



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

AFET YÖNETİMİ PROGRAMI

**BATI ANADOLU BÖLGESİNDEKİ DEPREMLERİN YAPAY SINIR AĞI
YÖNTEMİYLE TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman DUMAN

HAZİRAN-2016

GÜMÜŞHANE



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

AFET YÖNETİMİ PROGRAMI

**BATI ANADOLU BÖLGESİNDEKİ DEPREMLERİN YAPAY SINIR AĞI
YÖNTEMİYLE TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman DUMAN

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Handan ÇAM

HAZİRAN-2016

GÜMÜŞHANE

KABUL VE ONAY

Yrd.Doç.Dr.Handan ÇAM danışmanlığında, Osman DUMAN tarafından hazırlanan “Batı Anadolu Bölgesindeki Depremlerin Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Tahmini” isimli bu çalışma, 10 / 06 / 2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Üstün ÖZEN (Başkan)



Yrd.Doç.Dr.Handan ÇAM (Danışman)

Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK(Üye)



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2016

Doç.Dr. Bayram NAZIR

Enstitü Müdürü

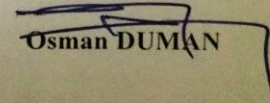
BİLDİRİM

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış “Batı Anadolu Bölgesindeki Depremlerin Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Tahmini” isimli bu çalışmanın, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve alıntı yaptığım tüm çalışmaların kaynakçada yer aldığını taahhüt eder, tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

<input checked="" type="checkbox"/>	Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
<input type="checkbox"/>	Tezim sadece Gümüşhane Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
<input type="checkbox"/>	Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

10 / 06 / 2016


Osman DUMAN

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarımı her aşamada izleyip değerlendirerek yön veren ve her türlü desteği sağlayan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Handan ÇAM'a teşekkür ederim.

Tez hazırlık ve yazım aşamasında İngilizce çevirilerinde benden desteğini esirgemeyen değerli eşim Sultan Begüm DUMAN'a, beni okutup bu günlere gelmemi sağlayan anneme ve babama teşekkür ederim.

Tez çalışmasının temelini oluşturan deprem konusunda yardımlarını esirgemeyen üniversitemiz Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK'e, yaptığım çalışmada sorduğum soruları sabırla cevaplayan Dr. Morales-Esteban'a çok teşekkür ederim.

Gümüşhane - 2016
Osman Duman

ÖZET

[DUMAN, Osman]. Batı Anadolu Bölgesindeki Depremlerin Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, 2016, (XX + 121 Sayfa)

Gerçekleşecek depremleri önceden kesin bilen, geliştirilebilecek bir yöntem günümüze kadar geliştirilememiştir. Fakat birçok yöntemle deprem tahmini yapılmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi olan Yapay Sinir Ağları, belirlenen girişler ve çıkışlar arasındaki ilişkiyi öğrenerek farklı örüntülere karşı uygun çıkışlar vermektedir.

Bu çalışmada Gutenberg-Richter ilişkisine bağlı ve deprem tahminlerinde kullanılan b değerini temel alan bir ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı geliştirilmiştir. Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesinde yoğun sismik aktiviteye sahip dört farklı bölgeyi içeren deprem verileri kullanılarak yapay sinir ağı eğitilmiştir.

Bu amaçla, Batı Anadolu'da yoğun sismik aktiviteye sahip Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi, Burdur Fay Zonu, Büyük ve Küçük Menderes Graben bölgesi ve Gediz Alaşehir Graben bölgesi üzerinde çalışılmıştır. Eğitim aşamasından sonra aynı bölgeler için daha sonraki tarihlere ait deprem verileri test etmek için kullanılmış ve ağın başarısı ortaya konmuştur. Çalışmada geliştirilen ağın tahmin sonuçları incelendiğinde; ağın gerçekleşmeyecek dediği deprem tahmin sonuçları tüm bölgelerde oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun yanında ağın gerçekleşecek dediği deprem tahmin sonuçları, çalışılan bölgeler için belli bir oranda farklı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak bu yöntem kabul edilebilir oranda başarılıdır.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu Bölgesi Deprem Tahmini, Yapay Sinir Ağları, İleri Beslemeli Geri Yayımlı Sinir Ağları

ABSTRACT

[DUMAN, Osman]. The Prediction of Earthquakes in Western Anatolian Region with Artificial Neural Network Method, Master's Thesis, 2016 (XX+121 Pages)

A method that exactly predicts the earthquakes before their occurrences and can generalize them have not been developed yet. However, earthquakes are tried to be predicted with numerous methods. Artificial neural networks, one of these methods, give appropriate outputs to different patterns by learning the relationship between the determined inputs and outputs. In this study, a feedforward back propagation artificial neural network that is connected to b -value - Gutenberg-Richter relationship and that bases on b -value used in earthquake predictions was developed. The artificial neural network was trained by using the earthquake data including four different regions which have intensive seismic activity in the Western Anatolian Region of Turkey.

For this purpose, Gölhisar Çameli- Muğla Rodos region, Burdur Fault Zone, Büyük-Küçük Menderes Graben and Gediz Alaşehir Graben which have intensive seismic activity in the Western Anatolia are studied. After the training process, the earthquake data belonging to later dates of the same regions were used for testing and the success of the network was performed. When the prediction results of the developed network are examined, the prediction results that the network predicts that an earthquake will not occur are quite high in all regions. Furthermore, the results of the earthquake prediction that the network predicts that an earthquake will occur are different to some extent for the studied regions.

Key Words: Western Anatolia Region Earthquake Prediction, Artificial Neural Networks, Feed Forward Back Propagation ANN

İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK

İÇ KAPAK

KABUL VE ONAY	II
BİLDİRİM	III
ÖNSÖZ.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	XIV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XV
GRAFİKLER LİSTESİ.....	XVII
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	XIX
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	4-35
----------------------------	------

1.1. YSA'nın Tanımı.....	4
1.2. YSA'nın Tarihsel Gelişimi.....	5
1.3. YSA'nın Yapısı.....	6
1.4. YSA'nın Temel Bileşenleri.....	9
1.4.1. Girdiler.....	10
1.4.2. Ağırlıklar.....	10
1.4.3. Toplama Fonksiyonu.....	10
1.4.4. Aktivasyon Fonksiyonu.....	11
1.4.4.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu.....	12
1.4.4.2. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu.....	12
1.4.4.3. Hiperbolik Tanjant Aktivasyon Fonksiyonu.....	13
1.4.4.4. Step Aktivasyon Fonksiyonu.....	14
1.4.4.5. Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu.....	15
1.4.5. Çıktılar.....	15
1.5. YSA'ların Sınıflandırılması.....	16
1.5.1. Bağlantı Yapılarına Göre Ağlar.....	17
1.5.1.1. İleri Beslemeli Ağlar.....	17
1.5.1.2. Geri Beslemeli Ağlar.....	18
1.5.2. Öğrenme Stratejilerine Göre Ağlar.....	18
1.5.2.1. Danışmanlı Öğrenme.....	19
1.5.2.2. Danışmansız Öğrenme.....	19
1.5.2.3. Takviyeli Öğrenme.....	20
1.5.3. Öğrenme Kurallarına Göre Ağlar	21

1.5.3.1. Hebb Öğrenme Kuralı.....	21
1.5.3.2. Hopfield Öğrenme Kuralı.....	21
1.5.3.3. Delta Öğrenme Kuralı.....	21
1.5.3.4. Kohonen Öğrenme Kuralı.....	22
1.5.3.5. Genelleştirilmiş Delta Öğrenme Kuralı.....	22
1.5.4. Öğrenme Algoritmalarına Göre Ağlar.....	22
1.5.4.1. Geri Yayılım Algoritması.....	22
1.5.4.2. Levenberg Marquardt Algoritması.....	24
1.5.4.3. Momentum Geri Yayılım Algoritması.....	24
1.5.4.4. Esnek Yayılım Algoritması.....	24
1.5.4.5. Hızlı Yayılım Algoritması.....	24
1.5.4.6. Delta Bar Delta Algoritması.....	25
1.5.4.7. Geliştirilmiş Delta Bar Delta Algoritması.....	25
1.5.4.8. Genetik Algoritma.....	25
1.6. YSA Modelleri.....	26
1.6.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar.....	26
1.6.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar.....	27
1.6.3. Radyal Tabanlı YSA	28
1.6.4. Vektör Kuantalamalı YSA	29
1.6.5. Olasılık Tabanlı YSA.....	29
1.6.6. Genelleştirilmiş Regresyon YSA.....	30
1.7. YSA Uygulama Geliştirme Aşamaları.....	30
1.7.1. Tasarım.....	30

1.7.2. Eğitim.....	31
1.7.3. Test.....	31
1.8. YSA Kullanım Alanları.....	32
1.9. YSA'nın Avantajları ve Dezavantajları.....	33
1.9.1. YSA'nın Avantajları.....	33
1.9.2. YSA'nın Dezavantajları.....	34

İKİNCİ BÖLÜM

2. DEPREM KAVRAMI VE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI.....	36-60
2.1. Levha Tektoniği ve Depremler.....	36
2.1.1. Depremlerin Önemi.....	40
2.1.2. Deprem Tehlike Analizleri.....	40
2.1.3. Deprem Oluşum Modelleri ve Deprem Tehlike Hesabı.....	42
2.1.4. Deprem Riski Tahmin Modelleri.....	42
2.1.4.1. Deprem Riskinin Poisson Modeli ile Tanımlanması.....	42
2.1.4.2. Deprem Riskinin Markov Modeli ile Tanımlanması.....	43
2.1.4.3. Deprem Riskinin Uc Değerler Dağılım Modeli ile Tanımlanması....	43
2.1.5. Deprem Tahmini.....	44
2.1.6. Deprem Büyüklüğü.....	44
2.1.6.1. Büyüklük Ölçme Yöntemleri.....	44
2.1.6.1.1. Richter Yerel Magnitüd.....	45

2.1.6.1.2. Yüzey Dalgası Magnitüd.....	45
2.1.6.1.3. Moment Magnitüd.....	45
2.1.6.1.4. Süre Magnitüd.....	46
2.1.6.1.5. Cisim Dalgası Magnitüd.. ..	46
2.1.7. Deprem İstatistiği.....	46
2.1.7.1. Gutenberg-Richter Yasası.....	47
2.1.7.1.1. <i>b</i> _değeri Hesaplaması.....	48
2.1.7.2. Omori Modeli.....	48
2.1.7.3. Değiştirilmiş Omori Modeli.....	49
2.1.7.4. Bath Yasası.....	49
2.1.8. Türkiye'deki Deprem Bölgeleri.....	49
2.1.9. Türkiye Deprem Veritabanı.....	51
2.2. Literatür Taraması.....	52
2.2.1.YSA ile Deprem Tahmini İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	52
2.2.2. YSA Kullanılarak Yapılan Afet Konulu Çalışmalar.....	55
2.2.3. YSA Kullanılarak Yapılan Diğer Çalışmalar.....	56
2.2.4. YSA Benzeri Yöntemlerle Yapılan Deprem Tahmini İle İlgili Çalışmalar	58

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YSA KULLANILARAK DEPREM TAHMİNİ.....	61-97
3.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	61

3.2. Çalışmanın Yöntemi ve Veriler.....	63
3.3. Çalışma Bölgelerine Ait Analizler	64
3.3.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Analizi.....	65
3.3.2. Burdur Fay Zonu Analizi.....	68
3.3.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Analizi.....	71
3.3.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Analizi.....	73
3.4. Verilerin Temizlenmesi ve Düzenlenmesi.....	76
3.5. Parametrelerin Elde Edilmesi.....	77
3.5.1. Girdi Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	77
3.5.2. Çıktı Parametresinin Elde Edilmesi.....	79
3.6. Eğitim ve Test Setlerinin Oluşturulması.....	80
3.7. YSA Mimarisi.....	80
3.7.1. Girdi Nöronları.....	81
3.7.2. Gizli Katman Nöronları.....	82
3.7.3. Çıktı Nöronu.....	83
3.7.4. Aktivasyon Fonksiyonu.....	84
3.7.5. Ağ Topolojisi.....	84
3.7.6. Öğrenme Yöntemi.....	85
3.8. YSA Performans Parametreleri.....	85
3.9. YSA Eğitimi.....	87
3.9.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	89
3.9.2. Burdur Fay Zonu YSA Eğitim Sonuçları.....	90
3.9.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	91

3.9.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	92
3.10. YSA Testi.....	93
3.10.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	93
3.10.2. Burdur Fay Zonu YSA Test Sonuçları.....	94
3.10.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	95
3.10.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	95
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	98
KAYNAKÇA.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	121

TABLULAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Başlığı</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1.	Biyolojik Sınır Sistemi ile YSA'nın Benzer Özellikleri.....	9
Tablo 1.2.	Toplama Fonksiyonu Örnekleri.....	11
Tablo 2.1.	Deprem Büyüklükleri	39
Tablo 2.2.	Türkiyede Aletsel Büyüklüğü 7.0'dan Büyük Olan Depremler.....	51
Tablo 3.1.	Tahmin Yapılan Bölgeler.....	63
Tablo 3.2.	YSA Özellikleri.....	81
Tablo 3.3.	Göhlisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	90
Tablo 3.4.	Burdur Fay Zonu YSA Eğitim Sonuçları.....	90
Tablo 3.5.	Büyük Küçük Menderes Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	91
Tablo 3.6.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları.....	92
Tablo 3.7.	Göhlisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	93
Tablo 3.8.	Burdur Fay Zonu YSA Test Sonuçları.....	94
Tablo 3.9.	Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	95
Tablo 3.10.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Test Sonuçları.....	96
Tablo 3.11.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Vektör Eklemeli YSA Eğitim Sonuçları.....	96
Tablo 3.12.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Vektör Eklemeli YSA Test Sonuçları.....	97

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Şekil Başlığı</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı.....	7
Şekil 1.2.	İlk Sentetik Sinir Hücresi Modeli.....	8
Şekil 1.3.	Yapay Sinir Hücresi Elemanları.....	9
Şekil 1.4.	Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu.....	12
Şekil 1.5.	Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu.....	13
Şekil 1.6.	Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu.....	13
Şekil 1.7.	Tek Kutuplu Basamak Fonksiyonu.....	14
Şekil 1.8.	Çift Kutuplu Basamak Fonksiyonu.....	14
Şekil 1.9.	Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu.....	15
Şekil 1.10.	YSA Sınıflandırılması.....	16
Şekil 1.11.	İleri Beslemeli Ağ.....	17
Şekil 1.12.	Geri Beslemeli Ağ.....	18
Şekil 1.13.	Danışmanlı Öğrenme Yapısı.....	19
Şekil 1.14.	Danışmansız Öğrenme Yapısı.....	20
Şekil 1.15.	Takviyeli Öğrenme Yapısı.....	20
Şekil 1.16.	Geri Yayılım Algoritması Akış Diyagramı.....	23
Şekil 1.17.	Tek Katmanlı Algılayıcı.....	27

Şekil 1.18.	Çok Katmanlı Algılayıcı.....	28
Şekil 2.1.	Dünya Tektonik Plakaları.....	37
Şekil 2.2.	Dünya Sismik Tehlike Haritası.....	38
Şekil 2.3.	Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.....	39
Şekil 2.4.	Avrasya ,Afrika ve Arap Plakaları Arasındaki Göreceli Hareketler.....	50
Şekil 3.1.	Çalışma Yapılan Bölgelerin Harita Üzerinde Gösterimi.....	62
Şekil 3.2.	Çalışma Bölgelerinin Deprem Yoğunluk Haritası.....	65
Şekil 3.3.	Excel Programında Girdi Parametreleri.....	80
Şekil 3.4.	YSA Mimari Özellikleri.....	81
Şekil 3.5.	YSA Girdi Katmanı.....	82
Şekil 3.6.	YSA Gizli Katmanı.....	83
Şekil 3.7.	YSA Çıktı Katmanı.....	84
Şekil 3.8.	YSA'nın Mathlab Programında Eğitimi.....	87
Şekil 3.9.	YSA'nın Mathlab Programında Eğitim Sonucu.....	88
Şekil 3.10.	YSA Selftest Tahmin Sonuçları.....	88
Şekil 3.11.	YSA Performans Parametrelerinin Oluşturulması.....	89

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik No</u>	<u>Grafik Başlığı</u>	<u>Sayfa No</u>
Grafik 3.1	Göhlhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları	66
Grafik 3.2.	Göhlhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri.....	66
Grafik 3.3.	Göhlhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları.....	67
Grafik 3.4.	Göhlhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları.....	68
Grafik 3.5.	Burdur Fay Zonu Yıllara Göre Deprem Sayıları.....	69
Grafik 3.6.	Burdur Fay Zonu Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri.....	69
Grafik 3.7.	Burdur Fay Zonu Aylara Göre Deprem Sayıları.....	70
Grafik 3.8.	Burdur Fay Zonu Günlere Göre Deprem Sayıları.....	70
Grafik 3.9.	Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları.....	71
Grafik 3.10.	Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri.....	72
Grafik 3.11.	Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları.....	72
Grafik 3.12.	Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları.....	73

Grafik 3.13.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları.....	74
Grafik 3.14.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri.....	74
Grafik 3.15.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları.....	75
Grafik 3.16.	Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları.....	76



KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

Kısaltma

Kısaltma Açılımı

ADALINE:	ADaptive LInear Neuron(Adaptif Doğrusal Sinir)
MADALINE:	Multiple ADaptive LInear Neuron (Çoklu Adaptif Doğrusal Sinir)
ÇKP:	Çok Katmanlı Perceptron
YSA :	Yapay Sinir Ağları
EBO:	En Büyük Olasılık
LMS:	Least Mean Square (En Küçük Kareler Ortalaması)
ANN:	Artificial Neural Network(Yapay Sinir Ağı)
GA:	Genetical Algorithms (Genetik Algoritmalar)
ART:	Adaptive Resonance Theory (Uyarlanabilir Yankışalım Teorisi)
PNN:	Probabilistic Neural Network(Olasılıksal Sinir Ağları)
SOM:	Self Organizing Map (Özdüzenleyici Haritalar)
ANFIS:	Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi)
ARIMA :	Autoregressive Integrated Moving Average (Oto regresif Bütünleşik Hareketli Ortalama)
DEMETER:	Detection of Electro-Magnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions

RBF:	Radial Bias Function (Radyal Tabanlı Fonksiyon)
RTF:	Radyal Tabanlı Fonksiyon
UDİM:	Ulusal Deprem İzleme Merkezi
KNN:	K Nearest Neighbors (K En Yakın Komşu)
SVM:	Support Vector Machine (Destek Vektör Makineleri)
PreSEIS:	Pre-SEISmic (Öncü Sismik)
VLF:	Very Low Frequence (Çok Düşük Frekans)
V_k :	Net Girdi
x_i :	Girdi Değeri
y_i :	Çıktı Değeri
T_i :	Girdi vektörü
$\Phi(X)$:	Aktivasyon Fonksiyonu
N_0 :	Negatifler Toplamı
N_1 :	Pozitifler Toplamı
P_0 :	Gerçekleşmeyeceği Tahmin Edilen Deprem Oranı
P_1 :	Gerçekleşeceği Tahmin Edilen Deprem Oranı
w_{ki} :	Ağırlıklar
$n(t)$:	t Süresindeki Artçı Deprem Sayısı
Δb :	b Değerleri Arasındaki Fark

GİRİŞ

Deprem kuvvetli yer hareketleri olarak tanımlanabilir. Bu yer hareketlerinin oluşmasının nedeni plakalar arasında hareketlenmelerdir. Plaka hareketlenmelerinde çok yüksek miktarlarda enerji açığa çıkmaktadır ve bu açığa çıkan enerji canlılara zarar vermektedir. Genel olarak Dünya’da oluşan afetler incelendiğinde, depremler can ve mal kaybına sebep olan afetlerin en önemlilerindedir.

Depremlerin önceden tahmin edilebileceği fikri uzun yıllardır tartışılmaktadır. Deprem tahmini için farklı parametreler oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu parametreler depremlerden önce gerçekleşen ve depremi haber veren olaylardır. Anormal hayvan davranışları, gökyüzünde meydana gelen değişimler, yer altı sularında meydana gelen değişimler, akarsu ve denizlerde meydana gelen değişimler ve toprakta bulunan radon gazı yoğunluğundaki değişimler gibi parametreler depremi haber veren parametreler olarak gösterilebilir. Deprem tehlikesinin tahmin edilebilmesi için çeşitli istatistik tabanlı modeller geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olanlar Poison modeli, Markov modeli, Gumbel uç değerler dağılımıdır. Deprem tehlikesi tahmin modellerinin bazıları büyük depremler için iyi bir tahmin sonucu verirken bazıları küçük ve orta depremlerin tahmininde iyi sonuçlar vermektedir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) tahmin ve sınıflandırma gibi problemlerin çözümünde yüksek başarı oranına sahip bir modeldir. Günümüzde birçok farklı alanda doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. YSA’ların kendi içerisinde, problemin yapısına göre, bağlantı yapılarına göre, öğrenme yöntemine göre farklı farklı çeşitleri vardır.

YSA modeli ile yapılacak çalışmalarda başarı elde edilebilmesi için girdi parametrelerinin problemi tam temsil edecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada depremsellik parametresi olduğu kanıtlanmış olan uzun yıllardır kullanılan

Gutenberg Richter yasasına dayanan b _parametresi kullanılacaktır. Bu parametre ana parametre olmakla birlikte Omori-Utsu modeline dayanan bir diğeri parametrede ağın girişinde kullanılacaktır. Ağın girişinde kullanılacak son parametre ise yine Gutenberg Richter yasasına dayalı, magnitüdü 6.0 veya daha büyük depremin olma olasılığını b _parametresine bağlı olarak gösteren parametredir. Ağın çıkışı ise kayıt altına alınan depremden sonraki beş gün içerisinde gerçekteşecek depremin büyüklüğüdür. Ağın ürettiği ve gerçekte gözlemlenen çıktılar daha önce belirlenmiş bir eşik değerin altında ise deprem olmayacağı varsayılmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı; Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi için Gutenberg-Richter ilişkisine bağlı ve deprem tahminlerinde kullanılan b _değerini temel alan bir ileri beslemeli geri yayımlı YSA geliştirerek, ileri tarihli olası depremlerin tahmin edilebilmesidir. Literatürde yer alan YSA ile deprem tahminlemelerinden farklı veriler kullanılacaktır. Diğer bir ifadeyle çalışmada yeni parametreler ve yeni tahminlemeler kullanılacaktır. Bu bakımdan çalışmanın, özellikle Türkiye'de bu parametrelerle bu bölgelerde yapılan ilk çalışma olacağı ve literatüre yeni bir boyut kazandıracağı düşünölmektedir.

Çalıřmada, belirtilen amaç dođrultusunda Batı Anadolu Bölgesinde 4 farklı alt bölge üzerinde tahmin iřlemi gerçekteşirilmiřtir. Birinci bölge olarak Gölhisar Çameli-Muđla Rodos Bölgesi sečilmiřtir. Bu bölge Batı Anadolu'da sismik aktivitenin yoğun olduđu bir bölgedir. İkinci bölge olarak Burdur Fay Bölgesi sečilmiřtir. Bu bölgeden Batı Anadolu'nun en aktif fayı geçmektedir ve sismik aktivite açısından hareketli bir bölgedir. Üçüncü bölge olarak Büyük ve Küçük Menderes Graben Bölgesi sečilmiřtir. Ege bölgesi ve çevresi düşünöldüğünde tarih boyunca büyük depremler Menderes grabeni üzerinde gerçekteşirmiřtir. Dördüncü bölge olarak Gediz ve Alařehir Grabenleri sečilmiřtir.

Çalışmada belirlenen amaç ve kapsam çerçevesinde, depremlerin tahmini için geçmiş deprem verileri kullanılarak bir YSA modeli geliştirilerek eğitilmiştir. Eğitilen bu modelin ürettiği tahmin sonuçları gerçekte sonuçlarla karşılaştırılmış ve ağın başarısı sunulmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde, YSA'ların yapısı, geçmişi, bileşenleri, sınıflandırılması, modelleri kullanım alanları, öğrenme yöntemleri, avantajları ve dezavantajlarından oluşan kavramsal çerçeve üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, depremlerin tanımı, depremlerin önemi, depremlerde tehlike analiz yöntemleri, deprem tehlikesi tahmin modelleri, deprem büyüklüğü, deprem istatistiği, Türkiye'deki deprem bölgeleri ve Türkiye Deprem Veritabanları açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölümün sonunda, deprem tahmini ile ilgili YSA ile yapılan çalışmalar, YSA ile afet alanında yapılan çalışmalar, YSA ile yapılan diğer çalışmalar ve YSA benzeri yöntemlerle yapılan deprem tahmin çalışmalarından oluşan literatür taraması verilmiştir.

Üçüncü ve son bölümde ise, YSA ile yapılan tahmin çalışmasına ait bulgular sunulmuştur. Bu bölümde verilerin elde edilmesi, çalışma bölgelerine ait analizler, YSA'da kullanılan girdi ve çıktı parametreleri, YSA mimarisi ve son olarak YSA ile yapılan eğitim ve test sonuçları ayrıntılı açıklanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. YAPAY SİNİR AĞLARI

Çalışmanın bu bölümünde YSA ile ilgili kavramsal çerçeve çizilmiş ve YSA'nın kullanım uygulama alanları incelenmiştir.

1.1. YSA'nın Tanımı

YSA'ların temeli, 1942 yılında McCulloch ve Pitts tarafından ortaya atılan ilk hücre modeliyle başlamıştır. Çalışmalar başlangıçta tıp bilimleri üzerine olmasına rağmen zamanla farklı disiplinlerde de kullanılmaya başlanmıştır (Garip, 2011:75).

Bir YSA, bir çok basit sinir hücresinin birleşiminden meydana gelen kompleks bir sinir ağıdır (Lippman, 1987). YSA, birbiriyle bağlantılı bir çok sanal nöronun belirli bir yapıda etkileşimiyle oluşur (Zurada, 1992) ve kendisine verilen veriden öğrenerek kendi kuralları çıkartır (Rojas, 1996). YSA ayrıca canlı sinir sistemine benzer şekilde çalışan bir veri işleme sistemi olarak da tanımlanabilir (Hamzaçebi, 2011:11).

YSA, yapay basit sinirlerin birbirlerine farklı etki oranları ile bağlanmasıyla oluşan bir sistemdir. Sinir hücreleri farklı şekillerde birbirleri ile bağ oluşturarak sinir ağı yapısını oluşturur (Haykin, 1992).

YSA'ların önemli özellikleri doğrusal olmayan problemleri çözebilmeleri, dağıtık paralel yapıya sahip olması, öğrenme, hata toleransı ve genelleme yapabilmesidir. Bu özellikler sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır (Hamzaçebi, 2011:17).

YSA'ların önemli özelliklerinden bir tanesinde öğrenme ve öğrenileni genelleştirebilmedir. Ağa verilen girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi keşfederek daha önce hiç karşılaşılmamış verilere karşı uygun çıktıları üretebilmektedir (Garip, 2011:75).

1.2. YSA'nın Tarihsel Gelişimi

YSA'nın tarihi 1940'lı yıllara dayanmaktadır. Gelişim sürecinde inişli çıkışlı dönemler olmuştur (Kriesel, 2005:8). Başlangıçta McCulloch ve Pitts tarafından 1943 yılında basit mantıksal hesaplamaları yapabilen eşik değere sahip sinir ağları tasarlanmıştır (McCulloch ve Pitts, 1943).

1949 yılında Donald O. Hebb Hebbian öğrenme kuralını geliştirmiştir bu kural hemen hemen tüm öğrenme kurallarının temelini oluşturan genel bir forma sahiptir (Hebb, 1949). 1950 yılında nörofizyolog olan Karl Lashley yaptığı tezde beynin bilgi saklamasını dağıtık sistem olarak fareler üzerinde gerçekleştirmiştir (Kriesel, 2005:9).

1958 yılında Frank Rosenblatt tek katmanlı lineer algılayıcı modelini (perceptron olarak da bilinir) geliştirerek ağlara öğrenme yeteneği kazandırmıştır ve bu gelişme YSA çalışmalarının sayısında önemli bir artış getirmiştir. Tek katmanlı algılayıcılar çok katmanlı algılayıcılarında temelini oluşturmaktadır (Öztemel, 2012:37).

1960 yılında Widrow ve Hoff, basit sinir modelini kullanarak öğrenme gerçekleştirebilen ADALINE (ADaptive LInear NEuron) modelini ortaya atmışlardır. Aynı zamanda ağı eğitimi boyunca toplam hatayı en aza indirmeyi hedefleyen Widrow-Hoff diğer adıyla delta öğrenme kuralını geliştirmişlerdir (Widrow ve Hoff, 1960). ADALINE ticari olarak geniş alanda kullanılan ilk sinir ağıdır telefon hatlarında oluşan yankıları yok etmede kullanılmıştır. aynı zamanda İntel'in kurucusu olan Hoff, Widrow'un doktora öğrencisidir (Kriesel, 2005:10). MADALINE birden fazla Adaline ünitesinden meydana gelen ağıdır 1970'li yıllarda ortaya çıkmıştır (Kaftan, 2010).

1969 yılında Minsky ve Pappert yazdıkları 'Algılayıcılar' adlı kitapta YSA'nın doğrusal olmayan problemlere çözüm üretmediğini ve birçok XOR problemi gibi mantıksal işlemleri çözemediğini iddia etmişlerdir. Bu durum YSA çalışmalarında önemli bir durgun dönem yaratmıştır, YSA ile ilgili çalışmalar bitme noktasına gelmiştir (Öztemel, 2012:38).

1970 yılında Kohonen korelasyon matris tabanlı ilişkili bellek modeli önermiştir. Bu modelde bilgi hafıza bileşenlerinde, bileşen veri ürünü olarak saklanmaktadır (Kohonen, 1972). 1976 yılında Grosberg tarafından çeşitli sinirsel modellerin matematiksel olarak analiz edilmiştir. Gail Carpenter ile ART (Adaptive Resonance Theory) ağları geliştirilmiştir

(Kriesel, 2005:11). 1980 yılında Fukushima tarafından görsel örüntü tanıma mekanizması için bir sinir ağı modeli geliştirilmiştir bu modelde danışmansız öğrenme yöntemi kullanılmıştır (Fukushima, 1980).

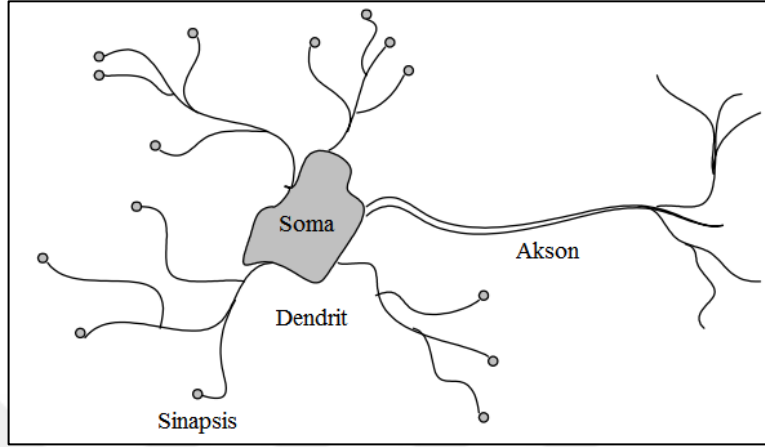
1982 yılında Kohonen beyindeki öz düzenleyici mekanizmalar üzerinde çalışmıştır. Bu süreçte SOM (Self Organizing Maps) adı verilen öz düzenleyicili haritaları bulmuştur. Kohonen haritası olarak da bilinir (Kriesel, 2005:12). Hopfield tarafından 1982 yılında doğrusal olmayan ağların geliştirilmesi duraklama döneminde olan YSA'nın gelişimi için çok önemli bir adım olmuştur (Elmas, 2007:27).

1986 Yılında Rumelhart ve arkadaşları geri yayılımda yeni bir öğrenme yapısı geliştirmişlerdir. Bu yapı ağdaki bağlantı ağırlıklarını hızlı bir şekilde uygun değerlere çekmektedir. Bu işlem yapılırken beklenen değer ile gerçekleşen çıktı değerleri arasındaki fark kullanılmaktadır. Kısaca hatanın geri yayılımda kullanılmasını sağlamışlardır (Rumelhart vd., 1986).

1.3. YSA'nın Yapısı

YSA canlı sinir sistemi işleyişini model alan bir yapıya sahiptir. Canlı sinir sisteminde sinir hücreleri sinyal alır, aldığı sinyale göre işlem yaparak sinyalin iletimini gerçekleştirir. Şekil 1.1'de gösterilen biyolojik sinir hücresinde dentritler sinapslardan sinyali almaktadır. Alınan sinyaller hücre merkezi olan somaya iletilir. Toplanan sinyaller eşik değeri aştığı zaman sinyal akson üzerinden diğer sinir hücrelerine iletilir (Akkaya, 2007:196).

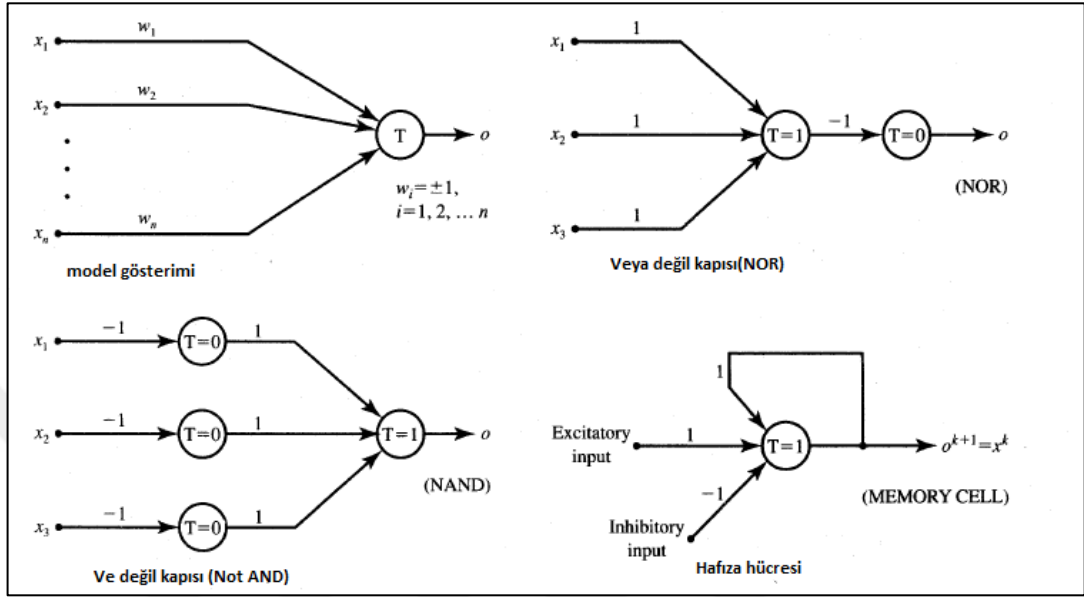
Şekil 1.1. Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı



Kaynak:(Shahidehpour vd.,2002:25)

İlk yapay sinir modelinin yapısal tanımlaması McCulloch ve Pitts tarafından 1943 yılında tanımlanmıştır. Girişler 0 veya 1 olabilmektedir ve x_i ile temsil edilir, i değeri $1,2,\dots,n$ giriş değerini temsil etmektedir. Ağın çalışma mantığı basit bir yapıdadır. Girişler ve ağırlıkların çarpımlarının toplamı eşik değere eşit veya büyük ise ağın çıktısı 1, küçük ise 0 olmaktadır. Geliştirilen bu ağ ile ve, veya, değil gibi basit mantıksal işlemler hesaplanabilmektedir (Zurada, 1992:30-31).

Şekil 1.2. İlk Sentetik Sinir Hücresi Modeli



Kaynak: (Zurada,1992:30)

Şekil 1.2’de x değerleri girişleri w değerleri ağırlıkları T değeri eşik değeri ve o değeri çıktıyı göstermektedir. Toplama fonksiyonu girdiler ile ağırlıkların çarpımı toplamaktadır. Toplam sonucu eşik değeri ile karşılaştırılarak çıktı üretilmektedir. Matematiksel olarak Denklem (1.1)’de gösterilmiştir.

$$o^{k+1} = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k \geq T \\ 0 & \text{if } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k < T \end{cases} \quad (1.1)$$

YSA bir çok yapay sinir hücresinin bir araya gelmesi ile oluşur, bu bir araya gelme gelişigüzel değil katmanlar şeklinde gerçekleşir. Her katmanda farklı sayıda sinir hücresi bulunabilir (Akkaya, 2007:197).

1.4. YSA'nın Temel Bileşenleri

Yapay sinir hücresi YSA'nın temel elemanıdır işlem elemanı olarak da adlandırılır. Bir işlem elemanı beş bileşenden oluşmaktadır. Bunlar girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıktıdan oluşmaktadır. Şekil 1.3'de gösterilmiştir. İşlem elemanında girdiler birden fazla olabileceği gibi çıktı ise bir tane olabilir (Garip, 2011:78).

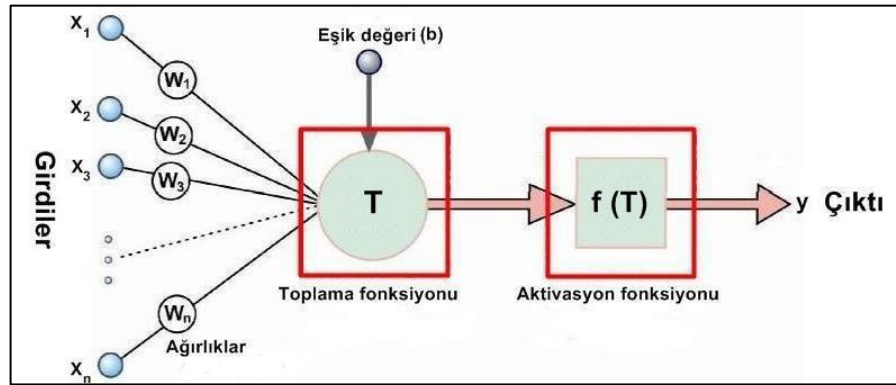
Bir yapay yapay nöronu oluşturan elemanlar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu, yapay nöron çıkışı ve ağırlıklardır. Biyolojik sinir sistemi ile yapay sinir sistemi arasındaki benzerlikler Tablo 1.1'de gösterilmiştir (Sağiroğlu vd., 2003).

Tablo 1.1. Biyolojik Sinir Sistemi ile YSA'nın Benzer Özellikleri

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Ağları
Dendrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Yapay Nöron (İşlemci Elemanı)
Aksonlar	Transfer Fonksiyonu (Eşik)
Nöron	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Kaynak: (Sağiroğlu vd., 2003)

Şekil 1.3. Yapay Sinir Hücresi Elemanları



Kaynak: (Kaftan, 2010:7)

1.4.1. Girdiler

Bir nörona dışarıdan gelen verilerdir bu veriler, dış ortamdan başka bir nöronun veya nöronun kendinden nörona gelebilir (Aslay, 2013). Ağın eğitiminin temelini girdiler oluşturur.

1.4.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar w ile temsil edilir yapay sinir hücresine gelen giriş verilerinin sinir hücresi üzerindeki etkisini gösteren katsayılardır. Her giriş bir ağırlığa sahiptir. Ağırlık değerinin yüksek olması girişin önemli olduğunu ve etki oranının yüksek olduğunu gösterir. Düşük ağırlık değerleri girişin önemsiz olduğunu gösterir (Elmas, 2007:31). Girdi ve çıktı değerleri arasında kurulan ilişkide ağırlıklar kullanılmaktadır (Garip, 2011:79).

1.4.3. Toplama Fonksiyonu

Nörona gelen net girdiyi hesaplar bu hesaplamayı yaparken farklı fonksiyonlar kullanılabilir. En sık kullanılan ağırlıklı toplamı bulma yöntemidir (Hamzaçebi, 2011:49). Denklem (1.2)'de gösterilmiştir.

$$V_k = \sum_{i=1}^n x_i w_{ki} \quad (1.2)$$

Denklem (1.2)'de V_k net girdi, x_i YSA'nın girdi değerleri, w_{ki} ağırlıkları (i. girdinin k. nöronla bağlantı ağırlığı), n ise nörona gelen girdi sayısını temsil etmektedir. Duruma göre girdilerin değeri yada sayısı dikkate alınmaktadır. Toplama fonksiyonu seçimi probleme göre değişkenlik gösterebilmektedir. İdeal toplama fonksiyonu tespitinde deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Toplama fonksiyonu YSA'nın tamamında tek bir fonksiyon kullanılabileceği gibi ağın bazı nöronları farklı toplama fonksiyonu da kullanabilmektedir (Öztemel, 2012:49). Çeşitli toplama fonksiyonu örnekleri Tablo 1.2'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Denklem	Kullanım Alanı
$V_k = \sum_{i=1}^n x_i w_{ki}$	Girdi ile ağırlıklar çarpılarak toplanır ve net girdi değeri bulunur.
$V_k = \text{Max}(x_i w_{ki}) \quad i = 1, 2, \dots, n$	n tane girdi kendi ağırlığı ile çarpılarak en büyük olanı ağırlı girdi değeri olarak alınır.
$V_k = \text{Min}(x_i w_{ki}) \quad i = 1, 2, \dots, n$	n tane girdi kendi ağırlığı ile çarpılarak en küçük olanı ağırlı girdi değeri olarak alınır
$V_k = \sum_{i=1}^n \text{sgn}(x_i w_{ki})$	n tane girdi ağırlıkları ile çarpılır, pozitif ve negatif olanların sayısı karşılaştırılarak büyük olan sayı net girdi değeri olarak alınır.
$V_k = V_k(\text{eski}) + \sum_{i=1}^n x_i w_{ki}$	Girdi ile ağırlıklar çarpılarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek net girdi değeri olarak alınır.

Kaynak: (Özaydın, 2009:13)

1.4.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Nöronun net girdi değerine karşı çıktı değerinin belirli bir aralıkta kalmasını sağlayan fonksiyondur. Nöronun giriş ve çıkış değerleri arasında bir bağ kurmaktadır (Haykin, 1998). Hücreye gelen toplam girdiyi işleyip buna uygun çıktıyı üretir. Çıktı üretimi için farklı fonksiyonlar kullanılır. Bazı ağ modellerinde türevi alınabilir fonksiyon kullanılması şarttır (Öztemel, 2012:50).

Aktivasyon fonksiyonu nöronun fonksiyonuna göre farklı tiplerde olabilir. En uygun aktivasyon fonksiyonu ağ geliştiricisinin denemeleri sonucunda bulunabilir, aktivasyon fonksiyonları sabit ya da uyarlanabilir parametrelili olabilir. En sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır (Saraç, 2004:23).

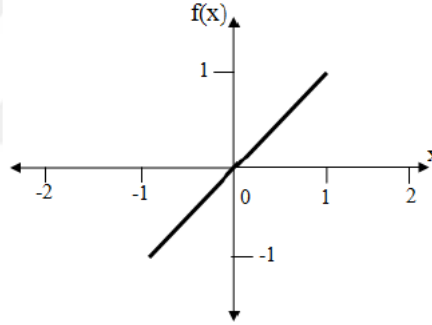
1.4.4.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

Purelin aktivasyon fonksiyonu olarak da isimlendirilebilmektedir. Matematiksel gösterimi Denklem (1.3) ve (1.4)'de gösterilmiştir. Doğrusal problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Nöronun net girdisini direk nöron çıkışı olarak verir (Saraç, 2004:23). Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modellerinde çıkış katmanında kullanılmaktadır (Ünal, 2011:156). Fonksiyonun analik düzlem grafik gösterimi Şekil 1.4'de verilmiştir.

$$f(x) = x \quad (1.3)$$

$$f(x) = Ax \quad (1.4)$$

Şekil 1.4. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

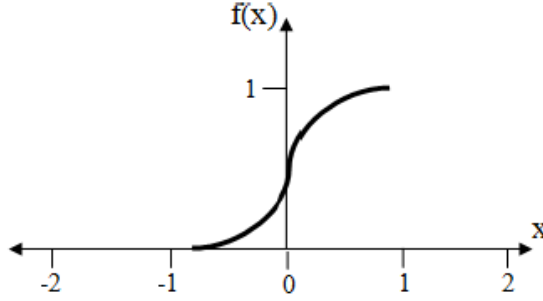


1.4.4.2. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

Sürekli doğrusal olmayan ve türevi alınabilir bir fonksiyon olduğu için en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur (Saraç, 2004:24). Girdide ki her bir değer için sıfır ve bir arasında sınırlandırılmış bir değer üretir. Geri yayılım öğrenme kurallarının kullanıldığı çok katmanlı ağ yapılarında kullanılan bir transfer fonksiyonudur (Haykin, 1999). Matematiksel gösterimi Denklem (1.5)'de gösterilmiştir. Fonksiyonun analik düzlem grafik gösterimi Şekil 1.5'de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1.5)$$

Şekil 1.5. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

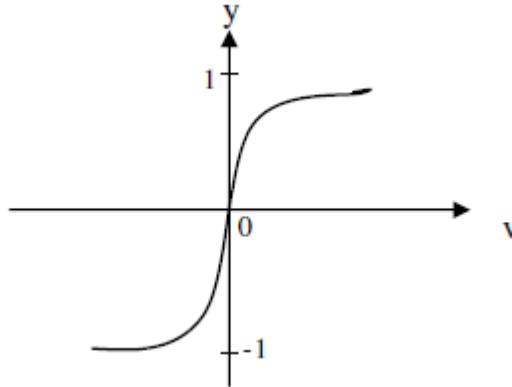


1.4.4.3. Hiperbolik Tanjant Aktivasyon Fonksiyonu

En sık kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir çift kutuplu fonksiyon olarak da isimlendirilir. Sigmoid fonksiyon gibi türevi alınabilir. Çıkış değerleri -1 ile +1 arasındadır (Kuyucu, 2012:37). Giriş uzayının genişletilmesinde kullanılan etkin bir aktivasyon fonksiyonudur (Aslay, 2011:27). Matematiksel gösterimi Denklem (1.6)'da gösterilmiştir. Fonksiyonun analitik düzlem grafik gösterimi Şekil 1.6'da verilmiştir.

$$y = \frac{1-e^{-2v}}{1+e^{2v}} = \tanh(\beta v) \quad (1.6)$$

Şekil 1.6. Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu

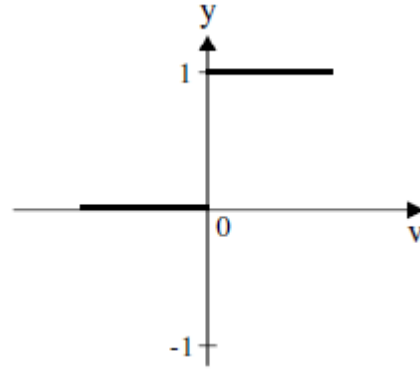


1.4.4.4. Step Aktivasyon Fonksiyonu

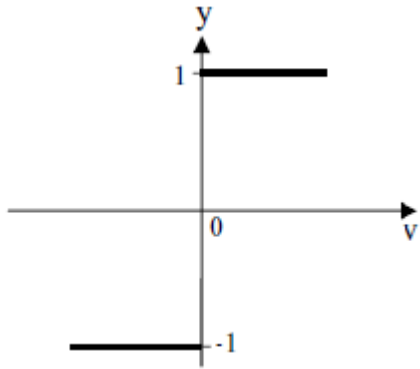
Basamak fonksiyonu olarak da adlandırılır. Tek kutuplu veya çift kutuplu olabilir. Perceptron sınır hücresinde aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılır (Kuyucu, 2012:34). Matematiksel gösterimi Denklem (1.7) ve Denklem (1.8)'de gösterilmiştir. Fonksiyonun analitik düzlem grafik gösterimi Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'de verilmiştir.

$$y = f(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

Şekil 1.7. Tek Kutuplu Basamak Fonksiyonu



Şekil 1.8. Çift Kutuplu Basamak Fonksiyonu



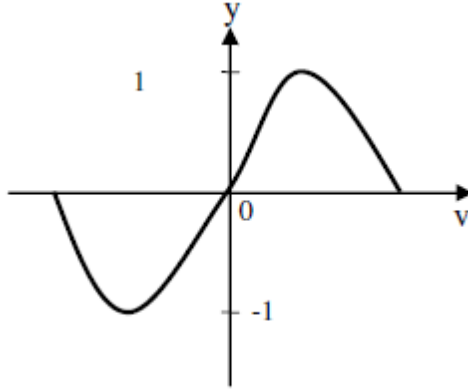
$$y = f(v) = \begin{cases} +1 & v \geq 0 \\ -1 & v < 0 \end{cases} \quad (1.8)$$

1.4.4.5. Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu

Ağa öğretilen veri sinüs fonksiyonuna uygun olarak dağılım gösterdiği durumlarda kullanılabilir. Matematiksel gösterimi Denklem (1.9)'da gösterilmiştir. Fonksiyonun analitik düzlem grafik gösterimi Şekil 1.9'da verilmiştir.

$$y = f(v) = \text{Sin}(v) \quad (1.9)$$

Şekil 1.9. Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu



1.4.5. Çıktılar

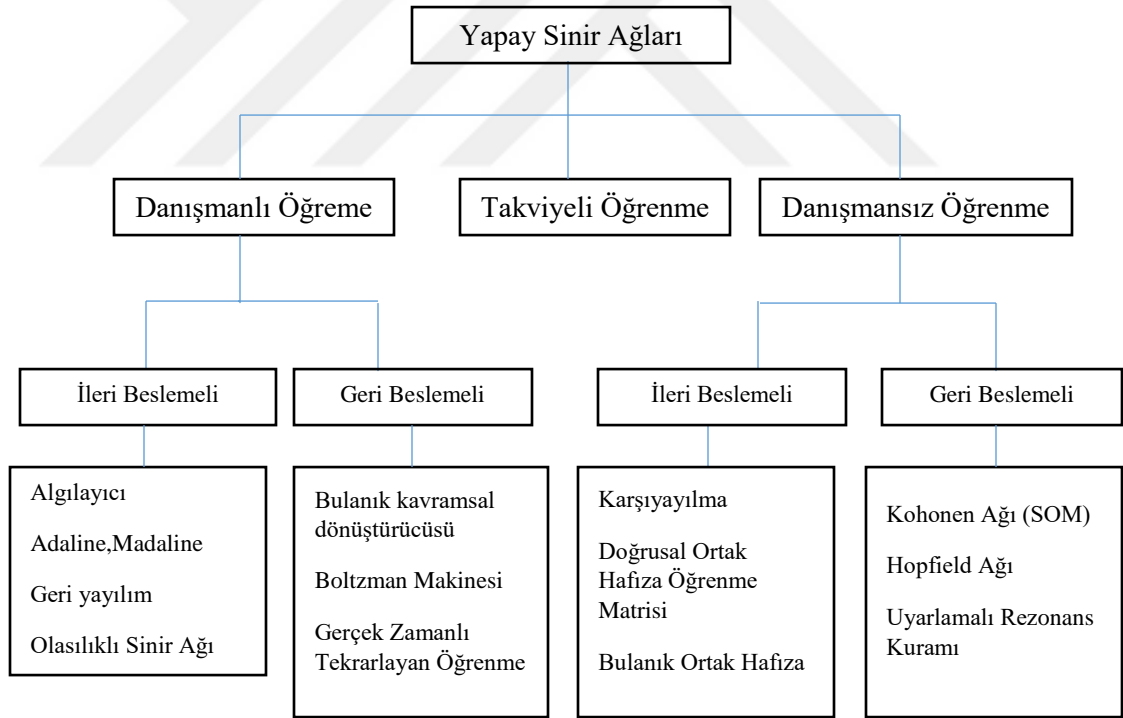
Aktivasyon fonksiyonu tarafından üretilen çıktı değeridir. Bu değer dış dünyaya veya başka bir nörona gönderilebilir. Hücre ürettiği çıktıyı kendisine girdi olarak verebilir (Öztemel, 2012:51).

1.5. YSA'ların Sınıflandırılması

Asgari iki veya daha fazla yapay sinir bir araya geldiğinde yapay sinir ağı ortaya çıkar. Bir tek sinir problem çözümünde yetersiz olmasına rağmen yapay sinir ağları problemleri çözebilecek güce sahiptir (Krenker vd., 2002).

YSA sınıflandırılması bağlantı yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli katman sayılarına göre tek katmanlı, çok katmanlı öğrenme algoritmalarına göre denetimli, denetimsiz ve takviyeli ağlar olarak sınıflandırılır (Hamzaçebi, 2011:19). Şekil 1.10'da YSA'ların sınıflandırması gösterilmiştir.

Şekil 1.10. YSA Sınıflandırması



Kaynak: (Arslan vd., 2007:3)

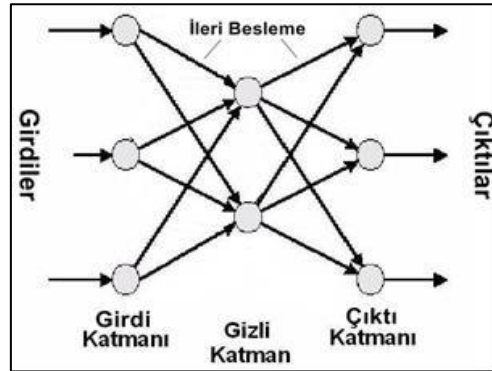
1.5.1. Bağlantı Yapılarına Göre Ağlar

Yapay sinirlerin birbirine bağlanarak oluşturduğu yapay sinir ağlarında sinirlerin birbirine bağlanma yapısına göre çeşitlendirme yapılabilmektedir. Bilginin giriş katmanındaki sinirlerden çıkış katmanına doğru tek yönlü olarak iletiildiği ağlara İleri Beslemeli Sinir Ağı, bilginin giriş katmanından çıkışa doğru tek yönlü değilde geri yönlü de iletilebildiği ağlara Geri Beslemeli Sinir Ağları denilmektedir (Krenker vd., 2002).

1.5.1.1. İleri Beslemeli Ağlar

YSA yapısı katmanlara ayrılmıştır. Girdi verileri ağ yapısında giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü olarak aktarılmaktadır. Her katmandaki nöron kendinden önceki katmandan gelen bilgiyi işleyerek sonraki katmana iletir. Bir katmandaki nöronlar sonraki katmandaki nöronlarla bağlantılı iken aynı katmandaki nöronlarla bağlantı oluşturamamaktadır. Çok katmanlı Perceptron ağlar ileri beslemeli ağlara örnek verilebilir (Ünal, 2011:157). İleri beslemeli ağ yapısı Şekil 1.11’de gösterilmiştir.

Şekil 1.11. İleri Beslemeli Ağ

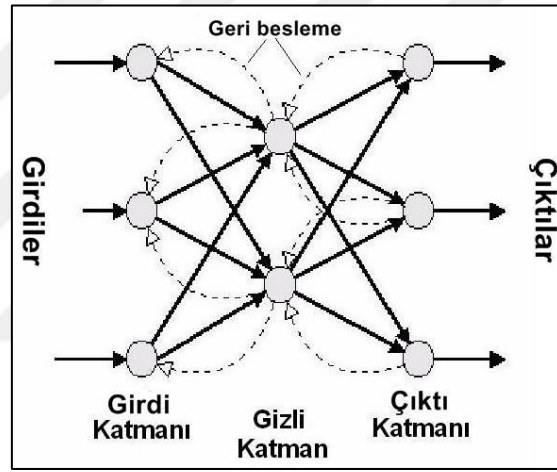


Kaynak:(Yılmaz,2012:24)

1.5.1.2. Geri Beslemeli Ağlar

Danışmansız öğrenme kuralının kullanıldığı ağ yapılarında bir geri besleme mimarisi vardır. Çıkiştaki ve ara katmandaki çıkışların önceki katman sinirlerinin girişlerine bağı olduğu bir geri besleme yapısı vardır (Elmas, 2007:57). Geri beslemeli ağ yapısı Şekil 1.12’de gösterilmiştir.

Şekil 1.12. Geri Beslemeli Ağ



Kaynak: (Yılmaz, 2012:25)

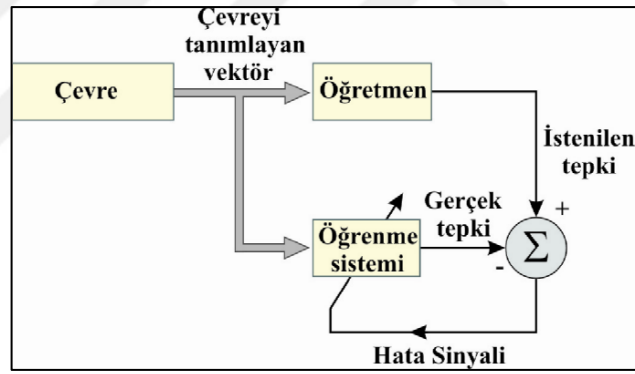
1.5.2. Öğrenme Stratejilerine Göre Ağlar

YSA'nın başlıca özelliği öğrenebilmesidir. Bu öğrenme işlemi ağın girdileri kullanarak nöronlar arası ağırlıkları belirlemesi işlemi olarak da tanımlanabilir. Öğrenmenin tamamlanması ideal ağırlık değerlerinin bulunmasıyla gerçekleşir. Ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan yöntem farklarından dolayı farklı öğrenme algoritmaları ortaya çıkmıştır. Öğrenme stratejilerine göre ağlar danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve takviyeli öğrenme olmak üzere üçe ayrılır (Yılmaz, 2012:25; Hamzaçebi, 2011:21).

1.5.2.1. Danışmanlı Öğrenme

YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile gerçek çıktı değerleri karşılaştırılarak, ağırlıklar çıktılar arasındaki farkı azaltacak şekilde güncellenir. İstenen ve gerçekleşen çıktılar arasındaki fark kabul edilebilir bir seviyeye ulaştığında ağırlık güncelleme işlemi bitirilir öğrenme sonlandırılır (Elmas, 2007:88). Danışmanlı öğrenme yapısı Şekil 1.13'de gösterilmiştir. Eğitim setinin örnekleme temsil etme seviyesi eğitim başarısı için önemli bir kriterdir. Eğitim setinin çok veri içermesi problemle ilgili örnekleme iyi temsil etmesi, ağır eğitim dışı test verilerinde doğru sonuçlar üretmesini sağlayacaktır (Yılmaz, 2012:25).

Şekil 1.13. Danışmanlı Öğrenme Yapısı



Kaynak: (Yılmaz, 2012:26)

1.5.2.2. Danışmansız Öğrenme

YSA tarafından hedeflenen çıktıların ağa gösterilemediği, ağın sadece girdi bilgisine sahip olduğu öğrenme yöntemidir. Danışmansız öğrenmede girdi kümesi içerisinde anlamlı istatistiksel veriler çıkartılmaya çalışılır (Hamzaçebi, 2011:22). Ağın çıktı üretmesinde herhangi bir eğiticiden faydalanılmaz. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory), Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnekleri olarak gösterilebilir (Saraç, 2004:30). Danışmansız öğrenme yapısı Şekil 1.14'de gösterilmiştir.

Şekil 1.14. Danışmansız Öğrenme Yapısı

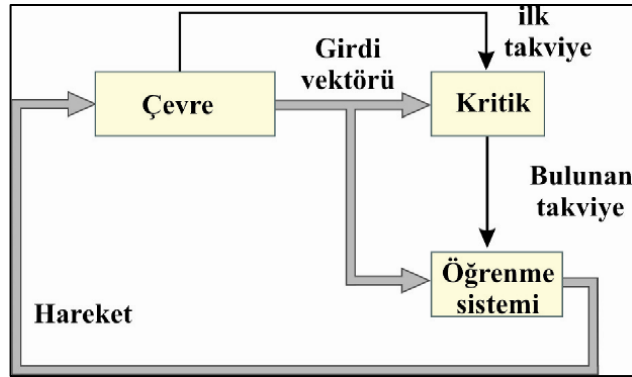


Kaynak: (Haykin, 1999)

1.5.2.3. Takviyeli Öğrenme

Danışmanlı öğrenme yapısına benzerlik gösterir. Amaçlanan çıktılar ağa gösterilmez. Ağın girdi değerlerine karşılık ürettiği çıktılar için pozitif yada negatif değerler üretilerek ağ ağırlıkları güncellenir (Hamzaçebi, 2011:22). Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski'nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya Genetik Algoritmalar takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilirler (Saraç, 2004:30). Takviyeli öğrenme yapısı Şekil 1.15'de gösterilmiştir.

Şekil.1.15. Takviyeli Öğrenme Yapısı



Kaynak: (Yılmaz, 2012:27)

1.5.3. Öğrenme Kurallarına Göre Ağlar

Öğrenme kurallarının çoğu temelde Hebb öğrenme kuralına benzemektedir. Bu kural da nöronlar arasında ağırlık güncellenmesi esasına dayanmaktadır. Ağırlık güncellemesi farklı yöntemlerle yapıldığında farklı öğrenme kuralları ortaya çıkmaktadır. Temel öğrenme kuralları Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen kurallarıdır (Öztemel, 2012:26).

1.5.3.1. Hebb Öğrenme Kuralı

Bilinen ilk ve en eski öğrenme kuralıdır. Bu kurala göre; aralarında doğrudan bağlantı bulunan iki nöronun birinde meydana gelen değişim diğer nöronda da değişime sebep olur yaklaşımından hareket ederek, etkilenen nörondaki değişimi öğrenmenin temeli kabul etmiştir (Hebb, 1949).

1.5.3.2. Hopfield Öğrenme Kuralı

Hopfield öğrenme kuralı kuralı Hebb kuralına benzer bir yapıya sahiptir. Hebb kuralına ek olarak bağlantı ağırlıklarındaki değişimler belirtilir. Bağlantı ağırlıkları öğrenme oranı kadar artırılır veya azaltılır. Öğrenme oranı sıfır ile bir arasında seçilir (Yılmaz, 2012:28).

1.5.3.3. Delta Öğrenme Kuralı

En sık kullanılan öğrenme kurallarından biridir. Hebb kuralını temel alarak geliştirilmiştir. Beklenen çıktı ile üretilen çıktı arasındaki fark yani delta minimum oluncaya kadar bağlantı ağırlıklarını güncellemeye dayanmaktadır. Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiştir ve en küçük kareler ortalaması kuralı olarak isimlendirilir.(Widrow ve Hoff, 1960)

Ağın eğitiminde verilen değerlere karşılık üretilen çıktı değerleri ile gerçek çıktı değerleri karşılaştırılarak arada farka bakılır bu fark belirlenen eşik değerden büyük ise ağın

bağlantılarında güncelleme yapılır. Bağlantılar güncellenirken en dik azalış yöntemi kullanılır. Ağın bağlantılarının güncellenmesi işlemi öğrenme katsayısıyla orantılı olarak yapılır (Akbiğiç, 2011:30-31).

1.5.3.4. Kohonen Öğrenme Kuralı

Biyolojik sistemlerdeki öğrenme yapısından esinlenere Kohonen tarafından geliştirilmiştir. İstenilen çıktıya yakın değer üreten nöronların ağırlıkları artırılarak, diğer nöronların ağırlıkları azaltılarak en ideal nöron ağırlıklarını elde etmeyi amaçlayan öğrenme kuralıdır (Aslay, 2013:33).

1.5.3.5. Genelleştirilmiş Delta Öğrenme Kuralı

Delta öğrenme kuralının genelleştirilmiş bir örneğidir. Bağlantı ağırlıklarının güncellenmesinde aktivasyon fonksiyonunun birinci derece türevini kullanmaktadır. Geri Yayılım algoritması olarak da bilinir (Aşık, 2013:28).

1.5.4. Öğrenme Algoritmalarına Göre Ağlar

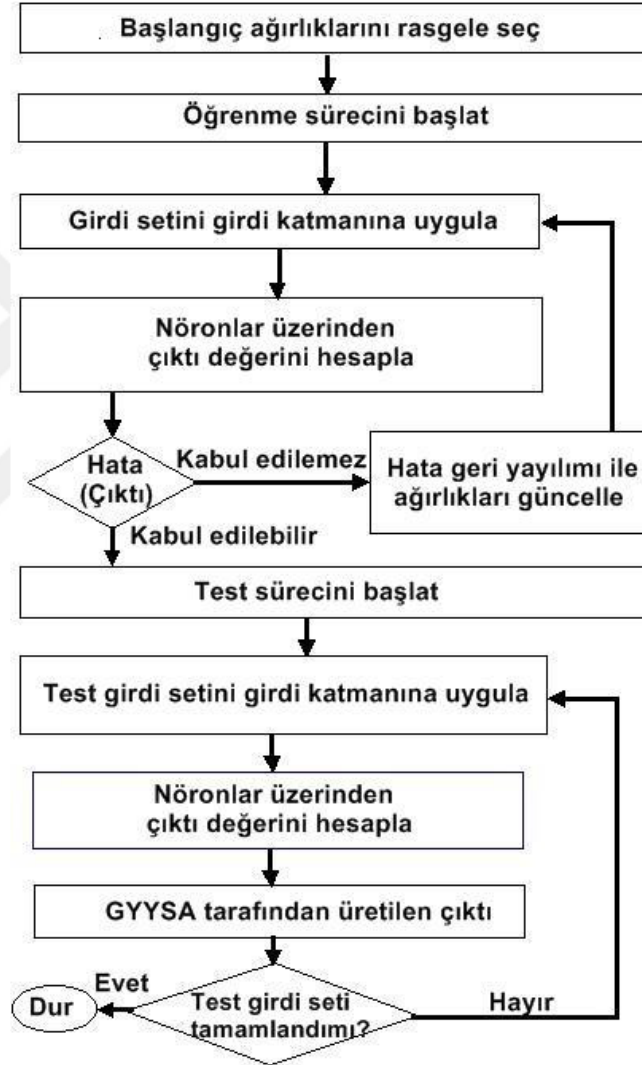
YSA'da bir çok öğrenme algoritması kullanılmaktadır. Kullanılan bu algoritmalar problemin türüne göre ve kullanılan ağ yapısına göre değişkenlik gösterebilmektedir. En sık kullanılan öğrenme algoritmaları aşağıda listelenmiştir.

1.5.4.1. Geri Yayılım Algoritması

Geri yayılım algoritması hatayı çıkıştan geriye doğru azaltmaya çalıştığı için bu ismi almıştır. Ağın çıkışındaki hatayı dereceli azaltma kullanarak en aza indirmeye çalışır. Hatanın azaltılması için katmanlardaki ağırlıklar güncellenir. Çok katmanlı bir ağ yapısına sahip ağlarda geri yayılım algoritması kullanılabilir. Hata hesaplanabildiği için

danışmanlı öğrenme algoritması kullanmaktadır (Çetin vd., 2006:2). Geri Yayılım Algoritması Şekil 1.16'da gösterilmiştir.

Şekil 1.16. Geri Yayılım Algoritması Akış Diyagramı



Kaynak: (Saraç, 2004:63)

1.5.4.2. Levenberg Marquardt Algoritması

En dik iniş algoritması ve Gauss-Newton algoritmasından türetilmiştir. İki algoritmanında iyi yönlerini birleştiren iteratif bir optimizasyon algoritmasıdır. Algoritmadaki bir parametre değerine göre küçükse gauss newton büyükse en dik iniş yöntemi gibi çalışmaktadır. Levenberg Marquardt algoritmasına göre, beklenen değerden hesaplanan değer çıkartılarak bulunan hata değerini azaltmak için nöronlar arasındaki ağırlıklar güncellenmelidir. Levenberg Marquardt algoritmasını YSA’da Hagan ve Menjah 1994 yılında yapmıştır (Köroğlu, 2007:24; Çavuşlu vd., 2012:2).

1.5.4.3. Momentum Geri Yayılım Algoritması

Yapısal olarak Geri Yayılımlı Öğrenme algoritmasına benzerlik göstermektedir. Ağırlıkların güncellenmesinde alfa ve beta gibi sabit değişkenlere ihtiyaç duymaktadır. Geri yayılım algoritmasından en önemli farkı ise ağırlıkların güncellenmesinde iki iterasyon önceki ağırlık katsayıları kullanılmaktadır (Doğan, 2010:60).

1.5.4.4. Esnek Yayılım Algoritması

Esnek yayılım algoritması standart eğitim azaltma algoritmalarından çok hızlı bir yapıya sahiptir ve eski değerlerin saklanması ihtiyacı duymayan bir yapıya sahiptir. Birbirini izleyen iki iterasyonda performans fonksiyonu ile türev işareti aynı ise güncelleme faktörü değeri artırılır, eğer farklı işaretlerse azaltılır türev sıfır ise sabit kalır (Sağiroğlu vd., 2003:87).

1.5.4.5. Hızlı Yayılım Algoritması

Fahlman tarafından geri yayılım algoritmasının yavaş ve karmaşık olmasından dolayı daha hızlı çalışacak sezgisel bir öğrenme algoritması olarak geliştirilmiştir yöntemin önerilmesinin iki amacı vardır birincisi hızlı öğrenmeyi sağlama gelecek çalışmalara temel

oluşturacak bir metod geliştirmiştir (Fahlman, 1988). Sezgisel bir yapıda olduğu için ideal çözümü garantilememekte ona yakın çözüm üretmektedir. Sezgisel algoritmalar tecrübeye ve eğitilmiş tahminlere dayalı kurallar içermektedir (Sağıroğlu, 2003:90).

1.5.4.6. Delta Bar Delta Algoritması

Delta Bar Delta algoritması çok katmanlı algılayıcılarda bağlantı ağırlıklarının yakınsama hızını artırmak amacıyla kullanılan sezgisel bir yaklaşıma sahiptir. Deneysel çalışmalar, ağırlık uzayının her boyutunun tüm hata yüzeyi açısından tamamen farklı olabileceğini göstermiştir. Hata yüzeyindeki değişimleri açıklamak için, özellikle ağırlık her bağlantısı kendi öğrenme katsayısına sahip olmalıdır. Her bir bağlantıya bir öğrenme katsayısı atanırsa ve bu öğrenme katsayısı zamanla değişirse, yakınsama zamanını azaltılır ve daha çok serbestlik derecesi sağlanmış olur (Saraç, 2004:65).

1.5.4.7. Geliştirilmiş Delta Bar Delta Algoritması

Genişletilmiş Delta Bar Delta öğretim algoritması, eğitimde belirli bir anda genel hatayı hesaplayarak düzeltme özelliğine sahiptir. Belirli bir anda hata bulunarak, bir önceki anda bulunan hatayla karşılaştırılır, büyük ise ağırlık ağırlıklar bir önceki ağırlık değerlerine güncellenir. Hata düzeltme özelliğine dayanıklılık faktörü eklenerek daha iyi sonuçlar elde edilmesi sağlanmış olur. Her çevrimde hatayı test etmek yerine daha önce iyileştirilme işlemi yapıldığından dolayı hata, n çevrimde test edilir. Klasik Delta Bar Delta algoritmasından farklı olarak Geliştirilmiş Delta Bar Delta algoritmasında momentum kullanılır. Ağırlık uzayında büyük atlamalar ortadan kaldırılır (Sağıroğlu vd., 2003:88-89).

1.5.4.8. Genetik Algoritma

Genetik algoritmalar, araştırma ve optimizasyon ağırlıkları olup, canlılardaki doğal gelişim prensibine dayanmaktadırlar (Holland, 1975; Goldberg, 1989). Probabilistik

karakterleri ve çoklu mümkün çözümleri araştırma gibi önemli özelliklere sahip olmaları ve amaç fonksiyonunun eğiminin bilinmesine ihtiyaç duymamaları en önemli avantajlarıdır (Sağıroğlu ve diğ., 2003:93).

Genetik Algoritmalar ile girdi verileri ideal şekilde bulunabilir. Genetik algoritmalar YSA da kullanılarak yerel minimumlara yakalanma riski kalmaz. Ağın eğitimi esnasında topoloji ve ağırlıklar belirlenebilir (Yüksel ve Korürek, 2008:2-3). Çok büyük bir uzayın olduğu problemleri için en iyileme yöntemidir. Genetik Algoritmalar Darwin'in evrim süreci ve popülasyon genetik özelliklere dayanmaktadır (Ermiş, 2005:73).

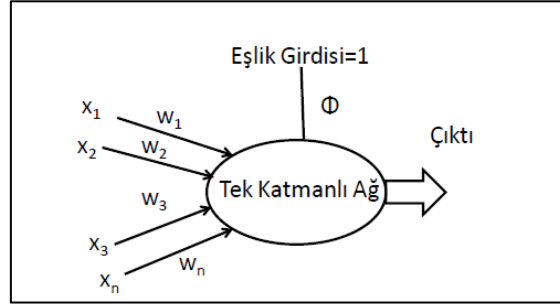
1.6. YSA Modelleri

Literatürde bir çok farklı YSA modeli vardır en sık kullanılan modeller çok katmanlı algılayıcılar, radyal tabanlı YSA, vektör kuantalamalı YSA, olasılık tabanlı YSA ve genelleştirilmiş regresyon YSA, ileri beslemeli danışmanlı ağlardır (Sağıroğlu vd., 2003:53).

1.6.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar

Tek Katmanlı Yapay Algılayıcılar sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Ara katmanlar bulunmaz. Her ağın bir ya da daha fazla girdisi çıktısı vardır. Tek katmanlı algılayıcılarda çıktı doğrusal bir fonksiyondur. Diğer bir ifadeyle ağa verilen örnekler iki sınıf arasında ayrıştırılır. Ağın çıktısı, nöron ağırlıklarının girdi değerleriyle çarpılıp eşik değerine ile toplanması sonucu bulunur. Bu girdi değerine aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağın çıktısı hesaplanır. Tek katmanlı algılayıcılar doğrusal olayları çözmekte başarı gösterilen doğrusal olmayan olayların çözümlenmesinde yetersizdir (Doğan, 2010:50). Tek Katmanlı Algılayıcı yapısı Şekil 1.17'de gösterilmiştir.

Şekil 1.17. Tek Katmanlı Algılayıcı



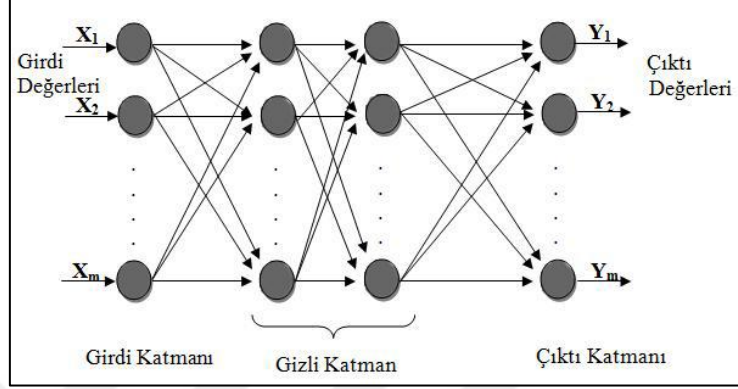
Kaynak: (Doğan, 2010:50)

1.6.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar

YSA teknolojisinin ortaya çıktığı ilk yıllarda en çok eleştirildiği konu gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin genellikle doğrusal yapıya sahip olmaması ve Tek Katmanlı Algılayıcıların bu tür problemlerin çözümü için yetersiz kalmasıydı. Ancak Rumelhart, Hinton ve Williams tarafından geliştirilen bir ağ yapısı olan çok katmanlı algılayıcı ile bu sorun aşılmıştır (Rumelhart vd., 1986:535). Mühendislik uygulamalarında en sık kullanılan sinir ağı modelidir. Bir çok öğrenme algoritması çok katmanlı algılayıcılarla kullanılabilir. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılması hemen hemen her fonksiyonda tahmin etme özelliğini beraberinde getirmektedir ve tanıma sistemlerinde tercih edilmektedir (Doğan, 2010:50).

Çok katmanlı algılayıcı ağı, geriye yayılma algoritmasıyla çalışan ileri beslemeli bir YSA'dır. Çok katmanlı algılayıcılar, sinir ağı tarafından üretilen çıktıyı gözlenen çıktıyla karşılaştırarak en iyi ağı belirlemeye çalışır bu nedenle danışmanlı öğrenme yapısı kullanır. Çok katmanlı algılayıcı ağı, girdi ve çıktı katmanının yanında bir ya da daha fazla gizli katman içerebilir. Gizli katmandaki nöronlar, girdi vektörü ile çıktı vektörleri arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkilerin açıklanması için gerekli bilginin kayba uğramadan taşınmasına izin verir. Çok katmanlı algılayıcı ağı, özellikle sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan en popüler yapay sinir ağıdır (Özaydın, 2009:48). Çok Katmanlı Algılayıcı yapısı Şekil 1.18'de gösterilmiştir.

Şekil 1.18. Çok Katmanlı Algılayıcı



Kaynak: (Aslay, 2013:38)

1.6.3. Radyal Tabanlı YSA

Radyal tabanlı fonksiyonlar kavramını Broomhead ve Lowe tarafından 1988 yılında önerilmiştir (Aslay, 2013:39). Radyal Tabanlı YSA eğitimi çok boyutlu uzayda eğri uydurma (curve fitting) yaklaşımına benzetilebilir. Bu ağlar klasik YSA dan farklı olarak giriş katmanından gizli katmana geçişlerde radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonu ve doğrusal olmayan kümeleme analizi kullanır. Gizli katman ve çıktı katmanı arasında klasik YSA yapısında olduğu gibidir (Okkan ve Dalkılıç, 2012:5959).

Radyal tabanlı YSA, öğrenme sürecinde danışmansız ve danışmanlı öğrenme olmak üzere karma strateji kullanır ve böylece öğrenme süreci iki aşamaya ayrılır. Danışmansız öğrenme stratejisi ile gerçekleştirilen ilk aşama, girdi verilerine gizli katmanda radyal tabanlı fonksiyon uygulanması sürecidir. Danışmanlı öğrenme stratejisi ile gerçekleştirilen ikinci aşama ise, gizli katmandan elde edilen çıktılara doğrusal dönüşüm uygulanarak ağ çıktıları ile gözlenen çıktılar arasındaki hatayı en küçük yapan ağırlıkların belirlenmesi sürecidir (Özaydın, 2009:52).

1.6.4. Vektör Kuantalamalı YSA

Vektör kuantalamalı öğrenme ağı Kohonen tarafından 1982 yılında önerilmiştir (Aslay, 2013:40). Kohonen ağı olarak da bilinir. Üç katmanlı bir yapıya sahiptir bunlar giriş katmanı gizli katman ve çıkış katmanıdır. Bu ağ yapısında giriş katmanı ile arakatman arasındaki tüm nöronlar arasında bağlantılar mevcuttur fakat gizli katman ile çıktı katmanı arasında kısmi bağlantı vardır. Arakat ile çıkış katı nöronları arasındaki nöron bağlantı ağırlıkları “1” değerine sabitlenmiştir. Giriş ile arakatman arasındaki nöron bağlantı ağırlıkları referans vektör olarak isimlendirilir. Her bir nöron için bir referans vektörü tanımlanır. Ağı eğitimde bu ağırlıklar güncellenir. Kohonen arakatı ve çıkış katı nöronları ikili çıkışlara sahiptir. Bir giriş vektörü ağı verildiğinde, giriş vektörüne en yakın arakatman nöronuna “1” çıkışını verilir. Diğer nöronlara “0” değeri verilir. Çıkış nöronuna bağlı olarak, kazanan nöronu içeren arakat nöron grubuna “1” ve diğer bütün çıkış nöronlarına “0” değerleri atanır. “1” üreten çıkış nöronu giriş işaretini sınıflar ve her nöron ayrı bir sınıfa atanmıştır (Bolat, 2003:38).

1.6.5. Olasılık Tabanlı YSA

Olasılık tabanlı YSA Specht tarafından 1990 yılında önerilmiştir. Sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Öğrenme işlemi hızlı gerçekleşir. Veri kümesi az olan problemlerde etkin olarak kullanılabilir (Saraç, 2004:58). Olasılık tabanlı YSA bir giriş katmanı, iki adet gizli katman ve bir çıkış katmanı olmak üzere dört katmandan oluşmaktadır. Sinir hücresinin aktivasyon fonksiyonu istatistiksel yoğunluk fonksiyonundan yararlanarak hesaplanır. Bu yapıda, ilk gizli katmanda giriş verisi için model oluşturulur. İkinci gizli katmanda ise toplama işlemi gerçekleştirilir. Bu şekilde model sınıfları oluşturulmuş olur. Çıkış katmanında ise bu model sınıflarından en yüksek olasılığa sahip model sınıfı ile YSA'nın çıktısı belirlenir (Makal, 2007:21).

1.6.6. Genelleştirilmiş Regresyon YSA

Genelleştirilmiş regresyon YSA Specht tarafından 1991 yılında önerilmiştir. Yapısal olarak radyal tabanlı YSA yapısına benzerlik gösterir. Standart regresyon tekniklerine benzer olarak sürekli değişkenlerin tahmini için kullanılmaktadır. Eğitim verisinin artması hatayı sıfıra yaklaştırmaktadır(Aslay, 2013:42).

1.7. YSA Uygulama Geliştirme Aşamaları

YSA'da uygulama geliştirme üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar tasarım, eğitim ve test aşamalarıdır.

1.7.1. Tasarım

Tasarım aşaması problemin en kritik aşamasıdır, bu süreçte geliştirilecek uygulamanın veya çözülecek problemi tüm yönleriyle anlaşılması ve ortaya konması gerekmektedir. Ayrıca problem YSA ile çözümlenebilecek yapıda olmalıdır. Problemin çözülmesi için uygun YSA mimari yapısı seçilmeli, girdi çıktı parametrelerinin tanımlanmış olması gerekmektedir. Kullanılacak parametreler seçilen ağ mimari yapısına uygun hale getirilir. Girdi ve çıktı katmanlarında kullanılan veriler farklı fonksiyonlar kullanılarak veya ölçeklendirilerek ön işlemlerden geçirilebilmektedir (Garip, 2011:85).

Problem çözümünde kullanılacak olan YSA yapısına karar verildikten sonra ağ da kullanılacak gizli katman sayısı her katmanda yer alacak nöron sayısının belirlenmesi gerekir. İdeal gizli katman ve nöron sayısı, geliştirilen ağ yapısında en iyi performans, ağ hatasının en düşük ve öğrenmenin en yüksek olduğu andaki sayılarla belirlenebilir. Gizli katman ve nöron sayısı belirlemede deneme yanılma yöntemi kullanılır. Ağda kullanılacak girdiler gizli katmanlar nöron sayıları belirlendikten sonra ağımlar eğitime hazır hale gelmiş demektir (Garip, 2011:85).

1.7.2. Eğitim

YSA modelinde mimari yapı, girdi sayısı, katman sayısı ve bu katmanlarda ki nöron sayıları belirlendikten sonra ağda eğitim aşamasına geçilebilir.

YSA'da katmanlardaki nöronlar arasında bağlantı ağırlıklarının belirlenmesi işlemi eğitim olarak isimlendirilir. Ağırlık değerleri başlangıçta rastgele seçilir. Ağa giriş verileri verileri ve çıkış verileri defalarca verilere ağırlıkların problemi temsil edecek ideal değerlere ulaşması sağlanır. Ağın bu şekilde genelleştirme yapacak duruma gelmesi ağın öğrendiğini göstermektedir. Ağırlıkların eğitim esnasında güncellenmesi farklı farklı yaklaşımlarla gerçekleşmektedir. Bu yaklaşımlara öğrenme kuralları denilmektedir (Öztemel, 2012:55).

Problemin yapısına göre eğitimde kullanılması gereken öğrenme algoritması değişkenlik göstermektedir. Ağı eğitirken çıktılarımız belirli ise ve eğitimde bu çıktılara göre öğrenme gerçekleşsin isteniyorsa danışmanlı öğrenme yapısı kullanılmalıdır. Ağın üretmesi gereken çıktıların ağa verilemediği durumlarda danışmansız öğrenme yapısı kullanılır. Ağın çıktılarının belli olduğu fakat ağa verilmediği bunun yerine ağa gidi değerine göre olumlu olumsuz sinyal gönderildiği durumlarda takviyeli öğrenme yapısı kullanılır (Hamzaçebi, 2011:21-22).

1.7.3. Test

Eğitim süreci tamamlandıktan sonra geliştirilen YSA modeli çıktı vermeye hazır hale gelmiş demektir. Ağın daha önce karşılaşmadığı örnekler ağa girdi olarak verilerek ağın çıktı üretmesi sağlanır. Test verileriyle üretilen çıktılar olması gereken çıktılarla yeterli oranda örtüşüyorsa, geliştirilen model güvenilir kabul edilebilir. Test verileriyle üretilen çıktılar olması gereken çıktılarla yeterli oranda örtüşmüyorsa eğitim ve test sürecinin tekrarlanması gerekmektedir. Ağda kullanılan eğitim verisi problemi ne kadar iyi temsil ederse ağın başarı oranı o kadar yüksek olur ve eğitimde kullanılan veri ağırlıkların oluşmasını sağlayacak, yeterli sayıda olmalıdır (Garip, 2011:87).

1.8. YSA Kullanım Alanları

YSA farklı alanlarda kullanılabilen bir yöntemdir. YSA'ların kullanıldığı alanlar aşağıda listelenmiştir (Haykin, 1999; Özşahin, 2009:37).

- **Sınıflandırma** işlemlerinde kullanılır, ağ önce örnekle eğitilir ve eğitilen ağ çıkış olarak örnek bir sınıf belirtir.
- **Tahmin** süreçlerinde YSA'lar kullanılabilir. Eğitim verisinden sonuç çıkartmak amacıyla kullanılır. Geleceğe yönelik tahminlerde kullanılır.
- **Örnek tamamlama** ağa eksik bir örnek verildiğinde eksik kısımlar ağ tarafından tamamlanmaktadır.
- **Optimizasyon** problemlerinde kullanılabilir, problem ağa girilir, ilk değerleri içeren örnek ağa verilerek çözüme ait değişkenler çıkış olarak alınır.
- **Örnek eşleştirmede** ağa girilen örneğin tipine uygun örnek tipi belirlenebilmektedir.
- **Yapay Zeka** alanında ses ve görüntü tanımlama süreçlerinde kullanılabilir.
- **Gürültü Uzaklaştırma** da gürültülü bir veri ağa verilerek gereksiz veriler ayrılır ve yeni bir veri kümesi edinilir.
- **Finansman ve Yatırım** alanında kredi analizi, risk analizi, sigorta riskleri, stok yatırım analizi gibi olayların modellenmesinde kullanılır.
- **Üretim** süreçlerinin kalite kontrol, analiz, model oluşturma, model geliştirme ve mevcut otomasyonların geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- **Kontrol** süreçlerinde girdiye göre üretilen sonuçlar ile mevcut sonuçlar karşılaştırılır.
- **Tıp** alanında hastalıkların sınıflandırılması, tespit edilmesi, genetik ve kan örnekleme haritalarının oluşturulması süreçlerinde kullanılır. Kalp grafisi sinyalleri, kanser tespiti gibi uygulamalarda kullanılabilir.
- **Bilim ve Mühendislik** alanında karmaşık model oluşturulması, non lineer modeller, eğri uyumları, iklim modellemesi ve benzeri konularda YSA'lar kullanılmaktadır. Bunların yanında geleneksel istatistik ve regresyon testlerinin çözümde yetersiz kaldığı konularda da YSA'lardan faydalanılmaktadır.
- **Arıza Analizi:** Herhangi bir donanımın çalışma yapısını öğretilen YSA kullanılarak arıza analizi ve tespiti yapılabilir.

1.9. YSA'nın Avantajları ve Dezavantajları

YSA'nın avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtilmiştir (Şerbetli, 2008:96; Yılmaz, 2012:11-12; Elmas, 2007:26; Tolon, 2008 :252).

1.9.1. YSA'nın Avantajları

YSA makina öğrenmesi gerçekleştirebilirler, YSA'nın temel fonksiyonu öğrenmeyi sağlamaktır. Örnekleri öğrenerek benzer örnekler karşısında tutarlı kararlar verebilirler. Bilgi işleme süreçleri klasik programlama yaklaşımından ayrıdır; Bu nedenle klasik programlamanın getirdiği birçok olumsuz durumdan kurtulunabilir.

Bilgiler ağın tamamına yayılarak depolanır; Klasik programlama anlayışında ki gibi veri veritabanı veya dosyada saklanmaz, ağın tamamına yayılarak ağ bağlantılarında saklanır. Bazı nöronların işlevsiz kalması bilgi kaybına neden olmamaktadır.

Örneklerden öğrenme gerçekleşir; ağın öğrenebilmesi için önce örnekler belirlenir, belirlenen bu örnekler ağa verilerek ağın istenilen çıktıya uygun olarak eğitim gerçekleştirmesi sağlanır. Eğitim verisinin ağın tamamını temsil etmesi ağın başarısını artıracaktır. Eğitim verisinin olayı tamamen temsil etmediği durumlarda ağ yanlış çıktılar üretebilir. YSA lar daha önce karşılaşmadıkları girdiler üzerinden çıktı üretebilirler, eğitim sırasında verilen örneklerle genelleme yaparlar ve bununla yeni girdiler hakkında bilgi üretebilirler.

Algılamaya ilgili süreçlerde kullanılabilirler; YSA'ların en başarılı oldukları alanlar, algılamaya yönelik uygulama alanlarıdır. Bu alanlarda başarıları kanıtlanmıştır. Örüntü ilişkilendirme ve sınıflandırma gerçekleştirebilirler; ağa verilen örneklerden örüntü elde ederek diğer örüntüler ile ilişkilendirebilir. Ağa verilen girdileri kümeleyerek bir sonraki girdinin ait olduğu kümeye karar verebilir. Örüntü tamamlama yapabilirler; eksik verili örüntüler ağa verildiğinde eksik veriler ağ tarafından tamamalanabilir.

Kendi kendine öğrenebilme ve organize etme yetenekleri vardır; YSA'lar online olarak öğrenebilirler ve kendi kendilerini eğitebilirler. YSA'lar eksik bilgi ile

çalışabilmektedirler; YSA'lar eğitimden sonra girdi eksik veri de içerse ona karşı bir çıktı üretir. Fakat eksik verilen bilginin önem derecesi fazla ise tahmin doğruluğu düşecektir. Ağdaki bilgileri önem dereceleri eğitim aşamasında belirlenmektedir.

Hata toleransına sahiptirler; Ağ yapısındaki bazı hücrelerin fonksiyonlarını kaybetmesi durumunda bile ağ çalışmaya devam etmektedir bu da YSA'ların hatalara karşı toleranslı olduğunu gösterir. Dereceli bozulma gösterirler; Bir ağ, zaman içerisinde yavaş ve göreceli bir bozulmaya uğrar. Hata toleransına sahip bir yapıda olmaları dereceli bozulma göstermelerini sağlar.

Dağınık bellek yapısına sahiptirler; YSA'larda bilgi ağa dağılmış bir şekilde tutulur. Hücrelerin bağlantı ve ağırlık dereceleri, ağın bilgisini gösterir. Bu nedenle tek bir bağlantının kendi başına anlamı yoktur. YSA'lar sınırsız sayıda değişken ve parametre ile çalışabilecek yapıya sahiptirler. Bu özellikleri gelişmiş bir tahmin doğruluğu sağlamaktadır. Karmaşık problemleri çözebilirler; YSA'lar matematikse olarak ifade edilemeyecek karmaşıklığa sahip problemler bile modellenebilmekte ve çözümlenebilmektedir.

1.9.2. YSA'nın Dezavantajları

Donanım bağımlıdır; YSA'ların en önemli sınırlanmalarından bir tanesi donanım bağımlı yapıda olmalarıdır. YSA ile etkin bir analiz için paralel çalışan işlemciler ihtiyacı vardır. Öğrenme ve eğitim aşamasında kullanılacak olan veri setinin içermesi gereken veri sayısının belirlenmesinde kesin bir ölçüt yoktur. Veri setinin içermesi gereken veri sayısı probleme bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Uygun ağ yapısının belirlenmesinde belli bir kural yoktur; Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi için deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır.

Ağın parametre değerlerinin belirlenmesinde belli bir kural yoktur; YSA'larda öğrenme katsayısı, hücre sayısı, katman sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde belirli bir kural yoktur. Bu değerlerin belirlenmesi için belirli bir standart olmamakla birlikte her problem için farklı bir yaklaşım söz konusu olabilmektedir.

Öğrenilecek veri setinin ağa gösterimi önemli bir problemdir; YSA'lar sayısal veriler ile çalışmaktadır. Problemler ağa tanıtılmadan sayısal değerlere çevrilmelidir. Sayısal olmayan veriler YSA'da kullanılamamaktadır. Ağın eğitimi çok zaman alabilmektedir. Kullanılan öğrenme yöntemi ve ağ yapısına göre eğitim süre uzun süre alabilmektedir bu durum ekonomik maliyeti de artırabilir.

YSA'nın eğitim sürecinde eğitim bitirilmesi gereken zamanın belirlenmesinde standart bir yöntem geliştirilmemiştir, bu nedenle örnekler üzerinde daha önceden belirlenmiş hata oranının altına düşüldüğünde eğitim sonlandırılmaktadır. Ağın davranışları açıklanamamaktadır; Bu sorun YSA'ların en önemli sorunudur. YSA bir probleme çözüm ürettiği zaman, bunun neden ve nasıl olduğuna ilişkin bilgi bulunmaz.

İKİNCİ BÖLÜM

2.DEPREM KAVRAMI ve İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Levha Tektoniği ve Depremler

Dünyamızı dıştan saran litosfer levha veya plaka ismi verilen çok sayıda küçük parçacıklara bölünmüş bir yapıya sahiptir. Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Litosferi oluşturan bu plakalar arasında meydana gelen hareketler dağların ve kıtaların oluşmasını sağlamıştır. Plakalar arasındaki hareketler çok uzun yıllar sürmektedir. Plakaların saniye ile belirtilebilen hızlı hareketleri deprem olarak isimlendirilmektedir (Ketin, 2005:27).

Dünyamızı dıştan çevreleyen bu yerkabuğu, bir bütün olmayıp levha veya plaka adı verilen, çok sayıda küçük parçacıklara bölünmüştür. Litosferi oluşturan bu plakalarda meydana gelen değişikliklerin ve hareketlerin birçoğunun farkına varmamız imkânsızdır; çünkü bu olaylar bizim ölçülerimize göre çok yavaş zaman aralıklarında değişmekte (yaklaşık olarak yılda en çok 1 cm veya 1 mm) ve çok uzun zamanlar (yüz binlerce veya milyonlarca yıl) sürmektedir. İnsanlar tarafından fark edilmesi mümkün olmayan bu sürekli hareketlere kıta oluşturan veya dağ oluşturan hareketler denir. Litosferin saniye ile belirtilebilen hızlı hareketleri de deprem olarak adlandırılmaktadır (Ketin, 2005:27).

Deprem: Yeryüzü, levha denilen bir düzine kadar irili ufaklı katı bloklardan oluşur. Yerkabuğunun hareketleri sonucunda bu levha sınırlarında gerilmeler birikmekte ve yamulmalar oluşmaktadır. Biriken gerilmeler kayaçların direncini aşınca kırılmalar meydana gelir ve esnek dalgalar oluşur. Bu şekilde yer içerisindeki bir kaynaktan ani olarak çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarakgeçtikleri ortamları sarsması olayına deprem denir.

Şekil 2.1.Dünya Tektonik Plakaları



Kaynak: (<http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr>, 2016)

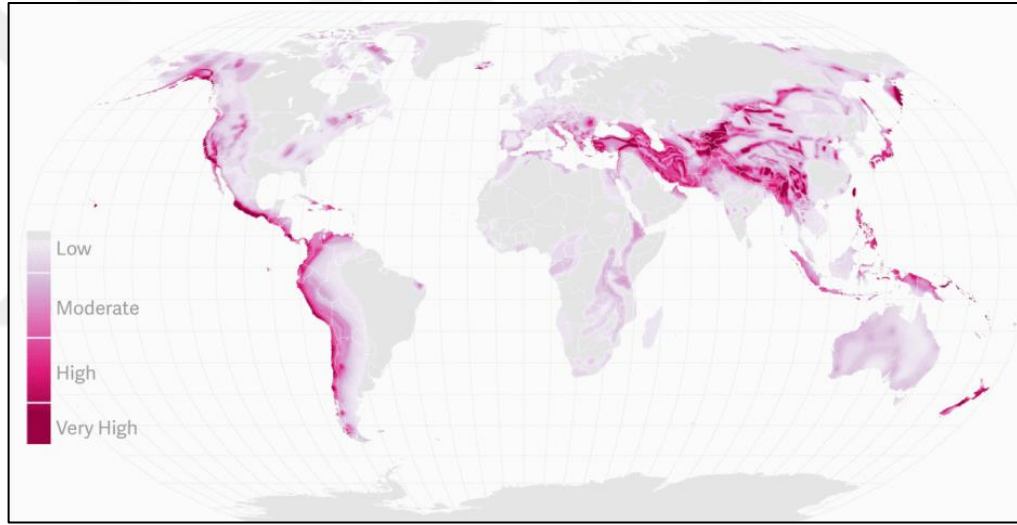
Deprem yer altının derinliklerinde birikmiş olan enerjinin boşalması sonucu oluşan dalgaların zemin yüzeyinde oluşturduğu titreşim hareketleridir. Depremlerin geneli yerkabuğunda az bir kısmı da üst mantoda büyük faylara bağlı olarak meydana gelir. Büyük depremlerin aktif faylara bağlı olarak oluştuğu tespit edilmiştir. Günümüzde gerçekleşen depremler diri fay alanlarında yoğunlaşmaktadır (Ketin, 2005:27).

Bir bölgede oluşan depremlerin frekansı ve şiddeti o bölgenin sahip olduğu sismisiteyi gösterir. Dünyamız deprem aktivitesine göre üç ana bölüme ayrılmıştır (Pampal, 2000). Dünya sismisite haritası Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Ülkemiz için Deprem Bölgeleri Haritası Şekil 2.3’de gösterilmiştir.

1- Asismik bölgeler ki bu bölgelerde sismik aktiviteye yok denecek kadar azdır. Bu bölgelere örnek olarak Rusya'nın Kuzeyi, Brezilya, Orta Afrika verilebilir.

- 2- Pene sismik bölgeler ki bu bölgeler düşük değerli depremler nadir olarak gözlemlenir. Can ve mal kaybı oluşmaz. Doğu Afrika bu bölgelere örnek verilebilir.
- 3- Sismik bölgeler ki bu bölgeler yoğun ve şiddetli bir sismik hareketliliğe sahiptir. Akdeniz çevresi, Alp Himalaya Kuşağı bu bölgelere örnek olarak verilebilir. Gutenberg-Richter'e göre depremlerde ortaya çıkan enerjinin %80'i Pasifik çevresi deprem kuşağında %15'i Akdeniz çevresi deprem kuşağında geri kalanı diğer bölgelerde ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2.2. Dünya Sismik Tehlike Haritası



Kaynak:(<http://www.seismo.ethz.ch/>, 2016)

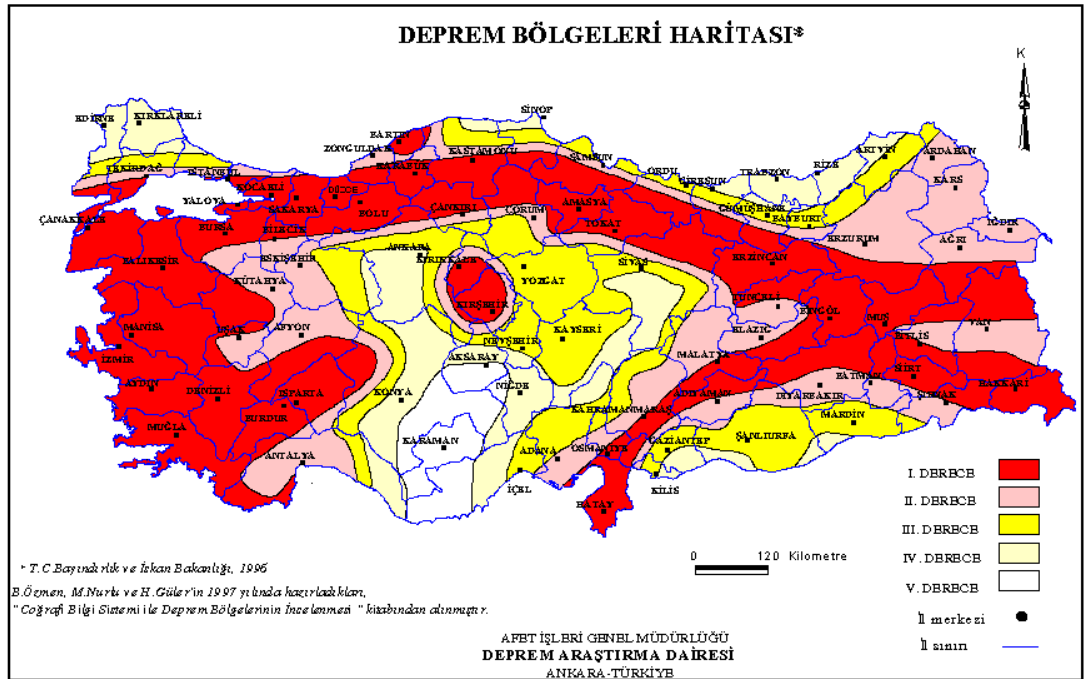
Deprem ölçü birimi olarak, deprem sırasında açığa çıkan enerji kullanılması en sağlıklı bilgiyi verecek olsa da bu enerjinin ölçümü ve hesaplanması çok zordur. Bu nedenle alternatif büyüklük ölçü birimleri önerilmiş ve bunların içerisinde Richter tarafından önerilen magnitüd en yaygın kullanıma sahip ölçü birimi olmuştur. Richter ölçeği logaritmik bir artışa sahiptir. Magnitüd değeri 6 ölçeğiyle 7 ölçeği arasında yaklaşık olarak 31 kat fark vardır (Celep ve Kumbasar, 2015). Richter ölçeğine göre deprem büyüklükleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Deprem Büyüklükleri

Büyüklük (Richter)	Deprem Etkisi
3,5 ve altı	Genellikle hissedilmez.
3,5 – 5,4	Hissedilir ancak fazla hasar yaratmaz.
5,5 – 6,0	Sağlam yapılarda çok az hasara neden olur, zayıf binalar üzerinde yıkıcı etkisi olabilir.
6,1 – 6,9	100 km yarıçaplı bir alanda yıkıcı etkiye sahiptir.
7,0 – 7,9	Büyük deprem. Geniş bir alanda yıkıcı etkisi vardır.
8,0 ve üzeri	Çok büyük deprem. Yüzlerce kilometre yarıçaplı, geniş bir alanda yıkıcı etkisi vardır.

Kaynak: (Kundak, 2006:22)

Şekil 2.3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



Kaynak: (<http://www.deprem.gov.tr/>, 2016)

2.1.1. Depremlerin Önemi

20. yüzyılda ülkemizde 130 adet yıkıcı deprem olmuş, 80.633 kişi yaşamını kaybetmiş, 54.380 kişi yaralanmış, 441.611 konut ağır hasar görmüştür (Bağcı vd., 1994). 1939 Erzincan depremi ülkemizde yaşanmış en büyük ve şiddetli depremdir. 32.692 kişi yaşamını kaybetmiş, 116.720 bina kullanılmaz hale gelmiştir. 17 Ağustos 1999 tarihinde Kocaeli’de 7,4 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. Yalova, Sakarya, Bolu illerinde ciddi sayıda can kayıplarına sebep olmuş, İstanbul, Bursa gibi çevre illerde de can kaybı ve hasara sebep olmuştur. 12 Kasım 1999 tarihinde Düzce merkezli 7,2 büyüklüğündeki artçı depremde 17 Ağustos depreminde hasar alan binalar yıkılmış ve can kayıpları yaşanmıştır (Kundak, 2006:38).

21.Yüzyılda ülkemizde ilk yıkıcı deprem Van’da 23 Ekim 2011’de 7,2 ve 9 Kasım 2011 tarihinde 5,6 büyüklüğünde gerçekleşen depremler neticesinde 30.000’e yakın bina hasar görmüş ve 600’den fazla insan hayatını kaybetmiştir (Yağmurlu vd., 2011:3).

2010 yılın 12 Ocak günü Haitide 7.0 magnitudüne sahip büyük bir yıkıcı deprem gerçekleşmiştir. Yıkıcı artçı şoklarıyla birlikte 50 ölüdürücü deprem kaydı yapılmıştır. Bu depremde 200.000 den fazla insan hayatını kaybetmiş ve 8,1 milyar dolar civarında bir ekonomik zarar meydana gelmiştir (Cavallo vd., 2010).

2010 yılı 27 Şubat günü Chile’de 8.8 magnitudüne sahip yıkıcı bir deprem gerçekleşmiştir. Atçı şoklarıyla birlikte 50 şiddetli deprem kaydedilmiştir. Haitide meydana çıkan enerjinin 500 katı enerji açığa çıkmıştır. Sarsıntı etkisiyle tsunami meydana gelmiştir. 432 kişi hayatını kaybetmiştir. Tsunami 124 kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Ekonomik zarar 30 milyar dolar civarındadır (Kovacs, 2010:6).

2.1.2. Deprem Tehlike Analizleri

Deprem tehlikesinin tespitinde kullanılan yöntemler üçe ayrılmaktadır. Bunlar gözleme dayalı analizler, olasılık yaklaşımları ve betimleyici yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar

ayrı ayrı ve karşılaştırma yapma amacıyla bir arada kullanılabilirler (Kundak, 2006:8).

Gözleme dayalı analiz sismik tehlike değerlendirilmesinde kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Günümüzde hala geçerliliğini korumaktadır ve basit bir yapıya sahiptir. Geçmişte meydana gelen depremler haritalandırılarak bölge depremselliği düşükten yükseğe doğru sıralanır. Daha sonra geçmiş depremlerin şiddet ölçeği etkileri incelenir. Gözleme dayalı analizin yetersiz kaldığı nokta geçmiş depremlerin tekrarı durumunda nasıl sonuçlar ortaya çıkacağı konusunda bilgi vermemektedir (Kundak, 2006:9).

Olasılık yaklaşımlarında sismik kaynaklarla birlikte deprem oluşum döngüselliğini de içine alan bir yapı söz konusudur. Olasılıklı sismik tehlike analizinde amaç olası tüm depremler için tespit edilen farklı zemin hareketlerinin sayısal olarak ortaya çıkartılmasıdır. Cornell tarafından 1968 yılında ilk olarak ortaya atılmış, Sismik Tehlike Analiz Komitesi tarafından farklı süreçleri içine alan kapsamlı bir yaklaşımla olası sismik tehlike analizleri işleyişleriyle ilgili yönetsel yaklaşımlarda bulunulmuştur. Olasılık yaklaşımında temel olarak en yüksek ivme değeri kullanılmaktadır (Field, 2005). Olasılık yaklaşımı geçtiğimiz otuz yıldan beri kullanılarak deprem boyutu, yeri, tekrarlama sıklığı ve büyüklüğü ile konuma bağlı yer hareketlerinde meydana gelen değişimlerde tespit edilen belirsizlikler sismik tehlike analizinde kullanılmaya başlanmıştır (Öztürk, 2013:8).

Betimleyici sismik tehlike yaklaşımında ise neden sonuç ilişkileri incelenmektedir. Betimleyici yaklaşımda depremin ortaya çıkaracağı en kötü durum belirlenir. Bina ve şehir tasarımları en kötü durum hesaba katılarak yapılırsa önlem alınır düşüncesi temel alınır. Yöntemin avantajı güvenliğin sağlanması için gerekli cevapları vermesidir (Kundak, 2009:9).

Betimleyici sismik tehlike yaklaşımında dört adım vardır (Öztürk, 2013:6).

- Çalışma yapılan alanda dikkate değer tüm deprem kaynaklarının belirlenmesi.
- Kaynak ile çalışma yapılan alan arasındaki uzaklık parametresinin seçilmesi.

- Çalışma alanında yer hareketi parametresi ile tanımlanan belirleyici depremin seçilmesi. Belirleyici deprem tanımlamasında çalışma alanına olan uzaklık ve deprem magnitüdü kullanılır.
- Çalışma yapılan alandaki tehlike belirleyici depremin meydana getireceği yer hareketi cinsinden tanımlanır.

2.1.3. Deprem Oluşum Modelleri ve Deprem Tehlike Hesabı

Deprem riski hesaplamasında daha önce meydana gelen depremlerin kayıt altına alındığı kataloglar kullanılmaktadır. Hesaplanacak parametrelerin güvenilir olması için kullanılan deprem kataloglarının homojen ve sürekli yapıda olması gerekmektedir. Verinin sürekli olması deprem kayıtlarında kesinti yaşanmamış olmasını gerektirmektedir (Öztürk, 2013:10).

Katalog verileri kullanılarak deprem potansiyelinin tespit edilebilmesi için, Gutenberg Richter bağıntısındaki a , b parametreleri, depremlerin geri dönüşün periyotları, beklenen maksimum deprem magnitüdü, sismik durgunluk dönemleri parametreleri hesaplanabilir (Öztürk, 2013:11).

2.1.4. Deprem Riski Tahmin Modelleri

Deprem oluşumu zaman mekan boyutunda rassal bir süreç olarak incelenebilir (Yüçemen ve Akkaya, 1995:467). Sismik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerde yapılan risk analizleri ile deprem oluş sıklıkları ve deprem gerçekleşme periyotları belirlenmeye çalışılır. Yapılan risk analizi çalışmalarında Markov, Poisson, uc değerler dağılımı gibi istatistiksel modeller kullanılmaktadır (Öztürk, 2013:11).

2.1.4.1. Deprem Riskinin Poisson Modeli ile Tanımlanması

İstatistiksel veriler Poisson modelinin büyük depremler için geçerli bir tahmin modeli olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda Poisson ve

Markov modelleri kıyaslanmış ve Poisson modelinin, bir bölgede sığ ve orta büyüklükteki deprem oluşum tahminleri için yeterli olduğunu ortaya koymuştur. Poisson modeli, deprem oluşumunu modellemekte en çok kullanılan yöntemdir (Öztürk, 2013:15). Poisson modelinde deprem olaylarının zaman ve uzaydan bağımsız olaylar oldukları varsayımı vardır (Özmen, 2013:28). Poisson modeli büyük magnitüdü depremler için de uygun bir tahmin modelidir. Modelin basit olması kullanımını yaygınlaştırmakla birlikte ana şok çevresinde kümeleşme eğilimlerini yansıtmaması modelin eksikliğidir (Yüçemen ve Akkaya,1995:467).

2.1.4.2. Deprem Riskinin Markov Modeli ile Tanımlanması

Markov modelinde olaylar arasında bağlantı olduğu kabul edilmektedir. Deprem olayları arasında uzay ve zaman boyutunda bağımlılık olduğu kabul edilir. Semi markov modelinde bağımlılık sadece uzay boyutunda kabul edilip zaman boyutu bağımsız kabul edilir. Semi markov modeli uzun fay hatlarında meydana gelen büyük ölçekli depremlerin modellenmesinde daha başarılıdır (Öztürk, 2013:17).

2.1.4.3. Deprem Riskinin Uc Değerler Dağılım Modeli ile Tanımlanması

Deprem tehlike analizinde çalışma bölgesinde oluşabilecek en büyük deprem magnitüdünün dağılımı uc değerler teorisi kullanılarak hesaplanabilir. Bu teori en büyük deprem magnitüdülerinin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayımı üzerine çalışır (Yüçemen ve Akkaya, 1995:469). Aynı zamanda Gumbel Uç değerleri teorisi olarak da adlandırılmaktadır. Uç değerler teorisinin eksik verilerle de hesaplama yapabilmektedir. Önceden belirlenen aralıklarda deprem verilerinin en büyük magnitüd değerleri kullanılarak sıralanmasında kullanılır (Öztürk, 2013:16).

2.1.5. Deprem Tahmini

Deprem tahmini antik çağda da vardı (Stothers, 2004). Tahminler çeşitli sismik ve sismik olmayan olaylara dayanır. Bazı hayvanlar depremin öncüsü olan jeofiziksel bazı uyarıları insanlardan çok daha iyi algılarlar. Deprem tahmininde hayvanların duyuşal kabiliyetlerinden yararlanılacak bir sistem geliştirilebilir (Buskirk vd., 1981).

Depremleri önceden tahmin etmek önemli olmasına rağmen bunun gerçekleşmemesinde çeşitli zorlu nedenler vardır. Deprem tahminin karmaşıklığı deprem süreçleriyle ilgili bilim adamlarını daha komplike metodlar geliştirmeye zorlamıştır. Bu karmaşıklıklar şöyle özetlenebilir; (Alafari vd., 2012)

- Deprem süreç modeli henüz tamamlanamamıştır, yeni depremlerin oluşmasında bilinmeyen faktörler rol alabilmektedir.
- Bilinen faktörler için bile bazılarını ölçümlemek zor veya imkansızdır.
- Bu faktörler arasındaki ilişki ile yeni deprem oluşumu arasındaki ilişki doğrusal değildir.

2.1.6. Depremin Büyüklüğü

Deprem yer kabuğundaki kırılmalardan meydana gelmektedir, kırılan yüzeyin büyüklüğü ve ortaya çıkan enerjinin düzeyini gösteren ölçü deprem büyüklüğüdür. Magnitüd değeri 2 olan bir depremde yaklaşık bir futbol sahası büyüklüğünde kırık meydana gelirken magnitüd deperi 3 olan depremde bunun yaklaşık 11 katı büyüklüğünde bir alanda kırılma meydana gelmektedir (<http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.6.1. Büyüklük Ölçme Yöntemleri

Deprem büyüklüğü belirlemede tek bir yöntem kullanılması söz konusu olamaz çünkü bir yöntem belirli bir alan ve büyüklükteki depremler için kullanılırken daha büyük ve uzaktaki depremlerin büyüklüğünü belirlemek için farklı yöntemler kullanılmalıdır. Deprem büyüklüğü belirleme insan yaşını belirlemeye bezetilebilir. Küçük yaştaki insanların boyuna bakarak yaşını kolay tahmin edebiliriz. Ancak yaşlı büyük olan insanların yaşının tahmininde

sadece boya bakarak tahmin yürütemeyiz. Bu durumda farklı özellikleri de göz önünde bulundurmamız gerekir. Deprem tahmininde de bulunduğumuz uzaklığa ve depremin büyüklüğüne göre farklı yöntemler kullanılması gerekebilir. Aynı depreme farklı yöntemleri uyguladığımızda farklı ve birbirine yakın değerler elde edebiliriz. Bu sebeple uzaklık ve büyüklüğe bağlı olarak en ideal yöntemi seçmek gerekir (<http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

Depremler uzaklığa ve ortam farklılığına bağlı olarak farklı davranışlar gösterebilirler bu nedenle deprem büyüklük ölçümlerinde farklı tanımlamalar yapılarak özelliklerine göre isimlendirilmiştir (Beyaz, 2004:48).

2.1.6.1.1. Richter Yerel Magnitüd (M_L)

Richter tarafından 1953 yılında depremlerin ölçümü için geliştirilmiş ilk yöntemdir. Suya atılan taşın su yüzeyinde oluşturduğu dalgaların dinlenilmesine benzer bir yapı içerir. Deprem dışmerkezinden uzaktaki bir sismometrede kaydedilmiş en yüksek genliğin logaritması olarak tanımlanabilir. Magnitüd değeri 6'dan küçük ve uzaklığı 700 km den küçük olan depremler için kullanılır (Beyaz, 2004:48; <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.6.1.2. Yüzey Dalgası Magnitüd (M_s)

Büyük depremlerin ölçümü için geliştirilmiştir. Richter yerel büyüklüğün yetersiz kalmasından dolayı uzak mesafelerde yapılan ölçümlerde daha hassas ve güvenilir sonuçlar verir. Uzaklığı 600-200km magnitüd değeri 6,0 olan depremleri ölçmek için geliştirilmiş yaygın bir kullanıma sahiptir (Beyaz, 2004:48; <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.6.1.3. Moment Magnitüd (M_w)

Moment magnitüd değeri deprem büyüklük türleri arasında en güvenilir türdür. Belirli bir büyüklüğün üstündeki depremler için hesaplanır. Hesaplanma süreci karmaşık ve

zaman alıcıdır. Yüzey dalgaları aynı bulunan iki depremin moment büyüklükleri hesaplandığında farklı moment büyüklükleri bulunabilmektedir. Bazı deprem büyüklük türleri depremde açığa çıkan enerjiyi yansıtamaz bu durum magnitüd dogunluğu olarak adlandırılır. Yerel büyüklükte 6,0 ile 7,0 arasında bu doygunluğa ulaşılır. Moment büyüklükte ise bu magnitüd doygunluğu söz konusu değildir (Beyaz, 2004:48; <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.6.1.4. Süre Magnitüd (M_D)

Büyük bir depremin ölçüm cihazında uzun bir süre salınım yapmasından hareketle bulunmuştur. Depremde oluşan sismik dalgaların kayıttaki devam süreleri kullanılarak hesaplanır. Küçük ölçekli deprem araştırmalarında kullanılır. Genlik yerine deprem kayıt sinyalinin süresi ölçülerek büyüklük belirlenir. Bu yöntem magnitüdü 5,0 den küçük uzaklığı 300 km'den küçük depremleri ölçeklendirmek için kullanılır. Daha büyük değerlerde magnitüd doygunluğu yaşanabilir (Beyaz, 2004:48; <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.6.1.5. Cisim Dalgası Magnitüd (M_b)

Yüzey dalgası yöntemine benzerlik gösterir fakat yüzeyden değil derinliklerden ilerleyen dalgalar kullanılarak hesaplanır. Suya atılan taş ile oluşan ses dalgaları uzak mesafelere gidebilir ve en büyük genliği taşın büyüklüğü hakkında bize bilgi verir. Depremlerde de aynı durum söz konusudur, yerkabuğu içindeki ses dalgaları ve kesme dalgaları kaydedilebilir. Bu dalgaların tümüne cisim dalgası denilmektedir (<http://www.koeri.boun.edu.tr/>, 2016).

2.1.7. Deprem İstatistiği

Deprem istatistiğinde artçı deprem etkinliğini tanımlayan iki temel bağıntı mevcuttur. Bunlardan birisi artçı depremlerin zamanla azalma oranını ifade eden Omori yasası, diğeri

de depremlerin büyüklükleri ile oluş sıklıkları arasındaki ilişkiyi ifade eden Gutenberg-Richter bağıntısıdır (Utkucu vd., 2005:1411). Gutenberg-Richter bağıntısı şeklinde ifade edilir ve deprem oluş sayısının deprem büyüklüğü ile hızlı bir şekilde azaldığını anlatır (Gutenberg ve Richter, 1956).

2.1.7.1. Gutenberg Richter Yasası

Depremlerde bir ana şoktan sonra artçı şoklar büyük değerlerde sıkça olmaz. Artçı şokların magnitüd değeri ne kadar büyük olursa artçı şok sayısı da üstel olarak azalır bu yasa Gutenberg-Richter yasası olarak adlandırılır (Gutenberg ve Richter, 1956). Matematiksel gösterimi Denklem (2.1) ve (2.2)'de gösterilmiştir.

$$\log N = a - bM \quad (2.1)$$

$$N = 10^{a-bM} \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Denklem (2.1) ve (2.2)'de, N en az M büyüklüğüne sahip depremlerin toplam sayısıdır. M ise aletsel büyüklüktür. a ve b sabit katsayılardır. a katsayısı çalışma alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem etkinliğinin düzeyine bağlı değişim göstermektedir. b katsayısı sismotektonik parametredir ve deprem oluşum fiziği ile doğrudan ilişkili olduğundan depremlerin istatistik analizinde önemli bir yere sahiptir. Hesaplanan b değerleri kullanılan verilere, yöntemlere, depremlerin normal ve kümülatif frekanslarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Beliceli vd., 2005). a tüm artçı şok aktivitesini kontrol eder. b değeri küçük küçük artçı şokların sayısının büyük artçı şokların sayısına oranıyla yüksek bir ilişkiye sahiptir ve büyük b değerleri büyük depremlerin sayısının kısmen azaldığını göstermektedir (Öztürk, 2009:19). Yapılan çalışmalarda büyük b değerinin enerji birikimini, küçük b değerinin ise büyük enerji boşalımını gösterdiği tespit edilmiştir (Özmen, 2011:18).

Gutenberg Richter bağıntısında belirtilen b değeri ile ilgili ülkemizde ve dünyada çok sayıda çalışma yapılmıştır. Başlangıçta b değerinin her bölgede tek bir değer olacağı düşünülsede sonradan bu değerlerin bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Farklı tektonik özellik gösteren bölgelerde b _değerleri arasında önemli değişimler olduğu tespit edilmiştir (Mori ve Abercrombie, 1997). Materyalin mekanik yapısı ve gerilme şartları b _değerini etkileyen faktörlerdendir (Mogi, 1967).

2.1.7.1.1. b _değerinin Hesaplaması

b _değeri, deprenselliğin boyut-ölçek özelliklerinin tanımlanmasındaki en önemli istatistiksel parametrelerden biridir. b _değeri bölgeden bölgeye kabaca 0.3-2.0 arasında değişir (Öztürk, 2014:82). Bir bölgedeki b _değeri farklı yöntemler aracılığıyla hesaplanabilir. Bunların içinde en güvenilir ve en çok kullanılan yöntem ise en büyük olasılık (EBO) yöntemidir ve bu yöntemde b _değeri Denklem (2.3)'deki denklem ile hesaplanmaktadır (Aki, 1965).

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0} \quad (2.3)$$

Denklem (2.3)'de \bar{M} ortalama magnitüd ve M_0 ise incelenen zaman aralığında deprem katalogunun tamamlılık düzeyini gösteren minimum magnitüd veya kesme magnitüdüdür. Minimum magnitüd değeri M_{\min} , tamamlılık magnitüdü M_c 'ye eşit ya da ondan büyük olarak alınır. Çalışmada b _değerinin EBO yöntemiyle hesaplanmıştır (Utkucu, 2005:1413).

2.1.7.2. Omori Yasası

Artçı depremlerin zamana bağlı olarak azalma oranı Omori yasası ile ifade edilebilir (Utsu, 1957). Omori yasası artçı depremlerin tanımlanmasında kullanılan temel bağıntılardan biridir (Utkucu vd., 2005:1410). Matematiksel ifadesi Denklem (2.4)'de gösterilmiştir.

$$n(t) = \frac{K}{(t+c)^p} \quad (2.4)$$

Denklem (2.4)'de $n(t)$, ana şoktan sonraki t birim zamanda oluşan artçı deprem sayısı ve p , c , k sabit değerlerdir. p _değeri, oluşan artçı depremlerin üstel azalımı ile ilişkilidir (Kisslinger, 1996). Oluşan ana şoktan sonra, gerilme dereceli olarak azalmakta ve zaman

içinde sabitlenmektedir. Büyük p _değeri, artçı deprem etkinliğinin hızla azaldığını, küçük p _değeri ise artçı deprem etkinliğinin daha yavaş olarak azaldığını göstermektedir (Mogi, 1967).

2.1.7.3. Değiştirilmiş Omori Yasası

Utsu (1957)'de Omori bağıntısında artçı şokların zaman içindeki azalıklarını aşağıdaki ilişki ile açıklamıştır bu bağıntı değiştirilmiş Omori yasası olarak adlandırılmaktadır. Matematiksel gösterimi Denklem (2.5)'de gösterilmiştir.

$$n(t) = Ct^{-p} \quad (2.5)$$

Denklem (2.5)'te t ana şoktan sonra geçen zaman ve C , p sabitlerdir (Aykurt ve Altınok, 2009: 56).

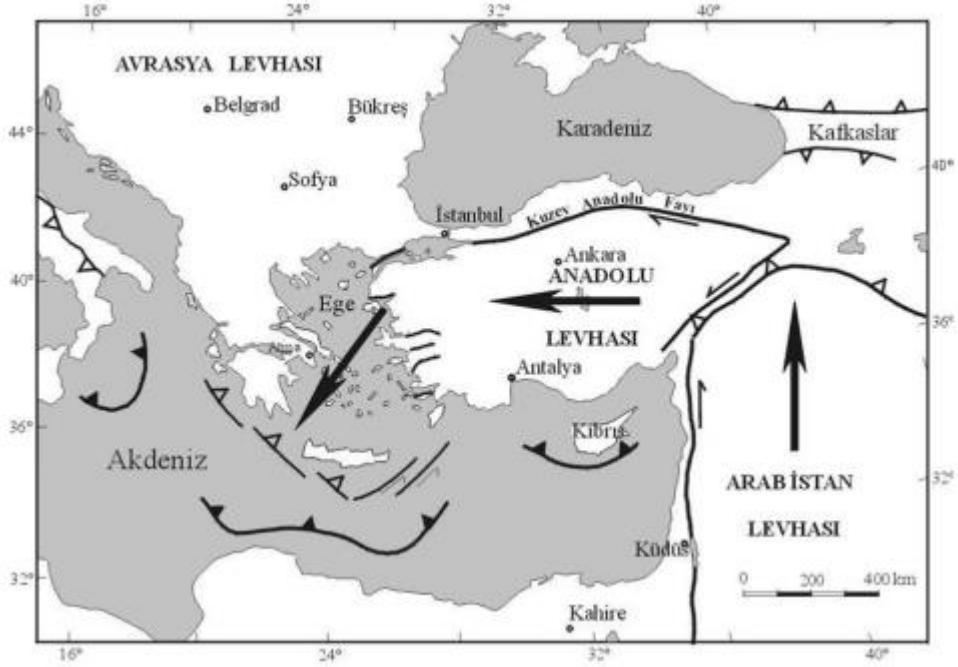
2.1.7.4. Bath Yasası

Bath Yasası, ana şok magnitüdü ile artçı şokun magnitüdü arasındaki farkın ana şok magnitüdüne bağlı olmaksızın yaklaşık 1.2 birim olduğun gözlenmiştir (Richter, 1958; Bath, 1965).

2.1.8. Türkiye'deki Deprem Bölgeleri

Türkiye en büyük sismik hareketliliğe kuşaklardan olan Akdeniz, Alp Himalaya deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Türkiye Avrupa-Asya, Arabistan ve Afrika tektonikleri arasında yer almakta ve bu plakaların hareketleri ile yer değiştirmeler söz konusudur (Ergünay, 2007:3). Şekil 2.4'de yer değişikliği gösterilmiştir.

Şekil 2.4. Avrasya, Afrika ve Arap Plakaları Arasındaki Göreceli Hareketler



Kaynak: (<https://iujfk.files.wordpress.com>, 2016)

1902-2003 yılları arasında yaklaşık 83.908 insan depremlerde hayatını kaybetmiş yaklaşık 171.283 insan yaralanmış, 493.824 konut yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (Ergünay, 2007:5). 1902 öncesi dönem de dahil olmak üzere ülkemizde aletsel büyüklüğü 7.0'den büyük depremlerin listesi Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Türkiye'de Aletsel Büyüklüğü 7.0'dan Büyük Olan Depremler (Ms ≥ 7.0)

Tarih	Yer	Büyüklük (Ms)	Can Kaybı Sayısı
20.09.1899	Nazilli	7,0	Kesin Sayı Yok
09.08.1912	Mürefte(Tekirdağı)	7,3	216
31.03.1928	İzmir-Torbalı	7,0	50
06.05.1930	Hakkari	7,2	2514
22.09.1939	İzmir- Dikili	7,1	60
26.12.1939	Erzincan	7,9	32962
20.12.1942	Niksar	7,0	3000
26.11.1943	Tosya	7,2	2824
01.02.1944	Bolu	7,2	3959
06.10.1944	Edremit	7,0	27
23.07.1949	İzmir- Karaburun	7,0	1
17.08.1949	Karlıova	7,0	450
18.03.1953	Gönen	7,4	265
16.07.1955	Aydın	7,0	23
25.04.1957	Fethiye	7,1	67
26.05.1957	Bolu	7,1	52
06.10.1964	Manyas	7,0	23
22.07.1967	Adapazarı	7,2	89
28.03.1970	Gediz	7,2	1086
24.11.1976	Çaldıran- Muradiye	7,2	3840
17.08.1999	Kocaeli	7,4	17172
12.11.1999	Düzce	7,2	845

Kaynak: (Özkul, 2007:253)

2.1.9. Türkiye Deprem Veritabanı

Ülkemizde deprem kayıtları Ulusal Deprem İzleme Merkezi Deprem istasyonları tarafından kayıt altına alınmakta 2013 yılı itibariyle 190 adet olan istasyonlardan gelen bilgiler toplanmaktadır. Toplanan bu bilgiler UDİM bültenlerinde ve internet sayfalarında aylık olarak yayınlanmaktadır (Altuncu ve Kalafat, 2013:49).

Türkiye Deprem Veri Merkezi Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı bünyesinde kurulmuştur. Ülkemizde ve çevresinde oluşan depremlerin gözlenmesinde gözlem istasyonlarından gelen verileri gerçek zamanlı ve çevrimdışı verileri toplamak, düzenlemek, saklamak ve paylaşımına açmak amacıyla kurulmuştur. Kurulan bu merkezde, gelişmiş internet teknolojileri kullanılarak farklı verilerin entegrasyonu birleştirilmesi ve paylaşılması sağlanmaktadır (<http://tdvm.afad.gov.tr>, 2013).

2.2. Literatür Taraması

Çalışmamızın bu bölümünde çalışmamızla ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Bu kapsamda YSA ve deprem tahmini ile ilgili çalışmalar, YSA kullanılarak yapılan afet konulu çalışmalar, YSA kullanılarak yapılan diğer çalışmalar ve YSA benzeri yöntemlerle yapılan deprem tahminiyle ilgili çalışmalar ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

2.2.1. YSA ile Deprem Tahmini İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Bodri (2001), çalışmasında magnitüd değeri 6.0'dan büyük depremlerin başlangıç zamanını tahmin etmeye yönelik yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik ve Maden Fakülteleri 1999 yılında "Elektrostatik Kayaç Gerginlik İzleme Yöntemi ile Deprem Tahmin Sistemi (EKGDT)" isimli bir proje geliştirmeye başlanmışlardır. Projede özel olarak geliştirilmiş tek kutuplu elektrik alan (TEA) ölçüm duyargasından yararlanılarak depremlerin tahmini amacıyla 16 istasyonlu bir ağ kurulmuştur. TEA ölçüm duyargası ile elde edilen verilerin değerlendirilmesinde yapay sinir ağlarından faydalanılmıştır (Özerdem ve Sönmez, 2003). Matematiksel olarak hesaplanmış sekiz sismik parametrenin analizine dayanarak gelecek aydaki en büyük sismik olayın büyüklüğünü tahmin edecek sinir ağı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tahmin modeli üç farklı sinir ağıyla oluşturulmuş ve başarıları birbiriyle kıyaslanmıştır (Panakkat ve Adeli, 2007).

Zhang (2008) deprem tahmin çalışmasında, Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağlarını Genetik Algoritmalar ile birleştirilerek ağın başarı oranının daha yüksek doğruluğa ulaşması sağlamıştır. Wang vd. (2009), çalışmalarında Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Bias Function) kullanılarak deprem tahmin modeli geliştirmişlerdir. Panakkat ve Adeli (2009) çalışmalarında, büyük bir sismik bölgeyi alt bölgelere bölerek, her bir alt bölge için ve her bir zaman periyodu için deprensellik göstergelerini saymışlardır. Çalışmada, izleyen zaman periyodu süresince o alt bölgede olan en büyük depremin büyüklüğüyle olan ilişkileri Geri Dönüşümlü Sinir Ağı kullanılarak çalışılmıştır.

Adeli ve Pannakat (2009), diğ er bir ç alışmalarında, bir sismik bölgede önceden tanımlanmış gelecek bir zaman dilimi için olacak en büyük depremi tahmin etmek için, sekiz adet sismik gösterge olarak bilinen matematiksel parametre kullanarak olasılıklı bir sinir ağı (pnn) sunmuşlardır. Bu model 4,5 ve 6 arasında büyüklüğe sahip depremler için iyi tahmin doğruluğu vermektedir. Yapılan ç alışmada sunulan PNN modeli yazarlar tarafından daha önce geliştirilen ve 6 büyüklüğünden daha büyük depremleri tahmin etmek için iyi sonuçlar vermiş olan Geri Dönüşümlü Sinir Ağı Modelini tamamlamaktadır.

Külahçı vd. (2009) Radon gazı ile deprem arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Deprem oluşumunda sekiz farklı parametrenin doğrusal olmayan değişimi kullanılmış ve parametreler sunulmuştur. Üç katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı modelini kullanarak Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde deprem tahmini gerçekleştirmiştir. Yapılan bu ç alışma dünya literatürüne girmiştir.

Xu vd. (2010), ç alışmalarında, DEMETER uydusu tarafından gözlemlenen veriler kullanılarak deprem oluşumu ve çeşitli faktörler arasındaki bağlantıyı kurmak için yarı uyarlanabilir yapay sinir ağı geliştirmişlerdir. Baltacıoğlu vd. (2010), deprem tahmin ç alışmalarının yanında deprem hasarlarının hızlı tespit edilebilmesi amacıyla da YSA kullanan modeller geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntemle mevcut binaların hasar durum tespiti yapılmıştır.

Alafari vd. (2012), ç alışmalarında, Süveyş Körfezi, Akaba Körfezi ve Sina Yarımadası'nı içeren Kuzey Kızıldeniz'de olabilecek depremlerin büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılacak yapay sinir ağına dayandırılan, yapay zeka tahmin sisteminin uygulanmasını amaçlanmıştır. Diğ er yöntemlerle kıyaslandığında tahmin doğruluğu gösteren yapay sinir yapıları ve farklı yapılandırmalar için performans değerlendirmesini sunulmuştur. Önerilen şema çoklu gizli katmanlı ileri beslemeli sinir ağı modeline dayalı olarak inşa edilmiştir. Bu model; veri toplama, ön işleme, özellik çıkarma ve sinir ağı eğitimi ve test edilmesinden oluşmuştur. Ç alışmada sinir ağı modelinin önerilen diğ er yöntemlerden daha yüksek tahmin doğruluğu verdiği tespit edilmiştir.

Reyes vd. (2013), deprem aktivitesinin çok okuduğu ülkelerden biri olan Chile’de depremleri tahmin etmek için b değeri, Bath kanunu, Omori-Utsu kanunu gibi depremsellikte güçlü ilişkisi olan parametrelere dayanan girdi değerleri kullanılarak belirli bir eşik değerin üstündeki depremleri tahmin eden bir yapay sinir ağı sunmuşlardır. Yapılan tahminler, istatistiksel testler aracılığıyla değerlendirilmiştir ve makine öğrenme sınıflandırıcılarıyla kıyaslanmıştır.

Martínez-Álvarez vd. (2013), çalışmalarında farklı sismik göstergelerin YSA için girdi olarak kullanımını incelemiştir. Çalışmada, özellik seçme tekniği uygulaması tarafından farklı sismik bölgelerde başarılı bir şekilde kullanılmış çoklu gösterge kombinasyonu amaçlanmıştır. Orijinal girdi setleri ve farklı sınıflandırıcıların kıyaslanmaları elde edilen başarının derecesini desteklemek için raporlanmıştır. Son olarak farklı sismik göstergelerden elde edilen bilgi, elde etme analizi kullanılarak dört Chile bölgesi ve iki İberia Yarımadası bölgesi karakterize edilmiştir.

Kaftan ve Gök (2013), İzmir ve çevresine ait zemin özelliklerini YSA kullanarak incelemiş ve ivme ölçer istasyonlardan gelen veriler ile zemin özellikleri önışleme gerek kalmadan belirlenmiştir. Çelik vd. (2014), YSA ve Destek Vektör Makineleri kullanarak sismik darbelerden deprem tahmini yapmış ve YSA ile %83, Destek Vektör Makineleri ile %91 oranında doğru sınıflandırma bulmuşlardır.

Alexandridis vd. (2014), Radyal Taban Fonksiyonlu Sinir ağlarını kullanarak büyük deprem oluşumlarını tahmin eden bir model geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada California deprem kataloğu kullanılmıştır ve diğer sinir ağı mimarileri ile karşılaştırma yapılmıştır. Zhou ve Zhu (2014), çalışmalarında Levenberg-Marquard geri yayılım sinir ağları kullanılarak deprem tahmin çalışması yapılmışlardır. Gordan vd. (2016), sinir ağı ve parçacık kolonisi birleşimi aracılığıyla sismik eğim tutarlılığının tahmini üzerine bir model geliştirmişlerdir.

Inalegwu (2015), Türkiye’de yapay sinir ağları kullanarak ikincil sismik dalgaların geliş zamanını tahmin etmek üzerine bir deprem tahmin araştırması yapmıştır. Çalışmada

ikinci dalganın gelişini etkileyen farklı parametreler de ağ modeline katılmıştır. Geliştirilen yapay sinir ağı ile iki sismik dalga arasındaki zaman farkı doğru olarak tahmin edilmiştir.

Iatan (2015), sismik göstergeleri, Olasılıksak Sinir Ağı Modeli'nde girdi parametresi olarak kullanarak deprem tahminine yönelik bir çalışma yapmıştır. Sheng vd. (2015), Çin'in Kuzey Sismik Bölgesi'nde YSA kullanılarak deprem tahmini gerçekleştirmişlerdir. Bu tahminler yapılırken büyük bölgeler daha küçük bölgelere bölünmüş ve farklı bölgeler için farklı girdi parametreleri belirlenerek daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Bilen vd. (2015), Polonya maden ocaklarından elde edilen verileri KNN (K En Yakın Komşu), SVM, (Destek Vektör Makineleri) ve YSA kullanılarak sınıflandırmışlardır. Çalışmada, depremler %94 başarı oranıyla doğru tahmin edilmiş ve en iyi sonucu KNN metodu vermiştir.

2.2.2. YSA Kullanılarak Yapılan Afet Konulu Çalışmalar

Literatürde, YSA ile deprem tahmini yapılan çalışmalar dışında YSA yöntemi kullanılarak yapılan afet konulu çalışmalarda mevcuttur. Bu çalışmalar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Leach ve Dowla (1996), gerçek zamanlı sinyal işleyerek deprem erken uyarı sistemi geliştirmişlerdir. Wei vd. (2002), Çin'de sel baskınlarını önceden tahmin eden bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir.

Böse vd. (2008), çalışmalarında iki katmanlı ileri beslemeli sinir ağına dayanan deprem uyarı sistemlerinden PreSEIS ismi verilen bir erken deprem uyarı sistemini kullanmışlardır. Tek istasyon gözlemlerine dayanan yöntemler kadar hızlı olan bu yöntemin, diğer yaklaşımlardan daha yüksek performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Garip (2009), çalışmasında, mevcut yapıların deprem riski açısından değerlendirilmesi amacıyla modeller geliştirmiş ve deprem öncesi şehirlerdeki yapıları incelenerek önceden önlem alınmasının mümkün olduğunu ileri sürmüştür. Feng ve Lu

(2010), çalışmalarında yapay sinir ağlarını sel baskınlarının önceden tahmin edilmesinde kullanmışlardır.

Kaftan (2010), çok katmanlı algılayıcılar ve radyal tabanlı YSA'lar kullanarak Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin tortul kalınlığını ve kabuk kalınlığını bulmaya çalışmıştır. Çalışmada, aynı zamanda YSA'nın zaman serilerindeki performansını test etmek amacıyla sismik veriler ön kestirim amacıyla kullanılmıştır.

Wang vd. (2011), geri yayımlı yapay sinir ağları kullanılarak depremlerdeki can kaybını tahmin eden bir model geliştirmişlerdir. Eker vd. (2012), Yapay Sinir Ağları kullanılarak heyelan duyarlılık haritası hazırlamışlardır. Aghamohammadi (2013), depremdeki bina hasarından yola çıkılarak insan kaybının dağılım ve şiddetini ölçen bir geri yayımlı sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Kumar ve Anbalagan (2015), heyelan duyarlılık haritası oluşturdukları çalışmalarında, Radyal Fonksiyon Tabanlı Bağ Ağları (Radial Basis Function Link Networks) kullanmışlardır.

Bafghi ve Zarch (2015), Yapay Sinir Ağları kullanılarak toprak baraj ve setlerdeki deprem kaynaklı kalıcı deformasyonların tahmini yapılmışlardır. Chen vd. (2015), çalışmalarında kirli hava afetini, sosyal medya ve fiziksel sensor verisi kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada büyük veri (big data) yaklaşımı kullanılmıştır. İlk olarak veri kaynakları üzerinden hava kirliliğine etki eden parametreler çıkartılmış ikinci olarak da YSA ile tahmin modeli geliştirilmiştir. Santoso vd. (2015), uydu görüntüsü dizilerinden yapay sinir ağları ile doğal afetlerin örüntü tanıma sürecini gerçekleştirmişlerdir.

2.2.3. YSA Kullanılarak Yapılan Diğer Çalışmalar

YSA'lar birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Temelde örüntü tanıma ve sınıflandırma problemlerinde başarılı sonuçlar vermektedir. Finansal uygulamalar, haberleşme, sinyal işleme, görüntü işleme, hastalık teşhisi ve örüntü tanıma gibi birçok alanda YSA'lar kullanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde YSA'ların farklı kullanım alanlarında yapılan çalışmalar özetlenecektir.

Şeker vd. (2004), YSA ile yabancı para birimlerinin döviz alış fiyatlarının gelecek dönem değer tahminlerine yönelik çok katmanlı ileri beslemeli bir ağ modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, Yapay Zeka ve YSA'ların Amerikan Wall Street borsasında yatırımcı şirketler tarafından ekonomik tahmin uygulamalarında kullanılarak rekabet rekabet güçlerini artırdıkları tespit edilmiştir.

Kayacan (2005), ülkemizde konaklama işletmelerinin doluluk oranını tahmininde YSA kullanan bir uygulama yapmış ve kullanılan ağın başarı oranının çok yüksek olduğunu tespit etmiştir. Koca (2006), üç fazlı asenkron motor kontrolü Radyal Tabanlı Fonksiyon (RTF) kullanılarak bir çalışma yapmıştır. RTF kullanılması ağın hızlı ve doğru öğrenmesini sağlamış motor kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Tosun (2007), üniversite öğrencilerinin başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesinde kullanılan anket verileriyle çalışma yapılmış ve öğrenciler YSA ve karar ağaçları kullanılarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada YSA'nın karar ağaçlarından daha yüksek bir başarı oranı ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Köroğlu (2007), mühendislik alanında gemi yapılarının optimum olarak tasarlanmasında YSA yöntemini kullanmıştır. YSA ile deney tasarımı kullanılarak gerçekleştirilen modellerin performansı karşılaştırılmış ve YSA'nın başarılı olduğu tespit edilmiştir. Çuhadar vd. (2009), turizm talebinin YSA ile tahmini ve bunun zaman serisi yöntemleri ile karşılaştırılarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda, YSA'nın en yüksek doğruluğu sağladığı tespit edilmiştir. Kaynar vd. (2010), Radyal Tabanlı Ağlar (RTA), Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA) ve klasik zaman serisi analizi yöntemlerinden ARIMA yöntemiyle petrol fiyatları tahmini gerçekleştirilmişlerdir. RTA ve ÇKA ARIMA'dan daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmada ayrıca YSA'nın istatistiksel yöntemlere alternatif olabileceği ortaya konulmuştur.

Hattatoğlu (2011), çalışmasında trafik kazalarının tahmin edilmesinde YSA modeli ve diğer istatistiksel modeller ile tahmin yapmış ve YSA başarımını daha yüksek bulmuştur. Kuyusu (2012), Lojistik Regresyon, YSA ve Regresyon Ağaçları (CART) yöntemlerinin sınıflandırma özellikleri prostat kanseri yönünden değerlendirmiş ve sınıflandırmada en yüksek başarıya YSA'nın ulaştığını tespit etmiştir.

Aslay (2013), çalışmasında YSA ve regresyon tahmin modelleri ile toprak sıcaklığı tahmini yaparak sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. YSA'nın tahmin başarısının daha yüksek olduğu ortaya koymuş ve tahmin için ileri beslemeli geri yayımlı bir model geliştirmiştir. Aşık (2013), çalışmasında jeodezi alanında Lokal Jeoit belirlenmesinde YSA ile bu alanda başarısı kanıtlanmış Kriging yöntemi karşılaştırmıştır. Geliştirilen modellerde genel olarak YSA'nın daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. YSA ile Türkiye'de yapılan tahmin çalışmalarından bir diğeri de Aydemir vd. (2014) tarafından Isparta ilinde 112 Acil Çağrı hattına yapılan çağrılar tahmin edilmesi amaçlı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ileri beslemeli geri yayımlı bir model kullanılmış ve başarılı tahminler gerçekleştirilmiştir.

Yıldız (2015), Türkiye elektrik piyasası kısa dönemli referans fiyat tahmini geri yayımlı YSA kullanılarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada farklı gizli nöron sayılarına sahip ağ yapıları geliştirilen YSA'ların başarımı kıyaslanmış ve yüksek bir başarı oranına sahip bir ağ yapısı sunulmuştur. Şahin (2015), Türkiye'de su ihtiyacının tahmininde YSA yaklaşımı kullanmıştır. Bulunan değerler sinirsel bulanık mantık denetim metodu ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda sinirsel bulanık mantık yaklaşımının YSA'dan daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Terzi ve Barak (2015), akarsu akım tahmininde dalgacık dönüşüm tekniği ve YSA kullanılarak yağış akış tahmini gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde Çalışkan (2015), çalışmasında Borsa İstanbul 30 endeksine ait 30 hisse senedinin günlük bazda fiyatları ve fiyat yönleri YSA kullanılarak tahmin etmeye çalışmıştır. Tekin vd. (2015), Doğu Akdeniz bölgesinde belirlenen alanda heyelan duyarlılık analizini YSA kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan haritaların performans değerlendirmesi başarı tahmin eğrileri ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. YSA Benzeri Yöntemlerle Yapılan Deprem Tahmini İle İlgili Çalışmalar

Çalışmalarda YSA'nın analiz yapısına benzer farklı yöntemlerde, deprem tahmini yapabilmek amacıyla kullanılmıştır. Bu yöntemlerle yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kulalı (2009), Radon gazı yoğunluğunu, deprem gibi sismik olayların belirlenmesi ve takip edilmesi amacıyla kullanmıştır. Çalışmada, topraktaki Radon gazı yoğunluğu ölçümü yapılarak ölçüm yapılan bölgedeki depremlerle ilişkilendirilmiştir. Öztürk (2009), Magnitudü 5 den büyük depremlerin gerçekleştiği bölgelerde artçı şok ve deprem tehlikesi değerlendirilmesi yaptığı çalışmada, ana şok ile artçı arasındaki ilişkileri hesaplamıştır. Çalışmada deprem öncesi durgun dönem belirlenerek bu dönemin deprem tahmininde kullanımı araştırılmıştır.

Yıldırım (2010), çalışmada, Türkiye'deki deprem verileri üzerinden veri madenciliği yöntemleri kullanılarak örüntüler çıkartmış ve meydana gelebilecek depremleri önceden tahmin etmeye çalışmıştır. Bu amaçla Türkiye Deprem Portalı geliştirilmiş ve sorgulamalar bu portal üzerinden yapılmıştır. Göker (2010), İzmir Seferihisar bölgesinde topraktaki radon gazı yoğunluğu ölçerek, elde edilen değerleri Normal ve Rayleigh dağılım fonksiyonlarına uygun olarak incelemiştir. İstatistiksel analizler sonucunda Radon gazı yoğunluğu değişimindeki standart sapmalar, meydana gelen depremlerle ilişkilendirilmiştir.

Moustra vd. (2011), sismik elektriksel sinyaller ve zaman serisi Magnitud verisi kullanılarak deprem tahmin modeli geliştirilmiştir. Ulaş (2011), Çok Düşük Frekanslı (VLF) işaretlerin iyon küre üzerinde iletilirken yaşanan kayıplar üzerinden depremleri tahmin edecek bir algoritma geliştirmiştir. Çalışmada ayıpların oluşmasında neden olan birçok parametre tespit edilmiş ve bu parametreleri içeren veriler üzerinden veri madenciliği yöntemleri kullanılarak anlamlı sonuçlar çıkarılmaya çalışılmıştır. Otari ve Kulkarni (2012), Veri Madenciliği uygulamaları ile deprem tahmini üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 1989-2011 yılları arasındaki 16 makale analizinin yapıldığı çalışmada deprem tahmini, tsunami tahmini ve sel baskını tahmini için, lojistik modeller, sinir ağları, ve karar ağaçları kullanılmıştır. Bodur (2012), YSA'a alternatif olarak deprem konumlarının belirlenmesinde bulanık mantık yaklaşımını kullanmıştır.

Raoff Nasser (2012), deprem tahmininde depremlerden önce gözlemlenen basınç birikimini kesme dalgası ayrımı analizi test etmiştir. Bu analizinin yapılabilmesi için MATHLAB ortamında kesme dalgası ayırım parametrelerini kullanan bir program geliştirilmiştir. Alafari vd. (2012), 1975 yılında gerçekleşen Haicheng depremindeki

geoelektriksel ölçüleri tahmin etmişleridir. Bu deprem yazarlar tarafından tahmin edilen ilk yüksek magnitüd değerine sahip depremdir. Ancak bu depremden bir yıl sonra Tangshan depremi bilim adamları tarafından tahmin edilememiştir. Bu depremde yaklaşık 250 000 kişi hayatını kaybetmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YSA KULLANILARAK DEPREM TAHMİNİ

3.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi için Gutenberg-Richter ilişkisine bağlı ve deprem tahminlerinde kullanılan b değerini temel alan bir ileri beslemeli geri yayımlı YSA geliştirerek, ileri tarihli olası depremlerin tahmin edilebilmesidir.

Çalışmada, belirtilen amaç çerçevesinde, 4 farklı bölge üzerinde tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. Birinci bölge olarak Gölhisar Çameli – Muğla Rodos Bölgesi seçilmiştir. Bu bölge Güney Batı Anadolu'da sismik aktivitenin yoğun olduğu bir bölgedir (Elitez ve Yaltrak, 2014:43).

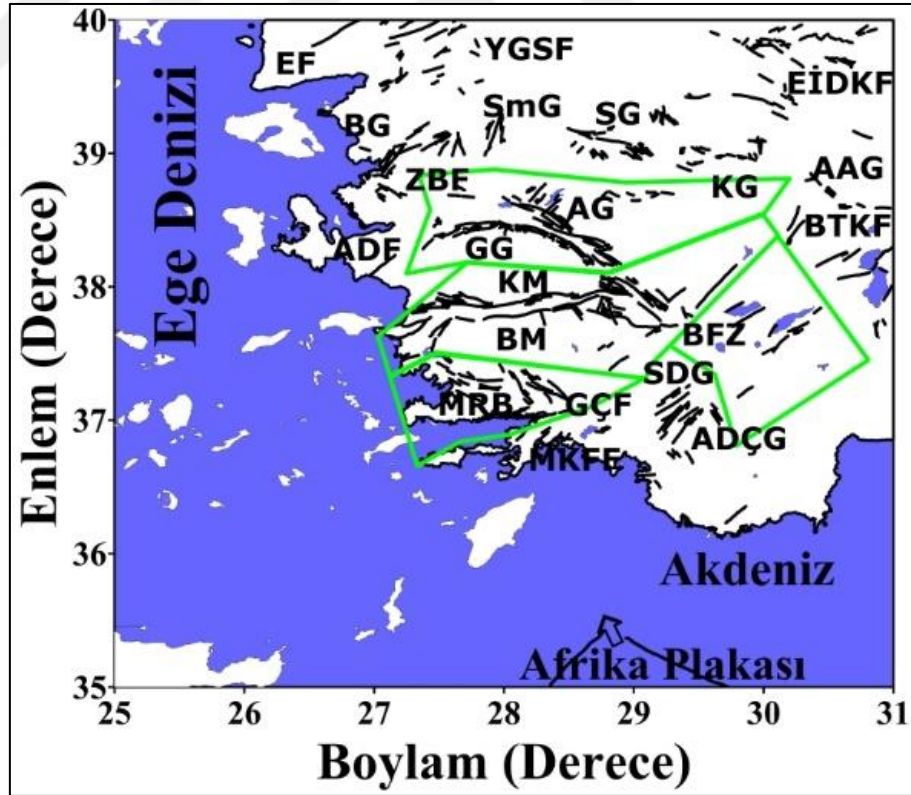
İkinci bölge olarak Burdur Fay Bölgesi seçilmiştir. Bu bölgeden Güney Batı Anadolu'nun en aktif fayı geçmektedir ve sismik aktivite açısından hareketli bir bölgedir. 1914 ve 1971 yıllarında iki büyük deprem Burdur Fay Bölgesi üzerinde gerçekleşmiştir (Bozcu vd., 2007:34).

Üçüncü bölge olarak Büyük ve Küçük Menderes graben bölgesi seçilmiştir. Ege bölgesi ve çevresi düşünüldüğünde tarih boyunca büyük depremler Menderes grabeni üzerinde gerçekleştiği görülmektedir (Kahraman vd., 2007:343). Büyük Menderes grabeni Denizli ve Ege Denizi arasında yer almaktadır. Grabenin doğu ucu Pamukkale civarında Gediz grabeni ile kesişmektedir. Batı ucu ise Germencik civarında iki kola ayrılmaktadır. Kuzey kolu Kuşadası'na devam etmekte olup güney kolu GB' ya dönerek Ege Denizi'ne girmektedir. Bu grabenin ana fayı grabenin kuzey kenarı boyunca uzanır ve güneye doğru eğimlidir. Küçük Menderes fayı batıda Efes Antik şehri Güney doğusundan geçerek Ege

Denizi' ne kadar uzanmaktadır. Buradan Sisam adası kuzeyinden gelen fay zonu ile birleşmektedir. Küçük Menderes fayı üzerinde meydana gelen 1928 depremi İzmir'de önemli hasarlara sebep olmuştur (Tekin ve Hafizoğlu, 2004).

Dördüncü bölge olarak Gediz ve Alaşehir Grabenleri seçilmiştir. Gediz graben bölgesinde tarih boyunca birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Gediz grabeninin doğu ucunda 1969 yılında Alaşehir depremi olmuştur. O günden günümüze şiddeti VIII'e eşit veya büyük bir deprem bu bölgede gerçekleşmemiştir. İlgili bölgede (Poyraz vd., 2015:20). Seçilen bölgelerdeki deprem hareketliliği yüksektir. Gediz Grabeni Manisadan Pamukkale'ye kadar uzanmaktadır.

Şekil 3.1. Çalışma Yapılan Bölgelerin Harita Üzerinde Gösterimi



Kaynak: (Öztürk, 2015)

Çalışma kapsamında incelenen bölgelere ait bilgiler Tablo 3.1’de, çalışma bölgelerinin sınırları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tahmin Yapılan Bölgeler

Bölge Adı	Konumu	BölgeNumarası
Göhlisar Çameli – Muğla Rodos Bölgesi (GÇB-MRB)	Batı Anadolı	#bölge1
Burdur Fay Bölgesi (BFZ)	Batı Anadolu	#bölge2
Büyük ve Küçük Menderes Graben Bölgesi (BM-KM)	Batı Anadolu	#bölge3
Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi (GG-AG)	Batı Anadolu	#bölge4

3.2. Çalışmanın Yöntemi ve Veriler

Çalışmada girdi parametreleri ile performans parametrelerinin hesaplanmasında Reyes vd. (2013) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Çalışma bölgelerine ait veriler Öztürk (2015)’den elde edilmiştir. Elde edilen veriler 2013 yılı sonuna kadar gerçekleşmiş deprem kayıtlarıdır. Çalışmada YSA modeli MATLAB programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

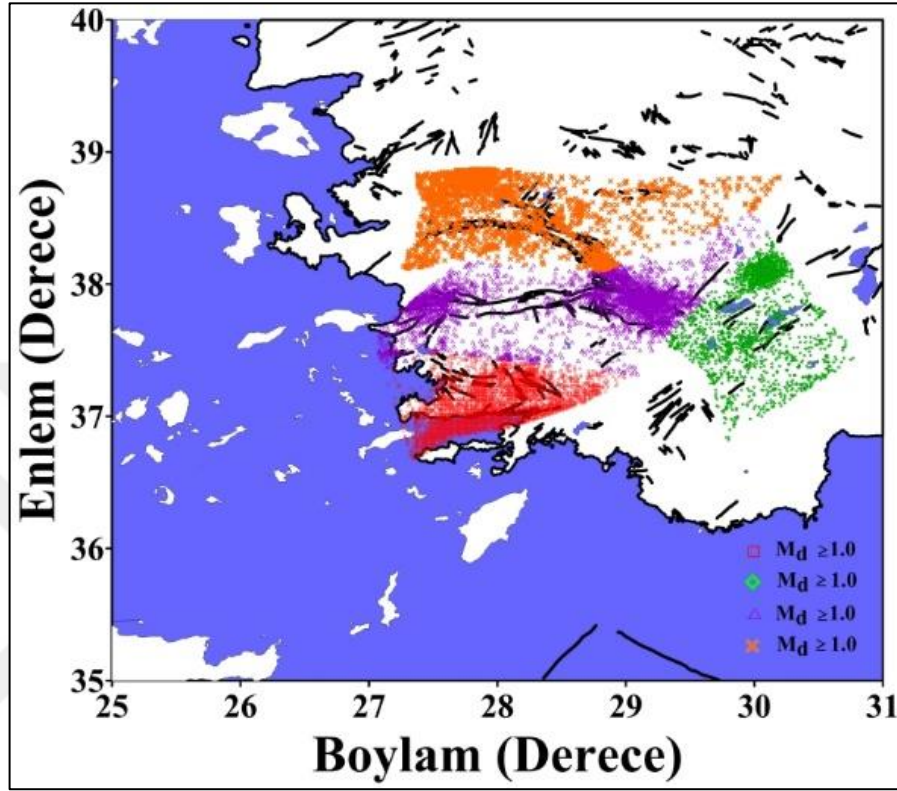
Türkiye’nin Batı Anadolu’sunda deprem tahmini için YSA konfigürasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda Gutenberg Richter tarafından önerilen denklemdeki b değeri deprenselliğin tanımında parametre olarak kullanılmıştır. b değeri farklı yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir. b değeri hesabında en sık kullanılan yöntem en büyük olasılık yöntemidir. Çalışmada, YSA ile tahmin için kullanılacak deprensellik parametresi olarak b değeri alınmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen bölgeler için b değerleri arasındaki fark yani değişim YSA’nın eğitiminde ve test edilmesinde girdi verisi olarak kullanılmıştır. Ağı eğitmen ve test etmek için gerekli olan veriler Öztürk (2015)’den elde

edilmiştir. İlgili bölgeler için elde edilen veriler, 2013 yılı sonuna kadar gerçekleşmiş deprem kayıtlarıdır. Deprem kayıtlarındaki magnitüd değeri kullanılarak b değeri hesaplanmıştır. Ağda kullanılan ilk beş girdi parametresi b değerleri arasındaki değişimlerdir. Ağın altıncı girdi parametresi artçı depremlerin zamanla azalım oranını gösteren Omori Utsu yasasına dayanır. Bu parametre ana şoktan önceki yedi gün içerisinde meydana en büyük depremin magnitüd değeridir. Ağın girişinde kullanılan son girdi parametre ise Gutenberg Richter ilişkisine dayanan 6.0 ve üstünde deprem olma olasılığını b değerine bağlı olarak gösteren parametredir. Ağın ürettiği çıktı değeri, girdi setinde kullanılan depremden sonraki beş gün içerisinde gerçekleşecek depremin magnitüd değeridir. Çalışmada girdi sayısı, katman sayısı ve bu katmanlarda ki nöron sayıları belirlendikten sonra ağda eğitim aşamasına geçilmiştir. YSA'da katmanlardaki nöronlar arasında bağlantı ağırlıklarının belirlenmesi işlemi eğitim olarak isimlendirilir. Ağda giriş verileri ve çıkış verileri kullanılarak ağırlıkların problemi temsil edecek ideal değerlere ulaşması sağlanmıştır. Ağın bu şekilde genelleştirme yapacak duruma gelmesi öğrendiğini göstermektedir. Eğitim süreci tamamlandıktan sonra geliştirilen YSA modeli çıktı vermeye hazır hale gelmiş ve ağın daha önce karşılaşmadığı örnekler ağa girdi olarak verilerek ağın çıktı üretmesi sağlanmıştır.

3.3. Çalışma Bölgelerine Ait Analizler

Çalışma yapılan dört farklı bölgeye ait 2000 yılından sonrasına ait katalog verileri üzerinden çeşitli analizler yapılmıştır Bu analizler kayıt altına alınan depremlerin yıllara göre sayısı, yıllara göre ortalama büyüklükleri, aylara göre deprem sayıları, günlere göre deprem sayıları dağılımlarını gösteren grafikler şeklinde gösterilmiştir. Çalışma yapılan bölgelerdeki depremlerin dağılımını gösteren harita Şekil 3.2'de sunulmuştur. Farklı bölgeler farklı renklerle renklendirilmiştir.

Şekil 3.2. Çalışma Bölgelerinin Deprem Yoğunluk Haritası

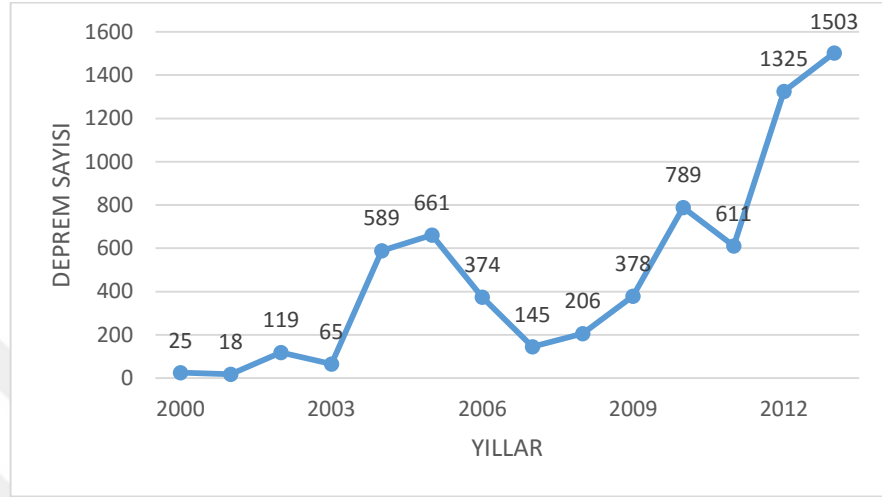


Kaynak: (Öztürk, 2015)

3.3.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Analizi

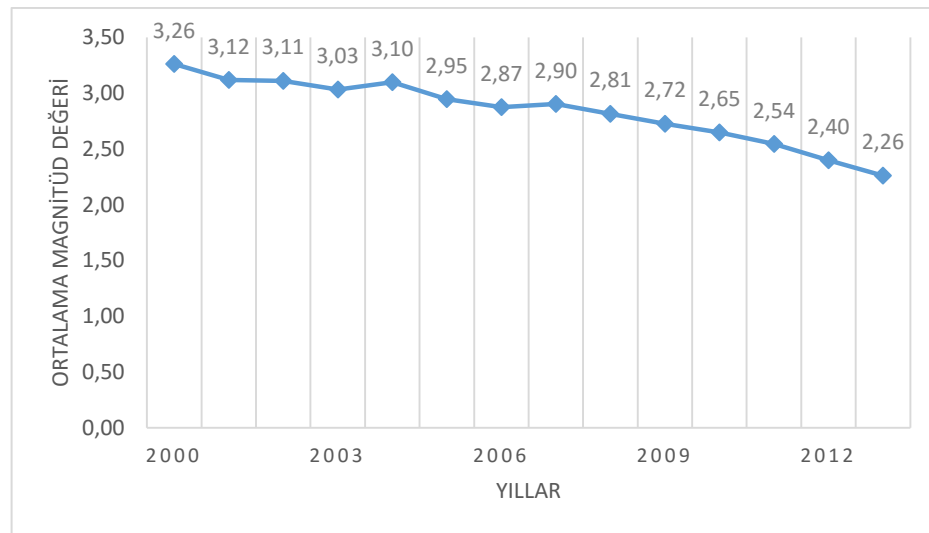
İlk çalışma bölgesi olan Gölhisar Çameli-Muğla Rodos bölgesine ait katalog verilerinden elde edilen grafikler listelenmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında deprem şiddeti filtelenmemiş ve kayıt altına alınan tüm veriler kullanılmıştır.

Grafik 3.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları



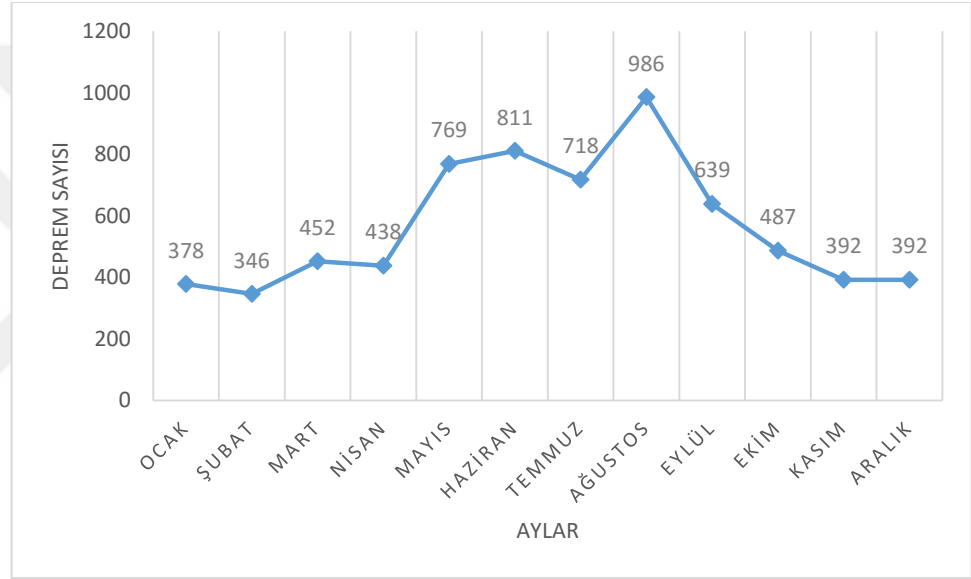
Grafik 3.1’de 2000 yılı sonrasında yıllara göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 2012 ve 2013 yıllarında deprem sayılarında önemli artış yaşandığı görülmektedir.

Grafik 3.2. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri



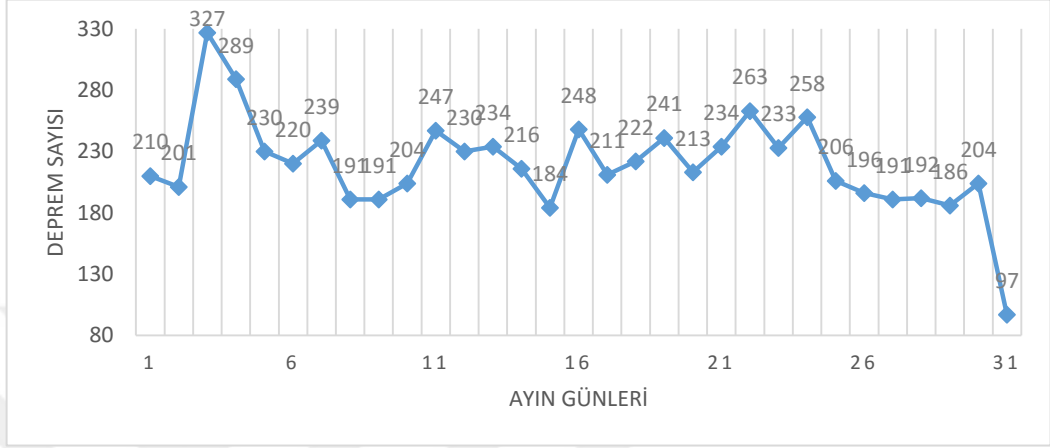
Grafik 3.2’de 2000 yılı sonrasında yıllara göre ortalama deprem magnitüdüleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde çalışma bölgesinde yıllar geçtikçe ortalama deprem magnitüd değerinin düştüğü görülmektedir.

Grafik.3.3. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları



Grafik 3.3’de 2000 yılı sonrasında depremlerin aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde yaz aylarında deprem sayılarında önemli artış yaşandığı görülmektedir.

Grafik 3.4. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları

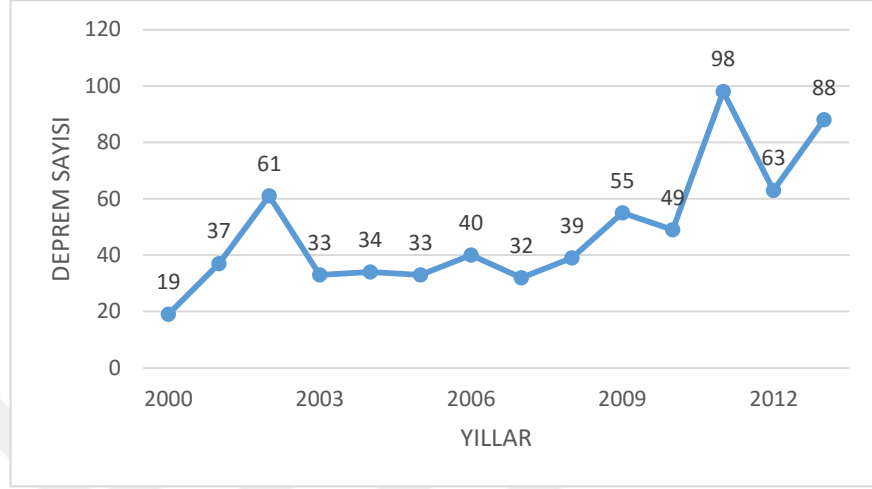


Grafik 3.4’de 2000 yılı sonrasında ayın günlerine göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde ayın ilk günlerinde deprem sayıları artmakla birlikte genel olarak depremlerin ayın günlerine göre homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

3.3.2. Burdur Fay Zonu Analizi

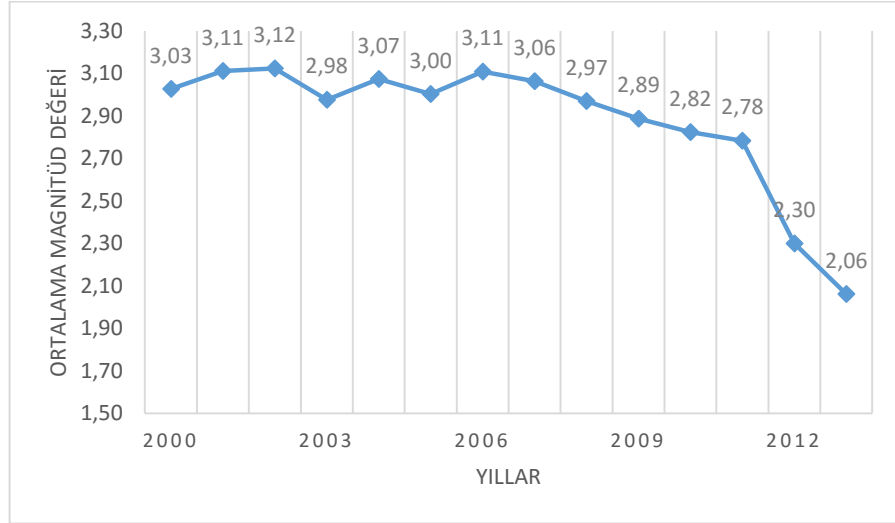
İkinci çalışma bölgesi olan Burdur Fay Zonu’na ait katalog verilerinden elde edilen grafikler listelenmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında deprem şiddeti filtrelenmemiş ve kayıt altına alınan tüm veriler kullanılmıştır.

Grafik 3.5. Burdur Fay Zonu Yıllara Göre Deprem Sayıları



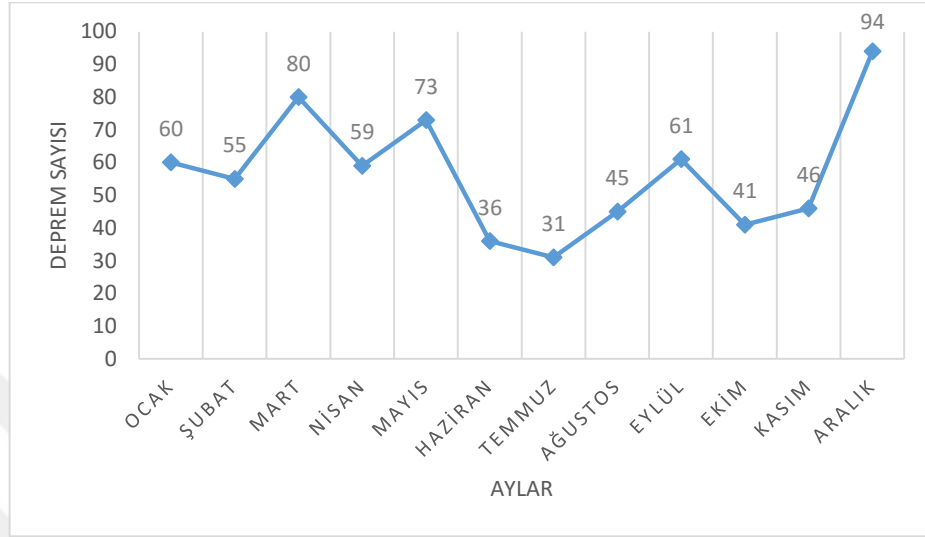
Grafik 3.5’de 2000 yılı sonrasında yıllara göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde yıllara göre deprem sayılarında artış yaşandığı görülmektedir.

Grafik 3.6. Burdur Fay Zonu Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri



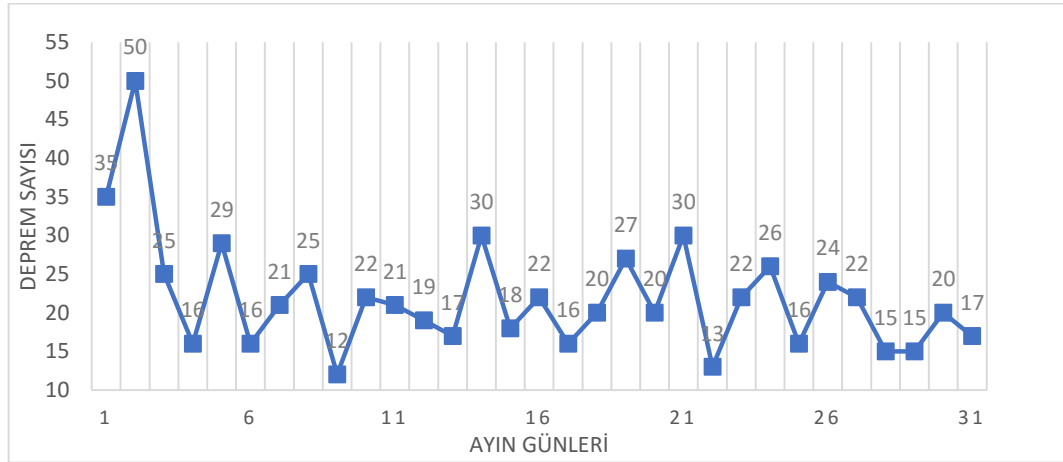
Grafik 3.6’da 2000 yılı sonrasında yıllara göre ortalama deprem magnitüdüleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde çalışma bölgesinde yıllar geçtikçe ortalama deprem magnitüd değerinin düştüğü görülmektedir.

Grafik 3.7. Burdur Fay Zonu Aylara Göre Deprem Sayıları



Grafik 3.7’de 2000 yılı sonrasında depremlerin aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde depremlerin yaz aylarında azaldığı genel olarak aylara göre homojen dağılım gösterdiği görülmektedir.

Grafik 3.8. Burdur Fay Zonu Günlere Göre Deprem Sayıları

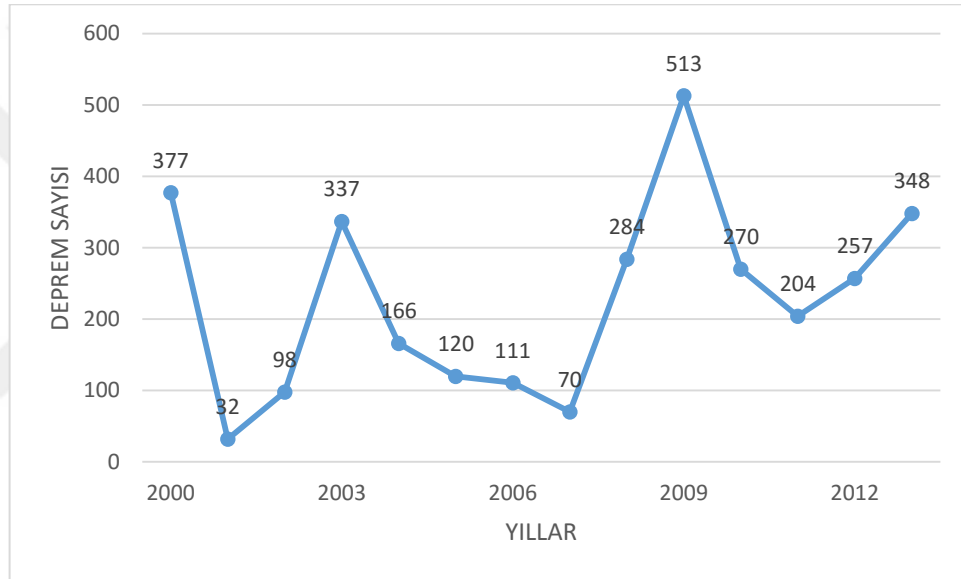


Grafik 3.8’de 2000 yılı sonrasında ayın günlerine göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde ayın ilk günlerinde deprem sayıları artmakla birlikte genel olarak depremlerin ayın günlerine göre homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

3.3.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Analizi

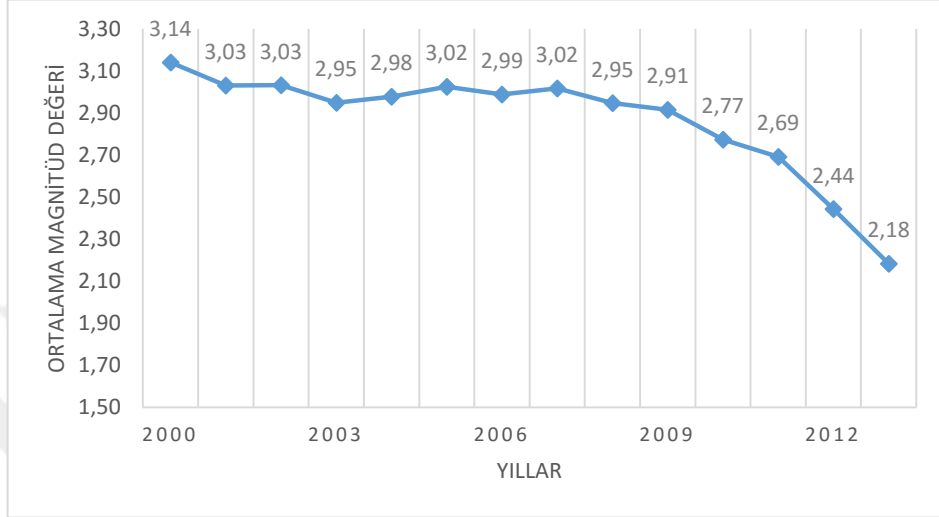
Üçüncü çalışma bölgesi olan Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi'ne ait katalog verilerinden elde edilen grafikler listelenmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında deprem şiddeti filtrelenmemiş ve kayıt altına alınan tüm veriler kullanılmıştır.

Grafik 3.9. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları



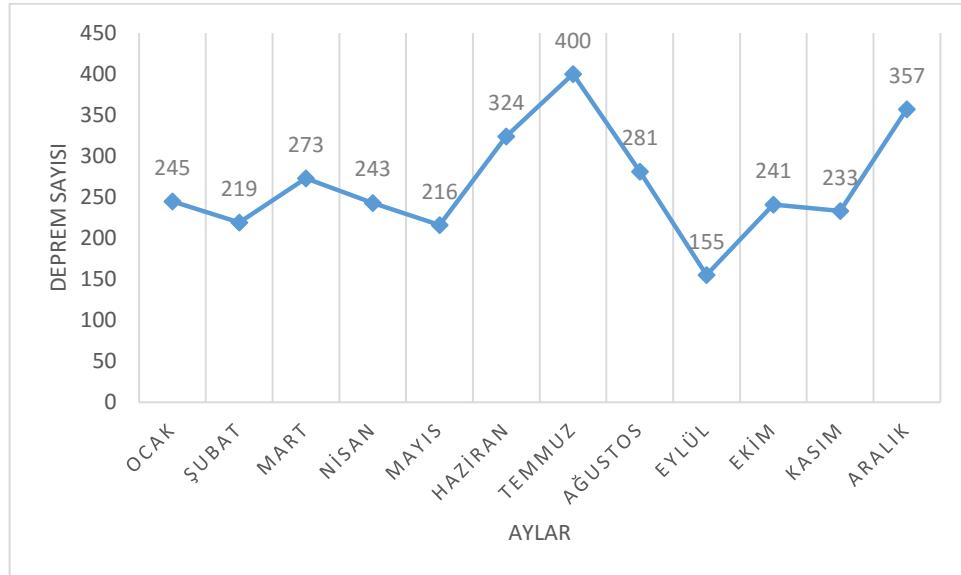
Grafik 3.9'da 2000 yılı sonrasında yıllara göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 2009 yılında deprem sayısında önemli bir artış yaşandığı, 2001 yılında ise deprem sayısının çok düşük olduğu görülmektedir.

Grafik 3.10. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri



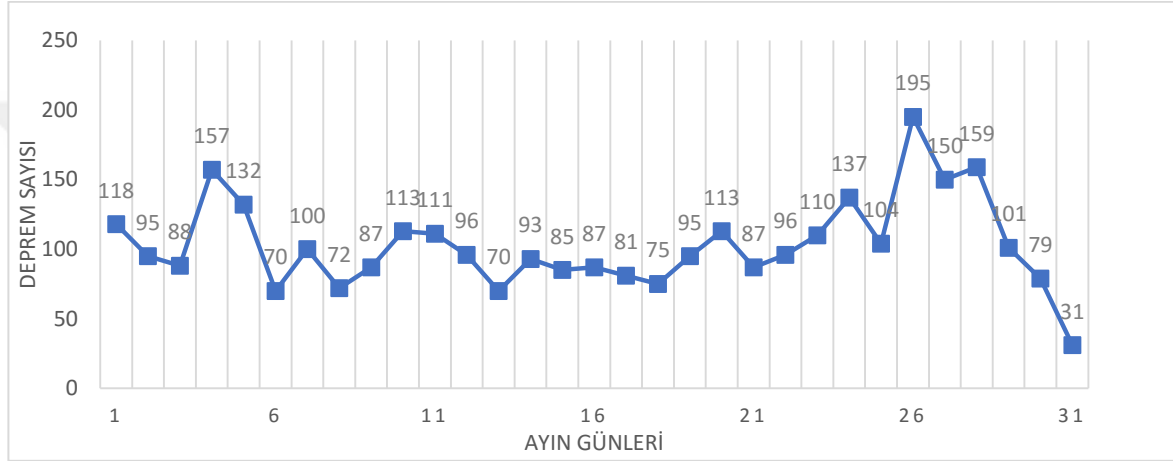
Grafik 3.10’da 2000 yılı sonrasında yıllara göre ortalama deprem magnitüdüleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde çalışma bölgesinde yıllar geçtikçe ortalama deprem magnitüd değerinin düştüğü görülmektedir.

Grafik 3.11. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları



Grafik 3.11’de 2000 yılı sonrasında depremlerin aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde depremlerin yaz aylarında arttığı genel olarak aylara göre homojen dağılım gösterdiği görülmektedir.

Grafik 3.12. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları

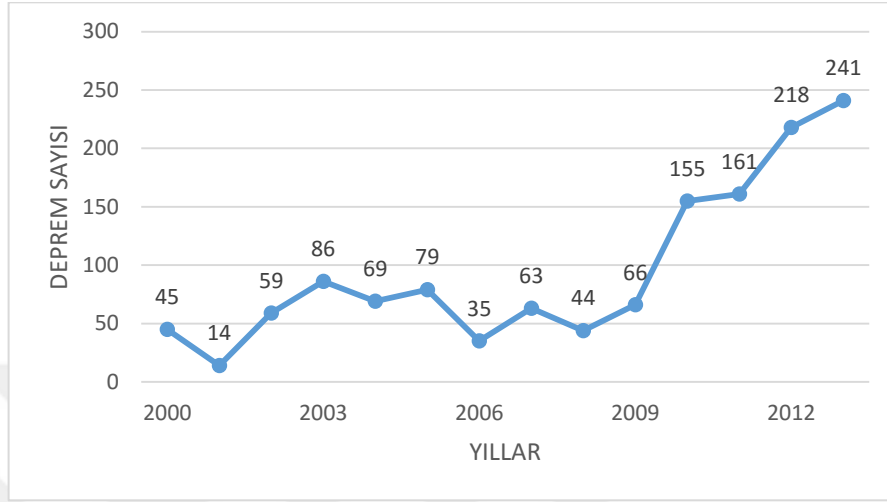


Grafik 3.12’de 2000 yılı sonrasında ayın günlerine göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde depremlerin ayın günlerine göre homojen bir dağılım göstermekle birlikte ayın sonunda azaldığı görülmektedir. Bu azalma ayların gün sayılarının farklı olmasından kaynaklabilmektedir.

3.3.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Analizi

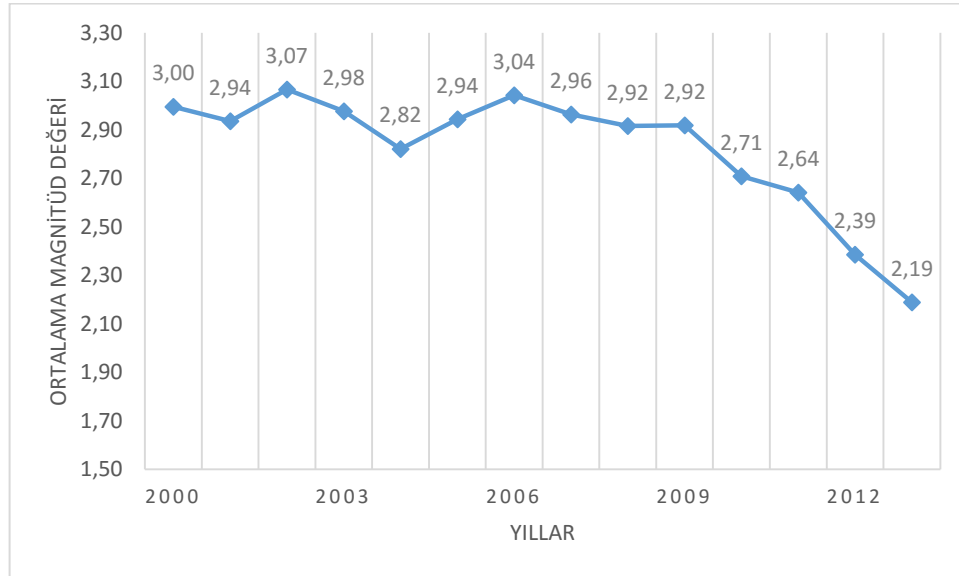
Dördüncü çalışma bölgesi olan Gediz Alaşehir Graben Bölgesi’ne ait katalog verilerinden elde edilen grafikler listelenmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında deprem şiddeti filtrelenmemiş ve kayıt altına alınan tüm veriler kullanılmıştır.

Grafik 3.13. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Yıllara Göre Deprem Sayıları



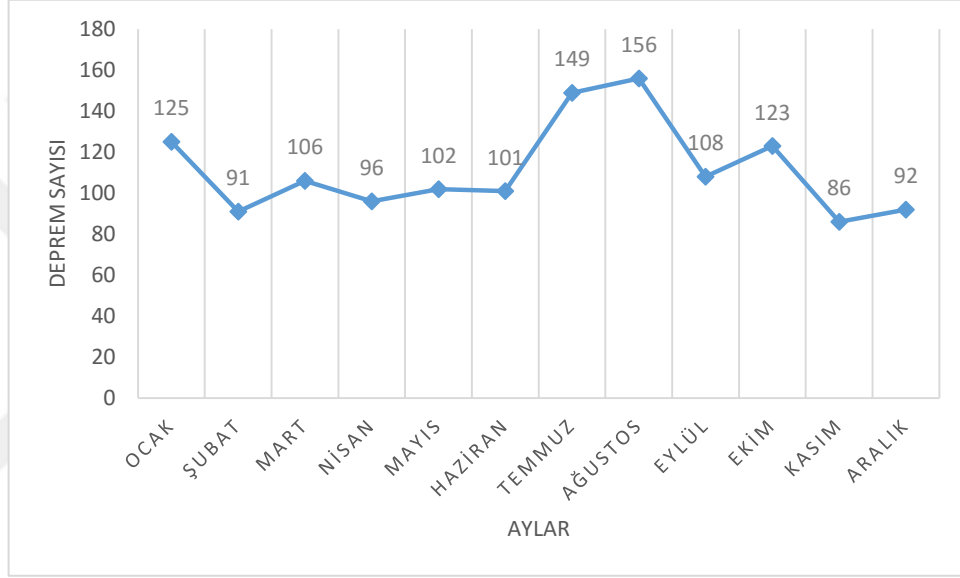
Grafik 3.13.'de 2000 yılı sonrasında yıllara göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde yıllara göre deprem sayısında önemli bir artış yaşandığı görülmektedir.

Grafik 3.14. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Yıllara Göre Ortalama Deprem Magnitüd Değerleri



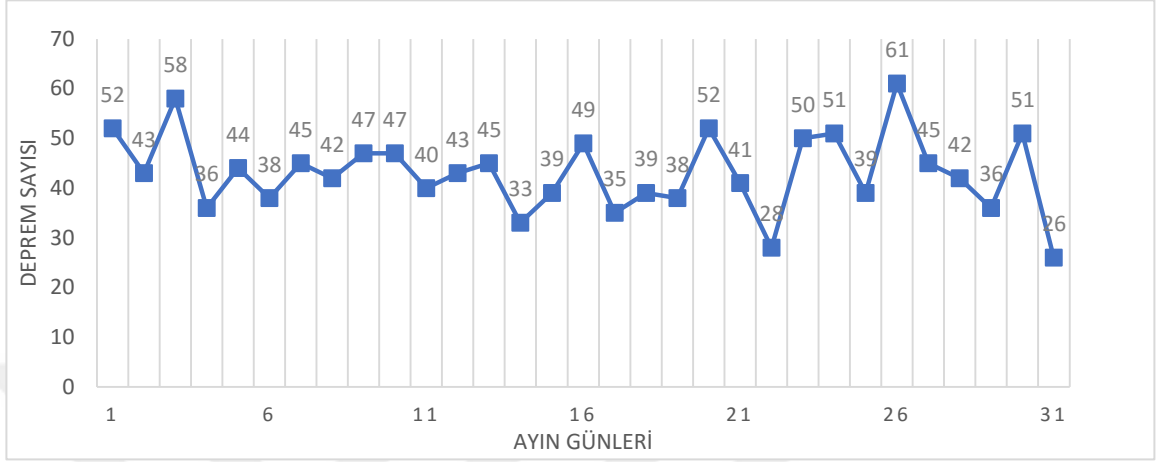
Grafik 3.14’de 2000 yılı sonrasında yıllara göre ortalama deprem magnitüdüleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde çalışma bölgesinde son yıllarda ortalama deprem magnitüd değerinin düştüğü görülmektedir.

Grafik 3.15. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Aylara Göre Deprem Sayıları



Grafik 3.15’de 2000 yılı sonrasında depremlerin aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde depremlerin yaz aylarında arttığı genel olarak aylara göre homojen dağılım gösterdiği görülmektedir.

Grafik 3.16. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Günlere Göre Deprem Sayıları



Grafik 3.16’da 2000 yılı sonrasında ayın günlerine göre deprem sayıları gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde depremlerin ayın günlerine göre homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

3.4. Verilerin Temizlenmesi ve Düzenlenmesi

Bölgelere ait sismik veriler 2014 yılı başlangıcına kadar dat uzantılı olarak **boylam, enlem, yıl, ay, gün, magnitüd, derinlik, saat, dakika, süre** bilgileri aralarında bir boşluk olacak şekilde satırlarda saklanmaktadır. Veriler arasında bir sekme boşluk bulunmaktadır. Veriler üzerinde işlem yapmak için tüm veriler excel programına aktarılarak ilgili alanlar sütunlara çevrilmiştir.

Excel programı kullanılarak bölgelere ait 2000 yılı sonrasına ait veriler filtrelenmiştir. Bölgelere ait kesme magnitüd değerlerinden düşük veriler de filtrelenmiş böylece veriler girdi parametreleri çıkartılacak hale gelmiştir. Ayrıca katalog verilerinde tarihler gün ay yıl farklı sütunlarda yer almaktadır. Tarih ile ilgili gün ay yıl sütunları birleştirilerek tarihe dönüşüm yapılmıştır. Kullanılan katalog içerisinde eksik bilgi bulunmamaktadır. Tüm parametrelerin değerleri vardır, boş veya eksik veri yoktur.

3.5. Parametrelerin Elde Edilmesi

YSA eğitiminde ve test aşamasında kullanılacak olan girdi parametreleri ve çıktı parametresinin nasıl elde edildiği aşağıda anlatılmıştır. Çalışma yapılan bölgede bir deprem olduğunda bu deprem bilgisiyle ilgili yedi giriş ve bir çıkışa sahip yeni bir vektör oluşturulmaktadır. Girdi vektörü girdi parametrelerini temsil etmektedir. Çıktı vektörü ise çıktı parametresini temsil etmektedir. Eğitim ve test vektörleri girdi ve çıktı parametrelerinin toplamını içermektedir. Hesaplama, excel programına aktarılan katalog verileri kullanılmıştır.

3.5.1. Girdi Parametrelerinin Elde Edilmesi

Katalog verileri excel programına aktarılıp gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra 7 adet girdi parametresi hesaplanmıştır. İlk beş girdi değerinin hesaplanmasında Gutenberg Richter yasası ile ilişkili b değerleri kullanılmıştır. b değeri hesabında hesaplanacak bölgedeki belirli sayıdaki veya belirli tarih aralığındaki kaydedilmiş deprem verisi kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada 50 deprem verisinden bir b değeri hesaplanmıştır.

$$b_i = \frac{\log(e)}{\left(\frac{1}{50}\right) \sum_{j=0}^{49} M_{i-j} - M_c} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'de gösterilen M_i , i . depremin magnitüd değeridir. M_c değeri ise kesme magnitüd değeridir. Çalışma yapılan dört farklı bölgede farklı kesme magnitüdüleri kullanılmıştır. Kesme değeri Bölge 1 Gölhisar Çameli-Muğla Rodos'da "3,0" , Bölge 2 Burdur Fay Zonunda "2,8" , Bölge 3 Büyük Küçük Menderes bölgesinde "2,9", Bölge 4 Gediz Alaşehir Graben Bölgesinde "2,8" olarak alınmıştır. Bu kesme magnitüdü değerleri bölgelere bağlı olarak hesaplanmıştır (Öztürk, 2015).

Excel programında " =LOG(ÜS(1))/(ORTALAMA(E1:E50)-2,8)" formülü 50.satırdan sonraki tüm satırlara uygulanarak tüm satırların b değeri otomatik olarak hesaplanmıştır.

b _değeri hesaplaması yapılmadan önce excel programına aktarılan ve tüm deprem kayıtlarını içeren veriler, parametresi hesaplanacak bölgenin kesme magnitüd değerine göre filtrelenmiştir yani kesme magnitüd değerinden küçük olan deprem kayıtları silinmiştir. Böylece çok küçük değerli deprem verilerinin deprem tahmin modeline yapacağı olumsuz etkilerden korunulmuş olur. Aynı zamanda b _değeri hesaplamasında kullanılacak tüm verinin kesme magnitüd değerinden büyük olması sağlanır.

b _değeri hesaplamasında ilk değer olan b _değeri hesaplanırken katalog verisinde 1-50 aralığındaki deprem verilerinin magnitüd değerleri kullanılmıştır. İkinci b _değeri hesabında katalog verisinde 2-51 aralığındaki deprem verilerinin magnitüd değerleri kullanılmıştır. Üçüncü b _değeri hesabında katalog verisinde 3-52 aralığındaki verileri magnitüd değerleri kullanılmıştır. Böylece bir deprem değişikliğiyle b _değerinin nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Geçmişten günümüze doğru b _değerleri bu şekilde hesaplanmaktadır.

Hesaplanan b değerleri arasındaki fark YSA'da girdi parametresi olarak kullanılacaktır. b _değerleri arasındaki değişimler Δb ile gösterilmiştir. Delta değişimi, girdi parametresi olan x değerlerine denk alınmıştır.

$$\Delta b_{1i} = b_i - b_{i-4} \equiv x_{1i} \quad (3.2)$$

$$\Delta b_{2i} = b_{i-4} - b_{i-8} \equiv x_{2i} \quad (3.3)$$

$$\Delta b_{3i} = b_{i-8} - b_{i-12} \equiv x_{3i} \quad (3.4)$$

$$\Delta b_{4i} = b_{i-12} - b_{i-16} \equiv x_{4i} \quad (3.5)$$

$$\Delta b_{5i} = b_{i-16} - b_{i-20} \equiv x_{5i} \quad (3.6)$$

Denklem (3.2), (3.3), (3.4) ve (3.5)'den anlaşılacağı gibi x girdi parametresinin ilk değerinin hesaplanabilmesi için asgari 70 adet b değerinin hesaplanması gerekmektedir. 70 deprem verisinin ilk 50 tanesi bir b değeri hesabı için kullanılmıştır. b _değerlerindeki değişimlerin tamamının hesaplanabilmesi için en az 20 adet b _değeri gerekmektedir. Ağın girdi parametrelerinin ilk beş tanesi Denklem (3.2), (3.3), (3.4) ve (3.5) kullanılarak elde edilmiştir.

Excel programındaki katalog verilerinde delta b değerlerini hesaplamak için bir formül yazılmıştır. Yazılan bu formül girdi parametrelerinin 5 tanesinin hesaplanmasını sağlayacaktır. Yan yana 5 sütuna “=H70-H66”, “=H66-H62”, “=H62-H58”, “=H58-H54”, “=H54-H50”, formülleri uygulanarak b değerleri arasındaki fark hesaplanmıştır. Excel’de kullanılan formül aşağı doğru sürüklenerek tüm satırlara uygulanmıştır.

Altıncı girdi parametresi olan x_{6i} tahmin yapılacak bölge içerisindeki girdi olarak kullanılan depremden önceki 7 gün içerisinde kayda alınan en büyük depremin magnitüd değeridir. Bu parametre dolaylı olarak Omori/Utsu ve Bath kanunlarına dayanan bilgileri YSA’ya sağlamaktadır. Altıncı girdi parametresinin matematiksel gösterimi Denklem (3.7)’de gösterilmiştir.

$$x_{6i} = \max\{M_d\}, t \in [-7,0) \quad (3.7)$$

Altıncı girdi parametresi hesabı için excel programında formül yazılmamıştır. Parametre hesabının karmaşıklığından dolayı formüle aktarılmamıştır. Parametre hesabı elle yapılmıştır.

Yedinci girdi parametresi olan x_{7i} 6.0 ve üzerinde magnitüde sahip deprem olma olasılığını tanımlamaktadır. Bu bilginin girdi olarak eklenmesi Gutenberg-Richter yasaasının dinamik bir şekilde kapsanması içindir. Olasılık yoğunluk fonksiyonundan hesaplanmıştır. Yedinci girdi parametresi matematiksel gösterimi Denklem (3.8)’de gösterilmiştir.

$$x_{7i} = P(M_d \geq 6.0) = e^{-3b_i/\log(e)} = 10^{-3b_i} \quad (3.8)$$

Yedinci girdi parametresi hesabı için excel programında “=KUVVET(10;-3*H70)” formülü kullanılmıştır. b değerinin ilk hesaplandığı satırdan başlayarak bu formül tüm satırlara uygulanmıştır.

3.5.2. Çıktı Parametresinin Elde Edilmesi

Ağın çıktı parametresi bir tanedir. y_i ile temsil edilir. Çalışma yapılan bölge içerisinde kesme magnitüdü üzerinde değere sahip bir depremden sonraki beş gün içerisinde ölçülen en

büyük M_d değeridir. y_i değeri kesme magnitüdünden büyük değere sahip deprem olmamışsa 0 alınır. Matematiksel gösterimi Denklem (3.9)'da gösterilmiştir.

$$y_i = \max\{M_d\}, t \in (0,5] \quad (3.9)$$

Çıktı parametresi hesabında da Excel formülü oluşturulamamış ve hesaplama manuel olarak yapılmıştır.

3.6. Eğitim ve Test Setlerinin Oluşturulması

Girdi ve çıktı parametreleri hesaplandıktan sonra eğitim ve test vektörleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada 122 adet eğitim verisi ve 122 adet test verisi kullanılmıştır. 122 sayısı nöronlar arası bağlantı ağırlıklarının oluşabilmesi için gerekli olan asgari girdi sayısıdır. i . depremle ilgili eğitim girdi seti (vektörü) matematiksel olarak Denklem (3.10)'da gösterilmiştir. Şekil 3.3'de girdi seti örneği gösterilmiştir.

$$T_i = \{x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, x_{5i}, x_{6i}, x_{7i}, y_i\} \quad (3.10)$$

Şekil 3.3. Excel Programında Girdi Parametreleri

		$b_değeri$	1.girdi	2.girdi	3.girdi	4.girdi	5.girdi	7.girdi	6.girdi	Çıktı değeri
1 Kasım 2007 Perşembe	01:09:00	2,4453518125	-0,02785	0,401188	-0,04031	-0,01032	4,44E-15	4,61E-08	3,5	0
17 Kasım 2007 Cumartesi	20:19:00	2,5016963243	-0,059	0,508267	-0,03955	0,0492	-0,07987	3,13E-08	3,2	0
25 Kasım 2007 Pazar	07:57:00	2,5016963243	-0,12085	0,468313	0,082223	0,029238	-0,1222	3,13E-08	3,45	0
1 Aralık 2007 Cumartesi	23:18:00	2,5016963243	-0,059	0,270116	0,257369	-0,00956	-0,1222	3,13E-08	3,45	0

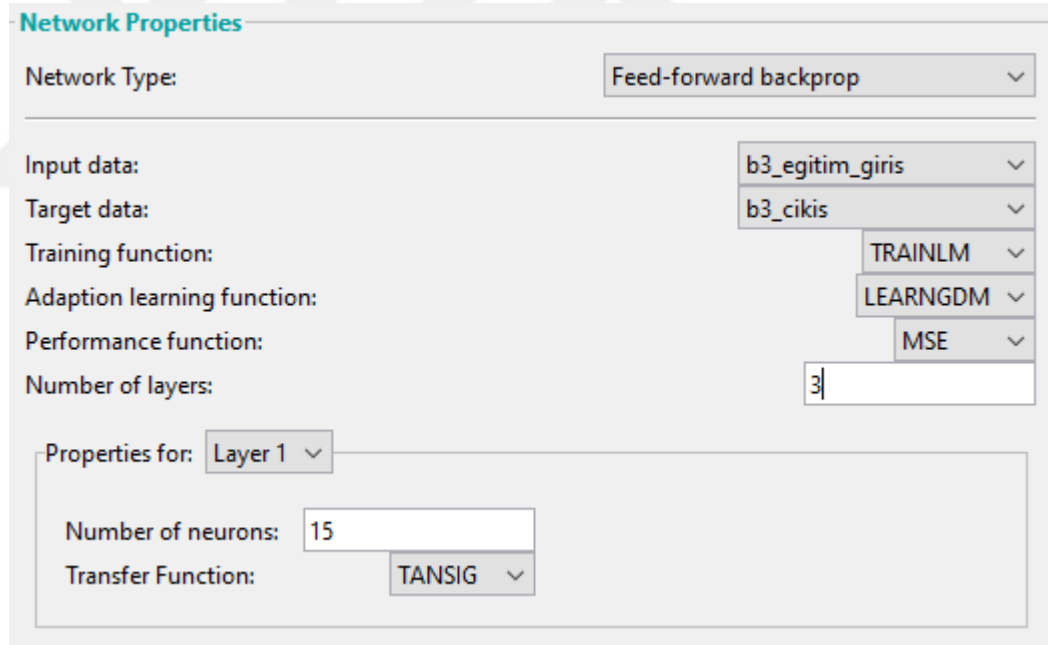
3.7. YSA Mimarisi

Tahmin için geliştirilen ağı yapısı, öğrenme yöntemi, katman sayıları, katman nöron sayıları, kullanılan aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonu ve ağ topolojisi Tablo 3.2'de ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. YSA Özellikleri

Parametreler	Değerler
Girdi Parametreleri	7
Gizli Katman Nöron Sayısı	15
Çıktı Nöron Sayısı	1
Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid
Ağ Topolojisi	İleri Beslemeli
Öğrenme Paradigması	Geri yayımlı

Şekil 3.4. YSA Mimari Özellikleri



Network Properties

Network Type: Feed-forward backprop

Input data: b3_egitim_giris

Target data: b3_cikis

Training function: TRAINLM

Adaption learning function: LEARNGDM

Performance function: MSE

Number of layers: 3

Properties for: Layer 1

Number of neurons: 15

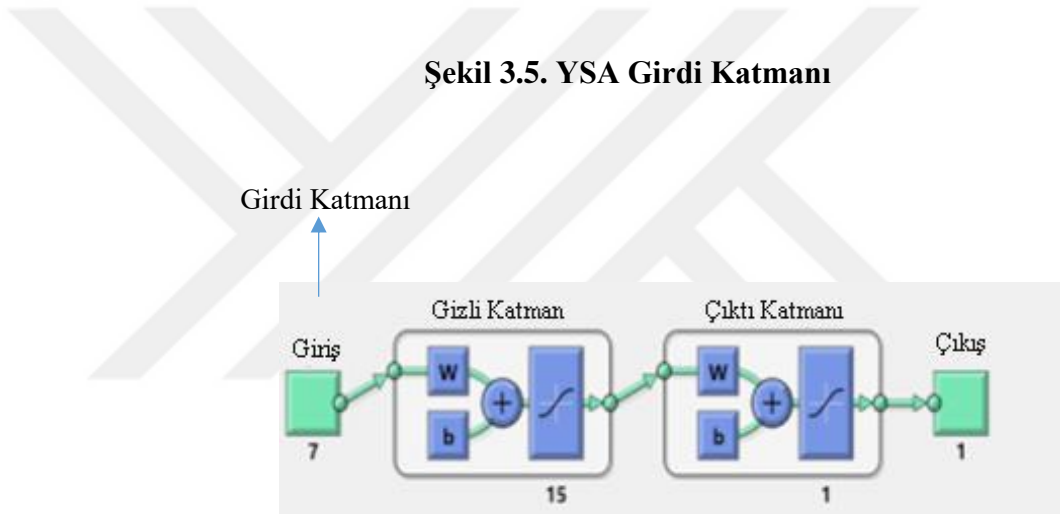
Transfer Function: TANSIG

3.7.1. Girdi Nöronları

Hesaplanan girdi parametrelerinin her biri bir girdi nöronu olarak alınmıştır. Toplamda giriş katmanında 7 adet nöron bulunmaktadır.

Matlab programında girdiler excel'deki gibi matris formatında satır ve sütunlardan oluşan yapıda saklanmaktadır. Excel programında hazır olan verilerin Matlab programına aktarırken veri matrisinin transpoznesinin alınması gerekmektedir. Bu işlemi Excel programında kopyalanan veriyi özel yapıştırma seçeneklerinden işlemi tersine çevir kutucuğu işaretlenerek verilerin satır ve sütunlarının yer değiştirmesi sağlanır. Bu işlemden sonra veriler her bir satırı bir girdi nöronuna karşılık gelmek üzere Matlab programına aktarılır. Girdi katmanı ve nöron sayısı Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

Şekil 3.5. YSA Girdi Katmanı

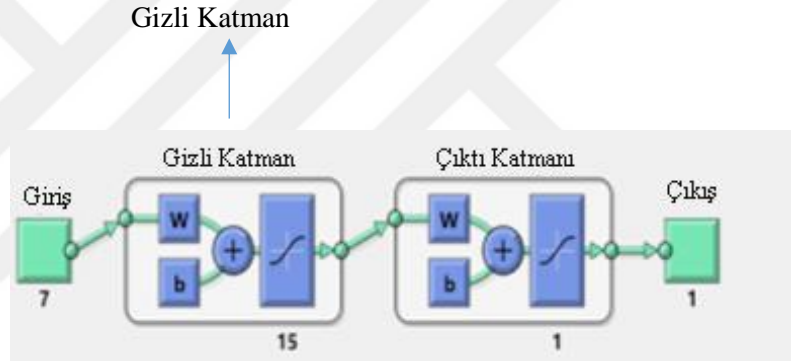


3.7.2. Gizli Katman Nöronları

Oluşturulan YSA modelinde bir adet gizli katman kullanılmıştır. Şekil 3.6'da gösterilmiştir. YSA'larda gizli katman sayısı ve gizli katman nöron sayısını kesin olarak veren bir yöntem geliştirilememiştir. İdeal sayı için farklı yaklaşımlar olmakla birlikte en kabul gören yaklaşım deneme yanılma ile ideal sayıların bulunmasıdır. Geliştirilen ağda gizli katmandaki nöron sayısı Lipmann tarafından önerilen tek değişkenli $2n+1$ fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Buradaki n girdi nöron sayısını temsil eder. Geliştirilen sinir ağında $n=7$ tane girdi nöronu vardır. Böylece gizli katmandaki nöron sayısı $2.7+1=15$ olarak alınmıştır.

Geliştirilen sinir ağındaki sinaptik bağlantı sayısı (katmanlardaki nöronlar arasındaki bağlantı sayısı) şu şekilde bulunur: [girdi nöronları]. [gizli katman nöronları]+[gizli katman nöronları].[gizli katman sayısı]+2. Sonuç olarak sinaptik bağlantı sayısı $7.15+15.1+2=122$ olarak hesaplanır. Bu sayı ağırlıkların oluşabilmesi için gerekli asgari eğitim vektörü sayısıdır. 122 den az eğitim vektörü kullanılması durumunda ağırlıklar tam olarak oluşmayacaktır ve tahmin sonuçları başarısı düşecektir.

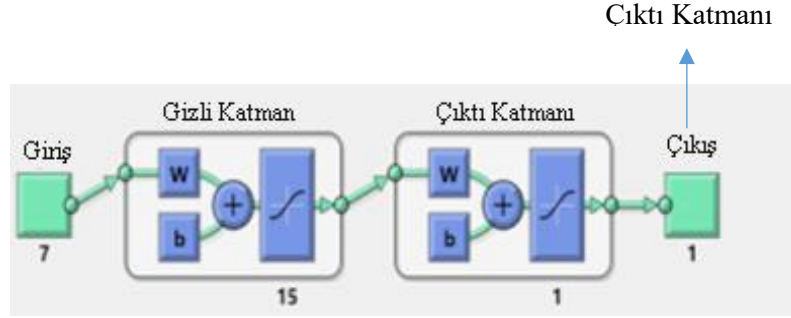
Şekil 3.6. YSA Gizli Katmanı



3.7.3. Çıktı Nöronu

Geliştirilen YSA'nın çıkış katmanında bir adet çıkış nöronu bulunmaktadır. Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Çıktı nöronunda çalışılan bölge içerisinde önümüzdeki 5 gün içinde meydana gelen depremlerde ölçülen maksimum değer bulunmaktadır. YSA'nın eşik değerden yüksek çıktılar için sonuç ürettiği varsayılmaktadır. Eşik değer ise eğitim için eğitim setindeki ortalama magnitüd $\overline{M_d}$ değeri ile eğitim setindeki deprem magnitüdlерinin standart sapmasının 0,6 katı toplanmış ve eşit değer bulunmuştur. Eşik değerden küçük eğitim çıktı değerleri de 0 kabul edilmektedir. Eşik değerden küçük YSA tahmin sonuçları da 0 kabul edilmektedir.

Şekil 3.7. YSA Çıktı Katmanı



3.7.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Geliştirilen YSA’da sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Matematiksel gösterimi Denklem (3.11)’de gösterilmiştir. Şekil 3.4’de transfer fonksiyonu kısmında gösterilmiştir.

$$\Phi(X_i) = \frac{1}{1+e^{-X_i}} \quad (3.11)$$

$$X_i = \Phi(\sum_i w_{ij}x_i) \quad (3.12)$$

w_{ij} , i . ve j . nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarındır. nöron ve j ünitesi arasındaki bağlantı ağırlıklarındır ve u_i ünitesinden gelen sinyallerdir. Bu sinyal izleyen katmandaki her bir düğüme gönderilir. Çıktı katmanına ulaşıldıysa çıktı olarak kabul edilir. Geliştirilen YSA da ağırlıklı toplamı bulma yöntemi kullanılmıştır. Matematiksel gösterimi Denklem (3.12)’de gösterilmiştir.

3.7.5. Ağ Topolojisi

Geliştirilen YSA’da ileri beslemeli sinir ağı modeli kullanılmıştır. Bu ağda bilgi sadece ileri yönde giriş katmandan gizli katmana oradan da çıktı katmanına doğru hareket eder. Ağda döngü ve çevrim yoktur. Şekil 3.4’de ağ tipinin ileri beslemeli seçildiği görülmektedir.

3.7.6. Öğrenme Yöntemi

Geliştirilen YSA'da öğrenme yöntemi olarak geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Danışmanlı öğrenme metodu kullanılmıştır. Ağın eğitiminde bilinen çıktı değerleri kullanılarak hata geriye yayılmıştır. Böylece ağırlıkların güncellenerek ideal katsayılara ulaşması sağlanır. Geri yayılım algoritması ileri beslemeli ağlar için çok kullanışlıdır. Şekil 3.4'de gösterildiği gibi eğitim fonksiyonu olarak Levenberg Marquart (trainlm) seçilmiştir. Öğrenme fonksiyonu olarak geriye yayılım ağırlık öğrenme fonksiyonu (learndm) seçilmiştir.

3.8. YSA Performans Parametreleri

Geliştirilen YSA'nın performansını değerlendirmek için çeşitli parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler aşağıdaki gibidir:

- Gerçek pozitifler (True Positives: TP): izleyen beş gün boyunca YSA'nın olacağını tahmin ettiği ve gerçekleşen depremlerin sayısı.
- Gerçek negatifler (True Negatives: TN): YSA'nın tahmin etmediği ve gerçekleşmeyen depremlerin sayısı.
- Yanlış pozitifler (False Positives: FP): izleyen beş gün boyunca YSA'nın tahmin ettiği fakat gerçekleşmeyen depremlerin sayısı.
- Yanlış negatifler (False Negatives: FN): izleyen beş gün boyunca YSA'nın edemediği fakat gerçekleşen depremlerin sayısı.

Eğer YSA tarafından üretilen çıktı magnitüdü eşik değerden küçükse ve izleyen beş gün boyunca gözlemlenen magnitüd değeri eşik değerden daha küçükse bu durum sıfır seviye vuruş (zero-level-hit) olarak adlandırılır ve P_0 olarak gösterilir. Denklem (3.13)'de gösterilmiştir. Eğer YSA tarafından üretilen çıktı magnitüdü eşik değerden büyükse ve maksimum gözlemlenen magnitüd değeri eşik değerden daha büyükse bu duruma bir seviye vuruş (one-level-hit) denir ve P_1 ile gösterilir. Denklem (3.14)'de gösterilmiştir. Her iki

durumda sismologlar tarafından YSA ve benzeri yaklaşımların performanslarının değerlendirilmek için kullanılır ve şöyle hesaplanır.

$N_0=TN+FN$ YSA'nın sıfır seviye (zero-level)'yi tahmin etme sayısını gösterir. Negatiflerin toplamı yani ağın deprem olmayacak şekilde tahminde bulunduğu deprem sayısı.

$N_1=TP+FP$ YSA'nın bir seviye (one-level)'yi tahmin etme sayısını gösterir. Pozitiflerin toplamı yani ağın deprem olacak yönünde tahminde bulunduğu deprem sayısı.

$N=N_0+N_1$ olası tahminlerin toplam sayısını gösterir.

$$P_0 = \frac{TN}{TN+FN} = \frac{\text{Sıfır Seviye}}{N_0} \quad (3.13)$$

$$P_1 = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{\text{Bir seviye}}{N_1} \quad (3.14)$$

Yukarıdaki performans parametrelerinin yanında S_n ve S_p parametreleri de kullanılır. S_n doğru tanımlanmış gerçek pozitiflerin oranını ya da duyarlılığını gösterir. Hesaplanması Denklem (3.15)'de gösterilmiştir. S_p ise doğru tanımlanmış gerçek negatiflerin oranını ya da özgüllüğünü gösterir. Hesaplanması Denklem (3.16)'da gösterilmiştir.

$$S_n = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.15)$$

$$S_p = \frac{TN}{TP+FP} \quad (3.16)$$

Ağın performans değerlendirmesi yapılırken dikkat edilmesi gereken durumlar söz konusudur.

P_0 ve P_1 parametreleri %95'den büyük çıkmamalıdır eğer büyük çıkarsa bu durum ağın genelleştirilmiş sonuç üretmesini engeller ve ezberlemeye sebep olduğunu gösterir. Böyle bir durumda ağın eğitim vektörlerine tekrar eden veriler veya yeni vektörler eklenmelidir (Reyes vd., 2013:1321).

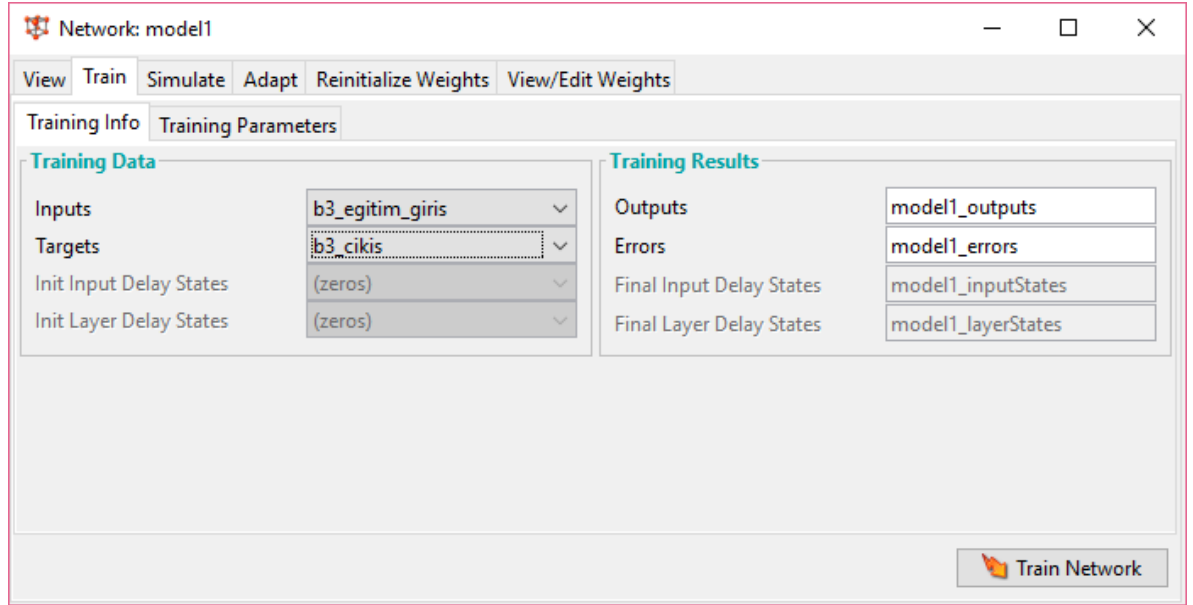
P_0 in en küçük değeri %70'den büyük olmalıdır. Eğer bu değer elde edilemiyorsa eğitim seti bu değer elde edilene kadar değiştirilmelidir (Reyes vd., 2013:1321).

Bazı durumlarda ağın ürettiği değerler çok küçük veya çok büyük olabilmekte, bu durumda P_0 ve P_1 'in sıfır olmasına sebep olabilmektedir. Ağın eşik değer üstünde çıkış üretmemesi durumunda ağa yüksek değerli giriş vektörleri eklenerek ağın çıkış üretmesi sağlanabilir. Ağın eşik değerden çok yüksek değerler ürettiği durumlarda ise ağa düşük değerli giriş vektörleri eklenerek ağın ürettiği çıktılar düşürülebilir (Reyes vd., 2013:1321).

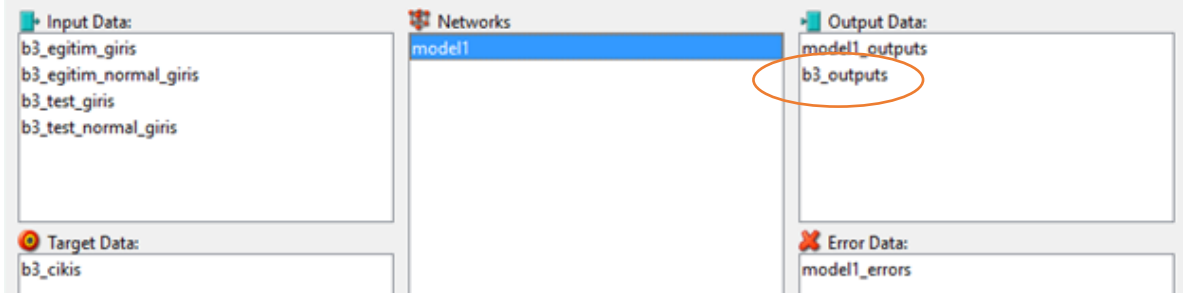
3.9. YSA Eğitimi

Bu bölümde YSA'nın bölgelere göre eğitimi gerçekleştirilecektir. Şekil 3.8'de eğitim ekranı gösterilmiştir. Eğitim için kullanılan veri sayısı ve tarih aralığı belirtilecektir. Eğitim sonunda eğitim verisi selftest yapılarak YSA performans parametreleri elde edilecektir. Elde edilen parametreler ve tahmin sonuçları bölgelere göre tablo olarak sunulacaktır.

Şekil 3.8. YSA'nın Matlab Programında Eğitimi

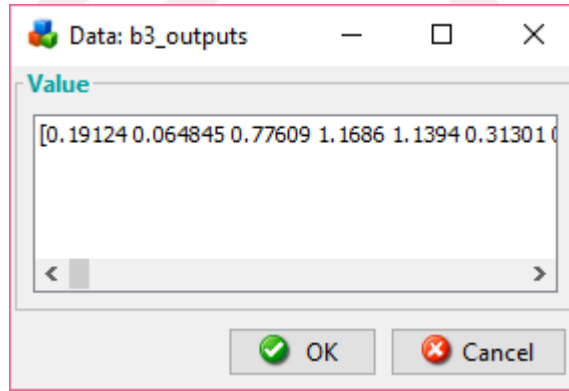


Şekil 3.9. YSA'nın Matlab Programında Eğitim Sonucu



Geliştirilen YSA eğitildikten sonra eğitim verisi test amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.9'da selftest sonucu oluşan tahmin sonuçları "Output_Data" bölümünde saklanmaktadır. Tahmin sonuçlarına tıkladığında YSA'nın üretmiş olduğu tahmin değerleri boşluk ile ayrılmış şekilde Şekil 3.10'da görülmektedir.

Şekil 3.10. YSA Selftest Tahmin Sonuçları



YSA tarafından üretilen tahmin değerleri ve gerçekten gözlenen değerler excel programına aktarılarak eşik değer ile karşılaştırılmıştır. Eşik değerden küçük olan tahmin sonuçları ve gözlenen değerler sıfır alınmıştır. Eşik değerle karşılaştırma işlemi için excel programında formül yazılmıştır. Gözlenen ve tahmin edilen değerlerin eşik değerle karşılaştırılması sonucu oluşan değerler yine excel programında karşılaştırılarak performans parametreleri elde edilmiştir. Ağın tahmin ettiği değerle, gözlemlenen değer sıfırdan büyükse

ilgili deprem kaydı için gerçek pozitif sonucu oluşmuştur. Ağın tahmin ettiği değer sıfır ve gözlemlenen değerde sıfır ise ilgili deprem kaydı için yanlış negatif sonucu oluşmuştur. Ağın tahmin ettiği değer sıfır gözlemlenen değer sıfırdan büyükse ilgili deprem kaydı için yanlış negatif sonucu oluşmuştur. Ağın tahmin ettiği değer sıfırdan büyük gözlemlenen değer sıfır ise ilgili deprem kaydı için yanlış pozitif sonucu oluşmuştur. Bu dört durumda excel programında formül kullanılarak otomatik olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.11’de yapılan işlemin örneği gösterilmiştir. Hangi durumdan kaç kayıt olduğuda yine excel formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yukarıda açıklanan işlemler tekrarlanarak tüm bölgeler için Eğitim ve test sonuçları için parametreler oluşturulmuştur.

Şekil 3.11. YSA Performans Parametrelerinin Oluşturulması

eşik değer =ort mag+std sapma*0,6	eşik karşılaştırma lı gözlenen değer	gözlenen değer y çığıtı	ağ tarafından tahmin edilen değer	eşik karşılaştır malı tahmin değer		Gerçek negatif Ağ=0 ve gerçek=0,	Gerçek pozitif Ağ>Eşik ve Gerçek>Eşik	Yanlış Negatif Ağ=0 ve Gerçek>Eşik	Yanlış Pozitif Ağ>Eşik ve Gerçek=0
3,30410591		0	0	0,35878	0 TN	TN			
		0	0	0,54757	0 TN	TN			
		0	0	0,4222	0 TN	TN			
		0	0	0,81639	0 TN	TN			
		0	0	3,0702	0 TN	TN			
		0	3,3	3,5981	3,5981 FP				FP
		0	3	3,6759	3,6759 FP				FP
		3,4	3,4	3,3197	3,3197 TP		TP		
		3,4	3,4	2,565	0 FN			FN	
		0	3,1	3,4496	3,4496 FP				FP

3.9.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Eğitim için 1 Kasım 2007 ve 25 Ekim 2010 tarihleri arasında magnitüd değeri 3.0 ve üstünde olan 122 adet deprem kaydı YSA’da eğitim amacıyla kullanılmıştır. Eğitim süreci 500 devir (epoch) ile tamamlanmıştır. Ağın eğitimi sonucunda eğitim verileri ağa verildiğinde (self test) ağın performansı Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	2	
TN	101	
FP	7	
FN	12	
P_0	0,8938053	89,38
P_1	0,2222222	22,22
S_n	0,1428571	14,29
S_p	0,9351852	93,52
	Ortalama	54,85

Ağın eğitiminde P_0 değeri yaklaşık olarak %90 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ 2 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 101 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 12 depremi tahmin edememiş ve 7 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.9.2. Burdur Fay Zonu YSA Eğitim Sonuçları

Eğitim için 3 Ocak 2006 tarihinden 25 Mart 2009 tarihine kadar magnitüd değeri 2.8 ve üstünde olan 122 adet deprem kaydı YSA’da eğitim amacıyla kullanılmıştır. Eğitim süreci 500 devir (epoch) ile tamamlanmıştır. Ağın eğitimi sonucunda eğitim verileri ağa verildiğinde (self test) ağın performansı Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Burdur Fay Zonu YSA Eğitim Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	1	
TN	100	

Parametre	Değer	Yüzde
FP	3	
FN	18	
P ₀	0,847458	84,75
P ₁	0,25	25,00
S _n	0,052632	5,26
S _p	0,970874	97,09
	ortalama	53,02

Ağın eğitiminde P₀ değeri yaklaşık olarak %85 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ 1 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 100 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 18 depremi tahmin edememiş ve 3 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.9.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Eğitim için 10 Mart 2010 ve 11 Ocak 2011 tarihleri arasında magnitüd değeri 2.9 ve üstünde olan 122 adet deprem kaydı YSA’da eğitim amacıyla kullanılmıştır. Eğitim süreci 500 devir (epoch) ile tamamlanmıştır. Ağın eğitimi sonucunda eğitim verileri ağa verildiğinde (self test) ağın performansı Tablo 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	14	
TN	79	
FP	8	
FN	21	
P ₀	0,79	79,00
P ₁	0,636364	63,64
S _n	0,4	40,00
S _p	0,908046	90,80
	Ortalama	68,36

Ağın eğitiminde P_0 değeri yaklaşık olarak %80 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ 14 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 79 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 21 depremi tahmin edememiş ve 8 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.9.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Eğitim için 3 Aralık 2007 ve 10 Mayıs 2010 tarihleri arasında magnitüd değeri 2.8 ve üstünde olan 122 adet deprem kaydı YSA’da eğitim amacıyla kullanılmıştır. Eğitim süreci 500 devir (epoch) ile tamamlanmıştır. Ağın eğitimi sonucunda eğitim verileri ağa verildiğinde (self test) ağın performansı Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Eğitim Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	2	
TN	98	
FP	2	
FN	20	
P_0	0,830508	83,05
P_1	0,5	50,00
S_n	0,090909	9,09
S_p	0,98	98,00
	Ortalama	60,04

Ağın eğitiminde P_0 değeri yaklaşık olarak %84 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ 2 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 98 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 20 depremi tahmin edememiş ve 2 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.10. YSA Testi

Bu bölümde YSA'nın bölgelere göre testi gerçekleştirilecektir. Test için kullanılan veri sayısı ve tarih aralığı belirtilecektir. Eğitim sonunda test verisine karşılık YSA performans parametreleri elde edilecektir. Elde edilen parametreler ve tahmin sonuçları bölgelere göre tablo olarak sunulacaktır.

3.10.1. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Test Sonuçları

31 Ekim 2010 ile 28 Aralık 2013 tarihleri arasındaki magnitüd değeri 3.0 ve üzerinde olan 122 adet deprem verisi de YSA'nın test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ağın eğitimi test işleminden önce yapılmıştır. Ağın test sonucu performans parametreleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA Test Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	1	
TN	86	
FP	5	
FN	30	
P_0	0,741379	74,14
P_1	0,166667	16,67
S_n	0,032258	3,23
S_p	0,945055	94,51
	Ortalama	47,13

Test sonucu P_0 değeri yaklaşık olarak %74 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu test verisi ağa verildiğinde ağ 1 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 86 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 30 depremi tahmin edememiş ve 5 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.10.2. Burdur Fay Zonu YSA Test Sonuçları

7 Nisan 2009 ile 19 Aralık 2013 tarihleri arasındaki magnitüd değeri 2.8 ve üzerinde olan 122 adet deprem verisi de YSA'nın test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ağın eğitimi test işleminden önce yapılmıştır. Ağın test sonucu performans parametreleri Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Burdur Fay Zonu YSA Test Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	2	
TN	107	
FP	4	
FN	9	
P_0	0,922414	92,24
P_1	0,333333	33,33
S_n	0,181818	18,18
S_p	0,963964	96,40
	Ortalama	60,04

Test sonucu P_0 değeri yaklaşık olarak %93 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu test verisi ağa verildiğinde ağ 2 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 107 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 9 depremi tahmin edememiş ve 4 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.10.3. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Test Sonuçları

6 Ekim 2010 ile 18 Aralık 2013 tarihleri arasındaki magnitüd değeri 2.9 ve üzerinde olan 122 adet deprem verisi de YSA'nın test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ağın eğitimi test işleminden önce yapılmıştır. Ağın test sonucu performans parametreleri Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi YSA Test Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	19	
TN	53	
FP	32	
FN	18	
P_0	0,746479	74,65
P_1	0,372549	37,25
S_n	0,513514	51,35
S_p	0,623529	62,35
	Ortalama	56,40

Test sonucu P_0 değeri yaklaşık olarak %75 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu test verisi ağa verildiğinde ağ 19 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 53 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 18 depremi tahmin edememiş ve 32 depremi yanlış tahmin etmiştir.

3.10.4. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Test Sonuçları

10 Mayıs 2010 ile 5 Aralık 2013 tarihleri arasındaki magnitüd değeri 2.8 ve üzerinde olan 122 adet deprem verisi de YSA'nın test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ağın eğitimi test işleminden önce yapılmıştır. Ağın test sonucu performans parametreleri Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA Test Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	0	
TN	90	
FP	12	
FN	20	
P ₀	0,818182	81,82
P ₁	0	0,00
S _n	0	0,00
S _p	0,882353	88,24
	Ortalama	42,51

Test sonuçları incelendiğinde ağ çıkışlarının eşik değerden düşük olduğu için P₁ değeri sıfır bulunmuştur. Bu durumun düzeltilmesi amacıyla ağın eğitim veri setine yüksek değerli çıkışa sahip 20 adet vektör eğitim seti içerisinde seçilerek eğitim setine tekrar eklenmiş ve eğitim seti vektör sayısı 142 yapılmıştır. 142 giriş vektörlü eğitim sonucu Tablo 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Vektör Eklemeli YSA Eğitim Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	8	
TN	97	
FP	3	
FN	14	
P ₀	0,873874	87,39
P ₁	0,727273	72,73
S _n	0,363636	36,36
S _p	0,97	97,00
	Ortalama	73,37

Eğitim verisi ile ağın test edilmesi (selftest) sonucu oluşan performans değerleri Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi Vektör Eklemeli YSA Test Sonuçları

Parametre	Değer	Yüzde
TP	5	
TN	87	
FP	15	
FN	15	
P_0	0,852941	85,29
P_1	0,25	25,00
S_n	0,25	25,00
S_p	0,852941	85,29
	Ortalama	55,15

Vektör ekleme işleminden sonra test sonucu P_0 değeri yaklaşık olarak %85 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu test verisi ağa verildiğinde ağ 5 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 87 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 15 depremi tahmin edememiş ve 15 depremi yanlış tahmin etmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

YSA, ortaya çıktığı 1940'lı yıllardan günümüze kadar hala gelişmekte olan bir tahmin yöntemidir. Başlangıçta sadece doğrusal problemlerin çözümünde kullanılan YSA, ilerleyen zamanlarda doğrusal olmayan problemlerin çözümünde de etkin bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Canlı bir sinir sisteminin biyolojik yapısı temel alınarak geliştirilen modeller, canlı hafıza yapısını örnek alarak ve modelleyerek öğrenme yöntemlerini geliştirmiştir. Bilim adamlarının farklı yaklaşımları, yapılarda ağların ortaya çıkmasını sağlamış ve problemlere özgü ağ yapıları geliştirilmiştir. Bu gelişmelerin paralelinde, depremlerin tahmininde de YSA kullanılmaya başlamıştır.

Depremler en önemli doğal afetlerden birisidir her yıl depremler nedeniyle binlerce insan hayatını kaybetmektedir. Günümüzde ve geçmişte depremlerin önceden tahmin edilebileceği düşüncesi bilim adamları tarafından tartışılmış, tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin yöntemleri arasında anormal hayvan davranışlarından, elektromanyetik dalgaların incelenmesine, radon gazı yoğunluğunun ölçülmesine kadar farklı farklı tahmin parametreleri geliştirilmiştir. Depremlerin tahmini amaçlanıyorsa, depremlerin oluşmasını sağlayan, depremlerden önce değişkenlik gösterip depremi haber veren parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler nelerdir, her bir parametrenin etki oranı nedir, parametreler arasında bir bağlantı var mıdır gibi soruların cevabını bulmamız gerekmektedir. Bilim adamları depremleri etkileyen parametreleri farklı farklı yaklaşımlarla tespit etmeye çalışmışlardır. Aynı zamanda bir parametredeki değişim ile deprem verileri arasında ilişki kurup inceledikleri parametrenin deprem ile olan ilişkisini ortaya koymaya çalışmışlardır.

YSA tahmin problemlerinde, sınıflandırma problemlerinde, kümeleme problemlerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. YSA'ların kullanılabilmesi için eğitim ve test verilerin nümerik olması gerekmektedir. Anormal hayvan davranışlarının YSA ile modellenmesi için bu davranışların sayısal verilere dönüştürülebilmesi gerekmektedir.

YSA'nın sayısal veri ile çalışması kullanımını açısından bir kısıt oluşturmaktadır. Sayısallaştırılamayan parametrelerin YSA içerisinde kullanılması mümkün değildir.

Gutenberg Richter artçı şokların şiddeti ne kadar büyük olursa sayısı da o oranda üstel olarak azalır diyerek bir matematiksel denklem üretmişlerdir. Üretilen bu denklem ve parametreler bilim adamları tarafından uzun yıllardır kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Gutenberg Richter tarafından önerilen denklemdeki b değeri depremselliğin tanımında kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Bu parametre bölgesel olarak farklı değerlerde olabilmektedir. Ülkemizde ve dünyada çeşitli sismik bölgelerin b değerlerini hesaplama amaçlı akademik çalışmalar yapılmaktadır. Bu değer sayısal bir değer olduğu için YSA girdilerinde kullanılabilir bir formattadır.

Depremsellik parametrelerinden b değeri farklı yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir. b değeri hesabında en sık kullanılan yöntem en büyük olasılık yöntemidir. Bu çalışmada b değeri hesabı için en büyük olasılık yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde b değeri, hesaplaması yapılacak bölgeye ait kesme değerinin üstündeki verilerin ortalamasından, kesme değeri çıkartılıp logaritma euler sayısına bölümü ile bulunur. YSA ile tahmin için kullanılacak depremsellik parametresi b değeri alınmıştır. Yapılan çalışmada belirlenen bölge için b değerleri arasındaki fark yani değişim YSA'nın eğitiminde ve test edilmesinde girdi olarak kullanılmıştır. Ağ yapısındaki ilk beş girdi elimizdeki deprem verileri kullanılarak hesaplanan b değerleri arasındaki değişimdir Ağın altıncı girdi parametresi artçı depremlerin zamanla azalım oranını gösteren Omori Utsu yasasına dayanır. Bu parametre ana şoktan önceki yedi gün içerisinde meydana gelen en büyük depremin magnitüd değeridir. Ağın girişinde kullanılan son parametre ise Gutenberg Richter yasası temeline dayanan 6.0 ve üstünde deprem olma olasılığını b değerine bağlı olarak gösteren parametredir. Ağın ürettiği çıktı değeri, girdi setinde kullanılan depremden sonraki beş gün içerisinde gerçekleşecek depremin magnitüd değeridir.

Depremsellik parametrelerinden bir tanesi b değeri ise diğer bir parametre de radon gazı yoğunluğu alınabilir. Radon gazının yoğunluğunun deprem öncesinde ve anında değiştiği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Geliştirilen YSA modelinde depremsellik parametreleri kullanılacak olup yapılan çalışmada depremsellik parametrelerinin hepsine yer

verilmemiştir. Radon gazı yoğunluğu, b değeri gibi farklı parametrelerin bir arada kullanıldığı bir modelin geliştirilmesi deprem tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarda daha yüksek başarıların elde edilmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

YSA'lar ilk geliştirildiği dönemde doğrusal problemlerin çözümünde kullanılsa da çok katmanlı algılayıcıların bulunmasıyla doğrusal olmayan problemlere de çözüm üretmeye başlamışlardır. Depremlerde de doğrusal olmayan bir problem olarak ele alınabilir. Problemin çözümünde problemle ilişkili parametrelerin belirlenmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir. Depremsellik parametrelerinin neler olduğunun tam olarak belirlenememiş olması deprem probleminin çözülmesini zorlaştırmaktadır. Bilim adamlarının depremsellik parametresi olarak tespit ettiği girdilerin hepsinin kullanıldığı bir YSA modeli henüz kurulmamıştır. Farklı parametreleri kullanan farklı modeller geliştirilmiştir. Bunun yanından belirlenen girdi parametreleri farklı YSA modellerinde denenerek modelin başarısı ortaya konmaya çalışılmıştır.

Geliştirilen YSA modeli yedi adet girişe ve bir adet çıkışa sahiptir. YSA modeli ileri beslemeli üç katmanlı bir yapıya sahiptir. Her katman bir önceki katmandan aldığı veriyi ileri yönde bir sonraki katmana aktarmaktadır. Ağın ürettiği çıktı gerçek çıktı ile karşılaştırılarak hata oranı belirlenir ve bu hata ağın daha iyi eğitilebilmesi için geriye doğru yayılır. Geri yayılım, ağın nöronları arasındaki ağırlıkların daha iyi sonuç verecek şekilde güncellenmesini sağlamaktadır. Geliştirilen YSA'nın çıktıları belli olduğu için danışmanlı öğrenme yapısı kullanılmıştır. Geri yayılım yapısı ağın daha iyi öğrenmesini sağlamaktadır. Geri yayılım algoritmasının dezavantajı ise öğrenme işleminin tamamlanmasının çok uzun sürebilmesidir.

YSA'larda ara katman sayısının kaç olacağını belirten kesin bir yöntem yoktur. İdeal katman sayısı deneme yanılma yoluyla bulunabilir. Ara katmanda bulunması gereken nöron sayısı ile ilgili de farklı yaklaşımlar söz konusudur. Yapılan çalışmada Lipmann tarafından önerilen, ara katmanda nöron sayısı, giriş katman nöron sayısının iki katının bir fazlası olmalıdır yaklaşımı kullanılmıştır. Aynı zamanda ara katman nöron sayısı deneme yanılma yöntemi kullanılarak da bulunabilir. Geliştirilen üç katmanlı ağ yapısında katmanlarda ki nöronlar arası bağlantı sayısı (girdi sayısı x gizli katman nöron sayısı) + (gizli katman nöron

sayısı x gizli katman sayısı) +2 formülüyle bulunur. Yapılan çalışmada geliştirilen 3 katmanlı ağda 122 adet bağlantı vardır. Bu sayı bağlantıların ağırlıkların oluşabilmesi için ağa verilmesi gereken giriş vektörü sayısıdır. Yapılan bu çalışmada eğitim ve test için ara bağlantı sayısı kadar yani 122 adet giriş ve test vektörü kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada karşılaşılan bir zorluk ise girdi değerleri ile çıktı değerleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin karmaşıklığıdır. Ağ eğitim sürecinde birbirine yakın girdi değerlerine karşı çıktı değerlerinde meydana gelen yüksek oranlı değişimler eğitim sürecini zorlaştırmaktadır.

Reyes vd. tarafından 2013 yılında geliştirilen modelde ağın istenilen oranda doğru çıktı vermemesi durumunda ağa tekrar eden veya yeni vektör değerlerinin eklenmesi ağın girdi değerlerine göre şekillendirildiği izlenimi vermektedir. Ağın çok düşük çıktılar üretmesi durumunda ise yüksek değerli girdi değerleri ile ağın daha yüksek çıktılar üretmesini sağlamak veriler üzerinde değişiklik yapmayı gerektirdiği için geliştirilen modelin başarısını tartışmalı duruma getirmektedir.

Reyes vd. tarafından 2013 yılında yapılan çalışmada eşik değerin yüksek olması ağın ürettiği çıktılarının da bu eşik değerin altında kalması sonucunda doğru negatiflerin (TN) değeri yüksek çıkmaktadır. Ölçülen çıktı değerlerinin de belirlenen eşik değerden düşük olması nedeniyle sıfır alınması ağın ürettiği çıktılarının başarılı olmasını sağlamaktadır. Ağın başarısını en çok artıran parametre doğru negatiflerdir. Doğru pozitiflerin artırılması ise ağın başarı oranının artmasını sağlamaktadır. Ağın geliştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalar, girdi parametrelerinin artırılması, farklı ağ yapılarının denenmesi farklı öğrenme yöntemlerinin uygulanması gibi değişimler doğru pozitiflerin artırılması, yanlış pozitif ve negatiflerin azaltılması hedeflenerek yapılmalıdır.

Bu bağlamda çalışmada, Türkiye Batı Anadolu Bölgesinde Gutenberg-Richter ilişkisine bağlı ve deprem tahminlerinde kullanılan b değerini temel alan bir ileri beslemeli geri yayımlı YSA geliştirerek, ileri tarihli olası depremlerin tahmin edilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Gölhisar Çameli-Muğla Rodos, Burdur Fay Zonu, Büyük ve Küçük Menderes, Gediz ve Alaşehir Graben olmak üzere toplam 4 farklı bölgede

2013 yılından önceki kesme magnitüd değerinden büyük 122 adet deprem verisi test amacıyla alınmıştır. Test verilerinden önceki 122 adet deprem verisi ise eğitim amacıyla alınmıştır. Eğitim ve test verileri katalog verileri üzerinde çeşitli işlemler yapılarak elde edilmiştir.

Çalışma yapılan bölgelerle ilgili eğitim ve test sonuçlarında elde edilen performans parametreleri, doğru pozitifler, doğru negatifler, yanlış pozitifler ve yanlış negatifler olmak üzere temelde dört tanedir. Bu parametrelerden doğru pozitifler ağı tahmin ettiği ve gerçekten gözlenen depremlerin sayısını göstermektedir. Doğru negatifler ağı tahmin etmediği ve gerçekte gözlenmeyen depremlerin sayısını temsil etmektedir. Yanlış pozitifler ağı tahmin ettiği fakat gözlemlenmeyen depremlerin sayısını temsil etmektedir. Yanlış negatifler ağı tahmin edemediği fakat gerçekleşen depremlerin sayısını temsil etmektedir. YSA ile hedeflenen doğru pozitif ve doğru negatiflerin sayısının maksimum tutularak yanlış negatiflerin ve yanlış pozitiflerin sayısının en aza indirilmesidir. Bu dört temel performans parametresi kullanılarak P_0 , P_1 , S_n , S_p performans parametreleri de elde edilmiştir. P_0 eşik değerden düşük tahminlerin oranını, P_1 ise eşik değerden büyük tahminlerin oranını gösteren parametrelerdir. S_n doğru tanımlanmış gerçek pozitiflerin oranını göstermektedir. S_p ise doğru tanımlanmış gerçek negatiflerin oranını göstermektedir.

Bölgelerin performans kriterleri incelenirken P_0 ve P_1 parametrelerinin %95 den düşük olması gerekmektedir. P_0 %70'den büyük olmalıdır. P_0 ve P_1 'in sıfır olması durumunda yüksek değerli ya da düşük değerli yeni veya tekrar eden vektörler ağa katılarak eğitim tekrar yapılmalıdır.

Çalışmanın eğitim sonuçları incelendiğinde; Gölhisar Çameli-Muğla Rodos Bölgesi YSA eğitim sonuçlarına göre P_0 değeri 0,893 bir değerle istenilen aralıkta çıkmıştır. Bu bölgede ağ, 2 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 101 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 12 depremi tahmin edememiş ve 7 depremi yanlış tahmin etmiştir. Burdur Fay Bölgesi YSA eğitim sonuçlarında P_0 değeri yaklaşık olarak %85 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Bu bölgede ağ 1 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 100 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 18 depremi tahmin edememiş ve 3 depremi yanlış tahmin etmiştir. Büyük ve Küçük Menderes Bölgesi

YSA eğitim sonuçlarına göre, ağın eğitiminde P_0 değeri yaklaşık olarak %80 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ 14 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 79 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 21 depremi tahmin edememiş ve 8 depremi yanlış tahmin etmiştir. Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA eğitim sonuçlarına göre Ağın eğitiminde P_0 değeri yaklaşık olarak %84 çıkmaktadır. Bu değer istenilen aralıktadır. Eğitim sonucu eğitim verisi ağa verildiğinde ağ, 2 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 98 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 20 depremi tahmin edememiş ve 2 depremi yanlış tahmin etmiştir.

Bölgelerin test sonuçları incelendiğinde eğitim sonuçlarına paralel bulgular elde edilmiştir. Fakat Gediz ve Alaşehir Graben Bölgesi YSA test sonuçlarında ağın P_1 değeri sıfır bulunarak tahmin sonucu alınamamıştır. Bu durumu düzeltmek için girdi ve performans parametrelerinin hesaplanmasında Reyes vd. (2013) tarafından önerilen bir yöntem dikkate alınarak ağın eğitim veri setine yüksek değerli çıkışa sahip 20 adet vektör eğitim seti içerisinde seçilerek eğitim setine tekrar eklenmiş ve eğitim seti vektör sayısı 142 yapılmıştır. Bu uygulamadan sonra ki test tahmin sonuçlarında ağın P_0 değeri yaklaşık %85'le istenilen aralıkta çıkmıştır. Bu doğrultuda ağ, 5 depremin olacağını doğru tahmin etmiştir. 87 depremin gerçekleşmeyeceğini doğru tahmin etmiştir. Buna karşılık 15 depremi tahmin edememiş ve 15 depremi yanlış tahmin etmiştir.

Panakkat ve Adeli (2007) tarafından yapılan çalışmada farklı ağ modelleri ve aynı girdi parametreleri kullanılarak deprem tahmini gerçekleştirilmiştir. Aynı girdi parametreleri ve veriler Levenberg Marquart, Radyal Tabanlı ve Yinelene Sinir Ağı modellerinde denenmiştir. Yaptıkları çalışmada deprem tahmini konusunda en iyi sonucu Yinelene Sinir Ağı modeli vermiştir. Panakkat ve Adeli tarafından kullanılan deprensellik parametreleri ile bu çalışmada kullanılan parametreler farklıdır. Deprensellik parametrelerinin belirlenmesi ve belirlenen her bir parametrenin etkisinin ortaya konması önemli bir çalışma konusudur.

Genel olarak tahmin sonuçları değerlendirildiğinde, ağ bütün bölgelerde gerçekleşmeyecek depremleri yüksek oranda tahmin etmiştir. Gerçekleşeceğini tahmin ettiği deprem sayıları da belli bir oranda gerçekleşirken, tahmin edemediği ve yanlış tahmin ettiği

deprem tahminleri de sonuçlarda mevcuttur. YSA genel anlamda istenilen aralıklarda eldeki veri tabanında istenilen tahminleri belli bir başarı oranına kadar yapmasına rağmen çok yüksek oranlı gerçekleşecek deprem tahmini sunamamıştır. Verilerin yapısı incelendiğinde lineer olmayan bir veri topluluğu ile bu tahmin sonuçları istenilen düzeydedir. Gelecek çalışmalarda kullanılan giriş parametrelerine daha farklı deprem parametreleri eklenerek daha tutarlı tahminler elde edilebilir.(örneğin Radon gazı yoğunluğu gibi).



KAYNAKÇA

- ADELİ Hojjat and PANAKKAT Ashif; (2009), “A probabilistic neural network for earthquake magnitude prediction”, **Neural Networks**, 22, pp.1018-1024.
- AGHAMOHAMMADİ Hossein, MESGARİ Mohammad Saadi, MANSOURİAN Ali and MOLAEİ D.; (2013), “Seismic human loss estimation for an earthquake disaster using neural network”, **International Journal of Environmental Science and Technology**, 10 (5), pp.931–939.
- AKBİLGİÇ Oğuz; (2011), Hibrit Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları İle Değişken Seçimi ve Tahminleme: Menkul Kıymet Yatırım Kararlarına İlişkin Bir Uygulama, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- AKİ Keiiti; (1965), “Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N=a-bM$ and its confidence limits”, **Bulletin of the Earthquake Research Institute Tokyo University**, 43, pp.237-239.
- AKKAYA Gökay; (2007), “Yapay Sinir Ağları ve Tarım Alanındaki Uygulamaları”, **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 38 (2), ss.195-202.
- ALAFARİ Abdulrahman S.N, ALARİFİ Nassir S.N. and AL-HUMİDAN Saad; (2012), “Earthquakes magnitude predication using artificial neural network in northern Red Sea area”, **Journal of King Saud University – Science**, 24, pp.301–313.
- ALEXANDRIDIS Alex, CHONDRODIMA Eva, EFTHIMIOU Evangelos, PAPADAKIS Giorgos, VALLIANATOS Filippos and TRIANTIS Dimos; (2014), “Large Earthquake Occurrence Estimation Based on Radial Basis Function Neural Networks”, **IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing**, 52 (9), pp. 5443-5453.

- ALTUNCU POYRAZ Selda ve KALAFAT Doğan; (2013), “Sismoloji’de Cbs Uygulamaları”, **TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Dergisi**, 18, ss.47-58.
- ARSLAN Ozan, KURT Orhan ve KONAK Haluk; (2007), “Yapay Sinir Ağlarının Jeodezide Uygulamaları Üzerine Öneriler”, **11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- ASLAY Fulya ;(2013), Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Toprak Sıcaklığının Tahmini, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erzurum.
- AŞIK Eray; (2013), Lokal Jeoit Belirlemede Yapay Sinir Ağları ve Kriging Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- AYDEMİR Erdal, KARAATLI Meltem, YILMAZ Gökhan ve AKSOY Köse; (2014), “112 Acil Çağrı Merkezine Gelen Çağrı Sayılarını Belirleyebilmek İçin Bir Yapay Sinir Ağları Tahminleme Modeli Geliştirilmesi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 20 (5), ss: 145-149, Denizli.
- AYKURT Hande ve ALTINOK Yıldız; (2009), “Oymapınar Barajı Tetiklenmiş Depremselliği ve Deprem Karakteristiklerinin İncelenmesi”, **İstanbul Yerbilimleri Dergisi**, 22 (1), ss. 49-66.
- BAFGHI Barkhordari and ZARCH Entezari; (2015), ” Prediction of Permanent Earthquake-Induced Deformation in Earth Dams and Embankments Using Artificial Neural Networks”, **Civil Engineering Infrastructures Journal**, 48 (2), pp. 289-301.
- BAĞCI Günruh, YATMAN Aysel, ÖZDEMİR Serap ve ALTIN Nuriye;(1991), “Türkiye’de Hasar Yapan Depremler”, **Deprem Araştırma Bülteni**, 69, ss.113-126.
- BALTACIOĞLU Ali Kemal, CİVALEK Ömer, AKGÖZ Bekir ve KORKMAZ Armağan; (2010), “Deprem Hasarlarının Hızlı Tespitinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı”, **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, 1 (1), ss.22-27.

BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI DEPREM DAİRESİ BAŞKANLIĞI, **Deprem Bölgeleri Haritası**, <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841>, Erişim Tarihi:08.03.2016.

BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI; (2013), **Türkiye Deprem Veri Merkez (AFAD-TDVM) Hakkında**, <http://tdvm.afad.gov.tr/WebPortal/aboutUs.jsf>, Erişim Tarihi: 25.01.2016.

BATH Markus;(1965), Lateral inhomogeneities in the upper mantle, **Tectonophysics**, 2, 483-514.

BAYATA Halim Ferit ve HATTATOĞLU Fatih; (2011), “Erzincan İli İçin Farklı Yöntemlerle Trafik Kaza Tahmin Modellemesi”, **Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4 (1), ss:31-46.

BELİCELİ Aşlı, ÇONA Ahmet ve ÇOBAN Fazlı; (2005), Balıkesir Bölgesinin Deprem Riski ve Depremsellik Açısından İncelenmesi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

BEYAZ Turgay; (2004), Zemin Etkisinden Arındırılmış Deprem Kayıtlarına Göre Türkiye İçin Yeni Bir Deprem Enerjisi Azalım Bağıntısının Geliştirilmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.

BİLEN Mehmet, IŞIK Ali Hakan, YİĞİT Tuncay; (2015), Sismik Darbelerin Sınıflandırılarak Deprem Tehlikesinin Tahmin Edilmesi, Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, 7-9 May 2015, Burdur.

BODRI Bertalan; (2001), “A neural-network model for earthquake occurrence”, **Journal of Geodynamics** 32 (2001), pp.289–310.

BODUR Koray; (2012), Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Deprem Konumlarının Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

BOGAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ KANDİLLİ RASATHANESİ DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ, <http://www.koeri.boun.edu.tr/bilgi/buyukluk.htm>, Erişim Tarihi:14.02.2016.

BOLAT Suna; (2003), Yapay Sinir Ağı İle Elektrot Ve İzolatör Biçim Optimizasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

BOZCU Mustafa, YAĞMURLU Fuzuli ve ŞENTÜRK Fırat; (2007), “Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri”, GB-Türkiye, **Jeoloji Mühendisliği Dergisi**, 31 (1), ss.25-48.

BÖSE Maren, WENZEL Friedemann and ERDİK Mustafa; (2008), “PreSEIS: A Neural Network-Based Approach to Earthquake Early Warning for Finite Faults”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 98 (1), pp.366-382.

BUSKIRK Ruth, FRONLICH Cliff and GARY Latham; (1981),” Unusual animal behavior before earthquakes: A review of possible sensory mechanisms”, **Reviews of Geophysics**, 19, pp.247-270.

CAVALLO Eduardo A., POWELL Andrew ad BECERRA Oscar; (2010), **Estimating the Direct Economic Damage of the Earthquake in Haiti**, Inter-American Development Bank Felipe Herrera Library.

CELEP Zekai ve KUMBASAR Nahit; (1993), **Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, Sema Matbacılık ,İstanbul.

CHEN Jiaoyani, CHEN Huajun, HU Daning, PAN Jeff Z. And ZHOU Yalin; (2015), Smog Disaster Forecasting using Social Web Data and Physical Sensor Data, 2015 IEEE International Conference on Big Data.

ÇALIŞKAN M.M.Tuncer ve DENİZ Devran;(2015),” Yapay Sinir Ağlarıyla Hisse Senedi Fiyatları ve Yönlerinin Tahmini”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, 10 (3), ss. 177- 194.

- ÇAVUŞLU Mehmet Ali, BECERİKLİ Yaşar ve KARAKUZU Cihan; (2012), “Levenberg-Marquardt Algoritması ile YSA Eğitiminin Donanımsal Gerçeklenmesi”, **TBV Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi**, 5, ss.31-38.
- ÇELİK Enes, ATALAY Muhammet ve BAYER Harun; (2014), "Yapay Sinir Ağları Ve Destek Vektör Makineleri İle Deprem Tahmininde Sismik Darbelerin Kullanılması", IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2014), 23-25 Nisan, Trabzon.
- ÇETİN Meriç, UĞUR Alper ve BAYZAN Şahin; (2006), İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarında Backpropagation (Geriye Yayılım) Algoritmasının Sezgisel Yaklaşımı, Akademik Bilişim 2006, 9-11 Şubat 2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- ÇUHADAR Murat ve KAYACAN Cengiz; (2005), “Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye’deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme”, **Anatolia:Turizm Araştırmaları Dergisi**, 16 (1), ss.24-30.
- ÇUHADAR Murat, GÜNGÖR İbrahim ve GÖKSU Ali; (2009), “Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini Ve Zaman Serisi Yöntemleri İle Karsılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14 (1), ss.99-114.
- EKER Arif Mete, DİKMEN Mehmet, CAMBAZOĞLU Selim, DÜZGÜN Şebnem H.S.B. ve AKGÜN Haluk; (2012), “Bartın, Ulus İlçesi İçin Yapay Sinir Ağı ve Lojistik Regresyon Yöntemlerinin Heyelan Duyarlılık Çalışmasına Uygulanması ve Karşılaştırılması”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 27 (1), ss.163-173.
- ELİTEZ İrem ve YALTIRAK Cenk; (2014), “Çameli Havzası’nın Miyosen-Kuvaterner Jeodinamiği, Burdur-Fethiye Makaslama Zonu (GB Türkiye)”, **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 57 (3), ss. 41-67.
- ELMAS Çetin; (2007); **Yapay Zeka Uygulamaları**, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

- ERGÜNAY Oktay; (2007), Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık, Ankara.
- ERMİŞ Murat; (2005), Lojistik Sistemlerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, Gerçeklenmesi ve Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- FAHLMAN Scott E; (1988), "An empirical study of learning speed in backpropagation networks", School of Computer Science at Research Showcase, Carnegie Mellon University.
- FENG Li-Hua and LU Jia; (2010), "The practical research on flood forecasting based on artificial neural Networks", **Expert Systems with Applications**, 37, pp.2974-2977.
- FIELD Edward H.; (2005), "Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)", <http://www.relm.org>.
- FUKUSHIMA Kunihiro; (1980), "Neocognitron: A Self-organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position", **Biological Cybernetics**, 36, pp.193-202.
- GARİP Şule Zehra; (2011), Yapay Sinir Ağları İle Mevcut Yapıların Deprem Riski Açısından Durum Tespiti , Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sakarya.
- GORDAN Behrouz, ARMAGHANI Danial Jahed, HAJIHASSANI Mohsen and MONJEZI Masoud; (2016), "Prediction of seismic slope stability through combination of particle swarm optimization and neural network", **Engineering with Computers**, pp.1-13.
- GÖKER Deniz; (2010), Sürekli Radon Gazı Ölçümlerinin Deprem Tahmin Parametresi Olarak Kullanılması: İzmir Seferihisar Doğanbey Fay Hattı Örneği, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- GUTENBERG Beno and RICHTER Charles Francis; (1956), “Magnitude and energy of earthquakes”, **Annali di Geofisica**, 9 (1), 1956.
- HAMZAÇEBİ Coşkun; (2011), **Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanımı MATLAB ve NEUROSOLUTIONS Uygulamalı**, Ekin Basın Yayın Dağıtım, Bursa.
- HAYKIN Simon; (1999), **Neural Network: A Comprehensive Foundation**, 2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- HEBB Donald O.; (1949), “The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory”, **Neurocomputing**, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- IATAN Iuliana; (2015), Predicting The Earthquake Magnitude From Seismicity Indicators Using A Probabilistic Neural Network, The 13th Workshop of Scientific Communications, 23 May, Bucharest.
- INALEGWU Ogbole Collins; (2015), Predicting Time Lag between Primary and Secondary Waves for Earthquakes Using Artificial Neural Network (ANN), Doğu Akdeniz Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Araştırma Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kıbrıs.
- KAFTAN İlknur ve GÖK Elçin; (2013), İzmir ve Çevresine Ait Zemin Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları İle İncelenmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- KAFTAN İlknur; (2010), Batı Türkiye Gravite ve Deprem Katalog Verilerinin Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- KAHRAMAN Serap, BARAN Türkay ve SAATÇI İ.Aydın; (2007), Batı Anadolu Örneğinde Bölge Sınırları Seçiminin Deprem Tehlikesinin Belirlenmesine Etkileri, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul.

- KAYNAR Oğuz, TAŞTAN Serkan ve DEMİRKOPARAN Ferhan; (2010), “Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini”, **Ege Akademik Bakış Dergisi**, 10 (2), ss.559-573.
- KETİN İhsan; (2005), **Genel Jeoloji Yer Bilimlerine Giriş**, İTÜ Vakfı, Ankara.
- KILIÇ Havvanur,” Ders 1.2 Türkiye’nin Depremselliği” Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ders Notu, http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/kilic_26e8a18885f8aa8648213180cb892984.pdf, Erişim Tarihi:14.02.2016.
- KISSLINGER Carl; (1996), “Aftershock and fault-zone properties”, **Advances in Geophysics**, 38, pp.1-36.
- KOCA Zafer; (2006), Üç Fazlı Asenkron Motorların Yapay Sinir Ağları İle Vektör Esaslı Hız Kontrolü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- KOHONEN Teuvo; (1972), Correlation Matrix Memories, **IEEE Transactions on Computers**, C-21 (4), pp.353-359.
- KOVACS Paul; (2010), “Reducing the risk of earthquake damage in Canada: Lessons from Haiti and Chile”, **The Institute for Catastrophic Loss Reduction**, Toronto.
- KÖROĞLU Serdar Aytakin; (2007), Yapay Sinir Ağlarının Gemi Yapı Problemlerine Uygulanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- KRENKER Andrej, BESTER Janez and KOS Andrej; (2002), **Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications: Introduction to the Artificial Neural Networks**, Publisher: InTech.
- KRIESEL David; (2005), **A Brief Introduction to Neural Networks** http://www.dkriesel.com/_media/science/neuronalenetze-en-zeta2-2col-dkrieselcom.pdf , Erişim Tarihi:26/02/2016.

- KULALI Feride; (2009), Topraktaki Radon Konsantrasyonu Ölçümü Ve Deprem İlişkisinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- KUMAR Rohan and ANBALAGAN Rathinam; (2015), Remote Sensing And Gis Based Artificial Neural Network System For Landslide Suceptibility Mapping, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 26-31 July, Milan Italy.
- KUNDAK Seda; (2006), İstanbul'da Deprem Risk Parametrelerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- KUYUCU Yunus Emre; (2012), Lojistik Regresyon Analizi (Lra), Yapay Sinir Ağları (Ysa) Ve Sınıflandırma Ve Regresyon Ağaçları (C&Rt) Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Tıp Alanında Bir Uygulama, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- KÜLAHÇI Fatih, İNCEGÖZ Murat, DOĞRU Mahmut, AKSOY Ercan ve BAYKARA Orhan; (2009), "Artificial neural network model for earthquake prediction with radon monitoring", **Applied Radiation and Isotopes**, 67, pp.212-219.
- LEACH Richard and DOWLA Farid; (1996), Earthquake Early Warning System Using Real-Time Signal Processing, Neural Networks for Signal Processing, 04-06 Sept., Kyoto Japan.
- LIPPMANN Richard P.; (1987), "An Introduction' to Computing with Neural Nets", **IEEE ASSP MAGAZINE**, APRIL 1987, pp.1-22.
- MAKAL Senem; (2007), Sonsuz Uzun Mükemmel İletken Düz Yüzeyle Üzerindeki Silindirik Hedeflerin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tanımlanması ve Sınıflandırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- MARTÍNEZ-ÁLVAREZ Francisco, REYES Juan, MORALES-ESTEBAN Antonio and RUBÍO-ESCUADERO Cristina; (2013), "Determining the best set of seismicity

- indicators to predict earthquakes. Two case studies: Chile and the Iberian Peninsula”, **Knowledge-Based Systems**, 50, pp. 198-210.
- MCCULLOCH Warren S. and PITTS Walter; (1943), “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”, **Bulletin of Mathematical Biophysics**, 5 (4), pp.115-133.
- MOGİ Kiyoo; (1967), Regional variation of aftershock activity, **Bulletin of the Earthquake Research Institute Tokyo University**, 46, pp.175-203.
- MORİ Jim and ABERCROMBIE Rachel E.; (1997), “Depth Dependence of Earthquake Frequency-Magnitude Distributions in California”, **Journal of Geophysical Research**, 102, pp.15081-15090.
- MOUSTRA Maria, AVRAAMIDES Morios and CHRISTODOULOU Chris; (2011), Artificial neural networks for earthquake prediction using time series magnitude data or Seismic Electric Signals, **Expert Systems with Applications**, 38 (12), pp.15032–15039.
- OKKAN Umut ve DALKILIÇ H.Yıldırım; (2012), “Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Kemer Barajı Aylık Akımlarının Modellenmesi” , **İMO Teknik Dergi**, Teknik Not, Yazı 379, ss.5957-5966.
- OTARİ Grantej V. And KULKARNİ Raja V.; (2012), “A Review of Application of Data Mining in Earthquake Prediction”, **International Journal of Computer Science and Information Technologies**, 3 (2), pp.3570-3574.
- ÖZAYDIN Özer; (2009), Porsuk Barajı Su Seviyesinin Öngörülerinin Elde Edilmesinde Yapay Sinir Ağları ve ARMAX Modellerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir.
- ÖZERDEM Mehmet Sıraç ve SÖNMEZ A. Coşkun; (2003), "Depreme ilişkin olağan dışı sinyal değişiminin YSA ile saptanması", **İTÜ Dergisi Mühendislik**, 2 (5), ss.85-95.

- ÖZKUL Barış ve KARAMAN A.Erkan; (2007), Doğal Afetler İçin Risk Yönetimi, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık, Ankara.
- ÖZMEN Bülent; (2011), Ankara'nın Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- ÖZMEN Bülent; (2013), Ankara için Deprem Olasılığı Tahminleri, **Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni**, 34 (1), 23-36.
- ÖZŞAHİN Metin; (2009), Türkiye Otomotiv Sektörünün Kendini Örgütleyen Haritalar İle Finansal Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ÖZTEMEL Ercan; (2012), **Yapay Sinir Ağları**, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- ÖZTÜRK Serkan; (2009), Deprem Tehlikesi Ve Artçı Şok Olasılığı Değerlendirme Yöntemlerinin Türkiye'deki Depremlere Bir Uygulaması, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Trabzon.
- ÖZTÜRK Serkan; (2013), Deprem Tehlike Analizi (Deprem Riski, Deprem Tehlike Çalışmaları Ve Deprem Tahmini), Gümüşhane Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi Joefizik Mühendisliği Eğitim Programı.
- ÖZTÜRK Serkan; (2014), "Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi için Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma", **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4 (1): ss.75-93.
- ÖZTÜRK Serkan; (2015), A study on the correlations between seismotectonic b-value and Dcvalue and seismic quiescence Z-value in the Western Anatolian region of Turkey, **Austrian Journal of Earth Sciences**, 108(2), pp.172-184.
- PAMPAL Süleyman; (2000), **Depremler**, Alfa Yayınları, Dizi No:005, İstanbul.

- PANAKKAT Ashif and ADELİ Hojjat; (2007), “Neural Network Models For Earthquake Magnitude Prediction Using Multiple Seismicity Indicators”, **International Journal of Neural Systems**,17 (1), pp.13-33.
- PANAKKAT Ashif and ADELİ Hojjat; (2009), “Recurrent Neural Network for Approximate Earthquake Time and Location Prediction Using Multiple Seismicity Indicators”, **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, 24 (4), pp.280-292.
- POYRAZ Fatih, TATAR Orhan, HASTAOĞLU K.Özgür, TİRYAKİOĞLU İbrahim, GÜRSOY Önder, KOÇBULUT Fikret, TÜRK Tarık, DEMİREL Mehmet, DUMAN Hüseyin, CİĞER A.Faruk ve GÜL Didem;(2015), “Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar”, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 7 (1), ss.17-28.
- RAOFF NASSER Ahmed; (2012), Matlab Ortamında Kesme Dalgalarının Ayrılmanması Ölçümleri Kullanılarak Deprem Tahmini, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- REYES Juan and CARDENAS Victor H.; (2010), “A Chilean seismic regionalization through a Kohonen neural network”, **Neural Computing And Applications (2010)**, 19, pp.1081–1087.
- REYES Juan, MORALES-ESTEBAN Antonio and MARTÍNEZ-ÁLVAREZ Francisco; (2013), “Neural networks to predict earthquakes in Chile”, **Applied Soft Computing**, 13 (2), pp.1314-1328.
- RICHTER Charles Francis; (1958), **Elementary Seismology**, W. H. Freeman, New York.
- ROJAS Raul; (1996), **Neural Networks A Systematic Introduction**, Springer, Germany.
- RUMELHART David E., HINTON Geoffrey E. and WILLIAMS Ronald J.; (1986), Learning representations by back-propagating errors, **Nature**, Vol: 323, 9 October 1986.

- SAGIROĞLU Şeref, BEŞDOK Erkan, ERLER Mehmet; (2003), **Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları**, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., Kayseri.
- SANTOSO Albertus J., DEWI Findra K.S.,SIDHI Thomas A.P.; (2015), Natural Disaster Detection Using Wavelet and Artificial Neural Network, Science and Information Conference 2015, July 28-30, London,UK.
- SARAÇ Tuğba; (2004), Yapay Sinir Ağları Seminer Projesi, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- SHAHIDEHPOUR Mohammad, YAMIN Hatim and LI Zuyi; (2002). **Market Operations in Electric Power Systems: Forecasting, Scheduling, and Risk Management, Introduction to ANN**, Wiley-IEEE Press.
- SHENG Jian, MU Dongmei, ZHANG Hongyan and LV Han; (2015), “Seismotectonics Considered Artificial Neural Network Earthquake Prediction in Northeast Seismic Region of China”, **The Open Civil Engineering Journal**, 9, pp. 522-528.
- STOTHERS Richard; (2004), “Earthquake prediction in antiquity”, **Ancient History Bulletin**, 18, pp.101-108.
- ŞAHİN Ömer; (2015), Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Kullanılarak Türkiye'nin Su İhtiyacının Yıllara Göre Tahmini Olarak Tespiti, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.
- ŞEKER Murat, YILDIRIM E.Selim ve BERKAY Ahmet; (2004),” Yapay Sinir Ağlarının Ekonomik Tahminlerde Kullanılması”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(Özel Sayı), ss.79-83.
- ŞERBETLİ Alp; (2008), Makro Ekonomik Göstergelerin Banka Karlılığı Ve Sermaye / Aktif Getirisi Üzerindeki Etkisinin Yapay Sinir Ağları İle Test Edilmesi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- TEKİN Fırat ve HAFIZOĞLU Erkan; (2004), “Batı Anadolu’daki Önemli Fay Zonları ve Depremelliğe Etkileri”, **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, 1 (1), ss.21-34.
- TEKİN Senem, ÇAN Tolga, MAZMAN Tolga ve DUMAN Tamer Y.; (2015), Doğu Akdeniz Bölgesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 3-5 Eylül, Trabzon.
- TERZİ Özlem ve BARAK Melike; (2015), “Dalgacık-Sinir Ağı Yaklaşımı ile Yağış-Akış Tahmini: Kızılırmak Nehri Örneği ”, **Tarım Bilimleri Dergisi**, 21 (2005), ss.546-557.
- The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), <http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/>, Erişim Tarihi:14.02.2016.
- TOLON Metehan; (2008), “Tüketici Tatmini Verilerinin Analizi: Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Analizi Karşılaştırması”, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:10 / 2, ss. 247-259.
- TOSUN Süleyman; (2007), Sınıflandırmada Yapay Sinir Ağları ve Karar Ağaçları Karşılaştırılması: Öğrenci Başarıları Üzerine Bir Uygulama , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ULAŞ Mustafa; (2011), Vlf Sinyalleri Kullanılarak Depremlerin Önceden Tahmin Edilmesine Yönelik Algoritma Geliştirilmesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Elazığ.
- UTKUCU Murat, ÇETİN Canan ve ALPTEKİN Ömer; (2005), Deprem Zararlarının Azaltılmasında Artçı Depremlerin Önemi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
- UTSU Tokuji; (1957), Magnitude of earthquakes and occurrence of their aftershocks, Zisin, Ser. 2, 10 pp. 35-45.
- ÜNAL Burhan; (2011), Bileşik Kesitli Akarsu Yataklarında Taşıma Kapasitesinin Tayini, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adana.

- WANG Hai Xia, NIU Jin Xin and WU Jiang Feng; (2011), ANN Model for the Estimation of Life Casualties in Earthquake Engineering, 2011 International Conference on Risk and Engineering Management, pp.55-60.
- WANG Kelin, CHEN Qi-Fu, SUN Shihong and WANG Andong; (2006), “Predicting the 1975 Haicheng Earthquake”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 96(3) , pp. 757–795.
- WANG Ying, CHEN Yi and ZHANG Jinkui; (2009), The Application of RBF Neural Network in Earthquake Prediction, 2009 Third International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, 465-468.
- WEI Yiming, XU Weixuan, FAN Ying and TASI Hsien-Tang; (2002), Artificial neural network based predictive method for flood disaster, **Computer & Industrial Engineering**, 42, pp.383-390.
- WIDROW Bernard and MARCIAN E.Hoff; "Adaptive Switching Circuits in 1960 Wescon Convention Record Part IV, **in Neurocomputing: Foundations of Research**, Ja Anderson, E. Rosenfeld.(Ed) (96-104), Cambridge: MIT Press.
- XU Fangzhou SONG Xianfeng WANG Xinhong and SU Juexiao; (2010), Neural Network Model for Earthquake Prediction using DEMETER Data and Seismic Belt Information, 2010 Second WRI Global Congress on Intelligent Systems, pp.180-183.
- YAĞMURLU Fuzuli, ŞENTÜRK Fırat ve DUMLUPINAR İbrahim; (2011), “23 Ekim 2011 ve 9 Kasım 2011 Tarihlerinde Meydana Gelen Van Depremlerinin Jeolojik Değerlendirmesi”, **SDUGEO e-dergi**, 2(4), ss 3-9.
- YILDIRIM Özal; (2010), Veri Madenciliği Yöntemleriyle Depremlerin Analizi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- YILDIZ Sercan; (2015), Türkiye Elektrik Piyasası Kısa Dönemli Referans Fiyat Tahmini, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- YILMAZ Mustafa; (2012), Jeodezik Nokta Hız Kestiriminde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılabilirliği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Afyonkarahisar.
- YILMAZ ŞAHİN Sabah; (2016), Türkiye'nin Levha Tektoniği Açısından Değerlendirilmesi ve Tektonik Birlikler, <https://iujfk.files.wordpress.com/2011/06/tektonik-birlikler.pdf>, Erişim Tarihi:08.03.2016.
- YÜCEMEN M.Semih ve AKKAYA Ayşen; (1995), Deprem Tehlikesinin Tahmininde Değişik Stokastik Modeller ve Karşılaştırılmaları, Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler Kitabı, ss.466-475, İstanbul.
- YÜKSEL Ayhan ve KORUREK Mehmet; (2008), EMG İşaretlerinin Genetik Algoritmalar ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ile Sınıflandırılması, Eleco 2008, 26-30 Kasım 2008, Bursa.
- ZHANG Qiuwen and WANG Cheng; (2008), Using Genetic Algorithm to Optimize Artificial Neural Network:A Case Study on Earthquake Prediction, Second International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, 25-26 September, Hubei.
- ZHOU Feiyan and ZHU Xiaofeng; (2014), Earthquake Prediction Based on LM-BP Neural Network, Proceedings of the 9th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications, Volume 1, pp.13-20.
- ZURADA Jacek M.:(1992), **Introduction To Artificial Neural Networks**, West Publishing Company.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Osman DUMAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Gümüşhane / 1987

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar : Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Donanım/Yazılım Stajı
Ford Otosan Yazılım Stajı

Çalıştığı Kurumlar : Sakarya Büyükşehir Belediyesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
Gümüşhane Üniversitesi Torul Meslek Yüksekokulu

İletişim

Telefon : 0456 233 10 11
e-posta Adresi : duman.osman@gmail.com

Tarih : 10/06/2016