

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOVADA GÖLÜ’NÜN HİDROLOJİK VE METEOROLOJİK
KURAKLIK ANALİZİ**

Derya KÜÇÜKYAMAN

Danışman: Prof. Dr. M. Erol KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2010

TEZ ONAYI

Derya KÜÇÜKYAMAN tarafından hazırlanan “Kovada Gölü’nün Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Analizi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. M. Erol KESKİN

Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Özlem TERZİ

Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Mesut ÇİMEN

Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Meteorolojik Kuraklık ile İlgili Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Hidrolojik Kuraklık ile İlgili Yapılan Çalışmalar	7
3.MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Kuraklık ve çeşitleri	10
3.1.1.1. Kuraklık	10
3.1.1.2.Kuraklık sınıflandırması	11
3.1.1.2.1.Meteorolojik kuraklık	11
3.1.1.2.2.Hidrolojik kuraklık	12
3.1.1.2.3. Tarımsal kuraklık	12
3.1.1.2.4.Kıtlık kuraklığı	12
3.1.2. Kovada Gölü	13
3.1.3. Çalışmada kullanılan veriler	13
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Standart yağış indisi (SYİ)	17
3.2.2. Kuraklık zamanı, genliği ve şiddeti	20
3.2.3. Kuraklık oranı	21
3.2.4. Hareketli ortalamalar yöntemi	22
3.2.5. Uzun devre eğilimi (Trend)	22

3.2.6. Adaptif sinir ağına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS).....	23
3.2.7. Yapay sinir ağları (YSA).....	28
3.2.7.1. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması	30
3.2.7.2. Yapılarına göre yapay sinir ağları	30
3.2.7.3. Öğrenme algoritmalarına göre yapay sinir ağları.....	31
3.2.7.4. Öğrenme zamanına göre yapay sinir ağları	32
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Meteorolojik Kuraklık Analizi.....	33
4.1.1. Kuraklık zamanı, genliği ve şiddetinin hesabı.....	38
4.1.2. Kuraklık oranı	43
4.2. Hidrolojik Kuraklık Analizi.....	46
4.3. Yapay Zeka Modelleri ile Modelleme	47
4.3.1. Adaptif sinir ağına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS).....	48
4.3.2. Yapay sinir ağları (YSA).....	54
5. SONUÇ	59
6.KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOVADA GÖLÜ'NÜN HİDROLOJİK VE METEOROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ

Derya KÜÇÜKYAMAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Erol KESKİN

Kuraklık; son yılların en önemli sorunlarından biridir. Bu tez çalışmasında, kuraklık, Kovada Gölü için meteorolojik ve hidrolojik açıdan incelendi.

Meteorolojik kuraklık için yağış verileri kullanılmıştır. Standart Yağış İndisi (SYİ) yöntemi ile kuraklık sınıfları belirlenmiştir. Kuraklığı modellemek için Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır.

Kovada Gölü'nün göl seviye ve hacim değerleri kullanılarak hidrolojik açıdan kuraklık değerlendirilmesi yapılmıştır.

Hesaplar ve modeller sonucunda yağış ve göl seviyesi değerlerinde azalma olduğu ve kuraklığın meydana geldiği saptanmıştır. Sonuçta, kuraklık konusunda alınabilecek önlemler belirlenmiş ve iklim değişikliği ile mücadele konusuna değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Standart yağış indisi (SYİ), adaptif sinir ağına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), yapay sinir ağları (YSA).

2010, 65 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

HYDROLOGICAL AND METEOROLOGICAL DROUGHT ANALYSIS OF KOVADA LAKE

Derya KÜÇÜKYAMAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. M. Erol KESKİN

Drought is one of the most important problems of recent years. Within the scope of this thesis, drought was analysed for Kovada Lake from the view points of the meteorologic and hydrologic.

Rainfall data were used for meteorological drought. Drought categories were specified with Standardized Precipitation Index (SPI). Adaptive Neural Based Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANN) methods were used to model drought.

By using water level and volume values of Kovada Lake, drought was considered from hydrological point of view.

In consequence of calculations and models, drought constitution was determined as there had been a decrease of rainfall amount and water level. In conclusion, precaution taken about drought was determined and struggle with climate change was discussed.

Key Words: Standardized precipitation index (SPI), adaptive neural based fuzzy inference system (ANFIS), artificial neural networks (ANN).

2010, 65 pages.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımnda bilgi, görüş ve desteklerini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. M. Erol KESKİN' e teşekkürlerimi sunarım. Çalışma aşamasında yardımlarda bulunan hocam Dr. E. Dilek Taylan' a ve çalışmada kullanılan verilerin temin edildiği Devlet Su İşleri XVIII. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca ve tez çalışmamda hep yanımda olan aileme teşekkürlerimi, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Derya KÜÇÜKYAMAN

ISPARTA, 2010

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kovada Gölü haritası ve Türkiye’deki yeri	14
Şekil 3.2. Kurak ve sulak gidişler	20
Şekil 3.3. TSK Bulanık sistemi	24
Şekil 3.4. ANFIS yapısı	27
Şekil 3.5. YSA’nın genel yapısı	29
Şekil 4.1. Kovada istasyonuna ait yıllık toplam yağışlar	33
Şekil 4.2. Kovada istasyonuna ait yıllık toplam yağışların SYİ değerleri	34
Şekil 4.3. Kovada istasyonuna ait ilkbahar aylarının 3 aylık SYİ değerleri	35
Şekil 4.4. Kovada istasyonuna ait yaz aylarının 3 aylık SYİ değerleri.....	35
Şekil 4.5. Kovada istasyonuna ait sonbahar aylarının 3 aylık SYİ değerleri.....	35
Şekil 4.6. Kovada istasyonuna ait kış aylarının 3 aylık SYİ değerleri	36
Şekil 4.7. Kovada istasyonuna ait 3 aylık SYİ değerleri.....	36
Şekil 4.8. Kovada istasyonuna ait 6 aylık SYİ değerleri.....	36
Şekil 4.9. Kovada istasyonuna ait 9 aylık SYİ değerleri.....	37
Şekil 4.10.Kovada istasyonuna ait 12 aylık SYİ değerleri.....	37
Şekil 4.11.Kovada istasyonuna ait 48 aylık SYİ değerleri.....	37
Şekil 4.12.M ve L değerlerinin dağılımı	43
Şekil 4.13.Kovada istasyonuna ait yıllık ortalama göl hacim değerleri	46
Şekil 4.14.Kovada istasyonuna ait yıllık ortalama seviyeler ve uzun devre eğilimi .	46
Şekil 4.15.Eğitim seti için SYİ ve ANFIS modelinin saçılma diyagramları	50
Şekil 4.16.Test seti için SYİ ve ANFIS modelinin saçılma diyagramları	51
Şekil 4.17.Test seti için SYİ ve ANFIS modelinin kuraklık değerleri	53
Şekil 4.18.Eğitim seti için SYİ ve YSA modelinin saçılma diyagramları.....	55
Şekil 4.19.Test seti için SYİ ve YSA modelinin saçılma diyagramları.....	56
Şekil 4.20.Test seti için SYİ ve YSA modelinin kuraklık değerleri.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yağış gözlem istasyonunun özellikleri.....	16
Çizelge 3.2. SYİ değerleri ve kuraklık sınıflandırması.....	19
Çizelge 4.1. Kuraklık kategorilerinin Kovada istasyonuna ait yıllık toplam yağışlardaki dağılımı.....	34
Çizelge 4.2. Kuraklık kategorilerinin Kovada istasyonuna ait verilerdeki dağılımı .	38
Çizelge 4.3. 12 aylık SYİ değerlerinin kuraklık görülen dönemleri.....	40
Çizelge 4.4. Kuraklık zamanı, genliği ve şiddetinin hesabı	42
Çizelge 4.5. Aylara göre kuraklık oranları.....	44
Çizelge 4.6. Yeni standart yağış indisleri.....	45
Çizelge 4.7. ANFIS modeli sonuçları ile SYİ değerleri arasındaki R^2 değerleri	48
Çizelge 4.8. YSA modeli sonuçları ile SYİ değerleri arasındaki R^2 değerleri.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANFIS	Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi
I	Kuraklık şiddeti
İDÇS	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
KO	Kuraklık oranı
KP	Kyoto Protokolü
L	Kurak süre
M	Kuraklık genliği
SYİ	Standart Yağış İndisi
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Türkiye, Dünya'nın yarı-kurak bir bölgesinde yer almaktadır. Yarı-kurak bir bölgede yer almasının asıl sebebi; ülkemizde meydana gelen yağışların zamana, yere ve iklim koşullarına göre farklılıklar göstermesidir.

Değişken yağışlar küresel iklim değişiklikleri sonucunda oluşmakta ve küresel ısınma diye tanımlanan bir kavram ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma; Dünya'nın farklı bölgelerini farklı şekilde etkilemekte, bazı bölgelerde yağışlar artarken bazı bölgelere hiç yağış düşmemektedir. Bunlar gibi olumsuz sonuçları önlemek için, ülkeler kendi aralarında küresel etkinlikler ortaya koymaya başlamışlardır.

Bu küresel etkinliklerin sonucunda, geniş bir katılımı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS) ve Kyoto Protokolü (KP) oluşturulmuştur. İDÇS ve KP, bir yandan insan kaynaklı sera gazı salımlarını sınırlandırmaya ve azaltmaya yönelik yasal düzenlemeler getirirken, bir yandan da, uluslararası ticaret, teknoloji ve sermaye hareketleri konusunda giderek etkin olmaya başlamıştır (Alpan, 2001).

Türkiye; üç tarafı denizlerle çevrili, göl sayısı bakımından da büyük bir potansiyele sahip coğrafya üzerinde bulunan bir bölgededir.

Yaşayabilmemiz için nefes almaya ihtiyacımız varsa, hayatımızı devam ettirebilmemiz için de suya o derece ihtiyacımız vardır. Su; iyi yönetildiğinde kuraklıkla mücadelede büyük adımlar atılacaktır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2007 yılındaki verilerine göre; ülkemize giren su potansiyeli yağış olarak 501 milyar m³, Yer altı suyu çekimi ile 14 milyar m³'tür. Bunun buharlaşma ile 274 milyar m³'ü atmosfere ve akifere sızma olarak da 69 milyar m³'ü yeraltına geri dönmektedir. Sonuçta; yüzey akışına geçen kısmı 158 milyar m³, komşu ülkelerden gelen kısmı 7 milyar m³ ve yeraltı suyundan nehirlerle kaynak suyu olarak da besleme olan kısmı da 28 milyar m³'tür. Toplamda ülkemizdeki su kaynakları potansiyeli net olarak 112 milyar m³'tür.

Yine DSI' nin verilerine göre; 2003 yılında su kaynaklarımızın 29,6 milyar m³'ünü sulamada, 6,2 milyar m³'ünü içme suyunda ve 4,3 milyar m³'ünü de sanayide kullanmaktadır. Kullandığımız bu su, toplam potansiyelimizin %36'sına karşılık gelmektedir. Kullanılmayan %64'lük kısım içinde en iyi yatırımları yapmak şarttır.

Her ne kadar da su kaynakları bakımından zengin olsak da, bu kaynakların bilinçsizce kullanımı ve iyi yatırımlarla değerlendirilmemesi nedeniyle kuraklık denilen yüzyılın en büyük felaketlerinden biriyle karşı karşıya kalınmaktadır.

Kuraklık; uzun dönemde meydana gelen, önlenemezse tahmin edilemeyecek boyutlara ulaşan ve sonucu uzun dönemlere yayılan bir afettir. Meydana geliş sebepleri arasında; iklim değişiklikleri, yağış düzensizliği, bilinçsizce yapılan su tüketimi ve nüfus artışı gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Etkisinin uzun döneme yayılmasının yanı sıra kötü denilebilecek derecede sonuçlar doğurması da, bu konuda yapılan çalışma sayılarını arttırmıştır.

Konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; yapılan çalışmaların daha çok, uzun dönem yağışlarının incelenmesi, mevcut su kaynaklarının yönetimi, kuraklık olayının boyutu ve konuyla ilgili alınması gereken önlemlerle ilgili olduğu görülmektedir.

Kuraklıkla ilgili yapılan bu çalışmada amaç; bölgesel anlamda Kovada Gölü'ndeki kuraklık olayını meteorolojik ve hidrolojik açıdan incelemektir. Bölgedeki yağış gözlem istasyonundan 1964-2007 yılları arasında alınan aylık yağış verileri, Standart Yağış İndisi (SYİ) metodu kullanılarak meteorolojik açıdan, göl gözlem istasyonundan 1964-2007 yılları arasında alınan aylık göl seviye verileri ise hareketli ortalamalar ve uzun devre eğilimi yöntemleri kullanılarak hidrolojik açıdan değerlendirilmiştir. Standart yağış indisi değerlerinin tahmin edilmesi konusunda ise de yapay zeka yöntemlerinden biri olan Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemlerine başvurulmuştur. Sonuçta; meteorolojik ve hidrolojik kuraklık değerleri kıyaslanmış ve yapılan tahminlerin doğruluğu tartışılmıştır. Meydana gelen kuraklık yorumlanmış ve kuraklık için alınabilecek önlemler değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Meteorolojik ve hidrolojik kuraklık olayları için yapılan çalışmalar ayrı ayrı incelenmiş ve bu çalışmaların özetleri aşağıda hem meteorolojik hem de hidrolojik açıdan farklı başlıklar altında ele alınmıştır.

2.1. Meteorolojik Kuraklık Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Palmer (1965), meteorolojik kuraklık olayını Kansas ve Iowa bölgesi için yağış ve nem verilerini göz önüne alarak incelemiştir. Yaptığı analizler; ıslak periyotların varlığıyla beklentiyi karşılamış ve su kaynaklarının modellenmesi konusunda model oluşturmuştur.

McKee vd. (1993), Standart Yağış İndisi (SYİ) yöntemini geliştirmişler. Yaptıkları bu çalışmada kuraklığı tanımlayıp 4 sınıfa ayırmışlardır. Çalıştıkları verileri 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık periyotlara ayırıp zaman serileri oluşturmuşlardır. Serileri kendi aralarında karşılaştırmışlardır ve kuraklık sınıfları değerlendirilmiştir.

Türkeş (1996), 1930-1993 yılları arasında Türkiye'deki meteorolojik kuraklık olayını incelemiştir. Türkiye genelindeki 91 istasyondan aldığı yağışları normalize edip, bu istasyonlardaki verilerin yaklaşık 60 yıllık uzun yıl ortalamalarını hesaplamıştır. Ülke genelindeki kuraklık olayını irdelemiştir. Ve kuraklık olayının varlığı kanıtlanmıştır.

Kömüşçü (1999), 1940-1997 yılları için Türkiye'deki 40 istasyondan veri almış ve bu verileri Standart Yağış İndisi (SYİ) metoduyla analiz etmiştir. Mevcut istasyonlar arasından farklı iklim tiplerini barındıran Ağrı, Antalya, Göztepe, İzmir, Konya, Trabzon ve Şanlıurfa istasyonlarını seçip, bu istasyonların zaman serilerini çizmiştir. Her yağış istasyonu için değerlendirmeler yapılmış ve sonuçları ortaya konmuştur.

Koç (2000), De Martonne, Trornthwaite, Erinç ve Sezer yöntemlerini kullanarak Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'ne ait yağış verilerinden indisler elde etmiştir. Elde ettiği

indislerin benzer olduğu kanısına varmıştır. Tüm indisleri inceleyerek kuraklıktan en fazla etkilenen bölgeleri belirlemiştir.

Sırdaş (2002), 1930-1990 yılları için 60 istasyondan yağış, nem ve sıcaklık verileri almıştır. Bunlardan yağış verileri kullanılarak Standart Yağış İndisi (SYİ) yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır ve kuraklık sınıfları belirlemiştir. İndisler yardımıyla zaman serileri çizilmiş ve bazı kesim seviyeleri için kuraklık zamanı, genliği ve şiddeti hesaplanmıştır. Kuraklık oranı denilen ve yeni geliştirilen bir oran da yine bu tezde hesaplanmıştır. Sonuçta; lkemizde görülen kuraklık tipleri belirlenmiş ve kuraklık olayının önlenmesi için yapılması gerekenler ortaya konulmuştur.

Sırdaş (2003), Trakya bölgesi için meteorolojik kuraklık analizini SYİ metoduyla yapmıştır. Bölge için zaman serileri üretmiş ve kuraklık haritaları oluşturmuştur. Verilerin zaman, genlik ve şiddet değerlerinin maksimum, minimum, ortanca ve ortalama değerlerini elde etmiştir. Bölgenin kuraklık değerlendirmesini elde ettiği sonuçlara göre kuraklık yorumlamıştır.

Sırdaş ve şen (2003), SYİ metodu ile GAP Bölgesindeki 9 istasyona ait yağış verilerini kullanarak zaman serileri oluşturmuşlardır. Bu seriler yardımıyla kurak periyotlar tespit edilmiş ve bu tespitler bölgede yapılan GAP projesi için değerlendirmiştir.

Hisdal ve Tallaksen (2003), Danimarka için meteorolojik ve hidrolojik kuraklık karakteristiklerini bir arada incelemişlerdir. 1961-1990 yılları arasındaki yağış ve akarsu akış serilerini aylık olarak hesaplamışlardır ve ARMA modellemesi kurmuşlardır. Sonuçta da; meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasında büyük farklar bulmuşlardır.

Alp ve Cığızoğlu (2004), Pennsylvania eyaletindeki Juniata Nehri'ne ait günlük akım değerlerini yağış değerlerini kullanarak YSA metodu ile modellemişler ve yağış-akış analizi yapmıştır. Bu analiz sonucunda yağış verilerinden akışın kolayca tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Pamuk vd. (2004), Ege Bölgesine ait 1971-2001 yılları arasındaki yağış verilerinden faydalanmışlardır. Kuraklık olayının incelenmesinde SYİ metoduna başvurmuşlar ve

kuraklık aralıklarını belirlemişlerdir. Değerlendirmede Ege Bölgesi'nin yağışlı dönemden sonra normal olarak nitelendirilen sınıfta yer aldığını vurgulamışlardır.

Stefan vd. (2004), Güney Romanya'da gözleme dayalı veriler kullanarak meteorolojik ve hidrolojik kuraklık hesaplaması yapmışlardır. Ampirik ortogonal fonksiyon (EOF) yöntemini kullanmışlardır. Kullanılan verileri bu bölgedeki on tane hidrometrik istasyondan, 6 tane de meteorolojik istasyondan temin etmişlerdir. Sonuçta; hidrolojik ve meteorolojik kuraklık arasında benzerlikler bulmuşlar ve bu olayların bölgeyi ekonomik ve ekolojik açıdan etkilediğini görmüşlerdir.

Yeğnidemir (2005), İç Anadolu Bölgesi'ndeki 28 istasyondan alınan 1953-2003 yılları arasındaki yağış verilerini SYİ metodu ile hesaplamıştır. Kuraklık periyotlarını ve sınıflarını belirlemiş ve haritalandırmıştır. Kuraklığı gözlemlemek için ayrıca arpa ve buğday üretimindeki düşüşler gözlenmiştir. Bölgenin kuraklıktan etkilendiğini çalışma sonucunda açıkça göstermiştir.

Kokkokoğlu (2006), İç Anadolu Bölgesi'nin 26 istasyonuna ait 1953-2003 yılları arasındaki yağış verileri kullanarak SYİ ile elde edilen değerler ile istatistiki analizler yapmıştır. Nonparametrik yaklaşımlarla dönüş aralıklarını belirlemiştir.

Yaltay (2006), Bitlis ili Ahlat ilçesinin 1975-2004 yıllarına ait yağış verilerinin aylık ortalama değerlerini bulmuş ve yağış değerlerini her ay için ayrı ayrı grafiksel olarak göstermiştir. Yine bu verilerden yararlanarak SYİ değerini hesaplamış ve kurak dönemleri belirlemiştir. Her bir kurak dönem değerini kesme seviyesi olarak alarak kuraklık ihtimallerini, ortalama kurak süre sayılarını ve varyanslarını hesaplamıştır. Kuraklık uzunluğu, kuraklık büyüklüğü ve kuraklık şiddetini de hesaplayarak serinin maksimum kuraklık şiddetine yaklaştığını görmüştür. Ahlat ilçesi için kuraklık yönünde özellikle son yıllarda bir eğilim olduğu sonuç olarak vurgulanmıştır.

Partal (2007), Türkiye genelinden seçmiş olduğu 14 istasyona ait yağış verilerini kullanarak Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle günlük yağış tahminini yapmaya çalışmıştır. YSA'nın üç farklı algoritmasını kullanarak en iyi sonucu veren modele ulaşmıştır. İleri beslemeli geriye yayılmalı sinir ağları yöntemi en iyi sonucu vermiştir. Aynı verileri kullanarak dalgacık dönüşümü ile yeni zaman serileri elde

etmiş ve bu seriler YSA'da girdi olarak kullanılmıştır. Sonuçta dalgacık dönüşümünün yapay sinir ağları ile birlikte kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Yılmaz vd. (2007), SYİ metodu ile Manisa ili için 1930-2007 yılları arasındaki yağış verilerini hesaplamışlar ve gidişler analizi yöntemi ile 77 adet denklem elde etmişlerdir. Elde edilen indisler sınıflandırmışlar ve birbirini takip eden kurak dönemlerin bir önceki döneme göre daha şiddetli olduğunu görmüşlerdir.

Keskin vd. (2008), Göller Bölgesi'ndeki; Isparta Merkez, Eğirdir, Senirkent, Uluborlu, Yalvaç, Gelendost, Barla, Aksu, Ağlasun, Sütçüler, Kasımlar, Burdur-Bucak ve Kızılkaya istasyonları için meteorolojik kuraklık analizi yapmışlardır. Analizi yaparken SYİ metodu, Yapay Sinir Ağları (YSA), Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanmışlardır. İlk olarak; meteorolojik ölçüm istasyonlarından alınan yağış verileri SYİ yöntemi ile standart hale getirmişlerdir. Daha sonra bu standart veriler kuraklık sınıflarına göre değerlendirmişler ve 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlar için zaman serileri elde etmişlerdir. Yapay zekâ modellerinden YSA metodu ile tüm zaman periyotları için determinasyon katsayılarını elde edip kuraklık tahmini yapmışlardır. ANFIS metodu için de aynı yöntemler kullanmışlardır. ANFIS ve YSA modellerini karşılaştırmışlar, en iyi sonucu ANFIS modellerinin verdiğini görmüşlerdir. Son olarak; her bir periyot için SYİ değerlerinin yardımıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak kuraklık haritaları elde etmişlerdir.

Yıldız vd. (2007), Yukarı Kızılırmak Havzası'nın SYİ metodu ile 1953-2003 yıllarına ait yağış verilerini modellemişler ve kuraklığın alansal-zamansal dağılımı, şiddeti ve dönüş aralığını belirlemişlerdir. Yapılan bu analizin kuraklık analizinde önemli yararlar sağlanacağını görmüşlerdir.

Yıldız (2008), Kırıkkale iline ait 1937-2007 yıllarındaki yağış verilerinden hesaplanan SYİ değerlerini kullanarak zaman serileri elde etmiştir. Bu serilerden faydalanarak mevcut su kaynaklarının yönetiminde yapılması gerekenler ortaya koymuştur.

2.2. Hidrolojik Kuraklık Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yıldız ve Malkoç (2000), Türkiye akarsu havzalarından 26 tanesinden 1937-2000 yıllarına ait minimum akım miktarları, uzun yıllar ortalama akımları, gözlem kotları ve mevcut gözlem kotlarındaki maksimum akım verilerini elde etmişlerdir. Bu verilerden; uzun dönem akımları mevsimlere göre lineer yıllık trend ve üçlü kayan ortalamalar yöntemine göre grafiklendirmişlerdir. Havzaların göl giriş istasyonu olan yerlerinden alınan göl kotlarını ise yine lineer yıllık trend ve üçlü kayan ortalamalar yöntemleriyle grafiklendirmişlerdir. Bütün havzalar için aynı yöntemler uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda havzalar için yorumlar coğrafi bölgelere göre yapılmıştır. Bazı bölgelerdeki akışlarda azalan bir trend görülürken, bazı bölgelerdeki akışlarda ise artan bir trend görüldüğüne değinmişlerdir.

Hisdal ve Tallaksen (2000), kuraklık olaylarının tanımlarını yaptıkları çalışmada iklimsel verileri kullanarak meteorolojik kuraklığı, hidrojeolojik verileri kullanarak da hidrolojik kuraklık olayını ele almışlardır. Meteorolojik kuraklık olayında Palmer indisini, hidrolojik kuraklık olayında da akarsu akış kuraklığı ve düşük akış rejimini tanımlamışlardır. Hidrolojik kuraklık olayında yöntem olarak; eşik değeri metodu, yıllık maksimum serileri, kısmi süreli serileri ve çok değişkenli indisi irdelemişlerdir. Hidrolojik kuraklık olayında, akarsu akışı kaybının ve yeraltı suyu kaybının hesaplamalarını vurgulamışlardır.

Fleig (2004), Dünya çapında 16 istasyondan alınan 15-99 arasındaki yıllardan oluşan periyotlardaki günlük akışların hidrolojik açıdan karşılaştırılmasını konu alan bir çalışma ortaya koymuştur. Soğuk bölge, tropikal bölge, nemli bölge, ılıman bölge, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki verileri kullanmıştır. Bölgeler Köppen iklim sınıflandırmasına göre 8 iklim sınıfına ayırmıştır. Çalışmada, iki çeşit zaman serisinden yararlanmıştır. Bunlar; düşük akış karakteristikleri ve kayıp karakteristikleridir. Uç değerler için düşük akış karakteristikleri, eşik değeri göz önüne alınarak da kayıp karakteristikleri metotlarından birine başvurmuştur. Olasılık fonksiyonları ve testlerini de; bu hesapların akabinde uygulamıştır. Akışların değerlendirilmesini akarsu akış tipine göre yapmıştır. Bu çalışmada daha çok kayıp

karakteristikleri üzerinde durmuş ve hidrolojik kuraklık hesabını bu bağlamda yapmıştır.

Yarar (2004), 1962-1990 yılları arasındaki giren akım-kayıp akım, yağış, buharlaşma, çekilen akım ve seviye ölçümleri verilerini kullanarak Beyşehir Gölü su seviyesi değişimini yapay sinir ağıları metodunu kullanarak modellemiştir. Elde edilen seviye değerleri ile esas değerleri karşılaştırmıştır. YSA ile yapılan modelle elde edilen sonuçları değerlendirmiş ve göl seviyesinin modelle benzer sonuçlar verdiğini görmüştür.

Vasiliades ve Loukas (2006), Yunanistan'da seçilen küçük, orta ve büyük boşaltma havzaları için hidrolojik ve meteorolojik kuraklığı karşılaştırmışlardır. 1960-2002 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerini normalleştirmişler; SYİ ve Palmer indisini hesaplamışlardır. Hidrolojik kuraklık şiddetini, meteorolojik kuraklık indisini ile karşılaştırmışlar; meteorolojik kuraklık verilerinden zaman serilerini tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak SYİ'nin Palmer'e göre hidrolojik kuraklık için daha uygun olduğunu göstermişlerdir.

Bwalya (2007), suyun etkili ve verimli yönetimi için, hidrolojik olayların çok görüldüğü bölgelerden olan Güney Afrika'yı düşük akış istatistiklerinin incelenmesi için seçmiştir. Zambia bölgesini, düşük akış istatistiklerinin modellenmesinde kullanmıştır. Düşük akış karakteristiklerinin modellemiş ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla sonuçları haritalandırmıştır.

Esendal (2007), 1966-2000 yılları arasındaki Eğirdir Gölü'ne ait göl su seviyesi verilerini mevsimsel olarak değerlendirip bulanık mantık yöntemiyle modellemiştir. Modellemeyi yaparken girdi olarak yağış, akış, buharlaşma, sulama-içme ve enerji için kullanılan suları, çıktı olarak ise göl su seviyesindeki değişim değerlerini kullanmıştır. İki ayrı bulanık mantık modeliyle mevsimleri değerlendirip, modelle edilen sonuçların ölçümlerle elde edilen sonuçlara daha yakın olduğunu göstermiştir.

Timilsena vd. (2007), Colorado nehir havzasına ait 500 yıllık akarsu akış ve havza genişliği verilerini kullanarak hidrolojik kuraklık hesaplamışlardır. Palmer hidrolojik kuraklık indisini ve Palmer Z indisini kullanarak kuraklık indislerini

hesaplamışlardır. Hesaplamalar sonucunda; kuraklığın gelecekte de devam edeceği ve kuraklığın yüksek seviyede ve sıklıkta devam edebileceğini belirtmişlerdir.

Yıldız (2007), Yukarı Kızılırmak Havzası'nda 1953-2002 yılları arasında 6 adet istasyondan yağış ve hacim verileri elde etmiştir. Yağış verilerini SYİ metodu ile hacim verilerini ise standartlaştırılarak aynı grafik üzerinde göstermiştir. Yağış ve hacim değerleri arasında korelasyon katsayıları karşılaştırmıştır. Sonuçta; standart hacim değerleri ve SYİ değerleri arasında yaz aylarında maksimum determinasyona rastlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kuraklık ve Çeşitleri

3.1.1.1. Kuraklık

Dünya üzerindeki canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için var olması gereken en önemli etmen sudur. Hem insanların hem de insan dışındaki diğer canlıların gereksinimi olan su dikkatsiz kullanılırsa; tüm ülkelerin önemle üzerinde durduğu kuraklık felaketi baş gösterebilir.

Kuraklık; bir bölgenin nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak tanımlanır (Özlü, 2007).

Genel olarak, kuraklık beklenmedik su eksikliğinin ve sıkıntılarının ortaya çıkması ile kendisini gösterir. Her ne kadar yağışların azalması kuraklık olayını tetiklemekte ise de asıl hasarlar gerekli şekilde zeminde nemin azalması, nehir akışlarında ve biriktirme haznelerinde (bentler, barajlar, doğal göller) suların biriktirilememesi ve böylece iyi yönetilememesinden ortaya çıkar. Yağışların azalması ile su kaynaklarının azalması aynı şey değildir. Özellikle su sıkıntılarını mutlak manada değil de göreceli olarak düşünmek gereklidir. Mesela, son zamanlarda bazı şehirlerimizde (Ankara, Aydın, Nevşehir, Sivas, Şırnak, vb.) ortaya çıkan su sıkıntısını mutlak olarak değil de göreceli olarak düşündüğümüzden hep su sıkıntısının geçici olarak giderileceği düşünülmektedir. Bunu için başka bölgelerden su taşınmakta, tasarruf yapılmakta, kirli suların yeniden arıtılması düşünülmekte ve en sonunda da teknolojiye başvurarak tuzlu sulardan tatlı suların elde edilmesi yoluna gidilmektedir. Kuraklığın nerede ve ne zaman başladığını ve ne zaman sona ereceğini de söylemek zordur. Ortaya çıkan bir kuraklık durumunun ne kadar süreceği ve alan olarak yaygınlığının nerelere kadar uzayacağını söylemek için kuraklık sırasında meteorologlar, su ve iklim bilimcileri arasında sürekli tartışmalar

sürer gider. Bu meslek gruplarının hepsinin ittifak edecekleri bir tanım ve çözüm şimdiye kadar mümkün olmamıştır. Bu bakımdan kuraklıkların tanımlanması ve takip edilmesi toplum için çok önemlidir (Şen, 2009).

Kuraklık, canlıların yaşamını, ekonomiyi, tarımı ve sanayiye olumsuz etkilemektedir. Tüm alanları etkileyen bu olayı sonlandırmak için; oluşum sebepleri araştırılmalı, araştırma sonuçları en iyi şekilde değerlendirilmeli ve sonuçların insanlık üzerindeki etkileri en aza indirilmedir.

3.1.1.2. Kuraklık Sınıflandırması

Kuraklığı sınıflandırdığımızda 4 gruba karşılaşmaktayız. Bunlar:

- ❖ Meteorolojik Kuraklık
- ❖ Hidrolojik Kuraklık
- ❖ Tarımsal Kuraklık
- ❖ Kıtık Kuraklığı

3.1.1.2.1. Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık; bir bölgeye belirli bir zaman periyodunda belirli bir miktardan daha az yağış düşmesi olarak tanımlanır (Şen, 2003). Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi, meteorolojik kuraklık hesaplamaları yapılırken diğer atmosferik olayların yanında daha çok yağış verilerinden yararlanılır.

3.1.1.2.2. Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın uzamasıyla, nehirler, yeraltı suları ve göllerin su seviyesindeki keskin düşüş olarak tanımlanır (Özlu, 2007). Su rezervuarlarındaki bu eksilmenin yani hidrolojik kuraklığın sebebi meteorolojik kuraklıktır. Meteorolojik açıdan görülecek olan bir kuraklık olayı, aynı zaman diliminde hidrolojik açıdan oluşabilecek bir kuraklığı da işaret etmektedir.

3.1.1.2.3. Tarımsal Kuraklık

Tarım; yağışların azlığı, yeraltı sularının ve barajlardaki su seviyelerinin düşüklüğü nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Yani; meteorolojik ve hidrolojik kuraklık olaylarının görülmesiyle topraktaki bitkilerin beslenmesi için gerekli olan su miktarında eksiklik görülür ve bunun sonucunda tarımsal kuraklık olayı gözlenir.

Bu üç kuraklık sınıflandırmasından başka, bazı kaynaklarda meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın sebep olduğu sosyo-ekonomik kuraklıktan da söz edilmektedir. Sosyo-ekonomik kuraklık; ekonomik açıdan kuraklık çeşitlerinin sonucudur. Kuraklık sonucunda oluşabilecek kıtlık da hayatı olumsuz yönde etkileyecek bir gıda eksikliğidir. Bu olayın sonucunda oluşan üretim azlığı ve talep fazlalığı sosyal ve ekonomik açıdan da kuraklık olayını incelememiz gerektiğini göstermektedir.

3.1.1.2.4. Kıtlik Kuraklığı

Bu en zararlı doğal afettir ve sonucunda insanların içinde bulunduğu canlıların açlıktan ölmesi vardır. Özellikle az gelişmiş ülkelerde ortaya çıkar ve buna karşı önlemlerin alınması için uluslararası yardıma ihtiyaç vardır. Kuraklıkların en son ve tehlikeli boyutu kıtlıktır. Kuraklıkla kıtlık arasında doğrudan ilişki kurmak oldukça zordur. Çünkü kuraklık fiziki bir olay olmasına karşılık, kıtlık sosyo-kültürel bir

olaydır. Yukarıda sayılan tüm kuraklık türleri sırası ile devirlerini tamamlayınca artık kıtığa ve bununla da başa çıkılmayınca açlığa kadar giden ve oradan da toplu halde insan ölümlerine varan olaylar yer alır.

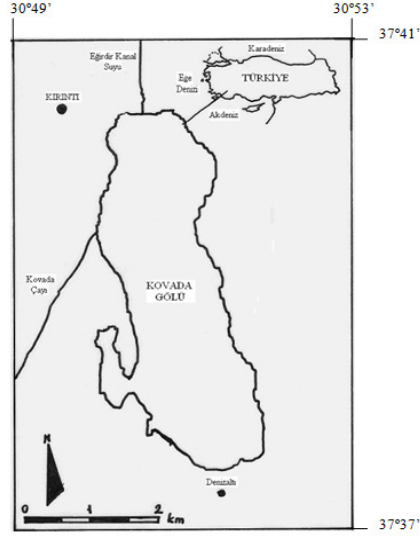
Nüfus artışı ile gıda temini arasında bir dengenin olması gereklidir. Nasıl su kaynaklarının bir yörede yetersiz hale gelmesi nüfus artışı (göçler dahil) olmak üzere ortaya çıkıyorsa benzer şekilde gıda yetersizliği de kendisini gösterir (Şen, 2009).

Kuraklık olayının çeşitlenmesinde, meteorolojik kuraklık hidrolojik kuraklığa, bu iki tür kuraklık da birlikte tarımsal kuraklığa sebep olmaktadır. Sonuçta da; insanların yaşamlarının sona ermesine yol açacak kıtlık boyutunda sosyo-ekonomik kuraklık baş göstermektedir. Kuraklık olayının yüzyılın afetlerinden biri olarak görülebilecek boyutta öneme sahip olması da bu sebepten kaynaklanmaktadır.

3.1.2. Kovada Gölü

Türkiye su rezervuarları bakımından şanslı denebilecek ölçüde fazla su kaynağına sahip bir bölgede, çok sayıda gölü bulunan bir coğrafyada yer almaktadır. Özellikle Akdeniz Bölgesi'nin sınırları içinde kalan Göller Bölgesi, ülkemizdeki önemli gölleri bünyesinde barındırmaktadır.

Bu göllerden biri olan Kovada Gölü; Isparta ilinde yer alan, Eğirdir Gölü'nün doğal bir uzantısı olan, tektonik yer hareketleriyle bugünkü şeklini almış, karstik yapıda bir göldür. Yüzölçümü yaklaşık 40 km², uzunluğu 9 km, genişliği 3 km, derinliği 7 m ve rakımı 900 m olan göl, iklim bakımından da Akdeniz ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 3.1. Kovada Gölü haritası ve Türkiye’deki yeri (Kır vd., 2007)

Isparta İli, Eğirdir ve Sütçüler ilçeleri sınırları içerisinde bulunan “Kovada Gölü Milli Parkı”nın koruma-kullanma dengesinin tesisi ile gelecek nesillere milli bir miras olarak bırakılabilmesi için arazi kullanım kararlarının alındığı Uzun Devreli Gelişme Revizyon Planı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünce tamamlanmış ve 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu’nun 4. Maddesine istinaden 23.06.2008 tarihinde Çevre ve Orman Bakanımız Sayın Prof. Dr. Veysel EROĞLU tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiştir.

Kovada Gölü, Göller Bölgesi olarak bilinen antik “Pisidya Bölgesi” içerisinde yer almakta olup, bölge içinde kalan Eğirdir ve Beyşehir gölleri gibi tarih öncesi ve tarihi dönemlerde yakın çevresinde barınan insan topluluklarının yaşantılarında etkisi olmuştur. Alan, karasal ve sucul olmak üzere iki büyük ekosistem bütünü ile temsil edilmektedir. Milli Park’ın kapladığı yüzey alanı bakımından en geniş ekosistem tipini sulak alanlar oluşturmaktadır. Alanın kaynak değerlerinden olan Kovada Gölü tektonik kökenli çöküntü gölü olup, 790 Ha.’lık yüzey alanına sahip durgun su ekosistemini temsil etmektedir. Karasal ortamdaki orman ekosistemi ikinci derecede geniş yüzey alanına sahiptir. Ayrıca, Kovada koyu, yarımadası, koy içerisindeki adacık, kumsallar, karstik çukurlar alanda yer alan önemli jeomorfolojik oluşumlardır.

Alandaki önemli habitat tipleri; Orman, alı, ayır, sulak alan habitatları (daimi akan dereler, nehirler, mevsimsel akan dere ve nehirler, bataklık ve sazlıklar, daimi tatlı sular habitatı), insan eliyle oluşturulan habitatlar (sürdürülebilir tarım alanları ve köylerdeki bahçeler)'dır.

Kovada Gölü ve çevresinde bulunan 1.626 Ha. büyüklüğünde bir alan, 1. Derece Doğal Sit Alanı'dır. Kovada Gölü'nün güneydoğu kıyısında yaklaşık 1,3 hektarlık bir alan, 1. Derece Arkeolojik Sit Alanı'dır.

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünce hazırlatılan Kovada Gölü Milli Parkı Uzun Devreli Gelişme Revizyon Planı'nda;

Milli Park 3 bölgeye ayrılmıştır;

- 4.934,3 ha. Mutlak Koruma Alanı,
- 1.573,7 ha. Sınırlı Kullanım Alanı,
- 26 ha. Kontrollü Kullanım Alanıdır(<http://www.milliparklar.gov.tr/haber.htm>).

Eğirdir Gölü'nün uzantısı olan Aksu nehrinin sularının toplanması ile oluşan ve doğal bir göl olan Kovada Gölü kanal kapaklarıyla sınırlandırılmıştır. Kovada Gölü'nün devamında Aksu nehri üzerinde Karacaören I ve II Barajları yer almaktadır. Karacaören I Barajı; 1977-1990 yılları arasında sulama, taşkın kontrolü ve elektrik enerjisi üretmek, Karacaören II Barajı ise; 1988-1993 yılları arasında sulama ve enerji amacıyla inşa edilmiştir. Kanal kapaklarının açılmasıyla Eğirdir Gölü'nün fazla suyu Kovada Gölü'ne, Kovada Gölü'nün fazla suyu Karacaören I Barajına ve Karacaören I Barajının da fazla suyu Karacaören II Barajına gönderilmektedir.

Mevcut özelliklerinin önemi, konumunun sağladığı imkânların yanı sıra bitki örtüsü ve hayvan çeşitliliği bakımından da zengin olmasından dolayı Kovada Gölü, koruma altına alınmış ve Milli Park özelliği kazandırılmıştır. Milli Park statüsünde olması, diğer su kaynaklarına olduğu gibi göl suyunun herhangi bir alanda kullanılmasına izin vermemektedir. Suyunun kullanılmamasından dolayı da meteorolojik olayların

göl üzerindeki etkisinin gözlenmesi daha kolay olmaktadır. Bu sebeple Kovada Gölü çalışma alanı olarak seçilmiştir.

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

Kovada Gölü'nün meteorolojik ve hidrolojik kuraklık olayının incelendiği bu çalışmada veriler, DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Kuraklık olayının meteorolojik olarak incelenmesinde aylık toplam yağışlardan faydalanılacaktır. Yağışların ölçüldüğü istasyonun özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.1.'de verilmiştir:

Çizelge 3.1. Yağış gözlem istasyonun özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Rakım (m)	Ölçülen Yağışların Süresi
09019	Kovada	915	1964-2007

Hidrolojik kuraklık olayının analizinde kullanılacak olan göl seviye ve hacim değerleri; 1964-2007 yılları arasındaki her ayın birinde ölçülen ve DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü'nden alınan aylık verileri kapsamaktadır.

Kullanılacak olan seviye, hacim ve yağış verileri aynı dönemleri içerdiğinden, bu veriler çeşitli yöntemlerle analiz edilip birbirleriyle karşılaştırılabilmiştir.

3.2. Yöntem

Bir bölgedeki kuraklık olaylarının incelenmesinde, kuraklık tipine göre farklı birçok yöntem kullanılır. Meteorolojik kuraklık olayının incelenmesinde; standart yağış indisi yöntemi (SYİ), kuraklık oranı yöntemi, hidrolojik kuraklık olayının incelenmesinde ise hareketli ortalamalar yöntemi ve uzun devre eğilimi yöntemleri irdelenmiştir. Adaptif sinir ağına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve yapay sinir ağları (YSA) metotları ile de standart yağış indisi verilerinin modellenmesi yapılmıştır.

3.2.1. Standart Yağış İndisi (SYİ)

McKee vd. (1993) tarafından geliştirilen standart yağış indisi (SYİ) kuraklık için yapılan hesaplarda kuraklık tanımının belirlenmesinde sıklıkla karşılaşılan bir indistir.

Thom (1958) iklimsel yağış serisini en iyi temsil eden ve tam üzerine yerleşen dağılımının Gamma dağılımı olduğunu bulmuştur. Gamma dağılımı frekansı $g(x)$ veya ihtimal yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklemler vasıtası ile tanımlanır.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (3.1)$$

Burada, $\alpha > 0$ şekil parametresi, $\beta > 0$ ölçek parametresi, $x > 0$ yağış miktarı ve

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3.2)$$

$\Gamma(\alpha)$ Gamma fonksiyonudur.

SYİ, bir istasyonda yağış toplamaları verilmiş olan frekans dağılımına bir Gamma ihtimal yoğunluk fonksiyonu uydurulmasını esas alır. Her bir istasyon için göz önünde tutulan zaman ölçeğinde (3 ay, 12, 48, ay vb.) Gamma dağılım fonksiyonun

α ve β parametreleri tahmin edilir. Thom (1958)'da, en büyük ihtimal çözümlemeleri (Maximum likelihood) ile α ve β optimum tahmini denklem (3.3) ve (3.4) ile verilmiştir.

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3.3)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (3.4)$$

Burada, eldeki n tane yağış verisinden,

$$A = \ln \left(\frac{\bar{x}}{x} \right) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.5)$$

kolayca hesaplanır. Bu parametrelerden yararlanarak toplam ihtimal yoğunluk fonksiyonu

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta} \hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (3.6)$$

şeklinde verilmiştir.

Ayrıca, $t = x / \alpha$ şeklinde bir oranın tanımlanması ile,

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (3.7)$$

elde edilir. Gamma fonksiyonu $x=0$ için belirsizdir ve bir yağış dağılımı sıfırı içerir. Bu sebeple toplam ihtimal genel olarak,

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilir. Burada “q” yağışların bulunmaması yani yağışsız günlerin yüzdesidir. Eğer, m yağış zaman serisinde yağışsız günlerin sayısı ise, bu yüzde

$$q = m / n \quad (3.9)$$

olarak tahmin edilebilir (Şen, 2003).

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; zaman serileri değerlerini normalize ederken yağış değerinden ortalama değer çıkarılıp, standart sapma değerine bölünür.

$$SYI = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (3.10)$$

McKee vd. (1993), bu yöntem yardımıyla standart hale getirilen yağış verilerinin aldıkları pozitif ve negatif değerlere göre kuraklık sınıflandırması oluşturulur. (Mc.Kee vd., 1993) kuraklık sınıflandırması Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. SYİ değerleri ve kuraklık sınıflandırması

SYİ Değerleri	Kuraklık Kategorisi
0,0- (-0,99)	Hafif şiddetli kuraklık
-1,0- (-1,49)	Orta şiddetli kuraklık
-1,5- (-1,99)	Şiddetli kuraklık
-2’den daha az	Çok şiddetli kuraklık

Çizelge 3.2’deki negatif değerlerden de anlaşıldığı üzere; SYİ değerleri negatif olunca kuraklıktan söz edilir. SYİ değeri pozitif olunca da kuraklık olayının sonlandığından söz edilebilir.

SYİ’nin bazı faydalarını şöylece sıralayabiliriz:

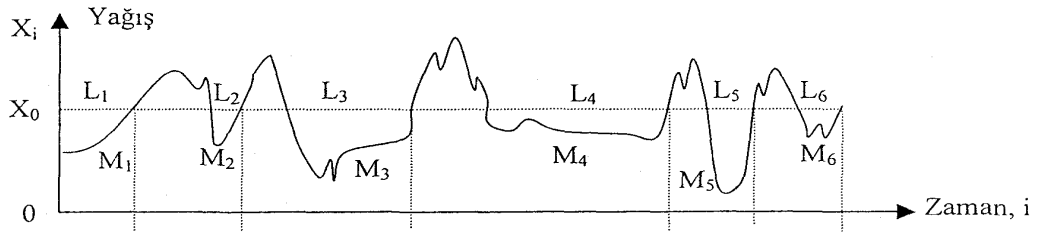
1. SYİ yalnızca yağışa bağlıdır,
2. SYİ hesaplaması kolay bir kuraklık göstergesidir,
3. SYİ sadece ihtimallerle ilgilidir,
4. Yağışta kullanılan SYİ, devam eden periyotta yağış eksikliğini hesap eder,
5. SYİ’de kullanılan yağış birinci aynı zaman periyodu için yağış ortalamasının süre gelen yüzdesini hesap eder,

6. SYİ normal dağılımlı olduğundan böylece kurak periyot kadar sulak periyot da izlenebilir,
7. SYİ kar yığını, su biriktirme haznesi, nehir akımı (akarsu), toprak nemi ve yer altı suyu gibi değişkenler için hesap edilebilir (Şen, 2009).

3.2.2. Kuraklık Zamanı, Genliği ve Şiddeti

Kuraklık olayının tanımlanabilmesi için gerekli olan faktörler; meydana gelişinin zaman ölçeğinde değerlendirilmesi, oluşan kuraklığın genliği ve şiddetidir.

Bütün kurak periyotlar $L_1, L_2, \dots, L_m$ olarak gösterilirse, burada “m” her bir kesme seviyesi (0, -1, -1,5, -2) için kurak periyot sayısıdır. Bütün kurak genlik her kurak periyodun üstündeki eksikliklerin toplamı olarak elde edilir, ayrıca kurak genlik dizisinin serisi $M_1, M_2, \dots, M_m$ olarak gösterilir.



Şekil 3.2. Kurak ve sulak gidişler (M_j : eksiklik; L_j : kurak süre)

Verilen bir dizi boyunca j-inci eksiklerin toplamı M_j

$$M_j = \sum_{i=1}^m |X_0 - X_i| \quad (3.11)$$

olarak elde edilir. Burada x_0 tanımlanan her kuraklık için SYİ kuraklık kesim seviyeleri 0, -1, -1,5 ve -2 olarak alınır, x_i ise başta tanımlanan standartlaştırılmış seridir. Kesim seviyeleri SYİ’nde olduğu şekilde hafif, orta, şiddetli ve ekstrem kuraklık olarak sınıflandırılır. Kuraklık şiddeti, kuraklık genliğinin kuraklık süresine oranından aşağıdaki şekilde hesaplanır (Sırdaş, 2002).

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad (3.12)$$

Kuraklık şiddetinin hesaplanmasında her bir kesim seviyesi için yapmak yerine sadece orta kısımda yer alan, kuraklık ve yağışlı zamanların ayrılmasını sağlayan sıfır değeri için genlik ve şiddet hesabı yapılmıştır.

3.2.3. Kuraklık Oranı

Herhangi bir istasyonun yağış serisine x_i denilirse, Kuraklık Oranı'nı (KO) şöyle tanımlayabiliriz;

$$KO = \frac{x_{\min}}{s_x} \quad (3.13)$$

Burada $x_{\min}$ incelemesi yapılan yağış serisinin en küçük değeri, s_x yağış serisinin standart sapmasıdır.

Her bir istasyonun kuraklık oranı standart yağış indisi seviyelerine eklendiğinde, istasyonlara göre daha gerçekçi kuraklık seviyeleri elde edilecektir. Yani her bir istasyonun yeni standart yağış indisi (YSYİ);

$$YSYİ = SYİ + KO = \frac{\bar{x}_i + x}{s_x} + \frac{x_{\min}}{s_x} \quad (3.14)$$

şeklinde olur. Yeni kuraklık seviyeleri ise;

$$\text{Kuraklık Seviyesi} = \text{SYİ kuraklık seviyesi} + \text{Kuraklık oranı} \quad (3.15)$$

olarak tanımlanır (Sırdaş, 2002).

3.2.4. Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Zaman serisini periyodik ve devri hareketlerin etkisinden kurtarmak amacıyla hareketli ortalamalar kullanılır. Bu hareketlerin kapsadığı veri kadar hareketli ortalamalar alınır. $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$ değerlerinden oluşan bir serinin hareketli ortalaması;

$$\frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_N}{N} \quad (3.16)$$

$$\frac{Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{N-1}}{N} \quad (3.17)$$

şeklindedir. Bu yöntemle verilerin gösterdikleri dalgalanmalar düzeltildikten sonra eğilimi tahmin edilir (Yıldız ve Malkoç, 2000).

Yapılan bu çalışma da, hareketli ortalamanın dönem değeri 3 olarak seçilip ve 3'lü hareketli ortalamalar yöntemi kullanılarak eğriler çizdirilmiştir.

3.2.5. Uzun Devre Eğilimi

Değişkenin zamana göre aldığı değerleri gösteren seriler, zaman serileri olarak adlandırılır. Burada zaman yıl, ay, hafta gibi zaman vasfının şıkları olabileceği gibi, daha uzun veya daha kısa süreler de zaman birimi olabilir. Uzun devre eğilimi; değişkeni etkileyen yapısal sebeplerle, uzun devrede değişkenin değerinde gözlenen artma, azalma veya değişmeme eğilimidir. Trend zaman serisinin karakterini ortaya koyan faktördür (http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Zaman_serileri).

Doğrusal eğilim (trend) denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Ft = a + bt \quad (3.18)$$

Buradaki F_t ; t. dönem için yapılan tahmin, t; zaman dönemi, a; $t=0$ anında F_t ' nin değeri, b; doğrunun eğimidir.

Yukarı eğilim çizgisi yükseliş sürecinde yaşanan aşağı düzeltme hareketlerinde oluşan dip noktaların birleştirilmesiyle çizilir (Çetinyokuş ve Gökçen, 2002).

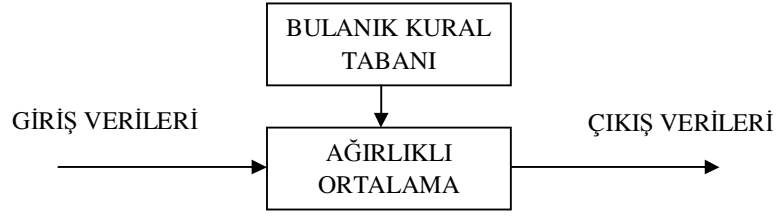
Hidrolojik kuraklıkla ilgili yapılan hesaplarda kullanılan eğrileri yardımıyla, kuraklığın uzun devredeki değişimi gözlenebilir.

3.2.6. Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

Genel bulanık sistemin mahzurlarını bir dereceye kadar ortadan kaldırabilmek için Takagi-Sugeno ve Sugeno-Kank tarafından teklif edilen Takagi-Sugeno-Kank (TSK) bulanık sistemi denilen sistem kullanılır. Burada veri tabanındaki girdiler birer sayı, bulanık kural ve çıkarım motorunun çalışması sonunda, elde edilen çıktılar ise girdilerin bir fonksiyonu şeklindedir. Yani kural tabanındaki öncül kısımların değişkenleri olduğu gibi, İSE kelimesinden sonraki kural soncul kısmına bu değişkenlerin birer doğrusal fonksiyon olarak yansıtıldığı düşünülmüştür. Buna göre kural;

Eğer arabanın x hızı yüksek İSE gaza basma kuvveti y, $y=ax$ şeklinde ifade edilebilir.

Bütün kuralların soncul kısımları sanki çok terimli bir doğrusal denklemden ibarettir. Böyle bir yapıya sahip olan bulanık sistemde soncular bulanık küme şeklinde olmadıklarından Şekil 3.3'de bulanık çıkarım motoru birimi yerine her bir kuralın öncül kısmından hesaplanan üyelik dereceleri ağırlık olmak üzere ağırlıklı çıkarım hesaplaması birimi gelir.



Şekil 3.3. TSK bulanık sistemi

Aslında böyle bir bulanık sistemde çıktı uzayı, girdilerin fonksiyonu olarak, her bir alt uzayda geçerli bir kural olmak üzere temsil edilmiştir. TSK yaklaşımı ile çıktı yüzeyinin doğrusal olmaması halinde bile, bu yüzeyin alt uzaylar üzerinde girdi değişkenleri cinsinden düzlem parçaları halinde modellendiği anlaşılır. Ancak TSK bulanık sistemlerinin mahsurları arasında, İSE kısmından sonra matematik bir ilişki bulunduğundan, kuralların soncul kısımlarının insan tarafından verilecek sözel bilgileri modelleyememesi ve giriş çıkış değişkenleri arasında yazılması mümkün olan tüm kuralların soncul kısımlarının bulanık olmaması dolayısıyla yazılamamasıdır.

Bulanık kontrol ve yapay sinir ağları ilkelerinin kaynaşması esasına dayalı olarak meydana gelmiş bir Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) her iki yapay zeka modelinin avantajlarına sahiptir. Böylece araştırmacı yapay sinir ağlarının kolay öğrenme ve hesap gücü ile EĞER-İSE kural tabanına bağlı olarak oluşturulmuş bulanık kontrol sistemlerinin tahmin gücünü bir arada kullanabilmektedir. Yani, yapay sinir ağları bulanık kontrol sistemleri ile birleşerek şeffaflaşırken, bulanık kontrol sistemleri de yapay sinir ağları sayesinde kendi kendini kontrol etme, yenileme özelliği kazanacaktır.

Girdi uzayının parçalara ayrılması için ve model yapısının tanımlanması için çok sayıda metot mevcuttur. Esas olarak ANFIS, yapay sinir hücreleri ile öğrenme yeteneğine sahip olan Sugeno tipi bulanık sistemler için grafiksel bir ağ yapısından oluşmaktadır. Ağ yapısı özel fonksiyonları olan tabakalardan ve düğüm noktalarından oluşmaktadır (Tsoukalas & Uhrig, 1997).

ANFIS'in temsili yapısını göstermek amacıyla, TSK bulanık kurallarına bağlı olan bir nöral bulanık kontrol sistemi ele alınabilir. TSK bulanık kurallarında soncul

(çıktılar), öncüllerin (girdiler) lineer kombinasyonlarından oluşmaktadırlar. Bir TSK bulanık kuralı aşağıda verilen (Denklem 3.19) yapıdadır:

$$R^j : \text{EGER } x_1, A_1^j \text{ VE } x_2, A_2^j \text{ VE} \dots \text{VE } x_n, A_n^j \\ \text{İSE } y = f_j = a_0^j + a_1^j x_1 + a_2^j x_2 + \dots + a_n^j x_n \quad (3.19)$$

burada, x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) girdi değişkenlerini, y çıktı değişkenini, A_i^j , $\mu_{A_i^j(x_i)}$ üyelik derecesine sahip olan girdiler için sözel alt kümeleri, $a_i^j \in \mathbb{R}$ ise $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ($j = 1, 2, \dots, m$, $i = 1, 2, \dots, n$) çıktı fonksiyonuna ait olan lineer denklem katsayılarını göstermektedirler.

Girdi değişkenleri x_1 ve x_2 olan, çıktısı ise y olan bir bulanık kontrol sistemi için TSK bulanık kurallarından iki tanesi aşağıdaki şekilde olur:

$$R^1 : \text{EGER } x_1, A_1^1 \text{ VE } x_2, A_2^1, \text{İSE } y = f_1 = a_0^1 + a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2 \quad (3.20)$$

$$R^2 : \text{EGER } x_1, A_1^2 \text{ VE } x_2, A_2^2, \text{İSE } y = f_2 = a_0^2 + a_1^2 x_1 + a_2^2 x_2 \quad (3.21)$$

Bulanık mantık yaklaşımında, verilen x_1 ve x_2 girdi değerlerine karşılık y^* çıktı değerinin hesaplanması,

$$y^* = (\mu_1 f_1 + \mu_2 f_2) / (\mu_1 + \mu_2) \quad (3.22)$$

şeklindedir. Burada μ_j , R^j ($j = 1, 2$) kuralının zorlayıcı gücünü göstermektedir ve,

$$\mu_j = \mu_{A_1^j}(x_1) \times \mu_{A_2^j}(x_2), j = 1, 2 \quad (3.23)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

Eğer ANFIS yapısı oluşturulurken çarpım çıkarım işlemi kullanılıyorsa, Şekil 3.4’de gösterilen ANFIS mimarisine uygun tabakalar ve düğüm fonksiyonları kullanılmaktadır. YSA mimarisine benzeyen bu yapıdaki bir yaklaşım için her bir tabaka aşağıda verilen şekilde tanımlanabilmektedir (Lin ve Lee, 1995).

Tabaka 1. Bu tabakadaki her düğüm bir girdi değerini göstermektedir ve düğümler dışarıdan gelen sinyalleri diğer tabakaya iletmektedir.

Tabaka 2. Bu tabakadaki her düğüm $\mu_{A_i^j}(x_i)$ üyelik fonksiyonu gibi çalışmaktadır ve çıktıları A_i^j miktarını veren x_i 'nin derecesini vermektedir. Genel olarak, $\mu_{A_i^j}(x_i)$, maksimum değeri 1, minimum değeri 0 olan çan eğrisi şeklinde seçilmektedir.

$$\mu_{A_i^j}(x_i) = 1 / \left\{ 1 + \left[\left((x_i - m_i^j) / \sigma_i^j \right)^2 \right]^{b_i^j} \right\} \quad (3.24)$$

veya

$$\mu_{A_i^j}(x_i) = \exp \left\{ - \left[\left((x_i - m_i^j) / \sigma_i^j \right)^2 \right]^{b_i^j} \right\} \quad (3.25)$$

burada $\{m_i^j, \sigma_i^j, b_i^j\}$ düzenlenecek parametre setidir. Gerçekte bu tabakada, trapez ya da üçgen üyelik fonksiyonu gibi sürekli ve kesikli farklı fonksiyonlar, düğüm fonksiyonları olarak kullanılmaktadır. Bu tabakadaki parametreler öncül parametreler olarak tanımlanmaktadır.

Tabaka 3. Bu tabakadaki her düğüm Π ile gösterilmektedir ve $\mu_j = \mu_{A_1^j}(x_1) + \mu_{A_2^j}(x_2)$ gelen sinyalleri çarparak çarpım sonucunu oluşturmaktadır. Her bir düğümün çıktısı bir kurala ait zorlayıcı gücü vermektedir.

Tabaka 4. Bu tabakadaki her düğüm N ile isimlendirilmektedir ve bir kurala ait zorlayıcı güç ile normalize edilmektedir. Yani, j 'inci düğüm değeri, j 'inci kuralın zorlayıcı gücünün tüm kuralların toplam zorlayıcı gücüne oranından bulunmaktadır.

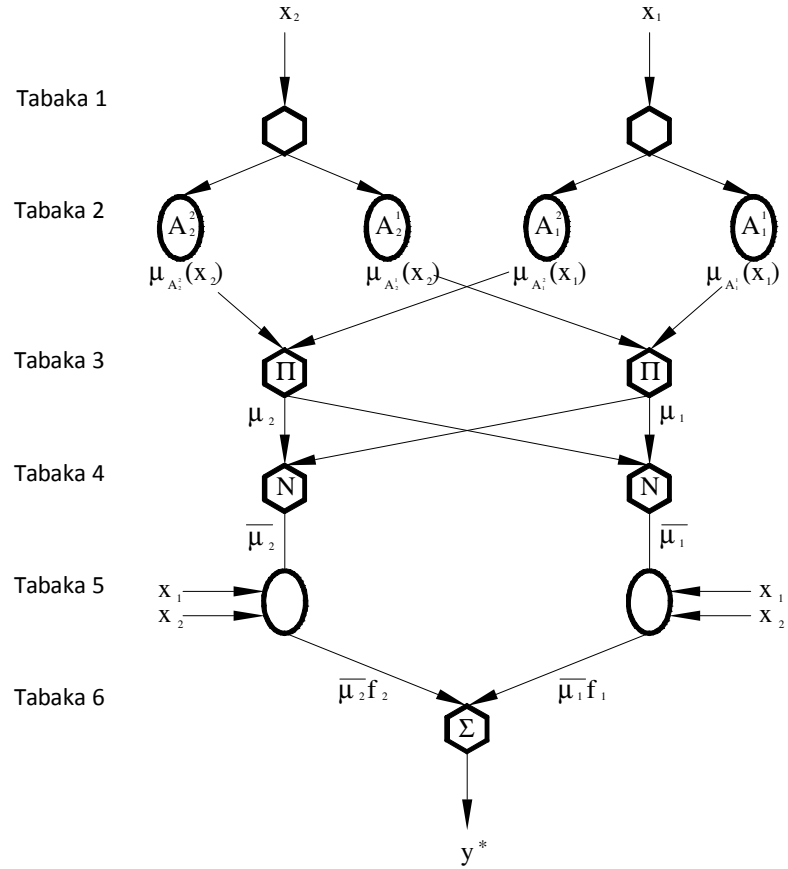
$$\overline{\mu}_j = \mu_j / \sum \mu_i \quad (3.26)$$

Tabaka 5. Bu tabakadaki her bir j düğümü ağırlıklı sonuç değerini vermektedir.

$$\overline{\mu}_j (a_0^j + a_1^j x_1 + a_2^j x_2) \quad (3.27)$$

burada $\bar{\mu}_j$ tabaka 4'ün çıktısıdır. $\{a_0^j, a_1^j, a_2^j\}$ ise düzenlenecek parametre setidir. Bu tabakadaki parametreler sonuç parametreleri olarak tanımlanmaktadır.

Tabaka 6. Bu tabakada tek bir düğüm vardır ve Σ ile gösterilmektedir. Σ tüm sistemin çıktısını elde etmek için gelen sinyallerin toplamını göstermektedir (Lin ve Lee, 1995).



$$f_1 = a_0^1 + a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2 \longrightarrow y^* = \frac{\mu_1 f_1 + \mu_2 f_2}{\mu_1 + \mu_2} = \bar{\mu}_1 f_1 + \bar{\mu}_2 f_2$$

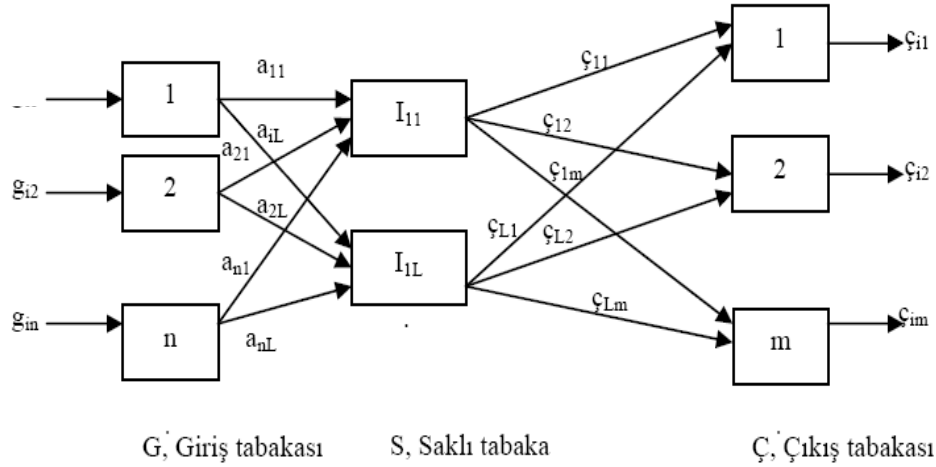
$$f_2 = a_0^2 + a_1^2 x_1 + a_2^2 x_2$$

Şekil 3.4. ANFIS yapısı (Taylan, 2009)

3.2.7. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA, bir insanın, düşünme ve gözlemlene yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesi için insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğini taklit etmektedir. İnsanlarda öğrenme, sinir hücreleri (nöronlar) arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, doğumlarından itibaren yaşayarak öğrenme süreci içerisinde olduklarından, beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Tecrübelerin sayısı arttıkça sinaptik bağlantılar ayarlanır ve yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur. Gerçekleşen girdi/çıkı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur.

YSA birçok basit sinir hücresinin bir araya gelmesinden oluştuğu için, çok tabakalı bir yapıya sahiptir. YSA'daki tabakalar, her bir tabakadaki hücreler ve bunların bir tabakadan diğerine bilgi ileten bağlantıları sanki bir bilgi ağı meydana getirir. Böyle bir ağda paralel tabakalar ve bunların içinde hücreler ve bunlar arasındaki ardışık bağlantıları sağlayan iletişim yolları bulunur. Üç tabakalı bir YSA mimarisi Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Burada birbirine paralel üç tabaka belli sayıdaki hücreleri içerirler. Bu tabakalardan her biri G, S ve Ç indisleri ile gösterilirse, bunlardan G tabakasına giriş, S tabakasına saklı veya ara, Ç tabakasına da çıkış tabakası adı verilir. Dolayısıyla, YSA verilen x_{in} girdilerine karşılık f_{out} çıktıları ürettiği için kara kutu modellerine benzetilmektedir. Giriş tabakası çıkışların meydana gelmesine sebep olan başlangıç bilgilerini, saklı tabaka bunların çıkış ile olan bağlantılarını ayarlayan sürecin iç kısımlarını, çıkış tabakası ise istenilen bilgiyi veren tabakadır.



Şekil 3.5. YSA' nın genel yapısı

Şekil 3.5'deki ağ yapısında ardışık tabakalar arasındaki ağırlıklı bağlantılar a_{ij} ve ϕ_{ij} ağırlık katsayıları ile gösterilmektedir. n, L ve m indisleri sırasıyla, girdi, saklı ve çıktı tabakalarındaki hücre sayılarını vermektedir. Böyle bir ağda giriş ve çıkış değerleri bilinmekle birlikte, YSA'daki ağırlık katsayıları eğitilerek bu giriş ve çıkışlara uygun olan içyapı ardışık yaklaşımlarla geliştirilmektedir. Öncelikle girdi olabilecek değişken sayılar ve buna göre giriş tabakasındaki hücrelerin sayısı belirlenmektedir. Sonra, YSA' nın eğitilmesi aşamasında, elimizde bulunan ölçülmüş çıkış değerleri dikkate alınmaktadır. Genellikle tahmin edilecek değer tek olur ve çıkış tabakasında tek hücre bulunur. Saklı tabakada ne kadar hücre bulunmasının gerekliliğine YSA tasarımcısının bilgi ve tecrübelerinin yardımıyla karar verilmektedir. Böyle bir yapılanma ile bir sonraki tabakanın m. hücresine i. giriş verisi dizisinden gelecek olan değerlerin toplamı

$$(NET_m) = \sum_j^L a_{ij} g_{ij} + \Theta_i \quad (3.28)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada, g_{ij} , i. veri dizisinin j. bileşenini, L de gizli tabakadaki toplam hücre sayısını ve Θ_i içsel bir katkı olarak sabit bir değeri göstermektedir. Her ara ve çıkış tabakasında bulunan hücrelerin denklem (3.28) ile gelen giriş bilgilerini işlemesi neticesinde çıkış değeri üretilmektedir. Çıkış değerleri, işlemci bulunan hücrelerde toplanan bilgilerin f(NET) işlemciden geçirilmesi ile son şeklini almaktadır.

$$SON = f(NET)$$

Burada kullanılan f(NET) işlemcisi yapılan çalışmaya göre değişik matematik fonksiyonlarla temsil edilebilmektedir(Keskin ve Taylan, 2007).

3.2.7.1. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları işleyiş olarak benzer olmalarına rağmen herhangi bir tasarım ve işleyiş standardı bulunmamaktadır. Nöron dizilimlerine, nöronların ağırlıklarının düzenleme için yapılan hesaplamaların türüne ve zamanına göre yapay sinir ağlarını üç ayrı dalda inceleyebiliriz.

3.2.7.2. Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları içerdiği nöronların birbirine bağlantı şekline göre ileri ve geri beslemeli olarak ikiye ayrılır.

1. İleri Beslemeli Ağlar

İleri beslemeli ağlarda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. Yapay sinir ağına gelen bilgiler giriş katmanına daha sonra sırasıyla ara katmanlardan ve çıkış katmanından işlenerek geçer ve daha sonra dış dünyaya çıkar.

2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ileri beslemeli olanların aksine bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan

herhangi bir nöron katmanına girdi olarak bağlanabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Geri besleme özelliğini kazandıran bağlantıların bağlantı şekline göre geri aynı yapay sinir ağıyla farklı davranışta ve yapıda geri beslemeli yapay sinir ağları elde edilebilir.

3.2.7.3. Öğrenme Algoritmalarına Göre Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarının verilen girdilere göre çıktı üretebilmesinin yolu ağın öğrenebilmesidir. Bu öğrenme işleminin de birden fazla yöntemi vardır. Yapay sinir ağları öğrenme algoritmalarına göre danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olarak üçe ayrılır.

1. Danışmanlı Öğrenme

Danışmanlı öğrenme sırasında ağa verilen giriş değerleri için çıktı değerleri de verilir. Ağ verilen girdiler için istenen çıkışları oluşturabilmek için kendi ağırlıklarını günceller. Ağın çıktıları ile beklenen çıktılar arasındaki hata hesaplanarak ağın yeni ağırlıkları bu hata payına göre düzenlenir. Hata payı hesaplanırken ağın bütün çıktıları ile beklenen çıktıları arasındaki fark hesaplanır ve bu farka göre her nörona düşen hata payı bulunur. Daha sonra her nöron kendine gelen ağırlıkları günceller.

2. Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenmede ağa öğrenme sırasında sadece örnek girdiler verilmektedir. Herhangi bir beklenen çıktı bilgisi verilmez. Girişte verilen bilgilere göre ağ her bir örneği kendi arasında sınıflandıracak şekilde kendi kurallarını oluşturur. Ağ bağlantı ağırlıklarını aynı özellikte olan dokuları ayıracabilecek şekilde düzenleyerek öğrenme işlemini tamamlar.

3. Destekleyici Öğrenme

Bu öğrenme yaklaşımında ağın her iterasyonu sonucunda elde ettiği sonucun iyi veya kötü olup olmadığına dair bir bilgi verilir. Ağ bu bilgilere göre kendini yeniden düzenler. Bu sayede ağ herhangi bir girdi dizisiyle hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işlemeye devam eder. Örneğin satranç oynayan bir yapay sinir ağı yaptığı hamlenin iyi veya kötü olduğunu anlık olarak ayırt edememesine rağmen yine de hamleyi yapar. Eğer oyun sonuna geldiğinde program oyunu kazandıysa yaptığı hamlelerin iyi olduğunu varsayacaktır ve bundan sonraki oyunlarında benzer hamleleri iyi olarak değerlendirerek oynayacaktır.

3.2.7.4. Öğrenme Zamanına Göre Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları öğrenme zamanına göre de statik ve dinamik öğrenme olarak ikiye ayrılır.

1. Statik Öğrenme

Statik öğrenme kuralıyla çalışan yapay sinir ağları kullanmadan önce eğitilmektedir. Eğitim tamamlandıktan sonra ağ istenilen şekilde kullanılabilir. Ancak bu kullanım sırasında ağın üzerindeki ağırlıklarda herhangi bir değişiklik olmaz.

2. Dinamik Öğrenme

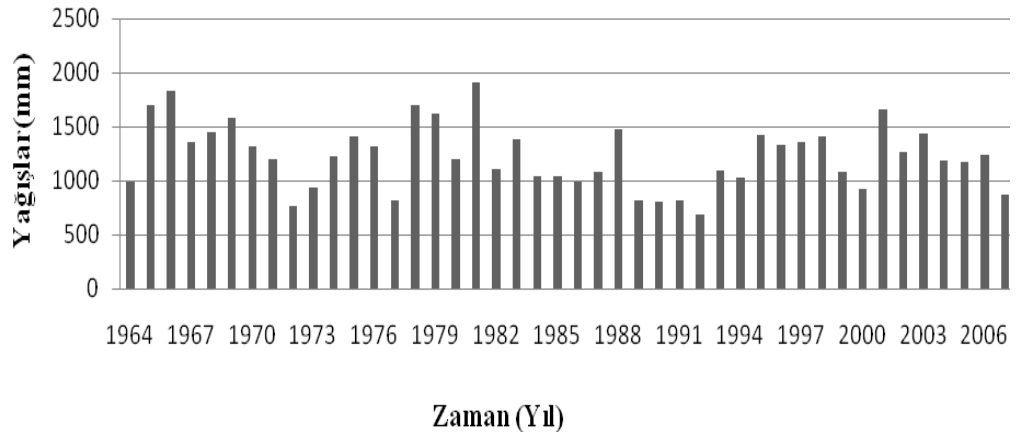
Dinamik öğrenme kuralı ise yapay sinir ağlarının çalıştığı süre boyunca öğrenmesini öngörerek tasarlanmıştır. Yapay sinir eğitim aşaması bittikten sonra da daha sonraki kullanımlarında çıkışların onaylanmasına göre ağırlıklarını değiştirerek çalışmaya devam eder. (<http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglarinin-siniflandirilmesi/>).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Devlet Su İşleri XVIII. Bölge Müdürlüğü'nden alınan Kovada istasyonuna ait 1964-2007 yılları arasındaki 44 yıllık yağış, göl seviye ve hacim değerleri kullanılarak, SYİ, kuraklık oranı ve kuraklık genliği, zamanı ve şiddeti yöntemleri ile meteorolojik, hareketli ortalama ve uzun devre eğilimi yöntemleri vasıtası ile de hidrolojik kuraklık analizleri yapılmıştır. Bölgedeki mevcut kuraklığın hangi boyutlarda olduğu değerlendirilmiştir. Sonuçta da; yağışların azalması ile göl seviyesinde de azalma olduğu saptanmıştır.

4.1. Meteorolojik Kuraklık Analizi

SYİ yöntemi ile veriler değerlendirilmeden önce bölgede meydana gelen yağışların ortalama, en küçük ve en büyük değerleri Şekil 4.1 'de incelenmiştir.



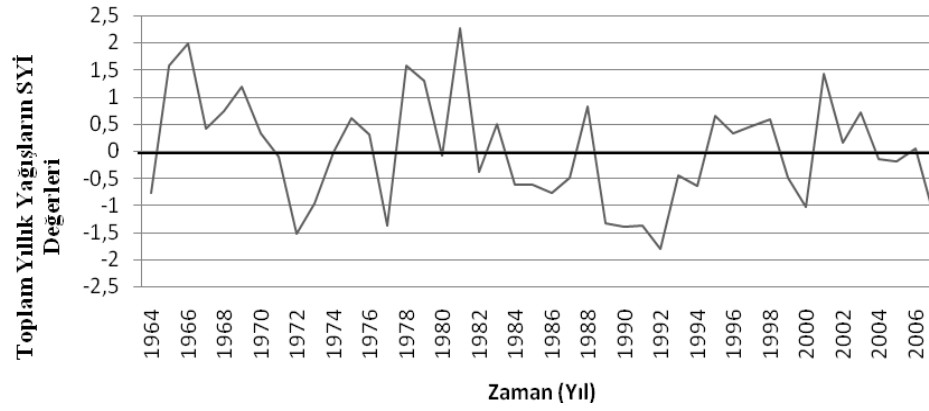
Şekil 4.1. Kovada istasyonuna ait yıllık toplam yağışlar

Kovada istasyonunun yağış verileri kullanılarak SYİ yöntemi ile veriler standartlaştırılıp, kuraklık kategorisi belirlendikten sonra 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık periyotlar için zaman serileri çizdirilmiştir. 1964-2007 yılları arasındaki 44 yıllık SYİ değerlerinin yüzdeleri dağılım yüzdeleri Çizelge 4.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kovada istasyonundaki kurak ve yağışlı dönemlerin dağılımı

Dönemler	Dağılım (%)
Kurak	52
Yağışlı	48

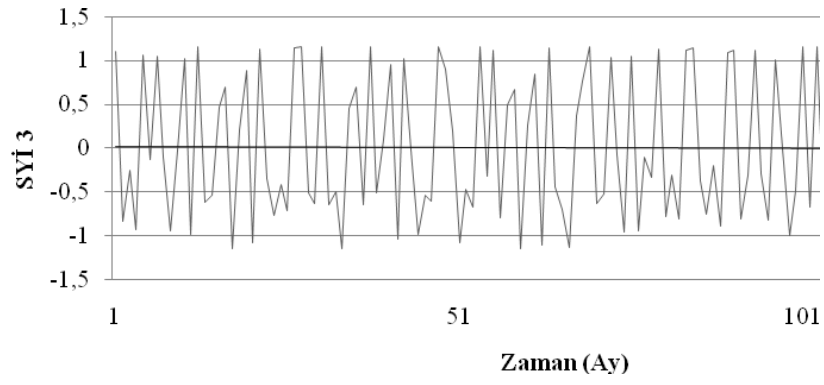
İlk olarak yıllık toplam yağışlar SYİ yöntemi ile irdelenmiş ve bulguları ortaya konulmuştur(Şekil 4.2).



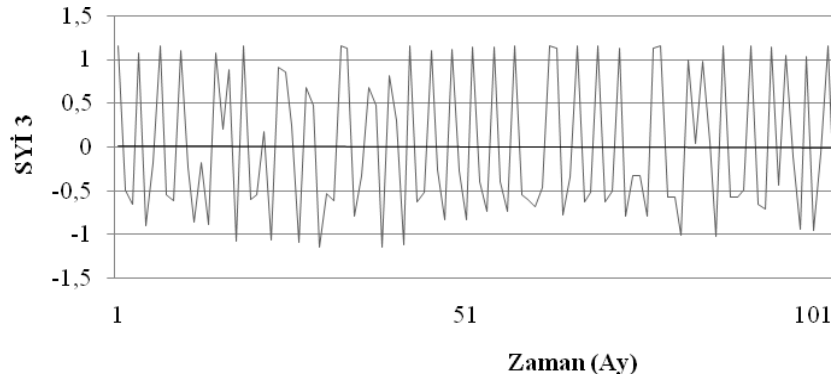
Şekil 4.2. Kovada istasyonuna ait yıllık toplam yağışların SYİ değerleri

Kovada istasyonun yıllık toplam yağışlarının değerlendirilmesiyle görülmüştür ki; kurak yıl sayısının yağışlı yıl sayısından fazla olduğu ve kurak yıllarında hafif şiddetli ve orta şiddetli kuraklık sınıflandırmaları arasında dağıldığı gözlenmiştir.

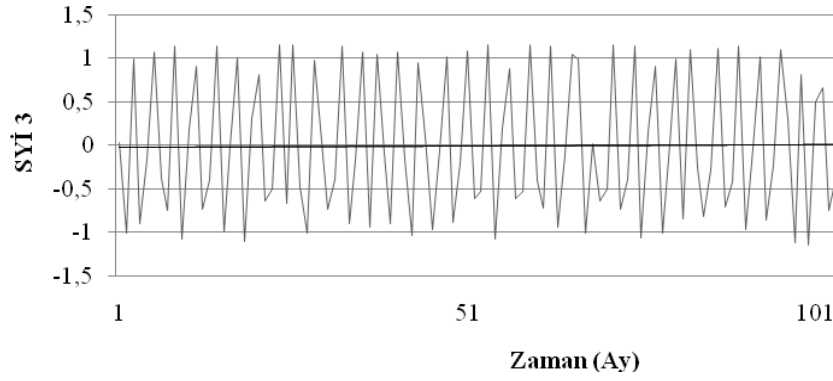
İkinci olarak da 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık periyotlar için standart değerler bulunmuş ve zaman serilerinde gösterilmiştir (Şekil 4.3, 4.4, 4.5,...,4.11). Daha sonra bu değerler için görülme sıklıkları yüzde olarak ifade edilmiştir.



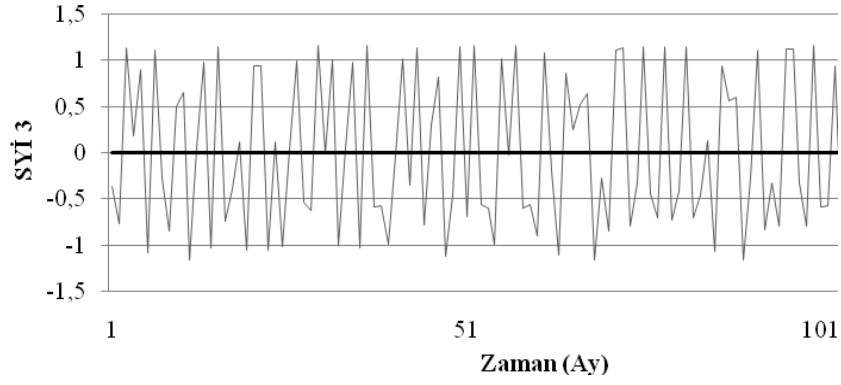
Şekil 4.3. Kovada istasyonuna ait ilkbahar aylarının 3 aylık SYİ değerleri



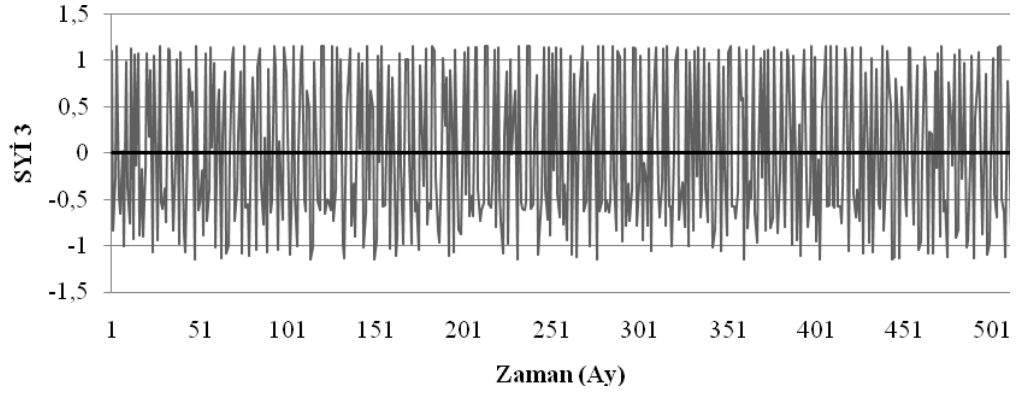
Şekil 4.4. Kovada istasyonuna ait yaz aylarının 3 aylık SYİ değerleri



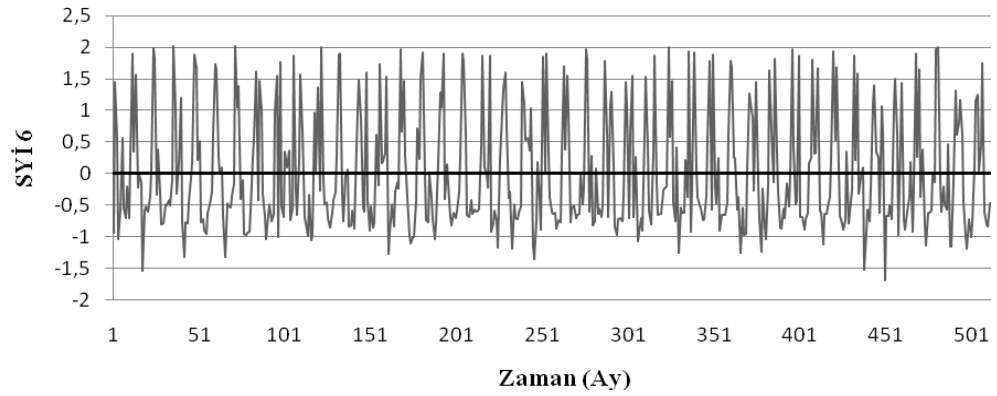
Şekil 4.5. Kovada istasyonuna ait sonbahar aylarının 3 aylık SYİ değerleri



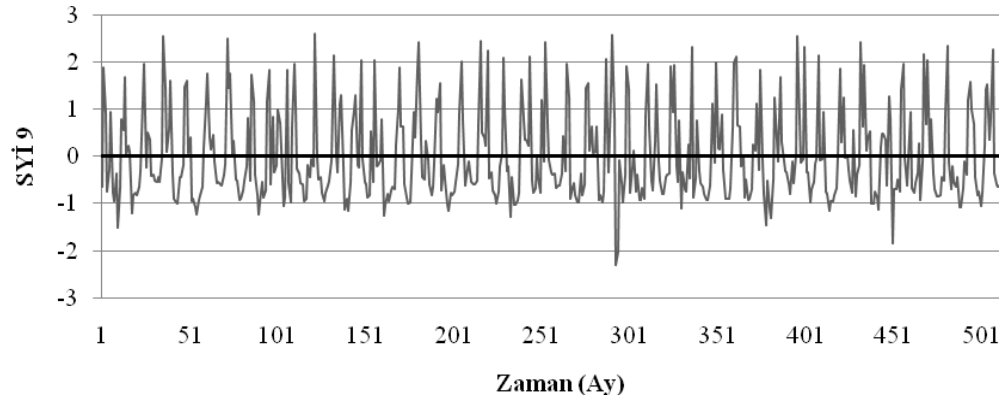
Şekil 4.6. Kovada istasyonuna ait kış aylarının 3 aylık SYİ değerleri



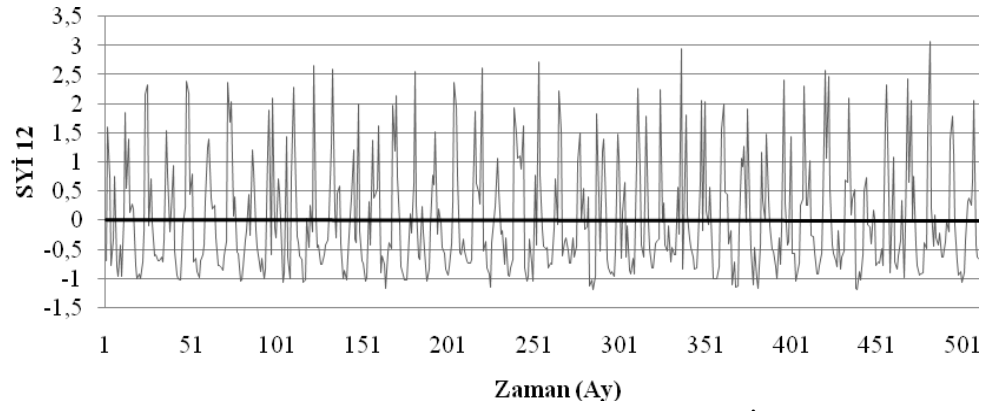
Şekil 4.7. Kovada istasyonuna ait 3 aylık SYİ değerleri



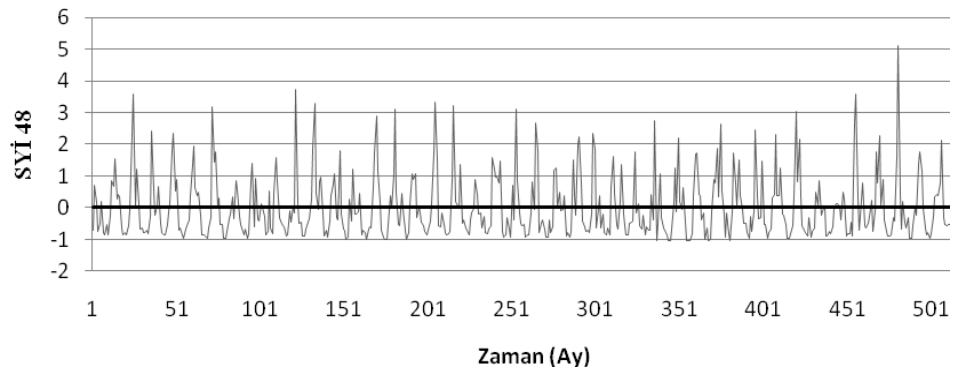
Şekil 4.8. Kovada istasyonuna ait 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.9. Kovada istasyonuna ait 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.10. Kovada istasyonuna ait 12 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.11. Kovada istasyonuna ait 48 aylık SYİ değerleri

Zaman serilerinin değerlerinin hangi aralıklar arasında kaldığı Çizelge 4.2’den daha iyi anlaşılabilir.

Çizelge 4.2. Kuraklık kategorilerinin Kovada istasyonuna ait verilerdeki dağılımı

SYİ	Kuraklık Kategorisi	Zaman (%) 3 Aylık	Zaman (%) 6 Aylık	Zaman (%) 9 Aylık	Zaman (%) 12 Aylık	Zaman (%) 48 Aylık
0 - (-0,99)	Hafif Şiddetli Kuraklık	46	56	57	54	57
-1 - (-1,49)	Orta Şiddetli Kuraklık	10	5	5	9	4
-1,5 - (-1,99)	Şiddetli Kuraklık	0	0	1	0	0
≤ -2	Çok Şiddetli Kuraklık	0	0	0	0	0
≥ 0	Yağışlı	44	39	37	37	39

Çizelge 4.2’den görüldüğü gibi serilerin değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bulunan sonuçlardan sadece 3 aylık zaman serilerinin sonuçları diğer sonuçlara göre farklılık göstermiştir. Bu serinin farklı sonuçlar vermesinin sebebi; kısa periyotlu olarak incelenmesidir. Kuraklık kategorisine, kurak olmayan yani SYİ değerleri 0’den büyük çıkan indisler için de yağışlı olarak bir sınıf eklenmiştir. Böylece kuraklık olayı ile beraber kurak olmayan dönemlerinde görülmesi sağlanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde kurak ay sayısının yağışlı ay sayısından fazla olduğu görülmüştür. Bu da bölgede kuraklık olayının varlığını açıkça göstermektedir.

4.1.1. Kuraklık Zamanı, Genliği ve Şiddetinin Hesabı

Kuraklık olayının sonuçlarının açıkça görülebilmesinde, kurak geçen zamanın büyüklüğü, genliği ve şiddetinin bilinmesinin büyük yararı vardır. Kuraklık yorumlarının bu ölçüde değerlendirilmesi de gerçekçi yaklaşımlar yapıldığının kanıtıdır.

Bu hesapların yapılmasında, standart yağış indisi yöntemi ile hesaplanan 12 aylık kuraklık indisleri kullanılmıştır (Çizelge 4.3). 3, 6, 9 ve 48 aylık periyotların hesaplarda kullanılmamasının sebebi, 12 yıllık olarak hesaplanan indislerin daha doğru sonuçlar vereceği düşüncesidir.

Sıfırın altındaki (negatif) standart sapma değerleri kurak dönemleri, sıfırın üstündeki (pozitif) standart sapma değerleri sulak (yağışlı) dönemleri göstermektedir.

Bu nedenle; genlik ve şiddet hesabı yapılırken 12 aylık standart yağış indisi değerlerinin sıfırın altında kalan değerleri belirlenmiş, art arda gelen kurak dönemler dikkate alınarak bu art arda gelen dönemlerin indislerinin toplamının yıl sayısına bölünmesiyle kuraklık şiddeti hesap edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. 12 aylık SYİ değerlerinin kuraklık görülen dönemleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
1964							-0,81380
1965						-0,78319	-1,00698
1966		-0,10989			-0,61767	-0,60724	-0,70661
1967		-0,21328			-0,54710	-0,95882	-1,01724
1968					-0,66676	-0,88144	-0,98348
1969					-0,31590	-0,79232	-0,77712
1970					-0,56824	-0,57597	-1,05227
1971	-0,27199			-0,18539	-0,48069	-0,74990	-0,89076
1972	-0,60452			-0,30188			-0,01758
1973				-0,28498	-0,39981	-0,62948	-0,67709
1974				-0,47555	-0,43366	-0,76499	-0,77337
1975			-0,31003			-0,41091	-1,01179
1976			-0,38655		-0,20863	-0,70621	-0,74629
1977					-0,91113	-0,62651	-0,77402
1978				-0,07348	-0,79866	-0,95602	-1,02927
1979				-0,67822		-0,21972	-0,81238
1980				-0,05361	-0,46668	-0,56994	-0,84185
1981				-0,59155	-0,32052	-0,53519	-0,70899
1982					-0,53306	-0,37794	-0,83322
1983					-0,76875	-0,31065	-0,94509
1984					-0,82545	-1,05170	-0,96898
1985			-0,15557	-0,45341	-0,50145	-0,46782	-0,83388
1986			-0,62971	-0,37288	-0,30687	-0,54289	-0,74908
1987				-0,15827	-0,11760		-1,14384
1988	-0,53987				-0,67860	-0,82061	-0,92487
1989	-0,66093				-0,10356	-0,87563	-0,94169
1990	-0,44093				-0,05038	-0,49726	-0,83648
1991	-0,04831				-0,10962	-0,72701	-0,46779
1992	-0,85611				-0,34070	-0,46615	-0,64450
1993	-0,17798			-0,08273		-0,47492	-1,01727
1994				-0,41190	-0,18704	-1,12349	-0,72313
1995					-0,51491	-1,11294	-0,47155
1996					-0,52397	-0,54217	-0,81152
1997					-0,58593	-0,58873	-1,05754
1998				-0,26408	-0,28483	-0,56181	-0,93538
1999				-0,43728	-0,58061	-0,69547	-0,80837
2000						-1,18389	-1,19326
2001		-0,12194				-0,79582	-0,72479
2002		-0,92095			-0,72014	-0,84380	-0,61803
2003					-0,44313	-0,78073	-0,94325
2004					-0,31177	-0,42542	-0,23644
2005				-0,09321	-0,72407	-0,94889	-0,89408
2006				-0,43951	-0,64668	-0,69139	-0,66631
2007				-0,83746	-0,86270	-0,49171	-0,92074

Çizelge 4.3. (devam)

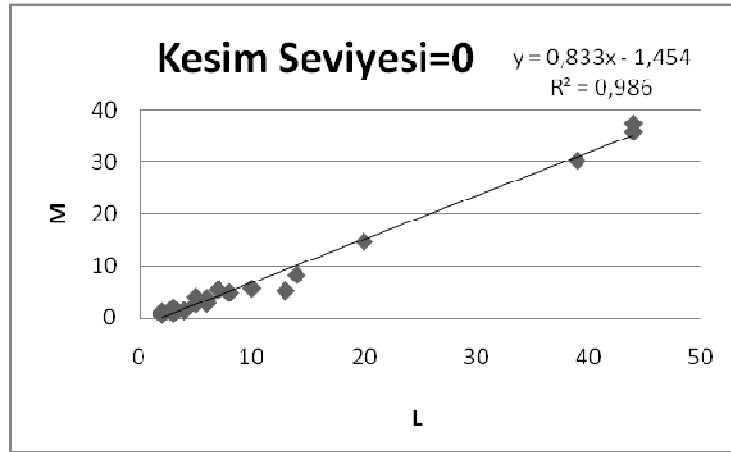
YILLAR	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1964	-0,96709	-0,43001	-0,96709		
1965	-0,92566	-1,02137	-0,71483	-0,20322	
1966	-0,71058	-0,64848	-0,72300	-0,34391	
1967	-1,04506	-0,60645	-0,08624		
1968	-0,70023	-0,59248	-0,42923		
1969	-0,82139	-0,86037	-0,61986	-0,37075	
1970	-1,04067	-0,83199	-0,35279	-0,17889	
1971	-0,66642	-1,01180	-0,85320		
1972	-1,07223	-0,90166		-0,65037	
1973	-1,07480	-1,03279		-0,47543	
1974	-0,60199	-0,44051	-0,34225		
1975	-0,86843	-1,03834	-0,62507		
1976	-1,05911	-0,99850		-0,43445	
1977	-1,17665	-0,55015		-0,48767	
1978	-1,02492	-0,65580		-0,21924	
1979	-1,06175	-0,85894	-0,09897		
1980	-0,94985	-0,79922	-0,41931		
1981	-0,74798	-0,73576	-0,68691		
1982	-0,93034	-1,15861	-0,38802		
1983	-0,96812	-0,83432	-0,69166		
1984	-0,34009	-0,74516	-1,05170		-0,43862
1985	-0,75221	-0,77431	-0,14692		-0,07870
1986	-0,73732	-0,30506	-0,63513		
1987	-1,03810	-1,20078	-0,97167		
1988	-0,90024	-0,96755	-0,51606		
1989	-0,66644	-0,92792			
1990	-0,83648	-0,41339		-0,33077	
1991	-0,59148	-0,60332		-0,25375	
1992	-0,85308	-0,83495	-0,41628		
1993	-1,01727	-1,01727	-0,81221		
1994	-1,16462	-1,14680	-0,11986		
1995	-1,01815	-1,18656	-0,43121		
1996	-1,00533	-0,31287	-0,77239		
1997	-0,85063	-0,73506			
1998	-0,93538	-0,78691	-0,57538		
1999	-0,18497	-0,84175	-0,63264		
2000	-0,89182	-1,04020	-0,59663		
2001	-0,73519	-0,49208	-0,79582		
2002	-0,34121		-1,00037	-0,10523	
2003	-0,93304	-0,90085	-0,38425	-0,49416	
2004	-0,64102	-0,64102	-0,38126	-0,02668	
2005	-1,07305	-0,91981	-0,35271		
2006	-0,67176	-0,66958			
2007	-0,92074	-0,79456			

Çizelge 4.4. Kuraklık zamanı (L), genliği (M) ve şiddeti (I) nin hesabı

YILLAR	AYLAR	KURAK DÖNEM SAYILARI (L)	M	I
1971-1972	Ocak	2	0,87651	0,43826
1988-1993		6	2,72413	0,45402
1966-1967	Şubat	2	0,32317	0,16158
2001-2002		2	1,04289	0,52144
1975-1976	Mart	2	0,69657	0,34829
1985-1986		2	0,78528	0,39264
1971-1974	Nisan	4	1,24779	0,31195
1978-1981		4	1,39687	0,34922
1985-1987		3	0,98457	0,32819
1993-1994		2	0,49463	0,24732
1998-1999		2	0,70136	0,35068
2005-2007		3	1,37018	0,45673
1966-1971	Mayıs	6	3,19636	0,53273
1973-1974		2	0,83347	0,41673
1976-1978		3	1,91841	0,63947
1980-1992		13	5,12324	0,39410
1994-1999		6	2,67730	0,44622
2002-2007		6	3,70848	0,61808
1965-1971	Haziran	7	5,34888	0,76413
1973-1986		14	8,16997	0,58357
1988-2007		20	14,6478	0,73239
1964-2007	Temmuz	44	35,9519	0,81709
1964-2007	Ağustos	44	37,5129	0,85257
1964-2001	Eylül	39	30,3395	0,77794
2003-2007		5	3,92581	0,78516
1964-1971	Ekim	8	4,74624	0,59328
1974-1975		2	0,96732	0,48366
1979-1988		10	5,60638	0,56064
1992-1996		5	2,55194	0,51039
1998-2005		8	4,71905	0,58988
1965-1966	Kasım	2	0,54712	0,27356
1969-1970		2	0,54964	0,27482
1972-1973		2	1,12581	0,56290
1976-1978		3	1,14136	0,38045
1990-1991		2	0,58452	0,29226
2002-2004		3	0,62607	0,20869
1984-1985	Aralık	2	0,51733	0,25866

Çizelge 4.3'te verilen indisler irdelenmiş ve sıralı devam eden kurak dönemler belirlenip toplanıp kuraklık genliği (M) hesap edilmiştir. Genlik değerlerinin kurak dönem sayılarına bölünmesiyle de Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi kuraklık şiddetleri belirlenmiştir.

Kuraklık genliği ve zamanından oluşan Şekil 4.12'deki dağılım grafiği incelendiğinde R^2 değerinin yüksekliği de yapılan hesapların doğruluğunu göstermektedir. R^2 değeri; kuraklık tahmini hatasına bağlı olarak tanımlanan determinasyon katsayısına göre belirlenmiştir ve bu değer 1'e yakın olması modelin uygunluğunu gösterir.



Şekil 4.12. M ve L değerlerinin dağılımı

4.1.2. Kuraklık Oranı

Meteorolojik kuraklık olayını inceleyen Sırdaş (2002) yılında yaptığı çalışmada kuraklık oranı diye tanımlanan yeni bir indis geliştirmiştir.

Standart yağış kesim seviyeleri daha öncede verildiği üzere 0, -0,5, -1, -1,5, -2 sınıflarına sahiptir. Yağış yerel olarak değişmesine rağmen, kuraklık kesim seviyeleri yerel olarak değişmemektedir. Yani şiddetli kurak olan bölgenin kuraklık kesim seviyesi ile hafif kurak olan bölgenin kesim seviyesi aynı değere sahip olmaktadır.

Bu nedenle yerel olarak yağış serisine ve istasyona göre değişen yeni kuraklık kesim seviyeleri belirlemek gerekmektedir (Sırdaş, 2002).

Çalışmada tüm aylar için ayrı ayrı en küçük değerler ve standart sapmalar hesaplanıp kuraklık oranları bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Aylara göre kuraklık oranları

Aylar	Kuraklık Oranı
Ocak	0,000659083
Şubat	0,155324117
Mart	0,176068231
Nisan	0,084108349
Mayıs	0,111919468
Haziran	0
Temmuz	0
Ağustos	0
Eylül	0
Ekim	0
Kasım	0,336510706
Aralık	0,04491339

Kuraklık oranlarının bazı aylar sıfır olarak bulunmasının nedeni, mevcut aylardaki minimum yağış değerlerinin sıfır olmasıdır. Bu da gösterir ki; kurak aylar da kuraklık oranı hesaplanamamaktadır.

Kovada istasyonuna ait 12 aylık periyotta hesaplanan standart yağış indislerinin sıfıra en yakın negatif değerlerine kuraklık oranı değerleri eklendiğinde, kuraklık kategorisinin değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.6).

1964-2007 yılları arasındaki değişen 22 kuraklık kategorisinin çoğunun kasım ayında olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi de; kasım ayındaki kuraklık oranının diğer aylara göre daha büyük değere sahip olmasıdır.

Çalışmada yeni bir indisin hesaplanmasının sebebi; tüm aylar içinde az bir yüzde de olsa % 4'lük bir değişimin meydana gelmesi ve kategori sınıflarının değişmesidir.

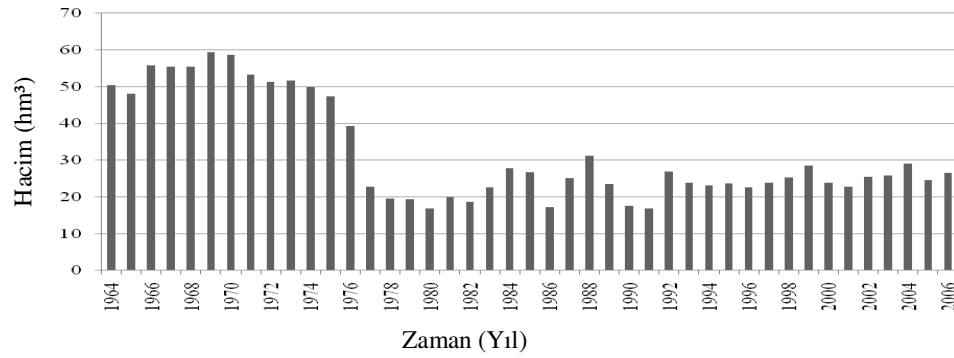
Hesaplanan oranlar 12 aylık SYİ değerlerine eklenmiş ve bazı aylarda kuraklık kategorilerinin değiştiği gözlenmiştir. Bu değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir

Çizelge 4.6. Yeni Standart Yağış İndisleri

Yıl	Ay	SYİ	Kuraklık Kategorisi	Kuraklık Oranı	YSYİ	Yeni Kuraklık Kategorisi
1965	11	-0,203218134	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,133292572	yağışlı
1966	2	-0,109887383	hafif şiddetli kuraklık	0,155324117	0,045436734	yağışlı
1966	4	-0,069642268	hafif şiddetli kuraklık	0,084108349	0,014466082	yağışlı
1970	11	-0,178893221	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,157617485	yağışlı
1972	3	-0,136799753	hafif şiddetli kuraklık	0,176068231	0,039268478	yağışlı
1972	12	-1,004370029	orta şiddetli kuraklık	0,04491339	-0,95945664	hafif şiddetli kuraklık
1978	11	-0,219244876	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,11726583	yağışlı
1980	4	-0,053607472	hafif şiddetli kuraklık	0,084108349	0,030500877	yağışlı
1985	3	-0,155567072	hafif şiddetli kuraklık	0,176068231	0,02050116	yağışlı
1987	2	-0,021351744	hafif şiddetli kuraklık	0,155324117	0,133972373	yağışlı
1989	5	-0,103561274	hafif şiddetli kuraklık	0,111919468	0,008358194	yağışlı
1990	5	-0,050382862	hafif şiddetli kuraklık	0,111919468	0,061536605	yağışlı
1990	11	-0,330774444	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,005736262	yağışlı
1991	5	-0,109620455	hafif şiddetli kuraklık	0,111919468	0,002299012	yağışlı
1991	11	-0,253749394	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,082761312	yağışlı
1993	4	-0,082733464	hafif şiddetli kuraklık	0,084108349	0,001374886	yağışlı
1995	2	-0,035885116	hafif şiddetli kuraklık	0,155324117	0,119439001	yağışlı
1996	11	-0,149078829	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,187431877	yağışlı
2001	2	-0,121937416	hafif şiddetli kuraklık	0,155324117	0,033386701	yağışlı
2002	11	-0,10522727	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,231283436	yağışlı
2004	11	-0,026679842	hafif şiddetli kuraklık	0,336510706	0,309830864	yağışlı
2007	3	-0,105576474	hafif şiddetli kuraklık	0,176068231	0,070491757	yağışlı

4.2. Hidrolojik Kuraklık Analizi

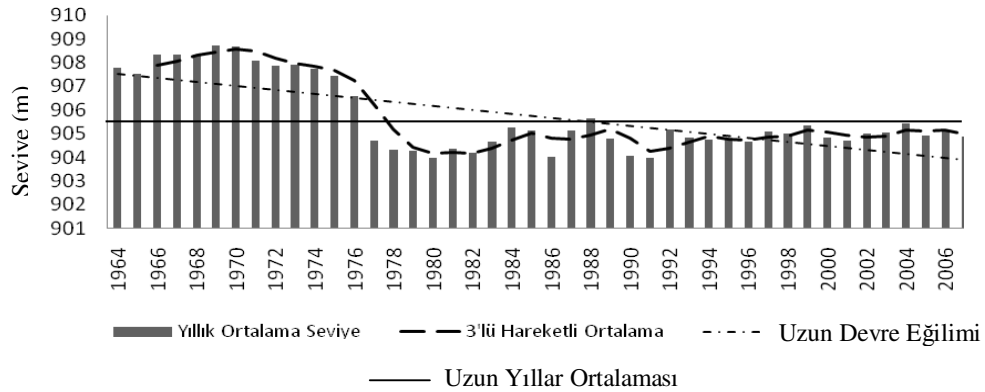
Kovada istasyonunun aylık göl hacim ve seviye değerleri kullanılarak hidrolojik kuraklık olayı incelenmiş ve kuraklık değerlendirmesi yapılmıştır. Ortalama yıllık hacim ve seviye değerleri Şekil 4.13 ve 4.14’de gösterilmiş ve çeşitli yöntemlerle hidrolojik açıdan kuraklık değerlendirilmiştir.



Şekil 4.13. Kovada istasyonuna ait yıllık ortalama göl hacim değerleri

Şekil 4.13 incelendiğinde; gözle görülebilecek değerlerde yıllık ortalama göl hacminde azalma olduğu görülmektedir. Hacimdeki ani kırılmaların, kanal kapaklarının açılarak seviyenin düşürülmesinden kaynaklandığı bilindiği için, küçük dalgalanmaların yağış azlığı ve fazlalığından kaynaklandığı söylenebilir.

Göl gözlem istasyonundan alınan seviye değerleri Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14. Kovada istasyonuna ait yıllık ortalama seviyeler ve uzun devre eğilimi

Şekil 4.14 incelendiğinde; 1964–1972 yılları arasında düzensiz bir seviye değişimi, 1973–1978 yılları arasında da azalma eğilimi, 1979–1981 yılları arasında da seviyede düzensiz bir eğilimin hakim olduğu gözlenmiştir. 1982–1984 yılları arasındaki kısa dönemde seviye artışı görülürken, 1984–2006 dönemleri arasındaki periyotta ise seviye değerleri bazı dönemler artış gösterirken, bazı dönemlerde azalma göstererek düzensiz bir seyir izlemiştir.

Son dönemdeki düzensizliklere rağmen, ölçümlerin başlangıcından son ölçümlere kadar geçen dönemde uzun devre eğiliminde azalma olduğu ve son dönemlerdeki seviye ile başlangıçtaki seviye arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir.

Uzun yıllar seviye ortalamasının 905,6957 m olduğu bilindiğinde, Şekil 4.14 ‘den görüldüğü gibi başlangıçtaki dönemlerde seviye ortalamasının üzerindeyken, son dönemlerde göl seviyesinin ortalamasının altında kaldığı görülmüştür.

Hesaplanan hareketli ortalamalar ise, eğilimin yönünün ve ne zaman değiştiğinin belirlenmesini sağlamıştır. Değişen ve devam eden eğilimler yine hareketli ortalamalar yöntemiyle belirlenmiştir. Seviye değerleri artarken hareketli ortalamanın eğimi yukarı yönlü iken, seviye azalmalarında eğim aşağı yönlü olmuştur. Şekil 4.14’de, seviye değerlerinin değişim yönüne göre hareketli ortalama eğrisinin de değiştiği gözlenmiş ve böylece bu eğriye bakarak hangi dönemlerde nasıl bir seviye değişimi olduğu kolaylıkla belirlenmiştir.

4.3. Yapay Zeka Modelleri ile Modelleme

Kovada Gölü’nün standart yağış indisi değerleri kullanılarak kuraklık sınıflarının modellenmesi yapılmıştır. Modellemenin yapılmasındaki amaç, veri eksikliğinde veri tahmini yapmak ve kuraklık sınıflandırmasını oluşturabilmektir. Bu çalışmada yapay zeka modellerinden Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır.

Her iki modelde de iki girdi ve bir çıktı mevcuttur. Girdiler bir önceki ayın ve o ayın yağış verilerinden, çıktı ise standartlaştırılmış yağış indislerinden oluşmaktadır.

Girdi ve çıktı değerleri, her iki model için de eğitim ve test olmak üzere ayrılmıştır. Verilerin %80'i eğitim de, %20'si ise test de kullanılmak ve model oluşturmak için seçilmiştir.

Standart yağış indisi değerleri ve modelden elde edilen indisler R^2 değerlerine göre değerlendirilmiştir.

$$R^2 = \frac{D_o - D}{D_o} \quad (4.1)$$

$$D_o = \sum_{i=1}^n (D_{i(SYI)} - D_{ort-SYI})^2 \quad (4.2)$$

$$D = \sum_{i=1}^n (D_{i(SYI)} - D_{i(model)})^2 \quad (4.3)$$

Burada, n , gözlenmiş aylık yağış verilerine bağlı olarak hesaplanan SYİ verilerinin sayısı, $D_{i(SYI)}$, SYİ ile hesaplanmış kuraklık değeri, $D_{i(model)}$, modellerin tahmini ve $D_{ort-SYI}$, SYİ ile hesaplanmış ortalama kuraklık değeridir (Keskin, Terzi ve Taylan 2008).

4.3.1. Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

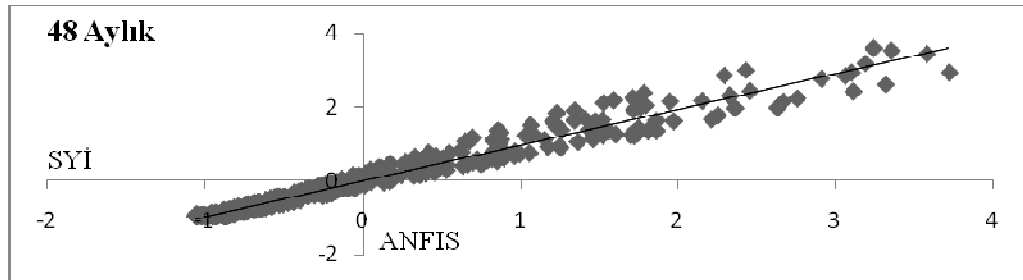
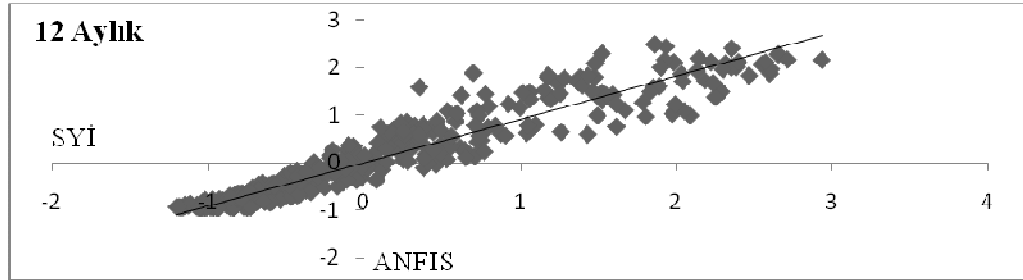
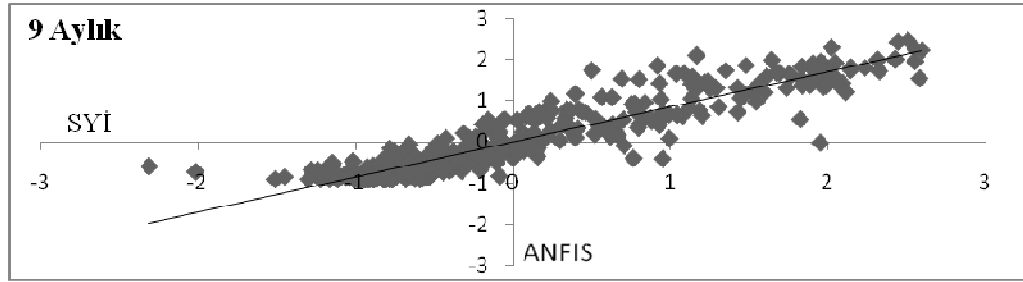
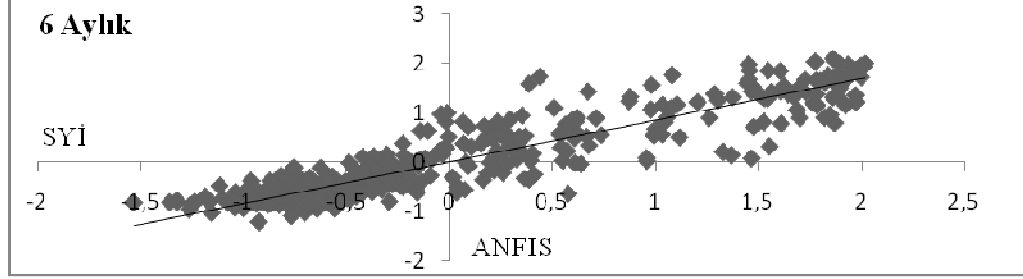
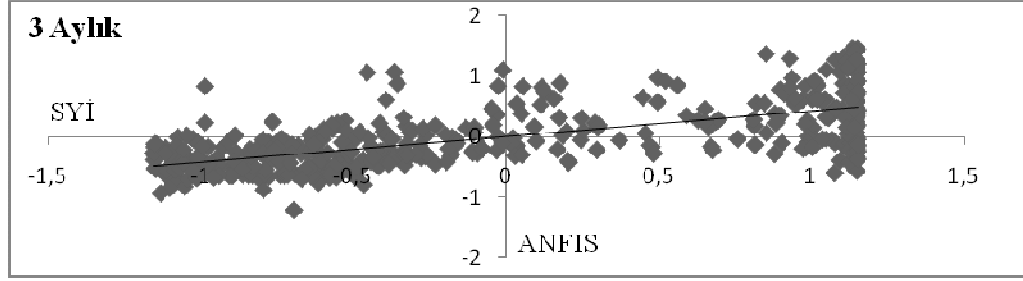
Kovada Gölü'nün yağış verileri Standart Yağış İndisi (SYİ) metodu ile standartlaştırılıp, ANFIS ile modellenmiştir.

ANFIS ile yapılan hesaplarda 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık zaman periyotları için modelleme yapılmıştır. Çıkan determinasyon katsayıları Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

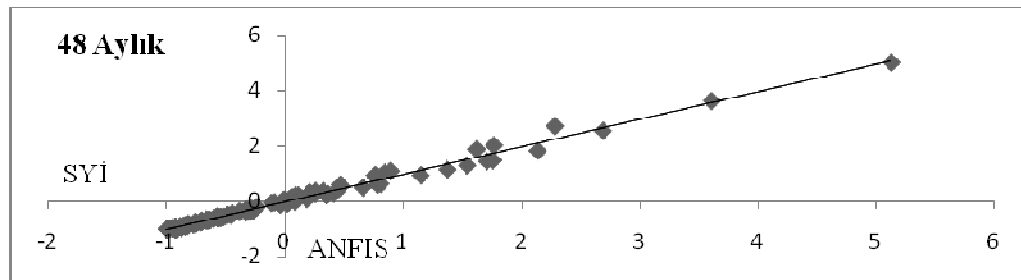
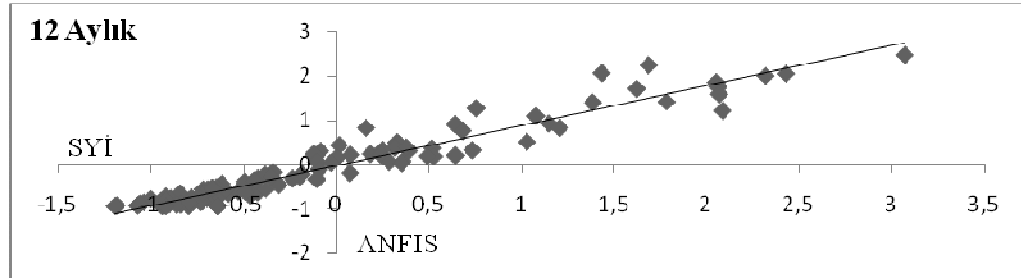
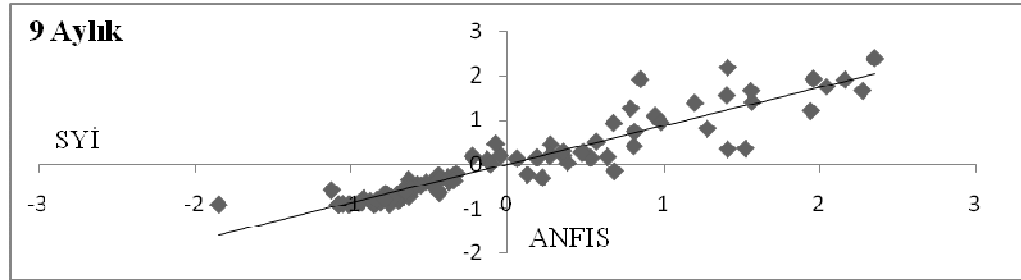
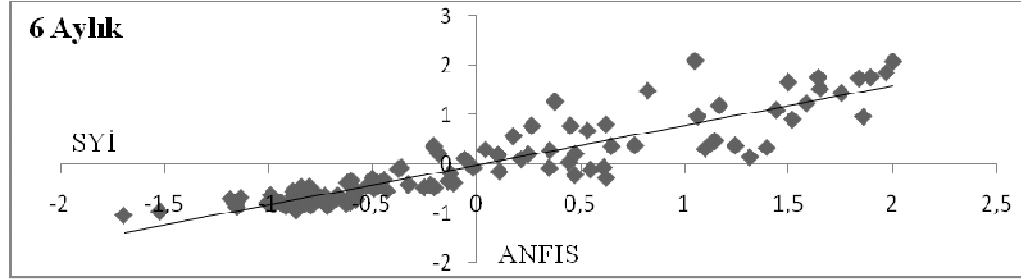
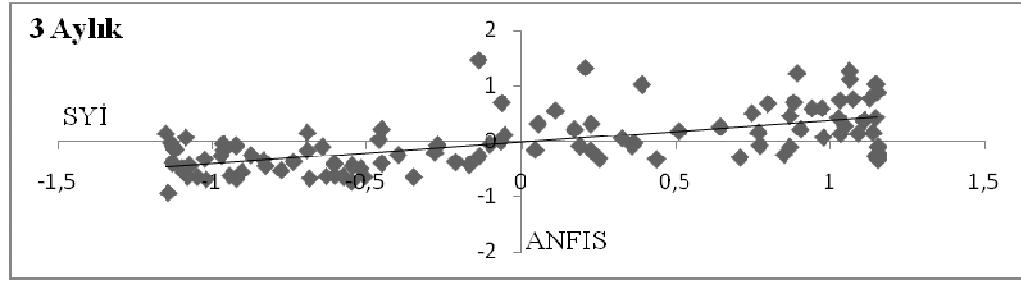
Çizelge 4.7. ANFIS modeli sonuçları ile SYİ değerleri arasındaki R^2 değerleri

	Eğitim Sonuçları	Test Sonuçları
3 Aylık	0,429	0,370
6 Aylık	0,842	0,823
9 Aylık	0,855	0,836
12 Aylık	0,907	0,930
48 Aylık	0,962	0,988

Çizelge 4.8’den de görüldüğü gibi, periyot aralıkları büyüdükçe daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 4.15’de eğitim seti için ve Şekil 4.16’de test seti için SYİ ve ANFIS modelinden elde edilen sonuçlar arasında çizilen saçılma diyagramları verilmiştir. Sonuçta; 48 aylık zaman dilimi için en uygun sonucu vermektedir. Bu saçılma diyagramlarından da açıkça görülmektedir.



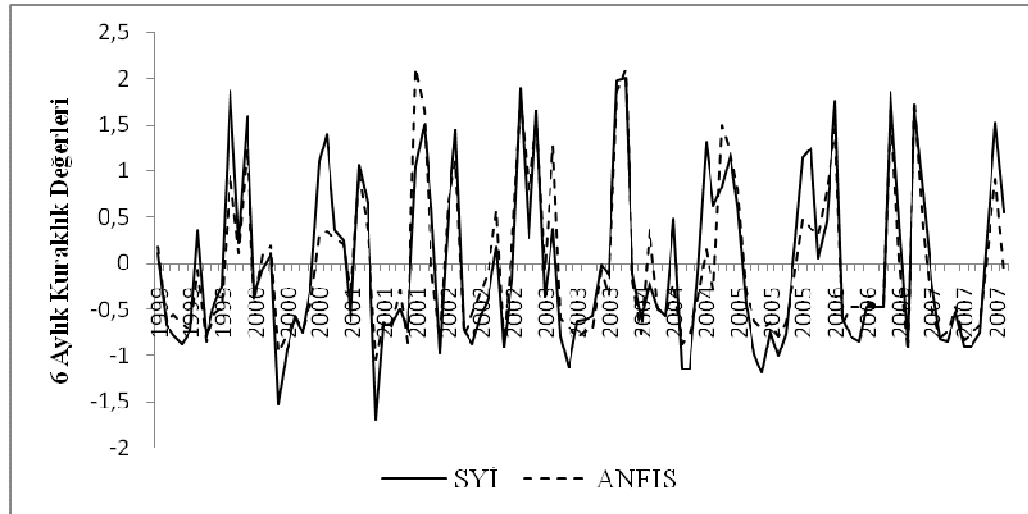
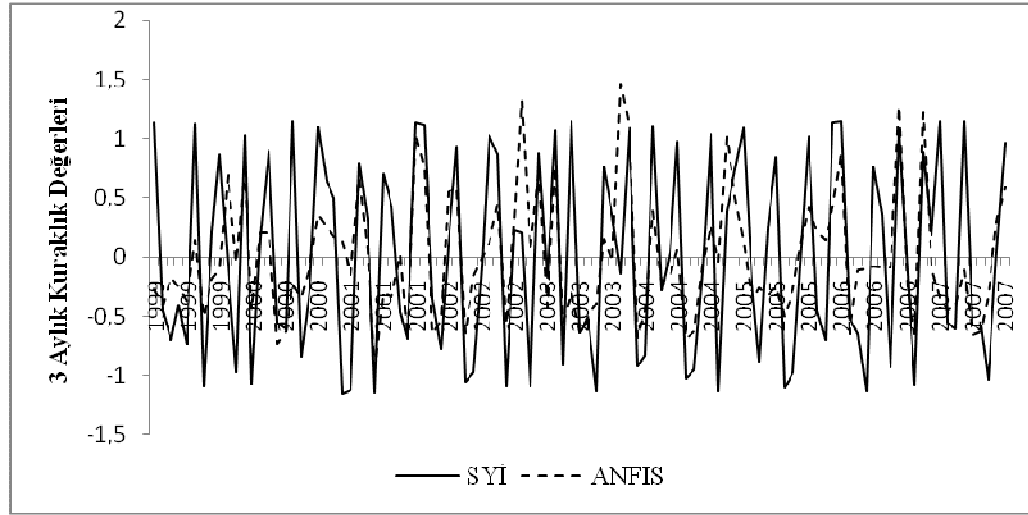
Şekil 4.15. Eğitim seti için SYİ ve ANFIS modelinin saçılma diyagramları

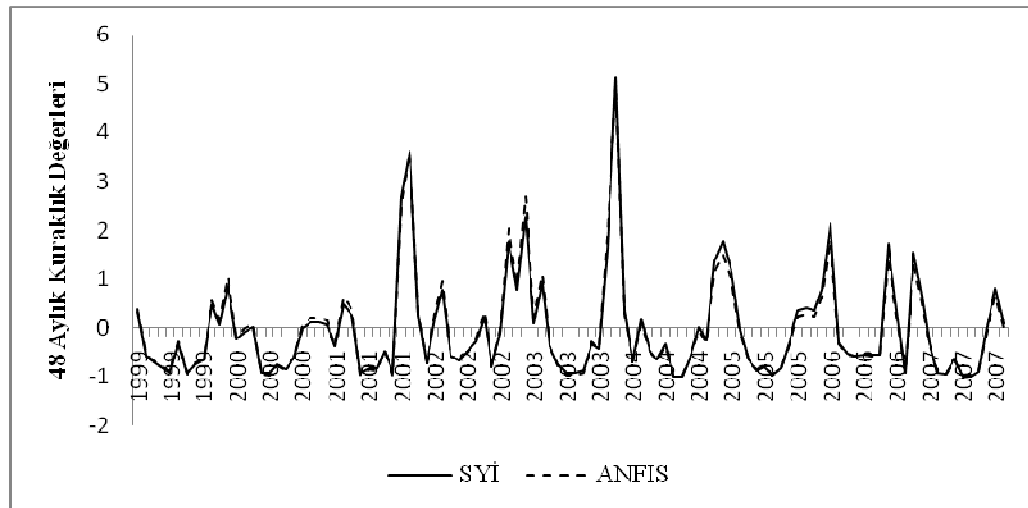
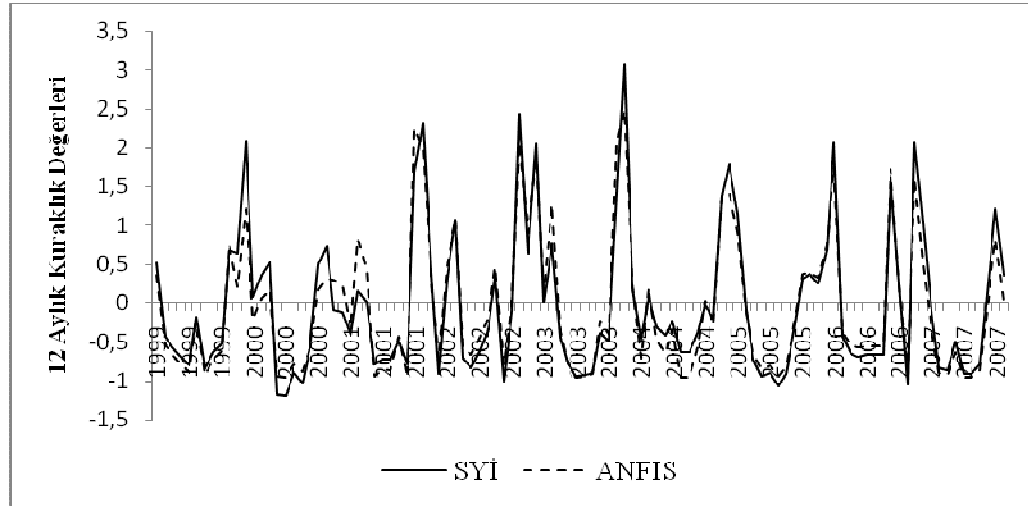
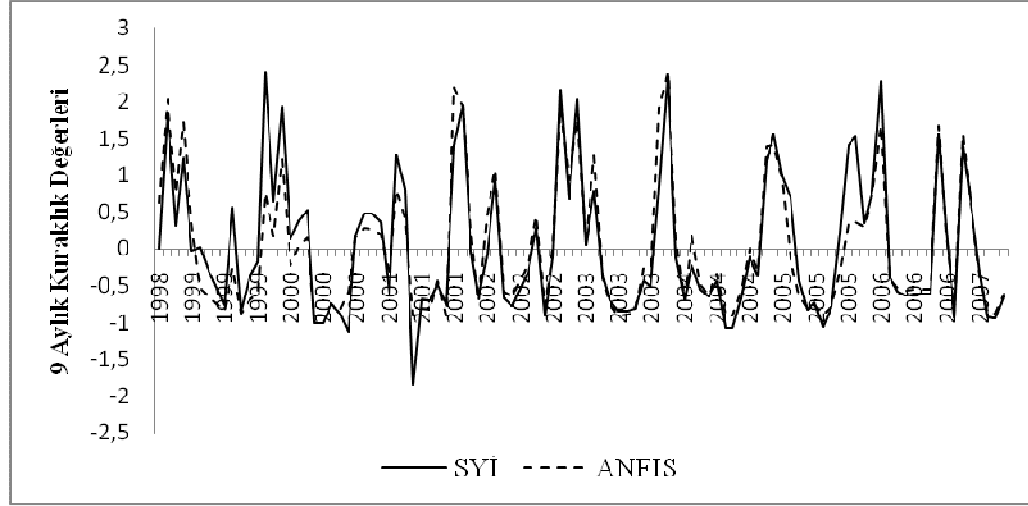


Şekil 4.16. Test seti için SYİ ve ANFIS modelinin saçılma diyagramları

Şekil 4.15 ve 4.16'daki saçılma diyagramlarında da, hem eğitim hem de test setleri için verilerin 45°'lik açı etrafında dağıldığı görülmektedir. 48 aylık zaman periyodunda da, R^2 değerlerinin yüksek çıktığı saçılma diyagramlarından da açıkça görülmektedir.

Şekil 4.17'de SYİ değerlerinin ve ANFIS modellemesinin sonucunda elde edilen test değerleri karşılaştırılmıştır.





Şekil 4.17. Test seti için SYİ değerinin ve ANFIS modelinin kuraklık değerleri

4.3.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay zeka modellerinden olan yapay sinir ağları (YSA), su kaynakları problemlerinde modelleme yapmak amacıyla çok sık kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapılan modellemede önceki dönemlere ait yağış verileri kullanılarak gelecek dönemlerin standart yağış indisleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Modellemede kullanılan veriler farklı birimler de olduğu için, boyutsuzlaştırma işlemi yapılmıştır. Boyutsuzlaştırma işlemi aşağıdaki gibidir:

$$X = (X_i - X_{max}) / (X_{max} - X_{min}) \quad (4.4)$$

Burada, X , boyutsuz değer, X_i , ölçümlerdeki i değeri, X_{max} ve X_{min} ölçümlerdeki maksimum ve minimum değerlerdir. Yapay sinir ağı modelleri genellikle YSA(i,j,k) ağ mimarisi ile gösterilir. Burada i , girdi tabakasındaki nöron sayısı, j gizli tabakadaki nöron sayısı, k ise çıktı tabakasındaki nöron sayısıdır. Çalışmada, girdi tabaka nöron sayısı $i=2$ ve çıktı tabaka nöron sayısı $k=1$ olarak alınmıştır. Farklı gizli tabaka nöron sayıları denenerek kuraklık olayını en iyi temsil eden gizli tabaka nöron sayıları belirlenmiştir (Keskin vd., 2008).

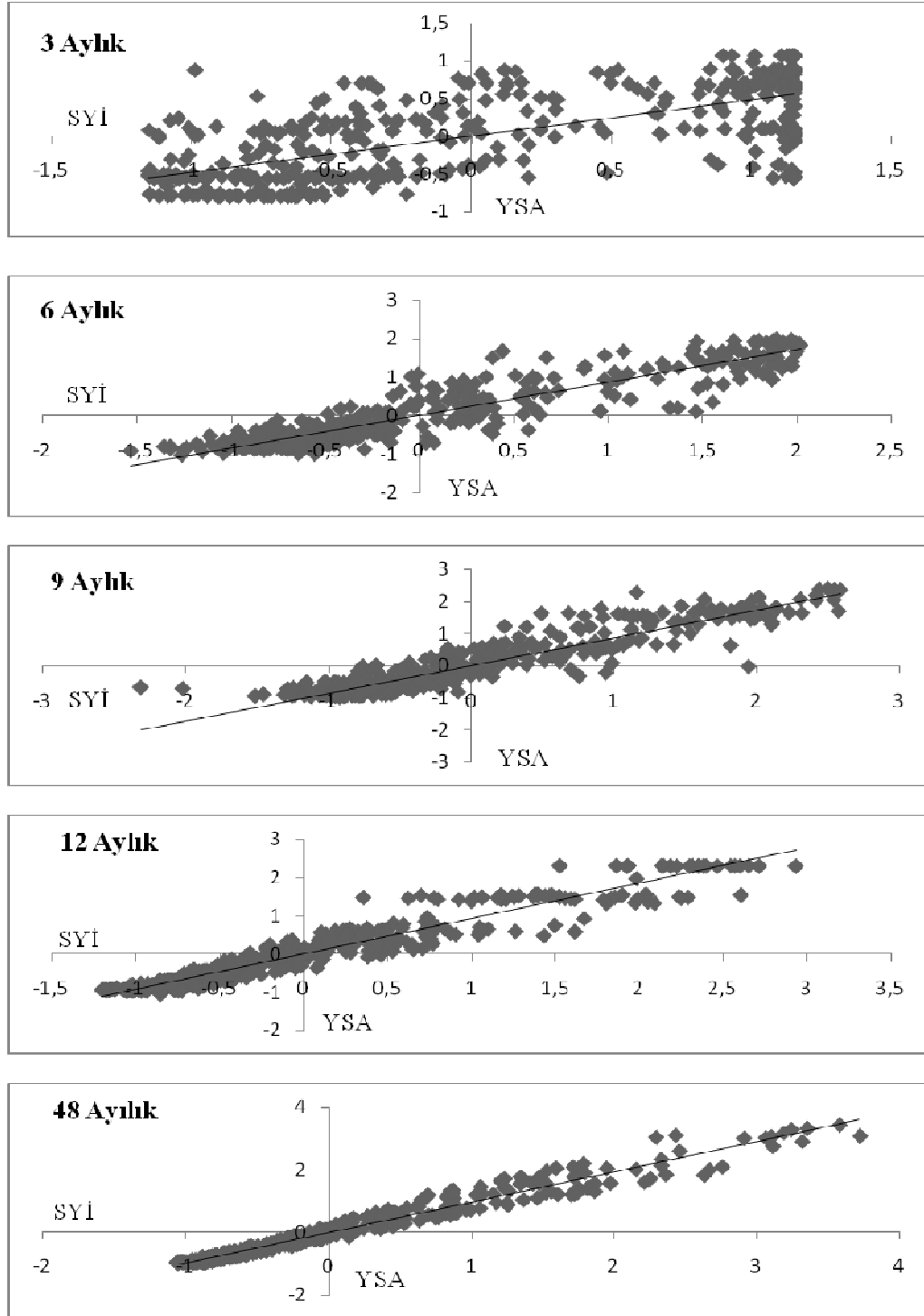
Bulunan YSA sonuçları ile SYİ değerleri karşılaştırılmış ve eğitim ve test serileri için determinasyon katsayıları ve ağ yapıları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. YSA modeli sonuçları ile SYİ değerleri arasındaki R^2 değerleri

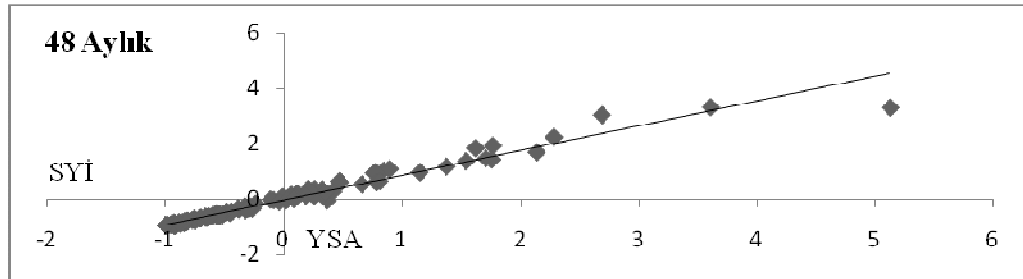
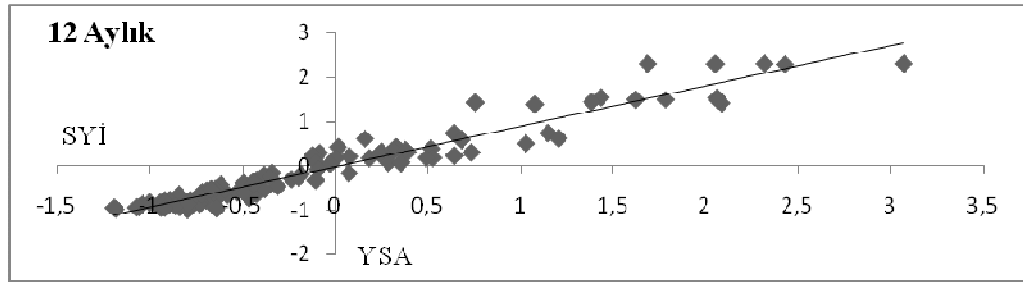
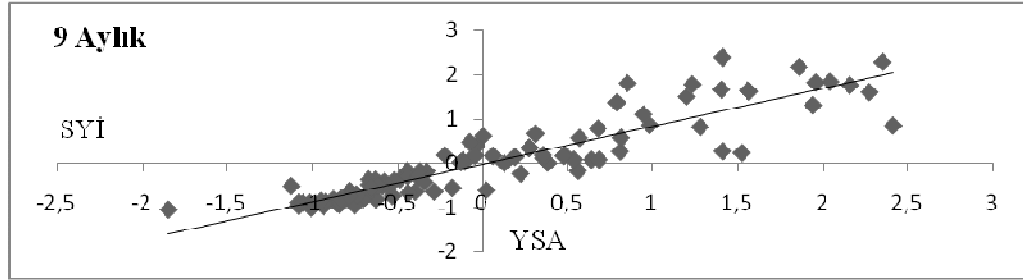
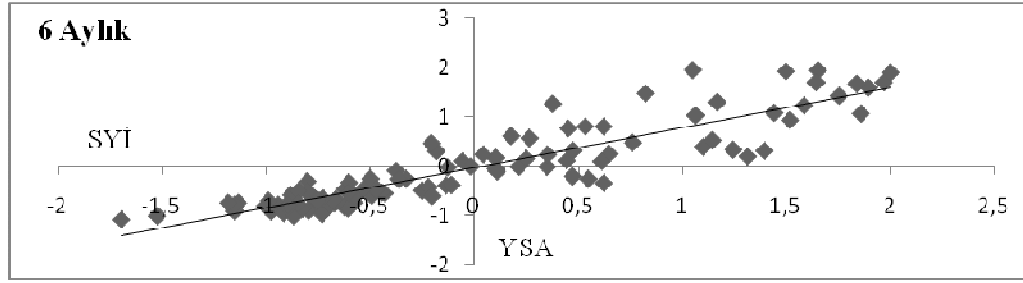
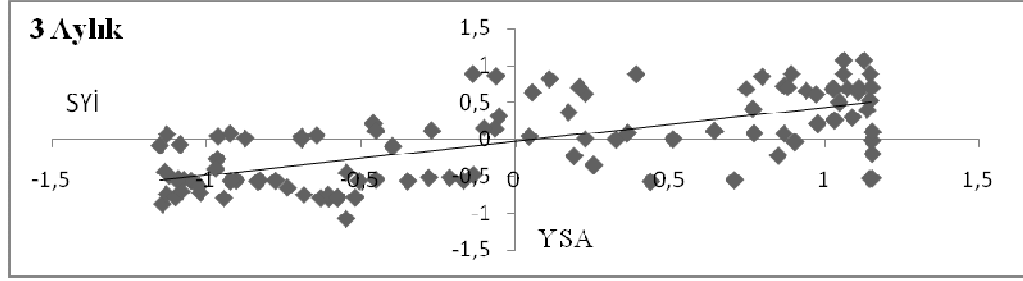
	Ağ Yapısı	Eğitim Sonuçları	Test Sonuçları
3 Aylık	(2,4,1)	0,486	0,441
6 Aylık	(2,5,1)	0,830	0,826
9 Aylık	(2,4,1)	0,862	0,831
12 Aylık	(2,3,1)	0,922	0,931
48 Aylık	(2,3,1)	0,964	0,962

Çizelge 4.8’den 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık periyotların eğitim ve test verilerine bakıldığında en yüksek determinasyon katsayısının ANFIS ile oluşturulan model gibi 48 aylık dönem için, en düşük determinasyon katsayısının ise 3 aylık dönem için

elde edildiği görülmüştür. Şekil 4.18 ve 4.19’da eğitim ve test setleri için geliştirilen modellerin saçılma diyagramları verilmiştir.



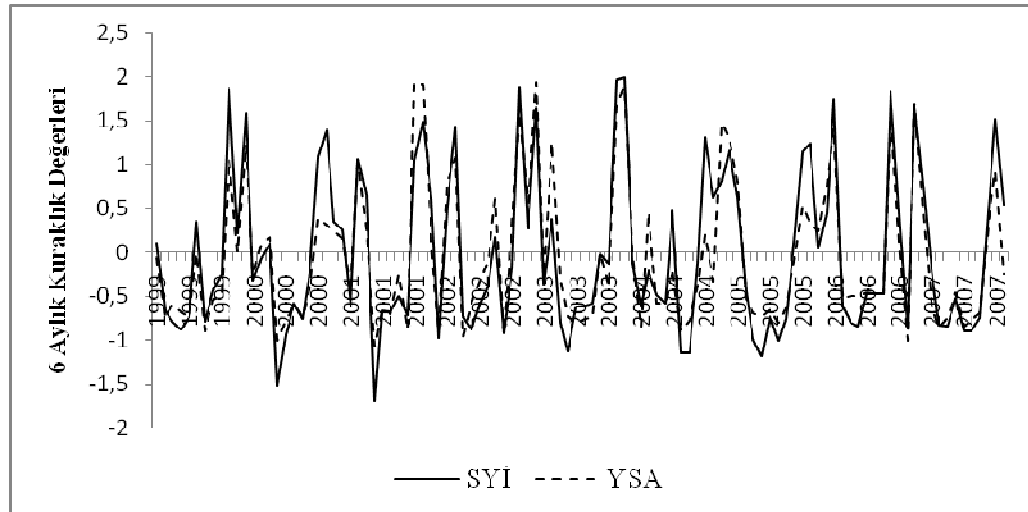
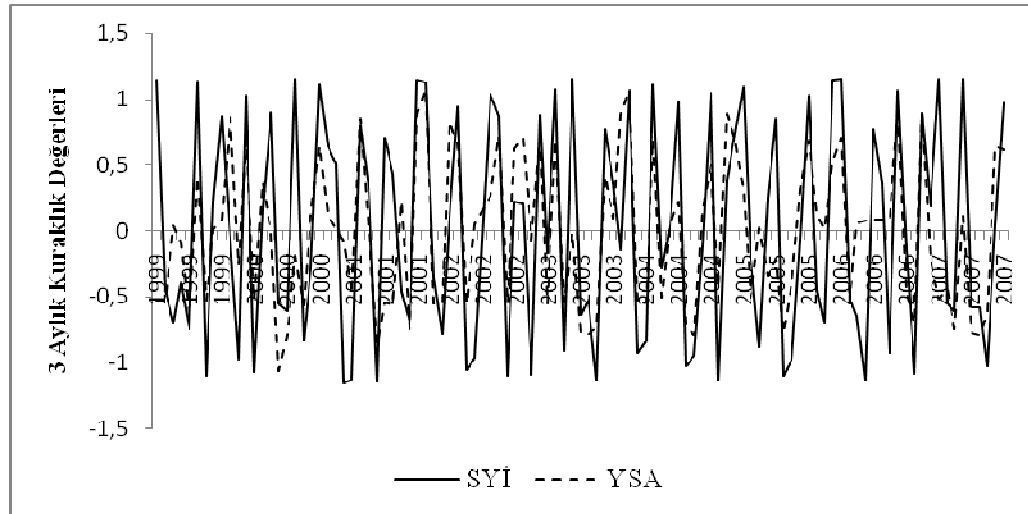
Şekil 4.18. Eğitim seti için SYİ ve YSA modelinin saçılma diyagramları

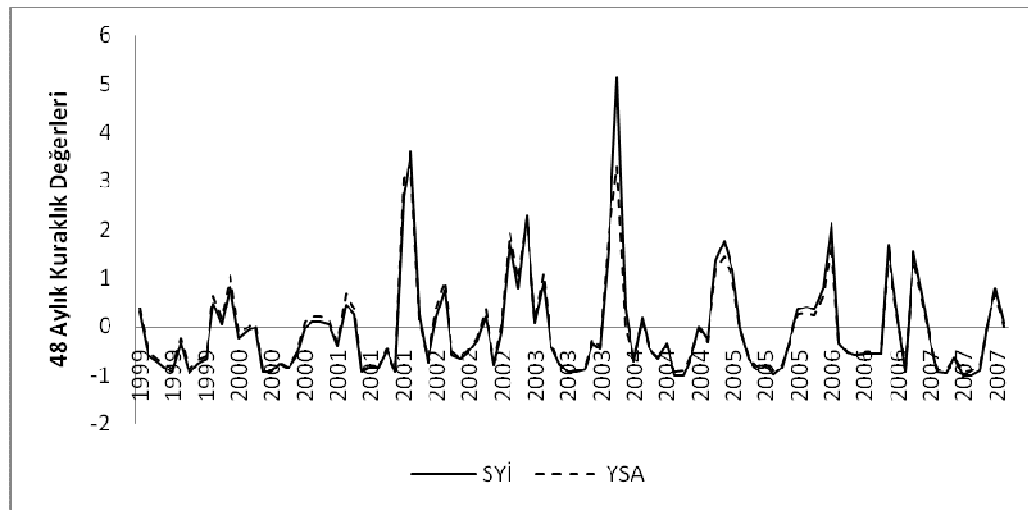
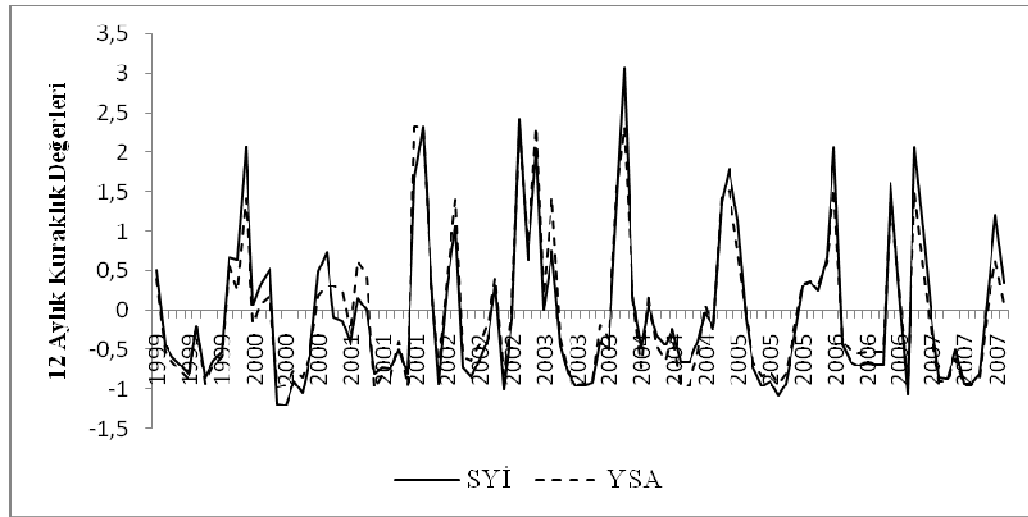
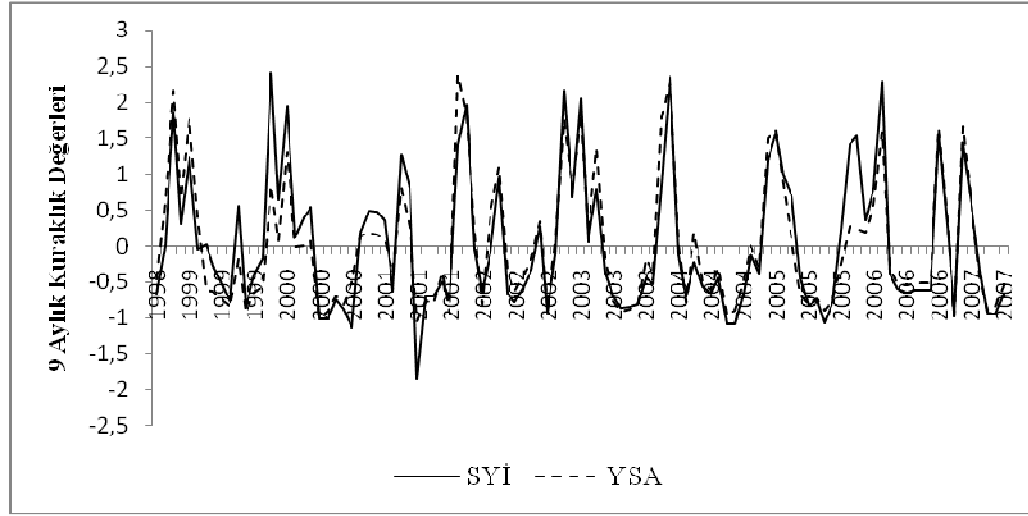


Şekil 4.19. Test seti için SYİ ve YSA modelinin saçılma diyagramları

Şekil 4.18 ve 4.19’den, ANFIS ile yapılan modellemede olduğu gibi YSA ile yapılan modellemede de 48 aylık zaman periyoduna ait saçılma diyagramlarının 45°’lik açı etrafında dağıldığı görülmektedir.

Şekil 4.20’de SYİ değerlerinin ve YSA modellemesinin sonucunda elde edilen test değerleri karşılaştırılmıştır.





Şekil 4.20. Test seti için SYİ değerinin ve YSA modelinin kuraklık değerleri

5. SONUÇ

Su, canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları en önemli doğal kaynaktır. Bu sebeple su kaynaklarının korunmasının önemi oldukça büyüktür.

Tüm dünyada ve özellikle Türkiye’de son yıllarda su kaynaklarının en önemli düşmanı kuraklık haline gelmiştir. Kuraklık; küresel ısınmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan iklim değişiklerinin yansımasıdır. Küresel ısınma; fosil yakıtlar, sanayi tesisleri, ulaşım araçları vb. tarafından atmosfere salınan karbondioksit ve sera gazlarının etkisi ile yerkürenin ısınmasıdır. Tüm bu etmenler kuraklık çalışmalarının önemini arttırmıştır.

Yapılan çalışmada Akdeniz bölgesinde yer alan Kovada Gölü’nün kuraklık olayından nasıl etkilendiğini görebilmek için, bölgenin hidrolojik ve meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Kovada Gölü’ne ait 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık yağış verileri kullanılarak standart yağış indisi (SYİ) yöntemi ile kuraklık kategorileri belirlenmiş ve zaman serileri yardımıyla periyotlar incelenmiştir. Bölgedeki toplam yağışların kuraklık kategorilerine bakıldığında, kurak dönemlerin tüm zamanlar boyunca %52’lik bir kısma karşılık geldiği görülmüş ve 44 yıllık zaman içinde kurak dönemlerin yağışlı dönemlerden fazla olduğu saptanmıştır. Tüm incelenen zaman periyotları içinde hafif şiddetli kuraklık kategorisinin, diğer kategorilere oranla çok daha fazla görüldüğü ve çok şiddetli kuraklık kategorisinin ise hiç görülmediği belirlenmiştir.

Kuraklık zamanı, genliği ve şiddetinin hesabıyla arka arkaya gelen kuraklık belirlenmiş ve yapılan değerlendirmenin doğruluğu R^2 değerinin yüksekliğinden de görülmüştür. Zaman, genlik ve şiddet hesabında kesim seviyesi olarak sıfır alınmış, böylece kurak ve yağışlı dönemler arasında değerlendirme yapılmasına olanak sağlanmıştır. 12 aylık SYİ değerleri kullanılarak hesaplanan zaman, şiddet ve genlik değerlerine bakıldığında, en kurak ayların Temmuz ve Ağustos ayları olduğu görülmüştür.

Her bölge için yağış ve kuraklık değerleri farklılık göstermektedir. Ancak, kuraklık sınıflarının belirlenmesinde faydalanılan kuraklık kesim seviyeleri yerel olarak değişmemektedir. Bu yüzden, bütün bölgeler için farklı indisler hesaplanması gerekmektedir. Kuraklık oranı hesap edilmesi ihtiyacı da buradan doğmuştur. Genel olarak hesaplanan SYİ değerlerine göre bulunan sınıflarla, kuraklık oranı eklenmesiyle bulunan sınıfların değişmesi de bu oranın hesaplanması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Kuraklık oranı; tüm verilerin her bir ay için ayrı ayrı minimum yağış değerinin, o aya ait standart sapma değerine bölünerek hesaplanmasıyla bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda, daha önce SYİ ile bulunan kuraklık sınıflarından 22'sinin değiştiği görülmüştür. Değişiminin büyük çoğunluğunda kurak dönemden yağışlı döneme geçiş olduğu ve yapılan sınıflandırmanın farklılaştığı gözlenmiştir. En fazla kuraklık sınıfı değişimine de, diğer aylara göre kuraklık oranı en büyük çıkan Kasım ayında rastlanmıştır.

Kovada Gölü'nün hidrolojik kuraklık analizinde, göl hacim ve seviye verilerinden faydalanılmıştır. Seviye verileriyle oluşturulan grafik incelendiğinde; yıllar geçtikçe seviyenin uzun yıllar ortalamasının altında kaldığı ve göl seviyesinin azalma eğilimi gösterdiği saptanmıştır. Bu seviye azalmalarının sebebinin de yağışlarda meydana gelen azalma olduğu görülmüştür.

Kuraklık sınıflarının modellenmesinde ANFIS ve YSA yapay zeka metotlarından yararlanılmıştır. 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık veriler her bir metot için ayrı ayrı modellenmiş ve hem eğitim hem de test veri setleri için en yüksek determinasyon katsayısı 48 aylık periyotta hesaplanmıştır. Eğitim kümesi için YSA modeli ile, test kümesi içinse ANFIS modeli ile en yüksek sonuç elde edilmiştir. Genel olarak YSA ile yapılan modellemede bulunan determinasyon katsayıları ANFIS ile bulunanlara göre yüksek çıkmıştır. Ayrıca; 3 aylık periyot için hesap yapılmaması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Her iki metodunda, tahmin yapmada iyi sonuçlar verdiği yapılan çalışma ile saptanmıştır.

Kovada Gölü'nün standart yağış indisi değerlerinin ANFIS ve YSA metotları ile tahmin edilebildiği ve sonuçta; Kovada Gölü ve çevresinde kuraklık olayının

görüldüğü, bunun sonucu olarak da yağışlarda azalma olduğu ve bu azalmanın da göl seviyesinde düşüş meydana getirdiği açıkça görülmüştür.

Türkiye’de olduğu gibi bu çalışma için seçilen bölgede de rastlanılan kuraklık olayının belli başlı sebepleri arasında; sera gazı salınımlarının bir etkisi olarak görülen küresel ısınma ve iklim değişikliği yer almaktadır. Bu da su sıkıntısı olarak bilinen kuraklık olayına sebep olmaktadır. Nüfus artışı, su kaynaklarının özensiz ve dikkatsiz kullanımına yol açmakta ve bu da suya olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu sebeple kuraklığın önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu tedbirlerden en önemlisi insanların su tüketimi konusunda bilinçlendirilmesidir. Su kaynakları korunmalı ve kirletilmemeli, yeraltı suları değerlendirilmeli, tarımda damla sulamaya geçilmeli ve insanlar bu konularda eğitilmelidir. Böylece kuraklıkla mücadele de önemli adımlar atılmış olur.

6. KAYNAKLAR

- Alp, M., Cıgızoğlu, H. K., 2004. Farklı Yapay Sinir Ağı Metotları İle Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, 80-88, İstanbul.
- Alpan, S., 2001. Küreselleşmenin Bir Aracı: Kyoto Protokolü, TMMOB 3 Enerji Sempozyumu. Milli Kütüphane, Ankara.
- Bwalya, D. C., 2007. A Regional Assessment of Hydrological Drought In Southern Africa : A Case Study of Zambia. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science Degree. State University of New York College of Environmental Science of Forestry Syracuse, New York.
- Çetinyokuş, T., Gökçen, H., 2002. Borsada Göstergelerle Teknik Analiz İçin Bir Karar Sistemi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, No 1, 43-58, Ankara.
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. İnternet Sitesi. <http://www.milliparklar.gov.tr/haber.htm>. Erişim Tarihi: 27.05.2009.
- Esendal, H., 2007. Eğirdir Gölü Su Seviyesinin Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Isparta.
- Fleig, A., 2004. Hydrological Drought-A comparative study using daily discharge series from around the world. Institut für Hydrologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 144s. Freiburg.
- Hisdal, H., Tallaksen, L. M., 2000. Drought Event Defination. Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe. Technical Report No:6.
- Kakıcı, A., 2009.Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması. <http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglari-siniflandirilmasi/>.Erişim Tarihi: 14.04.2009.
- Keskin, M. E., Taylan, E. D., 2007. Orta Akdeniz Havzasında Akımların Stokastik Modellenmesi. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 4271-4291, Yazı 282.
- Keskin, M. E., Terzi, Ö., Taylan, E. D., 2008. Göller Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu, Proje No: 106-Y-300, 85s, Isparta.
- Kır, İ., Tekin Özcan, S., Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Cilt 24, Sayı (1-2): 155-158.

- Koç, T., 2000. Kuzeybatı Anadolu'da Yağış Etkinliği. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 3, Sayı 4.
- Kokkokoğlu, N., 2006. İç Anadolu Bölgesi Kuraklık Sürelerinin Parametrik ve Nonparametrik Yaklaşımla Analizi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Kırıkkale.
- Kömüşçü, A. Ü., 1999. Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought-National Drought Mitigation Center, Drought Network News (1994-2001), University of Nebraska, Lincoln.
- Lin, C. T., Lee, C. S. G., 1995. Neural Fuzzy System. Prentice Hall 797, Englewood Cliffs, New Jersey.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California.
- Özlu, H., 2007. Kuraklık ve Su Yönetimi. İklim Değişimi ve Su Ekonomisi Paneli, G. Ü.Bilim ve Teknoloji Stratejileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Palmer, W. C., 1965. Meteorological Drought. U.S. Department of Commerce, Research Paper No. 45, Washington, D.C.
- Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., 2004. Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(1), 99-106.
- Partal, T., 2007. Türkiye Yağış Miktarlarının Yapay Sinir Ağları ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri İle Tahmini. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 181s, İstanbul.
- Sırdaş, S., 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 237s, İstanbul.
- Sırdaş, S., 2003. Spatio-Temporal Drought Analysis in the Trakya Region, Turkey. Hydrological Sciences – Journal – des Sciences Hydrologiques, 48(5), 809-820.
- Sırdaş, S., Şen, Z., 2003. GAP Bölgesinde Kurak Dönem Özelliklerinin Araştırılması. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 305-317.
- Stefan, S., Ghioca, M., Rimbu, N., Boroneant, C., 2004. Study of Meteorological and Hydrological Drought In Southern Romania From Observational Data. International Journal of Climatology, 24, 871-881.
- Şen, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, 266, İstanbul.
- Şen, Z., 2009. İklim Değişikliği İçerikli Kuraklık Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

- Taylan, E. D., 2009. Akdeniz Bölgesi'ndeki Akımların Tahmini İçin Akıllı Yöntemlerin Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Tsoukalas, L. H., Uhrig, R. E., 1997. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Thom, H. C. S., 1958. A note on the Gamma Distribution. Monthly Weather Review, 86 (4): 117-122.
- Timilsena, J., Piechota, T. C., Hidalgo, H., Tootle, G., 2007. Five Hundred Years of Hydrological Drought In The Upper Colorado River Basin. Journal of the American Water Resources Association, 43, 3.
- Türkçe Bilgi. İnternet Sitesi. http://www.turkcebilgi.com/zaman_serileri/ansiklopedi. Erişim Tarihi: 25.04.2009.
- Türkeş, M., 1996. Meteorological Drought in Turkey: A Historical Perspective, 1930-93. Drought-National Drought Mitigation Center, Drought Network News (1994-2001), University of Nebraska, Lincoln.
- Vasiliades, L., Loukas, A., 2006. Hydrological drought evaluation with use of meteorological drought indices. Geophysical Research Abstracts, 8.
- Yaltay, N., 2006. Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Van.
- Yarar, A., 2004. Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Konya.
- Yeğnidemir, M. K., 2005. İç Anadolu Bölgesi'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu İle Kuraklık Analizi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 173s, Kırıkkale.
- Yıldız, M., Malkoç, Y., 2000. Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 241s. Ankara.
- Yıldız, O., 2007. Yukarı Kızılırmak Havzası'nda SYİ Metodu ile Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. V. Ulusal Hidroloji Kongresi, 143-151.
- Yıldız, O., Kılınç, M. Y., Yeğnidemir, M. K., 2007. Hirfanlı Baraj Havzasında Kuraklık Frekans ve Alansal Özelliklerinin İncelenmesi. III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İzmir.
- Yıldız, O., 2008. Standart Yağış İndisi (SYİ) Metodu İle Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu, 1-8, Kırıkkale.
- Yılmaz, B., Vural, L., Yılmaz, T., 2007. Manisa'da Kurak Dönemlerin Standart Yağış İndeksi İle Belirlenmesi. Uluslar arası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı (UKİDEK).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Derya KÜÇÜKYAMAN

Doğum Yeri ve Yılı: Isparta, 20.03.1985

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce



Eğitim Durumu

Lise: Isparta Milli Piyango Anadolu Lisesi, 2003.

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, 2007.

Çalıştığı Kurum: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009.

Yayınları: M. Erol KESKİN, Özlem TERZİ, E. Dilek TAYLAN ve Derya KÜÇÜKYAMAN. Meteorological drought analysis using data-driven models for the Lakes District, Turkey. Hydrological Sciences Journal, 2009.