

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YERALTI SU SEVİYESİ
MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin USLU

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA**

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

EKİM 2008

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YERALTI SU SEVİYESİ
MODELLENMESİ

Hüseyin USLU

DANIŞMAN
Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

EKİM 2008

ONAY SAYFASI

Doç.Dr. Yılmaz İÇAĞA'nın danışmanlığında,
Hüseyin USLU tarafından hazırlanan
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YER ALTI SU SEVİYESİ MODELLENMESİ
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
22/09/2008
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Yapı Anabilim Dalında
tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Doç. Dr. Yılmaz İçağa	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Osman Ünal	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Murat Caner	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
20/10/2008 tarih ve
2008/23-4 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGE DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 YSA Nedir?	4
2.2 YSA'nın Tarihsel Gelişimi	11
2.2.1 İlk Girişimler	11
2.2.2 Umut Verici Gelişmeler	12
2.2.3 Olumsuz Gelişmeler	12
2.2.4 Yenilikler	13
2.2.5 Yeniden Canlanma	14
2.2.6 Bugün	14
2.3 YSA'ların Avantajları ve Dezavantajları	15
2.3.1 YSA'ların Avantajları	15
2.3.1.1 Doğrusal Olmama	15
2.3.1.2 Öğrenme	15
2.3.1.3 Genelleme Yapma	16
2.3.1.4 Adaptasyon	16
2.3.1.5 Veri İşleme	16
2.3.1.6 Hata ve Görüntüye Karşı Duyarlılık ve Tolerans	17
2.3.1.7 Donanım	17
2.3.1.8 Hazır Paket Programlar	17
2.3.2 YSA'ların Dezavantajları	18
2.3.2.1 Donanım Bağımlıdır	18

2.3.2.2 Uygun Ağ Yapısının Belirlenmesinde Belli Bir Kural Yoktur	18
2.3.2.3 Ağın Parametre Değerlerinin Belirlenmesinde Belli Bir Kural Yoktur	18
2.3.2.4 Öğrenilecek Problemin Ağa Gösterimi Önemli Bir Problemdir	18
2.3.2.5 Ağın Eğitiminin Ne Zaman Bitirilmesi Gerektiğine İlişkin Belli Bir Yöntem Yoktur	19
2.3.2.6 Ağın Davranışları Açıklanamamaktadır	19
2.4 YSA'da Eğitim	19
2.4.1 Eğitim Algoritmaları	19
2.4.1.1 Öğretici Eğitim	19
2.4.1.1 Skor ile Eğitim	20
2.4.1.1 Kendini Düzenleme ile Eğitim	20
2.4.2 Bellek	20
2.4.3 Hata Toleransı	21
2.5 Öğrenme Modları	22
2.5.1 Eğiticili Öğrenme	22
2.5.2 Eğitici-siz Öğrenme	23
2.5.3 Takviyeli Öğrenme	24
2.6 Öğrenme Faktörleri	24
2.6.1 İlk Ağırlıklar	25
2.6.2 Öğrenme Oranı	25
2.6.3 Yakınsama	26
3. MATERYAL METOT	27
3.1 Akarçay Havzası	27
3.1.1 Coğrafi Konumu ve Yapısı	27
3.1.2 Havza İklimi	28
3.1.2.1 Meteoroloji İstasyonları	29
3.1.2.2 Yağış	30
3.1.2.3 Sıcaklık	30
3.1.2.5 Buharlaşma	30
3.1.3 Havza Jeolojisi	31

3.1.4 Kuyu Suyu	31
3.1.5 Akarsular	31
4. BULGULAR	43
4.1 YSA Model Bulguları	43
4.2 Regresyon Model Bulguları	60
4.3 YSA ve Regresyon Model Bulguları Bulgularının Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
6. KAYNAKLAR	73
6.1 İnternet Kaynakları	74
6.2 Program Kaynakları	74

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YER ALTI SU SEVİYESİNİN MODELLENMESİ

Hüseyin USLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA

Bu çalışma, bağımlı değişken debi (akım) ve bağımsız değişken sıcaklık, yağış, buharlaşma ve kuyu seviyesinin kullanıldığı Yapay Sinir Ağ (YSA) model ile yeraltı su davranışını belirlemeye çalışılmıştır.

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir.

İçerdikleri kimyasal tuzlar bakımından yeraltı suları yapılarda temele, kapilarite sebebiyle sıvaya ve betona zarar vermektedir. Özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde oluşan bu durumun yanında yüksek yeraltı su seviyesi kil zeminlerde konsolidasyona, yapılarda farklı oturma dolayısıyla hasara ve ayrıca inşaat alanı dışında tarımsal açıdan zararlı ıslaklığa sebep olmakta ve insan sağlığını da etkilemektedir. Bu doğrultuda inşaat alanında en önemli zemin kriterlerinden olan yeraltı su seviyesinin tahmini için YSA ve Regresyon modelleri araştırılmıştır. YSA ve Regresyon modelleri karşılaştırıldığında YSA modellerinin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Model çalışmaları sonucunda Yıl Ort. (YO), Ay Sıra Sayısı (AS), Yıl Sıra Sayısı (YS) ve Aylık Normalize Ort. (ANO) verilerinin girdi olarak kullanıldığı, Aylık Ort. (AO) çıktı olarak kullanıldığı YSA modeli başarılı sonuçlar vermektedir.

2008, 74 sayfa

Anahtar kelimeler: Yapay Sinir Ağlar (YSA), Akarçay Havzası, yeraltı su seviyesi

ABSTRACT

Master Thesis

MODELLING THE UNDERGROUND WATER LEVEL VIA ARTIFICIAL NERVES

Hüseyin USLU

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Branch of Construction Education

Supervisor: Assosiated Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA

This study aims to determine the behaviour of the underground water via Artificial Nerves Net (ANN) which the dependent variable flow (stream), independent variable, heat, rain, evaporation and the level of the well are used.

Artificial nerves net is a computer system that can automatically fulfill some human abilities such as creating information from learning, getting new information and discovering like a human brain without any help.

Due to including chemical salts, underground water damages building bases and because of capillarity it damages liquids and concrete, also. Particularly in high underground water level areas, high underground water level causes consolidation on clayey areas and displacement of buildings, so it damages the buildings. Furthermore, out of building areas, it leads unnecessary wettness and impacts public health. We will use this model to evaluate the underground water level, which the most important criterion in building field ANN and Regression models have been examined. Comparing ANN with Regression model, it is clear that ANN concludes beter results. At the end of the model study, it is seen that the ANN model, which applies Yearly Mean, Monthly Ordinal Number, Yearly Ordinal Number and Monthly Normalizing Mean as input and Monthly Mean as output, is successful.

2008, 74 pages

Key Words: Artiffical Nerves Net, Akarçay Basin, Underground Water Level

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda, değerli zamanını ayırarak danıőmanlıęımı üstlenip ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA Hocama sonsuz teőekürlerimi sunarım.

Tez çalıőmam esnasında yaptıkları katkıdan dolayı Öğretim Görevlisi Őaban YURTCU Hocama, Yüksek Mühendis Yusuf ULUTÜRK ve Rasatı Mustafa Asım ÖZCAN'a teőerürlerimi sunarım.

Hiçbir zaman maddi manevi desteğini esirgemeyen babam Mahmut USLU, annem Döndü USLU ve aileme teőekür ederim.

Hüseyin USLU

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

α	Öğrenme oranı
d_i	Rastgele yapay sinir ağında ağıın sinyal gönderme olasılığı
y_i	YSA'nın çıkış değeri
p	Rastgele denemelerde tek bir denemedeki başarı olasılığı

2. Kısaltmalar

ADUE	Apsolit Dfrence Of Yuonunt Erör(Birim Hatanın Mutlak Farkı)
ART	Adaptive Resonance Theory – Adaptif Rezonans Teorisi
DMS	Devlet Meteoroloji İstasyonu
MAE	Mean Absolide Erör (Ortalama Mutlak Hata)
NSE	Nash and Sutcliffe Etesiyensi (Nash and Sutcliffe Verimliliği)
r	Korelasyon
TTH	Toplam Tahmin Hatası
TEH	Toplam Eğitim Hatası
YSA	Yapay Sinir Ağları
AO	Aylık Ortalama
YO	Yıllık Ortalama
AS	Ay Sırası
YS	Yıllık Sırası
ANO	Aylık Normalize Ortalama

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1	YSA mimarisinin temel elemanları	6
Şekil 2.2	Eğitici öğrenme yapısı	22
Şekil 2.3	Eğitici-siz öğrenme yapısı	23
Şekil 2.4	Takviyeli öğrenme yapısı	24
Şekil 3.1	Akarçay havzası coğrafi konum haritası	28
Şekil 3.2	Akarçay havzası gözlem istasyonları	29
Şekil 3.3	Akarçay havzası Akım gözlem istasyonları	32
Şekil 3.4	Ara katman sayısı 12 YSA ağ yapısı	40
Şekil 3.5	Ara katman sayısı 24 olan YSA ağ yapısı	41
Şekil 4.1	5_2 TEH	43
Şekil 4.2	1_2 MAE kriterine göre seçilen model	48
Şekil 4.3	2_3 ADUE kriterine göre seçilen model	48
Şekil 4.4	3_3 ADUE kriterine göre seçilen model	48
Şekil 4.5	4_4 ADUE kriterine göre seçilen model	49
Şekil 4.6	5_3 MAE kriterine göre seçilen model	49
Şekil 4.7	6_4 MAE kriterine göre seçilen model	49
Şekil 4.8	3_YOASAO r kriterine göre seçilen model	58
Şekil 4.9	4_YOASAO TEH kriterine göre seçilen model	58
Şekil 4.10	5_YOASAO TTH kriterine göre seçilen model	58
Şekil 4.11	7_YOASAO r kriterine göre seçilen model	59
Şekil 4.12	8_YOASAO r kriterine göre seçilen model	59
Şekil 4.13	9_YOASAO TTH kriterine göre seçilen model	59
Şekil 4.14	1_2 Akım-yağış regresyon grafiği	63
Şekil 4.15	2_5 Akım-yağış regresyon grafiği	63
Şekil 4.16	3_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği	63
Şekil 4.17	4_5 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma-kuyu suyu regresyon grafiği	64
Şekil 4.18	5_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği	64
Şekil 4.19	6_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği	64
Şekil 4.20	YSA 1_2 MAE ve Regresyon 1_2 akım-yağış modeli	65

Şekil 4.21	YSA 2_3 ADUE ve Regresyon 2_2 akım-yağış modeli	65
Şekil 4.22	YSA 3_3 ADUE ve Regresyon 3_4 akım-yağış-sıcaklık- buharlaşma modeli	65
Şekil 4.23	YSA 4_4 ADUE ve Regresyon 4_5 akım-yağış-sıcaklık-kuyu suyu modeli	66
Şekil 4.24	YSA 5_3 MAE ve Regresyon 5_4 akım-yağış-sıcaklık- buharlaşma modeli	66
Şekil 4.25	YSA 6_4 MAE ve Regresyon 6_4 akım-yağış-sıcaklık- buharlaşma modeli	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1 Ara katmanı 12 olan YSA hesaplarında bulunan model parametreleri	44
Çizelge 4.2 Ara katmanı 24 olan YSA hesaplarında bulunan model parametreleri	50
Çizelge 4.3 Regresyon hesaplarında bulunan model parametreleri	60

1. GİRİŞ

İnsanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesi, yapay sinir ağları (YSA) teknolojisidir. YSA, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli simüle (taklit) edilerek tasarlanan programlama yaklaşımıdır. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir.

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren yaşayarak öğrenme süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitme yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıkı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitme algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur(Yurtoğlu 2005).

Yüzeysel sularla ilgili problemler suyun hem zaman hem konum olarak dağılımının değişmesinden oluşmaktadır. Problemlerin aşılabilmesi için araştırmacılar (mühendisler ve hidrolojistler) su miktarını önceden belirlemeye çalışırlar. Bu çalışmalar problemlerin önlenmesi ve çözülmesi anlamında alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılır. Fakat birçok faktör bu mühendislik tasarımlarını etkisiz hale getirir. Bu faktörlerden birincisi, yağışın oluşumunda, bir zaman periyodunda tam olarak ne kadar yağış olacağını önceden belirlenmesinin mümkün olmamasıdır. İkincisi, çok iyi bilgiye sahip olsak bile suyun optimum miktarının tedarik edecek önemli projelerin maliyetidir. Dolayısıyla su

tedariki için sadece etkili ve gerekli projeler yapılabilir. Üçüncü faktör yağış ve akış gibi hidrolojik işlemler çok karmaşık olması ve tüm havzalara uygulanabilecek bir teori yetersizdir. Bu üç faktör (hidrolojik belirsizlik, ekonomik sınırlamalar ve teori ile gözlemiş veri eksikliği) suyun konum ve zaman içinde dağılımındaki değişimlerinin belirsizliğinin meydana getirdiği bütün problemlere çözüm getirilemeyişinin sebeplerinden sadece birkaçıdır(İçağa 2001).

Yağışın doğal belirsizliğine, ekonomik sınırlar ve hidrometeorolojik işlemler hakkında teknisyenlerin teorik bilgisindeki yetersizliğe rağmen su miktarındaki zaman ve konum değişikliklerinin meydana getirdiği problemlere çözümler sağlamak zorunludur. Akarsu akımı gibi hidrolojik niceliklerin tahminleri, mühendislik problemini çözmek için gereklidir. Bütün mühendislik tasarımları, en azından bölgesel olmalıdır. Fiziksel işlemin anlaşılması bölgesel tasarımların gelişmesi için bir ön gerekliliktir.

İnşaat alanında en önemli zemin kriterlerinden olan yeraltı suyu içerdikleri kimyasal tuzlar bakımından yeraltı suları yapılar da temele, kapilarite sebebiyle sıvaya ve betona zarar vermektedir. Bu çalışma Akarçay havzasında 9 istasyonda YSA ve Regresyon analizi yardımıyla yeraltı su seviyesi modellenmeye çalışılmıştır. Ayrıca akım kontrolü, kuraklık, sulama, enerji gibi faktörlerin kontrolü ve planlaması için bu çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Yeraltı su seviyesinin tahmini için bağımlı değişken (akım) ile bağımsız değişken (meteorolojik değişkenler (sıcaklık, yağış, buharlaşma) ve kuyu suyu) etkileşimi incelemek amacıyla matematiksel (YSA) ve istatistiksel (Regresyon) modelleri kullanılmıştır. Bu iki modelin kullanılma nedeni, en iyi modele ulaşmak ve iki modelin performanslarının karşılaştırılmıştır. Çalışmada regresyon analizi için SPSS 11 istatistiksel paket programı kullanılmıştır. YSA analizi için ise ticari olmayan veri modelleme adlı program kullanılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece Yapay Sinir Ağları denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları; yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsam alanına girmektedir(İnt. Knk. 2). Teknolojik gelişmenin önemli boyutlara ulaştığı günümüzde, insanoğlunun kendisini tanımaya yönelik çalışmaları da önemli aşamalar kaydetmiştir. Yapay zekâ kavramı ile insanın en önemli özellikleri olan düşünebilme ve öğrenebilme yetenekleri en önemli araştırma konuları durumuna gelmiştir. Özellikle son zamanlarda bilgisayar kullanımının hızla yaygınlaşması sonucunda yapay zekâ çalışmaları da bir ivme kazanmıştır(Elmas 2003).

İnsanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanan yapay zekâ, aslında programlanmış bilgisayarlara düşünme yeteneği sağlama girişimidir. İnsan gibi düşünen ve davranan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak 1950'li yıllardan beri süren yapay zekâ çalışmaları, bir noktada insanı taklit etmeye yönelik olduğundan mühendislik, nöroloji ve psikoloji gibi alanlarda da ilgi görmüştür. İnsan gibi düşünebilen ve davranabilen sistemlerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda bugün gelinen nokta, henüz yapay zekânın tam olarak geliştirilememiş olmasıdır. Yapay zekânın mümkün olabilirdiği tartışmaları bir yana bırakılırsa bu konudaki çalışmalar bu alanı destekleyen farklı alanlardaki çalışmalarla birlikte devam etmektedir(Yurtoğlu 2005).

Yapay zekâ çalışmaları kapsamında ortaya çıkan ve bir noktada yapay zekâ çalışmalarına destek sağlamakta olan farklı alanlardan bir tanesi de Yapay Sinir Ağları (YSA) teknolojisidir. Dolayısıyla, yapay zekâ alanının bir alt dalını oluşturan YSA teknolojisi

öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan beyninin temel işlem elemanı olan nöronu şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA'lar, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır. Bu şekilde, insanoğluna özgü deneyerek (yaşayarak) öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen YSA teknolojisi bir bilgisayar sistemine inanılmaz bir “girdi veriden öğrenme” kapasitesi sağlamaktadır ve birçok avantajlar sunmaktadır. Çeşitli avantajlar sunan ve gün geçtikçe gelişen bu teknoloji, günümüzde birçok alanda faydalanılmaktadır(Yurtoğlu 2005).

2.1 YSA Nedir?

İnsanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesi Yapay Sinir Ağları teknolojisidir. Yapay Sinir Ağları, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle etmek için tasarlanan programlardır. Simüle edilen sinir hücreleri (nöronlar) içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir(Yurtoğlu 2005).

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren bir “yaşayarak öğrenme” süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıktı verilerinin işlenmesiyle, yani

eğitme algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını (weights of the synapses) bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur(Öztemel 2003).

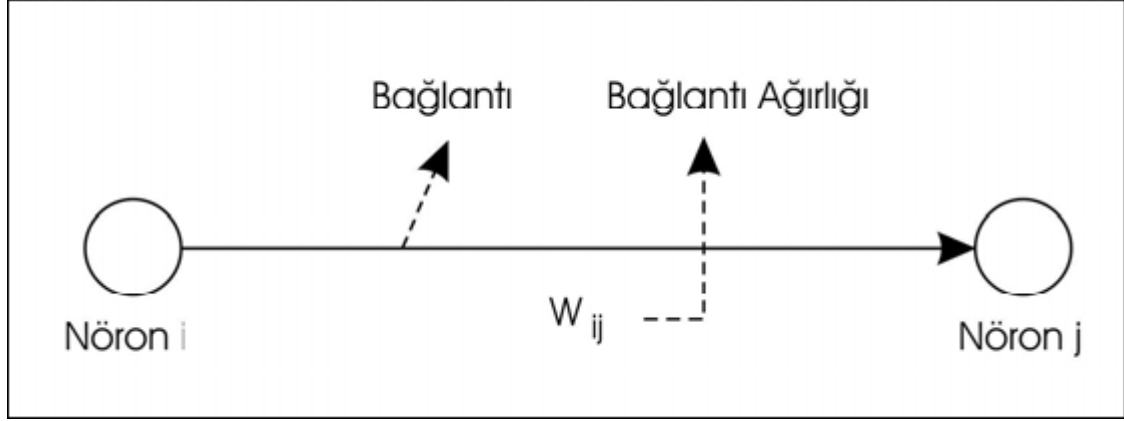
YSA'lar, ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem elemanlarından (nöronlar) oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem elemanı, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem elemanı, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Genelde, işlem elemanları kabaca gerçek nöronlara karşılık gelirler ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanırlar; bu yapı da sinir ağlarını oluşurmaktadır(Yurtoğlu 2005).

Sinirsel (neural) hesaplamanın merkezinde dağıtılmış, adaptif ve doğrusal olmayan işlem kavramları vardır. YSA'lar, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. YSA'lar ise her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşmaktadır. En basit şekilde, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değerini oluşturur. İlk bakışta, işlem elemanlarının çalışma şekli yanılıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısındanadır.

Çoğu YSA da benzer karakteristiğe sahip nöronlar tabakalar halinde yapılandırılırlar ve transfer fonksiyonları eř zamanlı olarak çalıştırılırlar. Hemen hemen tüm ağlar, veri alan nöronlara ve çıktı üreten nöronlara sahiptirler.

YSA'nın ana öğesi olan matematiksel fonksiyon, ağın mimarisi tarafından şekillendirilir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, fonksiyonun temel yapısını ağırlıkların büyüklüğu ve işlem elemanlarının işlem şekli belirler. YSA'ların davranışları, yani girdi veriyi çıktı veriye nasıl ilişkilendirdikleri, ilk olarak nöronların transfer fonksiyonlarından, nasıl birbirlerine bağlandıklarından ve bu bağlantıların ağırlıklarından etkilenir(Yurtoğlu 2005).

Bu bilgiler ışığında bakıldığında, YSA'ların yapısı üç ana eleman içermektedir ve Şekil 2.1'deki gibidir. Şekilden de görülebileceği gibi, YSA'ların yapısını oluşturan üç ana eleman temel işlem elemanı olan nöron, girdi ve çıktı yolunu sağlayan bağlantı ve bu bağlantıların sağlamlığını gösteren bağlantı ağırlığı(Yurtoğlu 2005).



Şekil 2.1 YSA mimarisinin temel elemanları(Yurtoğlu 2005)

Genel olarak YSA metodolojisinin uygulama adımlarına bakıldığında, YSA'nın basit ama yoğun yapısı ve bazı temel özellikleri daha açık anlaşılabilir. Tipik olarak, bir YSA'nın mimarisi (yapısı) oluşturulur ve çeşitli matematiksel algoritmalarla bir tanesi kullanılarak üretilen çıktının doğruluk (accuracy) düzeyinin maksimize edilmesi için gerekli olan ağırlık değerleri belirlenir. YSA'lar önceki örnekleri kullanarak ağırlıkları belirlemek yoluyla girdi değişkenleri ile tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkartır; diğer bir deyişle YSA'lar eğitilir. Bir kez bu ilişkiler ortaya çıkartıldıktan sonra (ağ eğitildikten sonra), YSA yeni verilerle çalıştırılabilir ve tahminler üretilebilir. Bir ağın performansı, amaçlanan sinyal ve hata kriteri ile ölçülür. Ağın çıktısı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Geri Yayılma (backpropagation) olarak adlandırılan bir algoritma hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağ eğitilir. Eğitim işleminin amacı performans ölçümleri bazında optimum çözüme ulaşmaktır.

Bağlantısal Mimariler (Connectionist Architectures), Adaptif Sistemler (Adaptive Systems) veya Paralel Dağıtılmış İşlemciler (Parallel Distributed Processing) olarak da adlandırılan YSA'lar, oldukça fazla bağlantı içeren ve paralel yapılandırılmış beyin işlevinden esinlenen bir bilgi işlem paradigmasıdır. Farklı isimlerle anılmaları, farklılık sağlayan bazı temel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bağlantısal Mimari (veya Bağlantısal Sistem) olarak anılmalarının temel sebebi, bireysel işlem elemanları (processing nodes) arasındaki bağlantılardır. Ayrıca, bu bağlantıların ağırlıkları değişebildiğinden YSA'lar çalışma sistemlerini daha da etkinleştirebilmektedirler ve bu dolayı Adaptif Sistem olarak da adlandırılmaktadırlar. Paralel Dağıtılmış İşlemciler olarak adlandırılmalarının sebebi ise ağ içinde çok sayıdaki nod (node) veya nöronların hepsinin birbirlerine paralel olarak çalışmalarıdır. Bu yapı, eşanlı bir çözüm üretebilme yeteneği sağlamaktadır(Yurtoğlu 2005).

YSA paradigması için anahtar özellik, içerdiği bilgi işleme sisteminin yoğun (komplike) yapısıdır. Bu yapı nöronlara karşılık gelen, oldukça fazla sayıda ve sık bir şekilde birbirleri ile bağlantılı işlem elemanları içermektedir. Bu sık bağlantılar ise, sinapslara (synapses) karşılık gelen ağırlıklı bağlantılar ile sağlanmaktadır.

Bu bilgilere binaenaleyh YSA'lar için genel bir tanım vermek de faydalı olacaktır. Yapay Sinir Ağları için üzerinde fikir birliği sağlanmış tek bir tanım yoktur. Geniş ya da dar kapsamda birçok tanımla karşılaşılabilir. Hatta bazı araştırmacılar YSA için genel bir tanım vermek yerine, YSA türlerinin kendi içinde tanımlanması gerektiğini savunmaktadır(Yurtoğlu 2005).

Tanım 1:

Yapay Sinir Ağları, en kısa ve basit şekilde, bir örnekler kümesi yardımıyla parametrelerin uyarlanabilmesini sağlayacak bir matematiksel formül için yazılan bilgisayar programı olarak tanımlanabilir. Bu tanım, YSA yı en basit şekilde ve teknik detaya girilmeksizin ifade etmektedir.

Tanım 2:

Yine basit ama daha teknik ikinci bir tanım ise şu şekildedir: YSA, ilgili bağlantı ağırlıklarıyla (synaptic weights) bir ağa bağlanmış basit işlem elemanlarından (nöron) oluşan bir sistemdir.

Tanım 3:

DARPA Neural Network Study (1988) isimli yayında ise;

“Bir YSA, birbirlerine paralel olarak çalışan birçok basit işlem elemanından oluşan ve fonksiyonu, ağı yapısı, bağlantı ağırlıkları ve elemanlarda gerçekleştirilen işlemler tarafından belirlenen bir sistemdir şeklinde açıklayıcı bir tanım kullanılmaktadır” (Yurtoğlu 2005).

Tanım 4:

Zurada (1992) ise Yapay Sistemlerine Giriş (Introduction to Artificial Neural Systems), kitabında YSA'nı “yapay sinir sistemleri veya sinir ağları deneysel bilgiyi alan, depolayan ve kullanan fiziksel hücreli sistemlerdir.” olarak tanımlamaktadır(Sağıroğlu vd. 2003).

Tanım 5:

Daha kapsamlı ve genel kabul gören bir tanım ise Haykin (1999) tarafından verilmektedir: “Bir sinir ağı, basit işlem birimlerinden oluşan, deneysel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Bu işlemci iki şekilde beyin ile benzerlik göstermektedir:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle çevreden elde edilir.
2. Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri kullanılır.”(Yurtoğlu 2005).

YSA'nın çok farklı problemlerin çözümünde kolaylıkla kullanılabileceğinin anlaşılmasıyla konuya olan ilgi artmıştır ve çok farklı alanlarda çalışma yapılmıştır. Kısaca YSA'lar “veri işleme yeni yaklaşımlar” sunmuşlardır. YSA, “yerel bir hafıza yapısı tanımlayan ve birbiri ile çeşitli şekillerde bağlantılı olan veri işleme elamanlarının dağıtılmış veriyi geliştirebildikleri paralel bir yapıdır”. Genel olarak matematiksel modelleri oluşturmayan veya matematiksel modelleri çok zor tanımlayabilen problemlerin çözümü için kullanılır. Veri işleme veya işlemci elamanların (nöronların) bir ağ yapısı tanımlayacak şekilde bir birlerine bağlanmaları fikri beyin hücrelerinin birbirleriyle olan bağlantılarından esinlenerek gerçekleştirilmiştir.

Beyinde her nöronun bir üst katmandaki nöronların bir kısmı veya çoğu ile bağlantılı olduğu bilinmektedir. YSA'da nöronların fazlalığı, insan beyninin hasarlara karşı gösterdiği esnekliği yapay sinir ağlarına da kazandırır(Sağiroğlu vd. 2003).

YSA'lar gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde oldukça geniş bir uygulama alanı kazanmışlardır. Bugün, birçok endüstride başarılı şekilde kullanılmaktadırlar. Uygulama alanları için bir sınır yoktur fakat öngörü, modelleme ve sınıflandırma gibi bazı alanlarda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. YSA'lar 1950'li yıllarda ortaya çıkmalarına rağmen, ancak 1980'li yılların ortalarında genel amaçlı kullanım için yeterli seviyeye gelmişlerdir.

Bugün, YSA'lar birçok ciddi problem üzerinde uygulanmaktadır ve bu problemlerin sayısı giderek artmaktadır. Verideki trend veya yapıyı (pattern) en iyi tanımlayan yöntem olmaları dolayısıyla, tahmin (prediction) ve öngörü işlemleri için çok uygundurlar.

YSA'ların gerçek hayattaki yaygın uygulama alanlarına şu örnekler verilebilir:

- Kalite Kontrol
- Finansal Öngörü
- Ekonomik Öngörü
- Kredi Derecelendirme
- Konuşma ve Yapı Tanımlama
- İşlem Modelleme ve Yönetimi
- Laboratuvar Araştırmaları
- İflas Tahmini
- Petrol ve Gaz Arama

YSA'lar, tanımlanmamış girdi veriler hakkında karar verirken genelleme yapabildikleri için iyi birer yapı tanımlayıcısı (pattern recognition engine) ve sağlam sınıflandırıcıdır (robust classifier). Fonksiyonel tahmin (prediction) ve sistem modelleme gibi fiziksel işlemin anlamadığı veya aşırı karmaşık olduğu problemler yanında konuşma, karakter ve sinyal tanımlama gibi çeşitli sınıflandırma problemleri için çözüm yolları sağlamaktadırlar. Ayrıca, kontrol problemlerinde de uygulama sahası bulmaktadırlar.

YSA'lar yoğun bağlantılı ve komplike işlem yapıları nedeniyle çalışabilecekleri özel ortamlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu yüzden, YSA'lar, bu amaca yönelik olarak hazırlanmış özel yazılımlar ile bilgisayarlarda çalıştırılmaktadır. Günümüzde ise, gittikçe artan oranda yoğun ve karmaşık sinir ağlarını çalıştırabilmek ve daha hızlı işlem yapabilmek için özel donanımlar geliştirilmektedir(Yurtoğlu 2005).

2.2 YSA'nın Tarihsel Gelişimi

1950'li yılların sonlarında, büyük ölçekli işlemcilerin geliştirilmesiyle, beynin yaptığı işlemleri yapabilecek sinir ağlarının oluşturulabilmesi mümkün hale gelmiştir. Gerçekten de YSA'lar dijital işlemcilerin geliştirilmesinden sonra işlem yöntemi olarak önemli bir yeni yaklaşım olarak görülmektedir.

YSA simülasyonları nispi olarak yeni bir gelişme olarak görülmektedir. Bununla beraber, bu alan bilgisayarın çıkışından önce ortaya çıkmıştır ve bir bocalama devresi geçirdikten sonra yoluna devam etmiştir.

Bilgisayarların yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, YSA alanında oldukça önemli gelişmeler olmuştur. Bu alandaki araştırmalar ve çalışmalar büyük bir ilgi ile başlamış fakat beklenen gelişmelerin gerçekleşmemesi sonucunda ilgi azalmış ve bir suskunluk dönemi başlamıştır. Profesyonel ve maddi katkının minimum olduğu bu dönemde, sadece birkaç araştırmacı tarafından katkı sağlanmıştır. Bu araştırmacılar, Minsky ve Papert tarafından tanımlanan sınırlamaları etkisiz kılan bir teknoloji geliştirmişlerdir. Minsky ve Papert, 1969 yılında bir kitap yayınlamışlardır ve bu kitapta, araştırmacılar arasında ön plana çıkan ve ekstra analiz yapılmadan kabul gören YSA'lara karşı bazı olumsuzlukları toplamışlardır. Son yıllarda ise, YSA alanı ilgi ve katkı olarak yeniden canlanmaktadır. YSA tarihi, dönemler itibarıyla incelenebilir(Yurtoğlu 2005).

2.2.1 İlk Girişimler

Bu dönemde, genel mantığı kullanan başlangıç simülasyonları yapılmıştır. McCulloch ve Pitts (1943), kendi nöroloji anlayışları çerçevesinde YSA modelleri geliştirmişlerdir. Bu modeller, nöronların çalışma şekilleri hakkında bazı varsayımlarda bulunmuştur. Oluşturdukları ağlar, sabit eşiklere sahip ikili (binary) aletler olarak görülen basit nöronları baz almıştır. Modellerinin sonuçları, "a veya b" ve "a ve b" gibi basit mantıksal

fonksiyonlardı. Diğer bir girişim, bilgisayar simülasyonları kullanılarak yapılmıştır. Bu noktadaki katkılar iki araştırmacı grubu tarafından yapılmıştır: Farley ve Clark (1954) ve Rochester, Holland, Haibit ve Duda (1956). Özellikle ilk grup ki bunlar IBM araştırmacılarıdır, modellerini çalıştıramamışlar ve McGill Üniversitesinden nörobilimcilerle ortak bir çalışma yapmışlardır. Bu etkileşim, günümüze kadar süren, çok disiplinli bir trend oluşturmuştur(Yurtoğlu 2005).

2.2.2 Umut Verici Gelişmeler

YSA'ların gelişmesinde tek etkisi olan nörobilim değildir, psikologlar ve mühendisler de YSA simülasyonundaki ilerlemeye katkı sağlamıştır. Rosenblatt (1958) Perceptron'u tasarlayıp geliştirdikten sonra, bu alandaki ilgi ve etkinlik canlanmaya başlamıştır. Perceptron üç tabaka içermekteydi ve orta tabaka birleştirme tabakası olarak adlandırılmaktaydı. Bu sistem, bir veri girdi kümesinin bir rassal çıktıya bağlanma veya birleşme şeklini öğrenebilmekteydi. Burada öğrenme kelimesi bağlantı ağırlıklarının ilişkiye göre ayarlanması anlamında kullanılmaktadır. Diğer bir sistem (ADALINE – Adaptive Linear Element) ise Stanford Üniversitesinden Widrow ve Hoff tarafından 1960 yılında geliştirilmiştir. Basit bileşenlerden oluşan bir analog elektronik alet olan ADALINE, kullanılan öğrenme yöntemi ile Perceptrondan farklılaşmıştır. Bu sistemde En Küçük Ortalama Kareler (LMS – Least Mean Squares) öğrenme kuralı kullanılmıştır.

2.2.3 Olumsuz Gelişmeler

1969 yılında, Minsky ve Papert bir kitap yazmış ve bu kitapta çok tabakalı sistemlere göre tek tabakalı Perceptronların sahip olduğu sınırlamaları ortaya koymuşlardır. Kitabın ana fikri şu şekilde özetlenebilir: “...bizim sezgisel görüşümüz çok tabakalı sistemlere genişlemenin verimsiz olduğudur.”. Kitapta ortaya konulan bu önemli sonuç sonrasında YSA simülasyonlarına yönelik araştırmalar hem ilgi hem de kaynak kaybına uğramıştır.

Sonuç olarak, bu alana yönelik önemli bir önyargı oluşmuştur. Minsky ve Papert tarafından altı çizilen sorun YSA literatüründe XOR Problemi olarak bilinmektedir.

2.2.4 Yenilikler

İlgi ve kaynağın minimum düzeyde olmasına rağmen bazı araştırmacılar yapı tanımlama (pattern recognition) gibi problemlerin çözümüne yönelik çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu dönem süresince bazı paradigmlar ortaya çıkmıştır. Grossberg ve Carpenter (1995) tarafından yapılan çalışmalar, yankı (resonating) algoritmaları araştıran bir düşünce okulunun temellerini atmıştır. Bu araştırmacılar, temeli biyolojik olarak teorik gelişmelerle ilgilenmiştir. Adaptif yapı (pattern) sınıflandırması konusu üzerine bir makale yayınlamıştır ve bu makalede bir öğrenme temeli (error-correction method – hata düzeltme metodu) için bir matematiksel teori oluşturmuştur. Fukushima ise el yazısı karakterleri yorumlamak için adım adım (step wise) eğitilmiş çok tabakalı YSA oluşturmuştur. Cognitron olarak adlandırılan bu model 1975 yılında yayınlanmıştır. Makul modellere dayanan ART (Adaptive Resonance Theory – Adaptif Rezonans Teorisi) ağlarını geliştirmişlerdir. Anderson ve Kohonen ise birbirlerinden bağımsız olarak benzer teknikler geliştirmişlerdir. Klopff, 1972 yılında, yapay nöronlarda öğrenme işlemi için, “heterostasis” olarak adlandırılan ve nöronsal öğrenmenin biyolojik prensiplerine dayanan bir temel oluşturmuştur. Werbos (1974) Geri Besleme öğrenme metodunu geliştirmiş ve kullanmıştır ve bir kaç yıl sonrasında bu metot oldukça popülerite kazanmıştır. Geri Besleme ağlar, bugün en çok bilinen ve kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Geri Besleme ağ aslında, yapay nöronunda farklı bir eşik fonksiyonuna sahip ve daha sağlam (robust) ve yetenekli öğrenme kuralı olan birçok tabakalı Perceptrondur (Yurtoğlu 2005).

2.2.5 Yeniden Canlanma

YSA'lar ile ilgili çalışmalar 20. yy'n ilk yarısında başlamış ve günümüze kadar büyük bir hızla devam etmiştir. Bu çalışmaları 1970 öncesi ve sonrası diye iki kısma ayırmak mümkündür. Zira 1970 yılları YSA için bir dönüm noktasını teşkil etmiş daha önce aşılması imkânsız görünen pek çok problem bu dönemlerde aşılmıştır(İnt. Knk. 3).

1970'li yılların sonlarında ve 1980'li yılların başlarındaki ilerleme, yapay sinir ağları alanına ilginin yeniden canlanması bakımından önemlidir. Bu hareketi bir kaç faktör etkilemiştir. Örneğin, ayrıntılı kitaplar ve konferanslar çok farklı alanlarda uzmanlaşmış insanlara bir forum imkânı ve dolayısı ile bir etkileşim sağlamıştır. Akademik programlar oluşturulmuş ve en önemli üniversitelerde dersler açılmıştır. Artan ilgi ile beraber bu alandaki araştırmalara yönelik fonlar da artmış ve enstitüler ortaya çıkmıştır.

2.2.6 Bugün

Sağlanan önemli ilerleme yapay sinir ağları alanında daha ileri araştırmalar için gerekli ilgi ve bilgi birikimini sağlamıştır. Sinir sistemi tabanlı işlemciler oluşturulmakta ve komplike problemlerin çözümüne yönelik uygulamalar gelişmektedir. Kısacası, bu alan günümüzde bir geçiş dönemi içinde görülmektedir. Üniversiteler de yüksek lisans dersi olarakta önemini aksettirmektedir.

YSA'lar 1950'li yıllarda ortaya çıkmalarına rağmen, ancak 1980'li yılların ortalarında genel amaçlı kullanım için yeterli seviyeye gelmiştir(Yuroğlu 2005).

2.3 YSA'ların Avantajları ve Dezavantajları

YSA'larının klasik sistemlere göre sağladığı üstünlükler aşağıda açıklaması ile birlikte belirtilmiştir.

2.3.1 YSA'ların Avantajları

2.3.1.1 Doğrusal Olmama

Yapay nöronların lineer olmama özelliği yapay sinir ağlarının doğadaki hemen hemen her probleme uygulanabilmesini sağlamaktadır. Ağ yapısı içerisinde kullanılan lineer olmayan transfer fonksiyonları tarafından bu özellik YSA'lara kazandırılır.

2.3.1.2 Öğrenme

YSA'ları diğer yaklaşımlardan ayıran temel bir özelliktir. YSA'nın problemi öğrenmesi için problemin giriş verilerine karşılık gelen çıkış verilerinin veya sadece giriş verilerinin sağlanması gerekir. Giriş ve çıkış verileri ile tanımlanan öğrenme kümesi yeteri sayıda örnek içermelidir. Öğrenme sadece öğrenme verilerini içeren kümenin yeterliliği ile ilgili değildir. YSA yapısının da uygun düzenlenmiş olması gerekir. Öğrenme süreci sistem girişleri ve sistem çıkışı arasındaki ilişkiyi veya giriş verileri arasındaki ilişkilendirmeyi tanımlayan ağırlık verilerinin elde edilme süreci olarak da tanımlanabilir. YSA'na bu özellik algoritması kullanılarak kazandırılır. Ağırlık değişiminin sıfırdan farklı olması olarak da ifade edilebilir(Sağiroğlu 2003).

2.3.1.3 Genelleme Yapma

Eğitim sürecinin ardından YSA eğitimi kümesi dışındaki veriler için de çıkışlar üretebilir. YSA'nın ürettiği çıkışların kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı, test verilerinin bilinen sistem çıkış ile YSA'nın çıkış değerleri karşılaştırılarak varılabilir. Bu uygulama genellenenin testi olarak bilinir. Karşılaştırmada elde edilen hata değeri kabul edilebilir sınırlar içerisinde ise YSA çıkışlarının kabul edilebilir değerler olduğu farz edilir. YSA, eğitim aşamasından sonra sisteme çıkış üretme için giriş verilerinin tüm parametrelerine ihtiyaç duymaz. Bu YSA'nın paralel yapısının sağladığı bir üstünlüktür. Eksik parametrelerle uygulanan sistem girişine karşılık en uygun sistem çıkış değeri üretilebilir. YSA da ağırlıklar biyolojik sistemdeki hafızaya karşılık gelir. Bu özellik sayesinde, deneysel verilerin elde edilmesinde ihtiyaç duyulabilecek yüksek maliyet ve zamandan tasarruf sağlanabilir(Sağıroğlu 2003).

2.3.1.4 Adaptasyon

Yapay sinir ağların tanımı ya da parametreleri değişen probleme veya sisteme uygun çözümler sağlamak için tekrar tekrar eğitilebilir. Eğitim gerçek zamanda da gerçekleştirilebilir. Bu özellik yapay sinir ağlarının hedef tanıma, uyarlamalı örnek tanıma, sınıflandırma, işaret işleme, otomatik kontrol ve sistem kimliklendirme ve modelleme gibi alanlarda kullanımı sağlamıştır.

2.3.1.5 Veri İşleme

Biyolojik sistemlerde veri dağınık yapıda saklanır. Yapay sinir ağlarda ise, ağırlıklar üzerine paralel olarak dağıtılmış şekilde temsil edilmekte, korunmakta ve işlenmektedir. Ağırlıklar herhangi bir anda YSA'nın problemle ilgili olarak sahip bulunduğu bilgiyi ifade eder. Yapay sinir ağlarda veri dağıtılmış birleşik hafıza yapısı kullanır ve bilgi farklı formlara dönüştürülerek işlenebilir(Sağıroğlu 2003).

2.3.1.6 Hata ve Görüntüye Karşı Duyarlılık ve Tolerans

YSA'nın genelleme yeteneği gerçekleştirilen testlerle sınırlanır. Genelleme, yeterli seviyede ise giriş vektörünü tanımlayan parametrelerden bazılarının verilmemesi veya sağlanmaması durumunda ya da ağırlıklarından bazısının bozulması veya kullanılamaz duruma gelmesi halinde de giriş vektörünü karşılayan çıkış verilerinin YSA tarafından kabul edilebilir doğrulukta üretilmesidir. YSA giriş vektörden veya kendi yapısından kaynaklanabilen hataları yok edebilir. Gürültü balansı bu özellik YSA'nın klasik hesaplama yöntemlerine göre bir üstünlüğüdür. YSA'lar da, çok sayıda bulunan işlemci elaman paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağırlık sahibi olduğu bilgi, aşağıdaki tüm bağlantılara dağılmıştır. Giriş veri kümesinde bulunabilecek herhangi bir gürültü, bütün ağırlıklar üzerine dağıtıldığından dolayı, görüntü etkisi tolere edilebilir. Geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri daha fazladır.

2.3.1.7 Donanım

YSA'lar paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre teknoloji ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini ve örnek tanıma, işaret işleme, sistem kimliklendirme ve denetim gibi gerçek zaman uygulamalarında kullanımı artırır. YSA donanımlarının bugün kolaylıkla elde edilebilmesi ve genel olarak ve farklı çalışmalarda kullanılabilmesi en ilgi çekici özellikleri arasındadır. Gerçek zamanlı uygulamalarda çok önemlidir(Sağiroğlu 2003).

2.3.1.8 Hazır Paket Programlar

YSA'ların farklı yapılarını içeren birçok yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlar kolaylıkla satın alınabilir veya internet aracılığıyla indirilebilir. Bu kolaylıklar YSA'ların cazibesini daha da artırmaktadır. Fakat birçok uygulamacı ve kullanıcının yapmış olduğu çalışmalarda YSA yapı ve öğrenme algoritmaların teorik altyapısının tam olarak kavranması veya öğrenilmeye çalışılması ise karşılaşılan problemlerdir

(Sağıroğlu 2003). Burada çok temel bazı avantajlardan bahsedilmekle beraber, YSA'ların daha pek çok avantajı vardır. YSA'ların, pek çok avantajın yanında bazı dezavantajları da vardır. Belli başlı dezavantajları;

2.3.2 YSA'ların Dezavantajları

2.3.2.1 Donanım Bağımlıdır

YSA'ların en önemli sorunu donanım bağımlı olmalarıdır. YSA'ların en önemli özellikleri ve var oluş nedenlerinden birisi olan paralel işlem yapabilme yeteneği, paralel çalışan işlemciler ile performans gösterir.

2.3.2.2 Uygun Ağ Yapısının Belirlenmesinde Belli Bir Kural Yoktur

YSA'lar da probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi için geliştirilmiş bir kural yoktur. Uygun ağ yapısı deneyim ve deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir.

2.3.2.3 Ağın Parametre Değerlerinin Belirlenmesinde Belli Bir Kural Yoktur

YSA'lar da öğrenme katsayısı, hücre sayısı, katman sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde belirli bir kural yoktur. Bu değerlerin belirlenmesi için belirli bir standart olmamakla birlikte her problem için farklı bir yaklaşım söz konusu olabilmektedir.

2.3.2.4 Öğrenilecek Problemin Ağa Gösterimi Önemli Bir Problemdir

YSA'lar nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler. Problemler YSA'lara tanıtılmadan önce nümerik değerlere çevrilmek zorundadırlar. Burada belirlenecek gösterim

mekanizması ağın performansını doğrudan etkileyecektir. Bu da kullanıcının yeteneğine bağlıdır.

2.3.2.5 Ağın Eğitiminin Ne Zaman Bitirilmesi Gerektiğine İlişkin Belli Bir Yöntem Yoktur

Ağın örnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi eğitimin tamamlandığı anlamına gelmektedir. Burada optimum neticeler veren bir mekanizma henüz yoktur ve YSA ile ilgili araştırmaların önemli bir kolunu oluşturmaktadır.

2.3.2.6 Ağın Davranışları Açıklanamamaktadır

Bu sorun YSA'ların en önemli sorunudur. YSA bir probleme çözüm ürettiği zaman, bunun neden ve nasıl olduğuna ilişkin bir ipucu vermez. Bu durum ağa olan güveni azaltıcı bir unsurdur(İnt. Knk. 3).

2.4. YSA'da Eğitime

2.4.1. Eğitime Algoritmaları

Eğitime algoritmaları YSA'nın ayrılmaz bir parçasıdır. Eğitime logaritması, eldeki problemin özelliğine göre öğrenme kuralının YSA ya nasıl adapte edeceğini belirtir. Kullanımı yaygın üç çeşit eğitime algoritması vardır(Dere 1997).

2.4.1.1 Öğretici Eğitime

Öğretici eğitimde, elde doğru örnekler vardır. Yani eğitime örneklerinin tamamı için (x_1, x_2, \dots, x_n) şeklindeki giriş vektörünün, (y_1, y_2, \dots, y_n) şeklindeki çıkış vektörü, tam ve

doğru olarak bilinmektedir. Her bir (x_1, y_2) , (x_1, y_2) , (x_n, y_n) çifti için, ağ doğru sonuçları verecek şekilde, seçilen bir öğrenme kuralı yardımıyla eğitilir.

2.4.1.2 Skor ile Eğitim

Skor ile eğitimde giriş işaretlerine karşılık gelen çıkış işaretleri tam olarak bilinmemektedir. Çıkış işareti yerine skor verilir ve ağın değerlendirilmesi yapılır. Özellikle kontrol uygulamaları için idealdir. Çeşitli maliyet fonksiyonları kullanılır.

2.4.1.3 Kendini Düzenleme ile Eğitim

Probleme ait veri girişlerine karşın çıkışlar mevcut değildir. Bu yüzden bu tür eğitim giriş verilerini gruplandırmak üzere eğitilir ve daha sonra verilen herhangi bir girişin eğitim sınıflarından hangi sınıfa ait olduğu gösterebilir. Kendini düzenleyen ağ, giriş işaretine göre kendini düzenleyerek organize eder. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına, sınıflandırma ve şekil tanıma problemlerine uygulanabilir.

Ne tür eğitim yöntemi kullanırsa kullanılsın, herhangi bir ağ için gerekli karakteristik özellik, ağırlıkların verilen eğitim örneğine nasıl ayarlanacağını belirtilerek öğrenme kuralının oluşturulmasıdır. Öğrenme kuralının oluşturulması için bir örneğin ağa defalarca tanıtılması gerekebilir. Öğrenme kuralı ile ilişkili parametreler (öğrenme katsayısı vb.) ağın zaman içinde gelişme kaydetmesiyle değişebilir(Dere 1997).

2.4.2 Bellek

YSA'nın önemli bir özelliği bilgiyi saklama şeklidir. YSA'da bellek, birçok yerel bellekler oluşturularak dağıtılır, bunlar YSA'nın bağ ağırlıklarıdır. Ağırlıkların sahip olduğu değerler, ağın o anki bilgi durumunu temsil eder. Mesela; bir giriş/istenen çıkış çiftine ait bilgi bloğu ağın içindeki birçok bellek birikimine paralel olarak

dağıtılmıştır. Bu yüzden eğitilen ağı bir giriş uyguladığında, ağ bu giriş için bellekteki en yakın çıkışı seçer ve tam girişe bağlı çıkış ortaya çıkar. Eğer YSA oto ilişkili ise, kısmi giriş vektörlerinin ağı verilmesi ve bu girişlerinin tamamlanması ile sonuçlanır. YSA belleğinin yapısı; eksik, gürültülü ve tam seçilmeyen bir giriş uygulandığı zaman bile, mantıklı çıkış üretmeye uygundur. Bu kurala “genelleme” adı verilir. Bir genellemenin kalitesi ve anlamı, uygulama çeşidine, ağın tipine ve karmaşıklığına bağlıdır. Lineer olmayan çok katmanlı ağlar (özellikle geriye yayılım ağları) gizli katmandaki özelliklerden öğrenirler ve bunlar çıkışlar üretmek üzere birleştirirler. Gizli katmandaki bilgi, yeni giriş örneklerine akılcı çözümler oluşturmak için kullanılabilirler.

2.4.3 Hata Toleransı

Klasik hesaplama sistemleri çok az bir zarardan bile etkilenir. Verilerde bir eksiklik söz konusu olursa, klasik yöntemler çalışmazlar. YSA için durum farklıdır. Bu farklılık YSA'nın hata toleransı olmasıdır. İyi gelişmiş ve genelleme kapasitesi yüksek bir sinir ağı kendisine takdim edilen veriler eksik bile olsa karar verme işlemine devam eder. Aynı şekilde YSA üzerinde birtakım problemler ve bozukluklar olabilir. İşlem elemanlarının az da olsa zarar görmesi sistemin bütününe etkiler. YSA paralel dağılmış parametreleri bir sistem olduğundan her bir işlem elemanı izole edilmiş bir ada olarak düşünülebilir.

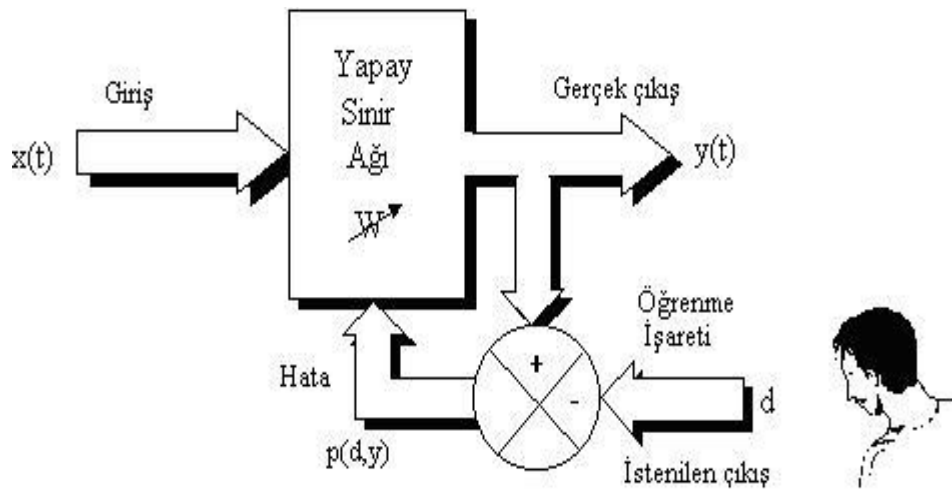
Verilerin eksik veya YSA daki yapısal bozukluklardan dolayı daha çok işlem elemanının zarar görmesi ile sistem davranışı bozulma yönünde değişir. Performans düşer ama sistem hiçbir zaman durma noktasına gelmez. YSA sistemlerinin hata toleranslı olmasının nedeni bilginin tek bir yerde saklanmayıp, sisteme dağıtılmasıdır. Bu özellik sistemin durmasını önemli bir zarara neden olacağı uygulamalarda önem kazanır(Dere 1997).

2.5 Öğrenme Modları

Yapay sinir ağlarında, kullanılan mimarinin yanı sıra, ağırlık değerlerinin belirlenme eğitim metodu da önemli bir ayırt edici bir karakteristiktir. Gruplama açısından bakıldığında, öğrenme modları üçe ayrılabilir: Eğitici (supervised) Öğrenme, Eğitici (unsupervised) Öğrenme ve Takviyeli Öğrenmedir.

2.5.1 Eğitici Öğrenme

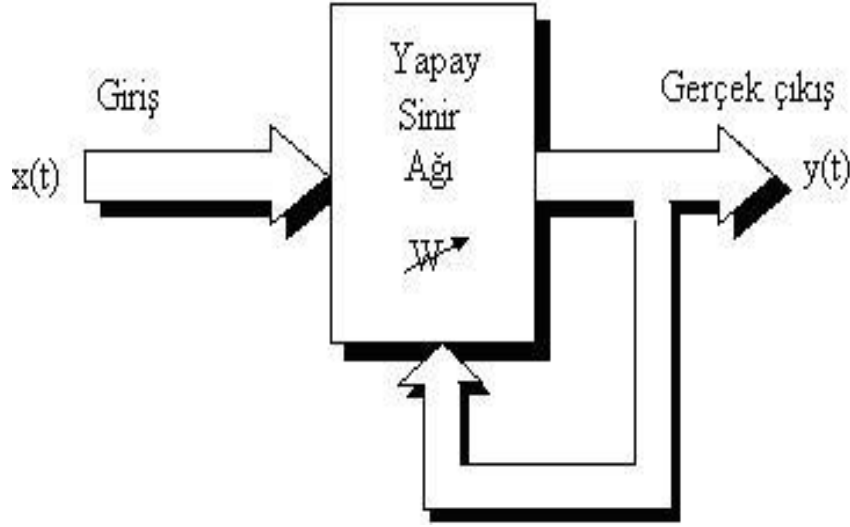
Eğitici öğrenme moduyla, yapay sinir ağının eğitimi için eğitici veriler (eğitim seti) kullanılmaktadır. Eğitim seti giriş bilgileri ve istenen (hedef) bilgiler olmak üzere iki ayrı vektör gibi düşünülebilir. Vektörlerin her bir karşılıklı elemanları bir eğitim çiftini oluşturmaktadır. Eğitim seti ağın eğitime başlamadan önce belirlenmektedir. Ağın eğitimi için, öncelikle bağlantı ağırlıklarına rastgele değerler atanmaktadır. Daha sonra eğitim çiftlerine bağlı olarak bir algoritma dahilinde ağırlıklar yenilenmektedir. İstenilen bilgiler ve ağın çıkışı arasındaki fark (hata) azalınca kadar eğitim sürdürülmektedir. Ağ çıkışındaki, hatanın azalması ağırlıkların kararlılık kazanması demektir. Ağırlıklar istenilen kararlılığa ulaştığında eğitim bitirilmektedir. Geri Yansıtımlı yapay sinir ağı modeli de eğitici öğrenme modunu kullanmaktadır. Şekil 2.2 de eğitici öğrenme yapısı gösterilmiştir (İnt. Knk. 1).



Şekil 2.2 Eğitici öğrenme yapısı (İnt. Knk. 1)

2.5.2 Eğitici-siz Öğrenme

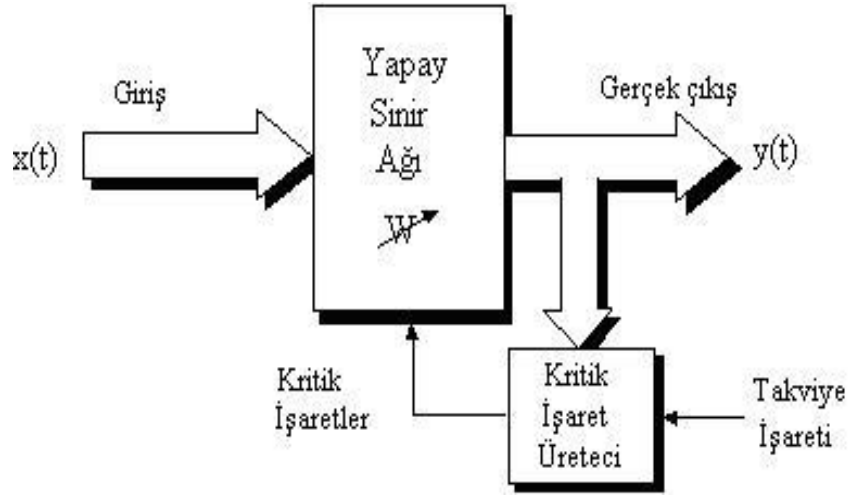
Eğitici-siz öğrenme moduna "Kendi kendine öğrenilebilen mod" da denilmektedir. Bu öğrenme modunda eğitim seti kullanılmamaktadır. Ağ, bir birine benzer giriş bilgilerini gruplamakta veya giriş bilgisinin hangi gruba ait olduğunu göstermektedir(İnt. Knk. 1). Bu öğrenme modunda, istenilen çıkış değerlerinin bilinmesine gerek yoktur. Öğrenme süresince sadece giriş bilgileri ağa uygulanır. Uygulanan girişe göre, bu giriş verileri arasındaki matematiksel ilişkiye göre bağlantı ağları ayarlanır(Sağıroğlu 2003). Ağ eğitimi için sadece giriş bilgileri yeterli olmakta, referans alınacak (eğitici) bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ağın performansını kendiliğinden izlenmesi söz konusudur. Ağ, giriş sinyallerinin yönüne veya düzenine bakmakta ve ağın fonksiyonuna göre ayarlama yapmaktadır. Ağ kendini nasıl organize edeceği hakkında bir miktar bilgiye sahip olmalıdır. Şekil.2.3'de eğitici-siz öğrenme yapısı gösterilmiştir(İnt. Knk. 1).



Şekil 2.3 Eğitici-siz öğrenme yapısı(İnt. Knk. 1)

2.5.3 Takviyeli Öğrenme

Bu öğrenme kuralı eğiticili öğrenmeye yakın bir metottur. Denetimsiz öğrenme algoritması istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Hedef çıktıyı vermek için "öğretmen" yerine, burada YSA ya bir çıkış verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık ilişkisini değerlendiren bir kriter kullanılmaktadır. Şekil 2.4 de takviyeli öğrenme yapısı gösterilmektedir. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hilton ve Sejnowski'nin geliştirdiği Boltzman kuralı veya genetik algoritma tasdikli öğrenmeye örnek olarak verilebilirler(İnt. Knk. 1).



Şekil 2.4 Takviyeli öğrenme yapısı(İnt. Knk. 1)

2.6 Öğrenme Faktörleri

Geri yayılım YSA'lar da ağ performansını etkileyen birçok faktör vardır. Başlangıçta seçilen ağırlık katsayıları, öğrenme oranı, hata fonksiyonu, ağırlık adaptasyon kuralı, ağ mimarisi, eğitim süresinin fazlalığı bu faktörlerin başlıcalarıdır.

Geri Yayılımlı bir YSA'nın dezavantajlarından olan eğitim süresinin uzunluğu ve hata hesaplarında yerel minimumda kalması durumu ve benzeri problemler öğrenmeyi etkileyen faktörlerin doğru seçimi ile giderilir(Danacı 2002).

İki katmanlı bir YSA da n tane sinir için her sinirin diğerine ve kendi kendine bağlantısı olduğu düşünülürse, n^2 tane ağırlık güncellemesi yapılır. Hatanın geriye yayılımı da bu ağırlık üzerinden gerçekleştiği için, bu işlemler uzun zaman alır.

Hatayı minimum yapacak ağ yapıları, bir gradyan arama tekniği kullanılarak tespit edilir. Eğitim aşamasında, hesaplanan hatalarda yerel minimum değerlerine yakalanma sorunu vardır. Bu durumda ağ kabul edilmeyecek bir çözüme doğru gider. Bu sorun öğrenme oranında yapılacak değişimle giderilebilir.

2.6.1 İlk Ağırlıklar

Eğitimin başında, başlangıç ağırlıklarının seçimi, ağın istenen toleranstaki hata değerine yaklaşma açısından çok önemlidir. Başlangıçta eğitilecek ağın ağırlıkları, rastgele olarak küçük değerli olarak seçilir. Eğer ağırlıklar büyük değer olarak seçilirse ağırlıklı hata toplamı da büyük değerler alır. Ancak çıkış fonksiyonun bu noktadaki türevi, çok küçük olur. Ağırlık değişiminde bu türev çarpım olarak girildiğinden, her adımda çok küçük değişimler olacaktır. Bu da eğitim zamanını uzatacaktır. Bu sebepten dolayı da girişlerde küçük değerler alınır. Genelde ağırlıklar $[-1, +1]$ aralığında seçilir. Girişler ise, $[-1, +1]$ aralığında ötelenerek kullanılır veya normalize edilir(Danacı 2002).

2.6.2 Öğrenme Oranı

Eğitim süresini değiştirilecek parametrelerden biri olan öğrenme oranı (α) başlangıçta uygun bir şekilde ayarlanması gerekir. Fakat eğitim aşamaları için uygun tek bir öğrenme oranı belirlenememiştir. Yani öğrenme oranında belirli bir kriter yoktur. Çoğunlukla bu oran deneysel olarak belirlenir. Büyük öğrenme oranlarının tanımlanması, eğitimde davranış bozukluklarına sebep olur. Böyle bir davranışı önlemek için öğrenme oranını küçük değerlerde tutmak gerekir. Öğrenme oranı $0.001 < \alpha < 1$ arasında seçilen sabit bir sayıdır. Diğer taraftan çok küçük bir öğrenme oranı, öğrenme işlemini yavaşlatacağından çözülecek probleme göre optimum bir değer seçilir.

2.6.3 Yakınsama

T adet çıkış sınırı olan YSA da, i anında istenen (d_i) ve o anki YSA çıkış (y_i) değeri arasındaki farktan elde edilen hata fonksiyonu için aşağıdaki gibi genelleştirilmiş bir ifade yazılabilir.

$$\text{Hata} = \frac{1}{T} \sum (d_i - y_i)^p \quad 1 \leq p \leq \infty \quad (2.1)$$

Hata fonksiyonunun bir tek minimumu ve birçok yerel minimumu olabilir. Pratikte çok katmanlı ağların, eğitim sırasında yerel minimuma takılması durumu ile ender olarak karşılaşılır. Eğer yerel minimuma yaklaşırsa, eğitim birkaç yeni hücre ekleyerek yine rastgele ağırlıklardan başlatılmalı veya yerel minimum sığ ise ağırlıklara rastgelelik eklenmelidir. İdeal durumda, hatanın sıfır olması veya sıfırdan büyük bir global minimuma ulaşma beklenir. Ancak bu pratikte sonsuz zaman gerektirir. Bunun için kabul edilebilir bir değer altındaki hatalar için öğrenmenin başarılı olduğu kabul edilir (Danacı 2002).

3. MATERYAL METOT

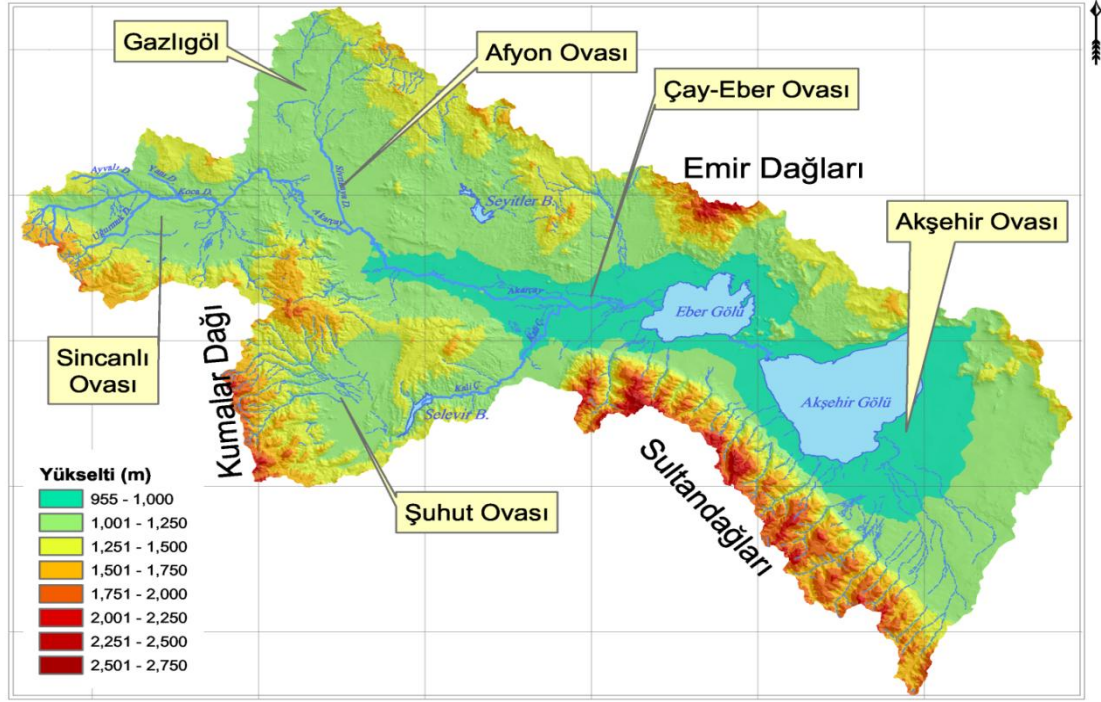
Yeraltı suyu davranışının modellenmesi amacıyla yeraltı su seviyesi gözlem verileri (gözlem kuyusu su seviyeleri) ile yeraltı suyunun beslenmesinde temel kaynak olan yağış gözlemleri, yağış ve yeraltı su seviyesinde önemli bir gösterge olan debi değerleri ile yeraltı suyu kayıpları açısından önemli olan buharlaşma kayıpları üzerinde bu değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlayabilmek için YSA ve Çoklu Regresyon modelleri kurulmaya çalışılmıştır.

Uygulama Şekil 3.1 de görünen Akarçay havzasında gerçekleştirilmiştir. Havzada hidrolojik ve hidrojeolojik kapsamda 1998 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 18. Bölge Müdürlüğüne Eber–Akşehir Hidroloji Revize Raporu, 1977 yılında Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu hazırlanmıştır. Halen havzada 1998 yılında başlamış olan ve Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama Ve Araştırma Merkezi (HÜ-UKAM) tarafından “Revize Hidrojeolojik Etütler Kapsamında Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Akım Modeli Projesi” başlıklı proje sürdürülmüştür. Farklı bir çalışmada (Yurtcu 2001) yüksek lisans teziyle ‘Kil Zeminlerde Yer altı Suyu Davranışının Modellenmesi’ ile literatürde yerini almıştır. Ayrıca tezime kaynak olan Akarçay Aylık Akımlarının Modellenmesi (İçağa 2001) ve Olasılık ve İstatistik (Akdeniz 1998) çalışmalarından yararlanılmıştır.

3.1 Akarçay Havzası

3.1.1 Coğrafi Konumu ve Yapısı

Akarçay havzası coğrafi konum olarak Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin kesişim noktalarında yer almakta olup, her üç bölge içerisinde de sınırları bulunmaktadır. Havzanın geniş bir bölümü Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümündedir. Doğu ve kuzey doğuda yer alan arazinin bir bölümü İç Anadolu Bölgesine uzanır. Havzanın önemli bir kesimi Afyonkarahisar il sınırları içerisinde olup, doğudan Konya sınırlarına girer(Yurtcu 2001).



Şekil 3.1 Akarçay havzası coğrafi konum haritası (Tezcan 1999)

Yukarıda Şekil 3.1 de coğrafi konum haritasında da görüldüğü üzere Akarçay havzası, İç Ege ile Orta Anadolu'nun batısında, Afyonkarahisar-Akşehir arasında yaklaşık 130 km uzunluğunda, 20 km genişliğinde bir çöküntü havzasıdır. İç Batı Anadolu eşiği üzerinde yer alan güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu dağ dizilerinden en doğuda olan Emir ve Türkmen dağları, havzayı kuzey doğudan, İlbudak Dağı kuzeybatıdan, Sultandağları güneydoğudan, Ahır Dağı ve Kumalar Dağı ise güneybatıdan sınırlamaktadır. Havza içerisinde batıda Sincanlı ovası (~ 1150 m), güneyde Şuhut ovası (~1150 m), kuzeyde Afyon-Bolvadin ovası (~960 m), bulunmaktadır (Yurtcu 2001).

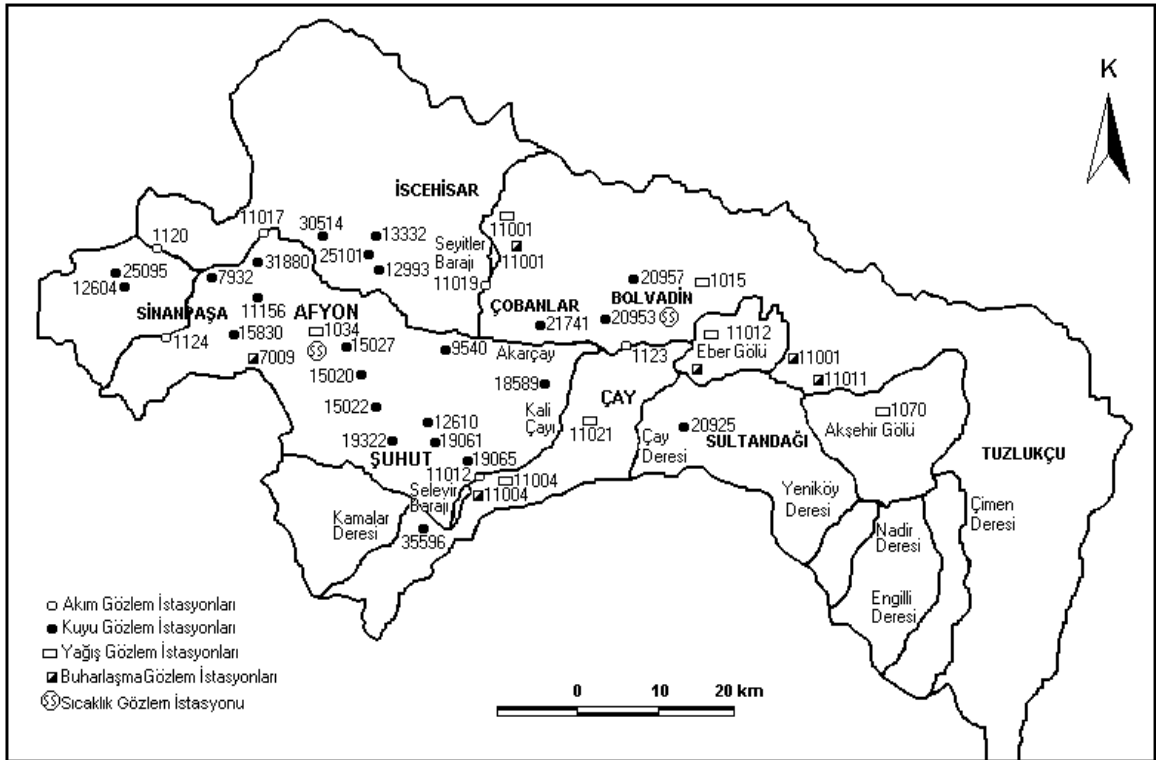
3.1.2 Havza İklimi

Havzanın konum olarak yüksek ve denizden uzak olması bölgede karasal iklim özelliklerine paralel özellik gösterir. İç Ege bölgesi ile Orta Anadolu bölgesi iklimleri arasında geçiş iklimi karakterindedir. Kara iklimine göre daha yumuşak, buna karşılık İç

Ege ikliminden daha serttir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve karlı olmak üzere bir step iklimine sahiptir.

3.1.2.1 Meteoroloji İstasyonları

Havzanın yağış alanında Afyonkarahisar, Seyitler, Selevir, Nacak, Çay, Bolvadin, Şuhut, Akdeğirmen, Akören, Serban, Köprülü, İhsaniye ve Cankurtaran meteoroloji ve hidrometeoroloji istasyonları bulunmaktadır. Afyon, ve Bolvadin baz istasyonlardır. Adı geçen istasyonlardan; Afyonkarahisar, Çay, ve Bolvadin DMİ istasyonlarıdır. Tez çalışmamda kullanılan bağımsız değişken olan yağış, sıcaklık, buharlaşma ve kuyu suyu değerler 1976 ila 1996 tarihleride dahil olmak üzere bu zaman dilimine aittir. DMİ istasyonları yanı sıra DSİ istasyonlarından yararlanılmıştır. Şekil 3.2 de istasyonlar harita üzerinde görülmektedir.



Şekil 3.2 Akarçay havzası gözlem istasyonları(Yurtcu 2001)

3.1.2.2 Yağış

Havzada yağışlı gün sayısı ortalama 120 gündür. Depresyonik, Orografik ve Konvektif yağış tipleri görülmektedir. Kar yağışı Kasım ayından itibaren başlar ve Mayıs ortalarına kadar devam eder. Proje sahasının yıllık ortalama yağışı 442.2 mm dir. Proje sahasının membasını teşkil eden Seyitler, Akdeğirmen ve Selevir barajlarının yağış alanlarında yıllık yağışlar düşüktür. En yüksek yağış Eber ve Akşehir göllerinin güneyindeki Sultandağların da olmaktadır. Sultandağı meteoroloji istasyonuna göre 1966~1994 tarihleri arasında yıllık ortalama 523.2 mm'lik yağış olmuştur. Yağışın en yüksek olduğu ay 70.7 mm'lik ortalama ile Ocak ayı, yağışın en düşük olduğu ay ise 10.6 mm'lik ortalama ile Ağustos ayıdır. Yağış istasyonları Serban, Afyonkarahisar, Seyitler, Selevir ve Bolvadindir.

3.1.2.3 Sıcaklık

Sıcaklık; Afyon, Bolvadin, Şuhut ve İhsaniye meteoroloji ve hidrometeoroloji istasyonlarında ölçülmektedir. Bolvadin meteoroloji istasyonuna göre 1969~1996 periyodunda yıllık ortalama sıcaklık 10.7 °C dir. En sıcak ay 21.7 °C'lik ortalama ile Temmuz, en soğuk ay -0.5 °C lik ortalama ile Ocak ayıdır. Yazları sıcak, kışları soğuk geçmektedir.

3.1.2.4 Buharlaşma

Buharlaşma Bolvadin, Seyitler, Selevir hidrometeoroloji istasyonlarında ve proje sahası civarında Serban hidrometeoroloji istasyonunda ölçülmektedir. Eber gölünü temsil eden Eber köy hidrometeoroloji istasyonunda 1974–1996 periyodunda yıllık ortalama 1397.9 mm'lik buharlaşma rasat edilmiştir(DSİ 1998).

Buharlaşmanın en fazla olduğu ay 209.5 mm lik ortalama ile Temmuz ayıdır. Akşehir Gölünü temsil eden Taşköprü hidrometeoroloji istasyonunda ise 1968–1996 periyodun

da yıllık ortalama buharlaşma 1524.4 mm olarak ölçülmüştür. En fazla buharlaşma 322.8 mm'lik ortalama ile Temmuz ayında olmaktadır(DSİ 1998).

3.1.3 Havza Jeolojisi

Akarçay havzasının büyük kısmı Neojene ait göl sedimanları, litoral malzeme ve volkanik kayalarla örtülüdür. Havzada mostra veren tüm Neojen 1450 km² saha kaplamaktadır. Neojen sedimanları Paleozik ve Permomesozik formasyonlar üzerinde diskorcan olarak oturmaktadır.

Havzada en geniş alanı kapsayan (1960 km²) formasyon alüvyonlardır. Dere yatakları çevresinde ve göllerin etrafında bulunurlar. Kalınlıkları batıdan doğuya doğru artar ve konilerde 300 m ye erişir. Genel olarak elemanları kireçtaşı, kuvarsit, andezit ve tuf kökenlidir. Tane irilikleri batıdan doğuya doğru artmaktadır. Büyük Sincanlı Ovasında siltler, Afyonkarahisar da silt-kil ve çakıllar Çay-Bolvadin-Akşehir de ise çakıllar hakimdir. Alüvyon kalınlıkları Afyonkarahisar ovasında 70-100 m, Büyük Sincanlı Ovasında 30-60 m, Çay-Bolvadin ovasında 110 m, Bolvadin de 100 m, .Çay da 120 m dir. Havzanın permeabilite katsayısı 224/(m/g) ile 0,01(m/g) değerleri arasında değişmekle beraber ortalama 7,08(m/g) civarındadır(Yurtcu 2001).

3.1.4 Kuyu Suyu

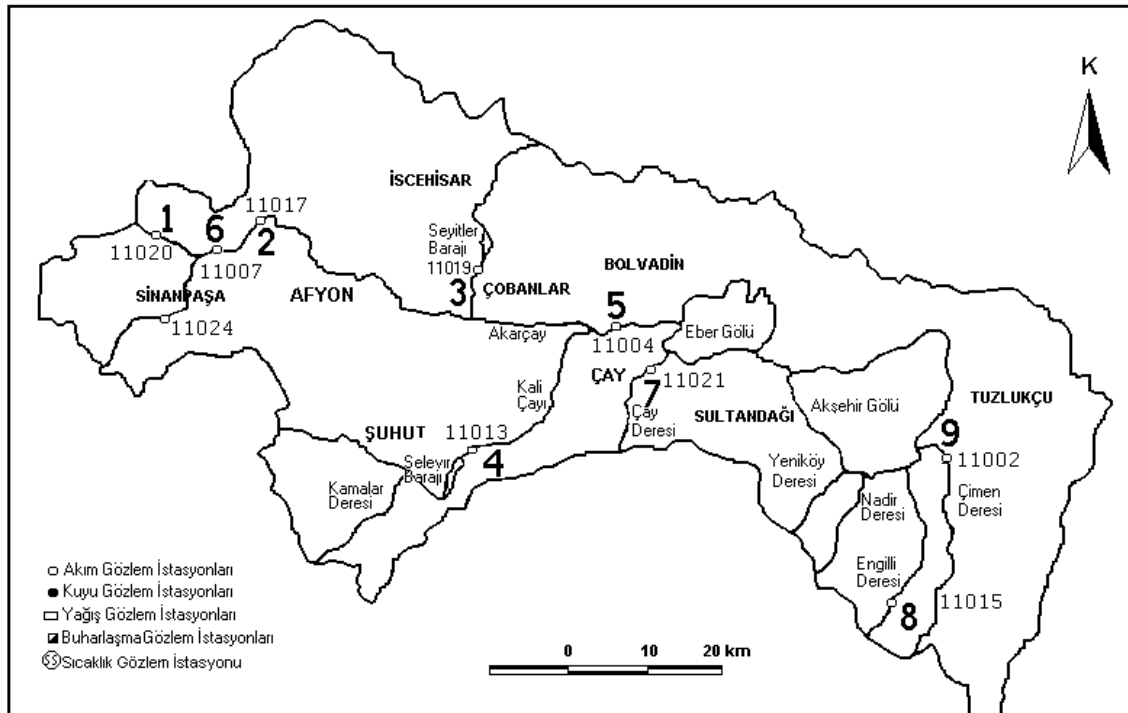
DSİ istasyonlarından yararlanılan kuyu suyu seviyesi değerleri 1976 ile 1996 yıllarına mahsustur. Bu istasyonlar Şuhut, Akdeğirmen, Köprülü ve Akören istasyonlarıdır.

3.1.5 Akarsular

Akarçay havzasının en önemli akarsuyu, havzayı baştan sona kateden Akarçaydır. Uzunluğu 115 km olup başlıca kolları Sincanlı batısından çıkarak Balmahmut ve

Köprülü kuzeyinden geçen Nacak ve havzanın kuzeyinden gelerek Çayırbağdan geçen Gazlıgöl dereleridir. Ayrıca Kali (Selevir) ve Kuruçay (Seyitler) dereleri de Akarçaya karışırlar. Akarçay havzayı baştan sona katettiğinden yeraltı suyunu drene eden akarsu durumundadır(Yurtcu 2001).

Çalışma 6 istasyondaki akım, yağış, sıcaklık, buharlaşma ve kuyu seviyesi verilerinin 4 farklı kombinasyon kullanılarak akım verilerinin modellenmesini ile Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama, Aylık Ortalama-Aylık Ortalama, Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama, Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık ortalama, Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama, Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama, Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama, Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama 8 farklı kombinasyonu da kapsamaktadır. Yeraltı suyuna direk etki eden akım baz alınarak modelleme yapılmıştır. Akım istasyonları Şekil 3.3 de görüldüğü üzere rakamlarla senbolleştirilmiş.



Şekil 3.3 Akarçay havzası akım gözlem istasyonları(Yurtcu 2001)

Kullanılan istasyonlar ve kombinasyonlar şöyledir:

YSA modellerindeki akım değişkenleri tahmin edilen (beklenen) değerler:

1_2....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (7009))

**1_3....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (7009))-
Sıcaklık(Afyonkarahisar (17190))**

**1-4....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))**

**1_5....→ Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (07009))-
Sıcaklık(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi
(Akdeğirmen (11020))**

2_2....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))

**2_3....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))**

**2_4....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))**

**2_5....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi (Köprülü
(11017))**

3_2....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))

**3_3....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık
(İhsaniye (4777))**

**3_4....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık
(İhsaniye (4777))-Buharlaşma (Seyitler (11001))**

3_5....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık (İhsaniye (4777))-Buharlaşma (Seyitler (11001))- Kuyu Seviyesi (Köprülü (11017))
Yeterli verinin bulunamamasından dolayı bu modellere elde edilememiştir.

4_2....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))

4_3....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))

4_4....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))-Buharlaşma (Selevir (11004))

4_5....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))-Buharlaşma (Selevir (11004))-Kuyu Seviyesi (Şuhut (19061))

5_2....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))

5_3....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))

5_4....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))-Buharlaşma (Bolvadin (17796))

5_5....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))-Buharlaşma (Bolvadin (17796))-Kuyu Seviyesi (Şuhut (19061))

6_2....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))

6_3....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))

6_4....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))

6_5....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi (Akören (11156))

YSA modellerindeki son değişkenler tahmin edilen (beklenen) değişkenler:

3_ ANOANO (Seyitler (11019))→ Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

3_ AOA0 (Seyitler (11019))→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

3_ YOANOANO (Seyitler (11019))→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

3_ YOAOAO (Seyitler (11019))→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık ortalama

3_ YOASAO (Seyitler (11019))→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama

3_ YSANOANO (Seyitler (11019))→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

3_ YSAOAO (Seyitler (11019))→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

3_ YSASAO (Seyitler (11019))→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama

4_ ANOANO (Selevir Giriş (11013)) → Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

4_ AOA0 (Selevir Giriş (11013))→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

4_ YOANOANO (Selevir Giriş (11013))→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

4_ YOAOAO (Selevir Giriş (11013))→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

4_ YOASAO (Selevir Giriş (11013))→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama

4_ YSANOANO (Selevir Giriş (11013))→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

4_ YSAOAO (Selevir Giriş (11013))→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

4_ YSASAO (Selevir Giriş (11013))→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama

5_ANOANO (Bolvadin (11004))→ Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

5_AOAO (Bolvadin (11004))→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

5_YOANOANO (Bolvadin (11004))→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

5_YOAOAO (Bolvadin (11004))→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

5_YOASAO (Bolvadin (11004))→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama

5_YSANOANO (Bolvadin (11004))→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

5_YSAOAO (Bolvadin (11004))→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

5_YSASAO (Bolvadin (11004))→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama

7_ANOANO (Çay (11021))→ Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

7_AOAO (Çay (11021))→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

7_YOANOANO (Çay (11021))→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

7_YOAOAO (Çay (11021))→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık ortalama

7_YOASAO (Çay (11021))→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama

7_YSANOANO (Çay (11021))→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

7_YSAOAO (Çay (11021))→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama

7_YSASAO (Çay (11021))→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama

8_ANOANO (Cankurtaran (11015))→ Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama

- 8_AOAO (Cankurtaran (11015))**→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 8_YOANOANO (Cankurtaran (11015))**→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama
- 8_YOAOAO (Cankurtaran (11015))**→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 8_YOASAO (Cankurtaran (11015))**→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama
- 8_YSANOANO (Cankurtaran (11015))**→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama
- 8_YSAOAO (Cankurtaran (11015))**→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 8_YSASAO (Cankurtaran (11015))**→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama
- 9_ANOANO (Ortaköy (11002))**→ Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama
- 9_AOAO (Ortaköy (11002))**→ Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 9_YOANOANO (Ortaköy (11002))**→ Yıllık Ortalama-Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama
- 9_YOAOAO (Ortaköy (11002))**→ Yıllık Ortalama-Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 9_YOASAO (Ortaköy (11002))**→ Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama
- 9_YSANOANO (Ortaköy (11002))**→ Yıl Sırası- Aylık Normalize Ortalama-Aylık Normalize Ortalama
- 9_YSAOAO (Ortaköy (11002))**→ Yıl Sırası- Aylık Ortalama-Aylık Ortalama
- 9_YSASAO (Ortaköy (11002))**→ Yıl Sırası-Ay Sırası-Aylık Ortalama

Regresyon kombinasyonları:

1_2....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (7009))

**1_3....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (7009))-
Sıcaklık(Afyonkarahisar (17190))**

**1-4....→Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaştırma (Serban (07009))**

**1_5....→ Akım (Akdeğirmen (11020))-Yağış(Serban (07009))-
Sıcaklık(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaştırma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi
(Akdeğirmen (11020))**

2_2....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))

**2_3....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))**

**2_4....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyon (1034))Sıcaklık (Afyonkarahisar
(17190))-Buharlaştırma (Serban (07009))**

**2_5....→ Akım (Köprülü (11017))-Yağış(Afyonkarahisar (1034))Sıcaklık
(Afyonkarahisar (17190))-Buharlaştırma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi (Köprülü
(11017))**

3_2....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))

**3_3....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık
(İhsaniye (4777))**

**3_4....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık
(İhsaniye (4777))-Buharlaştırma (Seyitler (11001))**

**3_5....→ Akım (Seyitler Giriş (11019))-Yağış (Seyitler (11001))-Sıcaklık
(İhsaniye (4777))-Buharlaştırma (Seyitler (11001))- Kuyu Seviyesi (Köprülü (11017))**

4_2....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))

4_3....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))

4_4....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))-Buharlaşma (Selevir (11004))

4_5....→ Akım (Selevir Giriş (11013))-Yağış (Selevir (11004))-Sıcaklık (Şuhut (17829))-Buharlaşma (Selevir (11004))-Kuyu Seviyesi (Şuhut (19061))

5_2....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))

5_3....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))

5_4....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))-Buharlaşma (Bolvadin (17796))

5_5....→ Akım (Bolvadin (11004))-Yağış (Bolvadin (1015))-Sıcaklık (Bolvadin (17796))-Buharlaşma (Bolvadin (17796))-Kuyu Seviyesi (Şuhut (19061))

6_2....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))

6_3....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))

6_4....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))

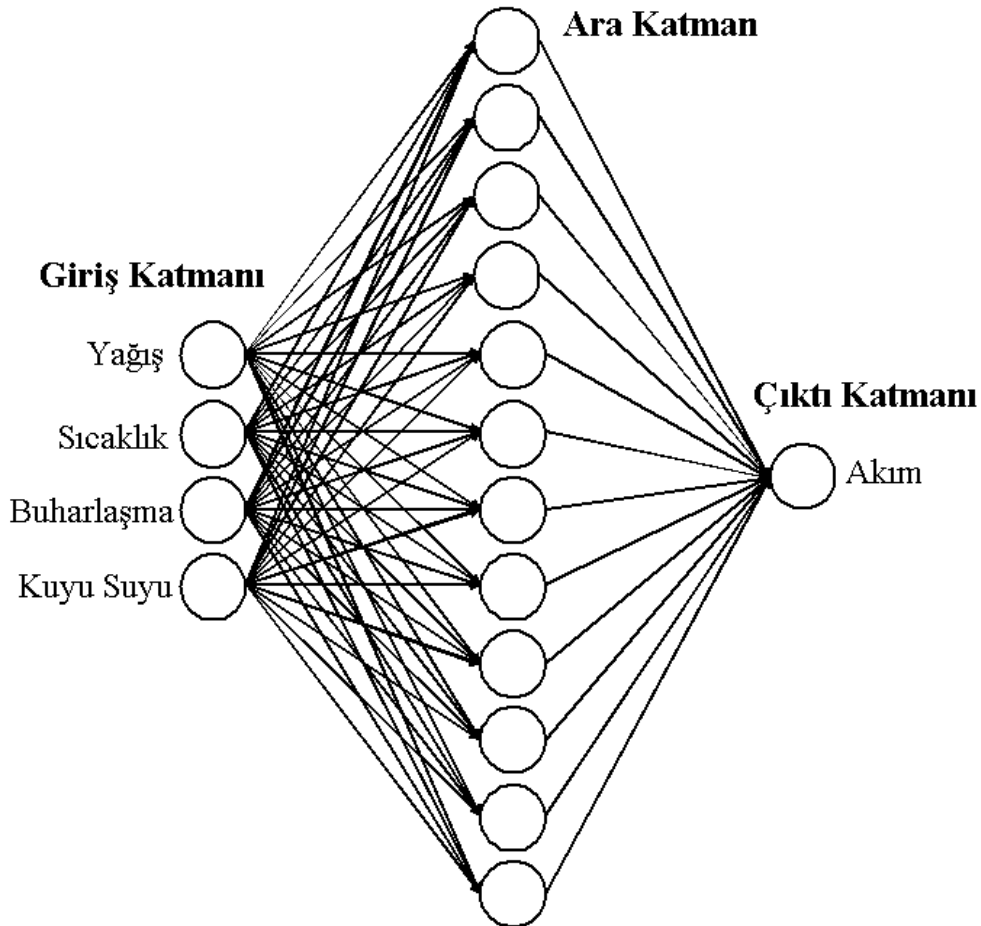
6_5....→ Akım (Nacak Deresi (11007))-Yağış (Serban (07009))-Sıcaklık (Afyonkarahisar (17190))-Buharlaşma (Serban (07009))-Kuyu Seviyesi (Akören (11156)). Yeterli verinin bulunamamasından dolayı bu modellere elde edilememiştir.

Veriler 0-1 arasında olacak şekilde

$$(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min}) \quad (3.1)$$

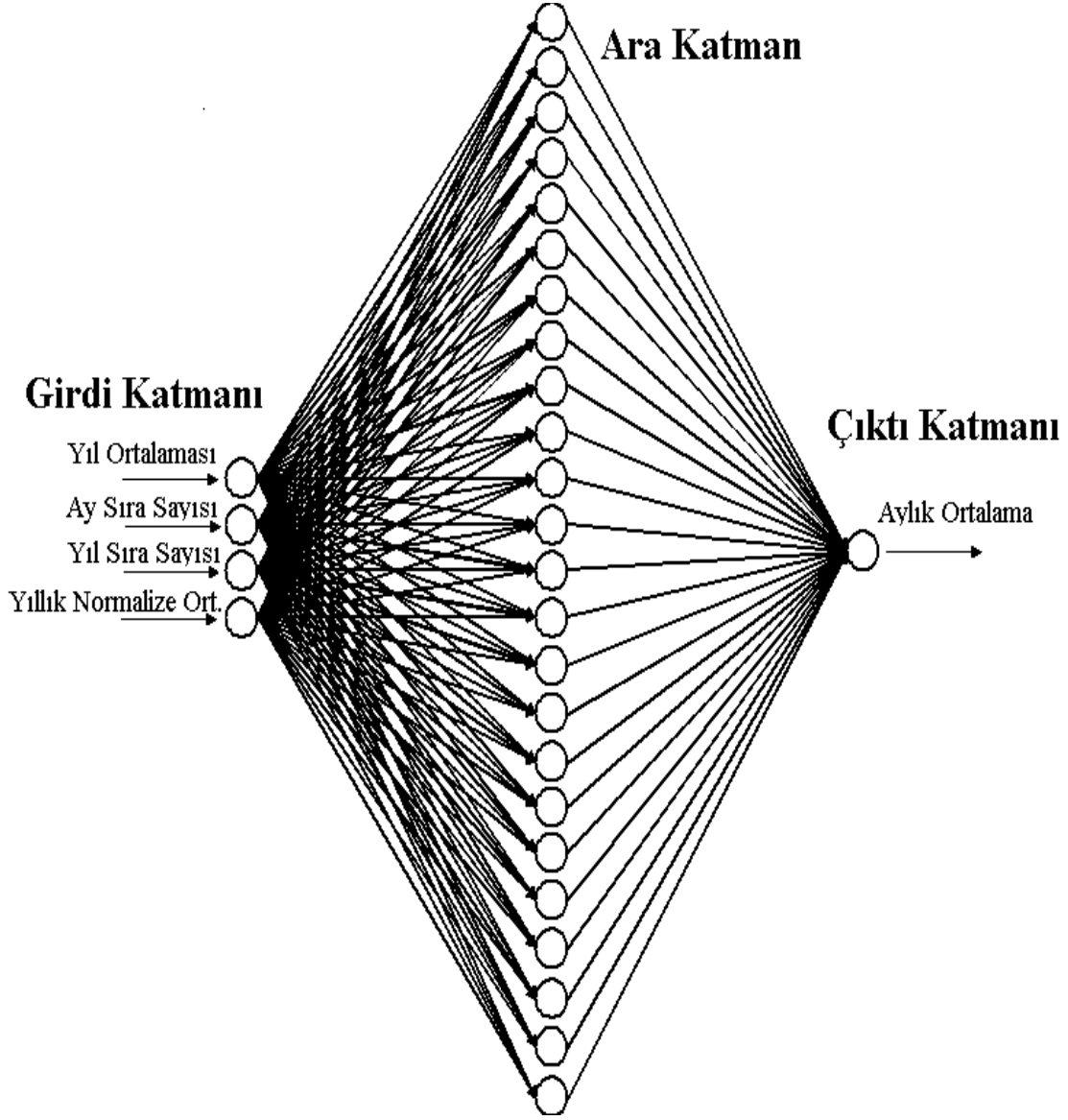
eşitliği ile düzenlenmiştir. Eşitlikte X 0-1 arasında uniformize edilecek gözlem verisi, X_{\min} gözlem dizideki en küçük verisi, X_{\max} gözlem dizideki en büyük verisidir.

Eğitici öğrenen YSA modeli kullanılmıştır. Eğitici olarak debi ve diğer hidrolojik ve meteorolojik değişkenlerine aittir. YSA modeli için nöron adedi ise ilk kombinasyon için birer artırılarak 1 den 12 ye kadar olmak üzere 12 nörona sahiptir.



Şekil 3.4 Ara katman sayısı 12 olan YSA ağ yapısı

YSA modeli için nöron adedi ise ilk kombinasyon için birer artırılarak 3 den 24'e kadar olmak üzere 24 nörona sahiptir.



Şekil 3.5 Ara katman sayısı 24 olan YSA ağ yapısı

YSA yapısı giriş, ara ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmanlı seçilmiştir. Şekil 3.4 görüldüğü üzere ilk konbinasyona ait 12 nöronlu ara katman yanı sıra giriş katmanında bulunan girdiler yani bağımsız değişkenler yağış, sıcaklık, buharlaşma ve kuyu suyudur. Çıkış katmanı da bağımlı değişken akımdır. Şekil 3.5 görünen ise 24 ara katmanalı konbinasyonda giriş katmanında bulunan girdiler yani bağımsız değişkenler yıl ortalaması, ay sıra sayısı, yıl sıra sayısı ve yıllık normalize ortalamadır. Çıkış katmanı ise aylık ortalamadır. Lamda ve momentum oranları 0,1 artımda 0,1 den 0,9'a kadar artırılarak hesaplama yapılmıştır. Çekirdek fonksiyonu olarak sigmoid kullanılmış hesaplamalar için en fazla döngü sayısı ilk kombinasyon için 25000, ikinci yani ara katmanı 24 olan kombinasyon için ise 15000 verilmiştir. Seçim ve durdurma kriterleri olarak MAE'den farklı olarak ADUE (Birim hatanın mutlak farkı), NSE (Nash-Sutcliffe), r (Korelasyon), TEH (Toplam eğitim hatası) ve TTH (Toplam tahmin hatası) seçim kriterleri de kullanmıştır.

Program MAE'nin azalma göstermediği 5 işlem adımı sonunda durdurulmuştur. Elde edilen sonuçlar içinde en küçük MAE, ADUE, NSE, TEH, TTH ve en büyük r kriterlerinin olduğu ağ yapıları belirlenmiştir.

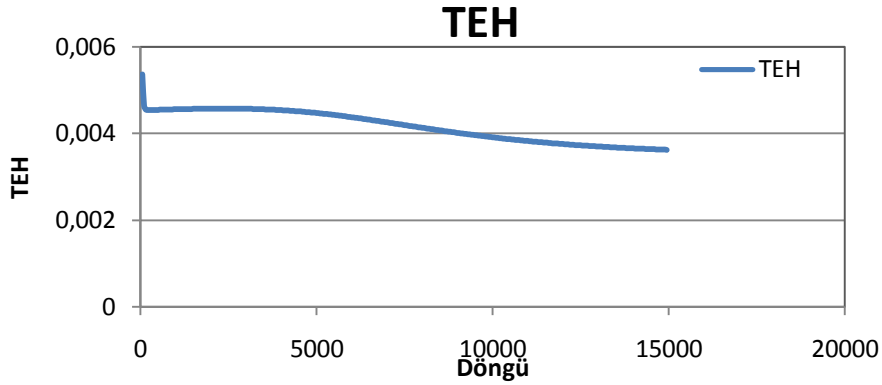
YSA modellerine ulaşmak için kullanılan eğitim adeti 24 tanedir. Regresyon modeli içinde 23 veri kullanılmıştır. Tahmin edilen değerler 12 aylıktır. YSA modellerine ulaşmak için ticari olmayan paket programından yararlanılmıştır. Bu veriler istatistiksel program olan SPSS 11 de işlenmiştir.

4. BULGULAR

Verilerin derlenip paket programda işlendikten sonra elde edilen şekiller bu bölümde görülmektedir.

4.1 YSA Model Bulguları

Model hesaplamaların hata grafiklerinden bir tanesi örnek olarak Şekil 4.1 de verilmiştir. Burada programın en az hatada durdurma kriteri ise toplam eğitim hatasıdır. Programı diğer bir durdurma kriteri ise döngü âdetidir. Şekil 4.1 de 5. Akım istasyonuna ait modelin toplam eğitim hatası durdurma kriterine göre durdurulmasıdır.



Şekil 4.1 5_2 TEH (Toplam Eğitim Hatası)

YSA da ilk kombine de 23 ayrı veri modeline ikinci kombine de 48 ayrı veri modeline ulaşılmıştır. YSA için toplam ayrı veri model sayısı 71 tanedir. Her iki ayrı kombine için 6 durdurma kriterinden dolayı, 23 ayrı veri modelin her birinden 6 tane, 48 ayrı veri modelin her birinden 6 adet model elde edilmiştir. Dolayısıyla ilk kombinasyon yani 12 ara katmanlı toplam YSA model sayısı 138 tanedir. İkinci kombinasyon yani 24 tane ara katmana sahip YSA model sayısı 288 tanedir. Her iki kombinelerin toplamı olan yani çalışmamda elde edilen toplam 426 YSA modeline ulaşılmıştır. Bu YSA modeli içinde her bir akım istasyonu içinden en iyi sonuç verenler Şekil 4.2 den başlayıp Şekil 4.13 kadar olan şekillerde görülmektedir. YSA hesaplarında bulunan model parametreleri Tablo 4.1 de ve Tablo 4.2 de verilmiştir.

Çizelgedeki koyu renkli değerler seçilen modellere aittir.

Çizelge 4.1 Ara katmanı 12 olan YSA hesaplarında bulunan model parametreleri

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
1_2 ADUE	11	0.1	0.6	14550
1_2 MAE	2	0.1	0.1	22700
1_2 NSE	2	0.1	0.1	21850
1_2 r	2	0.7	0.9	50
1_2 TEH	2	0.7	0.9	50
1_2 TTH	9	0.6	0.4	10050
1_3 ADUE	6	0.2	0.1	5350
1_3 MAE	2	0.1	0.1	23600
1_3 NSE	2	0.1	0.1	22750
1_3 r	11	0.5	0.7	2050
1_3 TEH	2	0.7	0.9	50
1_3 TTH	5	0.9	0.9	1300
1_4 ADUE	10	0.4	0.9	100
1_4 MAE	8	0.4	0.9	50
1_4 NSE	9	0.3	0.8	150
1_4 r	4	0.4	0.9	3500
1_4 TEH	2	0.4	0.8	4450
1_4 TTH	10	0.4	0.9	100
1_5 ADUE	3	0.9	0.9	50
1_5 MAE	7	0.9	0.9	100
1_5 NSE	1	0.2	0.5	150
1_5 r	1	0.9	0.8	5850
1_5 TEH	3	0.4	0.4	4850
1_5 TTH	4	0.7	0.9	50
2_2 ADUE	12	0.9	0.2	150
2_2 MAE	12	0.4	0.9	300
2_2 NSE	10	0.4	0.9	150
2_2 r	4	0.8	0.9	350
2_2 TEH	12	0.3	0.9	350
2_2 TTH	10	0.4	0.9	150
2_3 ADUE	2	0.7	0.7	50
2_3 MAE	6	0.5	0.9	100
2_3 NSE	11	0.9	0.9	2250
2_3 r	2	0.9	0.9	100
2_3 TEH	12	0.7	0.8	250
2_3 TTH	6	0.5	0.9	100

Çizelge 4.1 (devamı)

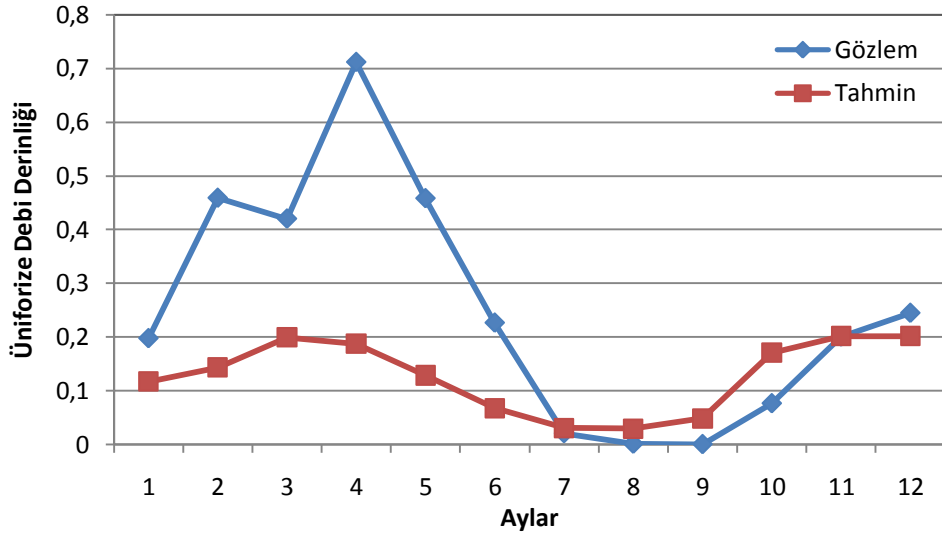
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
2_4 ADUE	2	0.3	0.9	1450
2_4 MAE	8	0.5	0.9	200
2_4 NSE	11	0.9	0.9	50
2_4 r	2	0.3	0.9	1450
2_4 TEH	2	0.3	0.9	1450
2_4 TTH	12	0.3	0.9	100
2_5 ADUE	3	0.3	0.9	750
2_5 MAE	2	0.9	0.9	50
2_5 NSE	9	0.5	0.3	6150
2_5 r	9	0.5	0.4	6850
2_5 TEH	3	0.3	0.9	750
2_5 TTH	2	0.9	0.9	50
3_2 ADUE	4	0.9	0.9	50
3_2 MAE	8	0.9	0.9	250
3_2 NSE	9	0.4	0.9	150
3_2 r	4	0.9	0.9	50
3_2 TEH	4	0.9	0.9	50
3_2 TTH	4	0.9	0.9	50
3_3 ADUE	5	0.7	0.9	50
3_3 MAE	12	0.9	0.9	7750
3_3 NSE	5	0.3	0.9	100
3_3 r	10	0.6	0.9	50
3_3 TEH	5	0.7	0.9	50
3_3 TTH	5	0.7	0.9	50
3_4 ADUE	12	0.1	0.1	50
3_4 MAE	12	0.9	0.4	3900
3_4 NSE	7	0.4	0.3	400
3_4 r	2	0.3	0.3	50
3_4 TEH	12	0.7	0.9	50
3_4 TTH	8	0.7	0.4	3300
4_2 ADUE	2	0.8	0.9	150
4_2 MAE	6	0.4	0.9	100
4_2 NSE	10	0.3	0.9	200
4_2 r	2	0.9	0.8	2850
4_2 TEH	4	0.4	0.9	50
4_2 TTH	2	0.8	0.9	150

Çizelge 4.1 (devamı)

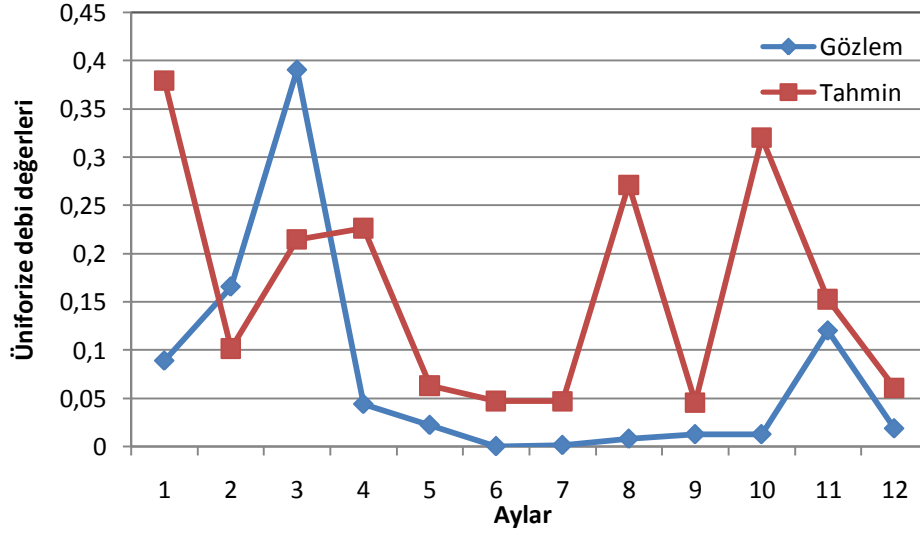
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
4_3 ADUE	2	0.9	0.9	200
4_3 MAE	4	0.5	0.9	100
4_3 NSE	3	0.8	0.9	100
4_3 r	2	0.9	0.8	3500
4_3 TEH	3	0.7	0.9	50
4_3 TTH	2	0.7	0.9	100
4_4 ADUE	4	0.3	0.2	6850
4_4 MAE	10	0.4	0.9	200
4_4 NSE	6	0.4	0.1	500
4_4 r	5	0.9	0.9	1350
4_4 TEH	9	0.1	0.9	11150
4_4 TTH	12	0.9	0.8	50
4_5 ADUE	6	0.1	0.1	1600
4_5 MAE	2	0.9	0.9	100
4_5 NSE	6	0.5	0.6	100
4_5 r	2	0.1	0.8	50
4_5 TEH	7	0.7	0.9	50
4_5 TTH	6	0.1	0.1	1600
5_2 ADUE	4	0.4	0.9	50
5_2 MAE	4	0.4	0.9	50
5_2 NSE	4	0.1	0.4	3250
5_2 r	10	0.7	0.9	150
5_2 TEH	2	0.6	0.9	50
5_2 TTH	2	0.8	0.9	100
5_3 ADUE	9	0.6	0.1	5850
5_3 MAE	11	0.9	0.3	6450
5_3 NSE	9	0.1	0.2	750
5_3 r	11	0.9	0.3	6450
5_3 TEH	10	0.3	0.9	50
5_3 TTH	11	0.9	0.3	6450
5_4 ADUE	2	0.1	0.9	2650
5_4 MAE	12	0.8	0.9	50
5_4 NSE	3	0.4	0.4	350
5_4 r	4	0.3	0.9	1100
5_4 TEH	2	0.1	0.9	2650
5_4 TTH	3	0.8	0.9	800

Çizelge 4.1 (devamı)

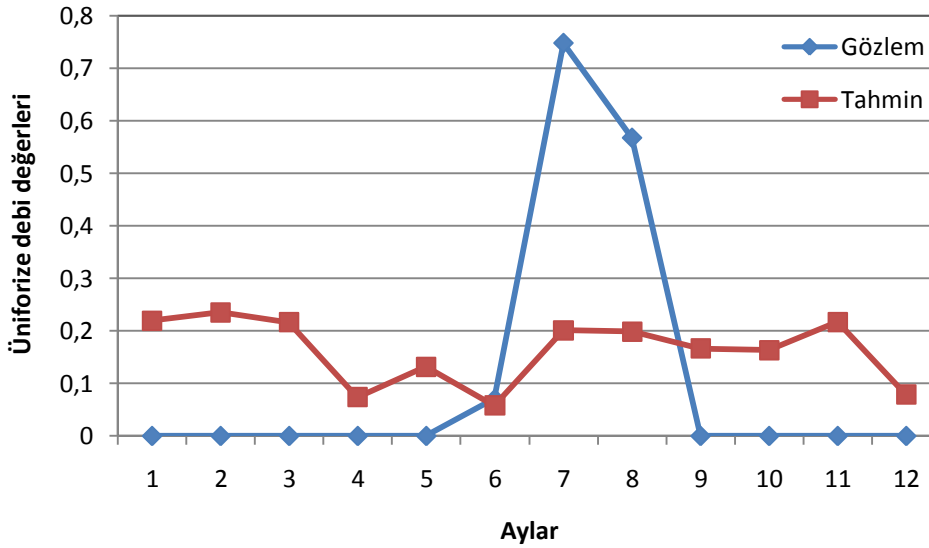
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
5_5 ADUE	2	0.8	0.9	200
5_5 MAE	9	0.5	0.9	150
5_5 NSE	1	0.5	0.6	50
5_5 r	2	0.5	0.9	50
5_5 TEH	2	0.5	0.9	50
5_5 TTH	2	0.8	0.9	200
6_2 ADUE	2	0.1	0.6	600
6_2 MAE	12	0.8	0.4	3800
6_2 NSE	4	0.7	0.1	50
6_2 r	4	0.8	0.9	100
6_2 TEH	6	0.7	0.9	200
6_2 TTH	12	0.9	0.3	2850
6_3 ADUE	9	0.2	0.3	150
6_3 MAE	12	0.8	0.3	3700
6_3 NSE	2	0.4	0.4	100
6_3 r	2	0.9	0.9	200
6_3 TEH	6	0.7	0.9	200
6_3 TTH	6	0.5	0.9	50
6_4 ADUE	9	0.5	0.3	150
6_4 MAE	4	0.9	0.9	150
6_4 NSE	11	0.3	0.9	50
6_4 r	2	0.1	0.5	50
6_4 TEH	10	0.1	0.2	1150
6_4 TTH	4	0.9	0.9	150
6_5 ADUE	10	0.1	0.3	100
6_5 MAE	6	0.7	0.9	100
6_5 NSE	2	0.1	0.8	50
6_5 r	2	0.1	0.5	50
6_5 TEH	11	0.1	0.1	800
6_5 TTH	6	0.7	0.9	100



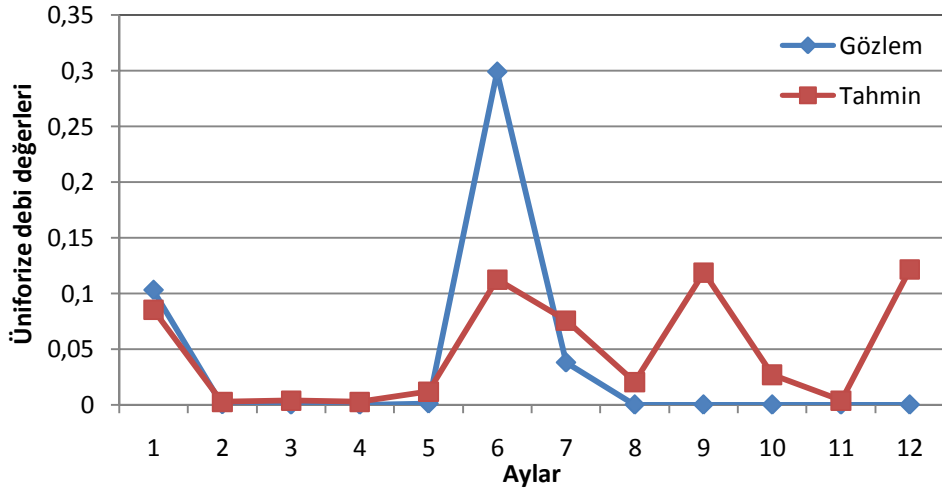
Şekil 4.2 1_2 MAE kriterine göre seçilen model



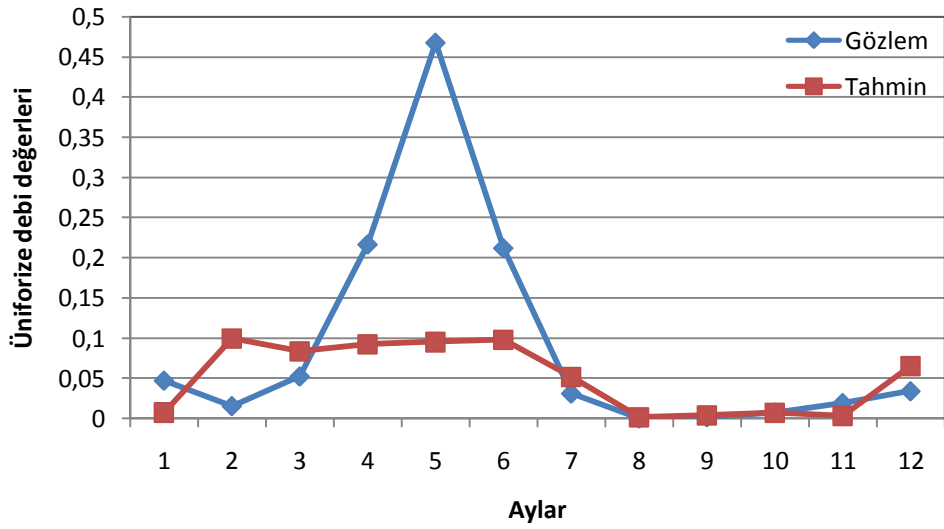
Şekil 4.3 2_3 ADUE kriterine göre seçilen model



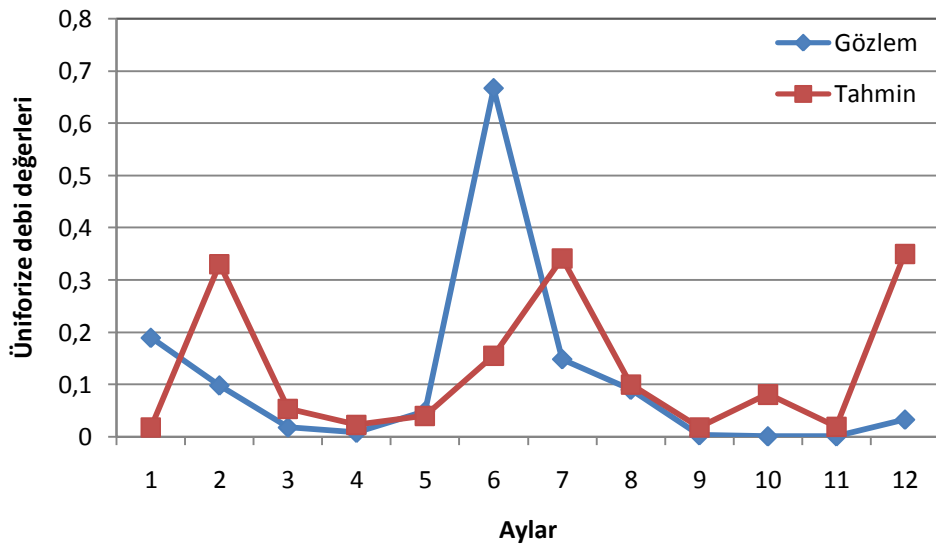
Şekil 4.4 3_3 ADUE kriterine göre seçilen model



Şekil 4.5 4_4 ADUE kriterine göre seçilen model



Şekil 4.6 5_3 MAE kriterine göre seçilen model



Şekil 4.7 6_4 MAE kriterine göre seçilen model

Çizelgedeki koyu renkli değerler seçilen modellere aittir.

Çizelge 4.2 Ara katmanı 24 olan YSA hesaplarında bulunan model parametreleri

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
3_ANOANO ADUE	12	0.80	0.50	350
3_ANOANO MAE	11	0.90	0.80	50
3_ANOANO NSE	5	0.20	0.60	250
3_ANOANO r	9	0.10	0.80	100
3_ANOANO TEH	6	0.90	0.90	550
3_ANOANO TTH	12	0.90	0.50	1550
3_AOAO ADUE	3	0.50	0.90	7150
3_AOAO MAE	4	0.10	0.80	6750
3_AOAO NSE	5	0.80	0.70	6950
3_AOAO r	7	0.50	0.90	800
3_AOAO TEH	4	0.40	0.90	100
3_AOAO TTH	3	0.50	0.90	7150
3_YOANOANO ADUE	9	0.90	0.50	100
3_YOANOANO MAE	11	0.60	0.70	50
3_YOANOANO NSE	4	0.10	0.30	200
3_YOANOANO r	11	0.90	0.20	50
3_YOANOANO TEH	4	0.90	0.90	500
3_YOANOANO TTH	12	0.90	0.50	1600
3_YOAOAO ADUE	3	0.80	0.90	3650
3_YOAOAO MAE	3	0.70	0.60	3100
3_YOAOAO NSE	4	0.80	0.70	3450
3_YOAOAO r	10	0.70	0.90	150
3_YOAOAO TEH	7	0.70	0.90	850
3_YOAOAO TTH	3	0.80	0.90	3650
3_YOASAO ADUE	5	0.90	0.70	5400
3_YOASAO MAE	4	0.10	0.70	850
3_YOASAO NSE	8	0.60	0.80	200
3_YOASAO r	9	0.80	0.90	6150
3_YOASAO TEH	7	0.20	0.90	8800
3_YOASAO TTH	5	0.90	0.70	5400
3_YSANOANO ADUE	9	0.90	0.50	100
3_YSANOANO MAE	11	0.60	0.70	50
3_YSANOANO NSE	4	0.10	0.30	200
3_YSANOANO r	11	0.90	0.20	50
3_YSANOANO TEH	4	0.90	0.90	500
3_YSANOANO TTH	12	0.90	0.50	1600

Çizelge 4.2 (devamı)

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
3_YSAOAO ADUE	3	0.80	0.90	3650
3_YSAOAO MAE	3	0.70	0.60	3100
3_YSAOAO NSE	4	0.80	0.70	3450
3_YSAOAO r	10	0.70	0.90	150
3_YSAOAO TEH	7	0.70	0.90	850
3_YSAOAO TTH	3	0.80	0.90	3650
3_YSASAO ADUE	5	0.90	0.70	5400
3_YSASAO MAE	4	0.10	0.70	850
3_YSASAO NSE	8	0.60	0.80	200
3_YSASAO r	9	0.80	0.90	6150
3_YSASAO TEH	7	0.20	0.90	8800
3_YSASAO TTH	5	0.90	0.70	5400
4_ANOANO ADUE	12	0.80	0.50	150
4_ANOANO MAE	11	0.90	0.10	150
4_ANOANO NSE	9	0.10	0.10	500
4_ANOANO r	3	0.90	0.80	150
4_ANOANO TEH	4	0.90	0.90	150
4_ANOANO TTH	11	0.10	0.90	450
4_AOAO ADUE	11	0.90	0.90	6000
4_AOAO MAE	12	0.90	0.30	14750
4_AOAO NSE	5	0.20	0.80	1400
4_AOAO r	3	0.80	0.90	5250
4_AOAO TEH	5	0.20	0.90	9500
4_AOAO TTH	3	0.80	0.90	5250
4_YOANOANO ADUE	4	0.70	0.90	150
4_YOANOANO MAE	11	0.90	0.20	200
4_YOANOANO NSE	6	0.10	0.10	50
4_YOANOANO r	8	0.90	0.90	50
4_YOANOANO TEH	3	0.90	0.90	150
4_YOANOANO TTH	7	0.10	0.10	800
4_YOAOAO ADUE	11	0.90	0.30	14300
4_YOAOAO MAE	11	0.90	0.20	15000
4_YOAOAO NSE	6	0.40	0.40	250
4_YOAOAO r	3	0.90	0.90	5050
4_YOAOAO TEH	6	0.20	0.90	10700
4_YOAOAO TTH	3	0.90	0.70	5500

Çizelge 4.2 (devamı)

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
4_YOASAO ADUE	3	0.90	0.90	1150
4_YOASAO MAE	3	0.90	0.90	1150
4_YOASAO NSE	5	0.90	0.40	250
4_YOASAO r	3	0.90	0.90	1200
4_YOASAO TEH	12	0.20	0.90	4450
4_YOASAO TTH	12	0.20	0.90	4350
4_YSANOANO ADUE	4	0.70	0.90	150
4_YSANOANO MAE	11	0.90	0.20	200
4_YSANOANO NSE	6	0.10	0.10	50
4_YSANOANO r	8	0.90	0.90	50
4_YSANOANO TEH	3	0.90	0.90	150
4_YSANOANO TTH	7	0.10	0.10	800
4_YSAOAO ADUE	11	0.90	0.30	14300
4_YSAOAO MAE	11	0.90	0.20	1500
4_YSAOAO NSE	6	0.40	0.40	250
4_YSAOAO r	4	0.60	0.90	100
4_YSAOAO TEH	6	0.20	0.90	10700
4_YSAOAO TTH	3	0.10	0.10	5650
4_YSASAO ADUE	3	0.90	0.90	1150
4_YSASAO MAE	3	0.90	0.90	1150
4_YSASAO NSE	3	0.10	0.10	4000
4_YSASAO r	3	0.90	0.90	1200
4_YSASAO TEH	12	0.20	0.90	4450
4_YSASAO TTH	12	0.20	0.90	4350
5_ANOANO ADUE	11	0.90	0.80	50
5_ANOANO MAE	3	0.90	0.80	200
5_ANOANO NSE	4	0.10	0.20	250
5_ANOANO r	6	0.90	0.90	50
5_ANOANO TEH	4	0.30	0.10	250
5_ANOANO TTH	11	0.90	0.80	50
5_AOAO ADUE	8	0.60	0.90	100
5_AOAO MAE	4	0.90	0.80	3850
5_AOAO NSE	4	0.50	0.60	150
5_AOAO r	7	0.50	0.30	900
5_AOAO TEH	10	0.40	0.90	50
5_AOAO TTH	4	0.90	0.80	3850

Çizelge 4.2 (devamı)

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
5_YOANOANO ADUE	12	0.60	0.80	50
5_YOANOANO MAE	12	0.60	0.80	50
5_YOANOANO NSE	5	0.60	0.90	150
5_YOANOANO r	3	0.90	0.90	50
5_YOANOANO TEH	4	0.30	0.10	250
5_YOANOANO TTH	12	0.60	0.80	50
5_YOAOAO ADUE	9	0.70	0.80	1400
5_YOAOAO MAE	4	0.90	0.80	3950
5_YOAOAO NSE	7	0.30	0.70	50
5_YOAOAO r	11	0.90	0.30	150
5_YOAOAO TEH	10	0.40	0.90	50
5_YOAOAO TTH	4	0.90	0.80	3950
5_YOASAO ADUE	5	0.80	0.80	3150
5_YOASAO MAE	11	0.60	0.80	1050
5_YOASAO NSE	12	0.50	0.10	4750
5_YOASAO r	3	0.90	0.90	2500
5_YOASAO TEH	3	0.10	0.90	9200
5_YOASAO TTH	7	0.10	0.90	11300
5_YSANOANO ADUE	12	0.60	0.80	50
5_YSANOANO MAE	12	0.60	0.80	50
5_YSANOANO NSE	5	0.60	0.90	150
5_YSANOANO r	3	0.90	0.90	50
5_YSANOANO TEH	4	0.30	0.10	250
5_YSANOANO TTH	12	0.60	0.80	50
5_YSAOAO ADUE	9	0.70	0.80	1400
5_YSAOAO MAE	4	0.90	0.80	3950
5_YSAOAO NSE	7	0.30	0.70	50
5_YSAOAO r	11	0.90	0.30	150
5_YSAOAO TEH	10	0.40	0.90	50
5_YSAOAO TTH	4	0.90	0.80	3950
5_YSASAO ADUE	5	0.80	0.80	3150
5_YSASAO MAE	11	0.60	0.80	1050
5_YSASAO NSE	12	0.50	0.10	4750
5_YSASAO r	3	0.90	0.90	2500
5_YSASAO TEH	3	0.10	0.90	8450
5_YSASAO TTH	7	0.10	0.90	11300

Çizelge 4.2 (devamı)

Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
7_ANOANO ADUE	12	0.10	0.40	2600
7_ANOANO MAE	3	0.20	0.20	500
7_ANOANO NSE	7	0.10	0.60	350
7_ANOANO r	3	0.10	0.10	300
7_ANOANO TEH	6	0.10	0.90	50
7_ANOANO TTH	11	0.60	0.90	50
7_AOAO ADUE	6	0.90	0.90	1300
7_AOAO MAE	10	0.70	0.20	10750
7_AOAO NSE	8	0.20	0.80	2850
7_AOAO r	6	0.60	0.90	450
7_AOAO TEH	11	0.90	0.50	4500
7_AOAO TTH	4	0.70	0.10	9000
7_YOANOANO ADUE	6	0.10	0.40	1500
7_YOANOANO MAE	5	0.10	0.10	250
7_YOANOANO NSE	4	0.30	0.30	100
7_YOANOANO r	4	0.10	0.10	50
7_YOANOANO TEH	3	0.10	0.10	400
7_YOANOANO TTH	12	0.80	0.80	50
7_YOAOAO ADUE	7	0.90	0.90	1350
7_YOAOAO MAE	10	0.70	0.20	10850
7_YOAOAO NSE	6	0.20	0.70	3900
7_YOAOAO r	8	0.70	0.90	450
7_YOAOAO TEH	12	0.90	0.20	5450
7_YOAOAO TTH	4	0.80	0.10	8050
7_YOASAO ADUE	7	0.40	0.90	1750
7_YOASAO MAE	6	0.40	0.90	2200
7_YOASAO NSE	9	0.50	0.90	650
7_YOASAO r	11	0.40	0.90	2200
7_YOASAO TEH	3	0.90	0.70	2150
7_YOASAO TTH	6	0.40	0.90	2000
7_YSANOANO ADUE	6	0.10	0.40	1500
7_YSANOANO MAE	5	0.10	0.10	250
7_YSANOANO NSE	4	0.30	0.30	100
7_YSANOANO r	12	0.20	0.40	50
7_YSANOANO TEH	3	0.10	0.10	400
7_YSANOANO TTH	12	0.80	0.80	50

Çizelge 4.2 (devamı)

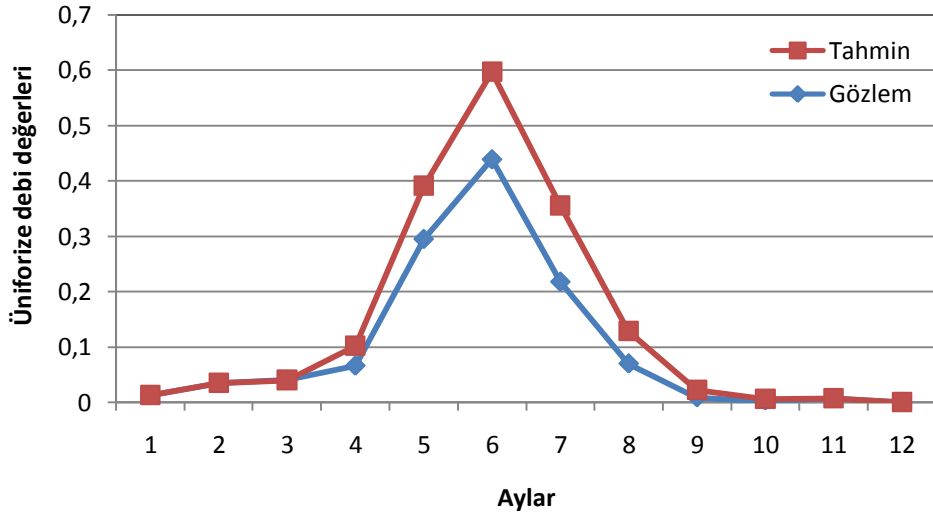
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
7_YSAOAO ADUE	7	0.90	0.90	1350
7_YSAOAO MAE	10	0.70	0.20	10850
7_YSAOAO NSE	6	0.20	0.70	3900
7_YSAOAO r	8	0.70	0.90	5250
7_YSAOAO TEH	12	0.90	0.20	5450
7_YSAOAO TTH	4	0.70	0.10	9150
7_YASAO ADUE	7	0.40	0.90	1750
7_YASAO MAE	6	0.40	0.90	2200
7_YASAO NSE	9	0.50	0.90	650
7_YASAO r	11	0.40	0.90	2200
7_YASAO TEH	3	0.90	0.70	2150
7_YASAO TTH	6	0.40	0.90	2000
8_ANOANO ADUE	12	0.40	0.30	6800
8_ANOANO MAE	7	0.80	0.30	9950
8_ANOANO NSE	11	0.30	0.20	50
8_ANOANO r	8	0.10	0.90	6350
8_ANOANO TEH	8	0.10	0.90	8450
8_ANOANO TTH	7	0.80	0.30	10000
8_AOAO ADUE	6	0.30	0.20	1050
8_AOAO MAE	6	0.80	0.90	250
8_AOAO NSE	9	0.70	0.80	50
8_AOAO r	11	0.20	0.30	550
8_AOAO TEH	11	0.80	0.90	350
8_AOAO TTH	11	0.90	0.90	250
8_YOANOANO ADUE	7	0.30	0.70	7600
8_YOANOANO MAE	5	0.90	0.40	6600
8_YOANOANO NSE	4	0.60	0.90	150
8_YOANOANO r	11	0.10	0.80	12000
8_YOANOANO TEH	11	0.10	0.90	7200
8_YOANOANO TTH	5	0.90	0.40	6650
8_YOAOAO ADUE	12	0.30	0.30	1100
8_YOAOAO MAE	6	0.80	0.90	250
8_YOAOAO NSE	4	0.80	0.90	50
8_YOAOAO r	12	0.50	0.90	50
8_YOAOAO TEH	4	0.10	0.30	3600
8_YOAOAO TTH	12	0.90	0.40	650

Çizelge 4.2 (devamı)

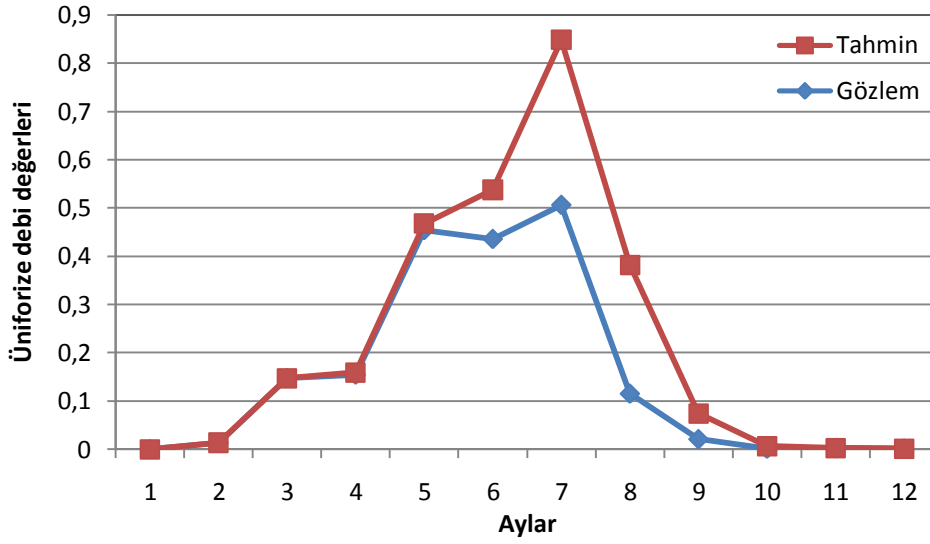
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
8_YOASAO ADUE	12	0.90	0.80	1550
8_YOASAO MAE	10	0.30	0.70	5500
8_YOASAO NSE	9	0.30	0.10	150
8_YOASAO r	3	0.90	0.90	550
8_YOASAO TEH	6	0.30	0.90	3950
8_YOASAO TTH	12	0.90	0.10	6350
8_YSANOANO ADUE	7	0.30	0.70	7600
8_YSANOANO MAE	5	0.90	0.40	6600
8_YSANOANO NSE	4	0.60	0.90	150
8_YSANOANO r	11	0.10	0.80	11900
8_YSANOANO TEH	11	0.10	0.90	7200
8_YSANOANO TTH	5	0.90	0.40	6650
8_YSAOAO ADUE	6	0.10	0.80	850
8_YSAOAO MAE	6	0.80	0.90	250
8_YSAOAO NSE	4	0.80	0.90	50
8_YSAOAO r	8	0.10	0.40	50
8_YSAOAO TEH	4	0.10	0.30	3600
8_YSAOAO TTH	12	0.90	0.40	650
8_YSASAO ADUE	12	0.90	0.80	1550
8_YSASAO MAE	10	0.30	0.70	5500
8_YSASAO NSE	9	0.30	0.10	150
8_YSASAO r	3	0.90	0.90	550
8_YSASAO TEH	6	0.30	0.90	3950
8_YSASAO TTH	12	0.90	0.10	6350
9_ANOANO ADUE	4	0.10	0.10	900
9_ANOANO MAE	9	0.10	0.10	1300
9_ANOANO NSE	6	0.20	0.50	300
9_ANOANO r	9	0.60	0.90	50
9_ANOANO TEH	12	0.30	0.70	1550
9_ANOANO TTH	4	0.10	0.10	900
9_AOAO ADUE	5	0.80	0.20	4000
9_AOAO MAE	7	0.70	0.10	5250
9_AOAO NSE	5	0.40	0.10	850
9_AOAO r	9	0.90	0.50	3600
9_AOAO TEH	7	0.10	0.90	3750
9_AOAO TTH	7	0.10	0.90	3700

Çizelge 4.2 (devamı)

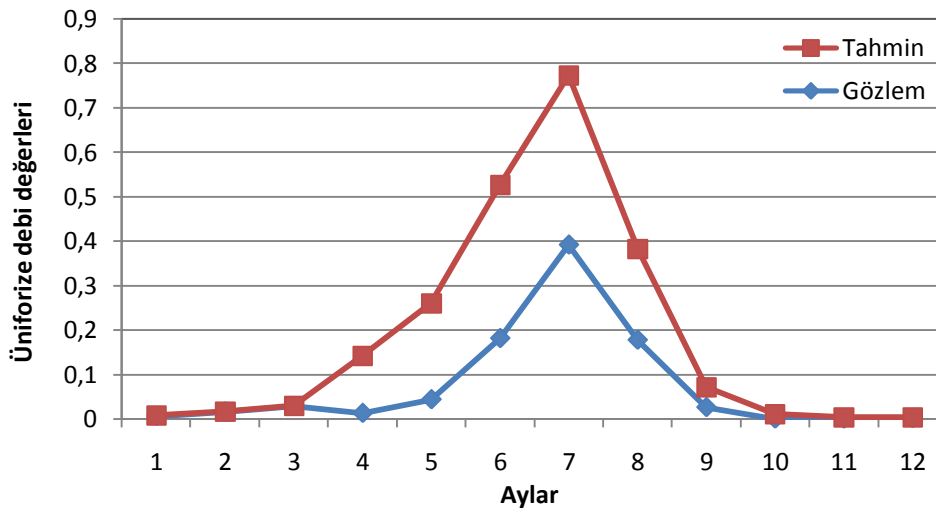
Model	Nöron	Lamda	Momentum	Döngü
9_YOANOANO ADUE	5	0.10	0.10	900
9_YOANOANO MAE	5	0.10	0.10	1050
9_YOANOANO NSE	7	0.50	0.10	400
9_YOANOANO r	3	0.10	0.10	600
9_YOANOANO TEH	12	0.30	0.70	1600
9_YOANOANO TTH	3	0.10	0.10	700
9_YOAOAO ADUE	11	0.60	0.10	4400
9_YOAOAO MAE	9	0.50	0.10	5250
9_YOAOAO NSE	11	0.70	0.90	100
9_YOAOAO r	12	0.10	0.90	1350
9_YOAOAO TEH	3	0.10	0.90	2250
9_YOAOAO TTH	9	0.90	0.90	250
9_YOASAO ADUE	12	0.90	0.10	4500
9_YOASAO MAE	9	0.70	0.10	4300
9_YOASAO NSE	8	0.10	0.40	200
9_YOASAO r	11	0.90	0.10	3900
9_YOASAO TEH	5	0.20	0.90	1600
9_YOASAO TTH	6	0.30	0.90	1250
9_YSANOANO ADUE	5	0.10	0.10	900
9_YSANOANO MAE	5	0.10	0.10	1050
9_YSANOANO NSE	7	0.50	0.10	400
9_YSANOANO r	3	0.10	0.10	500
9_YSANOANO TEH	12	0.70	0.30	1600
9_YSANOANO TTH	3	0.10	0.10	700
9_YSAOAO ADUE	11	0.60	0.10	4400
9_YSAOAO MAE	9	0.50	0.10	5250
9_YSAOAO NSE	11	0.70	0.90	100
9_YSAOAO r	12	0.10	0.90	1350
9_YSAOAO TEH	3	0.10	0.90	2250
9_YSAOAO TTH	9	0.90	0.90	250
9_YSASAO ADUE	12	0.90	0.10	4500
9_YSASAO MAE	9	0.70	0.10	4300
9_YSASAO NSE	8	0.10	0.40	200
9_YSASAO r	11	0.90	0.10	3900
9_YSASAO TEH	5	0.20	0.90	1600
9_YSASAO TTH	6	0.30	0.90	1250



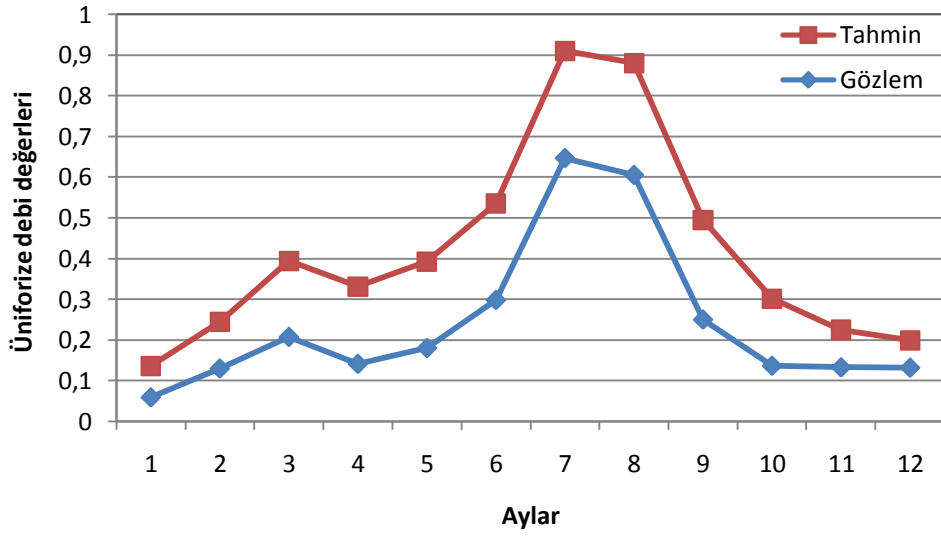
Şekil 4.8 3_YOASAO r kriterine göre seçilen model



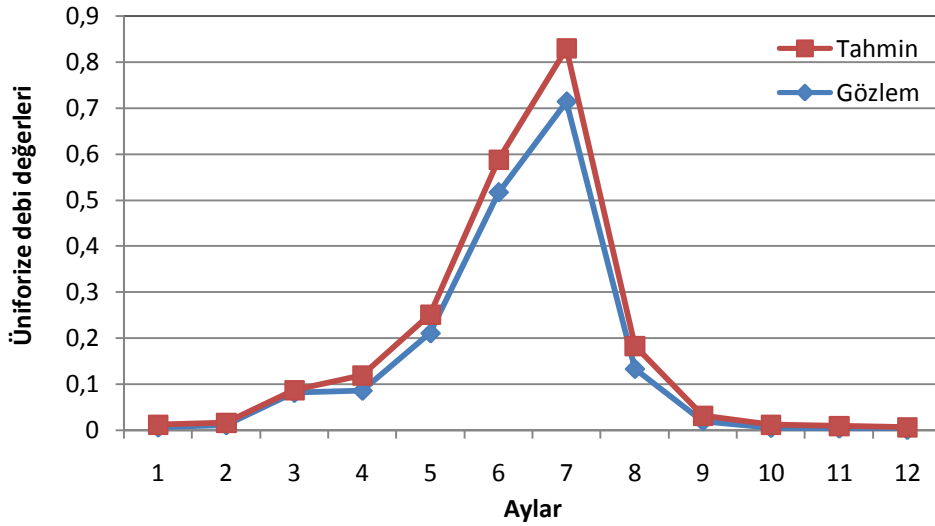
Şekil 4.9 4_YOASAO TEH kriterine göre seçilen model



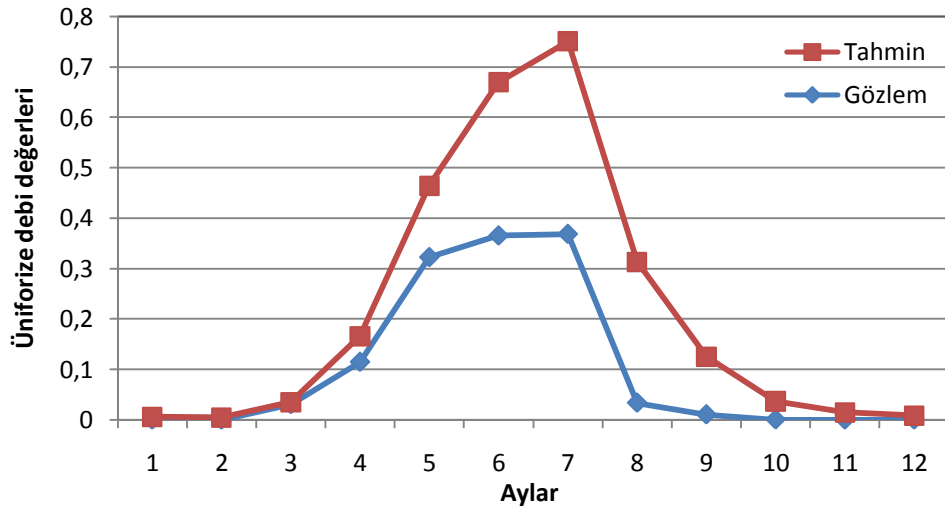
Şekil 4.10 5_YOASAO TTH kriterine göre seçilen model



Şekil 4.11 7_YASAO r kriterine göre seçilen model



Şekil 4.12 8_YOASAO r kriterine göre seçilen model



Şekil 4.13 9_YOASAO TTH kriterine göre seçilen model

4.2 Regresyon Model Bulguları

Regresyon analizle ulaşılan model sayısı ise 23 tane dir. Tüm modeller iç inden her bir akım istasyonundan birer tane seçilmiştir. Seçilenler Şekil 4.14 den Şekil 4.19 kadardır. Regresyon analizinde bulunan modellerin parametreler Tablo 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Regresyon hesaplarında bulunan model parametreleri

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
1	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	1.193	0.026	-	-	-	0.307	20.995	0.000
1	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	2.743	0.017	0.110	-	-	0.432	23.055	0.000
1	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$	5.087	0.024	-0.556	0.027	-	0.685	29.689	0.000
1	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$ $X_4 = \text{Kuyu Derinliği}$	-0.378	0.000	-0.187	0.012	14.322	0.969	151.935	0.000

Çizelge 4.3 (devamı)

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
2	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	1.706	0.113	-	-	-	0.360	62.125	0.000
2	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	5.676	0.086	0.274	-	-	0.447	51.821	0.000
2	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$	12.831	0.037	-1.207	0.051	-	0.626	30.673	0.000
2	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$ $X_4 = \text{Kuyu Derinliği}$	-3.737	-0.032	-0.419	0.027	20.170	0.784	17.959	0.000

Çizelge 4.3 (devamı)

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
3	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	1.702	-0.013	-	-	-	0.139	4.476	0.035
3	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	-0.459	-0.005	0.196	-	-	0.682	97.914	0.000
3	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$	-3.037	0.009	0.032	0.022	-	0.695	38.926	0.000
3	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$ $X_4 = \text{Kuyu Derinliği}$	-0.786	-0.048	-0.927	0.087	0.185	0.989	22.154	0.044

Çizelge 4.3 (devamı)

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
4	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	0.814	0.128	-	-	-	0.429	77.931	0.000
4	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	4.472	0.107	-0.275	-	-	0.520	52.989	0.000
4	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$	11.004	0.087	-1.391	0.057	-	0.689	48.982	0.000
4	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşıma}$ $X_4 = \text{Kuyu Derinliği}$	9.845	0.077	-1.085	0.046	-0.441	0.692	19.015	0.000

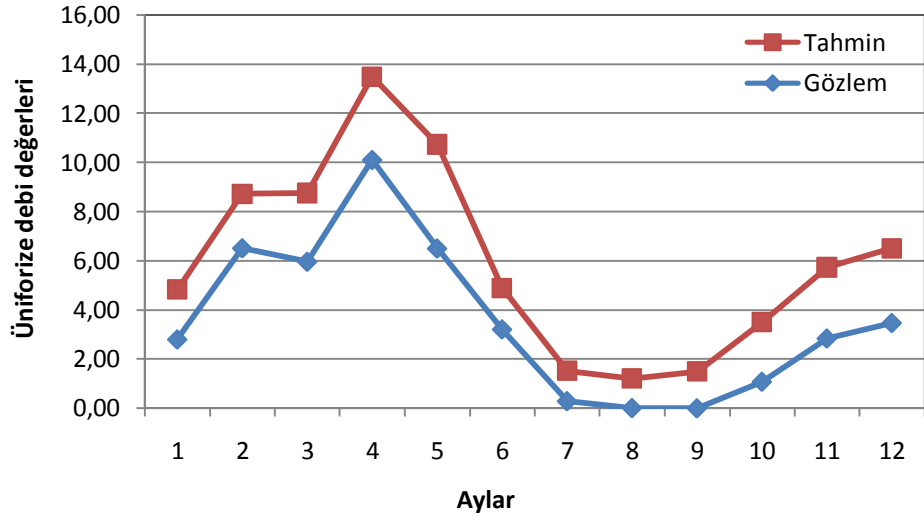
Çizelge 4.3 (devamı)

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
5	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	4.027	0.264	-	-	-	0.352	59.058	0.000
5	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	9.865	0.204	-0.482	-	-	0.422	41.750	0.000
5	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşma}$	17.772	0.091	-1.068	0.023	-	0.402	12.698	0.000
5	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşma}$ $X_4 = \text{Kuyu Derinliği}$	27.487	0.058	-1.411	0.054	-2.727	0.465	7.224	0.000

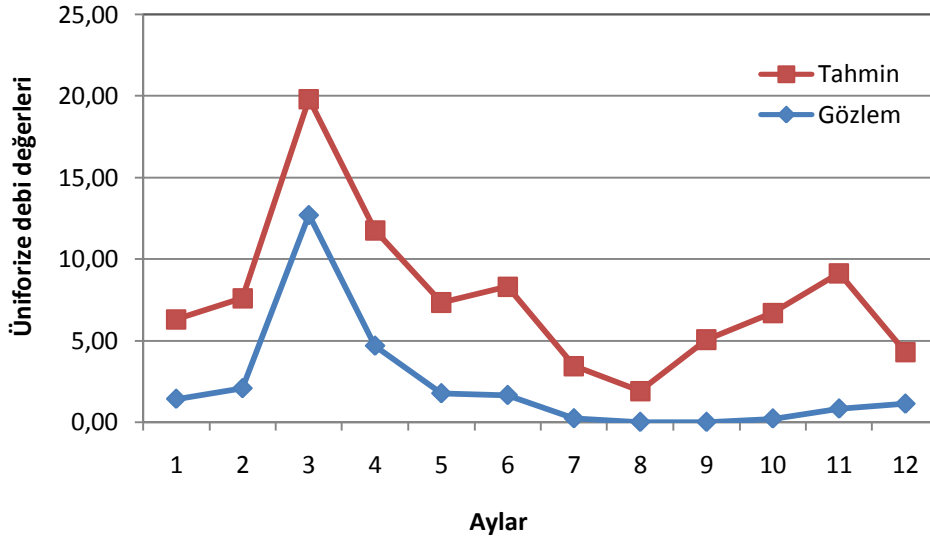
Çizelge 4.3 (devamı)

İST. NO	MODEL	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (y)	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (x)	a	b	c	d	e	r	F	α
6	$y = a + bx_1$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$	1.377	0.046	-	-	-	0.446	50.134	0.000
6	$y = a + bx_1 + cx_2$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$	3.746	0.033	-0.163	-	-	0.542	41.735	0.000
6	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$	Akım	$X_1 = \text{Yağış}$ $X_2 = \text{Sıcaklık}$ $X_3 = \text{Buharlaşma}$	5.987	0.037	-0.637	0.030	-	0.730	25.096	0.000

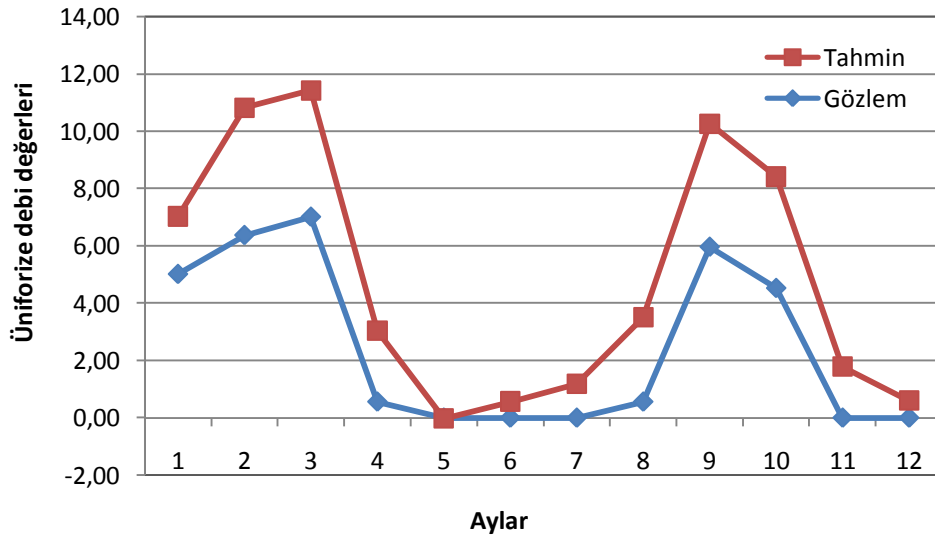
Çizelgede koyu renkli değerler seçilen modellere aittir.



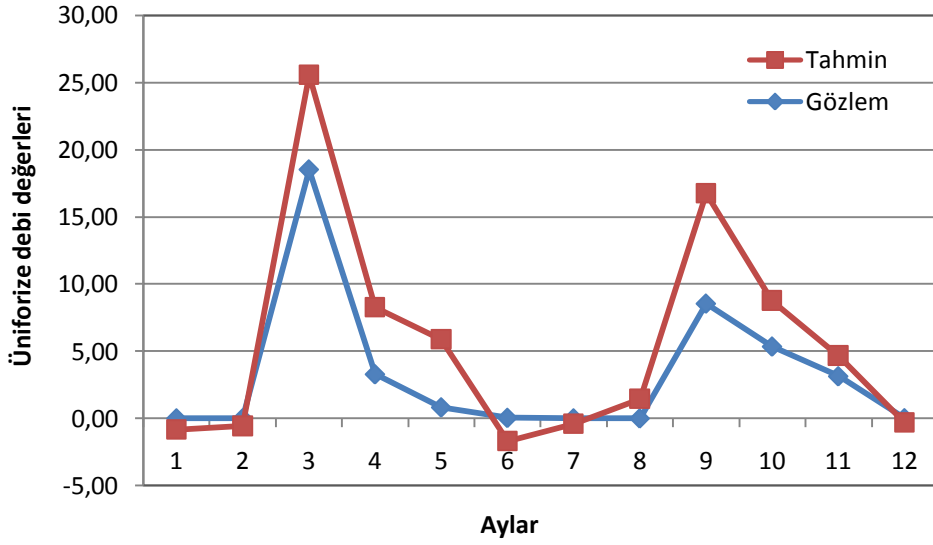
Şekil 4.14 1_2 Akım-yağış regresyon grafiği



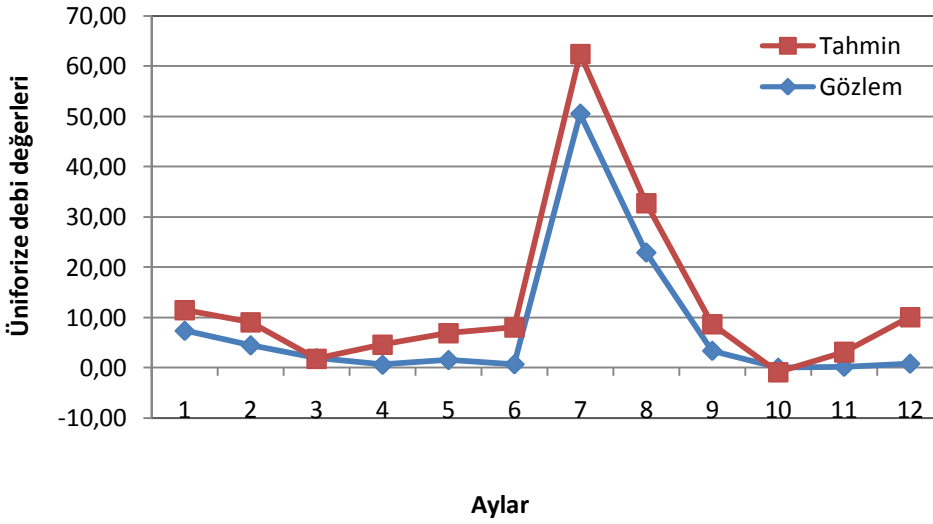
Şekil 4.15 2_2 Akım-yağış regresyon grafiği



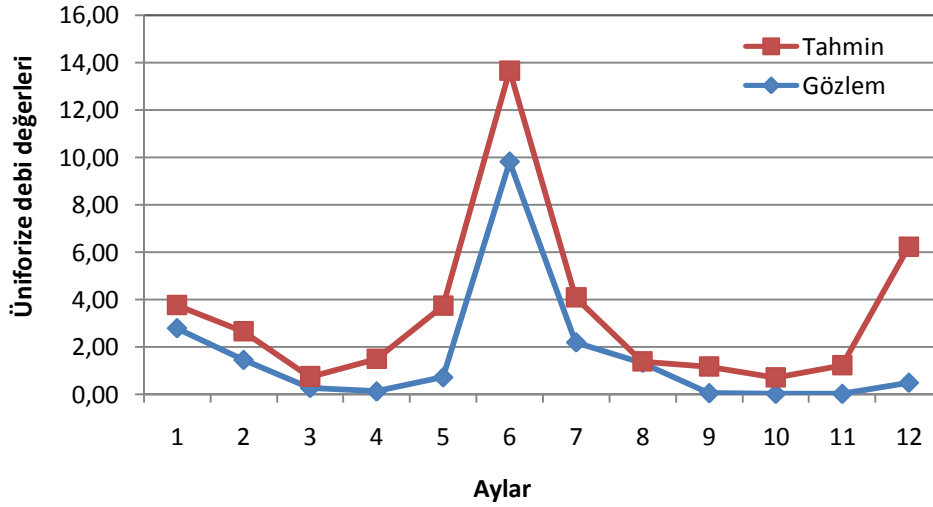
Şekil 4.16 3_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği



Şekil 4.17 4_5 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma-kuyu suyu regresyon grafiği

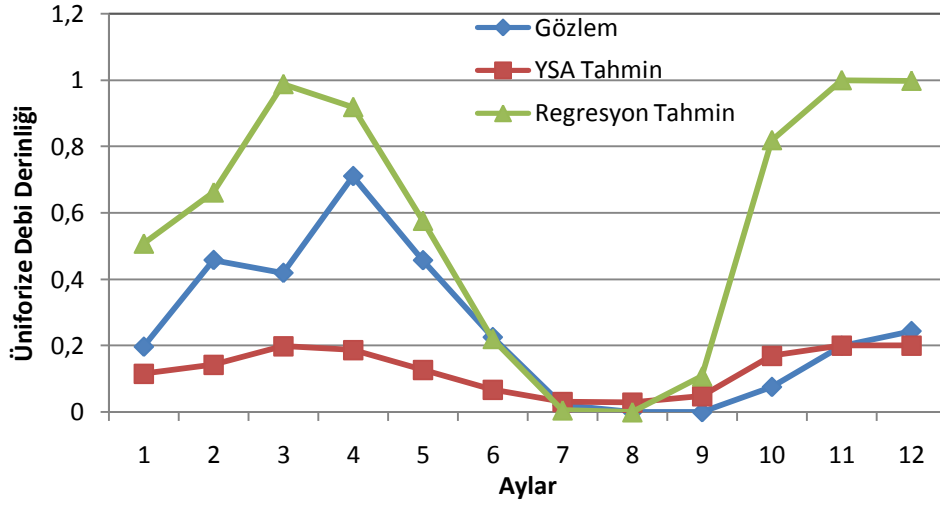


Şekil 4.18 5_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği

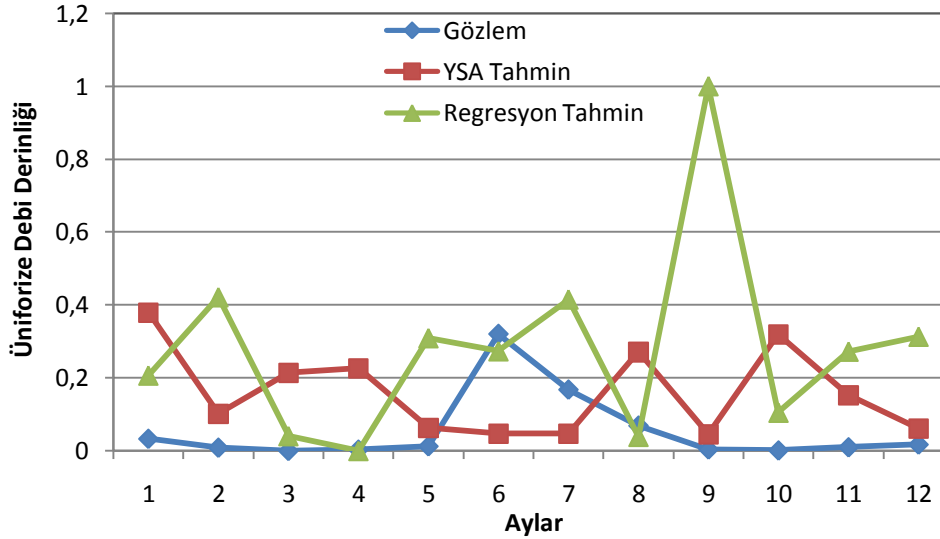


Şekil 4.19 6_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma regresyon grafiği

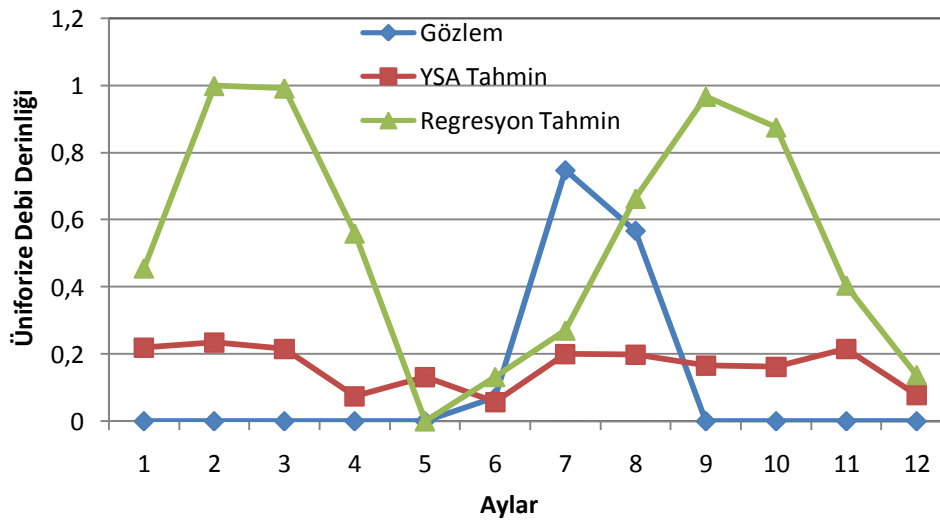
4.3 YSA ve Regresyon Model Bulgularının Değerlendirmesi ve Karşılaştırılması



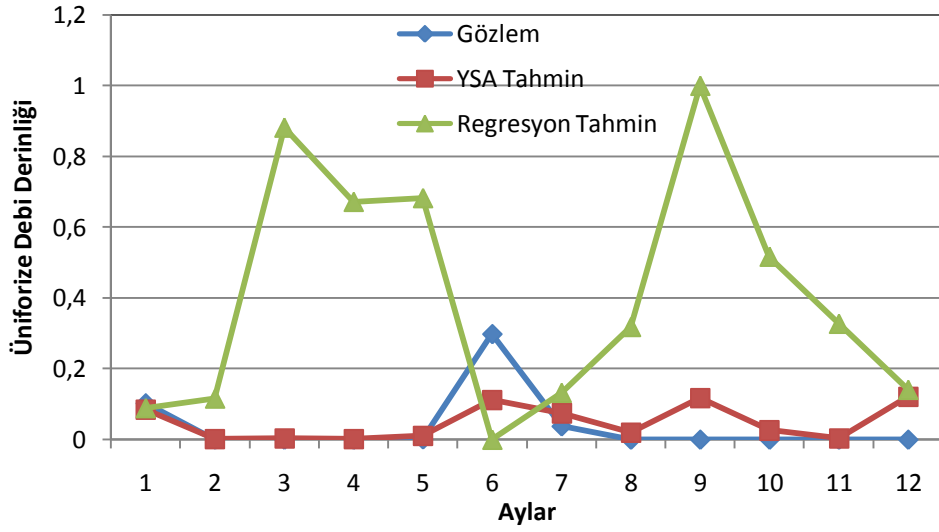
Şekil 4.20 YSA 1_2 MAE ve Regresyon 1_2 akım-yağış modeli



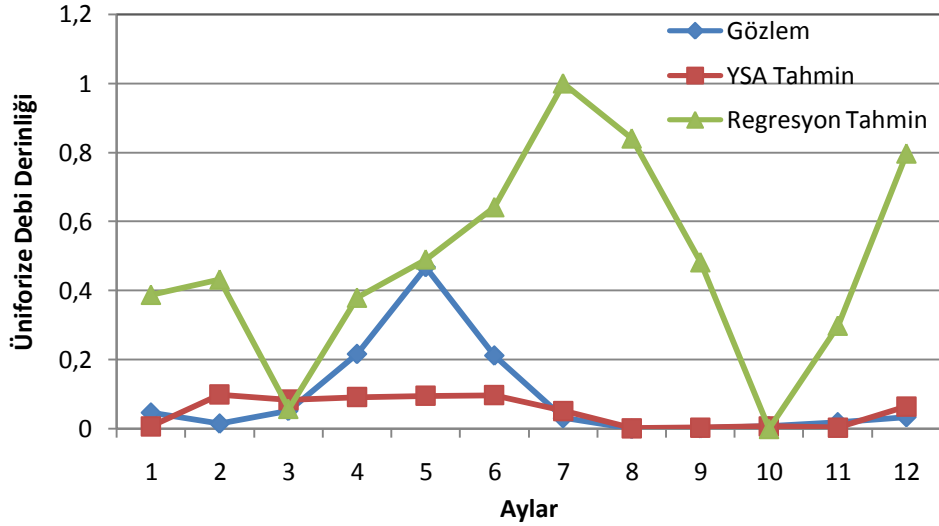
Şekil 4.21 YSA 2_3 ADUE ve Regresyon 2_2 akım-yağış modeli



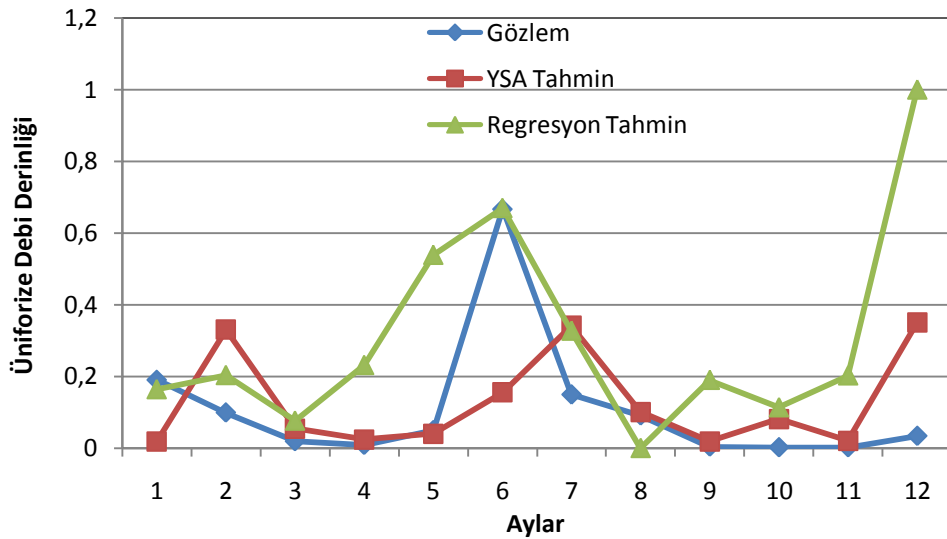
Şekil 4.22 YSA 3_3 ADUE ve Regresyon 3_4 akım-yağış-sıcaklık-buharlaşma modeli



Şekil 4.23 YSA 4_4 ADUE ve Regresyon 4_5 akım-yağış-sıcaklık-kuyu suyu modeli



Şekil 4.24 YSA 5_3 MAE ve Regresyon 5_4 akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma modeli



Şekil 4.25 YSA 6_4 MAE ve Regresyon 6_4 akım-yağış-sıcaklık-buharlaştırma modeli

Bir önceki sayfadaki şekillerde görüldüğü üzere Şekil 4.20 den başlayıp Şekil 4.25 de dahil olarak modeli temsil eden şekiller ilk kombinasyona ait YSA modeli ile Regresyon modelinin karşılaştırılması görülmektedir. YSA modeli uygulanan bu ilk ve ikinci kombinasyonlardır. YSA programında durdurma kriteri olarak MAE kullandığında MAE kriterine göre tahminler öncelikle dikkate alınmıştır.

İlk kombinasyonda;

1'nolu istasyonda 2 ve 3 nolu kombinasyonlar,

4'nolu istasyonda 5 nolu kombinasyon,

5'nolu istasyonda 5 nolu kombinasyon,

6'nolu istasyonda 2, 3, 4, 5 nolu kombinasyonlar diğer kombinasyonlara göre daha iyi sonuç vermiştir.

Ara katman sayısı 12 olan YSA modellemelerde son altı ayları (7-12) için yapılan tahminler ilk altı ay (1-6) için yapılan tahminlerden daha başarılı olmuştur.

İlk kombinasyonda tüm seçim kriterleri bir arada ele alındığında en iyi sonuç verenler:

1_2 için ADUE, MAE, NSE, r ve TEH

1_3 için ADUE, MAE, NSE ve r

1_4 için ADUE, MAE, r ve TEH

1_5 için ADUE, MAE, r ve TEH

2_2 için ADUE, MAE ve r

2_3 için NSE

2_4 için MAE ve NSE

2_5 için ADUE, NSE, r ve TEH

3_2 için ADUE, NSE, r ve TEH

3_3 için ADUE, NSE, r ve TEH

3_4 için ADUE, NSE, r ve TEH

3_5 kombine verileri yoktur.

4_2 için NSE

4_3 için ADUE, MAE, ve TEH

4_4 için NSE

5_2 için ADUE, MAE, ve NSE

5_3 için MAE, ve r

5_4 için MAE

5_5 için ADUE, MAE, r ve TEH

6_2 için MAE

6_3 için MAE

6_4 için MAE, NSE ve TEH

6_5 için ADUE, MAE, NSE ve TEH

Seçim kriterleri olarak kullanılan ADUE, MAE, NSE, TEH ve r'nin aynı ağ yapısını öngörmedikleri Şekil 4.2-7 de görülmektedir. Bu sebeple bu kriterlerin rastgele seçim kriteri olarak dikkate alınması model hatasının yüksek olmasına sebep olabilecektir. TTH (Toplam Tahmin Hatası) en küçük olduğu model yapıları için de;

1_4 ADUE

2_2 NSE

2_3 MAE

2_5 MAE

3_2 ADUE, TEH, r

3_3 ADUE, TEH

4_2 ADUE, r

4_3 ADUE

4_5 ADUE

5_2 ADUE, MAE

5_3 MAE, r

5_5 ADUE

6_4 MAE

6_5 MAE

kriterleri TTH ile aynı model yapısını bulmuşlardır. Bunlar içinde ADUE ile MAE kriterlerinin değerlerine göre daha başarılı oldukları daha açıkça görülmektedir. Bu ilk kombinasyon sonuçlara göre ön araştırma veya bir başka belirleyici etken olmadıkça seçim kriteri olarak ADUE ve/veya MAE'nin kullanılması daha düşük tahmin hatası açısından tercih edilmelidir.

İkinci kombinasyonunda tüm seçim kriterleri bir arada ele alındığında en iyi sonuç verenler:

3_AOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH

3_YOAOAO için ADUE, MAE, NSE, TEH, TTH

3_YOASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH

3_YSAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH

3_YASASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
4_AOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
4_YOANOANO r
4_YOAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
4_YOASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
4_YSANOANO için r
4_YSAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
4_YSASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
5_YOASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
5_YSAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
5_YSASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
8_AOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
8_YOAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
8_YOASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
8_YSAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
8_YSASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
9_AOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
9_YOAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
9_YOASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
9_YSAOAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH
9_YSASAO için ADUE, MAE, NSE, r, TEH, TTH

Bunlar modeller içinde r (korelasyon) kriterlerinin değerlerine göre daha başarılı oldukları daha açıkça görülmektedir.

Sekizli kombinasyonundan elde edilen modellerin tamamında olumlu sonuç vermiştir. Bu sekizli kombinasyon modelleri ilk dörtlü kombinasyon modellerine nazaran çok daha iyi modellere ulaşılmıştır. Yani şekildeki eğride görüldüğü üzere tahminle gerçek değerlerin paralellik gösterdiği hatta çakıştığı görülmektedir. Bu Şekil 4.12 de açık bir şekilde görülmektedir. Bu modellerden en iyisi 8_YOASAO r kriterine göre seçilen model ve ayriyeten 8_YSASAO r kriterine göre seçilen modeldir.

Regresyon kombinasyonun da tüm seçim kriterleri bir arada ele alındığında en iyi sonuç verenler:

1_2 Akım-Yağış regresyon grafiği

1_4 Akım-Yağış-Sıcaklık-Buharlaşma

1_5 Akım-Yağış-Sıcaklık-Buharlaşma-Kuyu

5_2 Akım-Yağış

5_3 Akım-Yağış-Sıcaklık

5_4 Akım-Yağış-Sıcaklık-Buharlaşma

6_4 Akım-Yağış-Sıcaklık-Buharlaşma

Bu modellerden en iyisi 5_4 Akım-Yağış-Sıcaklık-Buharlaşma modelidir.

Tüm modellerin için de YSA modellerinden 25 adet model, Regresyon modellerinden ise 7 adet model diğerlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Şekillerde de açık bir şekilde görülmektedir. YSA ve Regresyon modelleri bir arada ele alındığında YSA modellerinin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bunun göstergesi de şekillerdir. En iyi sonuç 8_YOASAO r (8. istasyona ait model) kriterine göre seçilen model ile 8_YSASAO r (8. istasyona ait model) kriterine göre seçilen modeldir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay sinir ağları başlıca; sınıflandırma, modelleme ve tahmin uygulamaları olmak üzere, pek çok alanda kullanılmaktadır. Başarılı uygulamalar incelendiğinde, YSA'ların çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek sensör verilerinin olması ve problemi çözmek için matematiksel modelin ve algoritmaların bulunmadığı, sadece örneklerin var olduğu durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir.

Bu çalışmada Akarçay Havzasının, yeraltı suyu davranışının modellenmesi amacıyla yeraltı su seviyesi gözlem verileri (gözlem kuyusu su seviyeleri) ile yeraltı suyunun beslenmesinde temel kaynak olan yağış gözlemleri, yeraltı su seviyesinin göstergesi olan debi değerleri ile yeraltı suyu kayıpları açısından önemli etken olan buharlaşma kayıpları arasındaki ilişkileri tanımlayabilmek için YSA ve Regresyon modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla 12 ara katmanlı toplam 138 tane YSA model 24 tane ara katmana sahip 288 YSA modeli araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca toplam 426 YSA modellerine ek olarak 23 Regresyon modeli de araştırılmıştır. Hesaplanan YSA modellerin ortaya koyduğu sonuçlara göre 24 ara katmanlı modeller 12 ara katmanlı modele göre daha olumlu tahminlere ulaşılmıştır. Bu sebeple model değişik katman adetleri için model araştırmalarının yapılmasının model hatasını azaltmak için uygun olacaktır.

YSA ve Regresyon modelleri bir arada ele alındığında YSA modelleri içinde en iyi sonuç veren 8_YOASAO r (8. Akım istasyonuna ait Yıllık Ortalama-Ay Sırası-Aylık Ortalama korelasyon kriterine göre seçilen) modeli, Regresyon modelleri için de 5_4 Akım-yağış-sıcaklık-buharlaşma regresyon modelidir. Genel olarak YSA ve Regresyon modelleri karşılaştırıldığında YSA modeli daha iyi sonuç vermektedir. Bununla beraber YSA modellerinde model parametrelerinin tam olarak bilinmemesi sebebi ile Regresyon modelleri verilerin model için uygun olması (yöntemin gerektirdiği kabulleri karşılaması) halinde tercih edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Akdeniz, F.,1998, Olasılık ve İstatistik, Baki Kitabevi, 1. Basım, Adana, 545s., Adana.
- Elmas, Ç., 2003, Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, 1. Basım, 192s., Ankara.
- Campolo, N., Andreuss, P. and Soldati, A. 1999. River flood Forecasting With ANeural Network Model, 1191-1197 s.
- Danacı, E., 2002. Hücresel Regrasyon Yapay Sinir Ağları İle Görüntü İşleme. Doktora tezi. Selçuk Üniversitesi, 32 s., Konya.
- Dere, Y., 1997. Yapı Analizi Ve Tasarımında Yapay Sinir Ağları. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, 26 s., Konya.
- DMİ, D. 2007. Meteoroloji Değerleri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Afyonkarahisar.
- DSİ, D. 1998. Eber-Akşehir Projesi Hidroloji Revize Rapor. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 149s., Isparta
- İçağa , Y., 2001. Akarçay Aylık Akımlarının Modellenmesi, III. Ulusal Hidroloji Kongresi, Ed: Özkul, S., Baran, T. Ve Harmancıoğlu, N., 630-640 s., İzmir.
- Öztemel , E., 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, 1. Basım, 232 s., İstanbul.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları 1:Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık Tic. Ltd. Ş., 25-40s., Ankara.
- Srinivasulu, S. and Jain, A, 2006. A Comparative Analysis Of Training Methods For Artificial Neural Network Rainfallrunoff Models, 295-306 s.
- Tezcan, L., 1999. Akarçay Havzası Hidroloji ve Yeraltı Suyu Akım Modeli . 2. Ara Rapor. Hacettepe Üniversitesi, 80 s., Ankara.
- Yurtcu, Ş. 2001. Kil Zeminlerde Yer altı Suyu Davranışının Modellenmesi. Yüksek lisans tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, 25 s., Afyonkarahisar.
- Yurtoğlu, H. 2005. Yapay Sinir Ağları metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makro Ekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği. Uzmamlık tezi. Selçuk Üniversitesi, 3-37 s., Ankara.

6.1. İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | |
|--|------------|
| 1- http://www.backpropagation.com . | 02.24.2007 |
| 2- http://www.herseyekitap.googlepages.com . | 29.04.2008 |
| 3- http://www.yapay-sinir-aglari.uzerine.com . | 01.05.2008 |

6.2. Program Kaynakları

- 1- SPSS 11.0, 2001, Statistical Pacaged Program,Lead Technologies Inc.
- 2- Ticari olmayan YSA paket programı.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Hüseyin USLU
Doğum Yeri	Işıklar/KONYA
Doğum Tarihi	15/10/1979
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce

Eğitim Durumu

Lise	1997 Selçuklu Endüstri Meslek Lisesi, Elektrik Bölümü
Lisans	2005 Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi (TEF), Yapı Öğretmenliği

Çalıştığı Kurum

2007- Milli Eğitim Bakanlığı
2008-Milli Eğitim Bakanlığı