

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YERALTI SUYU ZAMAN SERİSİ
MODELLEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Sinan AKACAN

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YERALTI SUYU
ZAMAN SERİSİ MODELLEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş.Müh. Sinan AKACAN**

501021367

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : Aralık 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Subat 2005

Tez Danışmanı : Doç.Dr. H.Kerem CIGIZOGLU

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Beyhan OGUZ (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. M. Emin SAVCI (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. M.Emin BIRPINAR (Y.T.Ü.)

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Ülkemizde gerekli önem verilmeyen yeraltı suları hakkında ileri beslemeli yapay sinir ağları ve geri beslemeli yapay sinir ağları metotları kullanılarak akım baz akım ve yağış değerleri ile yeraltı su seviyesi tahmini yapılmıştır.

Öncelikle bu tez çalışmasını gerçekleştirmemi sağlayan ve çalışmanın her aşamasında değerli desteğini ve tavsiyelerini esirgemeyen, özellikle Edirne D.S.İ. XI Bölge Müdürlüğü'ne yapmış olduğum ziyaretlerin ilkinde beni yalnız bırakmayan danışmanım ve hocam Sayın Doç.Dr. H.Kerem Cıgızoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca yapmış olduğum ziyaretlerde bana göstermiş olduğu her türlü yakından dolayı D.S.İ. XI. Bölge Müdürlüğü yeraltı suları dairesi Müdürü Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Osman CANDEĞER'e ve hazırlamış olduğu Ergene Havzası Hidrojeoloji Raporundaki bilgilerden faydalanmamı sağlayan Sayın İnş. Müh. Levent KIRSAÇ'a teşekkürlerimi sunuyorum

Bütün eğitim hayatım boyunca benden ilgi, bilgi ve desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve ablama teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2004

Sinan AKACAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Yeraltı suyu, önemi ve kullanım şekilleri	1
1.1.1 Kuyu Sondajı	5
1.2. Yeraltı su kullanımının dünyadaki yeri	6
2. ÇALIŞMADA İNCELENEN SU HAVZALARININ ÖZELLİKLERİ	7
2.1. Ergen Havzası Özellikleri	7
2.1.1. İnceleme Alanının Yeri , Coğrafi Özellikleri ve Ulaşımı	7
2.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü	8
2.1.3. Sosyoekonomik Durum	8
2.1.4. Havza Özellikleri	8
2.1.5. Jeolojik Formasyonlar	10
2.1.5.1. Paleozoik	10
2.1.5.2. Eosen Kireçtaşları (e)	10
2.1.5.3. Oligosen-Eosen (ole)	10
2.1.5.4. Oligosen (ol)	10
2.1.5.5. Bazalt (B)	11
2.1.5.6. Miyosen (m1)	11
2.1.5.7. Miyosen (m2)	11
2.1.5.8. Pliyosen (pl1)	11
2.1.5.9. Pliyosen (pl2)	11
2.1.5.10. Pliyosen (pl3)	11
2.1.5.11. Quaterner (al)	12
2.1.6. Tektonik	12
2.1.7. Paleocoğrafya	12
2.1.8 Hidroloji	13
2.1.8.1. Akarsular	13
2.1.8.2. Kaynaklar	13
2.1.8.3. Sığ Kuyular	14
2.1.8.4. Sondaj Kuyuları	14
2.2. A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası	14

3. YAPAY SİNİR AĞLARI	17
3.1 İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları	18
3.2. Radyal tabanlı yapay sinir ağları	21
4. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ANALİZİ	25
4.1 Edirne Ergene Havzası Verileri	25
4.1.1 Eksik olan verilerin regresyon ile tespiti	28
4.1.2. Verilerin Eklenik Sapma Değerlerinin Hesaplanması	33
4.1.3.Korelasyon Değerleri	36
4.1.4. Ölçeklendirme	36
4.2 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası veri analizi	39
5. YAPAY SİNİR AĞLARI SİMÜLASYONLARI	41
5.1.Edirne-Ergene Havzası yıllık toplam ortalama yağış, yıllık toplam baz akım ve yeraltı su seviyesi tahmin sonuçları	41
5.1.1 Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	41
5.1.2. Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	43
5.1.3. Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	44
5.1.4. Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	45
5.1.5. Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	46
5.1.6. Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	48
5.1.7. Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	49
5.1.8. Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	50
5.1.9. Edirne-Ergene Havzası Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	51
5.1.10. Edirne-Ergene Havzası Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	53
5.1.11. Edirne-Ergene Havzası Çerkezköy yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	54
5.1.12. Edirne-Ergene Havzası Çerkezköy yeraltı su seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	55
5.1.13. Edirne-Ergene Havzası Marmaracık yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini	56
5.1.14. Edirne-Ergene Havzası Marmaracık yeraltı su seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini	58
5.2 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası yeraltı su seviyesi değerlerinden yer altı su seviyesi tahmini	59
5.2.1 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ile tahmini	59
5.2.2 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası Marmaracık yeraltı su	

seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları (İBGYSA) ile tahmini	60
5.3.Edirne-Ergene Havzası çoklu veriler kullanılarak yer altı su seviyesi tahmin sonuçları	61
5.3.1. Çerkezköy istasyonu radyal tabanlı yapay sinir ağları simülasyonları	61
5.3.2. Çerkezköy İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları simülasyonları	62
5.3.3. Marmaracık Radyal tabanlı yapay sinir ağları simülasyonları	63
5.3.4. Marmaracık İleri Beslemeli Geriye Yayınım yapay sinir ağları simülasyonları	65
5.4. A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası akım değerleri kullanarak yeraltı su seviyesi tahmini ağları simülasyonları	66
5.4.1 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası Radyal tabanlı yapay sinir ağları simülasyonları	66
5.4.2 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası İleri Beslemeli Geriye Yayınım Yapay Sinir Ağları simülasyonları	67
6. SONUÇLARIN GENEL DEğERLENDİRİLMESİ	69
KAYNAKLAR	71
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ	74

KISALTMALAR

A.B.D.	: Amerika Birleşik Devletleri
A.G.İ.	: Akım Gözlem İstasyonu esi
D.S.İ.	: Devlet Su İşleri
E.İ.E.	: Elektrik İşleri Etüt İdar
İBGYSA	: İleri Beslemeli Geriye Yayınım Yapay Sinir Ağları
O.K.H.	: Ortalama Kare Hatası
ORT.	: Ortalama
RTYSA	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
USGS	: United States Geological Survey
Y.S.A.	: Yapay Sinir Ağları

TABLO LİSTESİ

Tablo 4-1: 1-8 ve 1-20 nolu Akım Gözlem İstasyonlarının yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık toplam baz akım verileri	25
Tablo 4-2 a-b : 1-20 ve 1-8 nolu Akım Gözlem İstasyonları yıllık toplam ortalama yağış veri serilerinin istatistiksel analiz sonuçları	26
Tablo 4-2 c-d : 1-20 ve 1-8 nolu Akım Gözlem İstasyonları Baz Akım veri serilerinin istatistiksel analiz sonuçları	27
Tablo 4.3 : Edirne-Ergene havzasındaki Lüleburgaz meteoroloji istasyonundan alınmış mm. birimli yıllık ortalama yağış değerleri	27
Tablo 4.4: Lüleburgaz meteoroloji istasyonu yıllık ortalama yağış değerleri istatistiksel parametreleri	28
Tablo 4.5: 106 Nolu Akım Gözlem İstasyonu yıllık ortalama baz akım değerleri	29
Tablo 4.6: 106 ile 1-8 istasyonlarının baz akım değerleri regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları	29
Tablo 4.7: 1-8 İstasyonu Baz Akım değerlerinin eksik olan yılların değerleri	30
Tablo 4.8: 1-8 ile 1-20 istasyonları baz akım regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları	30
Tablo 4.9: 1-20 İstasyonu Baz Akım değerlerinin eksik olan yılların değerleri	31
Tablo 4.10: 106 ile 1-8 istasyonlarının yağış değerleri regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları	31
Tablo 4.11: 1-8 İstasyonu Ortalama Yıllık Yağış eksik olan yılların değerleri	32
Tablo 4.12: 1-8 ile 1-20 istasyonları yağış regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları	32
Tablo 4.13: 1-20 İstasyonu Ortalama Yıllık Yağış eksik olan yılların değerleri	33
Tablo 4.14: 1-8 ve 1-20 İstasyonları baz akım ve baz akım eklenik sapma değerleri	33
Tablo 4.15: Lüleburgaz yağış istasyonu yıllık toplam yağış ve yıllık toplam yağış eklenik sapma değerleri	34
Tablo 4.16: 1-8 ve 1-20 İstasyonları Yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık ortalama toplam eklenik sapma değerleri	35
Tablo 4.17: Korelasyon Değerleri	36
Tablo 4.18: Ölçeklendirilmiş Çerkezköy tahmin verisi	37
Tablo 4.19: Ölçeklendirilmiş Marmaracık tahmin verisi	38
Tablo 4.20: USGS 01201487 Still River istatistiksel parametreleri	40
Tablo 5.1 : 4 x 22 boyutlarındaki veri matrisi	41
Tablo 5.2: 1-20 Baz akım RTYSA tahmin sonuçları	42
Tablo 5.3: 1-20 Baz akım İBGYSA tahmin sonuçları	43
Tablo 5.4: 1-8 Baz akım RTYSA tahmin sonuçları	45
Tablo 5.5: 1-8 Baz akım İBGYSA tahmin sonuçları	46
Tablo 5.6: 1-20 Yağış RTYSA tahmin sonuçları	47
Tablo 5.7: 1-20 Yağış İBGYSA tahmin sonuçları	48
Tablo 5.8: 1-8 Yağış RTYSA tahmin sonuçları	50
Tablo 5.9: 1-8 Yağış İBGYSA tahmin sonuçları	51

Tablo 5.10: Lüleburgaz Yağış RTYSA tahmin sonuçları	52
Tablo 5.11: Lüleburgaz Yağış İBGYSA tahmin sonuçları	53
Tablo 5.12: Çerkezköy yeraltı su seviyesi RTYSA tahmin sonuçları	54
Tablo 5.13: Çerkezköy yeraltı su seviyesi İBGYSA tahmin sonuçları	56
Tablo 5.14: Marmaracık yeraltı su seviyesi RTYSA tahmin sonuçları	57
Tablo 5.15: Marmaracık yeraltı su seviyesi İBGYSA tahmin sonuçları	58
Tablo 5.16: Çoklu veriler ile Çerkezköy RTYSA tahmin sonuçları	62
Tablo 5.17: Çoklu veriler ile Çerkezköy İBGYSA tahmin sonuçları	63
Tablo 5.18: Çoklu veriler ile Marmaracık RTYSA tahmin sonuçları	64
Tablo 5.19: Çoklu veriler ile Marmaracık İBGYSA tahmin sonuçları	65

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Su Çevrimleri	1
Şekil 1.2 : Kayaküre su çevrimi bileşenleri	3
Şekil 2.1 : Ergene havzası bölge haritası üzerindeki yeri	7
Şekil 2.2 : A.B.D. Connecticut Eyaleti	15
Şekil 2.3 : Fairfield bölgesi Connecticut Üzerindeki Konumu	15
Şekil 2.4 : A.B.D. Connecticut Eyaleti Coğrafi Görünümü	16
Şekil 3.1 : İleri beslemeli yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA)	21
Şekil 3.2 : Radyal tabanlı yapay sinir ağlarının yapısı (RTYSA)	24
Şekil 4.1 : Fairfield Still River akım değerleri grafiği	39
Şekil 5.1 : RTYSA ile 1-20 Baz akım tahmin grafiği	42
Şekil 5.2: İBGYSA ile 1-20 Baz akım tahmin grafiği	44
Şekil 5.3: RTYSA ile 1-8 Baz akım tahmin grafiği	45
Şekil 5.4: İBGYSA ile 1-8 Baz akım tahmin grafiği	46
Şekil 5.5: RTYSA ile 1-20 Yağış akım tahmin grafiği	47
Şekil 5.6: İBGYSA ile 1-20 Yağış tahmin grafiği	49
Şekil 5.7: RTYSA ile 1-8 Yağış tahmin grafiği	50
Şekil 5.8: İBGYSA ile 1-8 yağış tahmin grafiği	51
Şekil 5.9: RTYSA ile Lüleburgaz Yağış tahmin grafiği	52
Şekil 5.10: İBGYSA ile Lüleburgaz yağış tahmin grafiği	54
Şekil 5.11: RTYSA ile Çerkezköy yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	55
Şekil 5.12: İBGYSA ile Çerkezköy yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	56
Şekil 5.13: RTYSA ile Marmaracık yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	57
Şekil 5.14: İBGYSA ile Marmaracık yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	59
Şekil 5.15: RTYSA ile Fairfield yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	60
Şekil 5.16: İBGYSA ile Fairfield yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	61
Şekil 5.17: RTYSA ile Çerkezköy Yer altı su seviyesi tahmin grafiği	62
Şekil 5.18: İBGYSA ile Çerkezköy Yer altı su seviyesi tahmin grafiği	63
Şekil 5.19: RTYSA ile Marmaracık Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	64
Şekil 5.20: İBGYSA ile Marmaracık Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	65
Şekil 5.21: RTYSA ile Fairfield Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	67
Şekil 5.22: İBGYSA ile Fairfield Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği	67

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{r}$	: Korelasyon Katsayısı
$\mathbf{R}^2$	: Determinasyon Katsayısı
$\mathbf{s}_x$	: Standart Sapma
$\bar{x}$	: Ortalama
δ_n	: Gradyan
$\mathbf{H}_j$	: j Gizli Hücresinin Girdisi
$\mathbf{w}_{ij}$	: Bağlantı Ağırlıkları
$\mathbf{O}_n$	: Çıktı Değeri
ϕ	: Radyal Tabanlı Fonksiyon

ÖZET

Bu çalışmada iki yapay sinir ağıları metodu olan radyal tabanlı yapay sinir ağıları ve ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağıları metotları, yıllık toplam yağış ve yıllık toplam baz akım değerlerinin eklenik sapmaları ile, yeraltı su seviyesi tahmininde kullanılmıştır. Ulusal ve uluslararası yeraltı su verileri bu çalışmada kullanılmıştır. Ulusal verilerde ölçülemeyen ayların değerlerinin, regresyon analizi yapılarak, değerleri tespit edilmiştir.

Yıllık toplam baz akım ve yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin eklenik sapma değerleri ile tahmin yapılacak yeraltı su seviyesi değerleri veri olarak kullanılmıştır. Söz konusu veriler kullanılarak zaman serisinin gelecek yıllardaki değerleri tahmini yapılmıştır.

Yer altı su seviyesi tahmininde yapay sinir ağıları metotlarından radyal tabanlı yapay sinir ağıları ve ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağılarını kullanmanın uygun olacağı görülmüştür. Çeşitli performans değerlendirme kriterleri, yapay sinir ağıları ile yeraltı su seviyesi tahmin sonuçlarının oldukça iyi olduğunu göstermiştir.

SUMMARY

In this study two artificial neural network methods, radial basis neural networks and feed forward back propagation neural networks are used to predict groundwater level with base flow and precipitation data. National and international data are used. Unmeasured values are estimated by using regression analysis in national data.

Base flow and precipitation data are used in “cumulative frequency distribution” to estimate future values. Past groundwater level data are also used to predict the future time series values.

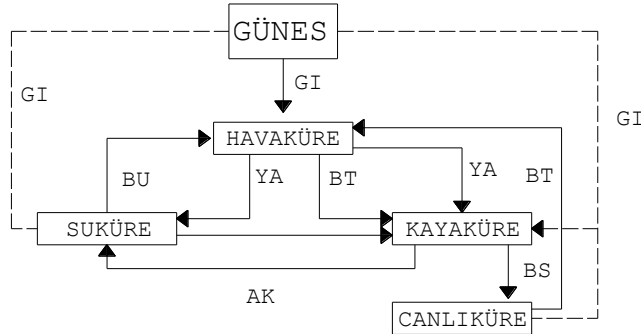
It is seen that using radial basis neural networks and feed forward back propagation neural networks is suitable in estimation of groundwater levels. Performance evaluation criteria showed that the ground water level estimation using artificial neural networks provided quite satisfactory results.

1. GİRİŞ

1.1. Yeraltı suyu, önemi ve kullanım şekilleri

Yeryüzüne düşen yağmur ve eriyen kar sularının derelerden akarak göllere veya denizlere ulaştığını hepimiz biliriz. Yeryüzünde buharlaşarak atmosfere çıkan ve bulutları oluşturan su daha sonra yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne dönmektedir. Buna yağış diyoruz. İşte bu yağışların bir kısmı sel olarak göl veya denizlere gitmekte, bir kısmı bitkiler tarafından emilmekte, bir kısmı tekrar buharlaşmakta, bir kısmı ise geçirimli yer katmanlarına sızmaktadır. Bizi ilgilendiren yeraltı suyu işte böyle geçirimli yer katmanlarına sızarak oluşmaktadır.

Yer altı suyu incelemelerinde kaynak kısmında su (hidrolojik) çevriminin yağış ve sızma kısımları için önemlidir. Su çevrimi Şekil 1.1 de gösterilmiştir. Bu bakımdan kaynağın incelenmesinde hidrolojik ve jeolojik özelliklerin düşünülmesi gereklidir. Sosyal, ekonomik ve idari bakımdan önemli olan talep kısmına kaynağın verimli bir şekilde ulaştırılması için biriktirme haznesi (baraj, bent, sedde vb.) ile boru ve kanal şebekesi tamamlanmalıdır. Böylece talep ve hazne kısımlarının daha çok hidrolik incelemelerle ilgili olacağı anlaşılır.



Şekil 1.1 Su Çevrimleri

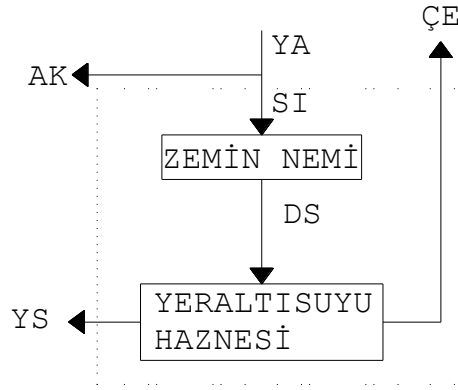
GI: Güneş Işınımı; BT: Buharlaşıma+Terleme; YA: Yağış; BU: Buharlaşıma;

BS: Bitki Suyu; AK: Akış

Son 100 yıl içinde giderek artan biçimde teknolojik gelişmelere bağlı olarak insanların petrol ve yer altı suyu kuyuları vasıtası ile arzın derinliklerindeki petrol ve su kaynaklarına ulaşmaları kolaylaşmıştır. Bu bakımdan kuyular sayesinde temiz ve oldukça ucuz suların uzun vadeli olarak temin edilmesi mümkün olmuştur. Yeraltı sularının sosyal, ekonomik, hukuki, politik vs. insani kullanım özellikleri olmasına karşılık bu özelliklerin bazılarının bu gün için göz önünde bulundurulmadığı bir gerçektir. Yer altı sularının bulunması ve kullanıma sunulması kaynak, hazne ve yerleşim bölgesinin talebi olmak üzere en az üç önemli bileşene bağlıdır. Böyle bir durum aslında her türlü su kaynağı için geçerlidir

Bir sahada yeraltı suyu vardır diyebilmek için üç ana koşulun bir arada olması gerekir:

- Beslenme sahası, yani yağmur sularının üzerine düşerek yeraltına bir kısmının sızacağı saha (su çevriminin kayaküre ile beraber yeraltı suyuna çevrilmesi Şekil 1.2 de gösterilmiştir).
- Poröz yani boşluklu bir ortam. Bu ortam kum, çakıl gibi taneli formasyonlar veya kaya çatlakları olabilir. Kayalar içerisinde yeraltı suyu taşımaya en uygun olanı kireç taşlarıdır. Atmosferden bir miktar CO₂ alan yağmur suyu kireçtaşı üzerine düştüğünde yatay tabaka ve düşey çatlakları olan kireçtaşına sızmakta ve zaman içerisinde çok büyük boşluk sistemlerini oluşturmaktadır. Bu sistemlerde yeraltı nehirleri, gölleri bile meydana gelebilmektedir. Bu sistemlere karstik sistem denilir ve bunlar yeraltı sularının en bol bulunabileceği ortamları oluştururlar.
- Üçüncü ana koşul ise boşluklu veya çatlaklı ortama sızan suların yeraltında depolanabileceği, birikebileceği bir yapının var olmasıdır.



Şekil 1.2 Kayaküre su çevrimi bileşenleri

ÇE: Çekim; SI: Sızma; YS: Yeraltı suyu Akımı; DS: Derin Sızma;

YA: Yağış; AK: Akış

Su çevriminin kayaküre ile beraber yağışları nasıl yeraltı sularına dönüştürdüğü Şekil 1.2 de gösterilmiştir. Kayaların sızdırma özelliklerine bağlı olarak atmosferden kayaküre yüzeyine gelen suların bir kısmı kayaların içinde derinlere doğru oldukça düşey biçimde yer çekimi altında hareket eder.

Yerkabuğu derinliklerine sızan suların bir kısmı en üstteki zeminin nemini oluşturmak üzere orada kalır. Geride kalan kısmı derinlere sızarak yer altı suyu haznelerini besler. Sızan suların derinlerde geçirimsiz kayalara rastlaması, derin sızmaların oralarda durdurularak suların birikmesi sonucu yer altı suyu hazneleri oluşmasını sağlar. Buralarda su yataya yakın bir biçimde hareket eder. Yer altı suyu haznelerinin günümüz su çevrimleri ile ilişkili bulunduğu yerlerde, yeraltı suyu haznelerinin yağışlar sonrası beslenmesi mümkün olur. Aksi takdirde güncel su çevrimi ile irtibatı bulunmayan, çok eski jeolojik devirlerdeki su çevrimleriyle beslenmiş yer altı suları fazlaca birikmiş tuz içerirler. Bu nedenle bu tür yer altı sularına “fosil yeraltı suları” denir. Örneğin, bugün çöl bölgelerinin derinliklerinde bulunan yer altı suları fosil su karakterindedir. Bunların bugünkü teknoloji ile yüzeye çekilmesi sonucunda güncel beslenmeler olmadığı için yeraltı su seviyeleri sürekli düşer.

Bir yerde yapılacak yeraltı suyu çalışmalarına su ve kayaç özelliklerinin beraberce göz önünde tutulması gerektiğinden “hidrojeolojik” çalışmalar denir. Bu tür çalışmalar arasında yeraltı suyu alanlarının beslenmesi, kuyular vasıtası ile çekilme sonrası boşalması yani seviye dalgalanmaları ve su kalitesi çalışmaları da

bulunur. Ayrıntılı bilgiler Todd (1980), Bouwer (1978) ve Şen (1995) tarafından verilmiştir.

Pratikte yer altı haznesini oluşturmanın en iyi yolu içine kum ve çakıl doldurulmuş bir banyo küvetidir. Burada banyo küvetinin yüzeyi geçirimsiz tabakayı, kum ve çakılın üst yüzeyi beslenme sahasını, içindeki kum-çakıl boşluklu ortamı (yani akiferi), banyo küvetinin yapısı ise rezervi yani yeraltı suyu deposunu oluşturur. Bu örnek bazı ana kavramları kolayca anlatmak için verilmiştir. Gerçekte olay çok daha karmaşıktır. Yeraltı suları dinamik bir yapıya sahiptir, beslenir, depolanır, boşalır. Su tablasının belli bir eğimi vardır ve toplanan su belli bir istikamete hareket ederek membaları beslemektedir. Yeraltı suyu banyo küveti örneğinde olduğu gibi her zaman serbest bir şekilde bulunmaz, genellikle hapsedilmiş ortamlarda bulunur. Bunlara hapsedilmiş yeraltı suyu denir. Yani suyu tutan akifer iki geçirimsiz bölge arasında sıkışmıştır. Böyle sahalarda açılan sondaj kuyularında su seviyesi yükselir. Suyun kuyu ağzından akması halinde artezyen, daha aşağılarda kalması halinde ise semi-artezyen kuyular denir.

Kısaca bilgi verdiğimiz yeraltı suyu kaynakları, dünya nüfusunun artması sebebi ile sulama, içme suyu, kullanım suyu ve sanayi suyu rezervleri olarak her geçen gün önem kazanmaktadır. Özellikle yer üstü sularının kifayetsiz olmadığı ortamlarda her geçen gün yeraltı suları daha çok kullanılır hale gelmektedir.

Tabii yeraltı suyu rezervleri bitmek tükenmek bilmeyen veya yoktan varolan zenginlikler değildir. Her havzanın yıllık beslenmesi ve çekilebilecek emniyetli su miktarı çok yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. 10 metreden daha derin kuyuları tıpkı maden yataklarında olduğu gibi kamu malı kabul edilmiş ve yeraltı suyundan yararlanma izine bağlanmıştır. Bu izin DSİ tarafından verilmektedir. İzinsiz açılan kuyular, emniyetli su rezervi hesaplarını alt üst ettiği gibi bir çok sahada, kullanılmaması gereken kötü kaliteli suların bilinçsizce araziye verilerek bitkilerin kuruması, verimin düşmesi ve arazinin çoraklaşmasına neden olmaktadır. Bugün kuyu açılacak sahalarda jeolojik etütlerle belirlenmekte, ayrıca çeşitli yeraltı problemleri jeofizik etütlerle çözülmekte ve bilinçli yaklaşımlarla kuyu açılmaktadır.

Bu etütler sonucunda;

- Sahada yeraltı suyunun bulunup bulunmadığı,
- Suyun çıkabileceği derinlik,

- Yeraltında suyu tutan tabaka,
- Suyun tuzluluk (NaCl), acılık (CaSO₄) veya diğer kirlenmelere maruz kalıp kalmadığı, dolayısıyla işe yarayıp yaramayacağı anlaşılabilmektedir.

Böylece boş yere yatırım yapılması önlenmiş olur. Bu da milli ekonomiye katkı demektir. Özellikle sahil kesiminde deniz suyu girişimi tehlike oluşturduğundan rasgele sondaj kuyuları açılmamalıdır.

1.1.1 Kuyu Sondajı

Yeraltındaki su, maden, petrol gibi zenginliklerden kullanım amacıyla açılan dar ve derin kuyulara sondaj kuyusu diyoruz. Yeraltı suyundan faydalanma amacıyla açılan sondaj kuyuları üçe ayrılır;

- Çakma Kuyular,
- Darbeli sistemle açılan kuyular,
- Rotary sistemle açılan kuyular;

Çakma kuyular yumuşak alüvyon arazilerde yeraltı suyunun yüzeye yakın olduğu ve tek filtre ile netice alınabilen akiferin kum çakıl gibi temiz seviyelerden oluştuğu durumlarda iyi neticeler verebilmektedir. Ucuz ve basit bir yöntem olup çakılan borunun içinden klapeli beyler kovası ile tabandaki malzeme boşaltılarak boruyu sağa sola oynatarak istenilen seviyeye indirerek açılmaktadır. Büyük molozlar balta denilen özel aletlerle kırılmaktadır.

Darbeli sistem sondaj kuyuları kireçtaşı gibi sağlam zeminlerde açılmaktadır. Sistem çakma kuyulardakine benzer ve ucuzdur. Ancak uzun sürede açılması sistemin terk edilmesine neden olmuştur.

Çamur sirkülasyonlu rotary sondaj en yaygın sistemdir. Matkap, drill-collar denilen ağırlık ve tijlerden ibaret sistem döndürülmekte ve çamur sirkülasyonu ile matkabın soğutulması, kesilen parçaların dışarıya atılması ve kuyunun göçmemesi temin edilmektedir. Rotary sondaj makinasının kuyu sondajına başlamadan yapılması gereken en önemli işlem teraziye alınmasıdır. Makine mekanik veya hidrolik krikolarla kaldırılır, önden ve arkadan takozlanır ve her iki istikamette teraziye alınır.

Bazı sağlam olmayan zeminlerde zaman içinde meydana gelebilecek oturmalara mani olmak için beton platformlar hazırlanmaktadır. Eğri delinmiş kuyular üzerinde önemle durmak gerekir, ideal olan düşeyden sapmamış kuyu olmakla

beraber, pratikte her kuyuda bir miktar sapma vardır. Düşeyden sapmış kuyularda teçhiz borusu hiç inmeyebilir veya bir tarafa sürterek iner. Bu durumda çakıl zarfı tek taraflı ve yetersiz olmakta ve kuyu cidarına yaslanan filtre borusundaki delikler tıkanmakta, bu kısımdaki kil keki atılamadığından su girişi azalmakta ve randıman düşmektedir. Eğri kuyularda daha teçhiz borusu indirilirken kopmalar meydana gelebilir. Boru indirilse bile kuyunun silt çekmesi önlenemez. Bu yüzden kuyuda zaman içinde dolgular meydana gelir, pompa aşınır, verim düşer ve randıman alınamaz.

Kuyunun sapmaması için DC (drill-collar, yani ağırlık) ve stabilizerler kullanılmakta dar çaplı pilot delikler açılarak daha sonra hole-opener denilen tarama matkapları ile genişletilmektedir. Yukarıdan pull-down denilen hidrolik baskılı makinalarda sapma çok daha fazla olmaktadır. Sert ve yumuşak formasyonların değişimli yer aldığı sahalarda, molozlu formasyonlarda ve jeolojik tabakaların yatay olmadığı durumlarda sapmalar daha kolay olur.

1.2. Yeraltı su kullanımının dünyadaki yeri

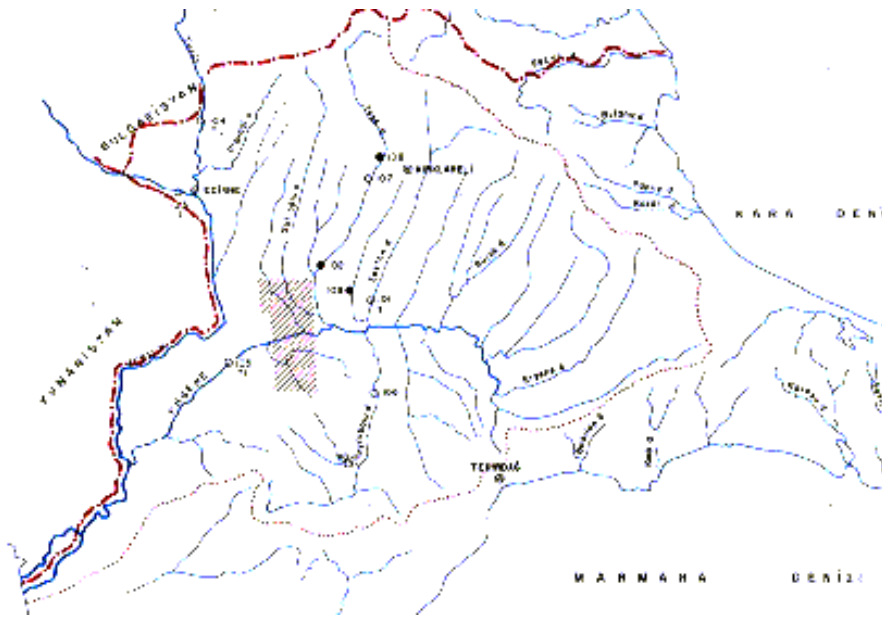
Ülkemizde yeraltı sularına fazla önem verilmemektedir. Ülkemizde içme suyu ihtiyacımızın ancak %10'u yeraltı sularından, kalan tamamı ise yüzeysel sulardan sağlanmaktadır. Bu oran sırasıyla A.B.D. için (%50-%50), İngiltere için (%30-%70) şeklindedir. Yer altı su seviyesi tahmini yaptığımız A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield havzasında 1985 yılı verilerine göre bu oran (%32-%68) dır. Yeraltı sularının önemi su kaynakları arasında ayrıcalığı olan ve dünya çapında en zengin olmasıdır. Bunların her yerde gerekli derinliğe kuyular vasıtasıyla inildiğinde bulunması, yüzeysel kirlenmelere karşı muhafazalı olmaları, sıcaklıklarının fazla değişmemesi gibi özellikleri vardır. Yeraltı suyunun bir başka özelliği de bunların değişik jeolojik kayalardan geçerken erittikleri mineraller sayesinde içimlerinin tabii olarak çok uygun olmasıdır. Ayrıca yer altı suları buharlaşmadan korundukları için kayıpları azdır. Bu bakımdan kurak bölgelerde yüzey biriktirme hazneleri yerine (yüzey altı) yani gömülü biriktirme haznelerinin kullanılması ile yer altı suyu haznelerinin arttırılması yoluna gidilir. Bütün bu özellikleri yer altı sularının günümüzde bile içme maksatlı su kaynaklarının başında gelmesine sebep olmaktadır.

2. ÇALIŞMADA İNCELENEN SU HAVZALARININ ÖZELLİKLERİ

2.1. Ergene havzasının özellikleri

2.1.1. İnceleme Alanının Yeri , Coğrafi Özellikleri ve Ulaşımı

Ergene Havzası Trakya’da 40 45’ ve 42 10’ Kuzey enlemleri ile 26 15’ ve 28 15’ doğu boylamları arasında yer alır. 11325 km² drenaj alanına sahip olan havzada Ergene nehri doğu-batı yönünde akarak Türkiye-Yunanistan sınırını çizen Meriç nehrine karışır. Havzanın kuzey kesimi yükseklikleri 400-800 m arasında değişen Istranca dağları ile sınırlanmıştır. Güney kenarında ise Korudağ ve Ganos dağı bulunur. İstanbul-Edirne arasında yer alan E5 Karayolu ve TEM otoyolu vasıtasıyla karayolu ulaşımı büyük ölçüde sağlanmaktadır. İnceleme alanı demiryolu bakımından da yurtiçi ve gerekse yurtdışı ulaşımın yapıldığı demiryolu hatlarının kesiştiği bir konumdadır. Ergene havzası bölge haritası üzerindeki yeri Şekil 2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Ergene havzası bölge haritası üzerindeki yeri

2.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında karasal iklim tipi ağırlıktadır. En fazla yağış genellikle ilkbahar ve kış aylarında düşmektedir. Bölge topoğrafik yapı itibariyle tarıma elverişli topraklara sahiptir. Çeltik, buğday ve ayçiçeği ağırlıklı zirai ürünler yetiştirilmektedir. Istranca dağlarının yüksek kesimleri boyunca orman alanlarına rastlanır.

2.1.3. Sosyoekonomik Durum

Etüt alanında ekonomik faaliyetler hızla tarımdan sanayiye doğru kaymaktadır. Son yıllarda özellikle Lüleburgaz-Çorlu-Çerkezköy hattı boyunca E5 karayolu etrafında yoğunlaşan tekstil ağırlıklı sektörün gittikçe gelişmesi neticesinde bir ve ikinci sınıf tarım arazileri fabrika alanı olmuştur. Tekstil ağırlıklı sanayiinin gelişmesine paralel olarak tarım alanları azalırken bu kesimlerde fabrikalarda çalışan nüfus sayısı hızla artmaktadır. Kontrolsüz olarak gelişen bu sanayi sektörünün yeraltı suyuna dayalı olarak çalışması sebebiyle akifer alanlarında yeraltı suyu seviyesindeki sayısal düşümlerin arttığı gözlenmektedir. Son yıllarda enerji ihtiyacının artması ve doğalgaz pazarında yaşanan gelişmeler havzadaki doğalgaz üretim ve araştırma çalışmalarını hızlandırmıştır. Gerek doğalgaz arama ve üretim faaliyetleri, gerekse sanayi gereksinimi nedeniyle artan yeraltı suyu kullanımı sonucu yeraltı suyu kalitesinde değişimler gözlenirken, Ergene Nehri, Çerkezköy çıkışından itibaren yoğun bir yerüstü kirlenmesine maruz kalmaktadır.

2.1.4. Havza Özellikleri

Ergene akiferi yaklaşık 160 m kalınlığında ince kum, silt, kil ve gölsel kireçtaşlarından (p11 ve p12) meydana gelen miyosen Pliyosen yaşlı seriler ile onun altında yer alan 350-400 m. Kalınlığına sahip, havza ortası ve güneyinde bazalt ara katkılı kum, çakıl, kil ve gevşek çimentolu kumtaşlarından oluşan, üst Miyosen yaşlı tortullardan ibarettir. Akifer beslenimi (m2) serilerinin yüzeylendiği havzanın doğu ve batı kısımlarından, akifer boşalımı ise Çorlu-

Turgutbey fayının görsel kireçtaşlarını kestiği Karıştıran Deresi ve Orta Ergene (Alpullu-Pehlivan köy arası boyunca gerçekleşmektedir.

Akifer seviyeleri Alt Miyosen ve Oligosen yaşlı ekonomik kömür ve doğalgaz rezervlerinin bulunduğu kilitaşı-şeyl ve kumtaşlarından oluşan kalın sedimanter birimler üzerinde yer alır. Havzada yaklaşık 12 adet sahada doğalgaz üretimi ve bir çok sahada da araştırma faaliyetleri devam etmektedir. Bu seriler içersindeki hidrotermal akışkanların havza ortası ve güneyindeki tektonik yapıya bağılı olarak yeraltı suyu sıcaklıkları ve suyun sodyum konsantrasyonunu arttırdığı gözlenmektedir.

Havza çıkışındaki 105 nolu akım-gözlem istasyonu baz akım değerlerinin uzun yıllar ortalamasına göre Ergene akiferi ve Meriç Sazlıdere yeraltısuyu boşalımının toplam 337,5 hm³/yıl olduğu görülmektedir. Akifer boşalım katsayısı 0,000395gün⁻¹, orijinal şartlardaki dinamik rezerv (Q/a) 2373,4 hm³, yıllık toplam rezerv değişimi ise 123 hm³ dür. Rasat kuyuları su seviyeleri ile Beyazköy Meteoroloji İstasyonu ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri arasındaki ilişki araştırıldığında , akiferdeki orijinal şartların1995 yılından itibaren değiştiği görölür.

Ergene akiferi yüzeysel beslenimin meydana geldiği doğu ve batı bölümlerde kalsiyum-magnezyum bikarbonat besleniminin az olduğu havzanın orta bölümlerinde ise sodyum bikarbonat tipi sulardan oluşur. Doğalgaz üretim ve araştırma faaliyetlerinin arttığı 1997 yılından itibaren akiferdeki sahasal düşümlerin hızlanmasıyla gerek yer altından ve gerekse yer üstünden infiltrasyon yolu ile yüksek tuzlu ve ağır metal içeren formasyon sularının Ergene akiferinde organik ve inorganik kirliliğe neden olduğu görülmektedir. Özellikle akiferin beslenim alanını oluşturan doğu bölümlerinde yüzeysel infiltrasyonun etkin olması nedeniyle üst akifer yolu ile akiferdeki kirlilik bu bölümlerde yoğunlaşmaktadır. Gerek doğalgaz faaliyetleri ve diğer endüstriyel ve evsel atıklar ve gerekse kuyulardan yapılan sulamalar sonucu Çorlu, Ergene, Karıştıran ve Kaynarca dereleri 3. ve 4. sınıf sulama suyu niteliğindedir. Yeraltı suyu seviyesindeki mevsimsel oynamaların fazla olduğu İnanlı, Sevindikli, Karıştıran, Sofuhalil gibi sahalarda ilave tahsislere gidilmemesinin yanında içme ve sulama kuyularında üst akifer zonları kesin bir şekilde belirlenerek tecrit edilmeli, pompa ve filtre seviyeleri şu andaki çekim şartları itibariyle yeniden tespit edilerek kuyu teçhizleri yenilenmelidir.

2.1.5. Jeolojik Formasyonlar

2.1.5.1. Paleozoik

Havzanın tabanını oluşturan Paleozoik yapı içerisinde muskovit-biotit gnays, yeşil şistler, kalkışist ve mermerler, grano diyoritler yer alır. Paleozoik kristalen ve metamorfik kayaların mostraları bölgenin kuzey kısmında görülür. Batıdan doğuya doğru uzanan yaklaşık 160 km.lik bir kuşak boyunca yer alır.

2.1.5.2. Eosen Kireçtaşları (e)

Kuzeyde Eosen Kireçtaşları metamorfiklerin hemen üzerinde yer alır.doğu-Batı istikametinde uzanan Eosen Kireçtaşları batıda 2-3 km. genişliğe sahipken doğuya doğru 12 km.lik bir genişliğe ulaşır. Maksimum kalınlığı 300 m civarında olup güneye dalımlıdır. Resif tipinde ince kireçtaşları , marn klastik ara tabakalı biyojenik kireçtaşından oluşur. Eosen Kireçtaşları G-GB istikametinde düşey yönlü basamak faylarla sıkça kesilmiştir. Kırık hatları boyunca irili ufaklı birçok kaynak boşalımları mevcuttur. Eosen kalkerinin 1970 yılında Ital Consult şirketi tarafından hazırlanan “Ergene Havzası Master Plan Raporu”nda 90 hm³/yıl kullanılabilir rezervinin olduğu belirtilmektedir.

2.1.5.3. Oligosen-Eosen (ole)

Havzanın güney kısmında yüzeylenen Oligosen-Eosen yaşlı ve fliş karakterli birim, andezit ve tuf ara katkılı şeyl, ince taneli kumtaşı , konglomera ve killi kireç taşlarından meydana gelmiştir. Maksimum kalınlık 2300 m civarındadır.

2.1.5.4. Oligosen (ol)

Oligosen yaşlı , gri-yeşil renkli kumlu-siltli şeyl , kumtaşı ara tabakalı killerden oluşan ve linyit içeren birim kuzeyde Eosen kalkerine güneyde fliş formasyonu üzerine konkordan bir biçimde gelir. Havza kuzeyinde 1000 m , orta ve güney kısımlarında 2400 m kalınlığa ulaşır.

2.1.5.5. Bazalt (B)

Miyosen yaşı olup petrografik olarak ojit olivin bazalt olduğu anlaşılmıştır. Özellikle havzanın güney bölümünde nostra verirken , orta bölümlerde Miyosen serileri ile ara katkılıdır.

2.1.5.6. Miyosen (m1)

Miyosen yaşı , kumtaşı , killi kum ile ara tabakalı gri-yeşil renkli kumlu şeyller ve killerden oluşan , linyit yataklı birim havzanın kuzey ve güneyinde mostra verir. Maksimum kalınlık 800 m civarındadır.

2.1.5.7. Miyosen (m2)

Tabakalı Miyosen serilerinin (m1) üzerinde gevşek kumtaşı, çakıl, iri kum, kum, silt ve kilden oluşan gölsel ve deltaik tortullar yer alır. Ergene akiferini oluşturan bu birim havzanın orta bölümünde bazalt ara katkılıdır. Kumtaşları sarı renkli , az pekişmiş ve karbonat çimentoludur. Tatlı ve acı su düzeyleri yer yer ardalanma gösterir. Ripple marklar kumtaşlarının sığ su ortamında çökeldiğini gösterir. 350-400 m kalınlığa sahiptir.

2.1.5.8. Pliyosen (pl1)

Sığ göl , bataklık ve akarsu ortamında çökelmiş siltli kumlu kil, siltli kil ve kilden oluşan bu birimin kalınlığı havzanın orta bölümünde 200 m yi bulur.

2.1.5.9. Pliyosen (pl2)

Havzanın merkezi-doğu kısmında kalınlığı 30 m yi bulan gölsel kalker ara seviyeleri yer alır.

2.1.5.10. Pliyosen (pl3)

İri çakıl, çakıl , kum ve bazen kilden oluşur. Istrancalar'ın eteklerinde 100 m kalınlığa ulaşırken güneye doğru incelererek birkaç metrelik kırmızı killi çakılla temsil edilir.

2.1.5.11. Quaterner (al)

Ergene ve kollarının drenaj sisteminin gelişmesi esnasında depzit eden genç alüvyon çakıl, kum, silt ve kil bileşiği olup sık sık teraslanmıştır. Çeşitli vadilerdeki alüvyon kalınlıkları 5-25 m. arasında değişmektedir.

2.1.6. Tektonik

Paleozoik tabanı oluşturan şistler çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Havzanın kenar kısımları tektonizmadan bir hayli etkilenmiş olmasına rağmen orta kısım yapısal olarak pek bozulmamıştır. Kuzeyde kristalen tabanlar birlikte Eosen kalkerli Mio-Pliyosen serilerinden daha fazla hırpalanmıştır.

Istranca masifinden havzanın içerisine doğru basamaklı sıralar halinde alçalan dikine faylarla kesilmiştir. Başlıcaları Kaynarca'nın kuzeyinde, Vize'nin doğu ve kuzeyinde görülür. Kaynarca'nın kuzeyindeki faylarla ilgili olarak buralarda büyük debili kaynaklar oluşmuştur.(Kaynarca Kaynakları)

Bu hareketler Pliyosen serilerinde daha sınırlı olmakla birlikte, Doğu-Batı doğrultulu ve havza merkezine doğru eğimli basamak fay sistemi yer yer Oligosen sonrası birimlerde de gözlenmektedir. Kuzeydeki Develi-Yuvaçatağı fayı bunlara örnektir. Ayrıca Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu Çorlu-Turgutbey fayının atımı düşey yönde 35-40 m. yi bulmaktadır. Bu tektonik yapı sonucu batı ve merkezi kısmı Doğu-Batı eksenli, kanatlardan eksene doğru basamak faylarla alçalan bir senklinal havza oluşmuştur.

Havzanın orta ve güney kısmı ise tektonik yönden çok karışıktır. Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu birbirine paralel bir çok antiklinal ve senklinal vardır. Antiklinaller yapısal durumu çok komplike yapan sayısız fayların etkisindedir. Bunun sonucu olarak kenarları tektonik hatlarla çevrili birçok alt havzalar meydana gelmiştir.

2.1.7. Paleocoğrafya

Ergene Havzası Paleozoikten Tersiyere kadar kara durumunda kalmıştır. Eosen'de başlayan transgrasyonla bugünkü Istranca Masifinin güney etekleri kuzeyden güneye doğru deniz örtmesine uğramış, önce kalistikler daha sonra

marnlar ve resifal kireçtaşları oluşmuştur. Oligosen regresyonu ile denizin güneye kaydığı görülür. Bu zamanda sığ ve çalkantılı bir deniz ortamına geçilmiştir.

Ergene Havzası dağlar arası bir havza görünümündedir. Eosen ve Oligosen'de derin olan havza tabanı türbütük karakterli ince malzeme ile doldurulmuştur. Üst Miyosen transgrasyonu sonrası havzada deltayik ve gölsel ortamlar gelişmiş, marn ve kil ara katkılı kumtaşları (m2) nispeten sığ bir ortamda çökelerek havzanın dolmasını sağlamışlardır. Üst Miyosen tektonizmasına bağlı olarak güneyde bazaltik yapıda volkanik faaliyetler meydana gelmiştir. Pliosen'de ise killi-Siltli karbonatlı malzemenin depozit ettiği (pl1,pl2,pl3) gölsel bataklık ve fluvial fasiyesli delta gerisi ortamın hüküm sürdüğü anlaşıyor.

2.1.8 Hidroloji

2.1.8.1. Akarsular

Ergene havzasının başlıca yerüstü suyu Ergene nehri ve onun kollarıdır. Ergene nehri Trakya'nın kuzeydoğusunda ıstranca dağlarındaki Ergene Kaynaklarından doğmakta ve Ergene deresi adıyla Kuzeydoğu-Güneybatı istikametinde akmaktadır. İnanlı köyü civarında doğudan gelen Çorlu suyu ile birleşerek Ergene nehri ismini almaktadır. Ergene nehri kuzeyden Ana dere ve Soğucak dere, Poyralı dere ve Celaliye dere birleşimi olan Lüleburgaz çayının Şeytan dere, Çimenli dere ile Süloğlu dere; güneyden ise Çengelli dere, Beşiktepe dere, Hayrabolu dere ve Bayramlı dere gibi büyük yan kolları olarak Doğu,Batı istikametinde akmaktadır. Uzunköprü ilçesi çıkışında E.İ.E.'nin 105 nolu Akım Gözlem İstasyonu (AGİ)de drenaj alanı 10194,8 km² dir. Daha sonra Adasarhanlı köyü güneyinde Meriç Nehri ile birleşmektedir. Birleşim yerinde drenaj alanı 11013 km² dir.

2.1.8.2. Kaynaklar

Havzadaki başlıca kaynaklar havzanın kuzeyinde yer alan. Eosen kireçtaşlarının güney etekleri boyunca boşalan karstik kaynaklardır. Kaynarca Kocakaynak ortalama debisi 200 l/s, Poyralı kaynağı ortalama debisi 150 l/s dir. Ayrıca Lüleburgaz'ın doğusundaki Pınarbaşı kaynakları Pliosen gölsel kalkerlerden boşalmakta olup ortalama 400 l/s lik bir debiye sahiptirler. Bunlardan başka Pınar

hisar-Vize hattı boyunca debileri 10 l/s ile 70 l/s arasında değişen irili ufaklı bir çok karstik kaynak mevcuttur. Karstik kaynakların debileri kurak ve yağışlı aylara göre büyük değişiklikler gösterir. Boşalım tamamen yağışların etkisi altındadır. Kaynakların bir çoğu kaptajlara alınmak suretiyle yöresel sulamalarda ve köy içme sularının temininde kullanılmaktadır.

2.1.8.3. Sığ Kuyular

Havzada alüvyon, Pliyosen ve Miyosen içersinde açılan, verimleri derinliklerine göre değişen sayısız sığ kuyu bulunmakta olup bunlar genellikle kullanma ve küçük ölçekli sulama amaçlıdır.

2.1.8.4. Sondaj Kuyuları

Ergene Havzası hidrojeoloji çalışmaları kapsamında 1960'lı yıllardan itibaren birçok araştırma kuyusu açılmış olup halen havzanın çeşitli yerlerinde bulunan 13 adet araştırma kuyusu ile aylık su seviye değişimi izlenmektedir.

Toprak su kooperatiflerine sulama suyu temini için açılan işletme kuyu sayısı 394 dür. Bundan başka 3000 civarında özel sondaj kuyusu bulunmaktadır. Kuyu derinlikleri 100-250 m. arasında değişmekte olup hemen hepsi Pliyosen-Miyosen serileri içersinde yer almaktadır.

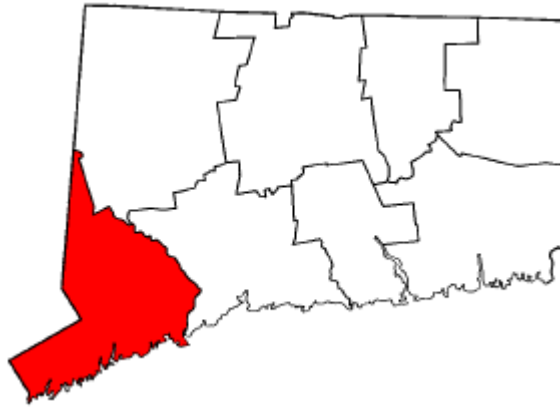
2.2. A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Vilayeti

Fairfield, A.B.D. Connecticut Eyaletinin güney batı kısmında yer alır. A.B.D. nin kuzeydoğusunda yer alan Connecticut ve şehirleri Şekil 2.2 de gösterilmiştir. 41 02' kuzey enlemleri ve 73 58' doğu boylamları ile 13,050 km²lik Connecticut'ın güney batısında yer alır. Eyaletin 8 vilayetinden biri olan Fairfield'in yüzölçümü 2,168 km² dir.



Şekil 2.2 A.B.D. Connecticut Eyaleti

Fairfield bölgesi Connecticut Üzerindeki Konumu Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Bölgenin yüzölçümünün 1,621 km² si kara geri kalan 547 km² ise deniz ve yüzey suları tarafından oluşturulur. Bölgenin % 74,77 si kara %25.23ü deniz ve yüzey suları tarafından oluşturulur. Connecticut'daki deniz seviyesindeki bölgelerden biri olan Fairfield'ın yeraltı suyu kullanım oranı % 32 dir.



Şekil 2.3 Fairfield bölgesi Connecticut Üzerindeki Konumu

Bölge yer altı ve yüzey suları itibariyle su kaynakları açısından oldukça zengindir. Eyaletteki toplam beş adet havzadan 2 si olan Halloween ve Marine havzaları bölgede bulunmaktadır. Bu havzalarda toplam 154 göl ve gölcük, 104 rezervuar, toplam 175 adet dere ve nehir vardır. Aynı zamanda bölgede 102 adet baraj bulunmaktadır. Eyaletin coğrafi görünümü Şekil 2.4 de gösterilmiştir. Bölgenin nüfusu 2000 yılı sayımlarında 882,567 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.4 A.B.D. Connecticut Eyaleti Coğrafi Görünümü

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağıları, insan beyninin çalışma prensiplerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde uygulanması fikri ile ortaya çıkmış ve ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin, ya da literatürdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Efe ve Kaynak, 2000). Bilgi işleme süreçleri olarak niteleyebileceğimiz Yapay sinir ağıları, biyolojik sistemin bazı üstünlüklerini yakalamak isteyen basit işlem elemanlarının yoğun bir paralel dizisi olarak tanımlanabilir. Bilgileri seri bir şekilde işleyebilmesi ve donanımının kolay kurulabilmesi Yapay sinir ağılarına geniş bir kullanım alanı sunmuştur. “k-kıvrımlı bölünmeli yapay sinir ağı çalışma verisi ile üç geriye yayılım tekniği ile akım tahmini yapılmıştır. (Cıgızoğlu ve Kisi,2005-a)

Lineer olmayan sistem davranışının modellenmesindeki başarısından dolayı, yapay sinir ağlarının hidroloji ve hidrolik konularında uygulamaları son zamanlarda artmıştır. Yapay sinir ağlarının su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Lineer olmayan yapay sinir ağıları yaklaşımının yağış-akış ilişkisini iyi temsil ettiği gösterilmiştir (Fernando ve Jayawardena, 1998). (Cıgızoğlu ve Alp, 2004-a), üç yapay sinir ağı metodunu kullanarak yağış-akış modellemesi yapmıştır. Yapay sinir ağıları teknolojisi günlük akımların; günlük yağış, sıcaklık, ve kar erimesi verilerinin fonksiyonu olarak kestiriminde kullanılmıştır. (Tokar ve Johnson,1999) ile (Freiwan ve Cıgızoğlu, 2005-b) ileri beslemeli geriye yayılım ile Ürdün'deki aylık toplam yağışın tahmini konusunda çalışmalarda bulunmuştur. Yapay sinir ağıları, aynı zamanda değişik yeraltı suyu problemlerinde kullanılmıştır. (Rogers ve Dowla, 1994), yapay sinir ağıları ayrıca birim hidrograf elde edilmesinde (Lange, 1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998) ve kanalizasyon akımlarının tahmininde (Djebbar ve Atilla, 1998) olumlu sonuçlar vermiştir. Askı maddesi konsantrasyonu kestirimi ve tahmini de yapay sinir ağıları uygulamalarına dahil olmuştur. (Cıgızoğlu, 2004-b), günlük askı malzemesi miktarının, ileriye

beslemeli geriye yayılım algoritması ile tahmin edilmesi konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, su kaynakları uygulamalarında sıkça kullanılan ileri beslemeli geriye yayılım metodu ile Radyal tabanlı fonksiyonlar yöntemi kullanılmış ve sonuçlar seçilen performans kriterleri cinsinden karşılaştırılmıştır.

3.1 İleri Beslemeli Geriye Yayılım Sinir Ağları

İleri beslemeli geriye yayılım sinir ağında girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim bir çok hücreden oluşmakta olup birimler aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekli ve her kısımdaki hücre sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki hücreler arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Hücreler girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. Geriye doğru hata yayılması iki etaptan oluşmaktadır: çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi hücrelerindeki 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 ve Dobbins, 1990).

Bir eğitim sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler olarak atanmaktadır. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarı ile tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci bir sonuca vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar. Yeni bir girdi grubu sunulduğunda, ileriye doğru besleme ile yapay sinir ağının bağlantı kuvvetlerindeki öğrenilmiş ve saklanan bilgi sayesinde bir çıktı grubu elde edilir. Bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağı bir girdi, bir gizli ve bir çıktı biriminden oluşan üç birimli bir öğrenme ağıdır. Her birinin girdi hücrelerinde x_i , $i=1, \dots, k$ girdi değerleri, çıktı hücrelerinde de T_n , $n=1, \dots, m$ çıktı değerleri kümesi bulunan toplam N adet girdi grubu bulunmaktadır. Girdi değerleri gizli hücrelerdeki ilk ara bağlantı ağırlıkları, w_{ij} , $j=1, \dots, h$, ile çarpılmakta ve sonuçlar i indeksi boyunca toplanmakta ve gizli birimlerin girdileri olmaktadır, örneğin:

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

burada H_j j gizli hücresinin girdisi, w_{ij} ise i hücresinden j hücresine doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli hücre bir sigmoid fonksiyonu yardımı ile bir gizli hücre çıktısı, HO_j , oluşturmaktadır. HO_j şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp[-(H_j + \theta_j)]} \quad (2)$$

burada H_j hücrenin girdisi, $f(H_j)$ hücre 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 hücrelerine ulaşan girdi şu şekilde bulunmaktadır:

$$IO_n = \sum_{j=1}^h w_{jn} HO_j \quad n=1, \dots, m \quad (3)$$

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

$$e_p = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^m (T_n - O_n)^2 \quad (4)$$

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

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^m (T_{pn} - O_{pn})^2 \quad (5)$$

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 hücre için δ_n gradyanının hesaplanması ile gerçekleştirilir:

$$\delta_n = O_n(1 - O_n)(T_n - O_n) \quad (6)$$

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

$$\delta_j = HO_j(1 - HO_j) \sum_{n=1}^m \delta_n w_{jn} \quad (7)$$

Hata gradyanları daha sonra ağ ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j x_i \quad (8)$$

$$w_{ij}(r+1) = w_{ij}(r) + \Delta w_{ij}(r) \quad (9)$$

n'inci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

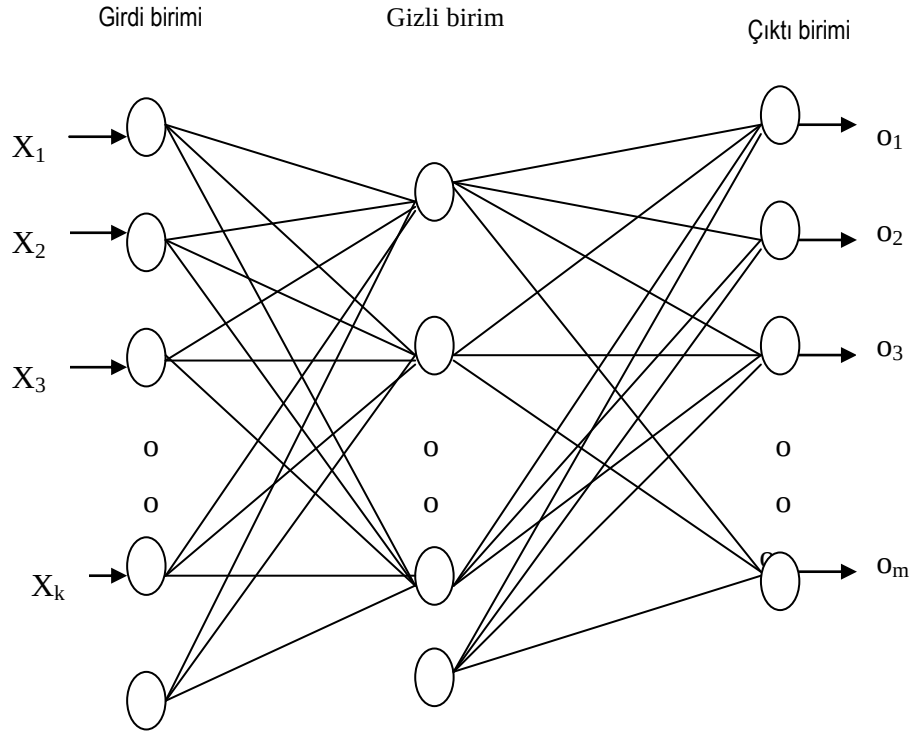
$$\Delta w_{ji}(r) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(r-1) \quad (10)$$

burada, α , sonuca hızlı ulaşılmasını sağlayan momentum oran terimi, η , etap boyutunu ayarlayan öğrenme oranı, r ise iterasyon numarasıdır (Raman ve Sunilkumar, 1995). Yapay sinir ağlarında giriş ve çıkış verileri arasındaki tasvir, aktivasyon fonksiyonu ile sağlanmaktadır. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları doğrusal, sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyonlarıdır (Hines, 1997).

İleri beslemeli geriye yayılım metodunun eğitim aşamasında sonuca daha çabuk yakınsadığı için Levenberg-Marquardt geriye yayılım algoritması (Hagan ve Menhaj, 1994) kullanılmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak belirlilik katsayısı R^2 ile birlikte denklem (11) de verilen ortalama kare hatası (OKH) esas alınmıştır.

$$OKH = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{i_{gözlenen}} - Y_{i_{tahmin}})^2}{N} \quad (11)$$

Burada N kullanılan veri sayısıdır. Akım tahminlerinde yapay sinir ağları ile elde edilen sonuçları mukayese edebilmek için regresyon analizinden faydalanılmıştır. Regresyon analizinin amacı göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmektir.



Şekil 3.1. İleri beslemeli yapay sinir ağlarının yapısı (İBGYSA).

3.2. Radyal tabanlı yapay sinir ağları

Radyal Tabanlı Fonksiyonlar kavramı Yapay sinir ağları literatürüne Broomhead ve Lowe tarafından 1988 yılında sokuldu. Radyal Tabanlı Fonksiyonlara dayalı Yapay sinir ağları modeli insan sinir sistemindeki nöronlarda görülen yerel etki-tepki davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur. (Poggio and Girosi, 1990). Yerel tepki karakteristiği, sinir

sisteminin bazı yerlerinde mesela görme sinirlerinin davranışlarında gözlemlenebilir. Bu sinirler görüş alanında bulunan değişik boyutlardaki görüntülere karşı duyarlıdır. Bu nöronlar yerel olarak tepki vermeye ayarlanmıştır. Bunlar girdi uzayının sınırlı küçük bir bölümüne tepki verebilmektedirler.

Radyal Tabanlı Fonksiyonların teorisi çok değişkenli fonksiyonların enterpolasyonuna dayanmaktadır. Burada amaç $(x^s, y^s)_{s=1}^N$ ifadelerinin enterpolasyonunu yapmaktır. Bu durumda $x^s \in \mathbb{R}^d$ olmalıdır.

Bu denklemde F lineer uzayda bir fonksiyon olduğundan yani doğrusal bir fonksiyon olduğundan Radyal Tabanlı Fonksiyonlar yaklaşımında F enterpolasyon fonksiyonu temel bazı fonksiyonların lineer bir kombinasyonudur.

$$F(x) = \sum_{s=1}^N w_s \phi(\|x - x^s\|) + p(x) \quad (12)$$

Bu denklemde $\|\cdot\|$ öklid normu, $w_1, \dots, w_N$ reel sayılar, ϕ gerçekte değişkenli bir fonksiyon, $p \in \prod_n^d$ ise en fazla n . derecede olabilen d sayıda değişkeni olan bir polinomdur. Bu enterpolasyon probleminde amaç $w_1, \dots, w_N$ değişkenlerini bulmak ve $p = \sum_{j=1}^D a_j p_j$ polinom terimini elde etmektir. Bu polinomda $\prod_n^d$ a standart temel ve $a_1, \dots, a_D$ sayıları da reel katsayılardır. Enterpolasyon şartları şunlardır:

$$F(x^s) = y^s, \quad s = 1, \dots, N \quad (13)$$

$$\sum_{s=1}^N w_s p_j(x^s) = 0, \quad j = 1, \dots, D \quad (14)$$

Eğer veri noktalarından herhangi birisi için enterpolasyon problemi tek çözümlü ise ϕ fonksiyonu Radyal Tabanlı Fonksiyon olarak tanımlanır. Bu durumlarda denklem (12)'deki polinomun terimleri ihmal edilebilir ve denklem (13) deki terimler ile toplandığında aşağıdaki denklem (15) meydana gelir.

$$\phi w = y \quad (15)$$

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

$$\phi = \left(\phi(\|x^k - x^s\|) \right)_{k,s=1,\dots,N} \quad (16)$$

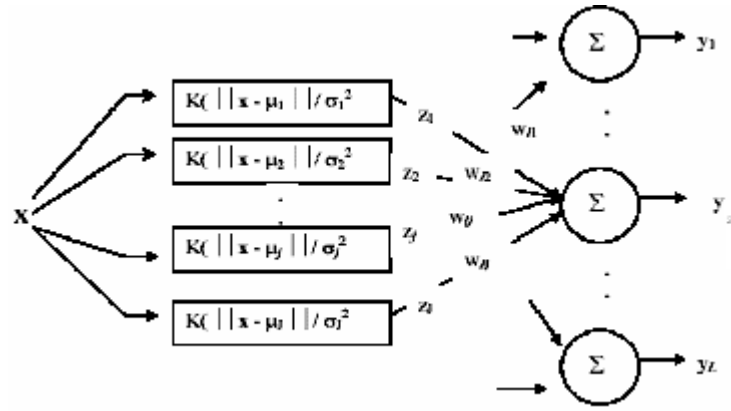
Eğer ϕ fonksiyonunun tersi mevcutsa interpolasyon probleminin çözümü olan w değerleri kesin bir şekilde hesaplanabilir ve $w = \phi^{-1} y$ formunu alır.

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

$$\phi(\|x - c\|) = e^{-\left(\|x - c\| / 2\sigma^2\right)} \quad (17)$$

bu fonksiyonun $c \in R^d$ merkezinde en yüksek değeri alır ve merkezden uzaklaştıkça değeri küçülür. Radyal Tabanlı Fonksiyonların interpolasyonunda kesin çözüm her (x^s, y^s) veri noktası için vardır. Normal şartlarda interpolasyon probleminin kesin çözümü verilen noktalar arasında salınım yapan sıradan bir fonksiyondur. Kesin interpolasyon prosedüründe karşılaşılan bir başka problem de şudur ki temel fonksiyonların sayısı veri noktalarının sayısına eşit olmakta ve bu nedenle ϕ $N \times N$ matrisinin tersini hesaplamak pratikte çok zor olmaktadır.

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



Şekil 3.2. Radyal tabanlı yapay sinir ağlarının yapısı (RTYSA).

4. ÇALIŞMADA KULLANILACAK VERİLERİN ANALİZİ

4.1 Edirne Ergene Havzası Verileri

Edirne-Ergene havzasındaki 13 adet gözlem kuyusundan Çerkezköy ve Marmaracık Kuyularının su seviyelerinin Yapay Sinir Ağları modellemelerinden Radyal Tabanlı Sinir Ağları ve İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları metotları ile tahmin edilmesi için yine aynı havzadaki 1-8 ve 1-20 nolu Akım Gözlem İstasyonlarından tespit edilmiş hm^3 birimli yıllık toplam baz akım değerleri ve bu istasyonların civarındaki meteoroloji istasyonlarından alınmış, bölgedeki tüm yağış istasyonlarının mm. birimli yıllık toplam yağış değerlerinin aritmetik ortalaması Tablo 4.1de ve bu verilerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.2 a-b-c-d de, aynı havzadaki Lüleburgaz Yağış istasyonunun yıllık toplam verileri Tablo 4.3 de istatistiksel analiz sonuçları ise Tablo 4.4 de verilmiştir.

Tablo 4-1: 1-8 ve 1-20 nolu Akım Gözlem İstasyonlarının yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık toplam baz akım verileri

1-20 AGİ RASAT DEĞERLERİ

YIL	Yıllık ortalama toplam yağış (mm)	Yıllık toplam baz akım (hm^3)
1966	951.60	132.9
1967	786.70	93.7
1968	667.10	75.3
1969	648.30	70.7
1970	577.40	58.6
1971	652.30	75.9
1972	535.10	25.2
1973	585.50	58.7
1974	538.30	45
1975	648.70	55.9
1976	639.80	71
1977	643.80	72.4

1-8 AGİ RASAT DEĞERLERİ

Yıl	Yıllık toplam baz akım (hm^3)	Yıllık ortalama toplam yağış (mm)
1966	256.6	915.90
1967	194.4	808.40
1968	120.5	645.80
1969	108.9	638.70
1970	93.3	595.90
1971	132.2	667.40
1972	70	542.60
1973	93.3	606.10
1974	66.1	537.30
1975	93.3	642.00
1976		
1977		

Tablo 4-1 devam

1978	662.30	43.2
1979		
1980		
1981	630.80	77.1
1982	731.50	100.1
1983	544.90	31.7
1984	575.40	47.7
1985	509.60	28.2
1986	659.20	72.6
1987	517.50	43.7
1988	598.70	46.9
1989	580.50	59.8
1990	486.50	35.9
1991	666.90	62.3
1992	620.20	65.6
1993	190.90	35.4

1978		
1979		
1980		
1981	106.9	601.30
1982	136.1	728.10
1983	60.3	556.00
1984	77.8	569.20
1985	60.3	504.30
1986	122.5	649.80
1987	91.4	550.60
1988	87.5	606.00
1989	93.3	579.50
1990	44.7	539.50
1991	103.9	621.00
1992	83.6	606.10
1993	53.5	505.00

Tablo 4-2-a-b-c-d: 1-20 ve 1-8 nolu Akım Gözlem İstasyonları Baz Akım değerleri ile yıllık toplam ortalama yağış veri serilerinin istatistiksel analiz sonuçları

1-20 AGİ. ORT YILLIK YAĞIŞ	
Ortalama	613.8391
Standart Hata	23.88063
Ortanca	625.5
Standart Sapma	126.3644
Örnek Varyans	15967.97
En Büyük	190.9
En Küçük	951.6
Toplam	17187.49
Veri adedi	28

(a)

1-8 AGİ ORT YILLIK YAĞIŞ	
Ortalama	617.657
Standart Hata	16.96913
Ortanca	598.6
Standart Sapma	89.79219
Örnek Varyans	8062.637
En Büyük	504.3
En Küçük	915.9
Toplam	17294.4
Veri adedi	28

(b)

1-8 AGI BAZ AKIM (hm3)	
Ortalama	102.83186
Standart Hata	8.2726896
Ortanca	93.3
Standart Sapma	43.774959
Örnek Varyans	1916.247
En Büyük	44.7
En Küçük	256.6
Toplam	2879.292
Veri adedi	28

(c)

1-20 AGI BAZ AKIM hm3	
Ortalama	61.85135
Standart Hata	4.516798
Ortanca	59.25
Standart Sapma	23.90065
Örnek Varyans	571.241
En Büyük	25.2
En Küçük	132.9
Toplam	1731.838
Veri adedi	28

(d)

Tablo 4.3: Edirne-Ergene havzasındaki Lüleburgaz meteoroloji istasyonundan alınmış mm. birimli yıllık ortalama yağış değerleri

Lüleburgaz istasyonu rasat değerleri (mm)		Lüleburgaz istasyonu rasat değerleri (mm)	
Yıl	Ortalama yıllık yağış (mm)	Yıl	Ortalama yıllık Yağış (mm)
1969	0.00	1982	36.90
1970	72.10	1983	13.00
1971	29.90	1984	1.00
1972	95.80	1985	24.30
1973	62.00	1986	53.30
1974	37.30	1987	79.10
1975	165.70	1988	15.90
1976	75.60	1989	38.50
1977	19.90	1990	89.70
1978	64.70	1991	137.80
1979	107.00	1992	88.00
1980	2.40	1993	7.40
1981	73.00		

Tablo 4.4: Lüleburgaz meteoroloji istasyonu yıllık ortalama yağış değerleri istatistiksel parametreleri

LÜLEBURGAZ İSTASYONU	
Ortalama	589.7758
Standart Hata	21.09554
Ortanca	566.4
Standart Sapma	121.1846
Örnek Varyans	14685.72
En Büyük	399.7
En Küçük	877.3
Toplam	19462.6
Veri adedi	33

4.1.1 Eksik olan verilerin regresyon ile tespiti

1-8 ve 1-20 nolu Akım Gözlem istasyonlarında ölçülemeyen yılların verilerinin tespiti için Regresyon Analizi yöntemi kullanıldı. Bu metotta 1-8 istasyonuna korelasyon ilişkisi olarak en uyumlu olan 106 nolu istasyonun baz akım değerleri kullanılarak eksik olan veriler tamamlandı. 106 nolu istasyonun baz akım değerleri Tablo 4.5 de verilmiştir. İki istasyon verileri arasında regresyon analizi yapıldı. Analize tabi tutulan değerler ve analiz sonuçları Tablo 4.6 de verilmiştir. İstatistikler neticesinde elde edilen fonksiyon denklemi vasıtasıyla eksik olan yılların değerleri belirlenmiş oldu. Bu değerler Tablo 4.7 de verilmiştir. Aynı işlemler 1-20 Akım Gözlem istasyonlarında ölçülemeyen yılların yağış ve baz akım değerlerinin tespiti için yapıldı. 1-20 Akım Gözlem istasyonu ölçülemeyen yılların baz akım değerleri tahmininde 1-8 Akım Gözlem istasyonu değerleri kullanılmıştır. Bu işlemlerde kullanılan verileri Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12, Tablo 4.13 de verilmiştir.

Tablo 4.5: 106 Nolu Akım Gözlem İstasyonu yıllık ortalama baz akım değerleri

106 AGİ Rasat değerleri			
Yıl	Baz Akım (hm ³)	Yıl	Baz Akım (hm ³)
1969	75.9	1981	65.3
1970	94.6	1982	100.8
1971	103.7	1983	32.7
1972	35.5	1984	89.9
1973	75.6	1985	21.3
1974	37.5	1986	80.4
1975	79.1	1987	43.7
1976	40.3	1988	67.4
1977	74.6	1989	59.2
1978	71	1990	12.7
1979	68	1991	26.3
1980	162.4	1992	26.2

Tablo 4.6: 106 ile 1-8 istasyonlarının baz akım değerleri regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları

YIL	106 AGİ Yıllık toplam baz akım (hm ³)	YIL	1-8 AGİ Yıllık toplam baz akım (hm ³)
1969	75.9	1969	108.9
1970	94.6	1970	93.3
1971	103.7	1971	132.2
1972	35.5	1972	70
1973	75.6	1973	93.3
1974	37.5	1974	66.1
1975	79.1	1975	93.3
1981	65.3	1981	106.9
1982	100.8	1982	136.1
1983	32.7	1983	60.3
1984	89.9	1984	77.8
1985	21.3	1985	60.3
1986	80.4	1986	122.5
1987	43.7	1987	91.4
1988	67.4	1988	87.5
1989	59.2	1989	93.3
1990	12.7	1990	44.7
1991	26.3	1991	103.9
1992	26.2	1992	83.6

ÖZET ÇIKIŞI

Regresyon İstatistikleri	
R Kare	0.549295
Standart Hata	16.93295
Gözlem	19
ANOVA	
	df
Regresyon	1
Fark	17
Toplam	18
Katsayılar	
Kesişim	53.63969
X Değişkeni 1	0.626216

Tablo 4.7: 1-8 İstasyonu Baz Akım değerlerinin eksik olan yılların değerleri

YIL	Eksik Yıllar 106 AGİ Baz Akım Değerleri (hm ³)	YIL	Eksik Yıllar 1-8 AGİ Baz Akım Değerleri (hm ³)
1976	40.3	1976	78.88
1977	74.6	1977	100.36
1978	71	1978	98.10
1979	68	1979	96.22
1980	162.4	1980	155.34

Tablo 4.8: 1-8 ile 1-20 istasyonları baz akım regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları

YIL	1-8 AGİ Yıllık toplam baz akım (hm ³)	YIL	1-20 AGİ Yıllık toplam baz akım (hm ³)
1966	256.6	1966	132.9
1967	194.4	1967	93.7
1968	120.5	1968	75.3
1969	108.9	1969	70.7
1970	93.3	1970	58.6
1971	132.2	1971	75.9
1972	70	1972	25.2
1973	93.3	1973	58.7
1974	66.1	1974	45
1975	93.3	1975	55.9
1976	78.88	1976	71
1977	100.36	1977	72.4
1978	98.10	1978	43.2
1981	106.9	1981	77.1
1982	136.1	1982	100.1
1983	60.3	1983	31.7
1984	77.8	1984	47.7
1985	60.3	1985	28.2
1986	122.5	1986	72.6
1987	91.4	1987	43.7
1988	87.5	1988	46.9
1989	93.3	1989	59.8
1990	44.7	1990	35.9
1991	103.9	1991	62.3
1992	83.6	1992	65.6
1993	53.5	1993	35.4

ÖZET ÇIKIŞI	
Regresyon İstatistikleri	
R Kare	0.80748
Standart Hata	10.86734
Gözlem	26
ANOVA	
	df
Regresyon	1
Fark	24
Toplam	25
Katsayılar	
Kesişim	11.12665
X Değişkeni 1	0.49328

Tablo 4.9: 1-20 İstasyonu Baz Akım değerlerinin eksik olan yılların değerleri

YIL	Eksik Yıllar 1-8 AGİ Baz Akım (hm ³)	YIL	Eksik Yıllar 1-20 AGİ Baz Akım (hm ³)
1979	96.22	1979	58.59
1980	155.33	1980	87.75

Tablo 4.10: 106 ile 1-8 istasyonlarının yağış değerleri regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları

YIL	106 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)	YIL	1-8 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)
1969	651.70	1969	638.70
1970	701.80	1970	595.90
1971	777.40	1971	667.40
1972	533.70	1972	542.60
1973	679.20	1973	606.10
1974	489.20	1974	537.30
1975	681.00	1975	642.00
1981	538.80	1981	601.30
1982	738.40	1982	728.10
1983	538.10	1983	556.00
1984	607.50	1984	569.20
1985	441.10	1985	504.30
1986	605.40	1986	649.80
1987	522.40	1987	550.60
1988	687.50	1988	606.00
1989	535.20	1989	579.50
1990	463.70	1990	539.50
1991	609.40	1991	621.00
1992	469.10	1992	606.10

ÖZET ÇIKIŞI	
<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
R Kare	0.622482
Standart Hata	34.26596
Gözlem	19
ANOVA	
<i>df</i>	
Regresyon	1
Fark	17
Toplam	18
<i>Katsayı</i>	
Kesişim	342.4676
X Değişkeni 1	0.428949

Tablo 4.11: 1-8 İstasyonu Ortalama Yıllık Yağış eksik olan yılların değerleri

YIL	Eksik Yıllar 106 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)	YIL	Eksik Yıllar 1-8 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)
1976	566.00	1976	585.25
1977	582.40	1977	592.29
1978	570.40	1978	587.14
1979	550.50	1979	578.60
1980	914.20	1980	734.61

Tablo 4.12: 1-8 ile 1-20 istasyonları yağış regresyon analizinde kullanılan veriler ve analiz sonuçları

YIL	1-8 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)	YIL	1-20 AGİ Yıllık toplam yağış (mm)
1969	648.3	1969	638.70
1970	577.4	1970	595.90
1971	652.3	1971	667.40
1972	535.1	1972	542.60
1973	585.5	1973	606.10
1974	538.3	1974	537.30
1975	648.7	1975	642.00
1976	639.8	1976	585.25
1977	643.8	1977	592.29
1978	662.3	1978	587.14
1981	630.8	1981	601.30
1982	731.5	1982	728.10
1983	544.9	1983	556.00
1984	575.4	1984	569.20
1985	509.6	1985	504.30
1986	659.2	1986	649.80
1987	517.5	1987	550.60
1988	598.7	1988	606.00
1989	580.5	1989	579.50
1990	486.5	1990	539.50
1991	666.9	1991	621.00
1992	620.2	1992	606.10

ÖZET ÇIKIŞI	
<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
R Kare	0.774957
Standart Hata	30.36593
Gözlem	22
ANOVA	
<i>df</i>	
Regresyon	1
Fark	20
Toplam	21
<i>Katsayılar</i>	
Kesişim	-49.1038
X Değişkeni 1	1.093651

Tablo 4.13: 1-20 İstasyonu Ortalama Yıllık Yağış eksik olan yılların değerleri

Eksik Yıllar 1-8 AGİ		Eksik Yıllar 1-20 AGİ	
YIL	Yıllık toplam yağış (mm)	YIL	Yıllık toplam yağış (mm)
1979	578.60	1979	583.69
1980	734.61	1980	754.31

4.1.2. Verilerin Eklenik Sapma Değerlerinin Hesaplanması

Tamamlanmış veriler üzerinde yapmış olduğumuz incelemeler neticesinde söz konusu verilerin gerçek değerlerinden ziyade eklenik sapma değerleri ile Çerkezköy ve Marmaracık kuyularının yeraltı su seviyesi arasında ilişki bulunduğu tespit edilmiştir.

Eklenik sapma, zaman serisindeki tüm değerler ortalaması alınıp her yılın değeri ile farkını tespit ettikten sonra farkların kümülatif olarak toplanması suretiyle elde edilen sayısal değerlerdir. Bu anlatımdan da görüldüğü üzere eklenik sapma değerlerinin son değeri sıfır olması gerekmektedir. Aksi takdirde hesaplamalarda hata var demektir. İstasyonların eklenik sapma değerleri Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16 da verilmiştir.

Tablo 4.14: 1-8 ve 1-20 İstasyonları baz akım ve baz akım eklenik sapma değerleri

Yıl	1-8 Baz Akım Tamamlanmış Veri (hm ³)	1-8 Baz Akım Eklenik Sapma (hm ³)	Yıl	1-20 Baz Akım Tamamlanmış Veri (hm ³)	1-20 Baz Akım Eklenik Sapma (hm ³)
1966	256.6	153.77	1966	132.9	71.05
1967	194.4	245.34	1967	93.7	102.90
1968	120.5	263.00	1968	75.3	116.35
1969	108.9	269.07	1969	70.7	125.19
1970	93.3	259.54	1970	58.6	121.94
1971	132.2	288.91	1971	75.9	135.99
1972	70	256.08	1972	25.2	99.34
1973	93.3	246.55	1973	58.7	96.19
1974	66.1	209.81	1974	45	79.34
1975	93.3	200.28	1975	55.9	73.39
1976	78.88	176.33	1976	71	82.53
1977	100.36	173.85	1977	72.4	93.08
1978	98.10	169.12	1978	43.2	74.43
1979	96.22	162.51	1979	58.59	71.17
1980	155.34	215.01	1980	87.75	97.07

1981	106.9	219.08	1981	77.1	112.32
1982	136.1	252.35	1982	100.1	150.56
1983	60.3	209.82	1983	31.7	120.41
1984	77.8	184.79	1984	47.7	106.26
1985	60.3	142.25	1985	28.2	72.61
1986	122.5	161.92	1986	72.6	83.36
1987	91.4	150.49	1987	43.7	65.21
1988	87.5	135.16	1988	46.9	50.26
1989	93.3	125.63	1989	59.8	48.20
1990	44.7	67.50	1990	35.9	22.25
1991	103.9	68.56	1991	62.3	22.70
1992	83.6	49.33	1992	65.6	26.45
1993	53.5	0.00	1993	35.4	0.00

Tablo 4.15: Lüleburgaz yağış istasyonu yıllık toplam yağış ve yıllık toplam yağış eklenik sapma değerleri

	Lüleburgaz	Lüleburgaz Yağış
YILI	Yağış (mm)	Eklenik Sapma (mm)
1961	549.00	-40.61
1962	716.10	85.88
1963	835.50	331.77
1964	612.70	354.85
1965	762.20	527.44
1966	877.30	815.13
1967	596.20	821.72
1968	569.10	801.21
1969	503.90	715.49
1970	640.00	765.88
1971	784.00	960.27
1972	461.40	832.06
1973	456.10	698.54
1974	503.10	612.03
1975	741.70	764.12
1976	621.40	795.91
1977	440.10	646.40
1979	652.40	657.97
1980	666.50	734.86
1981	710.60	855.85
1982	483.70	749.94
1983	399.70	560.02
1984	556.90	527.31
1985	493.30	431.00
1986	558.80	400.19
1987	624.40	434.98
1988	557.00	402.36

1989	422.40	229.75
1990	600.10	240.24
1991	566.40	217.03
1992	514.60	142.01
1993	447.60	0.00

Tablo 4.16: 1-8 ve 1-20 İstasyonları Yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık ortalama toplam eklenik sapma değerleri

YIL	1-20 AGİ Yıllık Yağış Tamamlanmış Veri (mm)	1-20 AGİ Yıllık Yağış Eklenik Sapma (mm)	YIL	1-8 AGİ Yıllık Yağış Tamamlanmış Veri (mm)	1-8 AGİ Yıllık Yağış Eklenik Sapma (mm)
1966	951.60	337.76	1966	915.90	298.24
1967	786.70	510.62	1967	808.40	488.98
1968	667.10	563.88	1968	645.80	517.13
1969	648.30	598.34	1969	638.70	538.17
1970	577.40	561.90	1970	595.90	516.41
1971	652.30	600.36	1971	667.40	566.16
1972	535.10	521.63	1972	542.60	491.10
1973	585.50	493.29	1973	606.10	479.54
1974	538.30	417.75	1974	537.30	399.18
1975	648.70	452.61	1975	642.00	423.53
1976	639.80	478.57	1976	585.25	391.12
1977	643.80	508.53	1977	592.29	365.75
1978	662.30	556.99	1978	587.14	335.24
1979	583.69	526.84	1979	578.60	296.18
1980	754.31	667.31	1980	734.61	413.14
1981	630.80	684.27	1981	601.30	396.78
1982	731.50	801.93	1982	728.10	507.23
1983	544.90	732.99	1983	556.00	445.57
1984	575.40	694.55	1984	569.20	397.11
1985	509.60	590.31	1985	504.30	283.75
1986	659.20	635.67	1986	649.80	315.90
1987	517.50	539.33	1987	550.60	248.84
1988	598.70	524.19	1988	606.00	237.18
1989	580.50	490.85	1989	579.50	199.03
1990	486.50	363.52	1990	539.50	120.87
1991	666.90	416.58	1991	621.00	124.21
1992	620.20	422.94	1992	606.10	112.66
1993	190.90	0.00	1993	505.00	0.00

4.1.3. Korelasyon Değerleri

Yeraltı su seviyesi tahmini yapılacak Çerkezköy ve Marmaracık kuyuları ile data olarak kullanılacak istasyonların baz akım ve yağış değerlerinin korelasyon değerleri hesaplanarak Tablo 4.17 de gösterildi.

Tablo 4.17: Korelasyon Değerleri

	Çerkezköy Y.S.S.	Marmaracık Y.S.S.
1-20 AGI Baz Akım Eklenik Sapma	0.74	0.79
1-8 AGI Baz Akım Eklenik Sapma	0.89	0.91
Lüleburgaz Yıllık Yağış Eklenik Sapma	0.89	0.91
1-20 AGI (Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	0.45	0.51
1-8 AGI (Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	0.88	0.91

4.1.4. Ölçeklendirme

Yapay Sinir Ağı uygulamalarında veri olarak kullanılacak değerlerin simülasyonlarda sağlıklı sonuç vermesi için ham veriler üzerinde ölçeklendirme yapmak gerekmektedir. Ölçeklendirilmiş veri hesabı için her zaman serisinin en yüksek değeri tespit edilip tüm değerler bu sayıya bölünmesi gerekir. Bu durumda 0 ile 1 arası değişen sayılardan oluşan ölçeklendirilmiş veriler temin edilmiş olur. Uygulamada kullanılacak ölçeklendirilmiş veriler Tablo 4.18 ve Tablo 4.19 da gösterilmiştir.

Tablo 4.18: Ölçeklendirilmiş Çerkezköy tahmin verisi

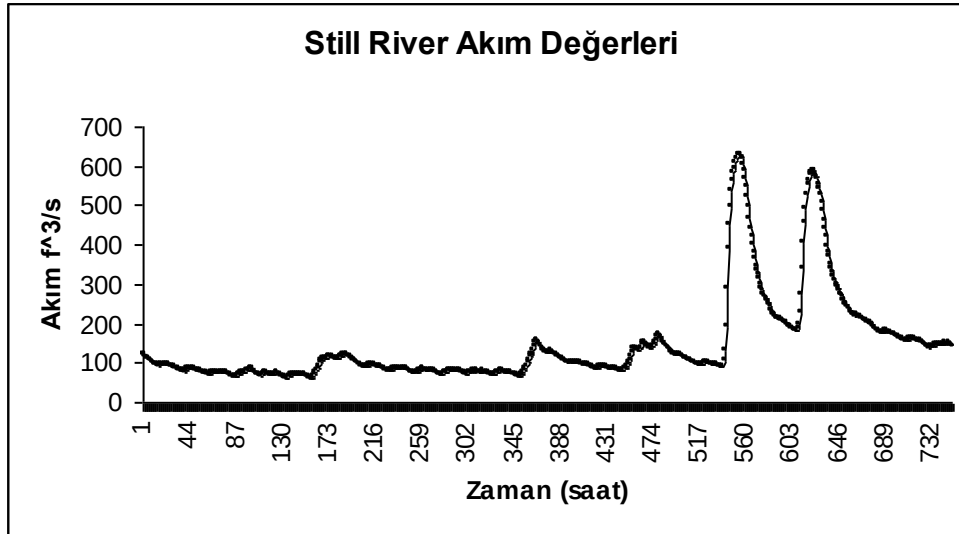
Yıl	Marmaracık Y.S.S.	1-20 Baz Akım Eklenik Sapma	1-8 Baz Akım Eklenik Sapma	Lüleburgaz Yıllık Toplam Yağış Eklenik Sapma	1-20(Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	1-8(Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	Çerkezköy YSS
1969	0.9969	0.8315	0.9313	0.7451	0.7461	0.9506	0.9982
1970	1.0000	0.8099	0.8983	0.7976	0.7007	0.9121	1.0000
1971	0.9976	0.9032	1.0000	1.0000	0.7487	1.0000	0.9986
1972	0.9948	0.6598	0.8864	0.8665	0.6505	0.8674	0.9968
1973	0.9859	0.6389	0.8534	0.7274	0.6151	0.8470	0.9912
1974	0.9896	0.5269	0.7262	0.6374	0.5209	0.7051	0.9935
1975	0.9901	0.4874	0.6932	0.7957	0.5644	0.7481	0.9938
1976	0.9767	0.5482	0.6103	0.8288	0.5968	0.6908	0.9854
1977	0.9647	0.6182	0.6017	0.6731	0.6341	0.6460	0.9778
1978	0.9586	0.4944	0.5854	0.6198	0.6946	0.5921	0.9741
1979	0.9417	0.4727	0.5625	0.6852	0.6570	0.5231	0.9634
1980	0.9544	0.6447	0.7442	0.7653	0.8321	0.7297	0.9760
1981	0.9402	0.7460	0.7583	0.8913	0.8533	0.7008	0.9626
1982	0.9447	1.0000	0.8735	0.7810	1.0000	0.8959	0.9654
1983	0.9353	0.7997	0.7262	0.5832	0.9140	0.7870	0.9594
1984	0.9123	0.7058	0.6396	0.5491	0.8661	0.7014	0.9449
1985	0.9311	0.4823	0.4924	0.4488	0.7361	0.5012	0.9568
1986	0.9257	0.5536	0.5605	0.4167	0.7927	0.5580	0.9534
1987	0.9151	0.4331	0.5209	0.4530	0.6725	0.4395	0.9468
1988	0.8946	0.3338	0.4678	0.4190	0.6537	0.4189	0.9528
1989	0.8845	0.3202	0.4348	0.2393	0.6121	0.3515	0.9374
1990	0.8676	0.1478	0.2336	0.2502	0.4533	0.2135	0.9363
1991	0.8102	0.1508	0.2373	0.2260	0.5195	0.2194	0.9206
1992	0.8040	0.1757	0.1708	0.1479	0.5274	0.1990	0.8770
1993	0.7852	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8880

Tablo 4.19: Ölçeklendirilmiş Marmaracık tahmin verisi

Yıl	Çerkezköy Y.S.S.	1-20 Baz Akım Eklenik Sapma	1-8 Baz Akım Eklenik Sapma	Lüleburgaz Yıllık Toplam Yağış Eklenik Sapma	1-20(Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	1-8(Y.Ort.Yağ.) Eklenik Sapma	Marmaracık Y.S.S.
1969	0.9982	0.8315	0.9313	0.7451	0.7461	0.9506	0.9969
1970	1.0000	0.8099	0.8983	0.7976	0.7007	0.9121	1.0000
1971	0.9986	0.9032	1.0000	1.0000	0.7487	1.0000	0.9976
1972	0.9968	0.6598	0.8864	0.8665	0.6505	0.8674	0.9948
1973	0.9912	0.6389	0.8534	0.7274	0.6151	0.8470	0.9859
1974	0.9935	0.5269	0.7262	0.6374	0.5209	0.7051	0.9896
1975	0.9938	0.4874	0.6932	0.7957	0.5644	0.7481	0.9901
1976	0.9854	0.5482	0.6103	0.8288	0.5968	0.6908	0.9767
1977	0.9778	0.6182	0.6017	0.6731	0.6341	0.6460	0.9647
1978	0.9741	0.4944	0.5854	0.6198	0.6946	0.5921	0.9586
1979	0.9634	0.4727	0.5625	0.6852	0.6570	0.5231	0.9417
1980	0.9760	0.6447	0.7442	0.7653	0.8321	0.7297	0.9544
1981	0.9626	0.7460	0.7583	0.8913	0.8533	0.7008	0.9402
1982	0.9654	1.0000	0.8735	0.7810	1.0000	0.8959	0.9447
1983	0.9594	0.7997	0.7262	0.5832	0.9140	0.7870	0.9353
1984	0.9449	0.7058	0.6396	0.5491	0.8661	0.7014	0.9123
1985	0.9568	0.4823	0.4924	0.4488	0.7361	0.5012	0.9311
1986	0.9534	0.5536	0.5605	0.4167	0.7927	0.5580	0.9257
1987	0.9468	0.4331	0.5209	0.4530	0.6725	0.4395	0.9151
1988	0.9528	0.3338	0.4678	0.4190	0.6537	0.4189	0.8946
1989	0.9374	0.3202	0.4348	0.2393	0.6121	0.3515	0.8845
1990	0.9363	0.1478	0.2336	0.2502	0.4533	0.2135	0.8676
1991	0.9206	0.1508	0.2373	0.2260	0.5195	0.2194	0.8102
1992	0.8770	0.1757	0.1708	0.1479	0.5274	0.1990	0.8040
1993	0.8880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7852

4.2 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası veri analizi

A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzasındaki USGS 410628073413301 CT-GW 21 nolu yer altı suyu gözlem kuyularının su seviyelerinin Yapay Sinir Ağları modellemelerinden Radyal Tabanlı Sinir Ağları ve İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları metotları ile tahmin edilmesi için yine aynı havzadaki USGS 01201487 nolu Still River At Route Akım Gözlem İstasyonundan alınmış feet^3/s birimli Şekil 4.1 de gösterilen akım değerleri girdi verisi olarak kullanıldı. Bu veriler söz konusu istasyonda 06/11/2004 ile 07/12/2004 tarihleri arasında 15 er dakikalık ölçümler halinde teşekkül etmiş idi. Tahmin edilecek yer altı suyu değerleri saatlik veriler olduğundan veri üzerinde revizyon yaparak toplamda 3008 adet olan verinin saatlik verilere dönüşmesi sağlandı. Saatlik olarak yapılan ölçümler toplam 752 değer olmak üzere sıralandı. Böylece tahmin edilecek yer altı su seviyesi istasyonu ile aynı zaman aralığına sahip verilere ulaşıldı. Tablo 4.20 de ve bu verilerin istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.1 Fairfield Still River akım değerleri grafiği

Tablo 4.20: USGS 01201487 Still River istatistiksel parametreleri

USGS 01201487 STILL RIVER	
Ortalama (ft ³ /s)	145.45346
Standart Hata	4.2537242
Ortanca	98.5
Standart Sapma (ft ³ /s)	116.64826
Örnek Varyans	13606.815
Aralık	570
En Büyük	61
En Küçük	631
Toplam	109381
Veri adedi	752

5. YAPAY SİNİR AĞLARI SİMÜLASYON SONUÇLARI

5.1. Edirne-Ergene Havzası yıllık toplam ortalama yağış, yıllık toplam baz akım ve yeraltı su seviyesi tahmin sonuçları

Edirne Ergene Havzası'ndaki 1-20 nolu Akım Gözlem İstasyonu ve 1-8 nolu Akım Gözlem İstasyonunun yıllık toplam ortalama yağış, yıllık toplam baz akım değerlerinin, Lüleburgaz Yağış İstasyonu yıllık toplam yağış miktarının ve Çerkezköy ile Marmaracık istasyonları yer altı su seviyelerinin gelecek yıllardaki tahmini için yine aynı istasyonların yıllık toplam verilerini bir sonraki kolonun bir üst satırına getirildi. Bu işlem toplam üç defa yapıldı ve Tablo 5.1 de görülen 4 x 22 boyutlarındaki veri matrisi oluşturularak YSA simülasyonlarına başlandı.

Tablo 5.1 : 4 x 22 boyutlarındaki veri matrisi

YSA Veri matrisi oluşturma			
X1	X2	X3	X4
X2	X3	X4	X5
X3	X4	X5	X6
X4	X5	X6	X7
X5	X6	X7	X8
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

5.1.1 Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

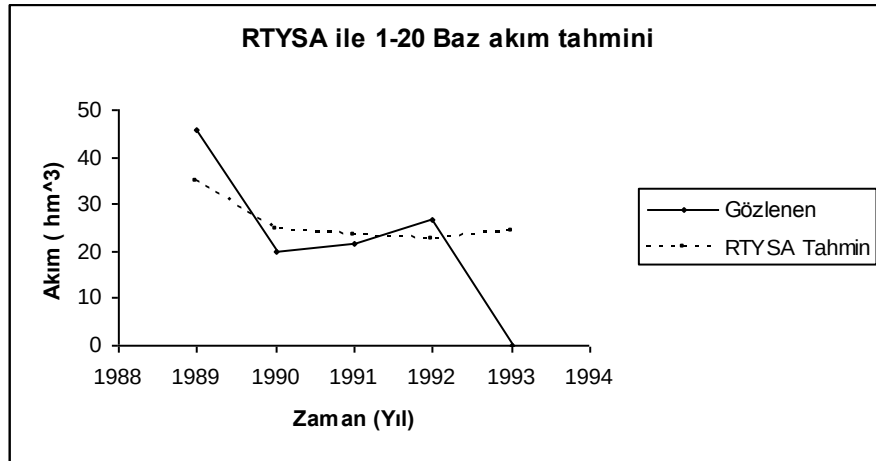
Çalışmanın bu bölümünde geçmiş baz akım değerleri kullanılarak bir sonraki baz akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon

değerleri sırası ile $r_1= 0,88$, $r_2= 0,80$, $r_3= 0,70$ olarak hesaplanmıştır. 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerleri Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.3, gizli tabaka parametresini 10, ve iterasyon aralığını 1 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0018, determinasyon katsayısı değeri 0,5311 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak RTYSA tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.2 de grafiği ise Şekil 5.1 de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: 1-20 Baz akım RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.3048	0.230949	1	45.89197	34.77261
0.1314	0.163818	2	19.78414	24.66505
0.1426	0.155281	3	21.47045	23.37981
0.177	0.150431	4	26.64986	22.64946
0	0.161177	5	0	24.26747



Şekil 5.1: RTYSA ile 1-20 Baz akım tahmin grafiği

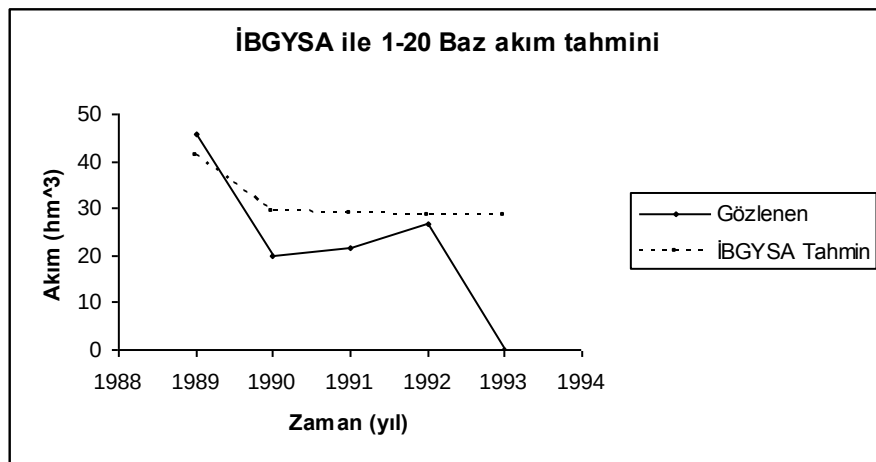
5.1.2. Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş baz akım değerleri kullanılarak bir sonraki baz akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,88$, $r_2 = 0,80$, $r_3 = 0,70$ olarak hesaplanmıştır. 1-20 AGİ yıllık toplam baz akım değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları (İBGYSA) ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Bir çok İBGYSA simülasyonu yapılarak en iyi test süresi performans kriterlerini veren simülasyon sonucu tercih edilmiştir.

Simülasyonda iterasyon sayısı 40 olarak alınarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan sonuçları elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0115, determinasyon katsayısı değeri 0,5604 olarak hesaplandı. Sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İBGYSA tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.3 de grafiği ise Şekil 5.2 de gösterilmiştir.

Tablo 5.3: 1-20 Baz akım İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.3048	0.271992	1	45.89197	40.95222
0.1314	0.194555	2	19.78414	29.29309
0.1426	0.190949	3	21.47045	28.75014
0.177	0.188526	4	26.64986	28.38532
0	0.188745	5	0	28.41826



Şekil 5.2: İBGYSA ile 1-20 Baz akım tahmin grafiği

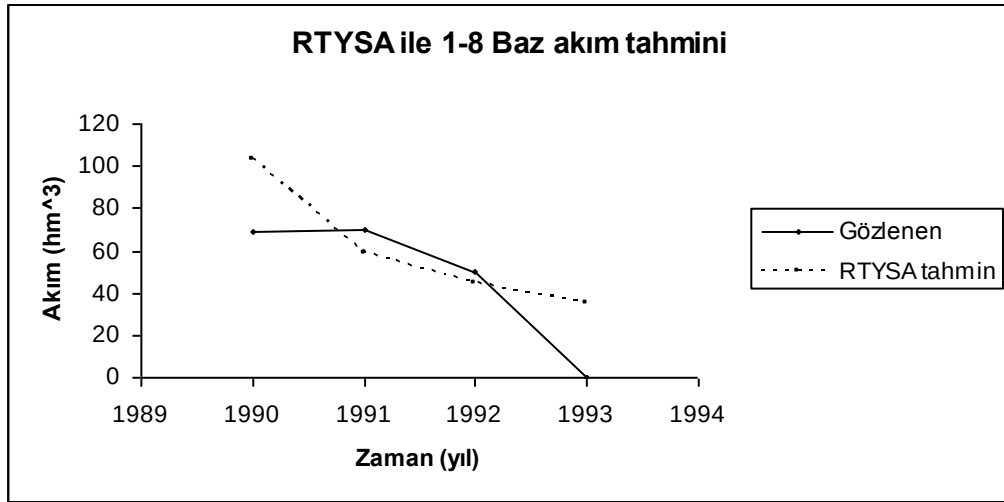
5.1.3 Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş baz akım değerleri kullanılarak bir sonraki baz akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,93$, $r_2 = 0,88$, $r_3 = 0,81$ olarak hesaplanmıştır 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerleri Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 18 veriyi eğitim için, geri kalan 4 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.5, gizli tabaka parametresini 20, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 4 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0155, determinasyon katsayısı değeri 0,8731 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.4 de grafiği ise Şekil 5.3 de gösterilmiştir.

Tablo 5.4: 1-8 Baz akım RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.2381	0.357574	1	68.78919	103.3063
0.2408	0.201822	2	69.56924	58.30811
0.1728	0.153681	3	49.92344	44.39975
0	0.12055	4	0	34.82785



Şekil 5.3: RTYSA ile 1-8 Baz akım tahmin grafiği

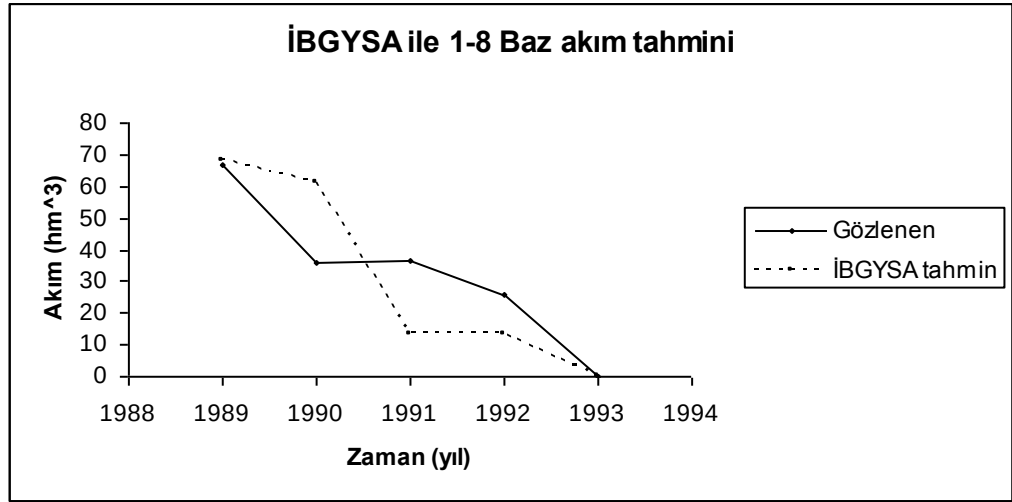
5.1.4 Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş baz akım değerleri kullanılarak bir sonraki baz akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,93$, $r_2 = 0,88$, $r_3 = 0,81$ olarak hesaplanmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,93$, $r_2 = 0,88$, $r_3 = 0,81$ olarak hesaplanmıştır 1-8 AGİ yıllık toplam baz akım değerleri İBGYSA ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 45 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0114, determinasyon katsayısı değeri 0,8736 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İBGYSA tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.5 de grafiği ise Şekil 5.4 de gösterilmiştir

Tablo 5.5: 1-8 Baz akım İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
4.42E-01	4.53E-01	1	66.47409	68.27436
2.38E-01	4.06E-01	2	35.84934	61.10104
2.41E-01	8.66E-02	3	36.25586	13.04552
1.73E-01	8.66E-02	4	26.01749	13.04122
0.00E+00	0.00E+00	5	0	0



Şekil 5.4: İBGYSA ile 1-8 Baz akım tahmin grafiği

5.1.5 Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

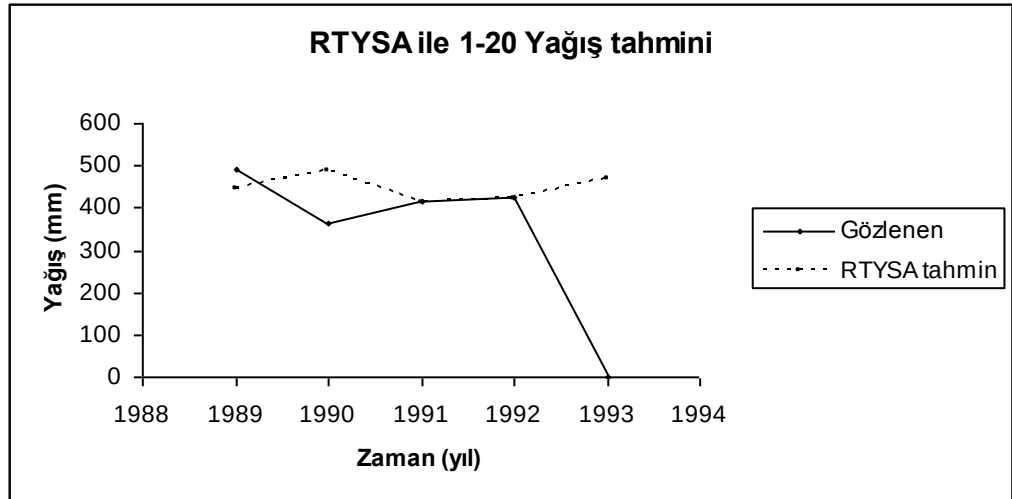
Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam ortalama akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam ortalama akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1=0,72$, $r_2=0,64$, $r_3=0,49$ olarak hesaplanmıştır. 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerleri Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi

tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.2, gizli tabaka parametresini 20, ve iterasyon aralığını 1 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0845, determinasyon katsayısı değeri 0,5609 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.6 de grafiği ise Şekil 5.5 de gösterilmiştir.

Tablo 5.6: 1-20 Yağış RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.6121	0.552889	1	490.8603	443.3774
0.4533	0.605666	2	363.5141	485.7002
0.5195	0.51087	3	416.6017	409.6812
0.5274	0.523773	4	422.9369	420.0281
0	0.585586	5	0	469.5976



Şekil 5.5: RTYSA ile 1-20 Yağış akım tahmin grafiği

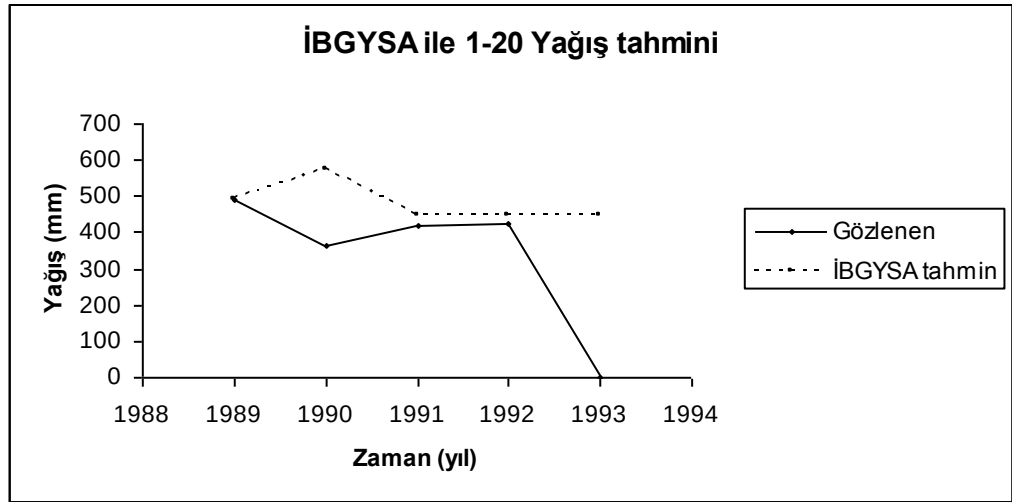
5.1.6 Edirne-Ergene Havzası 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam ortalama akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam ortalama akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1=0,72$, $r_2= 0,64$, $r_3= 0,49$ olarak hesaplanmıştır. 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 15 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,1378, determinasyon katsayısı değeri 0,3627 olarak hesaplandı.YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.7 de grafiği ise Şekil 5.6 de gösterilmiştir

Tablo 5.7: 1-20 Yağış İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.6121	0.60945	1	490.8603	488.735
0.4533	0.713482	2	363.5141	572.161
0.5195	0.55885	3	416.6017	448.1576
0.5274	0.55885	4	422.9369	448.1576
0	0.55885	5	0	448.1576



Şekil 5.6: İBGYSA ile 1-20 Yağış tahmin grafiği

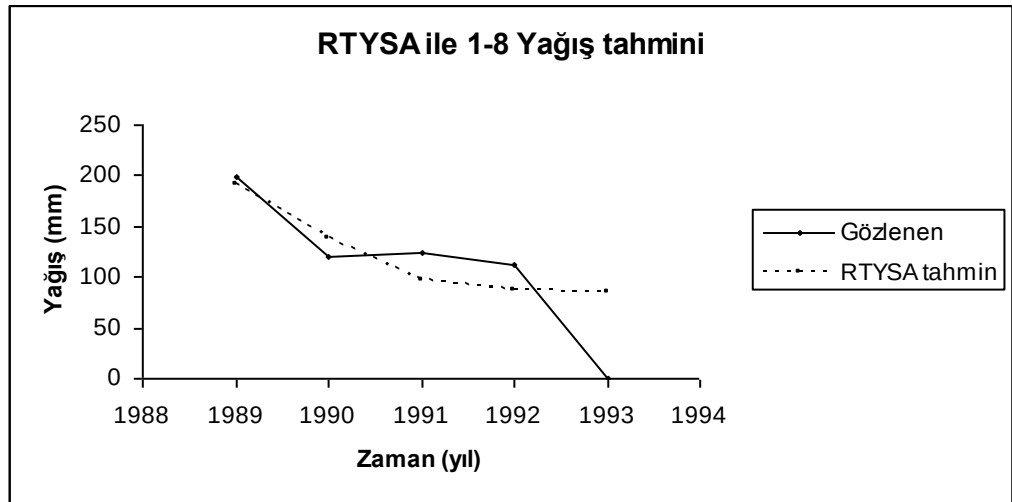
5.1.7 Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam ortalama akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam ortalama akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1=0,92$, $r_2=0,87$, $r_3=0,75$ olarak hesaplanmıştır. 1-8 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerleri Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.2, gizli tabaka parametresini 20, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0016, determinasyon katsayısı değeri 0,8361 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.8 de grafiği ise Şekil 5.7 de gösterilmiştir.

Tablo 5.8: 1-8 Yağış RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.3515	0.337598	1	199.0035	191.1329
0.2135	0.242828	2	120.8741	137.4781
0.2194	0.17067	3	124.2144	96.62579
0.199	0.154047	4	112.6648	87.21425
0	0.151159	5	0	85.57954



Şekil 5.7: RTYSA ile 1-8 Yağış tahmin grafiği

5.1.8 Edirne-Ergene Havzası 1-8 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

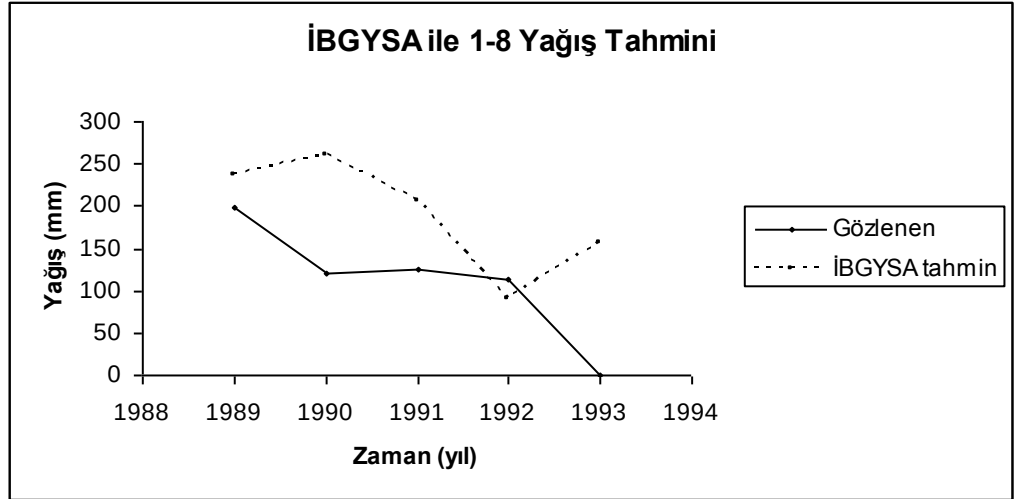
Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam ortalama akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam ortalama akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1=0,92$, $r_2=0,87$, $r_3=0,75$ olarak hesaplanmıştır. 1-20 AGİ yıllık toplam ortalama yağış değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 18 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi

değeri 0,0725, determinasyon katsayısı değeri 0,596 olarak hesaplandı.YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.9 de grafiği ise Şekil 5.8 de gösterilmiştir

Tablo 5.9: 1-8 Yağış İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.3515	0.417952	1	199.0035	236.6254
0.2135	0.459423	2	120.8741	260.1047
0.2194	0.364141	3	124.2144	206.1605
0.199	0.159797	4	112.6648	90.46997
0	0.275067	5	0	155.7308



Şekil 5.8: İBGYSA ile 1-8 yağış tahmin grafiği

5.1.9 Edirne-Ergene Havzası Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

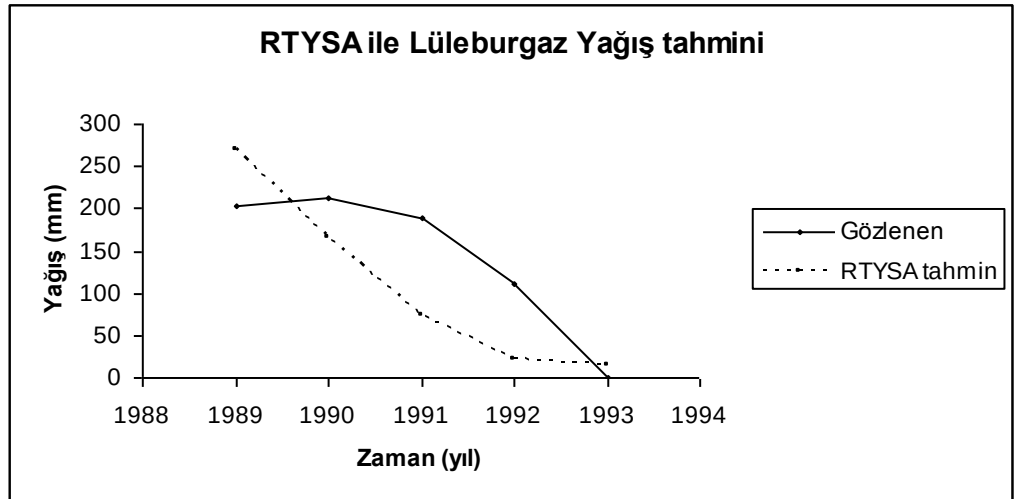
Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,92$, $r_2 = 0,79$, $r_3 = 0,72$ olarak hesaplanmıştır. Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerleri Radyal Tabanlı Yapay

Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.15, gizli tabaka parametresini 10, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0062, determinasyon katsayısı değeri 0,9132 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.10 de grafiği ise Şekil 5.9 de gösterilmiştir.

Tablo 5.10: Lüleburgaz Yağış RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.2115	0.280207	1	203.0969	269.0737
0.2215	0.171726	2	212.6996	164.9035
0.196	0.075918	3	188.2127	72.90141
0.116	0.022833	4	111.3912	21.92599
0	0.015152	5	0	14.55042



Şekil 5.9: RTYSA ile Lüleburgaz Yağış tahmin grafiği

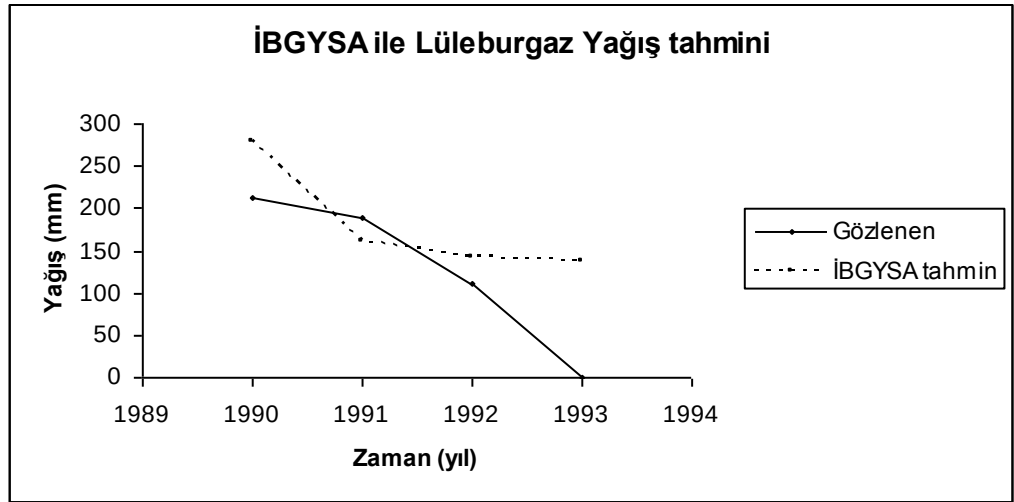
5.1.10 Edirne-Ergene Havzası Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yıllık toplam akım değerleri kullanılarak bir sonraki yıllık toplam akım değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,92$, $r_2 = 0,79$, $r_3 = 0,72$ olarak hesaplanmıştır. Lüleburgaz yıllık toplam yağış değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücreleri modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 25 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0135, determinasyon katsayısı değeri 0,729 olarak hesaplandı.YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları (İBGYSA) tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.11 de grafiği ise Şekil 5.10 da gösterilmiştir.

Tablo 5.11: Lüleburgaz Yağış İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.3515	0.417952	1	199.0035	236.6254
0.2135	0.459423	2	120.8741	260.1047
0.2194	0.364141	3	124.2144	206.1605
0.199	0.159797	4	112.6648	90.46997
0	0.275067	5	0	155.7308



Şekil 5.10: İBGYSA ile Lüleburgaz yağış tahmin grafiği

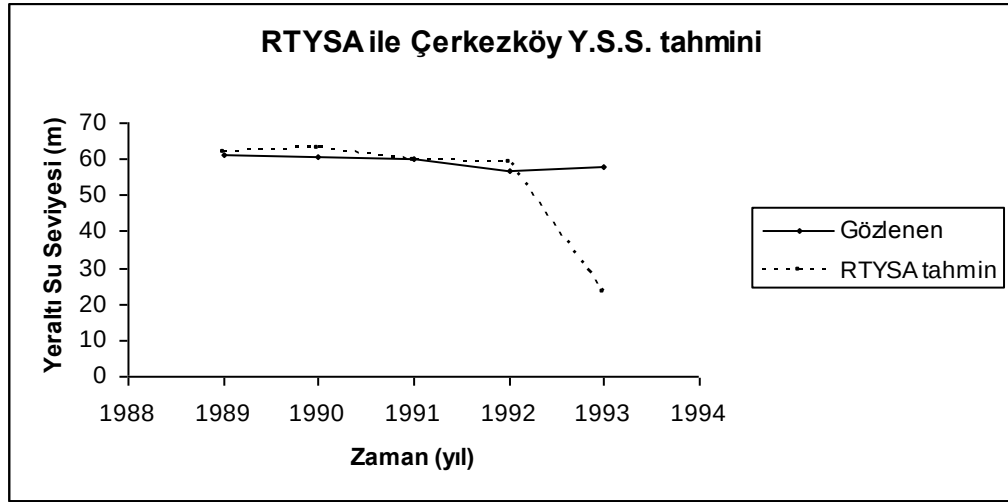
5.1.11 Edirne-Ergene Havzası Çerkezköy yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,93$, $r_2 = 0,92$, $r_3 = 0,90$ olarak hesaplanmıştır. Çerkezköy yeraltı su seviyesi Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.2, gizli tabaka parametresini 20, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,1050, determinasyon katsayısı değeri 0,5682 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.12 de grafiği ise Şekil 5.11 de gösterilmiştir.

Tablo 5.12: Çerkezköy yeraltı su seviyesi RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.9374	0.947784	1	60.91225	61.587
0.9363	0.968233	2	60.84077	62.91577
0.9206	0.917928	3	59.82059	59.64696
0.877	0.9105	4	56.98746	59.1643
0.888	0.359519	5	57.70224	23.36156



Şekil 5.11: RTYSA ile Çerkezköy yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.1.12 Edirne-Ergene Havzası Çerkezköy yeraltı su seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

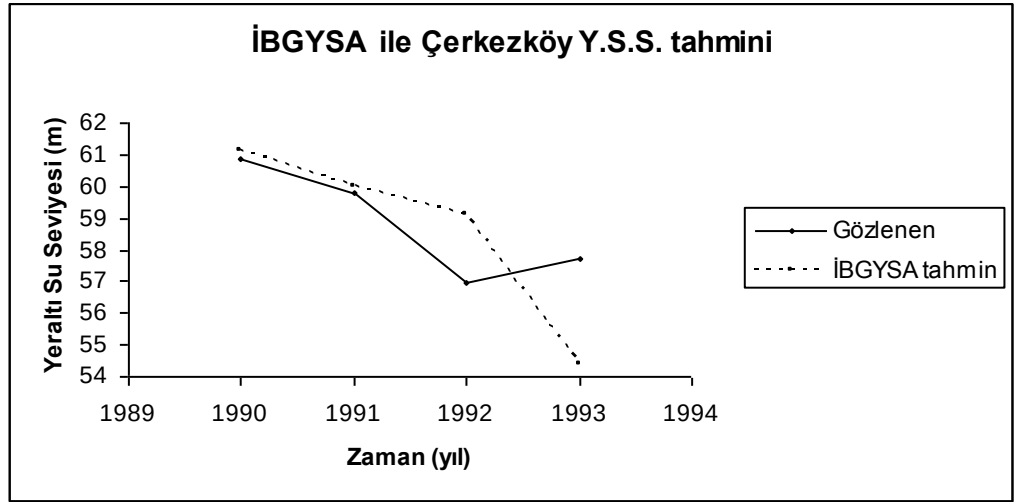
Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,93$, $r_2 = 0,92$, $r_3 = 0,90$ olarak hesaplanmıştır. Çerkezköy yeraltı su seviyesi değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücreleri modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 18 veriyi eğitim için, geri kalan 4 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 20 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0044, determinasyon katsayısı değeri 0,8452 olarak hesaplandı.YSA

sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.13 de grafiği ise Şekil 5.12 de gösterilmiştir.

Tablo 5.13: Çerkezköy yeraltı su seviyesi İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.9363	0.940704	1	60.84077	61.12695
0.9206	0.923062	2	59.82059	59.98056
0.877	0.909662	3	56.98746	59.10984
0.888	0.836632	4	57.70224	54.36436



Şekil 5.12: İBGYSA ile Çerkezköy yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

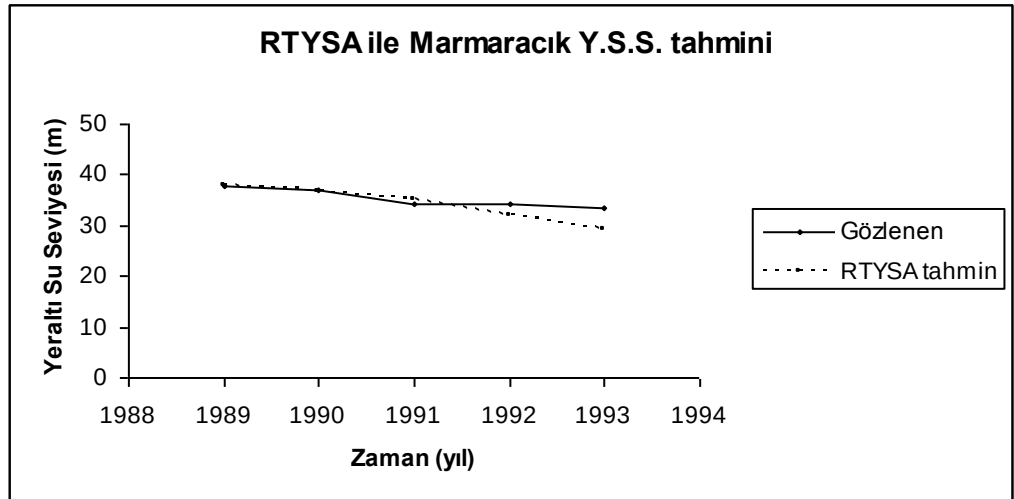
5.1.13 Edirne-Ergene Havzası Marmaracık yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,98$, $r_2 = 0,96$, $r_3 = 0,95$ olarak hesaplanmıştır. Marmaracık yeraltı su seviyesi Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 17 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.3, gizli tabaka parametresini 15, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama kare hatası değeri 0,0439, determinasyon katsayısı değeri 0,9658 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.14 de grafiği ise Şekil 5.13 de gösterilmiştir.

Tablo 5.14: Marmaracık yeraltı su seviyesi RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.8845	0.887181	1	37.6001	37.71407
0.8676	0.860542	2	36.88168	36.58165
0.8102	0.822246	3	34.4416	34.95367
0.804	0.748362	4	34.17804	31.81287
0.7852	0.686353	5	33.37885	29.17685



Şekil 5.13: RTYSA ile Marmaracık yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

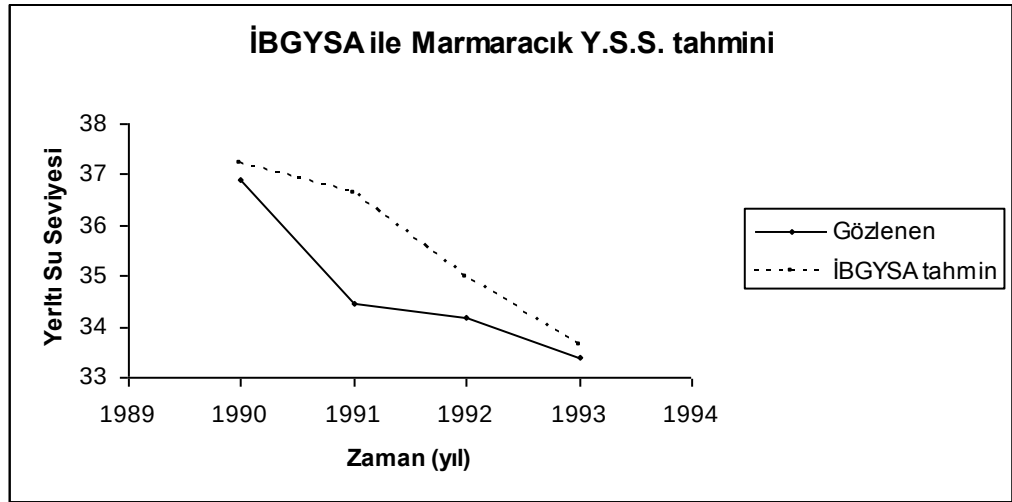
5.1.14 Edirne-Ergene Havzası Marmaracık yeraltı su seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,98$, $r_2 = 0,96$, $r_3 = 0,95$ olarak hesaplanmıştır. Marmaracık yeraltı su seviyesi değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 18 veriyi eğitim için, geri kalan 4 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 20 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0346, determinasyon katsayısı değeri 0,9711 olarak hesaplandı.YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.15 de grafiği ise Şekil 5.14 de gösterilmiştir.

Tablo 5.15: Marmaracık yeraltı su seviyesi İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0,868	0,875	1	36.88168	37.21266
0,810	0,861	2	34.4416	36.61568
0,804	0,822	3	34.17804	34.95047
0,785	0,791	4	33.37885	33.64258



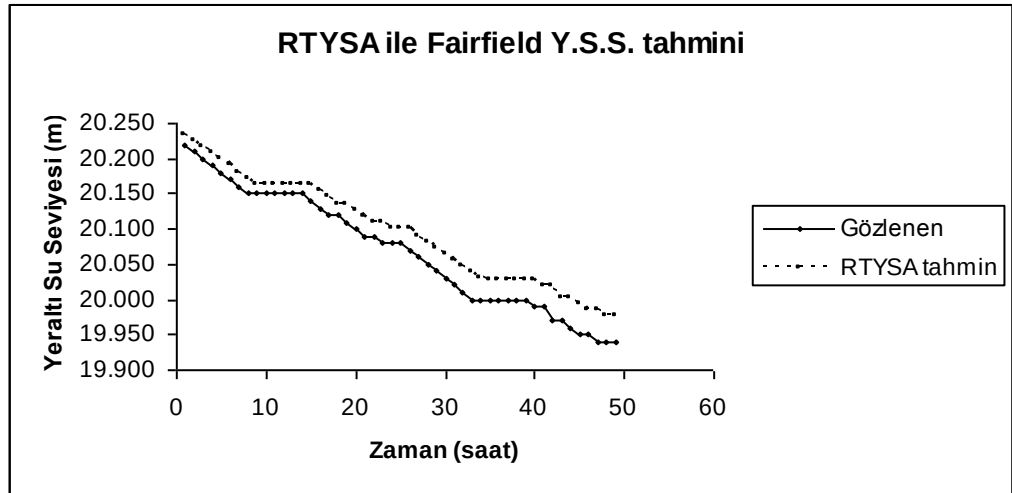
Şekil 5.14: İBGYSA ile Marmaracık yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.2 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası yeraltı su seviyesi değerlerinden yer altı su seviyesi tahmini

5.2.1 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası yeraltı su seviyesi değerlerinin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,99$, $r_2 = 0,99$, $r_3 = 0,99$ olarak hesaplanmıştır. Fairfield yeraltı su seviyesi Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 700 veriyi eğitim için, geri kalan 49 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda yayılım parametresini 0.05, gizli tabaka parametresini 10, ve iterasyon aralığını 1 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 49 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0019, determinasyon katsayısı değeri 0,987 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler grafiği Şekil 5.15 de gösterilmiştir.

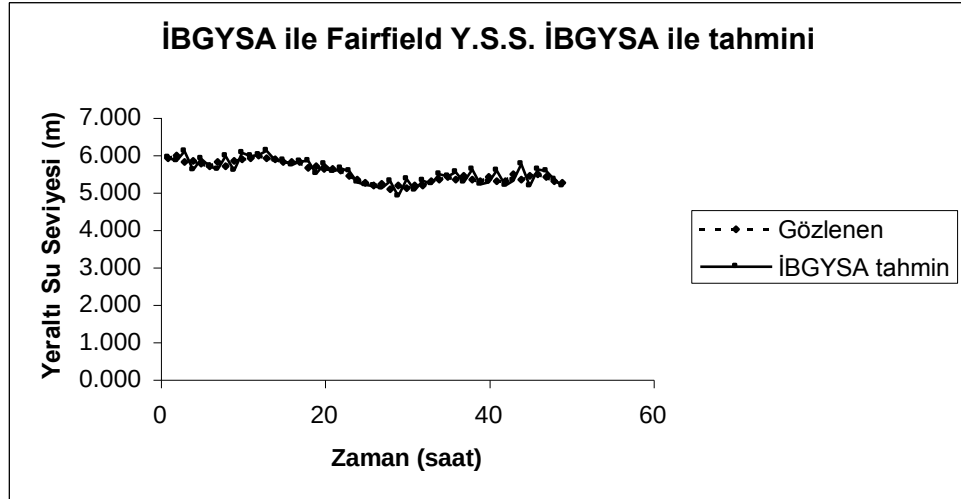


Şekil 5.15: RTYSA ile Fairfield yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.2.2 A.B.D Connecticut Fairfield Havzası Marmaracık yeraltı su seviyesi değerlerinin İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları (İBGYSA) ile tahmini

Çalışmanın bu bölümünde geçmiş yeraltı su seviyesi değerleri kullanılarak bir sonraki yeraltı su seviyesi değerlerinin tahmin edilmesine çalışılmıştır. Zaman serisinin oto-korelasyon değerleri sırası ile $r_1 = 0,99$, $r_2 = 0,99$, $r_3 = 0,99$ olarak hesaplanmıştır. Fairfield yeraltı su seviyesi değerleri İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini için oluşturduğumuz 4 sütun ve 22 satırlı matrisin ilk üç hücresi modellemenin girdi tabakasını oluşturmaktadır. Son hücre ise çıktı tabakasını oluşturur. Simülasyonda ilk 700 veriyi eğitim için, geri kalan 49 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık.

Simülasyonda iterasyon sayısı 25 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 49 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0004, determinasyon katsayısı değeri 0,9846 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Grafiği Şekil 5.16 de gösterilmiştir.



Şekil 5.16: İBGYSA ile Fairfield yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.3 Edirne-Ergene Havzası çoklu veriler kullanılarak yeraltı su seviyesi tahmin sonuçları

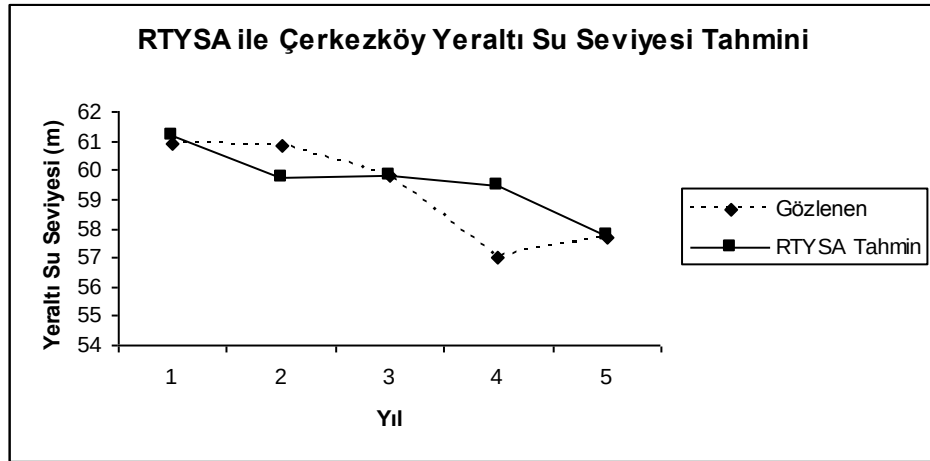
5.3.1 Çerkezköy istasyonu radyal tabanlı yapay sinir ağları ile tahmini

Çerkezköy yer altı su seviyesi tahmini için ilk 20 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Girdi tabakasında 6 adet hücre bulunmaktadır. Bu hücreler sırasıyla Marmaracık Yeraltı su seviyesi, 1-20 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) baz akım eklenik sapma, 1-8 AGİ baz akım eklenik sapma, Lüleburgaz yıllık toplam yağış eklenik sapma, 1-20 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, 1-8 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, çıktı tabakasındaki tek hücre ise Çerkezköy Yeraltı su seviyesi temsil etmektedir.

Simülasyonda, yayılım parametresini 0.5, gizli tabaka parametresini 25, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0.009, determinasyon katsayısı değeri 0,8508 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.16 da grafiği ise Şekil 5.17 de gösterilmiştir.

Tablo 5.16: Çoklu veriler ile Çerkezköy RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.9374	0.941423	1	60.912252	61.17365
0.9363	0.919303	2	60.840774	59.73634
0.9206	0.920289	3	59.820588	59.80036
0.877	0.914959	4	56.98746	59.45401
0.888	0.888891	5	57.70224	57.76013



Şekil 5.17: RTYSA ile Çerkezköy Yer altı su seviyesi tahmin grafiği

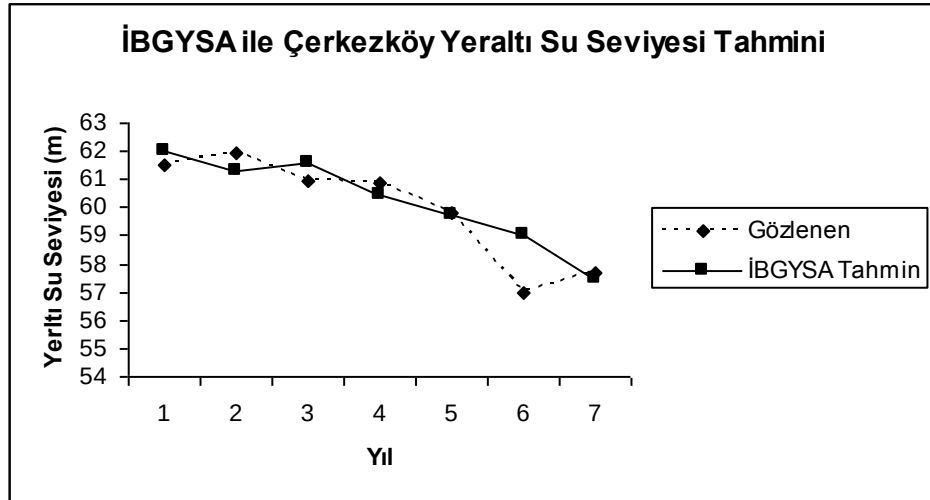
5.3.2 Çerkezköy İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Çerkezköy yer altı su seviyesi İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları simülasyonları ile tahmini için ilk 18 verimizi eğitim için, geri kalan 7 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Girdi tabakasında 6 adet hücre bulunmaktadır. Bu hücreler sırasıyla Marmaracık Yeraltı su seviyesi, 1-20 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) baz akım eklenik sapma, 1-8 AGİ baz akım eklenik sapma, Lüleburgaz yıllık toplam yağış eklenik sapma, 1-20 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, 1-8 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, çıktı tabakasındaki tek hücre ise Çerkezköy Yeraltı su seviyesi temsil etmektedir. Simülasyonda iterasyon sayısı 40 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 7 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0074, determinasyon katsayısı değeri 0,9216 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını

ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.17 de grafiği ise Şekil 5.18 de gösterilmiştir

Tablo 5.17: Çoklu veriler ile Çerkezköy İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.9468	0.954415	1	61.523064	62.0179
0.9528	0.943333	2	61.912944	61.2978
0.9374	0.947921	3	60.912252	61.59593
0.9363	0.930209	4	60.840774	60.44501
0.9206	0.919366	5	59.820588	59.74039
0.877	0.908369	6	56.98746	59.02585
0.888	0.884211	7	57.70224	57.45602



Şekil 5.18: İBGYSA ile Çerkezköy Yer altı su seviyesi tahmin grafiği

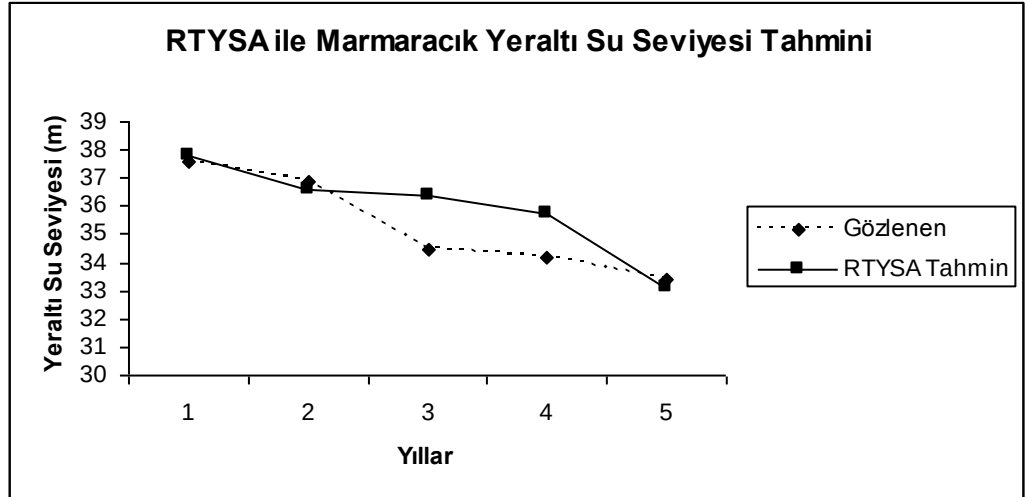
5.3.3 Marmaracık Radyal tabanlı yapay sinir ağları ile tahmini

Marmaracık yer altı su seviyesi tahmini için ilk 20 veriyi eğitim için, geri kalan 5 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Girdi tabakasında 6 adet hücre bulunmaktadır. Bu hücreler sırasıyla Çerkezköy Yeraltı su seviyesi, 1-20 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) baz akım eklenik sapma, 1-8 AGİ baz akım eklenik sapma, Lüleburgaz yıllık toplam yağış eklenik sapma, 1-20 AGİ yıllık ortalama

yağış eklenik sapma, 1-8 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, çıktı tabakasındaki tek hücre ise Marmaracık Yeraltı su seviyesi temsil etmektedir. Simülasyonda yayılım parametresini 0.9, gizli tabaka parametresini 20, ve iterasyon aralığını 1 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 5 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0249, determinasyon katsayısı değeri 0,8642 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.18 de grafiği ise Şekil 5.19 da gösterilmiştir.

Tablo 5.18: Çoklu veriler ile Marmaracık RTYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	RTYSA tahmin		Gözlenen	RTYSA tahmin
0.884498	0.88945	1	37.6	37.810507
0.867561	0.86062	2	36.88	36.58496
0.810162	0.856106	3	34.44	36.393053
0.804046	0.840771	4	34.18	35.741171
0.785227	0.779468	5	33.38	33.135204



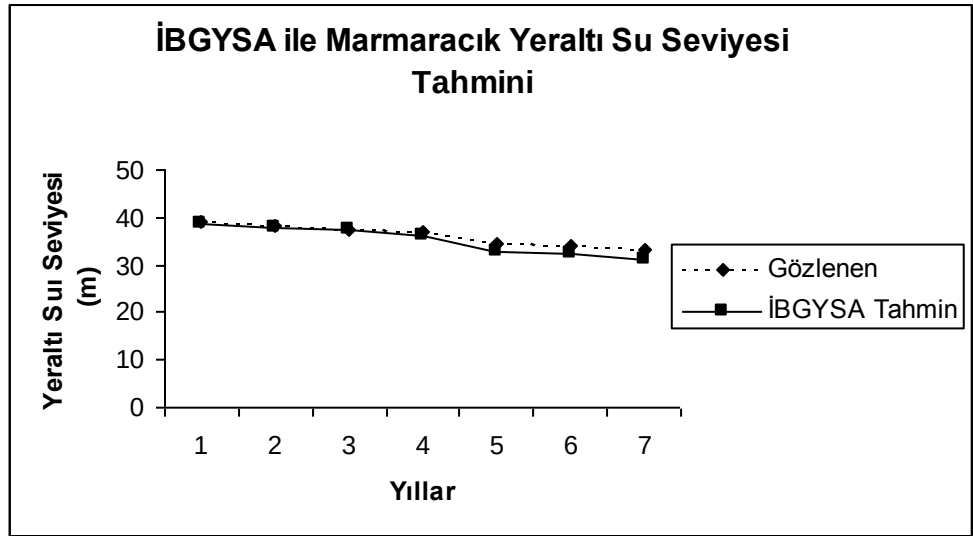
Şekil 5.19: RTYSA ile Marmaracık Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.3.4 Marmaracık İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Marmaracık yer altı su seviyesi İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları simülasyonları ile tahmini için ilk 18 veriyi eğitim için, geri kalan 7 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Girdi tabakasında 6 adet hücre bulunmaktadır. Bu hücreler sırasıyla Çerkezköy Yeraltı su seviyesi, 1-20 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) baz akım eklenik sapma, 1-8 AGİ baz akım eklenik sapma, Lüleburgaz yıllık toplam yağış eklenik sapma, 1-20 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, 1-8 AGİ yıllık ortalama yağış eklenik sapma, çıktı tabakasındaki tek hücre ise Marmaracık Yeraltı su seviyesi temsil etmektedir. Simülasyonda iterasyon sayısı 10 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 7 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0377, determinasyon katsayısı değeri 0,9487 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler Tablo 5.19 de grafiği ise Şekil 5.20 de gösterilmiştir

Tablo 5.19: Çoklu veriler ile Marmaracık İBGYSA tahmin sonuçları

Gözlenen	İBGYSA tahmin		Gözlenen	İBGYSA tahmin
0.91508	0.91400	1	38.9	38.85414
0.89461	0.89000	2	38.03	37.8339
0.88450	0.87700	3	37.6	37.28127
0.86756	0.85300	4	36.88	36.26103
0.81016	0.77100	5	34.44	32.77521
0.80405	0.76200	6	34.18	32.39262
0.78523	0.72700	7	33.38	30.90477

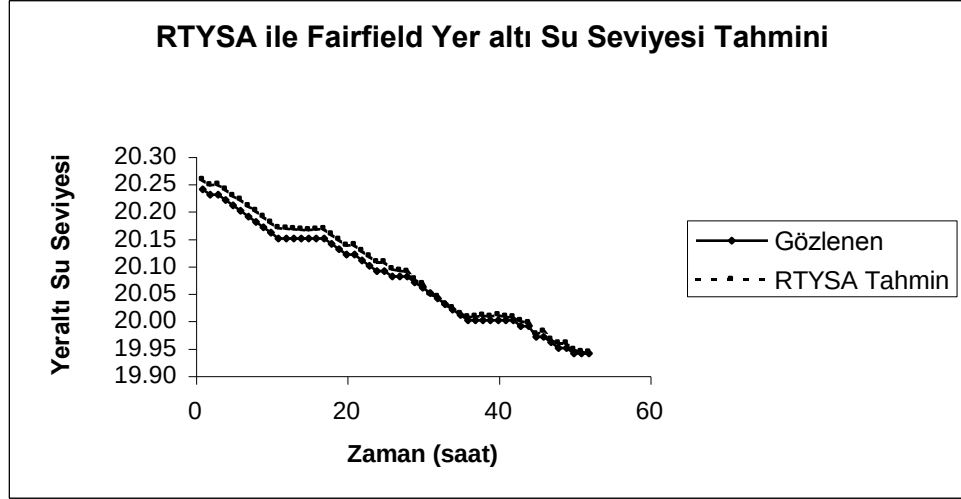


Şekil 5.20: İBGYSA ile Marmaracık Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.4 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası akım değerleri kullanarak yeraltı su seviyesi tahmini ağları simülasyonları

5.4.1 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası Radyal tabanlı yapay sinir ağları ile tahmini

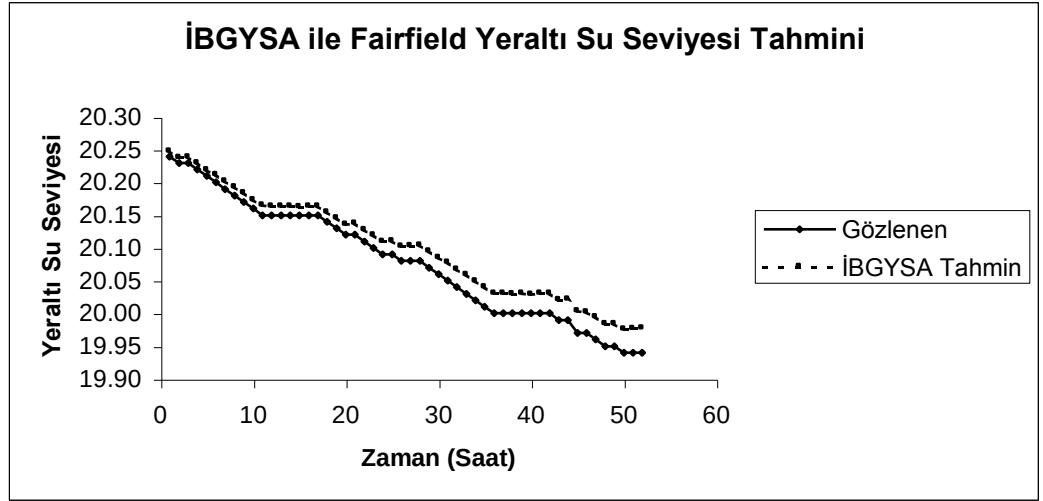
Fairfield yer altı su seviyesi tahmini için ilk 700 veriyi eğitim için, geri kalan 52 veriyi ise çalıştırma kısmında kullandık. Simülasyonda yayılım parametresini 0.3, gizli tabaka parametresini 15, ve iterasyon aralığını 1 alarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 52 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0009, determinasyon katsayısı değeri 0,9846 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler vasıtasıyla çizilmiş grafik Şekil 5.21 de gösterilmiştir.



Şekil 5.21: Akım verileri kullanılarak RTYSA ile Fairfield Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

5.4.2 A.B.D Connecticut Eyaleti Fairfield Havzası İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları ile tahmini

Fairfield yer altı su seviyesi İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları simülasyonları ile tahmini için ilk 700 verimizi test için, geri kalan 52 verimizi ise çalıştırma kısmında kullandık. Simülasyonda iterasyon sayısı 200 olarak program çalıştırıldı. Sonuç olarak toplam 52 veriden oluşan YSA sonuçlarının elde ettik. Bu verilerin ortalama hata karesi değeri 0,0016 determinasyon katsayısı değeri 0,987 olarak hesaplandı. YSA sonuçlarını ölçeklendirme katsayısı ile çarparak İleri Beslemeli Geriye Yayınım Sinir Ağları tahmin değerlerine ulaşıldı. Bu değerler vasıtasıyla çizilmiş grafik Şekil 5.22 de gösterilmiştir.



Şekil 5.22: Akım verileri kullanılarak İBGYSA ile Fairfield Yeraltı su seviyesi tahmin grafiği

6. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada iki yapay sinir ağıları metodu olan radyal tabanlı yapay sinir ağıları ve ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağıları metotları, yıllık toplam yağış ve yıllık toplam baz akım değerlerinin eklenik sapmaları ile, yeraltı su seviyesi tahmininde kullanılmıştır. Ulusal ve uluslararası yeraltı su verileri bu çalışmada kullanılmıştır. Ulusal veri olarak Edirne Ergene havzası yıllık toplam ortalama yağış, yıllık toplam baz akım ve yer altı suyu verileri, uluslararası veri olarak da A.B.D. Connecticut Eyaleti Fairfield akım ve yeraltı su seviyeleri kullanılmıştır.

D.S.İ. XI. Bölge Müdürlüğü'nden bizzat Edirne'ye giderek temin edilen ulusal verilerde ölçülemeyen ayların değerlerinin, yüksek korelasyon oranı yakalanmış olan diğer istasyonlar ile regresyon analizi yapılarak, regresyon denklemleri elde edilerek ölçülemeyen ayların sayısal değerleri tespit edilmiştir. Tahmin yapılacak yeraltı su seviyesi ile yıllık toplam akım ve yıllık toplam ortalama yağış değerleri arasındaki korelasyon değerleri düşük olduğundan yağış ve baz akım değerlerinin eklenik sapma değerleri hesaplandı ve bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Aynı zamanda eklenik sapmaları belirlenmiş verilerin kendi içlerinde gelecek yıllardaki tahmini yapılmıştır. Bu simülasyonlarda her iki yapay sinir ağıları metotları sonuçlarında sıfıra giden eklenik sapma son verisinden dolayı, gözlenen ve hesaplanan değerlerin sadece son verilerin değerleri arasında fark doğduğu gözlenmiştir. Yeraltı su seviyelerinin kendi değerlerinden gelecek yıllardaki tahmin simülasyonlarında ise son derece tatmin edici sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmamızın asıl amacı olan, ulusal verilerle baz akım ve yağış değerlerinden yer altı su seviyesi tahmini için yapılan simülasyonlarda özellikle ileri beslemeli geri yayılım yapay sinir ağıları sonuçlarında gözlenen ve tahmin edilen değerlerin birbirine yakınlığı açısından başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Öyle ki determinasyon katsayısı değerleri sırasıyla 0,92 ve 0,95 gibi iki iyi sonuç vermiştir. Aynı verilerin radyal tabanlı yapay sinir ağıları ile yapılan simülasyonlarında, ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağılarındaki kadar yüksek olmasa da tatmin

edici sonuçlar ve determinasyon katsayısı değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler sırası ile 0,85 ve 0,86 dir.

Uluslararası verilerde ise gerek radyal tabanlı yapay sinir ağları gerekse ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağları simülasyonlarında başarılı sonuçlara ve 0,98 gibi yüksek determinasyon katsayısı değerlerine ulaşılmıştır.

Sonuç olarak ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağları ve radyal tabanlı yapay sinir ağları metotları ile baz akım, yağış ve akım değerlerini kullanarak yeraltı su seviyesi tahmini yapmak uygundur.

KAYNAKLAR

- Bouwer, H.**, 1978. Groundwater Hydrology. McGraw-Hill Book Co., New York, 480p.
- Broomhead, D.S. and Lowe, D.**, 1988 “ Multivariable functional interpolation and adaptive networks, complex systems”, 2, s.321-355,
- Cigizoglu, H.K.** 2004b ”Estimation and forecasting of daily suspended sediment data by multi layer perceptrons.”, Advances in Water Resources, 27, 185-195,
- Cigizoglu, H.K, and Alp, M.** 2004a. “Rainfall-Runoff Modelling Using Three Neural Network Methods”, Artificial Intelligence and Soft Computing- ICAISC 2004 Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3070, 166-171,
- Cigizoglu, H.K., and Kisi, O.**, 2005a. “Flow Prediction by three Back Propagation Techniques Using k-fold Partitioning of Neural Network Training Data”, Nordic Hydrology, 36(1),
- Djebbar, Y. and Atilla, Y.**, 1998. Neural network estimation of sanitary flows, Hydroinformatics Conference, poster presentation, Copenhagen
- Eberhart, RC. and Dobbins, R.W.**, 1990 Neural Network PC tools : a particular guide, Academic Press, San Diago.
- Efe, Ö.M., Kaynak, O.**, 2000. Yapay sinir ağıları ve uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.
- Fernando, D.A.K. and Jayawardena, A.W.**, 1998. Runoff forecasting using RBF networks with OLS algorithm, Journal of Hydraulic Engineering.,3,3, 203-209.
- Freiwan, M. and Cigizoglu, H.K.**, 2005b” Prediction of total monthly rainfall in Jordan using feed forward backpropagation method”, Fresenius Environmental Bulletin, 14 (1).

- Hagan, M.T. and Menhaj M.B.**, 1994 Training feed forward networks with the Marquadrant algorithm. IEEE Trans Neural Networks; 6:861-7
- Hall, M. J., and Minns, A.**, 1998. "Regional Flood Frequency Analysis using Artificial Neural Networks", Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- Hines, J.W.**, 1997 Matlab supplement to fuzzy and neural approaches in engineering 3,3,203,209.
- Lange, N.**, 1998 "Advantages of Unit Hydrograph Derivation by Neural Networks", Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- Poggio, T. and Girosi, F.**, 1990 "Networks for Approximation and Learning," Proceedings of the IEEE, 78, 1481-1497.
- Raman, H. and Sunilkumar, N.**, 1995 Multivariate modelling of water resource time series using artificial neural networks, Hydrological Science Journal, 40,2,145-163.
- Rogers, L.L and Dowla, F.U.**, 1994. Optimization of groundwater remediation with paralell solute transport modeling, Water Resources Research, 30,2,457-481.
- Şen, Z.**, 1985. Volumetric Approach to type curves in leaky aquifers. Journal of Hydraulics Div., ASCE , 111 (3), p.467-484
- Şen, Z.**, 2003. Yeraltı Suyu (Hidroloji). Su Vakfı Yayınları
- Todd, D.K.**, 1980. Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, New York, 535pp.
- Tokar, A.S. and Johnson, P.A.**, 1999 Rainfall-Runoff Modelling Using artificial Neural Networks, Journal of Hydrologic Engineering., 4,3,232-239.

www.usgs.gov

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Sinan AKACAN, 1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğretimini 1990 yılında Fındıklı Namık Kemal ilkokulunda, orta öğretimini 1994 yılında Özel Bilgi Lisesinde, lise öğretimini 1997 yılında Yenilevent Lisesinde,. Lisans eğitimini 2002 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği dalından mezun olarak tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalında, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programında yüksek lisans eğitimine başladı. 2002 yılından itibaren Katsimtaş A.Ş. de İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.