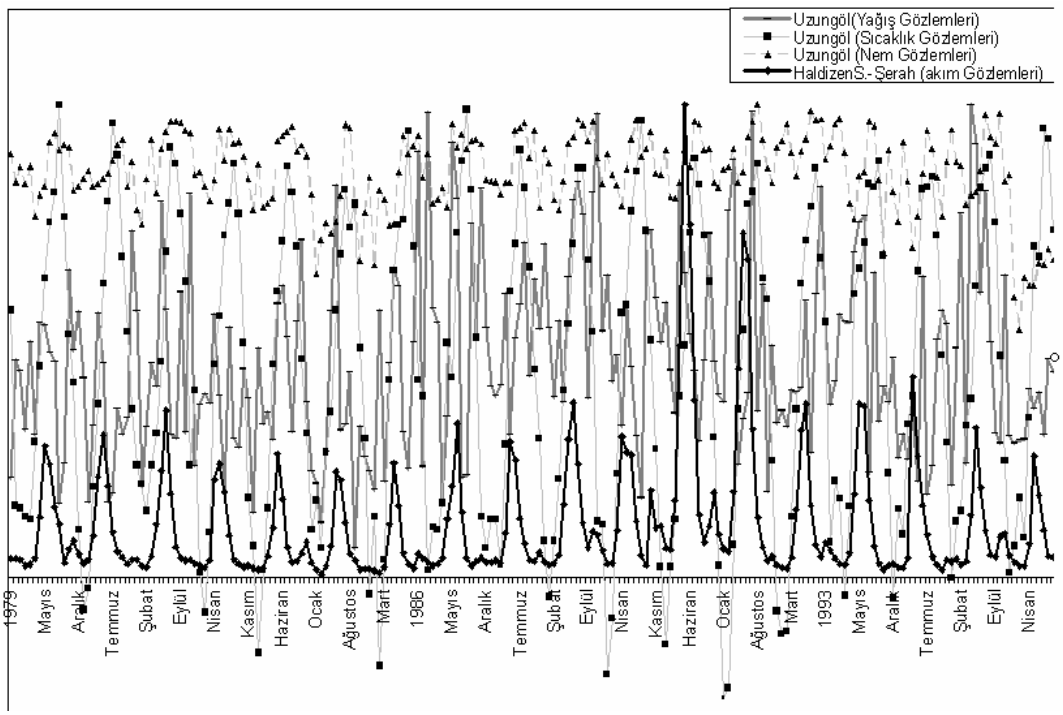
4-Mansapdaki AGİ'nin akımları membadakinden daha fazla olmasına dikkat edilmiştir.Dolayısıyla Uzungöl çıkışındaki Haldizen gözlem istasyonu dikkate alınmıştır.

5- İstasyonun membaında sulama için su kullanımı, kayıplar veya depolama tesisi varsa akımlar doğal hale getirilmelidir.Solaklı Vadisi için yapılmış herhangi bir tesis bulunmamaktadır.Ancak DSİ tarafından önceden planlanmış bazı formülasyon projeleri mevcuttur.(Şekil 5.9)

Sonuç olarak kurulacak olan yağış-akış modelinde kullanılacak akım, yağış, sıcaklık ve nem istasyonları belirlenmiş olup, bu istasyonlara ait veriler normalize edilerek zamanla değişimleri Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.9: DSİ Tarafından Hazırlanan Of-Solaklı Formülasyon Projesi



Şekil 5.10: 22-07 Haldizen S – Şerah AGİ İle 1962-Uzungöl İstasyonu Gözlem Değerlerinin Birlikte Değişim Çizelgesi

6 MODELİN KURULMASI VE TAHMİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

6.1 Modelin Kurulması

Kurulacak olan modeldeki amaç havzanın akışını belirli fiziksel parametrelerin birbirinden farklı ağırlıklardaki bağımlılığı şeklinde ortaya koymaktır. Havza akışını matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edecek olursak;

" $F (Q_{(n-1)} , T_n, R_n, N_n) = Q_n$ " **(6.1)**

olarak tanımlayabiliriz. Bu fonksiyonda T(sıcaklık), R(yağış), N(nem), Q(eski akış) verilerini temsil etmektedir.

Bu çalışma kapsamında Solaklı Vadisinin memba tarafında yer alan Uzungöl girişi mevkii için düşünülen muhtemel su kuvveti tesisi yerine ait karakteristik akım modeli; farklı matematiksel yöntemler kullanılarak tasarlanacak ve elde edilen performans sonuçları birbirleriyle karşılaştırılarak "en iyi tahmin" yapabilecek matematiksel model oluşturulacaktır. Bu maksatla deneme amacıyla farklı YSA mimarileriyle yapılan örnek model sonuçlarıyla beraber verilmiştir.

Çalışma kapsamında akım modeli oluşturulacak akarsu olarak; Doğu Karadeniz Bölgesinin alt havzası konumunda olan " Solaklı Vadisi" sınırları içerisindeki DSİ' ye ait olan 22-07 Haldizen S.- Şerah akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım değerleri kullanılmıştır.Yağış ile akış arasındaki ilişkiyi araştırabilmek için Solaklı Dere havzasındaki meteorolojik gözlem istasyonları belirlenmiştir.Uzungöl gözlem istasyonuna ait yağış,sıcaklık ve nem verileri incelendiği zaman ortak ölçüm süreleri ve korelasyon ilişkisi bakımından en uygun istasyon olarak tesbit edilmiştir.Uzungöl istasyonundaki eksik gözlem verileri; civar istasyonlarla kurulan regresyon denklemleri neticesinde tamamlanarak sürekli hale getirilmiştir.Modelde akım değerinin elde edilmesi için geçmiş yağış,sıcaklık ve nem gözlemlerinden faydalanılmıştır.

Havzadaki meteoroloji istasyonlarına ait aylık toplam yağış,aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama nem değerleri ile aylık ortalama akım değerlerinin en uzun süreli

ortak ölçüm zamanı 30.09.1979 ile 30.09.1997 tarihleri arasındaki toplam 216 aylık veri yapay sinir ağları uygulamasında kullanılmıştır.Bu verilerin 173 ayı (1979 Ekim - 1993 Şubat) eğitim, 43 ayı (1993 Mart – 1997 Eylül) ise test aşamasında kullanılmıştır.

Aktivasyon fonksiyonu olarak uygulamada tanjant hiperbolik fonksiyonu kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değerleri;

$$(X_{MAKS.}-X_i) /(X_{MAKS.}-X_{MİN.}) \qquad \textbf{(6.2)}$$

formülü yardımıyla 0.1 ile 0.9 arasında ölçeklendirilmiştir. Model; yapay sinir ağları işlemlerinin yapılabildiği MATLAB 7.0 adlı bilgisayar yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır.Oluşturulan YSA mimarisinde girdi tabakasında hücre sayısına bakılırken ilk yaklaşım olması bakımından yağış,sıcaklık ve nem değerlerinin akım ile olan korelasyon katsayılarına bakılarak karar verilmiştir.

Öncelikle Tablo 6.1 incelendiği zaman yağış-akım çapraz korelasyon değerleri 3 ay evveline kadar artış göstermiş olup daha sonra azalışa geçmiştir.Yani ocak ayındaki yağış, nisan ayındaki akımla en yüksek korelasyonu vermiştir.Bunun sebebi kış dönemi yağan yağışın tam olarak akışa geçmemesi ve havzada kar ve buzul şeklinde depo edilmesidir.Kışın depo edilen yağış, sıcaklığın artması ile beraber bahar aylarında çok hızlı bir şekilde akışa geçmekte ve taşkınlara sebebiyet vermektedir.Sonuç olarak kurulan modelde (t),(t-1) ve (t-2) zamanına kadar yağış verileri alınmıştır.

Tablo 6.1: Yağış-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları

$r_{X,Y,0}$	0.320
$r_{X,Y,1}$	0.463
$r_{X,Y,2}$	0.569
$r_{X,Y,3}$	0.607
$r_{X,Y,4}$	0.331
$r_{X,Y,5}$	0.246
$r_{X,Y,6}$	0.233

Bir diğer parametre olan sıcaklık ile akım arasındaki çapraz korelasyon katsayıları Tablo 5.2'de verilmiştir.Görüldüğü gibi ilk üç ay artış göstermiş olup daha sonraki

aylarda azalışa geçmiştir.Model için sıcaklık verileri her ne kadar 3 ay evveline kadar yüksek korelasyon göstermiş olsa bile nem ve yağış ile aralarındaki çapraz korelasyon sayıları incelendiği zaman en yüksek değer (t) zamanı için saptanmıştır.

Tablo 6.2: Sıcaklık-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları

$r_{X,K,0}$	0.579
$r_{X,K,1}$	0.463
$r_{X,K,2}$	0.338
$r_{X,K,3}$	0.398
$r_{X,K,4}$	0.271
$r_{X,K,5}$	0.202
$r_{X,K,6}$	0.176

Aynı şekilde nem verilerinin akım istasyonu ile olan çapraz korelasyon katsayısı Tablo 6.3'te incelenmiş olup, model için (t) ve (t-1) zamanına kadar olan geçmiş nem verileri alınacaktır.

Tablo 6.3: Nem-Akım Çapraz Korelasyon Katsayıları

$r_{X,L,0}$	0.542
$r_{X,L,1}$	0.479
$r_{X,L,2}$	0.481
$r_{X,L,3}$	0.311
$r_{X,L,4}$	0.227
$r_{X,L,5}$	0.192
$r_{X,L,6}$	0.105

Sonuç olarak model için ; (t),(t-1),(t-2) zamanı yağış, (t) zamanı sıcaklık ve (t),(t-1) zamanı nem verileri girdi olarak alınıp $Q_{(t)}$ akımı tahmin edilecektir.İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Mimari, Radyal Tabanlı Mimari ve Genelleştirilmiş Regresyon Mimarisi yapay sinir ağı modeli için kurulacaktır. Ayrıca çok değişkenli regresyon modelide kurulup performansların kıyaslanması yoluna gidilecektir.

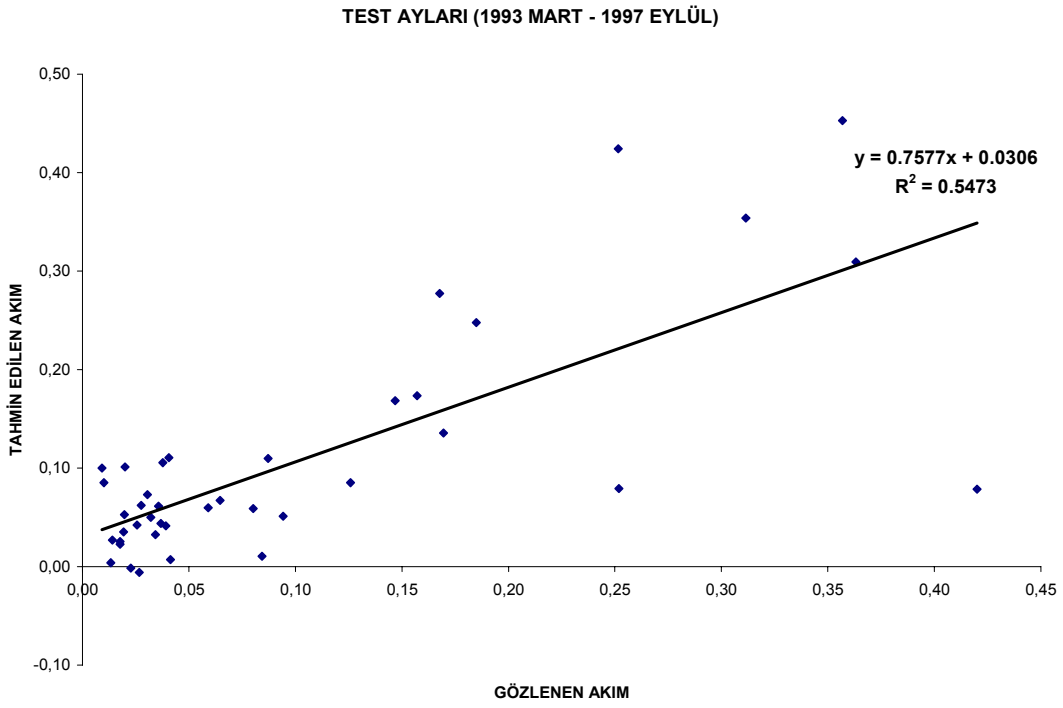
6.2 Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları Modeli

Haldizen AGİ ve Uzungöl meteorolojik gözlem istasyonlarına ait bulmuş olduğumuz 17 yıla ait yağış,sıcaklık,nem verileri ve aylık ortalama akım verileri kullanılarak Matlab 7.0 paket programı yardımıyla Radyal tabanlı yapay sinir ağları (RTYSA) ile sıcaklık,yağış,nem ve eski akım verileri kullanarak akım verileri tahmin edildi. Bu aşamada 30.09.1979 ile 30.08.1997 tarihleri arasındaki toplam 214 aylık veri yapay sinir ağları uygulamasında kullanılmıştır.Bu verilerin 172 ayı (1979 Ekim - 1993 Ocak) eğitim, 42 ayı (1993 Şubat – 1997 Ağustos) ise test aşamasında kullanılmıştır.Aktivasyon fonksiyonu olarak uygulamada tanjant hiperbolik fonksiyonu kullanılmıştır. Çıktı tabakasında 1 tane değer olması ve gizli tabakada 60 nöron bulunması kabulleri ile değişik girdi tabakası değerleri için akım elde edildi. Bu denemelerde girdi tabakasına periyodik bileşen ve önceki ayların değerleri konulmuştur. Bu denemelerin sonuçları aşağıda Tablo 6.4 ’de sunulmuştur.

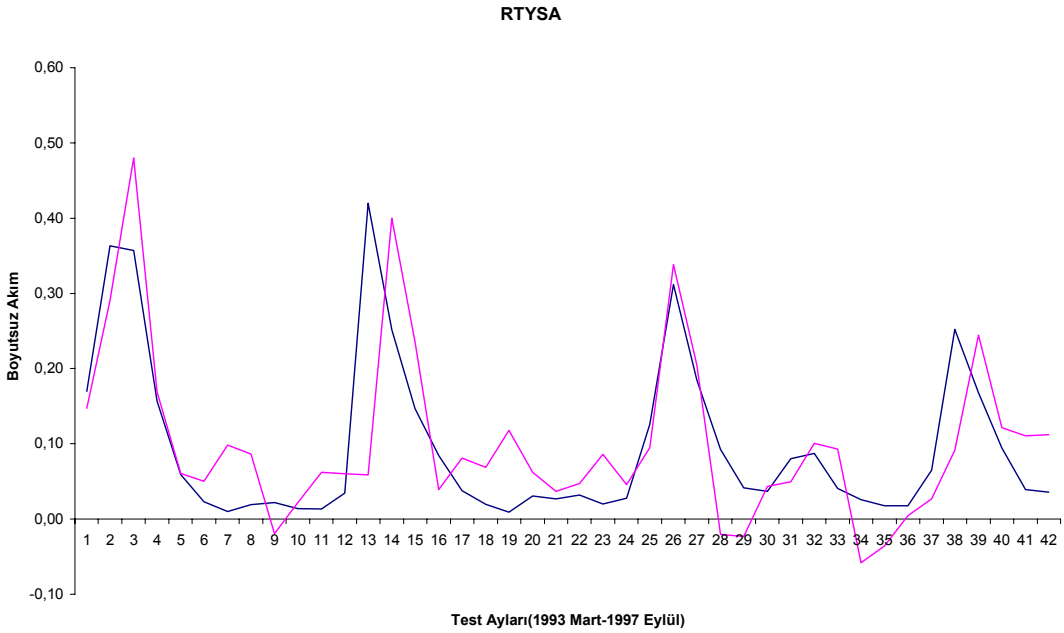
Tablo 6.4: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları İle Akım Tahmini Sonuçları

Girdi Tabakası Hücreleri	Yayılma para-metresi	çıktı tabakası Hücreleri	Eğitim Verisi sayısı	Test Verisi sayısı	Ortalama kare hata (m^6/s^2)	R^2
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t)	0.7	Q(t)	172	42	90.76	0.117
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	0.6	Q(t)	172	42	30.42	0.389
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	0.7	Q(t)	172	42	25.56	0.412
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	0.7	Q(t)	172	42	**14.47**	**0.547**
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	0.5	Q(t)	172	42	15.52	0.513

Girdi tabakasına meteorolojik gözlem değerlerine ek olarak önceki ayların akım veriside eklendiği zaman sonuçlarda olumlu gelişmeler olmuştur.Değişik girdi hücreleride denenerek sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.Radyal tabanlı model olarak en iyi tahmin neticesinde belirlilik katsayısı (R^2 = 0.547) olurken o.k.h ise 14.47 (m^6/s^2) olarak bulunmuştur. Şekil 6.1’de YSA sonucuna ait saçılma diyagramı, hidrograf ise Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.1: Gözlenen akımlar ve RTYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması



Şekil 6.2: RTYSA ile test süresi için elde edilen akım değerleri

6.3 İleri Beslemeli Geriye Yayınımlı Yapay Sinir Ağı Modeli

Aynı şekilde havzadaki meteoroloji istasyonlarına ait aylık toplam yağış,aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama nem değerleri ile aylık ortalama akım değerlerinin en uzun süreli ortak ölçüm zamanı olan 30.09.1979 ile 30.08.1997 tarihleri arasındaki toplam 214 aylık veri kullanılmıştır.Bu verilerin 172 ayı (1979 Ekim - 1993 Ocak) eğitim, 42 ayı (1993 Şubat – 1997 Ağustos) ise test aşamasında kullanılmıştır.

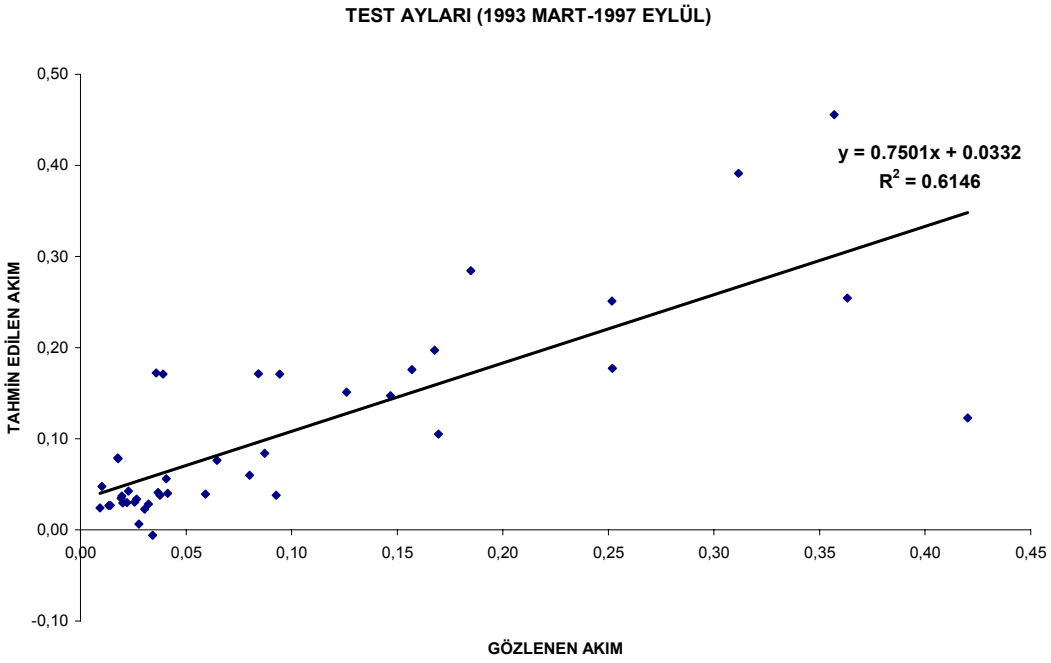
Aktivasyon fonksiyonu olarak uygulamada tanjant hiperbolik fonksiyonu kullanılmıştır.Oluşturulan YSA mimarisinde girdi tabakasındaki hücre sayısına bakılırken ilk yaklaşım olması bakımından yağış,sıcaklık ve nem değerlerinin akım ile olan korelasyon katsayılarına bakılarak karar verilmiş, farklı girdi hücre sayıları ile karşılaştırılmıştır.Tablo 6.5'de farklı YSA mimarileri için yapılan uygulamalar özetlenmiştir.

Tablo 6.5: İleri Beslemeli Geriye Yayılımlı YSA İle Akım Tahmini Sonuçları

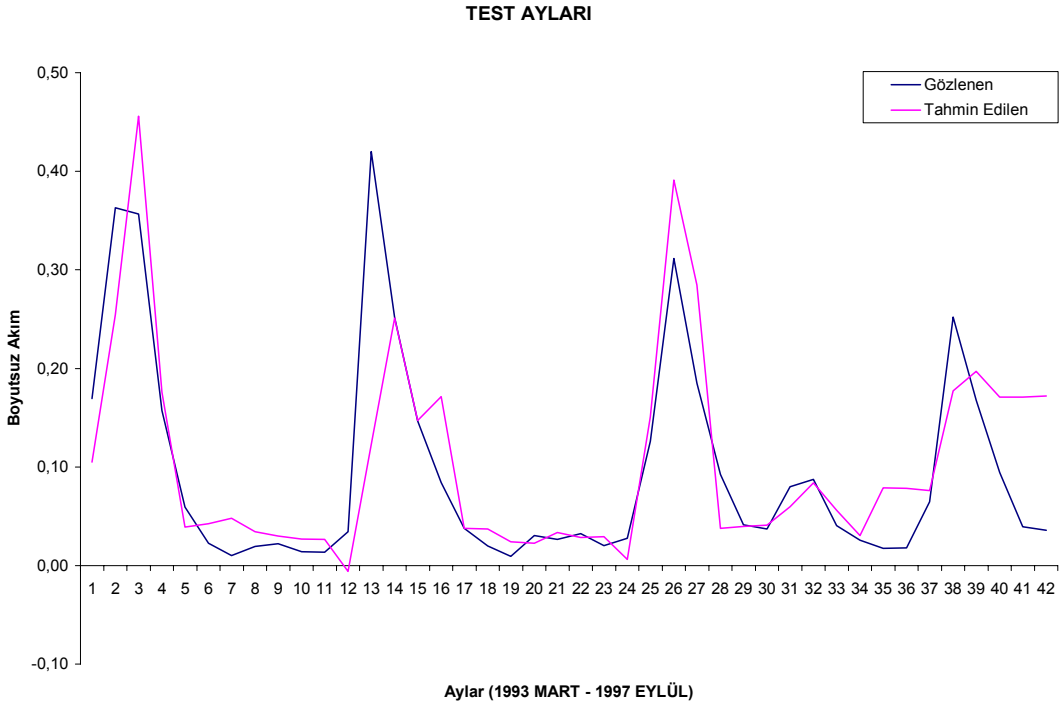
Girdi Tabakası Hücreleri	Gizli Tabakada-ki Hücre Sayısı	İterasyon Sayısı	Eğitim Verisi sayısı	Test Verisi sayısı	Ortalama kare hata (m^6/s^2)	R^2
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t)	4	100	172	42	90.43	0.105
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	4	150	172	42	40.74	0.386
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	5	200	172	42	13.92	0.497
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	5	300	172	42	**10.96**	**0.615**
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	5	800	172	42	20.22	0.578

Farklı girdi tabaka hücre sayısı ile değişik iterasyon sayılarında denemeler yapılmıştır.Buradaki karar verilmesi gereken önemli naoktalardan birisi gizli tabakadaki hücre sayısına karar vermek olup, literatürde bu konuda kesin bir saptama bulunmamaktadır.Genellikle araştırmacılar bu konu hakkında deneme-yanılma yoluna gitmişlerdir.Bu çalışmada ise YSA' nın hatasını önceki mimari yapısı ile kıyaslayarak; en küçük hataya ulaşılıncaya kadar denemelere devam edilmiştir.En uygun tabaka (5),belirlilik katsayısı (R^2 = 0.615) ve o.k.h (10.96 m^6/s^2) bulunarak

işleme son verilmiştir.Bu çalışma için en yüksek belirlilik katsayısını ve en düşük o.k.h değeri İBGYSA modeli ile elde edilmiştir. Şekil 6.3'de İBGYSA mimarisi ile bulunan saçılma diyagramı ve Şekil 6.4'te ise hidrograf verilmiştir.



Şekil 6.3: Gözlenen akımlar ve İBGYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması



Şekil 6.4: İBGYSA ile Test Süresi İçin Elde Edilen Akım Değerleri

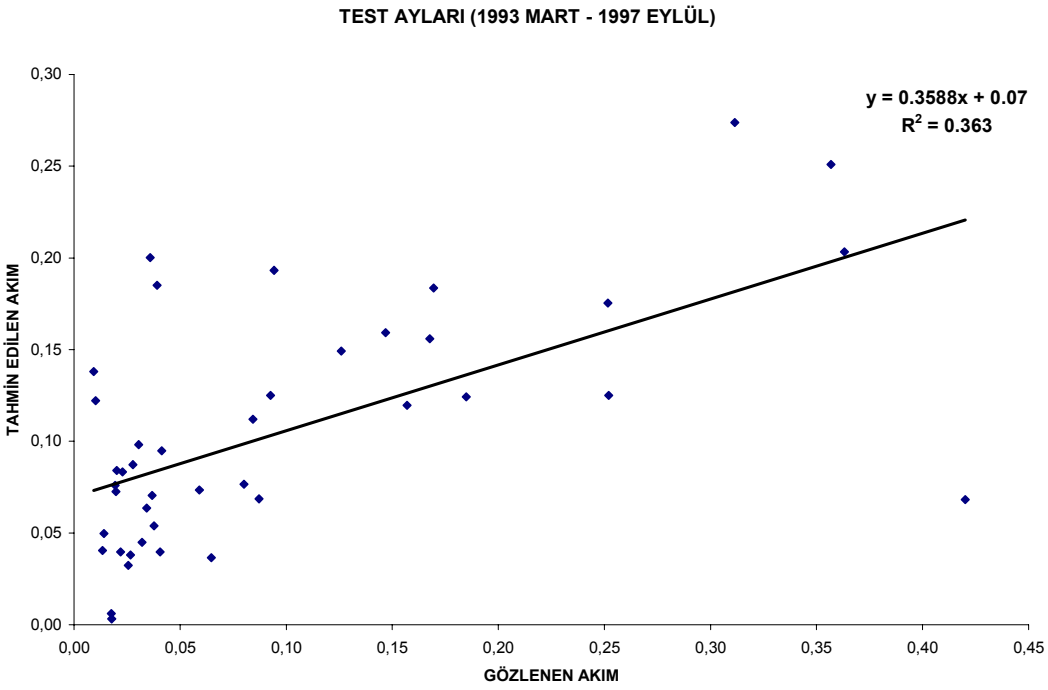
6.4 Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı Modeli

Diğer YSA metotlarında olduğu gibi 30.09.1979 ile 30.08.1997 tarihleri arasındaki toplam 214 aylık veri kullanılmıştır.Bu verilerin 172 ayı (1979 Ekim - 1993 Ocak) eğitim, 42 ayı (1993 Şubat – 1997 Ağustos) ise test aşamasında kullanılmıştır.Aktivasyon fonksiyonu olarak uygulamada tanjant hiperbolik fonksiyonu kullanılmış; girdi ve çıktı değerleri ayrı ayrı 0.1 ile 0.9 arasında ölçeklendirilmiştir.Genelleştirilmiş regresyon sinir ağında düzeltme parametresi "S" için uygun olan katsayı değeri deneme-yanılma şeklinde araştırılmıştır.Çünkü uygun bir düzeltme parametresi seçimi halinde GRYSA bir seferde değişmeyen tek bir sonuca ulaşmaktadır.Model yapay sinir ağları işlemlerinin yapılabildiği MATLAB 7.0 adlı bilgisayar programında yazılan çözüm algoritması kullanılarak hazırlanmıştır. Tablo 6.6'da yapılan YSA çalışmaları özetlenmiştir.

Tablo 6.6: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları İle Akım Tahmini Sonuçları

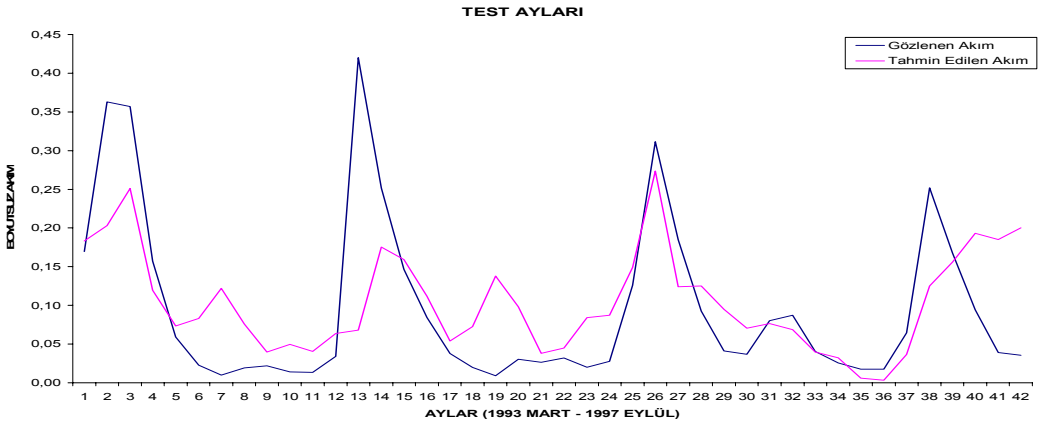
Girdi Tabakası Hücreleri	Yayılma para-metresi (S)	çıktı tabakası Hücreleri	Eğitim Verisi sayısı	Test Verisi sayısı	Ortalama kare hata (m^6/s^2)	$\mathbf{R^2}$
(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t)	0.04	Q(t)	172	42	67.89	0.102
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	0.03	Q(t)	172	42	20.21	0.185
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	0.04	Q(t)	172	42	18.03	0.197
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	0.03	Q(t)	172	42	**16.68**	**0.363**
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	0.05	Q(t)	172	42	30.72	0.217

En uygun yayılma parametresi 0.03 olarak bulunmuş olup; bu YSA modelinde belirlilik katsayısı (R^2 = 0.363), o.k.h ise (16.68 m^6/s^2) olarak bulunmuştur. Genelleştirilmiş regresyon sinir ağı ile elde edilen tahmin değerleri ve gözlenen değerler arasındaki ilişki test safhası için Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5: Gözlenen akımlar ve GRYSA ile elde edilen akımların karşılaştırılması

Gözlenen ve tahmin edilen boyutsuz akım değerlerini gösteren hidrograf ise Şekil6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6: GRYSA İle Test Süresi İçin Elde Edilen Akım Değerleri

6.5 Çok Değişkenli Regresyon Modeli (ÇDR)

Akım (Q_t) bağımlı değişkeninin, X_1=Yağış, X_2=Sıcaklık, X_3=Nem olmak üzere 3 bağımsız değişkene bağlı olarak değiştiği kabul edilerek;

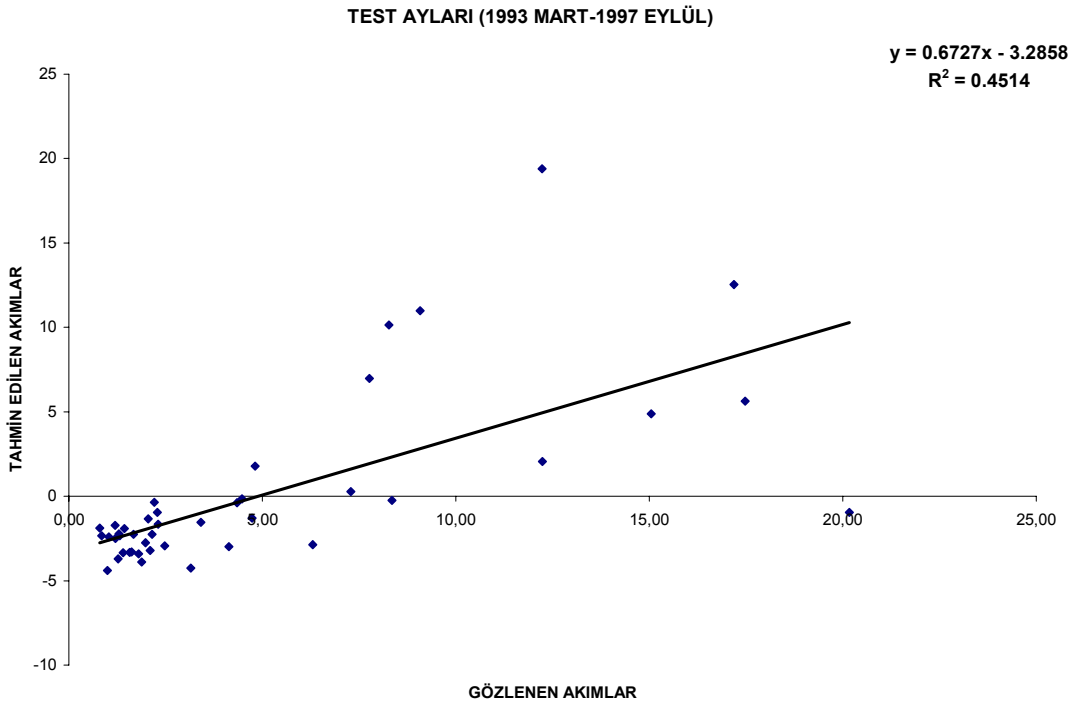
$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \qquad \textbf{(6.3)}$$

denklemi kurulmuş ve akım değerinin beklenen değeri hesap edilmiştir.Burada $Y=(Q_t)$ olarak düşünülerek, a,b_1,b_2,b_3 regresyon katsayıları basit regresyondakine benzer şekilde gözlem noktalarının regresyon denkleminin gösterdiği düzlemden uzaklıklarının kareleri toplamını minimum yapacak şekilde hesaplanmıştır. Tablo 6.7 'de ÇDR ile yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

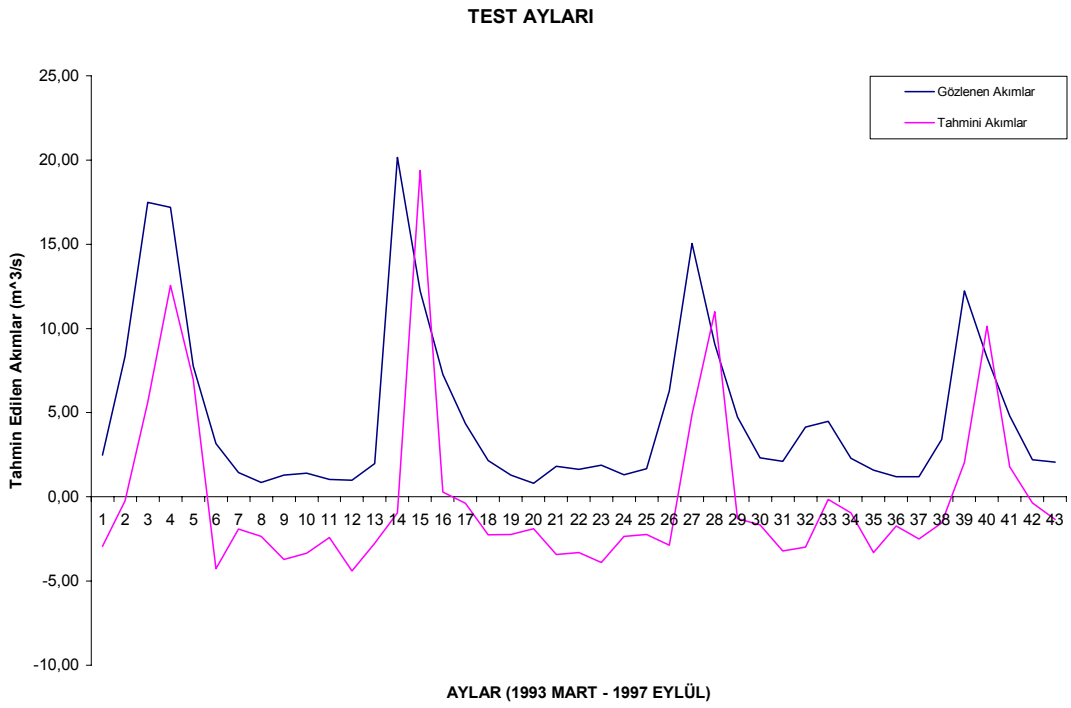
Tablo 6.7: ÇDR İle Akım Tahmini Sonuçları

Girdi Tabakası Hücreleri	Kalibrasyon	Test Ayları	Ortalama kare hata (m^6/s^2)	**R^2**
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t)	173	43	81.20	0.120
R(t),R(t-1),N(t),N(t-1),T(t), Q(t-1)	173	43	31.55	0.335
R(t),R(t-1),R(t-2)N(t), N(t-1),T(t),Q(t-1),Q(t-2)	173	43	**40.30**	**0.451**

Kalibrasyon olarak 173 aylık ort. akım değerleri kullanılmıştır.Test ayları olarak ise 43 aylık zaman dilimi kullanılmış olup; geçmiş akım değerleri modele katıldıktan sonra belirlilik katsayısı ($R^2 = 0.451$) önemli oranda artmış, ortalama kare hatası ise (okh = 40.30 m^6/s^2) azalmıştır.Şekil 6.7 ' de gözlenen akımlar ile ÇDR tahmin akımları verilmiştir.Şekil 6.8' de ise ÇDR ile test süresi içinde elde edilmiş akımlar verilmiştir.



Şekil 6.7: Gözlenen Akımlar İle ÇDR Tahmin Akımlarının Karşılaştırılması



Şekil 6.8: ÇDR İle Test Süresi İçinde Elde Edilmiş Akım Değerleri

7 SONUÇLAR

Genel olarak tüm yapılan modellemelerin sonuçlarına Tablo 6.8 ‘de göz atacak olursak;

Tablo 7.1: Akım Modellerinin Performans Karşılaştırması

	R^2	O.K.H (m^6/s^2)
ÇDR	0.451	40.30
GRYSA	0.363	16.68
RTYSA	0.547	14.47
İBGYSA	**0.615**	**10.96**

en yüksek belirlilik katsayısı (R^2 = 0.615) ve en düşük ortalama kare hatası($10.96m^6/s^2$) olarak İBGYSA mimarisi ile sağlanmış olup, en düşük belirlilik katsayısı ise GRYSA mimarisi sonucu ortaya çıkmıştır. ÇDR metodu diğer iki YSA metoduna göre düşük belirlilik katsayısı vermekle beraber GRYSA metoduna göre daha iyi sonuç vermiştir.

GRYSA metodu ise uygun bir saçılma parametresi seçildikten sonra bir seferde değişmeyen tek bir sonuca ulaşmakta, fakat veri sayısı az olduğu zaman uygun tahminler üretememektedir. Ayrıca GRYSA metodu eğitim verisinin ekstrem değerlerinin dışındaki değerleri barındıran test verisini gördüğünde özellikle maksimum değerlerde daha düşük tahminler vermekte ve bu nedenle daha düşük belirlilik katsayısı ve daha yüksek OKH değerleri elde edilmektedir.

RTYSA ise verileri girdi tabakasından saklı tabakaya aktarırken kümeleme işlemi yapmakta ve ağırlıklara rastgele küçük sayılar atayarak belirli bir yakınsaklığı elde edene kadar çıktı hesap etmeye devam etmektedir.Verilerin kümelenme işleminde atanan ağırlıklar ise geriye yayılma ilkesine düzeltilmektedir.RTYSA verileri kümeleme işlemi uygulayarak aldığı için küçük veri setlerinde yüksek performans sağlayamamaktadır.

İBGYSA metodu ile en iyi sonucu elde etmek için birçok sayıda simülasyon yapılmış, başlangıç ağırlık değerleri en küçük karesel hataya ulaşılıncaya kadar adım adım değiştirilmiştir.Yapay sinir ağının girdi tabakasına meteorolojik gözlem değerlerine ilave olarak geçmiş akım değeri alındığı zaman sonuçlar belirgin bir şekilde düzelmiştir.

İBGYSA ile elde edilen sonuçlar regresyon analizi ve diğer modelleme metotlarının neticeleriyle kıyaslanmış ve daha başarılı bulunmuştur.

Genel olarak ekstrapolasyon yapılması gerektiğinde tercih edilmesi gereken YSA metodlarının daha ziyade İBGYSA ve RTYSA olduğu görülmüştür. Buna karşın bu iki metod bazı durumlarda düşük akım değerleri için negatif tahminler verebilmekte, GRYSA kullanıldığında ise bu sorunla karşılaşılmamaktadır.

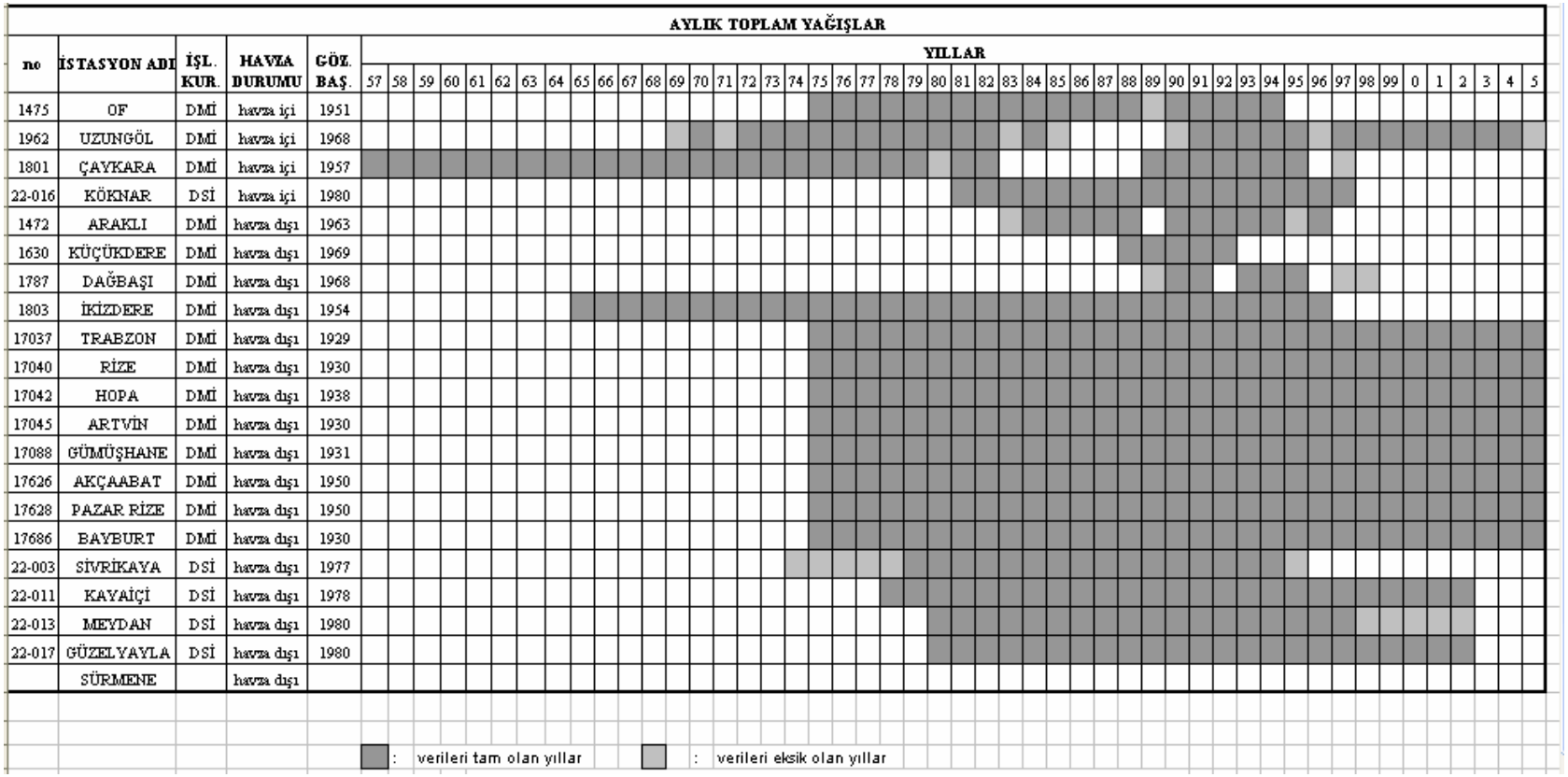
Klasik yöntemlerden farklı olarak havza parametreleri arasındaki ilişki aranırken hiçbir kabul yapılmamaktadır.İstatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan modellemelerde ön kabuller olarak;

a) Veriler veya aralarındaki ilişkiden arta kalan terimlerin mutlaka normal dağılıma uyması,
b) Verilerin içinde istatistiksel parametrelerin veri sayısı arttıkça değişmemesi gerekliliği ki bu ortalama,varyans vb. gibi parametrelerin sabit olduğu kabulünü getirir,
c) Model sonrası yapılan hataların birbirinden doğrusal olarak bağımsız olduğu,
d) Verilerin saçılma diyagramlarında mutlaka belirli bir matematiksel gidişin (trend) bulunması,

gibi çeşitli önşartlar olmasına karşılık YSA modellemesinde hiçbir önşart veya kabul yoktur.YSA'lar klasik çözümleme algoritması olmayan durumlarda veya çok karmaşık olayların çözümlenmesinde bile doğrudan kullanılabilir.

EKLER

Tablo A.1: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Toplam Yağış verilerinin yıllara göre dağılımı



| AYLIK TOPLAM YAĞIŞLAR | | | | | YILLAR | | | | |

Tablo A.2: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Verilerinin Yıllara Göre Dağılımı

no	İSTASYON ADI	İŞLETEN KURUM	HAVZA DURUMU	GÖZLEM BAŞLANGICI	YILLAR
					75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 0 1 2 3 4 5
1475	OF	DMİ	havza içi	1951	
1962	UZUNGÖL	DMİ	havza içi	1968	
1801	ÇAYKARA	DMİ	havza içi	1957	
22-016	KÖKNAR	DSİ	havza içi	1980	
1472	ARAKLI	DMİ	havza dışı	1963	
1630	KÜÇÜKDERE	DMİ	havza dışı	1969	
1787	DAĞBAŞI	DMİ	havza dışı	1968	
1803	İKİZDERE	DMİ	havza dışı	1954	
17037	TRABZON	DMİ	havza dışı	1929	
17040	RİZE	DMİ	havza dışı	1930	
17042	HOPA	DMİ	havza dışı	1938	
17045	ARTVİN	DMİ	havza dışı	1930	
17088	GÜMÜŞHANE	DMİ	havza dışı	1931	
17626	AKÇAABAT	DMİ	havza dışı	1950	
17628	PAZAR RİZE	DMİ	havza dışı	1950	
17686	BAYBURT	DMİ	havza dışı	1930	
22-003	SİVRİKAYA	DSİ	havza dışı	1977	
22-011	KAYAİÇİ	DSİ	havza dışı	1978	
22-013	MEYDAN	DSİ	havza dışı	1980	
22-017	GÜZELYAYLA	DSİ	havza dışı	1980	
	SÜRMENE	DMİ	havza dışı		

: verileri tam olan yıllar : verileri eksik olan yıllar

Tablo A.3: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Nem Verilerinin Yıllara Göre Dağılımı

no	İSTASYON ADI	İŞLETEN KURUM	HAVZA DURUMU	GÖZLEM BAŞLANGICI	YILLAR																														
					75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	2	3	4	5
1475	OF	DMİ	havza içi	1951																															
1962	UZUNGÖL	DMİ	havza içi	1968																															
1801	ÇAYKARA	DMİ	havza içi	1957																															
22-016	KÖKNAR	DSİ	havza içi	1980																															
1472	ARAKLI	DMİ	havza dışı	1963																															
1630	KÜÇÜKDERE	DMİ	havza dışı	1969																															
1787	DAĞBAŞI	DMİ	havza dışı	1968																															
1803	İKİZDERE	DMİ	havza dışı	1954																															
17037	TRABZON	DMİ	havza dışı	1929																															
17040	RİZE	DMİ	havza dışı	1930																															
17042	HOPA	DMİ	havza dışı	1938																															
17045	ARTVİN	DMİ	havza dışı	1930																															
17088	GÜMÜŞHANE	DMİ	havza dışı	1931																															
17626	AKÇAABAT	DMİ	havza dışı	1950																															
17628	PAZAR RİZE	DMİ	havza dışı	1950																															
17686	BAYBURT	DMİ	havza dışı	1930																															
22-003	SİVRİKAYA	DSİ	havza dışı	1977																															
22-011	KAYAİÇİ	DSİ	havza dışı	1978																															
22-013	MEYDAN	DSİ	havza dışı	1980																															
22-017	GÜZELYAYLA	DSİ	havza dışı	1980																															
	SÜRMENE	DMİ	havza dışı																																

: verileri tam olan yıllar : verileri eksik olan yıllar

Tablo A.4: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Buharlaşma verilerinin yıllara göre dağılımı

no	İSTASYON ADI	İŞLETEN KURUM	HAVZA DURUMU	GÖZLEM BAŞLANGICI	YILLAR																																			
					74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	2	3	4	5
1475	OF	DMİ	havza içi	1951																																
1962	UZUNGÖL	DMİ	havza içi	1968																																
1801	ÇAYKARA	DMİ	havza içi	1957																																
22-016	KÖKNAR	DSİ	havza içi	1980																																
1472	ARAKLI	DMİ	havza dışı	1963																																
1630	KÜÇÜKDERE	DMİ	havza dışı	1969																																
1787	DAĞBAŞI	DMİ	havza dışı	1968																																
1803	İKİZDERE	DMİ	havza dışı	1954																																
17037	TRABZON	DMİ	havza dışı	1929																																
17040	RİZE	DMİ	havza dışı	1930																																
17042	HOPA	DMİ	havza dışı	1938																																
17045	ARTVİN	DMİ	havza dışı	1930																																
17088	GÜMÜŞHANE	DMİ	havza dışı	1931																																
17626	AKÇAABAT	DMİ	havza dışı	1950																																
17628	PAZAR RİZE	DMİ	havza dışı	1950																																
17686	BAYBURT	DMİ	havza dışı	1930																																
22-003	SİVRİKAYA	DSİ	havza dışı	1977																																
22-011	KAYAİÇİ	DSİ	havza dışı	1978																																
22-013	MEYDAN	DSİ	havza dışı	1980																																
22-017	GÜZELYAYLA	DSİ	havza dışı	1980																																
	SÜRMENE	DMİ	havza dışı																																	

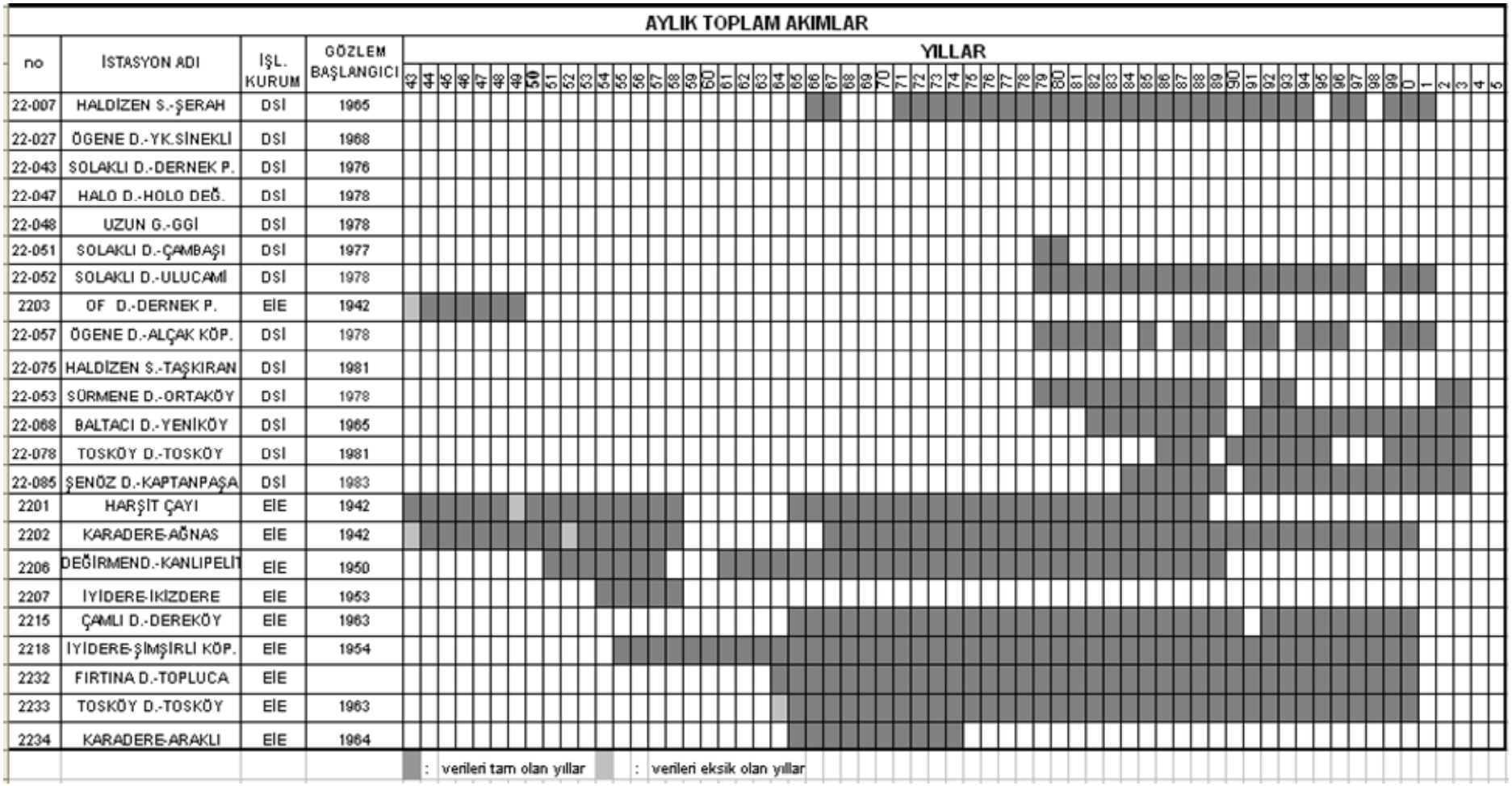
: verileri tam olan yıllar : verileri eksik olan yıllar

Tablo A.5: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Ortalama Basınç verilerinin yıllara göre dağılımı

no	İSTASYON ADI	İŞLETEN KURUM	HAVZA DURUMU	GÖZLEM BAŞLANGICI	YILLAR																																			
					75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	2	3	4	5
1475	OF	DMİ	havza içi	1951																																				
1962	UZUNGÖL	DMİ	havza içi	1968																																				
1801	ÇAYKARA	DMİ	havza içi	1957																																				
22-016	KÖKNAR	DSİ	havza içi	1980																																				
1472	ARAKLI	DMİ	havza dışı	1963																																				
1630	KÜÇÜKDERE	DMİ	havza dışı	1969																																				
1787	DAĞBAŞI	DMİ	havza dışı	1968																																				
1803	İKİZDERE	DMİ	havza dışı	1954																																				
17037	TRABZON	DMİ	havza dışı	1929																																				
17040	RİZE	DMİ	havza dışı	1930																																				
17042	HOPA	DMİ	havza dışı	1938																																				
17045	ARTVİN	DMİ	havza dışı	1930																																				
17088	GÜMÜŞHANE	DMİ	havza dışı	1931																																				
17626	AKÇAABAT	DMİ	havza dışı	1950																																				
17628	PAZAR RİZE	DMİ	havza dışı	1950																																				
17686	BAYBURT	DMİ	havza dışı	1930																																				
22-003	SİVRİKAYA	DSİ	havza dışı	1977																																				
22-011	KAYAİÇİ	DSİ	havza dışı	1978																																				
22-013	MEYDAN	DSİ	havza dışı	1980																																				
22-017	GÜZELYAYLA	DSİ	havza dışı	1980																																				
	SÜRMENE	DMİ	havza dışı																																					

: verileri tam olan yıllar : verileri eksik olan yıllar

Tablo A.6: Karadeniz Bölgesindeki Bazı İstasyonlara Ait Aylık Toplam Akım verilerinin yıllara göre dağılımı



KAYNAKLAR

Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Conenell, P.E.& Rasmussen, J., 1986. An Introduction to the European Hydrological System-Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 1:History and philosophy of physically-based, distributed modelling system. *J.Hydrol*. 87, p:45-59 1986.

Abbott, M.B., Bathurst, J. C., Cunge, J. A., O'Connell, P. E., and Rasmussen, J., 1986 a. An introduction to the European Hydrologic System-Systeme Hydrologique Europeen, SHE, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modeling system, *J. Hydrol*., 87, 45–59.

Abbott, M. B., Bathurst, J. C., Cunge, J. A., O'Connell, P. E., and Rasmussen, J., 1986b, An introduction to the European Hydrologic System-Systeme Hydrologique Europeen, SHE, 2: Structure of a physically-based, distributed modeling system*, J. Hydrol*., **87**, 61– 77

Ahmad S., Simonıvic S.P., 2005**.** An artificial neural network model for generating hydrograph from hydro-meteorological parameters. *Journal Of Hydrology* **315** (1-4): 236-251 Dec 10 2005

Alp., M., Cığızoğlu H.K., 2007. Suspended sediment load simulation by two artificial neural network methods using hydrometeorological data. *Environmental Modelling & Software* **22** (1): 2-13

Alvisi S., Mascellani G., Franchini M., Bardossy A., 2006. Water level forecasting through fuzzy logic and artificial neural network approaches Hydrology And Earth System Sciences **10** (1): 1-17

Amorocho, J. & Hart, W.E., 1964. A critique of current methods in hyrologic systems investigation.

Anctil F., Tape D.G. , An exploration of artificial neural network rainfall-runoff forecasting combined with waveled decomposition. Journal Of Environmental Engineering And Science 3: p:121-128 2004.

Anctil., F., Lauzon., N., Andressian V., Oudin., L., Perin C., 2006 Improvement of rainfall-runoff forecasts through mean areal rainfall optimization" Journal Of Hydrology 328 (3-4): 717-725

Anctil F., Perin C., Andressian V., 2004. **"**Impact of the lenght of observed records on the performance of ANN and of conceptual parsimonious rainfall-runoff forecasting models". Environmental Modelling & Software 19 (4): 357-368

Anderson,J. , 1983. Cognitive and psychological computation with neural models, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-13, No.5, pp.799-814

Antar M.A., Elassiouti I., Alam M.N., 2006 Rainfall-runoff modelling using artificial neural Networks technique: a Blue Nile catchment case study, Hydrological Processes 20 (5): 1201-1216

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., and Williams, J. R., 1998, Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development, J. Am. Water Resour. Assoc., 34(1), 73–89.

Barnes, B. S., 1940, Discussion on analysis of runoff characteristics by O. H. Meyer, Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 105, 104–106.

Bathurst, J. C., Wicks, J. M., and O'Connell, P. E., 1995, Chapter 16: The SHE/SHESED basin scale water flow and sediment transport modeling system, Computer models of watershed hydrology, V. P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colo. 563–594.

Bayazıt M.,1998. İTÜ Hidrolojik Modeller, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Bayazıt, M., 1979. Sentetik Hidrolojiye Eleştirel Bir Bakış, I. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, Pp. 1-17, DSİ, TÜBİTAK, İTÜ, 12-14 Kasım 1979, İstanbul.

Beven, K.J., 2001 In Rainfall-Runoff modelling the Primer. John Wileys & Sons, Ltd.

Beven, K. J., and Kirkby, M. J., 1979. A physically-based variablecontributing area model of basin hydrology, Hydrol. Sci. Bull., 24(1), 43–69.

Box, G.E.P. ve Jenkins, G.M., 1976. Time series analysis, forecasting and control. Holden Day Inc., San Francisco, California.

Boughton W., Chiew F. 2006. Estimating runoff in ungauged catchments from rainfall, PET and the AWBM model, Environmental Modelling & Software 22: 476-487

Boogard, H., Gautam, D.K. ve Mynett, A.E, 1998. Auto-regressive neural Networks for the modelling of time series, Hydroinformatics Conference, Copenhagen.

Brahm A., Varas E., 2003. Learning Time reduction in artificial neural Networks applied to hydrology, Ingenieria Hidraulica En Mexico 18 (2):69-82

Bruton J.M., M.c. Clendon R.W., Hoogenboom G. 2000, Estimating daily pan evaporation with artificial neural Networks,Transaction Of The Asae 43 (2): 491-496

Chang F.J., Liang J.M., Chen Y.C., 2001. Flood forecasting using radial basis function neural Networks, IEEE Transactions on systems man and cybernetics Part C- Applications And Reviews 31 (4): 530-535

Cığızoğlu H.K., 2002a. Suspended sediment estimation and forecasting using artificial neural Networks", Turkish Journal Of Engineering & Environmental Sciences, 26, 1, 2002.

Cığızoğlu H.K., 2002b. Suspended sediment estimation using artificial neural networks and sediment rating curves, Turkish Journal Of Engineering & Environmental Sciences, 26, 1, (2002).

Cığızoğlu H.K., 2002c. Filling missing suspended sediment data by artificial neural Networks, XIV. International Conference on Computational Methods in Water Resources, Delft, Netherlands 23-28 June 2002.

Cığızoğlu H.K., 2002d**.** Intemittent river flow forecasting by artificial neural Networks,XIV. International Conference on Computational Methods in Water Resources, Delft, Netherlands 23-28 June 2002 1653-1660.Elsevier Publ. 47,Amsterdam,The Netherlands

Cığızoğlu H.K., 2002e. Forecasting of meteorologic data by artificial neural Networks, Advanced in Soft Computing, 11-15 June, Zakopane, Poland, 2002

Cığızoğlu H.K., 2003.Estimation, forecasting and extrapolation of river flows by artificial neural Networks, Hydrological Sciences Journal, 48(3), p:349-361.

Cığızoğlu H.K., 2004. Estimation and forecasting of daily suspended sediment data by multi layer perceptrons" Advanced in Water Resources,27, p:185 195.

Cığızoğlu H.K. and Alp, M., 2004**.** Rainfall-Runoff Modelling Using Three Neural Network Methods, Artificial Intelligence and Soft Computing- ICAISC 2004 Lecture notes in Artificial Intelligence, 3070, p:166-171 2004.

Cığızoğlu H.K., 2005**.** Application of the Generalized Regression Neural Networks to Intermittent Flow forecasting and estimation, ASCE Journal Of Hydrologic Engineering

Cığızoğlu H.K., and Kisi, O., 2005**.** Flow Prediction by three Back propagation techniques Using k-fold Partitioning of Neural Network Training Data" Nordic Hydrology, 36 (1).

Clarke, R.T., 1973a. A Review of Some Mathematical Models Used in Hydrology, With Observations on Their Calibration and Use, J. Hydrol., 19, 1-20.

Clarke, R.T., 1973b. Mathematical Models In Hydrology, FAO, Irrigation and Drainage Paper, 19, Rome.

Clarke, R.T., 1977. Problems And Methods Of Univariate Synthetic Hydrology, in Mathematical Models For Surface Water Hydrology, Ed. by T.A. Ciriani, U. Maione, and J.R. Wallis, John Wiley & Sons, Chichester, Pp. 3-17.

Coşkun, H.G., 2006. An Integrated Approach For Disaster Forecast and Prevention in the NATO Countries with Remote Sensing and GIS Technologies, NATO-Science Series C, NATO-ARW "Integration of Information for Security", Springer (in press).

[**Coşkun, H.G., Algancı, U., Usta, G.,** 2006a. The Role of Remote Sensıng and GIS for Securıty –Omerli Dam Example, NATO-Science Series C, NATO-ARW Integration of Information for Security, Springer (in press).

Coşkun, H. G., Gülergün, Ö., Yılmaz, L., 2006b. Monitoring of Protected Bands of Terkos Drinking Water Reservoir of Metropolitan Istanbul Near the Black Sea Coast Using Satellite Data, International Journal of Applied Earth Observationand Geoinformation, 8:49–60.

Coulibaly P., Anctil F., Bobee B., 1999. Hydrological forecasting with artificial neural Networks, The state of the art Canadian Journal Of Civil Engineering 26 (3): 293-304

Croke, B.F.W., Andrews, F., Jakeman, A.J., Cuddy, S.M., Luddy, A., 2006. IHACRES Classic Plus: A redesign of the IHACRES rainfall-runoff model, Environmental Modelling & Software, 21:426-427

Cummings, N. W., 1935. Evaporation from water surfaces: Status of present knowledge and need for further investigations, Trans., Am. Geophys. Union, 16(2), 507–510.

Danh N.T., Phien H.N., Das Grupta A., 1999**.** Neural network models for river flow forecasting, Water SA 25 (1): 33-39

Dawson C.W. , Wilby R.L., 1999**.** A Comparision of Artificial Neural Networks used for river flow forecasting, Hydrology And Earth System Sciences 3 (4): 529-540 DEC 1999

Dawson C.W., Wilby R.L., 1998**.** An Artificial Neural Network approach to rainfall-runoff modelling, Hydrological Sciences Journal- Journal Des Sciences Hydrologiques 43 (1): 47-66 Feb.1998

Dawson C.W., Wilby R.L., 2001. Hydrological modelling using artificial neural Networks, Progress In Physical Geography 25 (1): 80-108

Dibike Y.B., Solomatine D.P., 2001. " River flow forecasting using artificial neural Networks" Physics And Chemistry Of The Earth Part B-Hydrology Oceans And Atmosphere 26 (1): 1-7

Djebbar, Y. ve Alila, Y., 1998. Neural network estimation of sanitary flows, Hydroinformatics Conference, poster presentation, Copenhagen

Eberhart, R.C. ; Dobbins, R.W. 1990. Neural Network PC tools: A practical guide

Elshorbagy A., Simonovic S.P., Panu U.S., 2002**.** Estimation of missing streamflow data using principles of chaos theory, Journal Of Hydrology 255 (1-4): 123-133

Engman, E. T., and Gurney, R. J., 1991. Remote sensing in hydrology, Chapman and Hall, London.

Feldman, A. D., 1981**.** HEC models for water resources system simulation: Theory and experience, Adv. Hydroscience, 12, 297–423.

Ferrick M.G., 2005. Simple wave and monoclinical wave models: River flow surge applications and implications, Water Resources Research 41 (11)

Freiwan, M. and Cığızoğlu H.K., 2005**.** Prediction of total monthly rainfall in Jordan using feed forward backpropagation method, Fresenius Environmental Bulletin, 14 (1), 2005.

Green, W. H., and Ampt, C. A., 1911**.** Studies on soil physics: 1. Flow of water and air through soils, J. Agric. Sci., 4, 1–24.

Hall, M. J.; Minns, A., 1998**.**Regional flood frequency analysis using artificial neural networks, Hydroinformatic Conference, Copenhagen,

Hebb D., 1949. The organization of behaviour,Willey, New York

Hettiarachchi P., Hall M.J., Minns A.W., 2005. The extrapolation of artificial neural Networks for the modelling of rainfall-runoff relationships, Journal Of Hydroinformatics 7 (4): 291-296

Hipel, K.W., 1993a. Philosophy of Model Building, in Stochastic Hydrology and its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, ed. by J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 25-45.

Hipel, K.W., 1993b. Practical Results in Simulation and Forecasting, in Stochastic Hydrology and its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, ed. by J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas , Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 175-188.

Hopfield, J., 1982**.** Neural Networks and physical systems withh emergent collective computational abilities, Proc.Nat.Acad.Sci.,V.79, pp.2254-2258

Horton, R. E., 1939**.** Analysis of runoff plot experiments with varying infiltration capacities, Trans., Am. Geophys. Union, 20(IV), 683–694.

Horton, R. E., 1919. Rainfall interception, Monthly Weather Rev.,147, 603–623.

Hsu K.L., Gupta H.V., Gao X.G., Sorooshian S., Imam B., 2002**.** "Self-organising linear output map (SOLO): An artificial neural network suitable for hydrologic modelling and analysis" Water Resources Research 38 (12): Art No.1302

Hsu., K.L., Gupta H.V., Sorooshian S., 1995. Artificial Neural network modelling of the rainfall-runoff process, Water Resources Research 31 (10): 2517-2530.

Huber, W. C., 1995**.** Chapter 22: EPA storm water management model SWMM, Computer models of watershed hydrology, V. P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colo.

Huber, W. C., and Dickinson, R. E., 1988. Storm water management model user's manual, version 4, Rep. No. EPA/600/3-88/001a, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Ga.

Huggins, L. F., and Monke, E. J., 1970. Mathematical simulation of hydrologic events of ungaged watersheds.''Water Resources Research Center, Tech. Rep. No. 14, Purdue Univ., West Lafayette, Ind.

Hydrologic Engineering Center (HEC). , 2000. Hydrologic modeling system HEC-HMS user's manual, version 2, Engineering, U.S.Army Corps of Engineers, Davis, California

Hydrologic Engineering Center (HEC)., 1981. HEC-1 flood hydrographpackage: Users manual, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, Calif.

Jacob, C. E., 1943**.** Correlation of groundwater levels and precipitation on Long Island, New York: 1. Theory, Trans. Am. Geophys. Union, 24, 564–573.

Jacob, C. E., 1944**.** Correlation of groundwater levels and precipitation on Long Island, New York: 2. Correlation of data, Trans. Am. Geophys. Union, 24, 321–386.

Jain S.K., Das A., Srivastava D.K., 1999**.** Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation. Journal Of Water Resources Planning And Management-ASCE 125 (5): 263-271 Sept.1999

Jain., A., Indurthy SKVP., 2003. Comparative analysis of event based rainfall-runoff modelling techniques- Deterministic, statistical and artificial neural Networks, Journal Of Hydrologic Engineering 8 (2): 93-98

Jakeman, A. J., and Hornberger, G. M., 1993. How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model?, Water Resources Research, 29: 2637-2649.

Jakeman, A.J., Littlewood, I.G. and Whitehead, P.G., 1990. Computation of the instantaneous unit hydrograph and identifiable component flows with application to two small upland catchments, Journal of Hydrology, 117: 275-300.

Jeong D.I., Kim Y.O., 2005**.** "Rainfall-runoff models using artificial neural Networks for ensemble streamflow prediction" Hydrological Processes 19 (19): 3819-3835

Julien, P. Y., and Saghafian, B., 1991. CASC2D user's manual, Dept. of Civil Engineering Rep., Colorado State Univ., Fort Collins, Colo.

Kang M.S., Kang M.G., Park S.W., Lee J.J., Yoo K.H., 2006. Application of Grey model and artificial neural Networks to flood forecasting, Journal Of American Water Resources Association 42 (2): 473-486

Keskin M.E., Taylan D., Terzi O., 2006. Adaptive neural-based fuzzy inference system approach for modelling hydrological time series, Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydroloqiues 51 (4): 588-598 Aug. 2006

Kohonen, T., 1982**.** The self – organized formation of topography correct feature maps. Biological cybernetics, Vol.43, pp.59-69

Kohonen, T., 1988**.** An introduction to neural compiting, Neural Networks, Vol.1, pp.3-6

Kung S.,Y., 1993**.** Digital neural computing, PTR Prentice-Hall,Inc.,Simond & Schoster Company, pp. 1-5

Kumar A.R.S., Sudheer K.P, Jain S.K., Agarwal P.K., 2005. Rainfall-runoff modelling using artificial neural networks: comparasion of network types, Hydrological Processes 19 (6): 1277-1291

Lane, W.L., 1993. Aggregation And Disaggregation Modelling, in Stochastic Hydrology And Its Use In Water Resources Systems Simulation And Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pp. 97-116

Lange, N., 1998**.** Advantages of unit hydrograph derivation by neural Networks, Hydroinformatic Conference, Copenhagen

Lavabre J., Arnaud P., Masson J.M., Folton N., 1999. The contribution of rainfall-flow modelling to understanding of water resources and flood prediction, Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau 54 (3-4) 67-72

Lawrance, A.J., Kottegoda, N.T., 1977. Stochastic Modelling of Riverflow Time Series, J. R. Statist. Soc. A, 140, Part I, 1-47.

Lettenmaier, D.P., 1993. Some Thoughts About the State of The Art in Stochastic Hydrology and Streamflow Forecasting, in Stochastic Hydrology And its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe And J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 209-215.

Lighthill, M. J., and Whitham, G. B., 1955. On kinematic waves: 1. Flood movement in long rivers, Proc. R. Soc. London, Ser. A, 229, 281–316.

Loboda S. N., Glushkov V. A., Khokhlov N. V., 2005. Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal function approach to Moldova-Soutwest Ukraine region, Atmospheric Research 100-113

Maier H.R., Dandy G.C., 2000**.** Neural Networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modelling issues and applications, Environmental Modelling & Software 15 (1): 101-124

Marco, J.B., 1993. ARMAX and Transfer Function Modelling in Hydrology, in Stochastic Hydrology and its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 117-135.

Maréchal, D., 2004. A soil-based approach to rainfall-runoff modelling in ungauged catchments for England and Wales, PhD Thesis, Cranfield University at Silsoe Institute of Water and Environment.

Metcalf and Eddy, Inc., Univ. of Florida, and Water Resources Engineers, Inc. 1971. Storm water management model, Vol. 1—Final report, EPA Rep. No. 11024DOC07/71, NITS PB-203289), EPA, Washington, D.C.

McCulloch, W., S., Pitts, W., 1943**.** A logical calculus of the ideas immanent in nerveus activity, Bull. Math. Biophysics, Vol. 5 , pp. 115-133.

Michaelides S., Pattichis C.S., Kleovoulou G., 2001. Classification of rainfall variability by using artificial neural Networks, International Journal Of Climatology 21 (11): 1401-1414

Mins A.W., Hall M.J., 1996. Artificial Neural Networks as rainfall-runoff models, Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiciques 41 (3): 399-417

Mıller J.R., Russell G.L., Caliri G., 1994. Continental-Scale river flow in climate models, Journal Of Climate 7 (6): 914-928

Moretti G., Montanari A., 2004. AFFDEF A spatially distributed grid based rainfall-runoff model for continuous time simulations of river discharge" Environmental Modelling & Software 823-836

Mulvany, T. J., 1850. On the use of self-registering rain and flood gauges, Proc. Inst. Civ. Eng., 4(2), 1–8.

Müftüoğlu R.F., 1991. Yağış-Akış modelleri, Hidrolojik Analiz Ve Tasarım" İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı.

Nayak P.C., Sudheer K.P., Rangan D.M., Ramasastri K.S., 2004. A neuro-fuzzy computing technique for modelling hydrological time series, Journal Of Hydrology 291 (1-2) 52-66 May 31 2004

Nayak P.C., Sudheer K.P., Ramasastri K.S., 2005. Fuzzy computing based rainfall-runoff model for real time flood forecasting, Hydrological Processes 19 (4): 955-968

Özkul, S., Onuşluel, G., Harmancıoğlu, N.B., 2001. Su Kaynaklarının Yönetimi ve Karar Vermede Bilgisayar Modellerinin Kullanımı, III.Ulusal Hidroloji Kongresi, İzmir.

Panagoulia., D. 2006, Artificial neural networks high and low flows in various climate regimes, Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiciques 51 (4): 563-587 Aug.2006

Pao-Shan Yu., Yuh-Chiou J., 1995. A study on grid based distributed rainfall-runoff models, Water Resources Management 11: 83-99

Penman, H. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass, Proc. R. Soc. London, Ser. A, 193, 120–145.

Post D.A., Jones J.A., Grant G.E., 1998. An improved methodology for predicting the daily hydrologic response of ungauged catchments" Environmental Modelling & Software 13 (1998) 395-403

Puls, L. G.,, 1928. Flood regulation of the Tennessee River, Proc., 70th Congress, 1st Session, H. D. 185, Part 2, Appendix B.

Quick, M. C., 1995. Chapter 8: The UBC watershed model, Computer models of watershed hydrology, V. P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colorado

Quick, M. C., and Pipes, A., 1977. UBC watershed model, Hydrol. Sci. Bull., XXI(1/3), 285–295.

Rajurkar M.P. , Kothyari U.C., Chaube U.C., 2002. Artificial Neural Networks for daily rainfall-runoff modelling, Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiciques 47 (6): 865-877

Rajurkar M.P., Kothyari U.C., Chaube U.C., 2004. Modelling of the daily rainfall-runoff relationship with artificial neural network, Journal Of Hydrology 285 (1-4): 96-113

Ranjithan, S.; Eheart, J.W.; Garett,J.H. 1993**.** Neural network based screening for groundwater reclamation under uncertainity, Water Resources Research, 29, 3, p:563-574

Riad S., Mania J., Bouchaou L., Najjar Y., 2004. "Predicting catchment flow in a semi-arid region via an artificial neural network technique". Hydrological Processes 18 (13): 2387-2393

Richardson, B., 1931. Evaporation as a function of insolation, Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 95, 996–1011.

Rogers, L.L.; Dowla, F.U., 1994. Optimization of groundwater remediation using artificial neural Networks with paralel solute transport modelling, Water Resources Research, Vol.30, No.2, p:457-481

Rosenblatt, F., 1958. The Perceptron : A Probalistic model for information storage and organization in the brain, Phsychological Review, 65, pp. 386-08

Rumelhart, D., Hinton,G., ,Williams, R., 1986. Learning Representations by back propagation error, Nature, Vol.32, pp.533-536

Salas, J.D., 1993a. Models for Data Generation in Hydrology: Multivariate Techniques, in Stochastic Hydrology and Its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 75-95.

Salas, J.D., Fernandez, B., 1993. Models for Data Generation in Hydrology: Univariate Techniques, in Stochastic Hydrology and its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 47-73.

Schreider Yu. S., Jakeman A. J., Gallant J., Merritt W.S., 2002. Prediction of monthly discharge in ungauged catchements under agricultural land use in the Upper Ping basin, northern Thailand, Mathematics And Computers In Simulation

Sherman, L. K., 1932. Stream flow from rainfall by the unit graph method, Eng. News-Rec., 108, 501–505.

Singh R. D., Mishra S. K., Chowdhary H., 2001, Regional Flow-Duration Models For Large Number Of Ungauged Himalayan Catchements For Planning Microhydro Projects, Journal Of Hydrological Engineering 310-316

Singh, V. P., Woolhiser, D. A., 2002. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology, J. of Hydrologic Eng., 7:4, 270-292.

Singh, V. P., 1995. Watershed Modeling, Computer Models of Watershed Hydrology (ed. Singh V.P.), Water Resources Publications, Littleton, 1, 1-22.

Soil Conservation Service SCS., 1956. Supplement A, Section 4, Chapter 10, Hydrology, National engineering handbook, USDA, Washington, D.C.

Srinivasulu S., Jain A., 2006. A comparative analysis of training methods for artificial neural network rainfall-runoff models, Applied Soft Computing 6 (3): 295-306 MAR 2006 .

Srinivasulu S., Jain A., 2004**. ,**Development of effective and efficient rainfall-runoff models using integration of deterministic, real-coded genetic algorithms and artificial neural network techniques". Water Resources Research 40 (4): Art No. W04302

Sudeheer KP, Gosain AK, Ramasastri K.S., 2002. A data-driven algorithm for constructing artificial neural network rainfall-runoff models, Hydrological Processes 16 (6): 1325-1330 Sp. Iss. SI., APR 30 2002

Sudheer., K.P., Nayak P.C., Ramasastri K.S., 2003. Improving peak flow estimates in artificialneural network river flow models, Hydrological Processes 17 (3):677-686

Sugawara, M., 1995. Chapter 6: Tank model, Computer models of watershed hydrology, V. P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colo.

Sugawara, M., et al., 1974. Tank model and its application to Bird Creek, Wollombi Brook, Bikin River, Kitsu River, Sanga River and Nam Mune, Research Note, National Research Center for Disaster Prevention, No. 11, Kyoto, Japan, 1–64.

Thornthwaite, C. W. , 1948. An approach toward a rational classification of climate, Geogr. Rev., 38, 55–94.

Todini, E., 1996. The ARNO rainfall-runoff model, Journal of Hydrology, 175: 339-382.

Toth., E, Brath A., Montanari A., 2000. Comparasion of short-term rainfall prediction models for real-time flood forecasting, Journal Of Hydrology 239 (1-4): 132-147

U.S. Bureau of Reclamation (USBR)., 1949. Chapter 6.10: Flood routing, Part. 6, Water Studies, Part 6: Flood hydrology, Washington, D.C., Vol. IV.

Widrow, G., Hoff, M., 1960**.** Adaptive switching circuit, IRE Western electronic show and convection, Coonvection Record, pp. 96-104

Wu J.S., Han J., Annambhotla S., Bryant S., 2005. Artificial neural Networks for forecasting watershed runoff and streamflows, Journal Of Hydrologic Engineering 10 (3): 216-222

Xiong L.H., O'Connor K.M., 2002 . Comparasion of four updating models for real-time river flow forecasting, Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiciques 47 (4): 621-639

Xu Z.X., Li J.Y., 2002. Short-term inflow forecasting using an artificial neural network model, Hydrological Processes 16 (12): 2423-2439

Yang C.C., Lacroix R., Prasher S.O., 1998. "The use of back-propagation neural Networks for the simulation and analyses of time-series data in subsurface drainage systems" Transactions Of The Asae 41 (4): 1181-1187

Yevjevich, V., 1993a. General Introduction to Application of Stochastic Hydrology in Water Resources, in Stochastic Hydrology and Its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer cademic Publishers, Dordrecht, Pp. 3-23.

Yevjevich, V., 1993b. Use and Misuse of Stochastic Hydrology in Water Resources, in Stochastic Hydrology and Its Use in Water Resources Systems Simulation and Optimization, Ed. By J.B. Marco, R. Harboe and J.D. Salas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 189-208.

Yıldırım, T., Cığızoğlu, H.K., 2002., Comparasion of generalized regression neural network and MLP performances on hydrologic data forecasting, ICONIP'02, 9th International Conference on Neural Information Processing, Singapore, 18-22 November,

Yu, Z., 1996. Development of a physically-based distributed-parameter watershed (basin-scale hydrologic model) and its application to Big Darby Creek watershed, PhD dissertation, Ohio State Univ., Columbus.

Yu, Z., and Schwartz, F. W., 1998. Application of integrated basinscale hydrologic model to simulate surface water and groundwater interactions in Big Darby Creek watershed, Ohio., J. Am. Water Resour. Assoc., 34, 409–425.

Yu, Z., et al., 1999. Simulating the river-basin response to atmospheric forcing by linking a mesoscale meteorological model and a hydrologic model system, J. Hydrol., 218, 72–91.

Şen Z., 2004. Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları

Zhang B., Govindaraju R.S., 2003**.** Geomorphology based artificial neural Networks for estimation of direct runoff over watersheds, Journal Of Hydrology 273 (1-4): 18-34

Zhao, R. J., and Liu, X. R., 1995. Chapter 7: the Xinjiang model, Computer models of watershed hydrology, V. P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colo.

Zhao, R. J., Zhuang, Y.-L., Fang, L. R., Liu, X. R., and Zhang, Q. S., 1980. The Xinanjiang model, Proc., Oxford Symposium on Hydrological Forecasting, IAHS Publication No. 129, International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, U.K., 351–356.

ÖZGEÇMİŞ

16 Mayıs 1981 tarihinde İstanbul'da doğan Merthan Şahin lise öğrenimini 1998 yılında Özel Ahmet Şimşek Lisesi'nde tamamladı. 2000–2004 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Hidrolik Ve Su Kaynakları Mühendisliği bölümünde Y.Lisans öğrenimine başlamış olup halen eğitimine devam etmektedir.