

T.C.
Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı

Doktora Tezi

**YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE DİYARBAKIR İLİ KENT
MERKEZİ İÇME SUYU TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI**

Recep AKDAĞ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAHAN

Diyarbakır 2014

TAAHHÜTNAME

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Diyarbakır İli Kent Merkezi İçme Suyu Talep Tahmini Uygulaması” adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığımı taahhüt eder, tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım. Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Tezim sadece Dicle Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

Tezimin 3 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

10/10/2014

Recep AKDAĞ

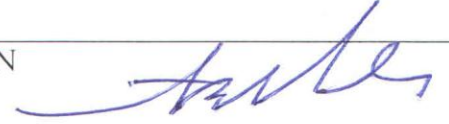
KABUL VE ONAY

Recep AKDAĞ tarafından hazırlanan “Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Diyarbakır İli Kent Merkezi İçme Suyu Talep Tahmini Uygulaması” adındaki çalışma, 31.10.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı, DOKTORA TEZİ olarak oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur YAVUZ (Başkan)



Doç. Dr. Abdulkadir BİLEN



Doç. Dr. Cahit AYDEMİR



Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAHAN



Yrd. Doç. Dr. MEHMET METE



Doç. Dr. Mehmet KARATAŞ

Enstitü Müdürü

..../..../2014

ÖNSÖZ

Günümüz insan ve toplum yaşamında en temel ihtiyaçların başında su gelmektedir. Öyle ki yerleşim merkezlerinin belirlenmesinde, büyüme ve gelişmesinde suyun oldukça önemli bir rolü vardır. Suyun bu kadar büyük bir öneme sahip olması, bir ihtiyacı veya talebi beraberinde getirmektedir. Talebin bilinmesi, bu ihtiyacı karşılayacak kuruluşlar açısından oldukça önemli bir konudur. İlgili kuruluşlarca mevcut su talebini karşılamasının yanında, gelecek dönemler içinde ihtiyaç duyulacak suyun tahminlerinin de yapılması gereklidir. Gelecekte yapılacak tesis, şebeke, makine, malzeme ve insan kaynağı planlamasında, su talebinin bilinmesi anahtar niteliğindedir.

Su talebinin tahmin edilmesi amacıyla bu çalışmada, Diyarbakır ili kent merkezine yönelik dokuz aylık içme suyu talep tahmini yapılmıştır. Bu amaçla, konunun teorik bölümlerinde talep, talep tahmini, talep tahmininde kullanılan yöntemler ve su talebini etkileyen faktörler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Uygulama öncesinde literatür analizi yapılarak araştırmanın kavramsal çerçevesi çizilmiştir. Uygulamada öncelikle, toplanan veriler analiz edilmiş, Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli oluşturulmuş ve modelin eğitim ve test aşamaları tamamlanmıştır. Böylelikle uygun YSA mimarisine karar verilerek modelden tahminler üretilmiştir. Modelden elde edilen tahminlerin performansı, zaman serisine dayalı yöntemlerden elde edilen tahminlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda YSA'nın daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür.

Çalışma boyunca bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAHAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmanın uygulama kısmında verilerin sağlanmasında gösterdikleri ilgiden dolayı DİSKİ Bilgi İşlem Şube Müdürü Mücahit GÜLTEKİN'e ve Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü'nde görevli Ahmet GÜNAY'a teşekkür ederim. Çalışmanın başından sonuna kadar gösterdiği sabır, manevi destek ve yardımıyla sürekli yanımda olan eşime ve de oğluma sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 14-İİBF-24 (This work was supported by Research Fund of the Dicle University. Project Number: 14-İİBF-24). Bu desteğinden dolayı, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Recep AKDAĞ

Diyarbakır 2014

ÖZET

Yaşadığımız çağda artan dünya nüfusu, su kaynaklarının kirletilmesi, küresel ısınma vb. birçok nedenden dolayı yerleşim merkezlerinde sıklıkla su sıkıntısı görülmeye başlamıştır. Böylelikle suyun ekonomik ve verimli tüketimi oldukça önemli bir hale gelmiştir. Bunun için de su talebinin bilinmesi ve yönetilebilir duruma getirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle Diyarbakır ili kent merkezi içme suyu tüketimine dair 2014 yılı için dokuz aylık talep tahmini yapılmıştır. Çalışmada, öncelikle Diyarbakır ilinin su talebi (tüketimi) ve talebi etkileyen unsurlarla ilgili veriler toplanarak analiz edilmiş, ardından bu etkenlere göre YSA modeli oluşturulmuş ve modelin eğitimi ve testi yapılmıştır. Sonrasında, model ile aylık dilimler bazında dokuz aylık talep tahmini ve bu tahminlerin performans testleri yapılmıştır. Son olarak ise YSA ile zaman serisine dayalı yöntemlerden elde edilen tahminler karşılaştırılmıştır.

YSA yöntemiyle talep tahmini çalışması sonucunda, Diyarbakır ilinde su talebi üzerinde %34,5 ile su fiyatının, %24,7 ile abone başına düşen fatura miktarının, %16,7 ile nüfus artışının, %18,9 ile sıcaklığın, %3,9 ile nemin ve %1,3 ile yağış miktarı etkili olduğu elde edilmiştir. YSA tahmin modelinin performansı ise, verimlilik katsayısı %92,4 korelasyon katsayısı %96,1 ve determinasyon katsayısı %92,4 olarak

ölçülmüştür. Ayrıca, modelin ürettiği tahminler ile gerçek değerler karşılaştırıldığında MSE, RMSE ve MAPE değerlerinin oldukça düşük olduğu ve dolayısıyla elde edilen modelin çok küçük oranda hatalı sonuçlar ürettiği, tahmin tutarlılığının ve isabet gücünün oldukça yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonunda, YSA ile zaman serisine dayalı yöntemlerden Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA'dan elde edilen tahminlerin performansı karşılaştırılmış, YSA'nın tüm performans ölçütlerinde en iyi sonuçları ürettiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler

Talep Tahmini, Yapay Sinir Ağları, Su Talebi, Su Planlaması.

ABSTRACT

In our era, water shortage in settlements has begun to happen more frequently due to many reasons; like increase in world population, pollution of water resources, global warming and so on. Therefore, economical and efficient consumption of water has become a very important issue. For this reason, water demand has to be known and needs to be brought into a manageable situation.

In this study, we made a demand forecast on the consumption of drinking water in Diyarbakır City centre for the first nine months of 2014 by using Artificial Neural Networks (ANN) method. In the study, we began with the collection and analysis of data on Diyarbakır city's water demand (consumption) and on factors affecting it. After that, the ANN model was created basing on these factors and, training and testing on model were carried out. Then, by using the model, demand forecast for nine months in monthly intervals and performance tests of these forecasts have been made in succession. Finally, the estimates that were obtained from the methods relying on time series have been compared with those we obtained from ANN method.

As a result of water demand study by ANN method, it has been concluded that the factors effecting Diyarbakır water demand and their effects in percentage, are as follows: 34.5 % water price, 24.7% invoice amount per subscriber, 16.7% population growth, 18.9% temperature, 3.9% humidity and, 1.3% precipitation. Regarding to the

performance of ANN prediction model, the efficiency coefficient has been measured as 92.4%, correlation coefficient as 96.1% and determination coefficient as 92.4%. Furthermore, comparing estimates produced by the model with actual values it has been concluded that MSE, RMSE and MAPE values are relatively low and the model produces very small inaccurate results, therefore consistency of forecast and power of accuracy is quite high. At the end of the study, the performance of estimates that are derived from ANN has been compared with those derived from methods (ARIMA and Winters Exponential Smoothing) basing on time series and it has been observed that ANN produces the best results in all performance criteria.

Key Words

Demand Forecast, Artificial Neural Network, Water Demand, Water Planning.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	V
TABLO LİSTESİ.....	XIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	XV
KISALTMALAR.....	XVII
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİNDE TEMEL KAVRAMLAR

1.1.TAHMİN KAVRAMI, İLKE VE YÖNTEMLERİ.....	4
1.1.1. Tahmin İlkeleri.....	6
1.1.2. Tahmin Aşamaları.....	7
1.1.3. Tahmin Yöntemleri.....	9
1.1.3.1. Kalitatif Tahmin Yöntemleri.....	11
1.1.3.2. Kantitatif Tahmin Yöntemleri.....	12
1.2.TALEP TAHMİNİ.....	15
1.2.1. Talep Tahminlerinin Zaman Aralığına Göre Sınıflandırılması.....	17
1.2.2. Talep Tahmini Yöntem ve İlkeleri.....	18
1.2.3. Talep Araştırması Aşamaları.....	19

İKİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER

2.1. İSTATİSTİKSEL TALEP TAHMİNİ YÖNTEMLERİ	21
2.1.1. Nedensel Yöntemler	23
2.1.1.1. Regresyon Analizi	23
2.1.1.2. Korelasyon Analizi.....	25
2.1.2. Zaman Serisi Analizine Dayanan Yöntemler	27
2.1.2.1. Hareketli Ortalamalar Yöntemi.....	29
2.1.2.2. Üstel Düzeltme Yöntemleri	30
2.1.2.3. Box-Jenkins Yöntemi	31
2.1.3. Yapay Zeka Yöntemleri.....	35
2.1.3.1. Bulanık Mantık	35
2.1.3.2. Genetik Algoritmalar	37
2.2. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ	40
2.2.1. Yapay Sinir Ağı Tanımları	40
2.2.2. Biyolojik Sinir Hücreleri	42
2.2.3. Yapay Sinir Hücreleri	45
2.2.4. Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	48
2.2.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme	49
2.2.5.1. Danışmanlı Öğrenme	51
2.2.5.2. Danışmansız Öğrenme.....	52
2.2.5.3. Destekleyici Öğrenme.....	52
2.2.6. Yapay Sinir Ağı Mimarileri.....	53
2.2.6.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	53
2.2.6.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	54

2.2.6.3. İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağları	55
2.2.7. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri	56
2.2.8. Yapay Sinir Ağları ile Geleneksel Hesaplama ve Uzman Sistemlerin Karşılaştırılması	58
2.2.9. Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Algoritması	59
2.2.10. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları	61
2.2.11. Yapay Sinir Ağlarının Güçlü ve Zayıf Yanları.....	63

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SU TALEBİ VE TAHMİNİ

3.1. SU TALEBİ.....	66
3.1.1. Su Tüketim Kategorileri	67
3.1.1.1. Evsel Su Talebi	69
3.1.1.2. Evsel Olmayan Su Talebi	72
3.2. SU TALEBİNİ ETKİLEYEN ANA FAKTÖRLER.....	75
3.2.1. Nüfus.....	76
3.2.2. Gelir Düzeyi.....	77
3.2.3. Teknoloji.....	77
3.2.4. İklim ve Hava Koşulları.....	78
3.2.5. Fiyat	78
3.2.6. Verimlilik ve Koruma Programları.....	81
3.2.7. Su Kalitesi.....	83
3.2.8. Su Kayıpları	84
3.2.9. Sanayileşme	88
3.2.10. Tüketilen Su Miktarının Ölçüm Periyodu	89
3.2.11. Şebeke İşletme Basıncı	89

3.3. SU TALEP TAHMİNİ	90
3.3.1. Tahmin Periyoduna Göre Su Talep Tahminleri.....	94
3.3.1.1. Uzun Dönem Su Talep Tahmini	95
3.3.1.2. Orta Dönem Su Talep Tahmini.....	96
3.3.1.3. Kısa Dönem Su Talep Tahmini	96
3.3.1.4. Çok Kısa Dönem Su Talep Tahmini.....	97

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇME SUYU TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI

4.1. LİTERATÜR TARAMASI.....	99
4.2. UYGULAMANIN YAPILDIĞI DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇME SUYU ARZI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	109
4.2.1. İçme Suyu Hizmeti Sunan İlgili Kuruluşlar	109
4.2.2. Uygulamanın Yapıldığı Diyarbakır Kent Merkezi Hizmet Sınırları	110
4.2.3. Diyarbakır Kent Merkezi İçme Suyu Kaynakları	111
4.2.3.1. Gözeli Havzası Yer Altı Suyu Kaynağı	111
4.2.3.2. Dicle Baraj Gölü Su Kaynağı	112
4.2.4. İçme Suyu Temini İle İlgili Tesisler	113
4.2.4.1. Ham Su Arıtma Tesisi.....	113
4.2.4.2. Dicle Barajı Pompa İstasyonu.....	117
4.2.4.3. Acil Durum Pompa İstasyonu.....	117
4.2.4.4. Talaytepe Terfi Merkezi	118
4.2.4.5. İçme Suyu Depoları	118
4.2.5. İçme Suyu Dağıtım Şebekesi	118
4.2.5.1. İçme Suyu Şebekesi İşletimi.....	119
4.2.5.2. İçme Suyu Şebekesi Arıza Onarımı.....	122

4.2.5.3. İçme Suyu Şebekesi Su Kayıpları.....	123
4.2.6. İçme Suyu Kalite Kontrolü	123
4.2.7. İçme Suyu Arzı İle İlgili Mevcut Sorunlar	125
4.2.7.1. İçme Suyu Kaybı Sorunu	125
4.2.7.2. İçme Suyu Şebekesinin Yeterince İzlenememesi ve Denetim Altına Alınamaması	129
4.2.7.3. İçme Suyu Temininde Enerji Maliyetlerinin Yüksek Olması	129
4.2.7.4. Diğer Sorunlar.....	130
4.3. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇMESUYU TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI	131
4.3.1. Tahmin Sürecinin Planlanması	131
4.3.2. Veri Setinin Hazırlanması.....	133
4.3.2.1. Ortalama Hava Sıcaklığı Verileri	134
4.3.2.2. Ortalama Yağış Miktarı Verileri.....	136
4.3.2.3. Ortalama Nisbi Nem Verileri.....	137
4.3.2.4. Kent Merkezi Nüfusu Verileri	139
4.3.2.5. TÜFE Verileri	140
4.3.2.6. Su Fiyatı Verileri	142
4.3.2.7. Kişi Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri	144
4.3.2.8. Su Talebi (Tüketimi) Verileri	146
4.3.3. Yapay Sinir Ağları Modeliyle Talep Tahminin Yapılması	147
4.3.3.1. Model Tasarımı.....	147
4.3.3.2. Modelin Eğitimi ve Testi	151
4.3.3.3. Girdi Değişkenlerinin Çıktı Değişkeni Üzerindeki Önem Dereceleri	156
4.3.3.4. Model Aracılığıyla Tahmin Üretimi	158
4.3.4. Modelde Üretilen Tahminlerin Performansının Değerlendirilmesi.....	162

4.3.5. YSA ile Zaman Serisi Analizine Dayalı Yöntemlerin Karşılaştırılması	164
4.3.5.1. Winters'in Üstel Düzeltme Yöntemi ile Talep Tahmini.....	166
4.3.5.2. ARIMA (p,d,q) Yöntemi ile Talep Tahmini.....	167
4.3.5.3. Modellerin Tahmin Performanslarının Karşılaştırılması.....	173
SONUÇ VE ÖNERİLER	176
KAYNAKÇA	182
EKLER.....	193

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1.1 : Talep Tahmin Değerlerinin Kullanım Alanları	16
Tablo 1.2 : Zaman Aralığına Göre Talep Tahminlerinin Kullanım Amaçları	17
Tablo 2.1 : Korelasyon Katsayısı Değerleri ve Yorumu	26
Tablo 2.2 : Biyolojik Sinir Sistemi ile YSA Arasındaki Benzerlikler	47
Tablo 2.3 : Hesaplama Yaklaşımlarının Karşılaştırılması	59
Tablo 3.1 : Uluslararası Su Birliği (IWA) Su Dengesi	85
Tablo 3.2 : Gelir Elde Edilemeyen Suyun Karakteristik Değerleri.....	87
Tablo 3.3 : Su Talep Tahminleri ve Başlıca Uygulama Tipleri	95
Tablo 4.1 : 2009-2013 Yılları Gözeli Yer Altı Su Havzasından Kente Verilen Su Miktarı ve Kente Verilen Toplam Su İçindeki Oranı.....	112
Tablo 4.2 : 2009-2013 Yılları Ham Su Arıtma Tesisi'nden Kente Verilen Su Miktarı ve Kente Verilen Toplam Su İçindeki Oranı.....	117
Tablo 4.3 : Su Depoları ve Kapasiteleri	118
Tablo 4.4 : 2009-2013 Yılları İçme Suyu Şebekesi Arıza Onarım Dağılımı	122
Tablo 4.5 : 2009-2013 Yılları Servis Bağlantısı Arıza Onarım Miktarları	122
Tablo 4.6 : 2013 Yılı Alınan Numunelerin Tür ve Yerine Göre Dağılımı	124
Tablo 4.7 : 2013 Yılı Ham Su Arıtma Tesisi Çıkış Değerleri.....	125
Tablo 4.8 : 2009-2013 Yılları Kente Verilen Su Miktarı, Su Tüketimi, Su Kaybı Miktarı ve Oranları.....	127
Tablo 4.9 : 2009-2013 Yılları DİSKİ İzinsiz Kullanım Kontrol İşlemleri.....	128
Tablo 4.10 : 2009-2013 Yılları DİSKİ Sayaç Test İşlemleri	128
Tablo 4.11 : 2009-2013 Yılları Pompa İstasyonu Elektrik Tüketimi.....	130
Tablo 4.12 : Aylık İçme Suyu Talep Tahmini İçin Literatürde En Çok Kullanılan Faktörler	133
Tablo 4.13 : Diyarbakır İli Aylık Ortalama Hava Sıcaklığı Değerleri (°C).....	135
Tablo 4.14 : Diyarbakır İli Aylık Ortalama Yağış Miktarları (kg/m ²).....	136

Tablo 4.15 : Diyarbakır İli Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri (%)	138
Tablo 4.16 : Su Hizmeti Verilen Kent Merkezi Nüfusu (Kişi)	140
Tablo 4.17 : Aylık TÜFE Oranları (%)	141
Tablo 4.18 : Diyarbakır İli Aylık İçme Suyu Fiyatları (TL/m ³)	143
Tablo 4.19 : Abone Başına Düşen Aylık Su Tüketim Faturası (TL/Abone)	145
Tablo 4.20 : Talep Edilen Aylık Su Miktarı (1.000 m ³)	146
Tablo 4.21 : Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Temel İstatistikler.....	149
Tablo 4.22 : YSA Eğitim Bilgileri	153
Tablo 4.23 : YSA Veri Setleri Performans Sonuçları	154
Tablo 4.24 : YSA Modeli Tarafından Üretilen Su Talebi Tahmin Değerleri	160
Tablo 4.25 : YSA Modeli Tahminlerinin Verimlilik ve Güvenirlik Değerleri	163
Tablo 4.26 : Birinci Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi Sonuçları	168
Tablo 4.27 : İkinci Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi Sonuçları	169
Tablo 4.28 : Performans Ölçütlerine Göre Üç Modelin Karşılaştırılması	174

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1.1 : Tahmin Aşamaları	9
Şekil 1.2 : Tahmin Yöntemleri	10
Şekil 1.3 : Kantitatif Tahmin Yöntemleri	13
Şekil 2.1: Mevsimsel Talep ve Trend Gelişiminden Oluşan Ürün Talebi.....	22
Şekil 2.2 : En Küçük Kareler Yöntemi	25
Şekil 2.3 : Korelasyon Tipleri.....	26
Şekil 2.4: Klasik Mantık ile Bulanık Mantığın Karşılaştırılması	35
Şekil 2.5: Bulanık Mantık Sistemi ve Temel Öğeleri.....	36
Şekil 2.6: Genetik Algoritmanın Çalışma Biçimi.....	39
Şekil 2.7 : Sinir Sisteminin Blok Diyagram Gösterimi	43
Şekil 2.8 : Bir Nöron Görünümü	43
Şekil 2.9 : Ayrıntılı Sinaps Görünümü	44
Şekil 2.10 : Yapay Sinir Hücresi (Nöron)	46
Şekil 2.11 : Yapay Sinir Ağı.....	48
Şekil 2.12 : İleri Beslemeli Yapay Sinir ağının Blok Gösterimi	53
Şekil 2.13 : Geri Beslemeli Yapay Sinir ağının Blok Gösterimi.....	55
Şekil 2.14 : İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Sinir Ağı Mimarisi.....	56
Şekil 2.15 : Kullanım Amaçlarına Göre YSA Modelleri	62
Şekil 3.1 : Ülkelerin Gelişmişlik Düzeylerinin Su Kullanımına Etkisi	68
Şekil 3.2 : Su Talebini Doğrudan ve Dolaylı Etkileyen Faktörler.....	75
Şekil 4.1 : Büyükşehir Belediyesi Hizmet Sınırları.....	111
Şekil 4.2 : İçmesuyu Temin ve Dağıtım Sistemi	114
Şekil 4.3 : Ham Su Arıtma Tesisi Proses Akış Şeması	115
Şekil 4.4 : 2003-2012 Yılları İçme Suyu Şebekesi ve Artış Miktarı Dağılımı.....	119

Şekil 4.5 : CBS Bilgilerinin Dijital Görünümü	120
Şekil 4.6 : SCADA Çalışmalarından Bir Görünüm.....	121
Şekil 4.7 : Su İletim ve Dağıtım Sistemi Bileşenleri	126
Şekil 4.8 : YSA ile Talep Tahmini Süreci Akış Şeması	132
Şekil 4.9 : 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Hava Sıcaklığı Değişimi.....	135
Şekil 4.10 : 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Yağış Miktarındaki Değişim	137
Şekil 4.11 : 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Nisbi Nem Miktarı Değişimi	138
Şekil 4.12 : 2003-2013 Yılları Su Hizmeti Verilen Nüfus Değişimi.....	140
Şekil 4.13 : 2003-2013 Yılları Aylık TÜFE Değişimi	141
Şekil 4.14 : 2003-2013 Yılları Aylık Su Fiyatı Değişimi	143
Şekil 4.15 : 2003-2013 Yılları Aylık Abone Başına Düşen Su Faturası	143
Şekil 4.16 : Kent Merkezinde Talep Edilen Su Miktarındaki Değişim	147
Şekil 4.17 : İçme Suyu Talep Tahmini İçin Tasarlanan YSA Mimarisi.....	151
Şekil 4.18 : Veri Seti Hataları Grafiği	152
Şekil 4.19 : YSA Hata Gelişimi Grafiği	153
Şekil 4.20 : Tüm Veri Setinin Tahmin Değerleri ile Gerçekleşen Değerlerin Karşılaştırılması	155
Şekil 4.21 : Tahminlenen Talep ile Gerçekleşen Talep Arasındaki Fark Grafiği	155
Şekil 4.22 : Tahmin ve Gerçekleşen Değerlerin Serpilme Grafiği.....	156
Şekil 4.23 : Girdi Değişkenlerinin Sonuca Katkı Oranları	157
Şekil 4.24 : YSA Modelinin Ürettiği Tahminlenen Su Talebi İle Gerçekleşen Su Talebinin Karşılaştırılması	159
Şekil 4.25 : 2003-2013 Dönemi Diyarbakır İli Kent Merkezi Aylık Su Talep Grafiği	166
Şekil 4.26 : Gerçekleşen Talep ve Winters Üstel Düzeltme ile Tahminlenen Talep Grafiği	167
Şekil 4.27 : Birinci Dereceden Farkı Alınmış Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği.....	168
Şekil 4.28 : Mevsimsel Farkı Alınmış Serinin Zaman Grafiği.....	170
Şekil 4.29 : Mevsimsel Farkı Alınmış Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği.....	171
Şekil 4.30 : ARIMA Modeline Ait Artıkların Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği.....	172
Şekil 4.31 : Gerçekleşen Talep ve ARIMA ile Tahminlenen Talep Grafiği	173
Şekil 4.32 : Gerçekleşen Talep ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli Tahminlerinin Karşılaştırılması.....	175

KISALTMALAR

AARE	Average Absolute Relative Error
ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AE	Absolute Error
AR	Auto Regressive
ARE	Absolute Relative Error
ARMA	Autoregressive Moving Avarage
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Avarage
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CORR	Correlation Coefficient
DİSKİ	Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EC	European Commission
IWA	International Water Assocation
GKF	Genişletilmiş Kalman Filtresi
GP	Genetik Programlama
LVQ	Linear Vector Quantization
MA	Moving Avarage
MAPE	Mean Absolute Percent Error
MLP	Multiple Layer Perceptron
MLR	Multiple Linear Regression
MSE	Mean Square Error
NRMSE	Normalised Root Mean Square Error
RMSE	Root Mean Square Error
RBF	Radial Based Function
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SVMs	Support Vector Machines
US EPA	United States Environmental Protection Agency
USBM	Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık
WHO	World Health Organization
YSA	Yapay Sinir Ağları

GİRİŞ

Günlük yaşamımız içerisinde farkında olmasak ta suyun hep yakınımızda olmasını isteriz, tıpkı kentlerin su kenarlarına kurulması gibi. Antik çağdan günümüze kadar kentlerin inşa edildiği yerlere bakıldığında mutlaka bir nehir, göl veya denizin olduğunu görürüz. Dolayısıyla insan yaşamında suya olan ihtiyaç, yerleşim merkezlerinin suya olan yakınlığını da beraberinde getirmiştir. İlk zamanlar taşıma suyla ve kuyu açma marifetiyle su temin edilmiştir. Ancak, yerleşim merkezleri büyüdükçe su ihtiyacının giderilmesi bireysel çabalarla karşılanamaz hale geldiği gibi zaman zaman su bir çatışma konusu da olmuştur. Bu nedenle de suyun temini ve dağıtımını öncelikle toplumsal kurallarda, ardından hukuki düzenlemelerde yerini almıştır. Günümüz modern kent yaşamında su temini ve dağıtımını, artık bireysel çabayla değil, genellikle kamu kuruluşlarının hizmet sunumu ile yerine getirilmektedir.

Suya olan bu ihtiyaç, su isteğini veya talebini de beraberinde getirmektedir. İhtiyaç duyulan su talebinin karşılanması, su temini ve dağıtımını ile görevli kamu kuruluşları (genellikle yerel yönetimler) tarafından yerine getirilmektedir. Bunun için de öncelikle talebin nicelik ve nitelik olarak bilinmesi ve anlaşılması zorunludur. Burada belirtilmesi gereken hususlardan biri de su talebinin, yalnızca hane içi kullanımlardan ibaret olmadığıdır. Hane dışı veya evsel olmayan tüketim, başta endüstriyel ve ticari kuruluşlar olmak üzere yeşil alan sulaması, araç yıkama vb. kullanımları içine almaktadır. Bu nedenle su talebinin, toplumda üretim, ticaret, kamu ve hane içi gibi çok çeşitli kesimlerin aktivitelerinde gereksinim duydukları bir ihtiyacı temsil ettiği söylenebilir. Bu ihtiyacın karşılanması için de, öncelikle su talebini oluşturan dinamiklerin çok iyi bilinmesi gereklidir.

Su talebi, toplumun tüm kesimlerinin su ihtiyacının toplamı olarak tanımlanabilir. Ancak bu ihtiyacı yönlendiren bir dizi faktörün, su talebinin şekillenmesinde çok önemli rolü vardır. Bunlar, iklim ve hava koşulları, yerleşim merkezinin coğrafi durumu, su kaynaklarının yapısı, su kullanım ekipmanları gibi faktörlerdir. Bu nedenle su talebinin, birbirini etkileyen birçok faktörün etkisi altında olduğu rahatlıkla söylenebilir. Bahsedilen faktörlerin dışında nüfus, gelir düzeyi, su kalitesi, su fiyatı ve teknoloji de su talebi üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Su talebi belirtilen etkenlerin analiziyle ancak anlaşılabilir ve sağlıklı bir değerlendirme yapılabilir. Su talebinin anlaşılması öncelikle, su kaynaklarının verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasında öncü rol oynayarak, su talebinde bulunan tüm kesimlerin ihtiyacını garanti altına alacaktır. Çünkü şu iyi bilinmelidir ki, yeryüzündeki tatlı su kaynakları giderek azalmakta veya kirlenmeye yüz tutmaktadır. Artan dünya nüfusu ve su kaynaklarının eşit dağılmamasıyla birlikte suyun önemi giderek uluslararası stratejik bir konu haline gelmektedir. Dolayısıyla su talebinin bilinmesi, bu talebin yönetilebilir hale gelmesini sağlayarak, gerekli verimlilik ve su koruma önlemlerinin alınmasında kolaylık sağlayacaktır.

Su talebinin anlaşılması, ulusal, bölgesel ve kentsel verimlilik ve koruma önlemlerinin alınmasının yanında, su temin ve dağıtımıyla görevli kuruluşlar açısından da oldukça önemli bir konudur. Su talebinin nicelik ve nitelik bilgisi, bu kuruluşların su dağıtım sistemlerinin planlanması, tasarımı ile etkin işletimi ve yönetiminde yönlendirici niteliktedir. Bizim, İşletme bölümlerinin ilgilendiği konu da tam burasıdır. Su talep bilgisi, bu kuruluşlar için su temini ve depolama, malzeme stoklama, insan kaynakları, arıtma tesislerinin sayısı ve tasarımı gibi pek çok önemli konuda anahtar niteliğindedir.

Yerleşim merkezlerinden biri olan kentler, doğası gereği büyüyen ve gelişen yapılar olarak canlı bir organizmaya benzetilebilir. Bu nedenle kentlerin su ihtiyaçları da giderek artmaktadır. Giderek artan su ihtiyacının etkin ve verimli yönetilmesi için su talebinin tahmin edilmesi gereklidir. Su talebinin tahmini, su ile ilgili kuruluşlara, mevcut suyun yeterliliği, ihtiyaç duyulan suyun temini, gerekli tesislerin belirlenmesi, şebeke ve altyapı yatırımları ve gerekli insan kaynağına karar verilmesi konularında yardımcı olacaktır. Ayrıca, su talebinin gelecek dönemlerde

nasıl bir seyir izleyeceği ile ilgili tahminlerin yapılması, kentlerin sürdürülebilir gelişimleri için de oldukça önemli bir konudur.

Günlük yaşamımızda birçok konuda tahminler yaparız ve bunu yaparken ya edindiğimiz görüş ve önerilere göre veya elimizdeki verilere göre tahminde bulunuruz. Buna benzer olarak da bilimsel tahmin yöntemleri de kalitatif (niteliksel) ve kantitatif (niceliksel) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kalitatif yöntemler ilgili kişilerin görüşlerinin alınmasına dayalı iken, kantitatif yöntemler, sayısal veri ve matematiksel modellere dayalıdır. Bu yöntemlerden hangisinin seçileceği içinde bulunulan koşullara ve konuya göre değişmektedir.

Kantitatif tahmin yöntemlerinden birisi de Yapay Sinir Ağları (YSA)'dır. Yapay zeka konularından biri olan YSA, insan beyin yapısı ve sinir sisteminden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, geçmiş yıllara ait talep bilgilerinden yararlanarak, YSA yöntemiyle Diyarbakır kent merkezi içme suyu talep tahmininde bulunulmuştur.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır; Birinci Bölümde, talep tahmini ile ilgili temel kavramlara değinilerek, tahmin yöntemleri ve talep tahmini ile ilgili temel kavramlar anlatılmıştır.

İkinci Bölümde, talep tahmininde kullanılan istatistiki yöntemlere yer verilerek, literatürde öne çıkan yöntemler açıklanmış ve uygulama için uygun görülen YSA yöntemi detaylı bir şekilde açıklanmıştır

Üçüncü Bölümde, su talebi kavramsal olarak ele alınarak, su talebini etkileyen ana faktörler incelenmiştir. Ayrıca su talep tahmini, dönemler bazında ele alınarak gerekli bilgilere yer verilmiştir.

Dördüncü ve son bölümde, konu ile ilgili literatür taramasına yer verilmiş ve Diyarbakır kent merkezi içme suyu arzı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ardından YSA yöntemiyle, Diyarbakır kent merkezi içme suyu talep tahmini uygulaması yapılarak, zaman serisi analizine dayalı yöntemlerden Winter's Üstel Düzeltme ve ARIMA'dan elde edilen tahminler ile kıyaslanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİNDE TEMEL KAVRAMLAR

1.1. TAHMİN KAVRAMI, İLKE VE YÖNTEMLERİ

Tahminde bulunmak veya tahmin etmek günlük hayatın bir parçasıdır ve gün içerisinde verilen sayısız kararlar da bu tahminlerden yola çıkarak verilir. Ulaşım süreleri, alışveriş miktarları, randevu saatleri vb. hep bir tahminden yola çıkılarak belirlenir. Gitmek istenilen yere tam zamanında gidip gidilmediği, alışverişte alınan miktarların öngörülen zamanda tüketip tüketilmediği, randevulara sadık kalıp kalınmadığı aslında tahminlerin gerçekleşme düzeyi ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle kararlar verilirken mümkün olduğunca doğru tahminlerde bulunulmak istenir. Örneğin belirli bir günde işe varış süresi tahmin edilmek istendiğinde bazı veriler dikkate alınır. Burada en öne çıkan veri ise geçmişte yaşanan deneyimlerdir. İşe giderken karşılaşılan en kısa süre ya da en uzun süre nedir? Yıl da ortalama ne kadar sürmektedir? Ulaşım süresini etkileyen faktörler nedir? Bütün bunlar akla gelen ilk sorulardır. Örneğin hava koşulları, doğal olarak yol durumunu etkileyecektir. Güzergah üzerinde bir kaza yaşanmış olup olmaması ya da bir yol inşaatı olup olmaması, günlerden ne olduğu gibi durumlar, günlük işe varış süresini etkileyen faktörler olarak karşınıza çıkacaktır. (Top ve Yılmaz, 2009: 234).

Bireyler, işletmeler ve kurumlar günlük yaşam içerisinde işlerini sürdürürken çok farklı karar süreçleriyle karşı karşıya kalabilmektedirler. Geleceğe ilişkin alınacak kararlar, insanların daha iyi bir yaşama kavuşması, işletme ve kurumların ise daha çok

kar etmesi veya üretim ve/veya hizmet faaliyetleriyle hayatta kalabilmeleri için oldukça büyük önem taşımaktadır. Belirsizliklerin bir hayli fazla olduğu günümüzde, geleceği rastlantılara bırakmak yerine, daha önceden planlanması oldukça önemlidir. Bu planların veya bu planları uygulamaya yönelik programların hazırlanması da geleceğe yönelik kararları beraberinde getirir. Geleceğe yönelik kararlarda, ileriye yönelik tahmin ve öngörü çalışmaları büyük önem taşır (Çekerol ve Ulukan, 2012: 1).

Günümüz piyasalarında rekabet şartlarındaki artışa bağlı olarak bu piyasalarda faaliyet gösteren işletmelerin başarısında, yöneticilerin alacakları kararların isabet derecesi hayati önemdedir (Tekin, 2010: 18). Yöneticilerin kararlarında, özellikle gelecekle ilgili karar vermeyi gerektiren durumlarda tahmin, önemli yardımcılarından biridir.

Tahmin, gelecekte olması muhtemel bir durum, olay vb. bir şey hakkında sonuç çıkarma işlemi olarak tanımlanabilir. Tahmin işlemi, mutlaka olacak bir şeyi bulmaya çalışmaz. Öyle ki, çok dikkatlice hazırlanan tahminler bile hatalı olabilir. Bir tahminin kesin olarak doğru olması çok nadir bir durumdur. Ancak bu gerçek, tahminleme çalışmalarının önemini ortadan kaldırmadığı gibi tahminleme çalışmalarının ihmal edilmemesi gerektiğini bize söyler (Dilworth, 1992: 87).

Geleceğin iyi tahmin edilmesi; geleceğe hazır olmak için gerekli planlamanın yapılması ve politikaların belirlenip kararların alınmasına temel oluşturmaktadır (Orhunbilge, 1999: 1).

Planlama, standartlara ulaşmak için atılması gereken adımları tanımlar. Gelecekteki faaliyetleri planlamak geleceği tahmin etmeyi gerektirir. Yapılan tahminler ve öngörüler temel alınarak tahmin yapılır. Tahmin ve öngörü planlama faaliyetlerinin girdisidir. Yanlış tahminler, yanlış planlamaları getirir. Örneğin bir işletmede tahmin, üretim, envanter, insan kaynakları, tesis tasarımı gibi pek çok işletme kararının temelini oluşturur. Doğru ve güvenilir olmayan tahminler, işletmelerin gelecekteki hedeflerini olumsuz etkiler ve bunun sonucunda da stok maliyetlerinin artması, talebe cevap verilememesi gibi nedenlerle şirketin pazar kaybına neden olabilir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 3).

Tahminin amacı, karar vermedeki riski azaltmaktır. İyi bir yönetim sisteminin önemli bir karakteristiği, belirsizlik altında en iyi performansa ulaşma kabiliyetinin olmasıdır. Bu durumda tahminlerin doğruluğu, belirsizliğin azaltılmasında rol oynayacaktır.

Herhangi bir değişkenin gelecekte alacağı değerlerin tahmini, değişkenin geçmiş dönemlerdeki gözlem değerleriyle oluşturulan modeller aracılığıyla sağlanır. Geleceği tahmin amaçlı kurulan bir tahmin sistemi iki aşamada incelenebilir. Bunlardan birincisi model kurma, ikincisi de tahmin aşamasıdır. Yapılacak tahminler, kurulan modele göre gerçekleştirileceğinden, model kurma aşaması oldukça önemlidir. Doğru model, üretilen tahminlerin gerçeğe olan yakınlık derecesini artıracaktır.

Model kurma aşamasının başında, ilgili probleme ait veriler sağlıklı bir şekilde toplanır ve toplanan verilere uygun model belirlenir. Model matematiksel hale dönüştürülerek, mevcut veriler yardımı ile modelin parametreleri belirlenmeye çalışılır. Model parametrelerinin ve modelin uygunluğu ise hata testleri ile sağlanır. Eğer kurulan model uygun ise gelecek için iyi tahminlerin yapılmasına geçilebilir (Hamzaçebi, 2011: 1).

Yanlış tahminler bahsedildiği gibi işletmelerin ciddi sorunlar ile karşılaşmalarına yol açabilmektedir. Bu nedenle tahmin ilkelerine ve iyi bir tahminde bulunması gerekli özellikleri belirtmekte fayda bulunmaktadır.

1.1.1. Tahmin İlkeleri

Tahmin sonuçlarının tutarlı olması için tahmin ilkelerine uyulması gerekmektedir. Bu ilke veya özellikler aşağıda özetlenmiştir (Nahmias, aktaran Meydan 2007: 16).

1. Tahmin çalışmalarında mükemmelliğe ulaşmak genelde imkansızdır. Gerçek sonuçlar çoğu zaman tahminde bulunan değerlerden farklıdır. Bu farklılık tahmini yapılacak değişkeni etkileyen bütün etkenlerin göz önünde bulundurulamaması ve tahmin edilemeyen rassal olaylardan meydana gelmektedir.

2. Tahminlerin belirli bir ölçüde hata taşıyacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle tahmin çalışmalarında tek bir tahmin değerinin yanı sıra, bir tahmin aralığının, yani alt ve üst sınırların belirlenmesi gerekmektedir.

3. Miktar veya çeşit bakımından büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha duyarlı olmaktadır.

4. Tahminlerin kapsadığı zaman aralıkları ne kadar kısa ise duyarlılık o derecede artacaktır.

5. Tahmin yaparken geleceğe ait ve haberdar olunan bilgiler hesaba katılmalıdır.

Reklâm veya bir satış kampanyası sonrasında, talepte hızlı bir artış ve ardından hızlı bir düşüş, daha sonra da normal bir düzeye ulaşma görülebilir. Benzer şekilde promosyon ve hediye dağıtımı gibi kampanyaların talep üzerindeki etkileri, serinin geçmiş hareketlerine bakılarak anlaşılabilir. Ayrıca, rekabet (yeni ürün veya rakip bir malın fiyatında düşmeler gibi), politik ve sektörün genel ekonomik durumu gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Ayrıca iyi bir tahminin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Tahmin zamanı göz önünde bulundurulmalıdır. Gerekli değişiklikler için yeterli olacak bir zaman verilmelidir.

2. Tahmin olabildiğince isabetli olmalı ve bu isabetin derecesi belirtilmelidir.

3. Tahmin güvenilir olmalıdır.

4. Tahmin değerleri anlamlı birimler olarak ifade edilmelidir.

5. Yazılı olmalıdır.

6. Kolaylıkla anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesidir.

1.1.2. Tahmin Aşamaları

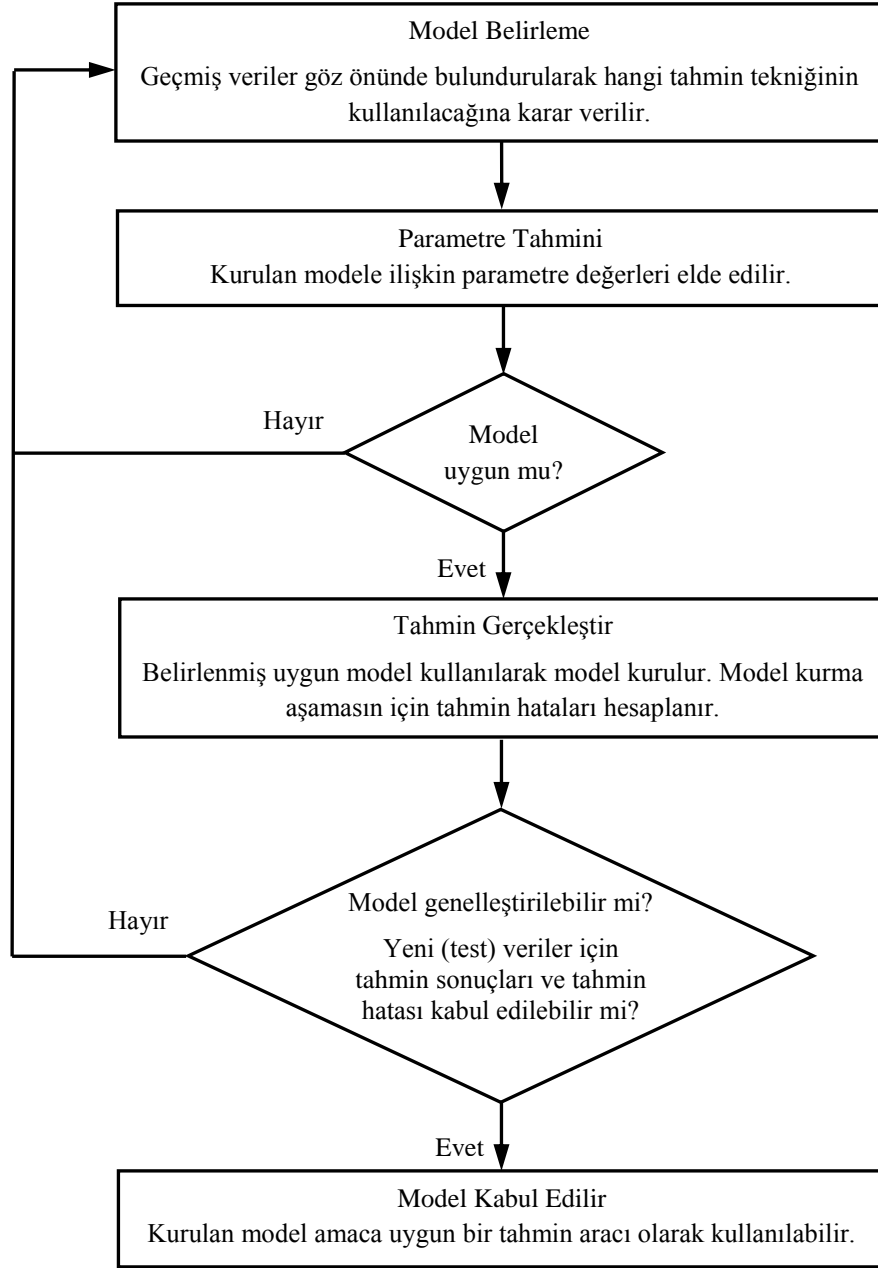
Tahmin sürecinde, tahmin ilkeleri göz önünde bulundurulur ve çeşitli aşamalar gerçekleştirilir. Bu aşamalarda özen gösterilmesi, tahmin doğruluğunu artırır ve sonuçların genelleştirilebilir olmasını sağlar. Bu aşamalar sırayla aşağıdaki adımları takip eder (Çekerol ve Ulukan, 2012: 11):

- Tahmin amacının belirlenmesi
- Tahmin döneminin belirlenmesi
- Bir tahmin yönteminin seçilmesi
- Gerekli verilerin toplanması ve tahmin modelinin oluşturulması
- Tahmin modelinin geçerliliğinin test edilmesi
- Modelin çözümü ve tahmin sonuçlarının elde edilmesi
- Sonuçların uygulanması ve izlenmesi

Tahmin amacının belirlenmesi aşamasında, tahminin neden, niçin ve nelere ihtiyaç duyulacağına karar verilir. Tahmin amacının belirlenmesi ile gerek duyulan ayrıntı derecesi saptanır. Sonrasında tahmin dönemi, tahmin sonuçlarının kullanılış nedeni ile ilişki kurularak belirlenir. Tahmin dönemi belirlendikten sonra döneme uygun tahmin yöntemi seçilir ve veriler toplanarak tahminleme yapılır. Bir sonraki aşamada, model ortaya konulur ve geçerlilik testi uygulanır. Modelin kurulması aşamasında ortaya çıkacak problemler, sık sık geri dönülmesine ve yöntemin, yapılan hipotezlerin, verilerin yeniden düzenlenmesine veya değiştirilmesine neden olabilir. Tahmin yöntemi ile oluşturulan tahmin değerlerinin, planlama amacıyla kullanıldığında doğru sonuçlar verebilmesi için ortaya konulan modelin geçerlilik testinin yapılması gereklidir. Böylece modelin kullanılabilirliğine karar verilebilir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 12).

Kantitatif (sayısal) verilerin uygulandığı tahmin problemleri için beş temel adım bulunmaktadır. Bunlar; problemin tanımlanması, bilgilerin toplanması, ön hazırlık analizlerinin yapılması, model seçimi ve uyumlulaştırılması, tahmin modelinin uygulanması ve değerlendirilmesi adımlarıdır (Makridakis, Wheelwright ve Hyndman, 1998: 13-16). Diğer bir kaynağa göre iyi bir tahmin elde etmek için izlenmesi gereken aşamalar, aşağıda Şekil 1.1’de görülmektedir (Hamzaçebi, 2011: 8).

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, tahmin sürecinde öncelikle model belirlenir ve parametre tahminleri yapıldıktan sonra modelin uygunluğu test edilir. Model uygun ise tahminleme yapılır ve elde edilen sonuçlar ile tahmin hatalarının kabul edilebilir düzeyde olup olmadığına bakılır. Tahmin hataları kabul edilebilir düzeyde ise modelin uygun olduğuna karar verilebilir.



Şekil 1.1: Tahmin Aşamaları.

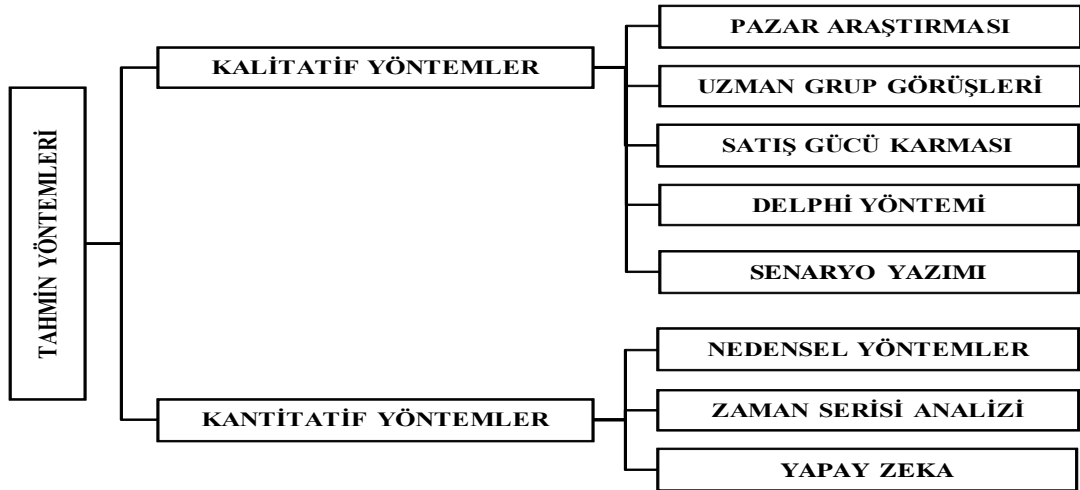
Kaynak: Hamzaçebi, 2011: 8.

1.1.3. Tahmin Yöntemleri

Tahminleme, gelecekle ilgili kararlardaki riskin azaltılmasında oldukça önemli rol oynar. Bu nedenle, öncelikle tahmin yapılacak probleme uygun tahmin yöntemi belirlenir. Ancak, doğru yöntemin seçilmesinde pek çok faktör rol oynar. Bu faktörler aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 12).

- Tahminlerin kapsadığı zaman aralığı,
- Tahminlerin hazırlanması için gerekli olan zaman süresi,
- Tahminlerin sonuçlarına göre verilecek kararların uzun veya kısa vadeli oluşu,
- Verilere erişebilme imkanı,
- Elde edilen verilerin niteliği ve seyri,
- Tahminleme sürecinde kullanılan kaynakların maliyeti,
- Karar vericinin tolere edebileceği hata payı,
- Tekniğin anlama ve uygulama açısından kolaylığı,
- Yöntemi uygulayacak ve tahminleri kullanarak kararlar verecek olan bireylerin özellikleri.

Tahminleme yöntemleri temel olarak, kalitatif ve kantitatif tahmin yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Bunlardan ilki olan kalitatif yöntemler, sıklıkla sübjektif veya yargısal yöntemler olarak da ifade edilmektedirler. Kantitatif yöntemler ise matematiksel tekniklere dayalıdır ve bilgisayar programlarının bu alanda kullanılmasıyla oldukça popülerdir (Lancaster ve Massingham, 1988: 104). Tahmin yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 1.2’de görüldüğü gibi yapılabilir.



Şekil 1.2: Tahmin Yöntemleri

Kaynak: Çekerol ve Ulukan, 2012: 13.

Şekil 1.2’de görüldüğü gibi, tahmini yapılacak durumun özelliklerine göre kalitatif ve kantitatif tahmin yöntemlerinden biri seçilebileceği gibi farklı yöntemler de bir arada kullanılabilir.

1.1.3.1. Kalitatif Tahmin Yöntemleri

Kalitatif yöntemler, hedef kitleyi tanıma, anlama ve anlatma amacına yönelik araştırmalardır. Bu yöntemlerin amacı, sayısal sonuçlar elde etmekten ziyade, araştırma yapılan konuyu daha iyi anlayabilmek ve olaylara hedef kitlenin gözünden bakabilmektir.

Kalitatif yöntemler, gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi kalitatif veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konması amacına yönelik nitel bir sürecin izlendiği araştırmalar olarak tanımlanabilir.

Tahminlemede kullanılan yöntemlerden kalitatif tahminleme yöntemlerinde, mevcut durumlara ve gelecekle ilgili planlara ilişkin bilgisi olması beklenen kişilerin fikir ve yargıları toplanır. Uzmanların görüşleri, bireysel deneyim ve yargılardan oluşan bu bilgiler subjektif nitelik taşıyabilmektedir. Kalitatif tahminleme yöntemlerinin girdileri, çeşitli kaynaklardan temin edilir. Bu bilgi kaynakları genellikle, müşteriler, satış elemanları, yöneticiler, teknik elemanlar veya işletme dışından çeşitli uzmanlar olabilmektedir. Kalitatif yöntemler soyut faktörlerin ve subjektif deneyimlerin ele alınabilmesini sağlamasına karşın, karar verme sürecinde kişisel önyargı ve eğilimlerin yer almasından dolayı genellikle daha düşük performansa sahip tahminler sağlamaktadırlar (Kutay, aktaran Çekerol ve Ulukan 2012: 13).

Kalitatif tahmin yöntemleri genellikle;

- Verilerin derlenmesi ve kantitatif analizlerin yapılması için yeterli zaman olmaması,
- Çok hızlı kararların alınması gerekliliği,
- Politik veya ekonomik değişimlerin yaşandığı dönemlerde mevcut verilerin gelecek tahminlerin yapılması için yetersiz kalması,

- Yeni ürünlerin veya mevcut ürünlerin yeni tasarımlarıyla pazara sunumları sırasında tahmin yapmak için yeterli veri bulunmaması,

vb. durumlarda başvurulan bir yöntemdir. Genellikle, talep tahminleri yönetici görüşleriyle üst düzey yöneticilerden oluşan küçük bir grubun bir araya gelmesiyle belirlenir. Böylelikle, hızlı bir karar ortamı oluşturması avantajının yanı sıra yöneticilerin kararı olması nedeniyle daha kolay sahiplenilebilir. Ayrıca belirlenen tahmin değerleri tek bir kişiye değil bir gruba ait olacağı için sorumlulukta grup üyelerine yayılır. Bu durum ise daha iyi tahmin değerleri belirlenmesi yönünde bireylere daha az baskı yapacağı için hata payının artmasına yol açabilmektedir (Top ve Yılmaz, 2009: 235-236).

Kalitatif tahmin yöntemleri, yeni ürün geliştirme, kullanım ve davranış araştırmaları, ambalaj testleri, tutum araştırmaları, reklam testleri, imaj araştırmaları, personel tutum ve motivasyon araştırmaları ve promosyon değerlendirme vb. bir çok alanda kullanılmaktadır (Kutay, aktaran Çekerol ve Ulukan 2012: 14).

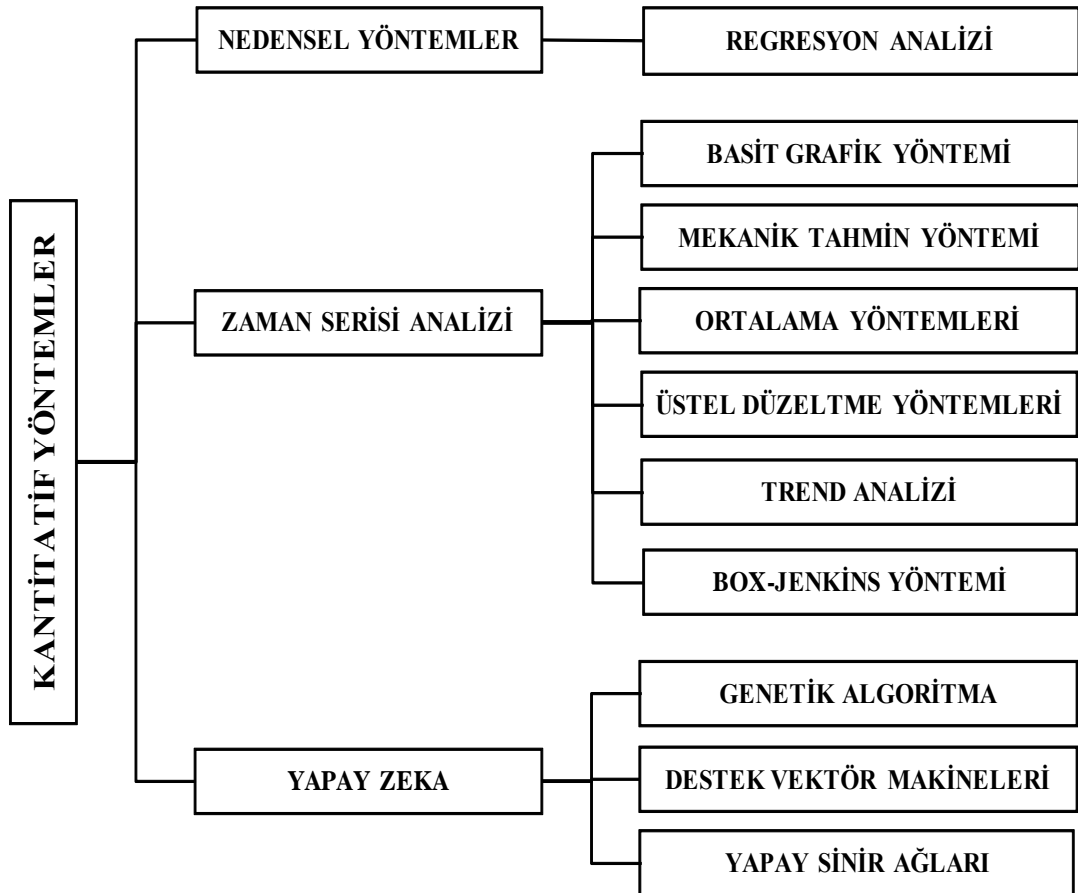
Literatürde birçok kalitatif yöntemden söz edilmekle birlikte, tahminlemede en çok kullanılan kalitatif yöntemler; Pazar Araştırmaları, Uzman Grup Görüşleri, Satış Gücü Karması, Delphi Tekniği ve Senaryo Yazımıdır.

1.1.3.2. Kantitatif Tahmin Yöntemleri

Kantitatif tahmin yöntemleri matematiksel modellere dayanan tahmin yöntemleridir. Talebi etkileyen faktörlerin sayısındaki artış ve aralarındaki ilişkilerin karmaşık hale gelmesi nedeniyle sezgiye dayanan yöntemler yetersiz kalmaktadır. Kantitatif tahmin yöntemleri sübjektif öğeleri ortadan kaldırarak, objektif tahminler geliştirilebilmesine olanak tanımaktadır. Kantitatif tahmin yöntemiyle tahmin yapılabilmesi için üç koşulun sağlanması gereklidir: Geçmişe ait bilginin var olması, bu bilginin sayısal bir biçimde ifade edilebilmesi ve değişkenin geçmişte gösterdiği yapının gelecekte de devam edeceği varsayımının geçerli olması. Kantitatif tekniklerde yararlanılan sayısal veriler; genellikle barkot teknolojisinden, satış noktası verilerinden ve müşterilerden elde edilmektedir. Ayrıca verilerin elde edilmesinde, bilişim teknolojilerinden de yararlanılmaktadır (Çekerol ve Ulukan 2012: 19).

Tüm kantitatif yöntemler geçmişe ilişkin yeterli ve doğru bilgi toplanmasını gerekli kılar. Kapsamlı bir tahmin modeli kullanılmasına karşın, yetersiz ve doğruluk derecesi düşük veriler ile iyi sonuçlar alınması mümkün değildir. Yeterli ve doğru verilerin bulunmaması, tahmin yöntemlerinin seçimini kısıtlayabilmektedir. Sayısal tahmin yöntemlerinin bir kısmı son derece basit olmasına karşın, bir kısmı da oldukça karmaşık bir yapıdadır. Bazı tekniklerin diğerlerinden daha iyi sonuç verse de, bir genelleme yapmak mümkün değildir. Bu nedenle farklı yapıdaki tahmin durumlarının, farklı yöntemlerle ele alınmaları gerektiği söylenebilir (Üreten, 205: 109).

Kantitatif tahmin yöntemlerini üç ana gruba ayırmak mümkündür. Bunlar, nedensel yöntemler, zaman serisi analizi ve yapay zeka yöntemleridir. Bu üç gruba ait tahmin yöntemleri Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Kantitatif Tahmin Yöntemleri.

Kaynak: Çekerol ve Ulukan, 2012: 23.

Şekil 1.3’de görüldüğü gibi, bir çok kantitatif tahmin yöntemi (modeli) bulunmaktadır. Tahmin modellerinde, teknolojik gelişmeler ve problemlerin karmaşıklığı model ve yöntem çeşitliliğini de artırmıştır. Büyük ölçekli yapısal makro ekonometrik ölçekli modeller, basit regresyon modelleri, Box-Jenkins (ARMA) modeli ve VAR (Vektör Otoregresif) modelleme tekniği gibi birçok istatistiksel ve ekonometrik yöntem, tahminlemede kullanılmaktadır. Günümüzde ekonomik analizlerde istatistik yoğun şekilde kullanılır hale gelmiştir. Bu teknikler zaman içerisinde yerini “esnek hesaplama tekniklerine” bırakmış ve geleneksel yöntemler olarak literatürde yerini almıştır. Yumuşak hesaplama teknikleri arasında bulunan bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritma gibi modern modelleme teknikleri, modelin öğrenme sürecine ilişkin dinamikler üzerinden hareketle tahmin üretmektedirler (Aygören, Sarıtaş, Moralı, 2012: 74).

Kantitatif yöntemlerin seçiminde altı faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler şunlardır (Kutay, aktaran Çekerol ve Ulukan 2012: 20):

Zaman dilimi: Tahminin yapılacağı, gelecekteki zaman aralığı ve tahminlerin dönem sayısı,

Verilerin izlediği yol: Verilerin izlediği yola göre farklı yöntemler kullanılmaktadır. Veriler bir trend izleyebilir, rastgele dağılmış olabilirler,

Maliyet: Tahmin modelinin geliştirilmesi, verilerin hazırlanması ve uygulamanın yapılması için çeşitli maliyetlere yol açmaktadır. Ayrıca, maliyetler kullanılan yöntemle göre değişkenlik göstermektedir,

Doğruluk derecesi: Tahminlemede istenen doğruluk derecesi yöntemleri farklılaştırmaktadır,

Basitlik ve uygulama kolaylığı: Kolay anlaşılabilen ve uygulanabilen yöntemler tercih edilmekte, anlaşılması zor yöntemlere güven azalmaktadır,

Bilgisayar yazılımının olması: Kantitatif yöntemlerde yazılım paketi olmadan uygulama yapmak güç olabilmektedir. Bu yüzden bu paketlerin kolay uygulanabilir ve yorumlanabilir olması gerekmektedir.

1.2. TALEP TAHMİNİ

İşletmelerin temel amacı, piyasa talebini karşılamak üzere mal ve hizmet üretmek ve pazarlamaktır. İşletmeler tüketici talebini karşılamak amacıyla faaliyette bulunurlar ve bunun için de pazarlama araştırmasıyla piyasa talebini ölçerek bu talebi karşılayacak bir üretim sistemi kurmaya çalışırlar.

İktisadi anlamda talep, tüketicilerin bir mal veya hizmeti belirli bir fiyat seviyesinde almaya hazır oldukları miktarı ifade etmektedir. Talep tahmini ise, işletmenin üretmiş olduğu mal ve hizmetlere olan talebi gelecek dönemler için tahmin edilmesi olarak tanımlanabilir (Tekin, 2009: 261).

Talep miktarının belirlenmesi, talebin niceliksel tahminlerinin yapılması ile ilgili faaliyetlerin tümünü ifade etmektedir. Talep tahmini ise, belirli bir ürünün veya hizmetin, belirli bir gelecek zaman dilimindeki satışlarının tahmin edilmesidir. Talep tahminlemesinin sonucunda ürün veya hizmetin satış tahmini elde edilir. Satış tahmini ise, bir endüstri veya bir firmanın bir pazar dilimine satmayı beklediği mal ve hizmet miktarı olarak tanımlanabilir (Tek, 1999: 296).

Talep tahminlerinin makro ekonomi açısından önemi, iki noktada toplanmaktadır. Birinci olarak, ülke genelinde üretilmekte olan mallar, mevcut talebi karşılayamadığında, yetersiz üretim nedeniyle fiyatlar yükselir, ithalat zorunluluğu ortaya çıkabilir. Buna bağlı olarak işletmeler piyasadaki talebi karşılamak üzere kapasitelerinin üzerinde çalıştıklarından dolayı, maliyetlerin artması durumuyla karşılaşılırlar. İkinci olarak, işletmelerin ürettikleri mallardan bazıları satılmadığında, büyük miktarda mal stokları birikebilir. Bunun sonucunda da büyük işletmeler kapasitelerinin altında çalışırlar. Bu durumda, üretim maliyetleri artarak kaynak israfı oluşabilir. Yeterli ve doğru tahminler ile yukarıda açıklanan olumsuz durumlar ortadan kaldırılarak, daha etkin bir kaynak kullanımı ve üretim verimliliği yükseltilebilir (Tekin, 2009: 262).

İşletmelerde de birçok bölümde verilen sayısız kararın doğru kararlar olup olmadığı, diğer bir ifadeyle firmaya fayda sağlayıp sağlamayacağı önemli ölçüde dayandığı tahminlerin gerçekleşme düzeyine bağlıdır. Özellikle talep tahminleri, firma

içerisinde tüm bölümlerin verecekleri önemli kararlardaki temel değişkenlerden birisidir (Top ve Yılmaz, 2009: 235). Örneğin ürüne olan talebin tahmin edilmesi, pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir girdi niteliğindedir (Özdemir ve Özdemir, 2006: 105).

Talep tahmini, özellikle bütünleşik planlama, çizelgeleme, üretim ve stok kontrolü gibi üretim ve işlemler yönteminde, karar modelleri için kritik önemde bir girdidir. Şüphesiz tahminler üretim sistemleri için ürünlerin, süreçlerin, araç-gerecin, kapasitenin ve işyeri tasarımının en ekonomik şekilde belirlenmesinde en önemli faktördür (Buffa, 1969: 509). Pek çok işletme için talep tahmini kullanım alanları Tablo 1.1'deki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 1.1: Talep Tahmin Değerlerinin Kullanım Alanları

Bölüm	Kullanım Alanı
Pazarlama	Pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde, fiyat politikalarında, tutundurma çabalarında
Muhasebe	Tahmini maliyet muhasebesi hesaplarında
Finans	Nakit akışı planlarında
İnsan Kaynakları	İşgücü sayısının belirlenmesi, işe alma/işten çıkartma, eğitim planları
Üretim	Üretim planları, çizelgeleme, iş yükü

Kaynak: Top ve Yılmaz, 2009: 235.

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi talep tahminleri bir işletmenin hemen hemen tüm bölümlerinde kullanım alanı bulmaktadır.

Bir işletmenin talep tahminlerine duyduğu ihtiyaç, üretim tipi, imalat araçları ve yöntemleri, mamul çeşidi, tüketici eğilimi, rakiplerin durumu, stoklama olanakları, dağıtım kanalları gibi pek çok faktörün etkisi altında belirir. Genellikle, tüketiciden talep geldiği andan itibaren başlayarak mamulün, müşteriye teslim edilmesi anına kadar geçen sürenin uzunluğu talep tahmini ihtiyacını ortaya çıkarır. Tüketicinin isteklerini zamanında karşılamak amacı ile stoklamaya gidilmesi talep tahminlerinin önemini artırır (Kobu, 1998: 81). Üretim işletmeleri için talep, kısa dönemli bir tahmin modelinin ekonometrik temelde en önemli unsurudur (Heesterman, 1972: 28).

1.2.1. Talep Tahminlerinin Zaman Aralığına Göre Sınıflandırılması

Talep tahminleri; zaman aralığı, kullanma amacı, mamul cinsi, hesaplama tekniği gibi çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Talep tahminleri genellikle tahminlerin kapsadığı zaman aralığına göre sınıflandırılmaktadır (Kobu, 1998: 80). Zaman aralığına göre talep tahminlerinin kullanıma amaçları Tablo 1.2'deki gibi sınıflandırılabilir (Üreten, 2005: 125).

Tablo 1.2: Zaman Aralığına Göre Talep Tahminlerinin Kullanım Amaçları

Planlama Dönemi	Kullanım Amaçları
Uzun Dönemli (2-10 yıl)	Kuruluş yeri seçimi Kapasite seçimi Üretilecek ürün ve hizmetlerin belirlenmesi Kullanılacak süreç ve teknolojilerin belirlenmesi İşletme tesislerinin genişletilmesi Yeni makine ve donanım için gerekli sermaye yatırımı
Orta Dönemli (1-24 ay)	İşgücü büyüklüğünün belirlenmesi Bulundurulacak stok düzeyinin belirlenmesi Yapılması gerekli fazla mesai saatlerinin belirlenmesi Optimal üretim ve satın alma parti büyüklüklerinin belirlenmesi Tedarik süresi belirsiz veya uzun olan malzeme alımlarının, üretim prosesi karmaşık mamullere ait imalat faaliyetlerinin, talebi mevsimsel dalgalanma gösteren mamul stoklarının planlanması
Kısa Dönemli (1-8 hafta)	Siparişlerin makinelere tahsisi İnsan gücünün makinelere ya da siparişlere tahsisi Siparişlerin işlem görme sıralarının belirlenmesi En uygun imalat parti hacimlerinin, tedarik zamanlarının ve sipariş büyüklüğünün belirlenmesi
Çok Kısa Dönemli (Haftalık, Günlük)	Haftalık, hatta günlük olarak parça, malzeme ve mamul stoklarının kontrolü veya montaj hattı iş programlarının hazırlanması, iş gücü planlaması.

Kaynak: Üreten, 2005: 125; Kobu, 1998: 80; Halaç, 1995: 553.

Talep tahminleri, Tablo 1.2'de belirtilen dönemler dikkate alınarak yapılır. Bununla birlikte, talep tahminlerinin kapsadığı zaman aralığı genişledikçe sonucu etkileyen faktörlerin sayısı artar ve bunlar arasındaki ilişkiler gittikçe karmaşık ve

belirsiz bir duruma dönüşür. Vade kısaldıkça da tahminlerin gerçeğe uygunluk derecesinin önemi artar. Zaman aralığındaki büyüme ve kısılmanın doğurduğu sapmaların uygulamadaki olumsuz sonuçları çok çabuk görülür (Kobu, 1998: 80).

İşletmelerin kuruluş aşamasında yapılan talep tahminleri sonraki yıllarda sürekli olarak gözden geçirilmelidir. Ayrıca, ekonomide ve sektörde meydana gelen değişimler de sürekli takip edilmelidir. Yeni bir ürün üretilmesi durumunda ise bu ürün grubunun bulunduğu sektör veya endüstri için talep tahminleri yapılabilir. İşletmenin gelecek dönemlerine ilişkin olarak belirli bir ürün grubu için talep tahmini yapılabileceği gibi sektör grubu için de talep tahmini yapılabilir (Tekin, 2009: 262-263).

1.2.2. Talep Tahmini Yöntem ve İlkeleri

Piyasa araştırması ile genellikle, tüketicinin veya kullanıcının eğilimleri belirlenir. Piyasa araştırmasından elde edilen bilgiler ile teknik ve ekonomik açıdan talebin ne miktarda olacağı tahmin edilir. Bu süreçte seçilecek yöntem ve kullanılacak verilerin gerçeklere yakın oluşu tahmindeki isabet şansını artırır....Burada esas olan talebin geçmiş yıllara ait değişim verilerinin bulunması ve bir trend (eğilim) tespit edilebilirse, bu, gelecek ay ve yıllar için de geçerli olacağı kabul edilerek sonuca ulaşılmasıdır (Saygılı, 1991: 22).

Talep tahmininde genellikle kantitatif (niceliksel) yöntemler tercih edilmektedir. Daha önce 1.1.3'te belirtilen tüm tahmin yöntemleri, talep tahmininde de kullanıldığından dolayı burada ayrıca değinilmeyecektir.

Talep tahminiyle istenen sonuçların elde edilebilmesi çeşitli tahmin ilkelerinden söz edilebilir. Bu ilkeler şunlardır (Tekin, 2009: 264):

- Talep tahminlerinin kapsadığı zaman aralığı kısaldıkça, tahminlerin duyarlılığı artmaktadır. Örneğin, işletmenin üç yıllık satışlarını model alan bir analiz, sekiz yılı model olarak yapılan bir analizinden daha duyarlı olmaktadır.
- Talep tahmin araştırmalarında sapmaları belirleyecek hata hesaplamaları mutlaka yapılmalıdır. Tahmin işlemi için kullanılan her model belirli bir standart

sapmaya göre analiz edilerek değerlendirilmelidir. Sapması en az olan model seçilmelidir.

- Miktar ve çeşit bakımından büyük olan ürün grupları için yapılan tahminler daha duyarlı olmaktadır. Bu tür tahminlerde ürün grupları büyük olduğu için birçok değişiklik olabilir. Bu değişiklikler elde edilecek sonucun belirli güven aralıklarına göre farklı olmasına sebep olabilir. Gruplar büyüdüğü takdirde, tahminler farklılık gösterecektir. Bu gibi durumlarda tahmin aralığını mümkün olduğu kadar düşük tutmak gerekir.

- Talep tahmin araştırması sonuçlarına göre uygulamaya geçilmeden önce bu bilgilerin doğruluğunun test edilmesi gerekir. Test aşamasında ortaya çıkan bir takım hatalar ve sapmaları düzeltmek üzere gerekli tedbirler alınmalıdır.

1.2.3. Talep Araştırması Aşamaları

Talep araştırması taleple doğrudan ilgili faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmadır. Talep araştırması; talep eğrisi, talep fonksiyonu, talep-fiyat ilişkisi, talebin fiyat esnekliği, talebin gelir esnekliği, üretim faktörleri, pazar dengesi gibi bilgiler ışığında yapılır. Talep araştırması, belirli prensiplerin göz önüne alınması koşuluyla başlıca 4 aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar şunlardır (Kobu, 1998: 82; Tekin, 2009: 263):

1. Talep Tahminiyle İlgili Bilgi Toplama: Araştırmanın değerini veya geçerliliğini etkileyen son derece önemli bir aşamadır. İlgili bilgilerin toplanmasında işletmenin kayıt sisteminin iyi olması kritik önemdedir. Geçmişe ait satış, tedarik, işlem zamanı ve maliyet kayıtları olmadan geleceği tahmin etmek oldukça güç olacaktır. Ayrıca araştırmacının, araştırma amaçlarını göz önüne alarak toplayacağı bilgilerin türü, kapsamı ve ayrıntısı konusunda doğru karar vermesi gerekir. Eksik veya istenenden fazla ayrıntılı bilgiler araştırmanın maliyetini yükselteceği gibi sonuçların duyarlılığını da olumsuz yönde etkileyecektir. Bu bilgilerin talebi etkileyen bütün faktörleri ve konuyla ilgili tüm değişkenleri göz önünde bulunduracak şekilde geniş ve detaylı bir araştırma sonucuna dayalı olması gerekir. Araştırmanın amacına bağlı olarak bilgiler

objektif ölçülere göre doğru ve tam olarak elde edilmelidir. Böylece araştırmadan elde edilmesi beklenen sonuçlar daha kolay sağlanabilecektir.

2. Talep Tahmin Periyodunun Tespit Edilmesi: Talep tahminiyle elde edilecek bilgilerin kullanılış amacı ile periyodun uzunluğu arasında yakın bir ilişki vardır. Örneğin, günlük iş emirlerinin hazırlanmasında yararlanılacak tahminlerin aylık periyotlarda yapılması son derece yanıltıcı sonuçlar verebilir. Çünkü, günlük değerlerdeki oynamalar aylık dönemlerde tamamen kaybolabilir.

3. Tahmin Yönteminin Seçimi ve Hata Hesabının Yapılması: Toplanan bilgilerin belirsizlik, duyarlık, değişim biçimi gibi nitelikleri ile uygulama amaçları kullanılacak yöntemin seçiminde göz önüne alınması gereken faktörlerdir. Duyarlı olmayan bilgilere çok ayrıntılı sonuçlar veren yöntemlerin uygulanması gibi çelişkili davranıştan kaçınılmalıdır. Ayrıntılı talep araştırması gerektiren durumlar için fazla ayrıntılı inceleme yapmayan yöntemlerin kullanılması, istenilen sonuçların elde edilmesini sağlamayabilir. Aynı ölçünün ve durumun, hata hesabında da dikkate alınması gerekmektedir.

4. Tahmin Sonuçlarının Geçerliliğinin Araştırılması: Çeşitli bilgilere dayanarak yapılan tahminlerle gerçek değerler arasındaki farkların sistematik biçimde tespiti ve nedenlerinin araştırılmasından ibarettir. Tahmin doğruluğu büyük ölçüde toplanan bilgilerin doğruluk derecesine bağlıdır.

Çalışmanın teorik bölümlerinin ilki olan birinci bölümde, tahmin kavramı tanımlanarak, tahmin ilke, yöntem ve aşamaları açıklanmıştır. Sonrasında çalışma konusunu oluşturan talep tahmini kavramsal düzeyde ele alınmıştır.

Bir sonraki bölüm olan ikinci bölümde; talep tahmininde kullanılan istatistiki yöntemler ele alınacak ve çalışmada kullanılan YSA yöntemi hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER

2.1. İSTATİSTİKSEL TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

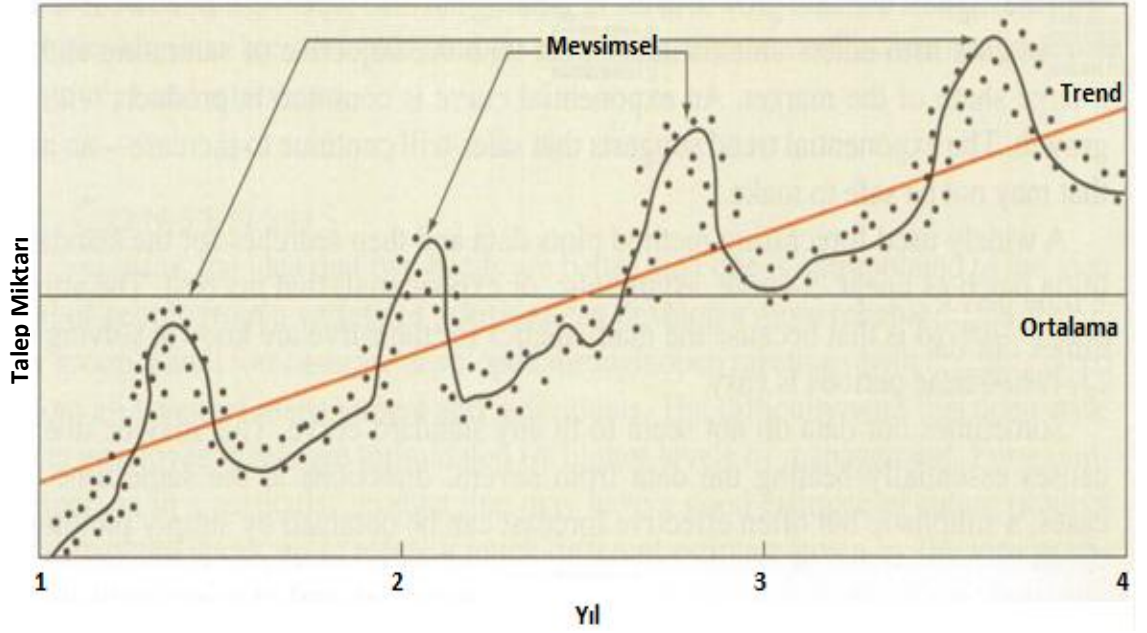
İstatistiksel yöntemler geçmişteki talep durumlarını, talebi etkileyen faktörleri ve ekonomik gösterge ilişkilerine göre analiz ederek, talep tahmini yapılmasını sağlar. İstatistikî yöntemlerle geçmiş olaylar incelenerek gelecekle ilgili projeksiyonlar sonucunda gelecekle ilgili talep hesaplanabilir (Tekin, 2009: 270).

İstatistikî yöntemlerle talep tahmini, günümüz koşullarında başvurulması zorunlu hale gelen bir yoldur. Talebi etkileyen faktörlerin çokluğu ve bunlar arasındaki ilişkilerin karmaşıklığı, tecrübe ve sezgiye dayanan yöntemleri geçersiz değilse bile yetersiz kılmıştır. Talep tahminlerinde kullanılan yöntemler, uygulamalı istatistiğin konuları arasındadır (Kobu, 1998: 85).

İşletmelerin ürettikleri mal ve hizmetlerin birbirinden farklı olması, kullanılan talep tahmin yöntemlerinin de farklı olmasını gerektirmektedir. Tüketici davranışlarının birbirinden farklı oluşu, bir tek talep tahmin yönteminin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Piyasadaki değişime göre farklı şekillerde uygulanan değişik tahmin yöntemleri bulunmaktadır. Uygulamada yaygın olarak kullanılan başlıca talep tahmin yöntemleri; görüş toplama yöntemi, ekonomik

göstergelere dayanan tahmin yöntemi, istatistiksel yöntemlerle yapılan talep tahminleridir (Tekin, 2009: 268).

Birçok durumda, ürün ve hizmetler için talep; periyodik ortalama talep, trend, mevsimsel etki, dönemsel (konjonktürel) etki, rastsal değişim ve otokorelasyon bileşenlerinden oluştuğu söylenebilir. Bu bileşenlerden dört tanesi olan ortalama talep, trend, mevsimsellik ve rastsalılık aşağıda Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Mevsimsel Talep ve Trend Gelişiminden Oluşan Ürün Talebi.

Kaynak: Chase, Jacobs ve Aquilano, 2004: 469.

Şekil 2.1’de talep miktarında belirleyici olan mevsimsellik, trend, periyodik ortalama talep belirtilmiştir. Rastsalılık bileşeni ise talep eğrisi çevresinde nokta şeklinde gösterilmiştir.

Bahsedilen talep bileşenlerinden dönemsel (konjonktürel) faktörleri belirlemek daha zor olabilir, çünkü zaman genişliği bilinmeyebilir veya dönemin nedeni hesaba katılmayabilir. Talep üzerindeki dönemsel etki, genel/yerel seçimler, savaş, ekonomik koşullar veya sosyolojik baskılar gibi durumlardan kaynaklanabilir.

Rastsal değişimler, şansa/olasılığa dayalı olaylardan meydana gelir. İstatistiksel olarak, toplam talepten elde edilen tüm talep bileşenlerini bildiğimizde,

geriye talebin açıklanamayan kısmı kalır. İşte bu kalan kısmı tanımlayamadığımızda, ancak rastsal şans/olasılık olarak varsayabiliriz.

Otokorelasyon ise olayın sürekliliğini ortaya koyar. Daha açıkçası, herhangi bir anda beklenen değer, büyük ölçüde kendi geçmiş değerlerine bağlıdır. Talep rastgele veya gelişigüzel olduğunda en fazla haftalık olarak değişebilir. Yüksek otokorelasyon olduğunda, talebin bir haftadan sonraki haftaya çok fazla değişmeyeceği beklenir (Chase, Jacobs ve Aquilano, 2004: 467).

İstatistiksel yöntemlerle yapılan talep tahmin yöntemleri oldukça çeşitlidir. Bu bölümde en çok kullanılan istatistiksel talep tahmini yöntemlerine yer verilmiştir. Öncelikle geleneksel talep tahmin yöntemlerinden Regresyon Analizi, Korelasyon Analizi ve Zaman Serileri Analizine dayalı yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Ardından talep tahmininde sıkça kullanılan yapay zeka teknikleri olan Bulanık Mantık ve Genetik Algoritmalar tanıtıldıktan sonra çalışmanın yöntemini oluşturan Yapay Sinir Ağları ile ilgili detaylı bilgilere yer verilmiştir.

2.1.1. Nedensel Yöntemler

Nedensel yöntemler bağımlı (açıklanan) ve bağımsız (açıklayıcı) değişkenlerin bulunduğu regresyon analizi ve ekonometrik modelleri kapsamaktadır. Regresyon ve ekonometrik modellerle gelecek dönem tahminleri yapmak oldukça sınırlıdır. Bu yöntemlerle bağımlı değişkenin gelecek dönemdeki tahminini elde edebilmek için, bağımsız değişkenlerin gelecek dönemdeki değerlerinin bilinmesi veya tahmin edilmesi gereklidir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 24).

Burada bu yöntemlerden en çok kullanılan regresyon analizi ve korelasyon yöntemi ile ilgili bilgilere yer verilecektir.

2.1.1.1. Regresyon Analizi

İlişkisel tahmin modelleri içerisinde en yaygın bilinirliğe sahip olan yaklaşım regresyon analizidir. Regresyon analizi, bağımlı bir değişken ile bağımsız bir değişken arasındaki ilişkiyi belirler. Bağımlı değişken, regresyon eşitliği içerisinde bağımsız değişkenler ile uygun parametrelerin (sabitlerin) bir fonksiyonu olarak

tanımlanır (Stevenson, aktaran Top ve Yılmaz 2009: 243). Bu fonksiyona regresyon denklemi adı verilmektedir. Regresyon denklemi yardımıyla bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi kuran parametrelerin değerleri tahmin edilir. Bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin tahmin edilmesi, bu değişken üzerinde geliştirilecek plan ve politikalarda hangi değişkenlerin önem kazandığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu teknik sayesinde, hangi faktörlerde nasıl bir değişiklik yapılarak ilgilenilen değişkende artış veya azalış meydana geleceği ortaya çıkarılabilmektedir (Orhunbilge, 2002: 5).

Basit doğrusal regresyon modeli;

a: Sabit Katsayı,

b: Regresyon katsayısı,

X: Bağımsız değişken,

Y: Bağımlı değişken,

e: Hata terimi, olmak üzere

$$Y = a + bX + e \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir. İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişki doğrusal veya eğrisel olabilmektedir. Eşitlik 2.1’de gösterilen basit doğrusal regresyon ile birlikte çoklu doğrusal regresyon, eğrisel ve üssel regresyon modelleri (denklemleri) de bulunmaktadır. Bunlara ait matematiksel denklemler aşağıdaki gibidir (Wei, 1990: 19).

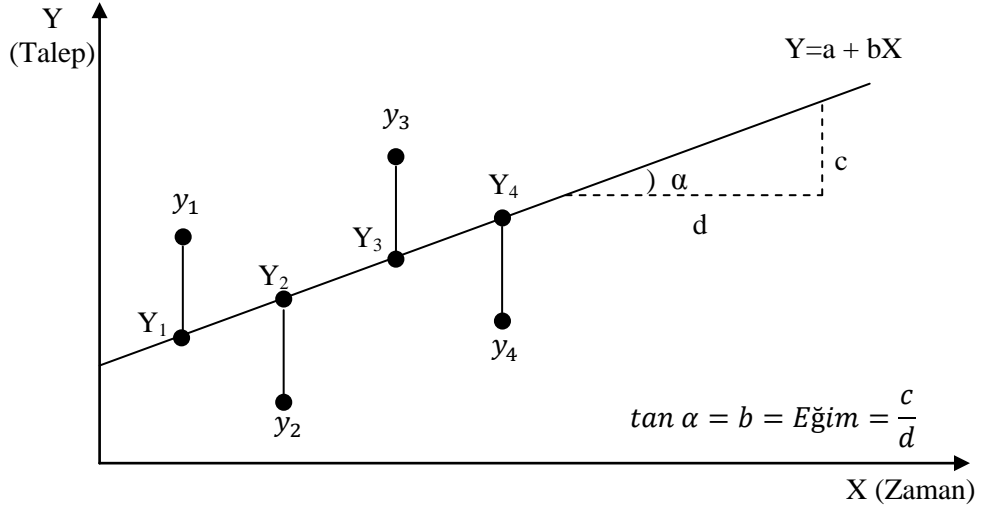
$$\text{Çoklu Doğrusal Regresyon} : Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e \quad (2.2)$$

$$\text{Eğrisel Regresyon} : Y = a + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_nX^n + e \quad (2.3)$$

$$\text{Üssel regresyon} : Y = a \cdot b_1^X \quad (2.4)$$

Yukarıdaki eşitliklerdeki a ve b değerlerinin bulunması, eğilim hesaplamalarında en çok kullanılan En Küçük Kareler Yöntemi ile yapılır. Bu yöntem, iki değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesi için en uygun doğrunun çizilmesi esasına dayanır. Doğrunun tanımlanması için doğrunun bağımlı değişken

eksenini kestiği noktanın ve doğrunun eğiminin bilinmesi gerekir. Çizilen doğru üzerindeki bağımlı değişken değerleriyle, gerçek değerler arasındaki farkın karelerinin toplamını minimum yapacak doğru bulunmaya çalışılır (Tekin, 2009: 270). Bu yöntemi grafiksel olarak Şekil 2.2’de şöyle gösterebiliriz.



Şekil 2.2: En Küçük Kareler Yöntemi

Kaynak: Karahan, 2011: 45.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi tahmin değerleri (Y_i) ile gerçek değerler (y_i) arasındaki farkların kareleri toplamını minimum yapacak değerlere göre talep doğrusu belirlenir.

2.1.1.2. Korelasyon Analizi

Regresyon analizi ve zaman serileri analizi dışında, değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini tanımlamak için kullanılan teknik ise korelasyon analizidir. Korelasyon analizi çoğunlukla, bağımlı değişkenin değişkenliğini regresyon doğrusunun ne kadar iyi açıkladığını ölçmek için kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için de kullanılabilir. İki değişken arasındaki ilişki, korelasyon katsayısı ve belirlilik katsayısı olarak adlandırılan iki parametre ile belirlenmektedir (Tütek ve Gümüşoğlu, 2000: 197).

Korelasyon, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini veya yakınlığını korelasyon katsayısı cinsinden ifade eder. Bu katsayı, gözlem noktalarının regresyon doğrusu karşısında gösterdiği değişkenliğin dolaylı bir ölçüsüdür (Monks, 1996: 47).

Korelasyon katsayısı (r) ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında bir değer alır. Buradaki y ile x değerleri beraber artıyorsa pozitif; x arttığında y düşüyorsa negatif bir değer alır. İki değişken arasında bir ilişki olmaması durumunda $r = 0$ değerini alır. Başka bir deyişle, sifıra yakın bir korelasyon katsayısı ilişkinin zayıf; +1'e yakın korelasyon katsayısı ilişkinin kuvvetli pozitif, -1'e yakın bir korelasyon katsayısı ise ilişkinin kuvvetli negatif olduğunu gösterir. Korelasyon katsayısının işareti, her zaman b katsayısınınkiyle aynıdır; yani regresyon doğrusunun eğiminin negatif olması halinde, korelasyon katsayısının değeri de negatif olacaktır (Üreten, 2005: 137).

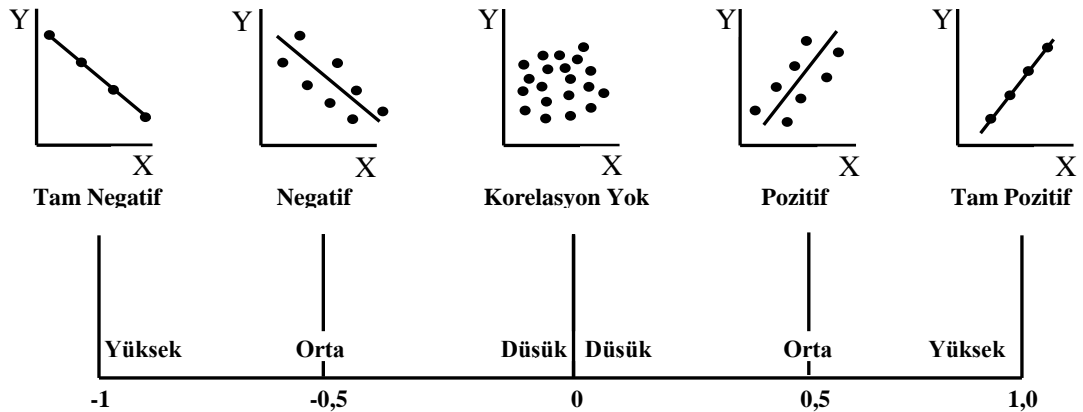
Korelasyon katsayısının aldığı değerler Tablo 2.1'deki gibi yorumlanmaktadır (Tekin, 2009: 276):

Tablo 2.1: Korelasyon Katsayısı Değerleri ve Yorumu

Korelasyon Katsayısının Değeri	Yorumu
0,90 - 1,00	Çok yüksek korelasyon
0,70 - 0,90	Yüksek korelasyon
0,40 - 0,70	Normal korelasyon
0,20 - 0,40	Düşük korelasyon
0,00 - 0,20	Çok düşük korelasyon

Kaynak: Tekin, 2009: 276.

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi korelasyon katsayısı sifıra yakınsa zayıf, bire yakınsa kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. İki değişken arasındaki ilişkiye göre değişen korelasyon değerleri ve aldıkları şekiller grafik olarak, Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Korelasyon Tipleri.

Kaynak: Monks, 1996: 50.

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi x ve y değerleri arasındaki ilişkiler, pozitif ve negatif yönde -1 ile +1 arasında değişir.

2.1.2. Zaman Serisi Analizine Dayanan Yöntemler

Zaman serisi herhangi bir olaya ilişkin gözlem değerlerinin zamana göre sıralanmasıyla oluşturulan dizilerdir (Kaynar ve Taştan, 2009: 162). Zaman serileri analizi ise, bir işletmenin geçmiş satışları incelenerek belirli bir eğilim olup olmadığına bakılarak, gelecekle ilgili talep tahminlerinin yapılmasıdır (Tekin, 2009: 279). Zaman serileri analizleri, geçmiş verilerin zaman içinde gösterdiği davranışı esas alır. Bundan amaç, geçmiş verilere bakılarak gelecekle ilgili tahminlerin yapılmasıdır. (Üreten, 2005: 141).

Zaman serilerine ilişkin veriler olasılıklı (stokastik) bir yapıdadır. Yani zamanın belli anlarında rastsal değerler alırlar ve bu değerlerin önceden bilinmesi mümkün değildir. Bu verilerin normalde, nasıl bir fonksiyonel yapıya bağlı olarak oluştuğu tam olarak hiçbir zaman bilinmez. Ancak çeşitli istatistiksel test ve analiz araçları kullanılarak elde edilen bulgular yardımı ile sahip oldukları fonksiyonel yapıya dair ipuçları elde edilebilir (Aygören, Sarıtaş ve Moralı, 2012: 75). Zaman serisi verileri, genellikle zaman içerisinde tekrarlanan günlük, haftalık ve yıllık gibi eşit zaman aralıklarında ölçülür (Han ve Kamber, 2006: 489).

Zaman serisi analizinde geçmiş veri, trend, mevsimsel, dönem (konjonktür), rastgele, otokorelasyon gibi çok çeşitli unsurları içinde barındırır. Burada karar verilmesi gereken verilerin nasıl derinlemesine analiz edileceğidir. Örneğin hareketli ortalama teknikleri gözlenen veriyi yeterli bulurken Box-Jenkins gibi daha karmaşık teknikler daha iyi bir tahmin elde etmek için veriyi istatistiksel olarak analiz eder ve trend ve dönem olmak üzere iki bileşene ayırır (Chase ve Aquilano, 1981: 70).

Bir zaman serisi analizinde kullanılan geçmişe ait bilgilerde değişmelere neden olan dört unsur vardır (Kobu, 1998: 93-94):

- Trend (Eğilim): Zaman serisinin uzun vadedeki değişme yönünü gösterir. Pozitif doğrusal eğilim, bağımsız değişkende birim zamandaki artışın sabit olduğu

anlamına gelir. Bundan başka negatif doğrusal eğilim, sabit yüzdeli artış veya azalış, S eğrisi sık rastlanılan trend şekilleridir.

- Mevsimsel Değişmeler: Doğal koşulların veya insan gelenek ve davranışlarının neden olduğu değişmelerdir. Isıtma cihazı satışlarının kış mevsiminde artması, elektrik enerjisi talebinin günlük değişimleri, giyim ve hediyelik eşya satışlarında bayramlardan önce görülen artışlar mevsimsel dalgalanmalara örnek gösterilebilir.

- Uzun Vadeli Dalgalanmalar: En az üç yılı kapsayan uzun vadeli trend doğrusu etrafında meydana gelen değişmelerdir. Ulusal ekonomideki hızlı gelişme, depresyon ve durgunluk dönemleri bu tür değişimlere örnek verilebilir. Bunların önceden tahmini veya meydana geliş nedenlerinin açıklanması çok güçtür.

- Tesadüfi Değişmeler: Meydana geliş nedenleri belli olmayan ve sistematik bir değişim şekli göstermeyen değişmelerdir. Önceden tahmin edilmeleri çok güç olduğundan önlenmesi için bir girişimde bulunulmaz. Ancak olumsuz etkilere karşı stokta mal tutmak, yedek parça bulundurmak, nakit gücünü arttırmak gibi önlemler alınır.

Zaman serisine dayalı tahminlemede geçmiş bilgilerin barındırdığı bu bilgilere göre talebin nasıl bir davranış göstereceği analiz edilmeye çalışılır.

Zaman serisi analizine dayalı birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar; Basit Grafik Yöntemi, Mekanik Tahmin Yöntemi, Ortalama Yöntemleri, Üstel Düzeltme Yöntemleri, Trend Analizi ve Box-Jenkins Yöntemi'dir. Bu yöntemlerden uygulamada hangisinin kullanılacağına karar verirken, aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır (Chase, Jacobs ve Aquilano, 2004: 473):

- Tahmin periyodu,
- Veri mevcudiyeti veya bulunabilirliği,
- Gerekli doğruluk düzeyi,
- Tahminleme bütçesinin büyüklüğü,
- Kalifiye personelin mevcudiyeti veya bulunabilirliği.

Tahmin yönteminin seçiminde yukarıda belirtilen unsurların yanında, firmanın esnekliği ile tahmin sonuçlarının yol açacağı durum da göz önüne alınmalıdır. İşletmeler tahmin sonuçlarına göre gerekli değişimi gösterebilmelidir. Ayrıca tahmine dayalı büyük bir yatırım kararı verilecekse, bu iyi bir tahmin olmalıdır. Kötü bir tahminin sonuçları çok iyi hesaplanmalıdır.

Zaman serisi analizinde geleceğin tahmini geçmişe ait bilgilere dayanılarak yapıldığından, söz konusu bir olayda geçmişteki davranış biçiminin gelecekte de devam edeceği varsayılır. Bu nedenle istikrarsız veya ani ve beklenmedik değişimlerin olduğu ortamlarda bu yöntemin kullanılması önerilmemektedir (Kobu, 1998: 93).

Daha önce de belirtildiği gibi çok çeşitli zaman serisi analizi tahmin yöntemleri bulunmaktadır. Burada sırasıyla en çok kullanılan yöntemler olan; Hareketli Ortalamalar Yöntemi, Üssel Düzeltme Yöntemi ve Box-Jenkins yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

2.1.2.1. Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Hareketli ortalamalar yöntemi, talep içinde bulunulan koşullar ve mevsimlik değişimlerin incelenmesi yoluyla, değişimlerin talep üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 104). Eğer bir ürün talebinde hızlı bir artış veya azalış yoksa ve mevsimsel karakter bulunmuyorsa, tahminleme için rastsal dalgalanmaların kaldırılmasında bu yöntem yararlı olabilir (Chase, Jacobs ve Aquilano, 2004: 473):

Bir zaman serisi ne kadar tesadüfilik içeriyorsa ortalamadan sapma da o derece fazla olmaktadır. Bu tesadüflük durumunu ortadan kaldırmak için son gözlem değerlerinin ortalamasını almak uygun olabilir. Hareketli ortalamalar yöntemi bu amaçla, geçmiş verileri alarak bunların ortalamasını bulmakta ve bu ortalamayı gelecek dönem için öngörü olarak kullanmaktadır. Hareketli ortalamaya dahil edilecek gözlem sayısı öngörüyü yapacak kişi tarafından belirlenmekte ve sabit kalmaktadır. Hareketli ortalama teriminin kullanılmasının sebebi; seriye eklenen her

yeni değer ile birlikte yeni bir ortalamanın hesaplanabilmesi ve bunun öngörü olarak kullanılabilir olmasıdır (Makridakis ve Wheelwright, aktaran uhadar 2006: 76).

Hareketli ortalama, her seferinde en eski değeri çıkarmak ve yeni değeri eklemek yoluyla belli sayıda döneme ilişkin değerlerin tekrarlı olarak ortalamasının alınmasıyla elde edilir. Hareketli ortalamalar, genel veri düzenini korumakla birlikte, verilerdeki dalgalanmaları düzeltebilmektedir. Ancak, hareketli ortalamalar bir tahmin denklemi oluşturmamakta ve veri serilerinin son dönemlerine ilişkin tahmini değerlerin elde edilmesini sağlamamaktadırlar (Monks, 1996: 42).

Hareketli ortalamalar yöntemi, uzak geçmişten çok, yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem için satış tahminini yapar. Örneğin geçmiş tarihi dönem verilerinin üçü, dördü veya beşi alınarak, en son gerçekleşen dönem bunlara ilave edilir. Daha sonra, bu verilerin ortalaması, bir sonraki dönem satış miktarı olarak kabul edilir (Karahana, 2011: 49).

2.1.2.2. Üstel Düzeltme Yöntemleri

Üstel düzeltme, geçmiş dönem verilerine eşit ağırlık veren basit hareketli ortalamalar yöntemine benzeyen, ancak geçmiş dönem verilerine eşit değil farklı ağırlıkların verildiği yöntemler topluluğudur. Üstel terimi, verilen ağırlıkların veriler geçmişe gittikçe üstel bir şekilde azalması anlamını taşır. Diğer bir ifadeyle tahminde kullanılan geçmiş dönem verilerinden yakın geçmişte gerçekleşenlere yüksek, veriler geçmişe gittikçe üstel olarak azalan ağırlıklar verilmektedir. Hareketli ortalamalara oranla en önemli üstünlüğü bu özelliğidir. Doğal olarak en yakın geçmiş verilerin geleceğe etkisi, daha önceki verilere göre fazla olacaktır (Orhunbilge, 1999: 95).

Üstel düzeltme yöntemleri de, hareketli ortalamalar yönteminde olduğu gibi, sürecin sabit olduğunu varsayar. Bununla birlikte, hareketli ortalamalar yöntemindeki ortalamaların hesaplanmasında verilere aynı ağırlıkların verilmesindeki eksikliği gidermek için tasarlanmıştır. Üstel düzeltme en son gözlemlenen verilere daha fazla ağırlık verir (Taha, 2010: 503).

Üstel düzeltme yönteminde, düzleştirme katsayılarının değerlerinin belirlenmesi büyük önem taşır. Bu katsayıların belirlenmesindeki temel amaç;

uygulanan modelin hata kareleri ortalamalarını en küçük yapan düzeltme katsayısı değerlerini bulmaktır (Kadılar, 2005: 154).

Üstel Düzeltme yöntemlerinin en önemli özellikleri kolay uygulanabilir ve düşük maliyetli oluşlarıdır. Bir diğer üstünlükleri de her gerçekleşen yeni dönem verilerinin modele hemen dahil edilebilmesi ve yeni dönemlerin tahminlerine hemen katkıda bulunabilmeleridir (Orhunbilge, 1999: 95). Yöntem, kısa dönemli öngörülerde sağlıklı sonuçlar vermesi nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. Basit bir yapıya sahiptir ve fazla teknik bilgiye ihtiyaç duyulmadan uygulanabilmektedir. Eğer seride trend ve mevsimsellik varsa bu değişimlerin tipi göz önüne alınarak, farklı varsayımlar doğrultusunda, farklı düzeltme modelleri ile tahmin yapılmaktadır (Çekerol ve Ulukan, 2012: 115).

2.1.2.3. Box-Jenkins Yöntemi

Box-Jenkins yöntemi tek değişkenli bir model olarak, geleceği tahmin etme metodlarından biridir. Kısa dönem tahmininde oldukça başarılı olan bu yöntemin uygulandığı serinin, eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması en önemli bir varsayımdır.

Box-Jenkins yönteminin ihtiva ettiği modeller; zamana bağlı tesadüfi karakterde olaylar ve bu olaylarla ilgili zaman serilerinin ise stokastik süreç olduğu varsayımına bina edilerek geliştirilmiştir. Ayrıca iç bağımlılık (otokorelasyon) en etkili biçimde dikkate alınmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı Box-Jenkins modellerine doğrusal durağan stokastik modeller de denmektedir (Bircan ve Karagöz, 2003: 50).

Bu bağlamda kısaca durağan ve durağan olmayan zaman serilerine değinmek gerekmektedir. Zaman serisi modeli geliştirilmesi aşamasında, elde edilen stokastik sürecin zamana bağlı olarak değişip değişmediğinin bilinmesi gerekir. Stokastik sürecin zaman boyunca değişmesi, serinin durağan olmadığını göstergesidir ve bu durumda seriyi cebirsel olarak modellemek mümkün olmamaktadır. Durağanlık serinin geçmişte, şimdi ve gelecekte benzer olduğu anlamındadır (Çekerol ve Ulukan, 2012: 144).

Durağanlık varsayımı; y_t k tane kendi eski ya da gecikmeli değerleri ve olasılıklı hata terimleri ile açıklanabilmektedir. Amacı, örneklem verilerini türettiği düşünülebilecek bir istatistik modelini belirlemek ve tahmin etmektir. Tahmin edilen bu model kestirim için kullanılacaksa, modelin özellikleri zaman içinde, özellikle de gelecek dönemlerde değişmemelidir. Öyleyse durağan veri gereksiniminin basit nedeni, bu verilerden çıkarılan herhangi bir modelin de durağan ya da kararlı olabilmesi, dolayısıyla da kestirim için geçerli bir temel sağlayabilmesi gerektiğidir (Gujarati, aktaran Önder ve Hasgöl 2009: 65).

Box-Jenkins Yöntemi ile tahmin edilen zaman serisi modelleri; Otoregresif (Auto Regressive-AR) Modeli, Hareketli Ortalama (Moving Avarage-MA) Modeli, Otoregresif-Hareketli Ortalama (Autoregressive Moving Avarage-ARMA) Modeli ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (Auto Regressive Integrated Moving Avarage-ARIMA) modelidir. AR(p), MA(q) ve bunların bileşimi olan ARMA(p,q) modelleri durağan süreçlere uygulanırken, ARIMA(p,d,q) modelleri durağan olmayan süreçlere uygulanmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2004: 228).

2.1.2.3.1. Otoregresif (Auto Regressive-AR) Modeli

Literatüre Yule (1927) tarafından kazandırılan bu model, eğer bağımlı değişken, geçmişteki değerinin bir fonksiyonu ise veya zaman serisi kendi gecikmeli değerlerinin bir fonksiyonu şeklinde ifade ediliyorsa bir AR (AR; Autoregressive Process) modelinde, otoregresif süreç; AR (p) olarak adlandırılır. Süreç, zaman içinde verilerin değişmeyeceği varsayımına dayanmaktadır. Bir otoregresif sürece sahip denklem aşağıdaki gibi yazılabilir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 147);

$$F_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.5'te;

δ : kesme parametresi olan sabit terim

ϕ_p : Gecikmeli değerlerin şimdiki değerle olan ilişkisini temsil eden parametre

ε_t : Hata terimi (sıfır ortalamalı ve sabit varyansa sahip korelasyonsuz tesadüfi değişken)

2.1.2.3.2. Hareketli Ortalama (Moving Avarage-MA) Modeli

“ t ” dönemindeki bir değişkenin değeri aynı dönemdeki hata terimi ve hata teriminin önceki dönemlere ait gecikmeli değerleri ile belirleniyor yani gecikmeli hata terimi, şimdiki hata terimini etkiliyorsa, bu sürece hareketli ortalama süreci; MA (MA; Moving Average Process) adı verilmektedir. MA (q) olarak ifade edilen q . dereceden hareketli ortalama modeli aşağıdaki gibi yazılabilir (Çekerol ve Ulukan, 2012: 147).

$$F_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.6)$$

Eşitlik 2.6’da;

μ ; İlişkiyi belirleyen bilinmeyen sabit terim.

θ_q ; Herhangi bir dönemdeki gözlem değeri ile aynı döneme ve geçmiş dönemlere ait hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösteren parametre.

2.1.2.3.3. Otoregresif Hareketli Ortalamalar (AR-MA) Modeli

Zaman serisi modellerinde esneklik sağlamak için en az sayıda parametre kullanma ilkesini gerçekleştirmek amacıyla modele hem otoregresif hem de hareketli ortalama parametrelerinin alınması birçok faydalar sağlamaktadır. Bu düşünce ARMA (p, q) modelini ortaya çıkarmıştır (Kayım, aktaran Bircan ve Karagöz 2009: 51). Model hem AR hem de MA bileşenleri ile p ve q . dereceden olmak üzere ARMA (p, q) modeli aşağıdaki eşitlik 2.7’de ifade edilebilir.

$$F_t = \delta + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.7)$$

2.1.2.3.4. Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar (ARIMA) Modeli

Zaman serisinin durağan olduğu durumlarda, AR(p), MA(q) ve ARMA(p, q) modellerinden uygun olanı kullanılabilir. Ancak gerçekte zaman serilerinin ortalamasının ve varyansının zamana bağlı olarak değiştiği gözlemlendiğinden durağan olmayan durumu ifade etmektedir. Bu tip zaman serileri durağan hale getirildiğinde

ARMA(p,q) modellerinin kullanımı uygun hale gelebilir. Durağanlaştırma işlemi fark alma işlemleri ile yapılabilir ve doğrusal trendi olan zaman serisinin birinci dereceden farkının alınması, zaman serisini durağan hale getirir. Ancak zaman serisinin eğrisel bir trendi varsa ikinci dereceden farkının alınması ile seri durağanlaşabilir. Durağanlaştırılan seri ARIMA(p,d,q) modeli olarak ifade edilir. Burada d serinin durağanlaştırma parametresidir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004: 228).

AR, MA ve durağan olmayan entegre (I) sürecinin bileşiminden oluşan ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) süreci, en popüler doğrusal süreçlerden biri olmakla birlikte, bir çok zaman serisi tekniğini kapsamaktadır (Çekerol ve Ulukan, 2012: 148). ARIMA modeline ait matematiksel denklem ise şöyledir:

$$F_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \Delta^d y_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.8)$$

Eşitlik 2.8'de;

Δ^d : Δ fark alma operatörünü, d fark alma derecesini gösterir. Yani entegrasyon işlemi anlamına gelir.

Box-Jenkins yöntemi ile tahmin beş aşamada gerçekleştirilir (Kaynar ve Taştan, 2009: 166):

1. Serinin Durağanlaştırılması: Yöntemin uygulanabilirliği için seri ilk aşama olarak durağanlaştırılır.
2. Model Belirleme: Zaman serisine uygun Box-Jenkins modeli bu aşamada belirlenir.
3. Parametre Tahmini: Model belirleme aşamasında belirlenen modele ilişkin parametrelerin tahmin edildiği aşamadır.
4. Uygunluğun Testi: Modelin veri setine uygunluğunun istatistiksel yöntemlerle test edildiği bu aşamada model uygun bulunursa son aşamaya geçilir, uygun bulunmazsa başka bir modelin belirlenmesi için ilk aşamaya dönlür.
5. Tahmin: Seçilen en uygun model tahmin için kullanılır.

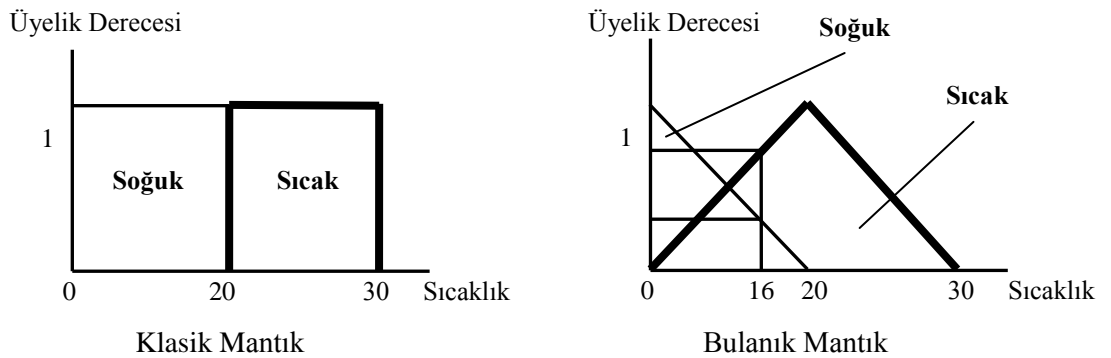
2.1.3. Yapay Zeka Yöntemleri

Günümüzde yapay zeka bir çok alanda olduğu gibi tahmin çalışmalarında da başarıyla uygulanmaktadır. Bu kısımda, tahmin çalışmalarında en çok kullanılan bulanık mantık ve genetik algoritmalara kısaca yer verilmiştir. Bu çalışmada yöntem olarak yapay sinir ağları kullanıldığı için ilerleyen bölümlerde daha geniş bir şekilde açıklanacaktır.

2.1.3.1. Bulanık Mantık

Bulanık küme fikri ilk olarak, sadece iki olasılığa sahip Aristo mantığı yerine bulanık mantığı geliştiren Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh, bulanık mantık kavramında, Aristo'nun 1 veya 0, var veya yok gibi iki kesin ve ayrı durum içeren klasik küme mantığının yerine insan düşüncesine daha yakın olarak belirli değer aralıklarını sözel ifadelerle tanımlayarak, kümeler arası geçişe esneklik kazandırmış ve gerçek yaşamdakine benzetmiştir.

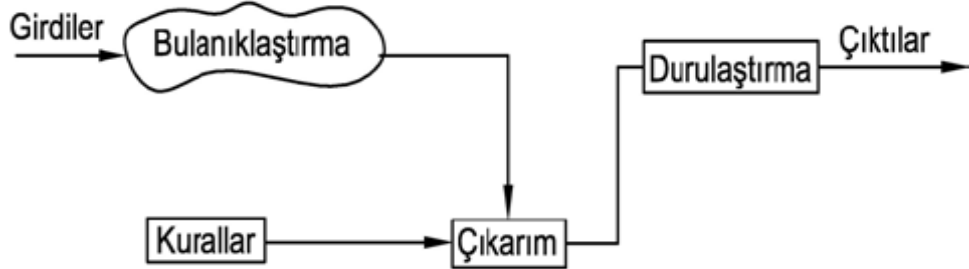
Bu durum basitçe şu şekilde açıklanabilir. Örneğin Şekil 2.4'te görülen klasik küme teorisinde sıcaklık eğer 16 °C ise soğuktur. Yine aynı şekilde görüldüğü gibi bulanık küme teorisinde 16 °C sıcaklık için "sıcaktır" veya "soğuktur" diye kesin çizgilerle ayrılmış yargılar kullanılamaz. Çünkü 16 °C sıcaklık değerinin belli bir derecede sıcak kümesine ve belli bir derecede soğuk kümesine üyeliği bulunmaktadır. Şekil 2.4'de gösterilen küme mantığı insanın düşünme yeteneğine daha uyumlu bir yapıdadır (Subaşı, Beycioğlu ve Çullu, 2010: 47).



Şekil 2.4: Klasik Mantık ile Bulanık Mantığın Karşılaştırılması.

Kaynak: Subaşı, Beycioğlu ve Çullu, 2010: 47.

Bulanık mantık genel bir terimdir ve durulaştırma, bulanık kümeler vb. farklı öğelerin meydana getirdiği bir sistemi temsil eder. Bir bulanık mantık sistemi ve öğeleri arasındaki ilişkiler, Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Bulanık Mantık Sistemi ve Temel Öğeleri

Kaynak: Demir ve Gerçek, 2006: 66.

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, bulanık mantık sisteminde bilgiler öncelikle bulanıklaştırılmakta, ardından kurallara göre çıkarımlar durulaştırma işlemi ile biçim değiştirilerek çıktı biçimine dönüştürülmektedir.

Bulanık mantık sisteminde, girdi değerleri genellikle kesin değerlerdir ve bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir. Bulanık kümeler içine kesin sayıların haritalanması, bulanıklaştırıcı tarafından yerine getirilmektedir. Kurallar, “eğer - ise” önermelerinin oluşturduğu bulanık mantığı esas alır. Tipik bir “eğer - ise” kuralını şöyle örnekleyebiliriz:

Eğer su miktarı “çok fazla” ise basınç dayanımı “çok düşük” tür.

Çıkarım mekanizması, bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğu olarak tanımlanabilir. Durulaştırıcı ise bulanık çıkarım motorundan elde edilen bulanık küme çıkışlarını ölçek değişikliğine uğratarak gerçek sayılara dönüştürür (Kişi, Karahan ve Şen, 2003: 48). Model sonuçlarının alındığı durulaştırma biriminde en büyük üyelik ilkesi, ağırlık merkezi (centroid) yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi, ortalama en büyük üyelik gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı ise ağırlık merkezi (centroid) yöntemidir (Polat ve Özel, 2012: 28).

Bulanık çıkarım sistemleri için çok sayıda ve değişik modeller bulunmaktadır. Bu modellerden en sık kullanılanlar Mamdani, Tsukamoto ve Sugeno tipi çıkarım sistemleridir.

Bulanık mantığın sağladığı en büyük fayda, insana özgü kavramların modellenebilmesi ve belirsiz durumların sayısallaştırılarak matematiksel olarak ifade edilebilmesidir. Günlük yaşamımız, birçok belirsizliği bünyesinde barındırmaktadır. Sistemlerin günümüz gelişmiş dünyasında modellenmesi, karmaşıklıktan uzaklaştıkça kolaylaşmakta, ancak karmaşıklıktan uzak modellerin gerçeği yansıtmaları azalmaktadır. Karmaşıklık ile kesin olmamak birbiri ile ilişkilidir ve modeller karmaşıklıktıkça gerçeği temsil etme oranı artmaktadır.

Bulanık mantığın avantajları, günlük hayattaki karmaşık tanımlamaları basit bir şekilde ifade edebilmesi; deneyimleri ve beklentileri ifade edebilmesi; birçok karmaşık kural gerektiren işlemi basit kurallarla ifade edebilmesi ve kullanıcı girişlerine olanak tanımasıdır. Üyelik fonksiyonlarının seçiminin kişiden kişiye değişmesi; deneyimlere bağlılığın çok olması ve kararlılık analizlerinin yapılmasına olanak vermemesi ise başlıca dezavantajlarıdır (Arslan ve Gürel, 2008: 57).

2.1.3.2. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar, araştırma ve optimizasyon algoritmaları olup, canlılardaki doğal gelişim prensibine dayanmaktadır. Genetik Algoritmalar, çözüm uzayındaki her noktayı, kromozom adı verilen bir dizi ile kodlar. Her nesilde, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak yeni bir popülasyon oluşturur. Birkaç nesil sonunda, popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip üyeleri içerir.

Genetik Algoritmaların temel ilkeleri, 1975 yılında ilk kez Michigan Üniversitesi'nde John Holland tarafından konulmuştur. Holland evrim yasalarını genetik algoritmalar içinde eniyileme problemleri için kullanmıştır.

Genetik Algoritmalar, doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir. Bunun için “iyi”nin ne olduğunu belirleyen bir uygunluk (fitness) fonksiyonu ve yeni çözümler üretmek için yeniden

kopyalama (recombination), değiştirme (mutation) gibi operatörleri kullanır. Genetik Algoritmaların bir diğer önemli özelliği de bir grup çözümlerle uğraşmasıdır. Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyileri seçilip kötöleri elenebilmektedir.

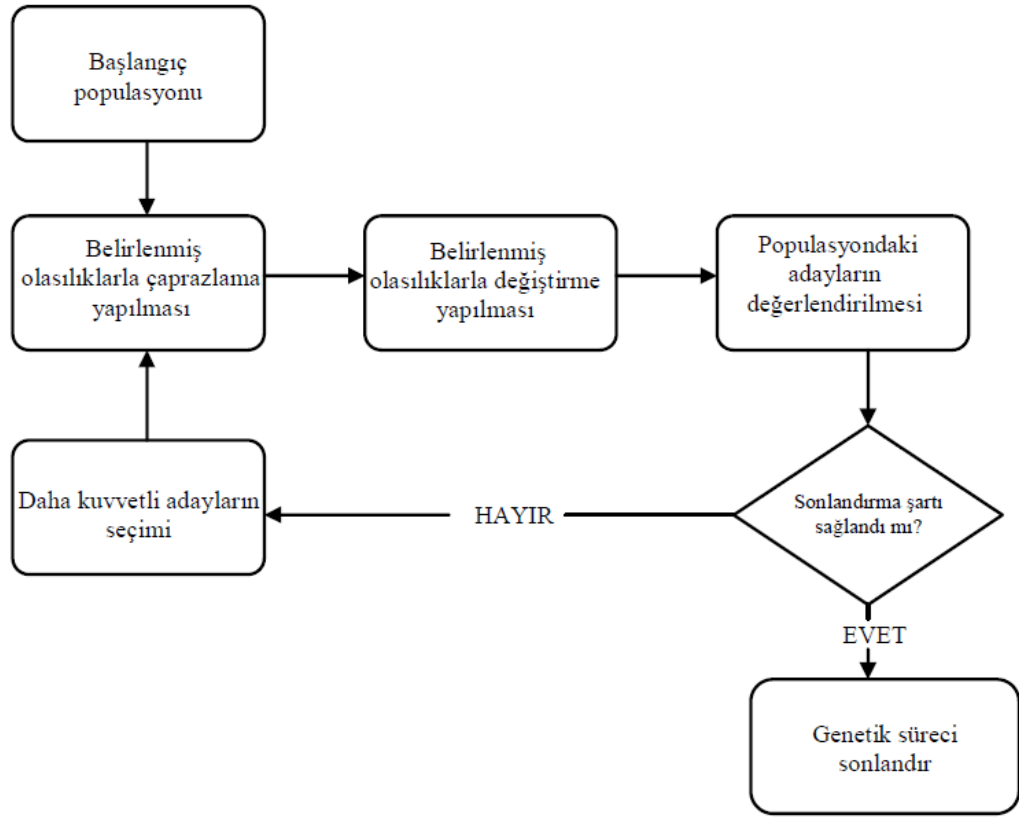
Genetik Algoritmalar, problemlerin çözümü için evrimsel süreci bilgisayar ortamında taklit ederler. Diğer optimizasyon yöntemlerinde olduğu gibi çözüm için tek bir yapının geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan meydana gelen bir küme oluştururlar. Problem için olası pek çok çözümü temsil eden bu küme, Genetik Algoritmalar terminolojisinde popülasyon adını alır. Popülasyonlar; vektör, kromozom veya birey adı verilen sayı dizilerinden oluşur. Birey içindeki her bir elemana gen adı verilir. Popülasyondaki bireyler, evrimsel süreç içinde Genetik Algoritmalar işlemcileri tarafından belirlenirler (Pakkan ve Ermiş, 2010: 80).

2.1.3.2.1. Genetik Algoritmaların Çalışma Prensipleri

Genetik algoritma, rassal arama tekniklerini kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan sezgisel bir arama tekniğidir (Goldberg, aktaran Gümüşoğlu, Erboy ve Özdağoğlu 2013: 264). Genetik algoritma, mevcut popülasyondan genlerini çocuklarına aktaracak olan aile adı verilen bireyleri seçer. Popülasyondan seçilen aile bireyleri bir sonraki popülasyondaki çocukları üretmek için kullanılır. Algoritma genel olarak yüksek uygunluk değerlerine sahip olan bireyleri seçer (Hall, aktaran Gümüşoğlu, Erboy ve Özdağoğlu 2013: 264). Genetik algoritmanın çalışma biçimi Şekil 2.6'da verilmiştir.

Şekil 2.6'da görölen Genetik Algoritmaların çalışma şekli, başlama, çaprazlama, mutasyon, değerlendirme ve seçme aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalar kısaca şöyledir (Mendi vd., 2008: 207-208):

Başlama: Başlangıçta bir nesil, genellikle rastgele yeni bir nesilden oluşturulmuş olan bir popülasyondur. Bu ilk adımda sonlandırma şartının belirlenmesi, algoritmanın kabul edilebilir çözüm bulunduğunda çalışmanın durdurulmasıdır.



Şekil 2.6: Genetik Algoritmanın Çalışma Biçimi.

Kaynak: Mendi vd., 2008: 206.

Çaprazlama: Çaprazlama yeni adayların üretilmesinde kullanılan genetik operatörlerden bir tanesidir. Genetik Algoritmanın başarısı bakımından çaprazlama önemli bir operatördür. Optimum çözüme yaklaşmak için yeni adayların çözümlere katılması ve çözüm uzayında optimuma doğru yaklaşmanın etkili bir şekilde sağlanması aşamasıdır.

Çaprazlama üç parçadan oluşan bir işlemdir. Birinci aşama popülasyon içerisinde iki adayın seçilmesi, ikinci aşama çaprazlamanın yapılacağı noktanın seçilmesidir ki bu birkaç noktadan veya yaygın olarak kullanılan düzenli çaprazlama yapılması aşamasıdır. Üçüncü aşama ise, bu seçim sonrası yeni bireyin oluşturulmasıdır.

Mutasyon: Genetik Algoritmada mutasyon popülasyondaki adayların içerisinde yeni özelliklerin ortaya çıkartılmasına neden olan bir operatördür. Mutasyon yapılması durumunda yeni adaylar diğerlerinden kötü olma sonucunun

yanında bazen de onların bu özellikleri onları daha iyi olmasına neden olur. Mutasyon operatörü gelişigüzel olarak adayın bir geninin başka bir genle değiştirilmesi işlemidir. Popülasyondan mutasyona uğrıtılacak bir aday seçilir ve adayın üzerinde yerleştirilmiş olan bir genle başka bir geni yer değiştirilir.

Değerlendirme: Genetik operatörler etkili bir şekilde kullanımı sonrası popülasyondaki her yeni adayın uygunluk durumunun hesaplanmasıdır. Bu değerlendirme aşamasında, fonksiyonun kromozom kodları çözülerek kromozomların uygunluk durumu hesaplanır.

Seçme: Bu prosedür, popülasyondaki en zayıf bireylerin elimine edilmesi, daha uygun yeni bireylerin sonraki nesillerde hayat olanağı verilmesidir. Popülasyon içerisindeki bireylerin en iyi iki tanesi amaç fonksiyonundaki değerlendirme sonrası ortaya çıkarılır, seçme sonrasında çiftlere uygulanan çaprazlama ve mutasyon operasyonları sonrasında elde edilen yeni bireyler popülasyondaki bireylerin yerini almış olacaklardır. Bu şekilde, çaprazlama ve mutasyon öncesi yapılan seçme prosedürü ilerideki yeni popülasyon bireylerinin daha iyiye yöneliminde önemli bir adımdır. Bir sonraki neslin oluşturulmasında, her kromozomun birikimli olasılık oranları hesaplatılarak rulet tekerleği seçim yöntemini veya turnuva seçim yöntemi gibi yöntemler kullanarak gerçekleştirilmektedir. Seçim prosedürü bireylerin sonraki nesillerin üretiminde kaynak teşkil edeceğinden genetik algoritmanın temelini oluşturmaktadır.

2.2. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ

2.2.1. Yapay Sinir Ağı Tanımları

Yapay sinir ağları kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin, literatürdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Efe ve Kaynak, 2000: 1). Literatürde yapay sinir ağları ile ilgili birçok tanım yapılmıştır. Bu tanımların bazıları şöyledir:

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek ortaya çıkarılan ve biyolojik sinir ağlarına benzer bazı performans özellikleri içeren bir bilgi işleme sistemidir (Fausett, 1994: 3).

Yapay sinir ağları; insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri, geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. Bu nedenle yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş, adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir (Öztemel, 2003: 29).

Yapay sinir ağları, doğrudan insan ve hayvanların beyinlerinin işleyiş biçimine ilişkin bildiklerimizden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgisayar programı tipidir (Whitby, 2005: 66).

Yapay sinir ağları, deneyime dayalı bilgiyi depolamaya ve bu bilgileri kullanıma sunmaya yönelik doğal bir eğilim içerisinde olan yoğun paralel dağılmış bir işlemcidir (Haykin, 1999: 2).

Yapılan tanımların bazı ortak noktaları bulunmaktadır. Bunların en başında yapay sinir ağlarının birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel çalışabilen yapay sinir hücrelerinden oluşmaları gelmektedir. Süreç elemanları da denilen bu hücrelerin birbirlerine bağlandıkları ve her bağlantının bir değerinin olduğu kabul edilmektedir. Bilginin ğrenme yolu ile elde edildiği ve süreç elemanlarının bağlantı değerlerinde saklandığı, dolayısıyla dağıtık bir hafızanın söz konusu olduğu da ortak noktalardan birisidir. Proses elemanlarının birbirleri ile bağlanmaları sonucunda oluşan ağa, yapay sinir ağı adı verilmektedir. Bir ağın oluşturulması, biyolojik sinir sistemi ve sinir hücreleri üzerindeki bulgulara dayanmaktadır (Öztemel, 2003: 30). Sinir ağları literatürde nöro-bilgisayarlar (neurocomputers), iletişimsel ağlar (connectionist networks), paralel dağıtılmış işlemciler olarak da anılmaktadırlar (Haykin, 1999: 2).

YSA, birbirleriyle bağlantılı yapay sinir hücrelerinden oluşan bir sistemdir. Biyolojik sinir hücresinin işleyişinin matematiksel olarak modellenmesi amacı ile

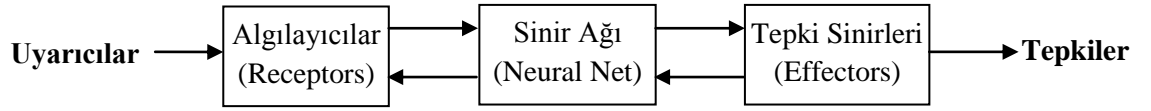
geliştirilen yapay sinir hücreleri, aşağıdaki varsayımları temel almaktadır (Hamzaçebi, 2011: 11):

- Bilgi işleme süreci nöron olarak adlandırılan basit elemanlardan meydana gelir,
- Sinyaller nöronlar arasındaki bağlantılar ile iletilir,
- Nöronlar arasındaki her bir bağlantı bir ağırlık değerine sahiptir,
- Her bir nöronun ağ çıktısı, ağ girdisinin bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilir.

Yapay sinir ağları, esnek ve parametrik olmayan bir modelleme aracıdır (Tang ve Chi, 2005: 248). Yapay sinir ağları, beynin bilişsel öğrenme sürecinin benzetimi ile geliştirilmiş bir yöntem olarak bilinmektedir. Karmaşık problemlerde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Tahminleme, sınıflandırma, kümeleme gibi birçok probleme çözüm bulabilmektedir. Sinir ağlarının en önemli özelliği, karmaşık sistemlerin geçmiş bilgilerinden yola çıkarak, örnek üzerinde öğrenme yolu ile probleme çözüm getirebilmesi yeteneğidir (Efendigil, Önüt ve Kahraman, 2009: 6699).

2.2.2. Biyolojik Sinir Hücreleri

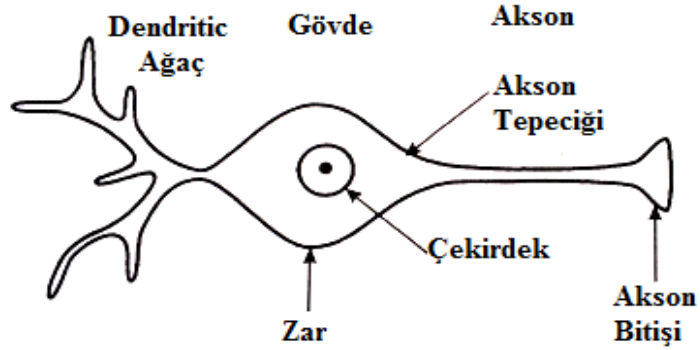
İnsan sinir sistemi aşağıda Şekil 2.7’de tasvir edildiği gibi üç aşamalı olarak gösterilebilir. Beyin, sinirsel ağ yardımıyla sürekli bir şekilde bilgiyi alan, algılayan ve uygun kararlar veren merkezi sistem olarak tanımlanabilir. Beynin çalışma biçimi kabaca Şekil 2.7’de çift yönlü oklarla gösterilmiştir. Bu gösterim, soldan sağa doğru sistem boyunca bilgi taşıyan sinyallerin iletiye doğru aktarımını ifade etmektedir. Sağdan sola doğru olan oklar ise sistemde geri bildirimine işaret etmektedir. Algılayıcılar, insan vücudu veya dış çevreden aldıkları uyarıları, sinirsel sisteme (beyne) taşıyan elemanlardır. Tepki sinirleri, sinir ağının ürettiği elektriksel dürtüleri, sistem çıktıları olarak da diyebileceğimiz yanıtlara (tepkilere) dönüştürürler (Haykin, 1999: 6).



Şekil 2.7: Sinir Sisteminin Blok Diyagramı Gösterimi.

Kaynak: Haykin, 1999: 6.

Şekil 2.7’de belirtilen bir sinir sisteminin beyne bilgi ileten temel birimi, nöronlardır. Mikroskop düzeyinde incelendiğinde bir nöron, biyokimyasal ve elektriksel sinyal üreten karmaşık bir fabrika olarak tarif edilebilir. Klasik bir bakış açısıyla nöron, aşağıda Şekil 2.8’de görüldüğü gibi ince dal şeklinde giriş yolları olan *dendritler* vasıtasıyla diğer birçok nörondan sinyalleri bir araya getirip alan basit bir işlem birimidir. Hücrenin dış kısmı zar şeklindedir. Hücrenin içi *intracellular* sıvısı ve dışı ise *extracellular* sıvısı ile kaplıdır. Nöronun zarı ve içindeki ve dışındaki elemanlar, nöronun işlevinde ve varlığını korumasında önemli bir yere sahiptir. Nöronlar belirli bir düzeyin üstünde uyarıldığında, ateşlenir (*eşik*) ve böylece *akson* olarak adlandırılan tek bir yol boyunca elektriksel bir sinyal iletilirler (Kartalopoulos, 1996: 1).

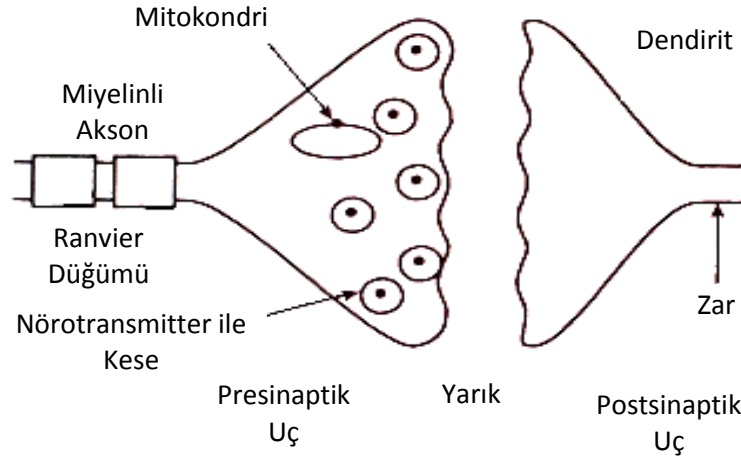


Şekil 2.8: Bir Nöron Görünümü.

Kaynak: Kartalopoulos, 1996: 1.

Şekil 2.8’de görüldüğü gibi dendritler, muazzam derecede yüzey alanına sahip olan, bir hayli karmaşık “dendritic ağaçları”nın içinde toplanırlar. Dendritic ağaçları, *soma* denilen sinir hücresinin ana gövdesi ile bağlıdır. Hücrenin dış kısmı zar şeklindedir. Hücrenin içi *intracellular* sıvısı ve dışı ise *extracellular* sıvısı ile kaplıdır. Nöronun zarı ve içindeki ve dışındaki elemanlar, nöronun işlevinde ve varlığını korumasında önemli bir yere sahiptir. Belirli bir düzeyin üstünde

uyarıldığında, nöron ateşlenir (*eşik*) ve böylece *akson* olarak adlandırılan tek bir yol boyunca elektriksel bir sinyal iletilir. Akson, diğer nöronların dendiritleri ile bağlı olan ve *axonic ending* (*aksonun bitişi*) diye adlandırılan ince lif şeklindeki bir ağacın içinde son bulur. Bir nöronun aksonu ile başka bir nöronun dendiriti arasındaki bağlantıya *synapse* (sinaps) denilir. Bir synapse, aşağıda Şekil 2.9’da görüldüğü gibi *presynaptic terminal*, yarık veya *synaptic kesişim yeri* ve *postsynaptic terminalden* oluşur (Kartalopoulos, 1996: 1-2).



Şekil 2.9: Ayrıntılı Sinaps Görünümü

Kaynak: Kartalopoulos, 1996: 2.

Şekil 2.9’da bir sinaps ayrıntılı olarak görülmektedir. İnsan sinir sisteminde, tek bir nöronun 1.000 ile 10.000 sinapsisi bulunabilir ve birkaç 1.000 nöron ile de bağlı olabilir. Sinaps terminaline ulaşan akım, nörotransmitter adı verilen belirli kimyasalların açığa çıkmasını sağlar. Bu kimyasal maddeler postsinaptik uçtaki reseptörlere bağlanınca, postsinaptik hücrenin uyarılabildiğinde bir değişikliğe sebep olur. Bu değişiklik uyarıcı yönde, yani sinir hücresinin bir aksiyon potansiyeli oluşturmasını destekleyecek şekilde olabileceği gibi engelleyici yönde de olabilir. Eğer uyarıcı olaylar yeterli sayıda olursa, postsinaptik uçta yeni bir aksiyon potansiyeli oluşur ve mesaj iletilmiş olur. Sinapslarda ileti her zaman tek yönde, presinpatik uçtan postsinaptik uca doğru iletilir. Bir hücrenin aksonu diğer hücrelerle bu sinapslar sayesinde binlerce bağlantı yapabilir (Guyton ve Hall, aktaran Bayramoğlu 2007: 61).

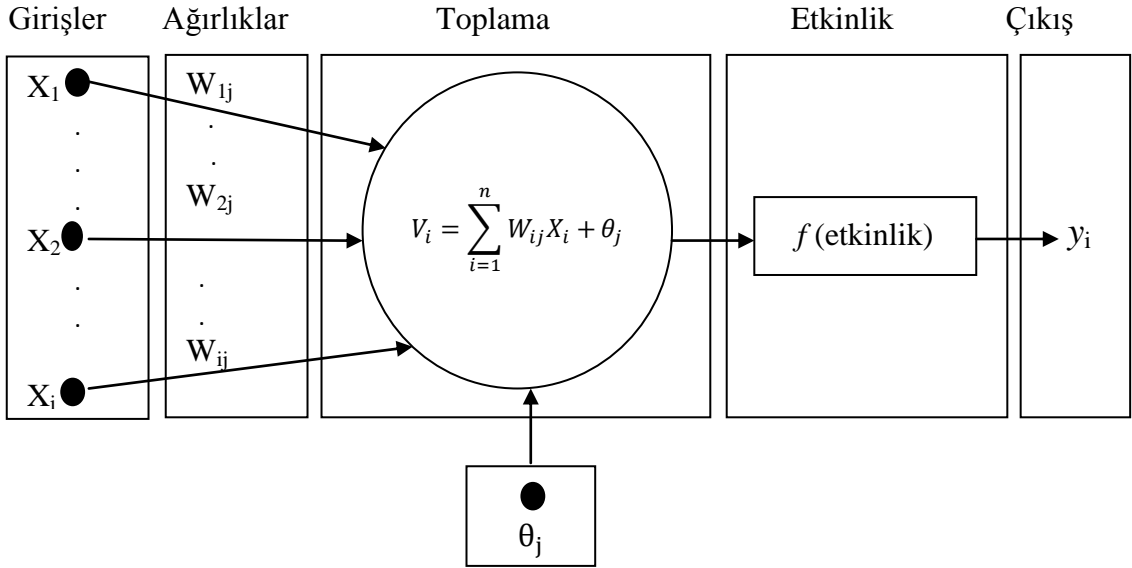
Biyolojik sinir hücresinin işleyişi kısaca şöyle özetlenebilir: Nöronların her birinin diğer nöronlarla çok sayıda (genel olarak 5.000 ile 20.000 arasında) bağlantısı vardır. Nöronlar, bütün bu bağlantılar üzerindeki aktiviteleri toplar (birleştirir) ve bunlar belirli bir düzeyi aşınca (eşik değeri) bir çıktı sinyali (ateşleme) üretir. Bu çıktı sinyali, diğer pek çok bağlantılı nöron için bir girdidir ve onları toplayıp birleştirdikten sonra ateşledikleri (eğer eşik değeri aşarsa) girdi aktivitelerinin bir parçasını oluşturur ve bu böyle devam eder (Whitby, 2005: 69).

2.2.3. Yapay Sinir Hücreleri

Yapay sinir hücreleri, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimidir. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli; girdiler, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon (etkinleştirme) fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş bileşenden meydana gelir. Bu bileşenlerden birincisi, girdiler diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir. Girdiler (X_1, X_2, \dots, X_i) kendinden önceki sinirlerden veya dış dünyadan sinir ağına gelebilir. Bir sinir genellikle gelişmiş güzel birçok girdileri alır. İkincisi, ağırlıklar ($W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{ij}$) yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar, ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirlerler. Bir ağırlık değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması demektir, küçük olması ise zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir (Özkan, 2011: 188).

Birleştirme fonksiyonu; bağlantılar yardımıyla diğer nöronlardan gelen değerleri birleştirir ve net girdiyi üretir. Birleştirme fonksiyonu olarak genellikle toplama fonksiyonu kullanılır (Hamzaçebi, 2011: 45). Yapılan araştırmalarda toplama fonksiyonu olarak değişik formüllerin kullanıldığı görülmektedir. Bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken, bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu belirlemek için bulunmuş bir formül yoktur. Genellikle deneme-yanılma yolu ile toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Ayrıca, bir yapay sinir ağına bulunan nöronların tamamının aynı toplama fonksiyonuna sahip olmaları gerekmez. Her nöron bağımsız olarak farklı bir toplama fonksiyonuna sahip olabilir (Öztemel,

2003: 49). Aşağıda Şekil 2.10'da, bir yapay sinir hücresinin çalışma biçimi sembolize edilmiştir.



Şekil 2.10: Yapay Sinir Hücresi (Nöron)

Kaynak: Elmas, 2003: 31.

Toplama fonksiyonu aşağıda eşitlik 2.9'da verildiği gibi işlem yapar.

$$V = X_1W_1 + X_2W_2 + \dots + X_nW_n + \theta = \sum_{i=1}^n X_iW_i + \theta \quad (2.9)$$

$$y = f(V)$$

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi, her bir girdideki değişim, nöron çıkışında belirli bir değişime neden olmakta ve bu değişimin genliği, girdinin etki derecesini belirleyen bağlantı kazançlarına, toplayıcının eşik değerine ve nöron aktivasyon fonksiyonunun tipine bağlı olmaktadır. Burada V toplama fonksiyonu; W_i ile gösterilen kazançlar ağırlık; X_i girişler; θ_j değeri eşik olarak; y çıkış; f fonksiyonu da nöron aktivasyon fonksiyonu olarak isimlendirilmektedir. Yukarıdaki denklemlerden de görülebileceği üzere eşik değerinin girdilerden bağımsız olmasından dolayı bütün girdilerin sıfır olduğu durumlarda nöron çıkışında $f(0)$ yerine $f(\theta)$ değeri gözlenir ki bu da, belirtilen şartlar altında nöron çıkışının sıfır olması zorunluluğunu ortadan kaldırır. Eşik değerinin kullanımı, uygulamada +1 veya -1 değerine sahip bir girdinin θ ağırlığına sahip bir bağlantı ile toplayıcıya girdiği şeklinde ele alınır (Efe ve Kaynak, 2006: 7).

Nöron davranışını belirleyen önemli etmenlerden birisi nöronun aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyon, nörona gelen net girdiyi işleyerek nöronun bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemektedir (Öztemel, 2003: 50). Toplama fonksiyonuna benzer bir şekilde, bu fonksiyonda da çıktıyı hesaplamamanın değişik metodolojileri vardır ve proses elemanlarının hepsinin aynı aktivasyon fonksiyonunu kullanma zorunluluğu yoktur. İlgilenilen problemin çeşidine ve kullanılan ağ yapısına göre farklı fonksiyonlar tercih edilebilir. Genellikle aktivasyon fonksiyonu olarak; doğrusal fonksiyon, basamak fonksiyonu, sigmoid fonksiyonu ve hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılmaktadır (Yurtoğlu, 2005: 17). Kullanılan bu aktivasyon fonksiyonlarından üçünün matematiksel ifadeleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonu: } f(V) = \frac{1}{1+e^{-V}} \quad (2.10)$$

$$\text{Hiperbolik tanjant tipi aktivasyon fonksiyonu: } f(V) = \frac{e^V - e^{-V}}{e^V + e^{-V}} = \tan(V) \quad (2.11)$$

$$\text{Sert geçişli aktivasyon fonksiyonu: } f(V) = \begin{cases} 0, & V \leq 0 \\ 1, & V > 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Aktivasyon fonksiyonu literatürde, sıkıştırma veya eşik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bunun sebebi, çıktı sinyallerini [0,1] veya [-1,1] aralığında sınırlandırmasıdır (Hamzaçebi, 2011: 46).

Biyolojik ve yapay sinir hücresi ile ilgili açıklamalardan sonra ikisi arasındaki benzerlikler Tablo 2.2'deki gibi özetlenebilir.

Tablo 2.2: Biyolojik Sinir Sistemi ile YSA Arasındaki Benzerlikler

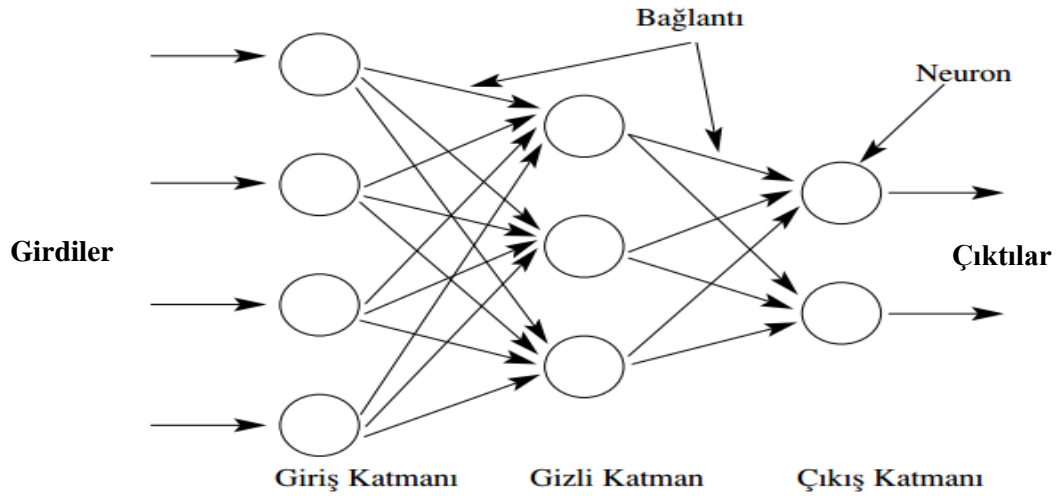
Biyolojik Sinir Ağı	YSA
Nöron	İşlem Elemanı-Düğüm (X)
Sinaps	İşlem Elemanları Arasındaki Bağlantı Ağırlıkları (W)
Dendrit	Birleştirme Fonksiyonu (Σ)
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Akson	İşlem Elemanının Çıkışı (Y)

Kaynak: Elmas, 2003: 35.

Tablo 2.2’de, YSA’daki elemanların biyolojik sinir sisteminde karşılığı olan elemanlar görülmektedir. Buna göre YSA ile biyolojik sinir sisteminin benzerlik taşıdığı ve de YSA’nın biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirildiği söylenebilir.

2.2.4. Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir ağının yapısında, nöron (yapay sinir hücresi), bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç bileşen bulunur. Nöron, bir yapay sinir ağının temel işlem elemanıdır. Ağ içerisinde yer alan nöronlar, probleme etki eden faktörlere göre bir veya birden fazla girdi alırlar ve problemde beklenen sonuç sayısı kadar çıktı verirler. Aşağıda Şekil 2.11’de görüldüğü gibi nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır. Genel bir yapay sinir ağı sisteminde nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleri katmanları oluşturur (Yıldız, 2001: 54).



Şekil 2.11: Yapay Sinir Ağı.

Kaynak: Yıldız, 2001: 54.

Bir yapay sinir ağında, birbirleriyle bağlantılı sinir hücrelerinin yer aldığı girdi katmanı (input layer), çıktı katmanı (output layer) ve gizli katman (hidden layer) olmak üzere temelde üç katman bulunmaktadır. Girdi katmanı ilk katmandır ve dışarıdan gelen verilerin yapay sinir ağına alınmasını sağlar. Bu veriler istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir. Girdi katmanı probleme etki eden

parametrelerden oluşmaktadır ve girdi katmanındaki nöron sayısı parametre sayısına göre şekillenmektedir. Son katman, çıktı katmanı olarak adlandırılır ve bilgilerin dışarıya iletilmesi işlevini görür. Çıktı değişkenleri, istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelir. Modeldeki diğer katmanlar ise girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında yer alır ve gizli katman olarak adlandırılır. Gizli katmanda bulunan nöronların dış ortamla bağlantıları yoktur. Yalnızca girdi katmanından gelen sinyalleri alırlar ve çıktı katmanına sinyal gönderirler (Benli, 2002: 19).

YSA yapısında, her bir nöron, diğer nöronlarla bağlantılı olup bir ağırlık değerine (W) sahiptir (Fausett, 1994: 3). Buradaki ağırlıklar, işlem elemanları arasındaki bağlantıların kuvvetini gösterdiği gibi, gizli ve çıktı katmanındaki nöronların net girdisinin hesaplanmasında kullanılır. Her bir nöronun bir ağırlığa ve diğer işlem elemanlarıyla bağlantıya sahip olması, bilginin tüm bu bağlantılar aracılığıyla işlem elemanları ve katmanlar arasında ağırlık çıkışına kadar iletilmesini ve ağırlık dağıtılmış bir hafızaya sahip olmasını sağlamaktadır (Öztemel, 2003: 30).

Bu anlatılanlar ışığında bir sinir ağı iki bakımdan beyne benzemektedir (Haykin, 1999: 2):

1. Bilgi, öğrenme süreciyle ağırlık elde edilir.
2. Sinaptik ağırlıklar olarak bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri, elde edilen bilginin saklanması için kullanılır.

2.2.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik (synaptic) bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren “yaşayarak öğrenme” süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantıların ayarlanmasıyla ve hatta yeni bağlantıların oluşmasıyla öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıkı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını (weights of the synapses) bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlanmasıyla olur (Yurtoğlu, 2005: 5).

Yapay sinir ağlarında öğrenme, biyolojik sinir ağında olduğu gibi istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde nöronlar arasındaki ağırlık değerlerinin ayarlanması sürecidir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele olarak atanır. Yapay sinir ağları, kendilerine örnek gösterildikçe ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç, ağa gösterilen örnekler için doğru çıktılar üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması, örneklerin temsil ettiği olaylar hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması anlamına gelmektedir. Yapay sinir ağlarının bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler hakkında genelleme yapabilme özelliğine kavuşması işleme, “ağın öğrenmesi” denmektedir.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için yapılan denemelere ise, ağın “test edilmesi” denmektedir. Test etmek için ağın öğrenme sırasında görmediği örneklerden yararlanır. Ağ, eğitim sırasında belirlenen bağlantı ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekler için çıktılar üretir. Elde edilen çıktılar doğruluk değerleri ağın öğrenmesi hakkında bilgiler verir. Sonuçlar ne kadar iyiye, eğitim performansının da o kadar iyi olduğunu gösterir. Eğitimde kullanılan örnek setine “eğitim seti”, test için kullanılan sete ise “test seti” adı verilmektedir (Öztemel, 2003: 55-56).

YSA'nın veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmesini, probleme ait örnekler yardımıyla ağ ağırlıklarının en uygun değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlayabiliriz. Herhangi bir ağırlık (W) için;

$$W_{Yeni} = W_{Eski} \pm \Delta W \quad (2.13)$$

denklemini, öğrenmenin matematiksel olarak nasıl gerçekleştiğini ifade etmektedir. Eşitlik 2.13'teki ΔW , belli bir kurala göre hesaplanarak mevcut ağırlık değerlerinin değişim miktarını verir. ΔW 'yi belirlemek için tanımlanmış kurallara “öğrenme algoritmaları” denir. En iyi ağırlık kümesini bulmaya yardım eden birçok öğrenme algoritması ileri sürülmüştür (Hamzaçebi, 2011: 21). Bu algoritmalar genellikle danışmanlı öğrenme (supervised learning), danışmansız öğrenme (unsupervised learning) ve destekleyici öğrenme (reinforcement learning) olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır.

2.2.5.1. Danışmanlı Öğrenme

Danışmanlı öğrenmede, yapay sinir ağı kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitim işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Ağ, giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar eğitime devam edilir. Hata değeri istenen değer altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır. Danışmanlı öğrenmeye; çok katmanlı perceptron (multilayer perceptron), geriye yayılım (backpropagation), delta kuralı, “Widrow-Hoff” veya en küçük karelerin ortalaması (least mean square) ve uyarlanabilir doğrusal eleman anlamına gelen “ADALINE” örnek olarak verilebilir (Elmas, 2003: 96).

Danışmanlı öğrenme içinde, geriye yayılım (back propagation), birçok uygulamada kullanılan en yaygın öğrenme algoritmasıdır. Bunun en büyük nedenleri arasında, öğrenme kapasitesinin yüksek, anlaşılması kolay ve matematiksel olarak ispatlanabilir bir algoritmaya sahip olması sayılabilir (Kaynar, Taştan ve Demirkoparan, 2010: 564). Geriye yayılım öğrenme yöntemi, sistem hatasını veya maliyet işlevini azaltma esasına dayanan bir eniyileme (optimizasyon) işlemidir. Bu algoritma, hataları çıkıştan girişe geriye doğru azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenen ağlar hiyerarşik yapıdadırlar. Giriş, çıkış ve en az bir gizli katman olmak üzere üç katmandan oluşurlar. Geriye yayılım öğrenmesi sırasında ağ, her giriş örüntüsünü, çıkış nöronlarında sonuç üretmek üzere gizli katmanlardaki nöronlardan geçirir. Daha sonra çıkış katmanındaki hataları bulabilmek için, beklenen sonuçla, elde edilen sonuç karşılaştırılır. Bundan sonra, çıkış hatalarının türevi çıkış katmanından geriye doğru gizli katmanlara geçirilir. Hata değerleri bulunduktan sonra, nöronlar kendi hatalarını azaltmak için ağırlıklarını ayarlar. Ağırlık değiştirme denklemleri, ağdaki hata kareleri ortalamasını (MSE) en küçük yapacak şekilde düzenlenir (Bolat ve Kalenderli, 2003: 190).

Geriye yayılım algoritmasında hata, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$E = \frac{1}{2} \left[\sum_p \sum_k |d_{pk} - y_{pk}|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

Eşitlik 2.14'te; E hata kareleri ortalamasını, d_{pk} istenen çıktı vektörünü ve y_{pk} gerçek çıktı vektörünü (ağ çıktısı) göstermektedir. Hatanın sıfır veya sıfıra çok yakın olması, ağın çok iyi eğitildiğini gösterir (Lin ve Lee, 1996: 17).

2.2.5.2. Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmansız olarak eğitilebilen ağlar, istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar. Danışmansız öğrenmeye; “Yarışmacı Öğrenme (Competitive Learning)”; “Kohonen’in Özörgütlemeli Harita Ağları (Self-Organizing Maps); “Hebbian Öğrenme” ve “Grossberg Öğrenme” gibi öğrenme kuralları örnek olarak verilebilir. Kohonen tarafından geliştirilen danışmansız öğrenme yönteminin kullanıldığı özörgütlemeli harita ağı, biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden esinlenmiştir. Bu yöntemde nöronlar öğrenmek için elverişli durum yada ölçülerini güncellemek için yarışır. En büyük çıkış ile işlenen nöron, kazananı belirler ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verir. Kazanan nöron ile birlikte, onun topolojik komşuluğunda bulunan belli sayıda nörona gelen ağırlıklar da benzer şekilde değiştirilir (Elmas, 2003: 149).

Danışmansız öğrenme algoritmaları daha çok, sistemin geçmişte karşı karşıya kaldığı veri kümesinin içerdiği istatistiksel bilgilerin çıkarsanmasını amaçlar. Böylelikle çok elemanlı veri kümeleri içerisinde deneyim yoluyla bilgi genelleştirmesi yapılabilir (Efe ve Kayak, 2000: 3).

2.2.5.3. Destekleyici Öğrenme

Bu tür bir eğitimde, ağa bir danışman yardımcı olur. Danışman her girdi seti için üretilmesi gereken çıktı setini sisteme göstermek yerine, sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktısını üretmesini bekler ve üretilen çıktının doğru veya

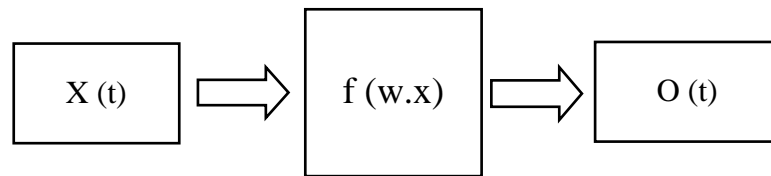
yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretir. Sistem, danışmandan gelen bu sinyali dikkate alarak öğrenme sürecini devam ettirir. Bu öğrenme yönteminin kullanıldığı ağlara örnek olarak; Doğrusal Vektör Parçalama Modeli (Linear Vector Quantization-LVQ) verilebilir (Öztemel, 2003: 115).

2.2.6. Yapay Sinir Ağı Mimarileri

Yapay sinir ağlarında yer alan sinir hücreleri ve bağlantılar, çok değişik biçimlerde bir araya getirilebilmektedir. Yapay sinir ağı mimarileri, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Buna göre, ileri beslemeli (feed forward) ve geri beslemeli (feedback, recurrent) ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi bulunmaktadır.

2.2.6.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarında en yaygın kullanılan mimari, yapılarındaki esneklik, iyi temsil yetenekleri ve geniş sayıdaki öğrenme algoritmaları ile ileri beslemeli ağlardır (Ma ve Khorasani, 2003: 361). İleri beslemeli yapay sinir ağları (Feedforward Neural Networks) bir girdi katmanı, bir veya daha fazla gizli katmanı ve bir de çıktı katmanı olan ağlardır. Girdi katmanı, eğitim seti girdilerini alarak ağırlıklandırır ve çıktıları kendisinden sonra gelen gizli katmana eş zamanlı olarak gönderir. Bir gizli katmanın çıktıları, kullanılan gizli katman sayısına bağlı olarak bir sonraki gizli katmanın girdileri olabilir. Gizli katman sayısı analizcinin takdirine göre seçilebilir, ancak uygulamada genellikle tek gizli katman kullanılmaktadır. Son gizli katmanın ağırlıklandırılmış çıktıları, çıktı katmanının girdileridir ve bu katman çıktı olarak yapay sinir ağının verilen eğitim seti için yaptığı kestirimi verir (Han ve Kamber, 2006: 328). Aşağıda Şekil 2.12'de, ileri beslemeli ağ için blok diyagram gösterilmiştir.



Şekil 2.12: İleri Beslemeli Yapay Sinir ağının Blok Gösterimi.

Kaynak: Saygılı, 2008: 45.

Şekil 2.12’de blok olarak ifade edilen ve oldukça yaygın kullanım alanı bulan, çok katmanlı algılayıcı sinir ağı (Multiple Layer Perceptron-MLP); bir giriş, bir veya birden çok gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşur. Her katmanında, bir veya daha fazla işlemci eleman bulunabilir. Çok katmanlı algılayıcı sinir ağından çıkan herhangi bir nöron çıkışı, eşitlik 2.15’te gösterildiği gibi formüle edilebilir (Karahan, 2011: 83).

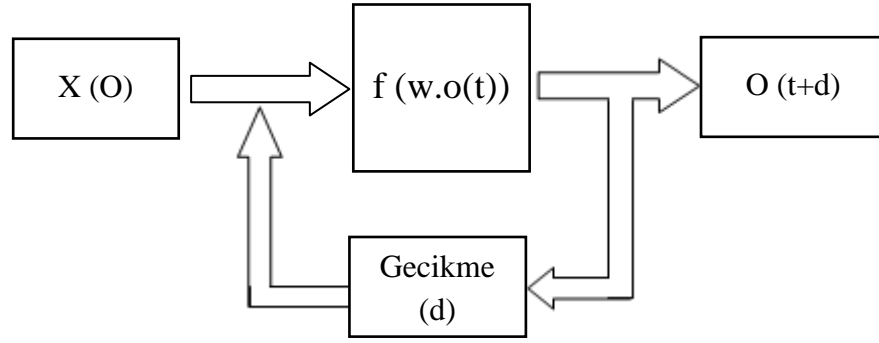
$$y_k = f \left(\sum_k w_k x \right) \quad (2.15)$$

Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları ele alınan problemin gereklerine göre belirlenir, ancak gizli katman(lar)daki nöron sayısının optimallik anlamında doğru sayısını veren herhangi bir analitik yöntem şu ana kadar geliştirilememiştir. Dolayısıyla gizli katman sayısındaki ve bu katmanların nöron sayısındaki belirsizlikleri aşabilmenin tek yolu, deneme-yanılma yöntemidir (Efe ve Kaynak 2000: 13).

2.2.6.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, en az bir işlemci elemanın çıktısı, kendisine ya da diğer işlemci elemanlara girdi olarak verilmekte ve genellikle geri besleme, bir geciktirme elemanı (ara katman veya çıktı katmanındaki aktivasyon değerlerini, bir sonraki iterasyona girdi olarak taşımakla görevli eleman) üzerinden yapılmaktadır. Geri besleme, bir katmandaki işlemci elemanlar arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki işlemci elemanlar arasında da olabilmektedir. Bu yapısı sayesinde geri beslemeli yapay sinir ağları, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterirler. Bu sayede, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapı ve davranışta geri beslemeli yapay sinir ağları elde edilebilir (Saygılı, 2008: 45). Geri beslemeli yapay sinir ağları dinamik yapılı ağlardır ve mimarileri statik olanlara göre geri besleme içermelerinden dolayı temel olarak farklıdır. Geri beslemeli ağlar, ileri beslemeli olanlara göre daha küçük bir mimariye sahip olmaktadır (Goh ve Mandic, 2003: 1095).

Geri beslemeli yapay sinir ağının blok diyagramı Şekil 2.13’te gösterilmiştir.



Şekil 2.13: Geri Beslemeli Yapay Sinir ağının Blok Gösterimi
Kaynak: Saygılı, 2008: 46.

Şekil 2.13'te görüldüğü gibi, geri beslemeli yapay sinir ağlarında en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücrelere giriş olarak verilmektedir. Geri besleme genellikle bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterirler.

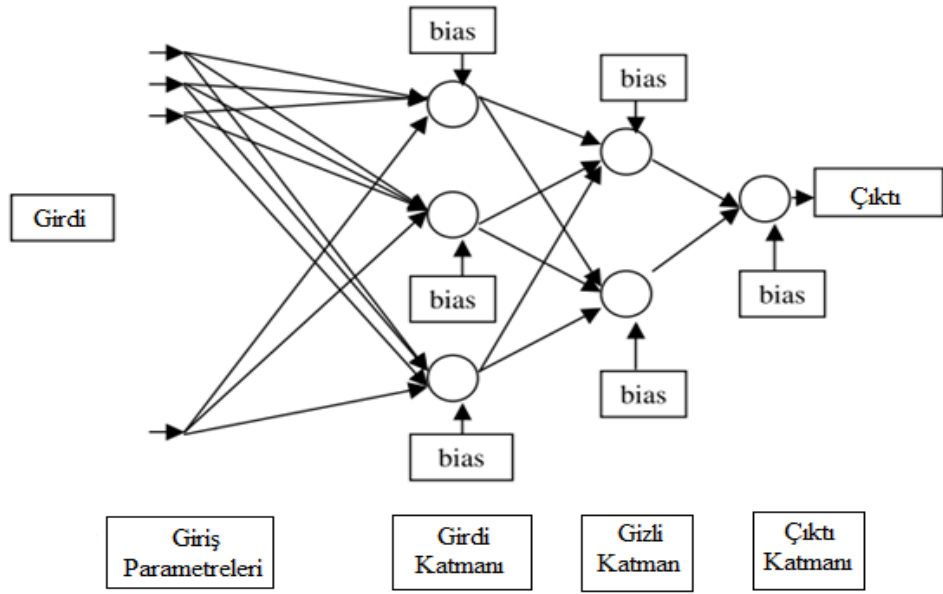
İleri beslemeli yapay sinir ağları notasyonları kullanılarak ağın gecikme anındaki çıkışları aşağıda eşitlik 2.16'da görüldüğü gibi formüle edilmiştir. Ağın t anındaki çıkışı $o(t)$ ise, $t + \Delta$ anındaki çıkışı ise $o(t + \Delta)$ olacaktır. Buradaki Δ sabiti sembolik olarak gecikme süresini göstermektedir (Karahana, 2011: 85).

$$O(t + \Delta) = f[w.o(t)] \quad (2.16)$$

2.2.6.3. İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli geri yayılmalı ağlar, sinir ağları içerisinde çok popüler bir modeldir. Çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda, işlem elemanları katmanlarda düzenlenir ve bitişik katmanlardaki elemanlar ile bağlantı halindedir. Geri yayılma bilgisi yalnızca ileri yöndedir ve geri bildirim döngüleri yoktur. Hatta geri bildirim bağlantıları bulunmamakta ve hatalar eğitim boyunca geri yayılmaktadır (Rao ve Srinivas, 2003: 94).

İleri beslemeli geri yayımlı YSA algoritması iki etaptan oluşmaktadır: (i) çıktı tabakasındaki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi nöronlarındaki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı, (ii) çıktı tabakasındaki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı (Dahamsheh ve Aksoy, 2009: 40). İleri beslemeli geri yayımlı sinir ağı mimarisi Şekil 2.14’te görülmektedir.



Şekil 2.14: İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Sinir Ağı Mimarisi.

Kaynak: Rajpal, 2006: 810.

Şekil 2.14’te görüldüğü gibi, geri besleme sayesinde sinir ağı karşılaştığı her hatadan bir şeyler öğrenerek, bir sonraki adımda bu hataları tanımakta ve kolayca çözümler üretebilmektedir.

2.2.7. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

YSA sahip olduğu özelliklerden dolayı alışlagelmiş bilgi işleme yöntemlerinden farklılık göstermektedir. Hatta sahip olduğu bazı özellikler bakımından birçok yöntemle göre daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bu özelliklerden bazıları paralellik, hata toleransı, öğrenilebilirlik ve gerçekleştirme kolaylığı olarak tanımlanabilir (Şen, 2004: 10). Yapay sinir ağlarının karakteristik

özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişmekle birlikte, bütün modeller için geçerli olan genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztemel, 2003: 31-33):

- Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan nöronlar doğrusal değildir. Dolayısıyla nöronların birleşmesinden meydana gelen yapay sinir ağları da doğrusal değildir. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan önemli bir araç olmuştur.

- Yapay sinir ağları bir matematik model olmaksızın, sadece giriş ve çıkış çiftleri kullanarak öğrenbilme özelliğine sahiptirler. Mevcut verilerden yola çıkarak veriler arasındaki bilinmeyen ilişkileri veya veriler arasındaki içsel dinamikleri öğrenbilmekte ve kendilerini organize ederek yenileyebilmektedirler. Öğrenme tüm nöronlar tarafından paylaşılan bir süreçtir ve ağdaki her bir nöron sonuca katkıda bulunmaktadır.

- Yapay sinir ağları örnekleri kullanarak ilgili problem hakkında genelleme yapabilecek yeteneğe sahip olurlar. İlgilendiği problemi öğrendikten sonra, eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de bilgiler üretebilmektedirler.

- Yapay sinir ağının gösterdiği önemli özelliklerden birisi de, ağın eğitim dışında kullanım sürecinde de yeni ortamları öğrenebilir ve uyum gösterebilir yetenekte olmasıdır. Yani belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilirler.

- Yapay sinir ağları eğitildikten sonra eksik bilgilerle çalışabilirler ve yeni gelen örneklerde eksik bilgi olmasına rağmen sonuç üretebilirler. Yapay sinir ağlarının eksik bilgilerle çalışabilme yetenekleri, hatalara karşı toleranslı olmalarını sağlamaktadır.

- Yapay sinir ağlarının hatalara karşı toleranslı olmaları, bozulmalarının da dereceli olmasını sağlamaktadır. Bir ağ zaman içerisinde yavaş yavaş bozulur, herhangi bir problem çıktığında hemen anında bozulmazlar.

- Yapay sinir ağları, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki

bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir ağın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez.

- Yapay sinir ağlarının belirsiz bilgileri işleyebilme yetenekleri vardır. Olayları öğrendikten sonra belirsizlikler altında, öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkileri kurarak karar verebilirler.

- Yapay sinir ağlarında bilgi, ağın bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır. Diğer bilgisayar programlarında olduğu gibi veriler bir veri tabanında veya programın içinde değildir.

- Literatürde, verilerin yapay sinir ağının eğitiminde kullanılması için gerekli bir varsayım bulunmamaktadır. Bir başka deyişle her tür veri, sayılarla kodlanması şartıyla eğitim için kullanılabilir. Bu yapay sinir ağı teknolojisinin, bazı varsayımlara dayanan istatistiksel yöntemlere kıyasla sahip olduğu önemli bir avantajdır.

Yukarıda verilen açıklamalardan yapay sinir ağlarının sahip olduğu hesaplama ve bilgi işleme gücünü; paralel dağıtılmış yapısı ile öğrenme ve genelleme yapabilme yeteneğinden aldığı söylenebilir (Yıldız, 2001: 56).

2.2.8. Yapay Sinir Ağları ile Geleneksel Hesaplama ve Uzman Sistemlerin Karşılaştırılması

YSA, geleneksel hesaplama yöntemlerinden farklı bir veri analizi ve veri içerisindeki ilişkileri tanıma yolu sunar. Bununla birlikte her türlü hesaplama problemlerine çözüm değildir. YSA, problem çözmeye çok farklı bir yaklaşım getirir ve bazen hesaplamının altıncı kuşağı olarak adlandırılır. Sinir ağları problemleri bir uzmanın yardımı olmaksızın ve programlamaya ihtiyaç duyulmadan çözme kabiliyeti sağlamak için yapılandırılırlar. Bununla birlikte, her ne kadar bu çok özel alanlarda sinir ağları hem uzman sistemler hem de daha geleneksel hesaplama göre avantajlı ise de tam çözüm sağlamazlar. Tamamen hatadan arındırılmış değıllerdir. Hata yaparlar ve böylece öğrenmeye devam ederler. Daha da ötesi bir ağ geliştirildiği zaman bile ağın en iyi ağ olduğunu garanti edecek herhangi

bir yöntem yoktur. Geleneksel hesaplama metotları iyi tanımlanabilen problemler için uygundur. Geleneksel bilgisayarlar, pek çok uygulama için idealdir; veri işleyebilir, stokları takip edebilirler, sonuçları birbirine bağlayabilirler. Bu uygulamalar, sinir ağlarının özel karakteristiklerini gerektirmez. Aşağıda bulunan Tablo 2.3, geleneksel hesaplama, uzman sistemler ile YSA arasındaki temel farkları göstermektedir (Hamzaçebi, 2011: 18-19).

Tablo 2.3: Hesaplama Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Karakteristikler	Programlama Teknikleri	Uzman Sistemler	YSA
Veri İşleme	Seri	Seri	Paralel
Girdi Verisi	Sayısal	Bilgi	Örüntü
Algoritma	Programlama	Sezgisel	İstatistiksel
Hesaplama	Mantıksal veya Aritmetiksel	Mantıksal veya Sembolik	Sayısal
Çıktılar	Hesaplama	Tümdengelimli	Tümevarımsal

Kaynak: Hamzaçebi, 2011: 19.

Tablo 2.3’de görüldüğü gibi YSA ile geleneksel hesaplama ve uzman sistemler arasında önemli temel farklar bulunmaktadır.

2.2.9. Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Algoritması

Geleneksel yöntemler, yanlış sonuçların elde edilmesi riski nedeniyle eksik ve/veya aşırı sapma içeren veriler için uygun değildir. Yapay sinir ağı yaklaşımı ise, verilere bağlı olmayıp; eksik, kısmen hatalı veya aşırı sapmalı verileri değerlendirebilir, hatta karmaşık ilişkileri öğrenebilir, genellebilir ve bu sayede daha önce hiç karşılaşmadığı sorulara, kabul edilebilir bir hatayla cevap bulabilirler. Bu özellikleri nedeniyle yapay sinir ağları tahminlemede etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Özalp ve Anagün, 2003: 30). Yapay sinir ağı ile tahminleme genellikle, zaman serileri yöntemlerine göre daha fazla gözlem verisine ihtiyaç duyar, ancak bunun yanında daha esnekler ve karmaşık modellere daha iyi uyum sağlayabilirler (Makridakis, Wheelwright ve Hyndman, 1998: 435).

Yapay sinir ağları sınıflama, örüntü tanıma gibi birçok alanda kullanılmakla birlikte, son yıllarda zaman serisi analizi için de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağırları yöntemiyle zaman serilerinde tahmin elde etmeyi aşağıda verildiği gibi 7 adımda özetlemek mümkündür (Erilli ve diğ., 2010: 42):

Verinin ön işlenmesi (Adım 1): İlk olarak veriler, lojistik aktivasyon fonksiyonu için [0,1] hiperbolik tanjant fonksiyonu için [-1,1] aralığına dönüştürülür. Girdi (gözlem) değerleri aşağıdaki eşitlik 2.17 ile tercih edilen aktivasyon fonksiyonuna göre [a,b] aralığına dönüştürülür.

$$X_n = (b - a) \frac{X_0 - X_{min}}{X_{maks} - X_{min}} + a \quad (2.17)$$

Veri organizasyonu (Adım 2): Eğitim ve test kümelerinin büyüklüğünün veri kümesinin yüzde kaç olacağına karar verilir. Genelde veri kümesinin %10 veya %20'si, test kümesi olarak kullanılmaktadır.

Modelleme (Adım 3): Girdi sayısı, gizli tabaka sayısı, gizli tabakadaki birim sayısı ve çıktı tabakasındaki birim sayısı, bu birimlerde kullanılacak aktivasyon fonksiyonu, öğrenme algoritması ve bu algoritmanın parametreleri ve performans ölçütü belirlenerek, kullanılacak YSA modeli kurulur.

Girdi değerlerinin oluşturulması (Adım 4): YSA'nın girdi değerleri gecikmeli zaman serileridir. X_t , zaman serisi için girdi değerleri oluşturulurken, girdi tabakasındaki birim sayısı m ile gösterilsin, m tane gecikmeli zaman serisi $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-m}$ şeklinde oluşturulur.

En iyi ağırlık değerlerinin hesaplanması (Adım 5): Eğitim kümesi üzerinden, seçilen öğrenme algoritması ile en iyi ağırlık değerleri bulunur. Elde edilen en iyi ağırlık değerleri kullanılarak, kurulan YSA modelinin çıktı değerleri hesaplanır.

Performans ölçütünün hesaplanması (Adım 6): YSA'nın test kümesi tahminleri elde edilir. Adım 5'te elde edilen çıktı değerlerine ve bu adımda elde edilen değerlere, Adım 1'de uygulanan dönüşümün tersi uygulanır. Bu dönüşüm sonucu elde edilen değerler sırasıyla, eğitim kümesinin tahminlerini ve test kümesinin tahminlerini oluşturur. Test kümesinin tahminleri ile test kümesindeki verilerin arasındaki farka dayalı olarak, seçilen performans ölçütü hesaplanır.

Tahmin (Adım 7): Son olarak, Adım 5'te bulunan en iyi ağırlık değerleri kullanılarak, test kümesinden sonraki zamanlar için, yani gelecek için tahmin değerleri, yine iteratif ya da doğrudan tahmin yöntemlerinden biri kullanılarak elde edilir.

2.2.10. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

İlk YSA çalışmaları yaklaşık elli yıl önce başlamış olmasına karşılık bunların etkin kullanımı ve sürekli gelişimine son 20 yıl içinde rastlanmaktadır. Bunun yanında, birçok kontrol sistemi ile optimizasyon yöntemlerinin esasları, matematik usulleri, terminolojileri ve kuralları neredeyse çok uzun yıllardır değişmeyecek biçimde kurulmuştur. YSA yöntemleri yüksek eğitim, araştırma, endüstri ve teknolojik gelişmeler için bulanık mantık ve genetik algoritmalar ile beraber başarılı bir temel teşkil etmektedir. Her birinin çok değişik alanlarda uygulamaları vardır. YSA, uygulamalara kısa zamanda uyarlanabilen bir yapı ve işleyişe sahiptir (Şen, 2004: 16).

Günümüzde birçok alanda YSA uygulamalarına rastlamak mümkündür. Özellikle örüntü tanıma, işaret işleme, sistem tanılama ve doğrusal olmayan denetim alanlarında YSA'nın değişik modelleri ve değişik öğrenme stratejileri başarı ile kullanılmıştır (Efe ve Kaynak, 2000: 1-3).

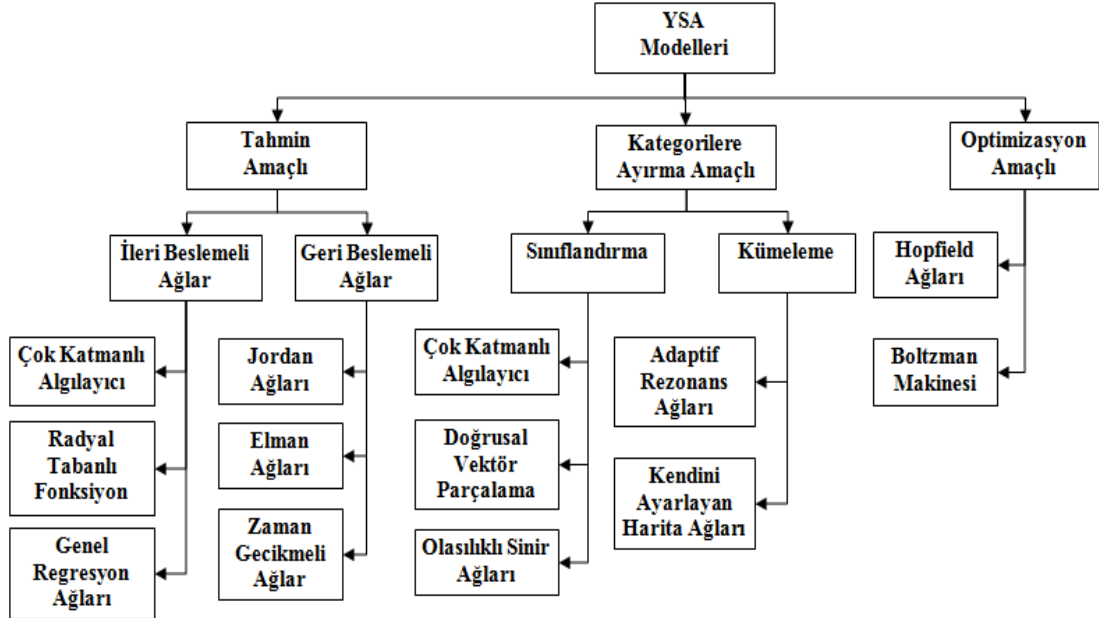
Yapay sinir ağları, her türlü bilgiyi işlemek ya da analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. İş hayatı, finans, endüstri, eğitim ve karışık problemler bilim alanlarında, bulanık veya mevcut yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümünde, doğrusal olmayan sistemlerde başarıyla uygulanmaktadır (Elmas, 2003: 26).

YSA, görüntü işleme, robotik/robotbilim, kontrol, sinyal işleme gibi pek çok alanda çok farklı problemlere uygulanmaktadır. Literatürde örüntü tanıma, yüz, ses, parmak izi, iris, karakter ve imza tanıma, tıbbi tanı, çeşitli tespit uygulamaları, kimlik doğrulama, askeri bölgelerde güvenlik uygulamaları gibi geniş kapsamda pek çok alanda ve problemde YSA ile karşılaşılmaktadır. YSA, sınıflandırma ve kümeleme (şekil ve ses tanıma, hücre tipleri, müşteri profilleri, tıbbi teşhis vb.),

öngörü/tahminleme (hava tahminleri, satış öngörüleme, çevresel risk vb.) ve kontrol (erken uyarı için uçaklarda ses ve titreşim düzeyleri vb.) gibi temel işlevleri içermektedir.

Hedef seçme, müşteri analizi, mayın arama, uçuş benzetimleri gibi uygulamalar; sınıflandırma, yorumlama, ilişkilendirme, optimizasyon, modelleme gibi çalışmalar da yine YSA'yı içerebilmektedir. YSA, endüstriyel uygulamalarda, finans, askeri ve savunma, tıp ve sağlık, mühendislik uygulamalarında yer almaktadır (Karakoç, 2012: 603).

1960'lardan bu yana yapılan çalışmalar sonucunda farklı amaçlar için çeşitli YSA modelleri geliştirilmiştir. YSA modelleri, öğrenme algoritmalarına, mimari yapılarına göre değişmekte ve farklı/benzer amaçlar için kullanılabilir. YSA'lar, tahmin, fonksiyon yaklaşımı, sınıflandırma, kümeleme, optimizasyon gibi birçok amacı gerçekleştirmek üzere başvurulan bir araçtır. Kullanım amaçlarına göre YSA modelleri Şekil 2.15'teki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.15: Kullanım Amaçlarına Göre YSA Modelleri.

Kaynak: Hamzaçebi, 2011: 26.

Şekil 2.15'te görüldüğü gibi, kullanım amaçlarına göre çok çeşitli YSA modelleri bulunmaktadır.

2.2.11. Yapay Sinir Ağlarının Güçlü ve Zayıf Yanları

YSA'ların güçlü yanları, özellikle doğrusal olmayan yapılarından ve kendine özgü eğitim sürecinden kaynaklanmaktadır. Genel olarak; YSA'ların diğer modellere göre güçlü yanları; doğrusal olmayan yapıları modelleyebilme yeteneği, genelleştirme yapabilme yeteneği, uyarlanabilirlik ve esneklik bilginin saklanması hata toleransına, sahip olması ve istatistik veya başka modelleme tekniklerindeki ön şart ve kabullerin bulunmayışıdır.

- YSA'lar, kullandıkları transfer fonksiyonları sayesinde doğrusal olmayan yapıları modelleyebilmektedirler. Gerçek hayattaki birçok öngörü problemi, doğrusal olmayan bir temele dayandığından, YSA'ların bu özelliği etkili bir öngörü aracı olarak tercih edilmelerini sağlamaktadır (Gonzalez, aktaran Bayramoğlu 2007: 91).

- YSA modellerinin ağı sunulan bir eğitim seti ile ağırlıklarının ayarlanması mümkündür. Ayarlanan ağırlıkların tüm ağı için genelleştirilmesi yoluyla girdi-çıkı değişkenleri arasında en az hatayı veren YSA modellerinin kurulabilmesi, YSA'lara diğer modellere göre üstünlük kazandırmaktadır (Haykin, 1999: 25).

- Uyarlanabilirlik ve esneklik özelliği, YSA'ların, bağlantı ağırlıklarını çevrelerindeki değişmelere uyarlayabilme yeteneğinin olmasını ifade etmektedir. Özellikle, bir YSA durağan bir çevrede işlem yapmak için eğitildiyse bu çevrede meydana gelen küçük değişmelere cevap verebilmesi için yeniden eğitilmesi kolay olacaktır. Ayrıca bir YSA'nın işlem yaptığı çevre durağan olmasa bile; değişikliğin gerçekleştiği anda, ağı bağlantı ağırlıkları değişikliklere göre uyarlanarak yeniden yapılandırılabilir (Haykin,1999: 25).

- YSA'larda bilgi, ağı bağlantılarının değeri ile ölçülmekte bağlantılarda saklanmaktadır. Diğer programlarda olduğu gibi veriler bir veri tabanında veya programın içinde gömülü değildir. Bu sayede YSA'lar diğer modellere kıyasla bilgiyi saklayabilme gücüne sahiptirler (Öztemel, 2003: 31).

- YSA'lar, çok sayıda işlem elemanı ile yoğun şekilde paralel bağlanmış olan yapıları sayesinde hatalara karşı toleranslı olabilmektedirler. YSA'ların sahip

olduğu bilginin ağdaki tüm bağlantılara dağıtılmış olması, ağda oluşan bir hatanın tüm ağa dağıtılarak hatanın tolere edilmesini sağlamaktadır (Haykin, 1999: 26).

- Bir problemin birçok istatistik ve başka modelleme teknikleri ile modellenmesi öncesinde yerine getirilmesi gereken normal dağılıma uyma koşulu, veri sayısı arttıkça ortalama, varyans vb. parametrelerin sabit olması koşulu, hataların birbirinden doğrusal olarak bağımsız olması koşulu ve yapılan ölçümlerin hatasız olduğu vb. gibi ön şart ve kabuller bulunmaktadır. Halbuki, aynı sorunun YSA ile modellenmesinde hiçbir ön şart veya kabul yoktur. Ayrıca YSA'lar klasik çözümlenmesinde algoritması olmayan durumlarda veya çok karmaşık problemlerin çözümlenmesinde bile doğrudan kullanılabilir. YSA modellemesi yapmak için olayın fiziğini önceden anlamak gerekmez. Sonuçta YSA modelleri, genelde çoklu giriş-çoklu çıkış ilişkisinin kurulmasını sağlar (Şen, 2004: 20).

YSA'ların yukarı belirtilen birçok avantajlı özelliklerinin yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Öztemel, 2003: 34-35; 54):

- YSA uygulamaları donanım bağımlı çalışmaktadır. Günümüzdeki makinelerin çoğu seri işlemecilere sahiptir. Oysa YSA'ların varoluş nedenlerinden birisi de paralel işlemeciler ile çalışabilmeleridir. Paralel işlemleri seri şekilde çalışan makinelerle yapmak ise uzun zaman almaktadır.

- Her problemin farklı bir YSA yapısı gerektirebilmesi dezavantaj oluşturmaktadır.

- Probleme uygun YSA yapısının belirlenmesi genellikle deneme yanılma yoluyla yapılmaktadır. Bu önemli bir sorundur. Çünkü eğer problem için uygun bir ağ yapısı oluşturulamaz ise çözümü olan bir problemin çözülememesi veya hata yüzdesi yüksek çözümlerin elde edilmesi söz konusu olabilir.

- Bazı ağlarda öğrenme katsayısı, katman sayısı, katmanda olması gereken işlem elemanı sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde kuralın olmaması diğer bir sorundur. Bu sorun, iyi çözümler bulmayı engelleyici bir etken olarak görülebilir. Bu parametrelerin belirlenmesi kullanıcının tecrübesine bağlıdır. Ayrıca bu

parametrelerin belirlenmesi için belirli standartların olmayışı her problem için ayrı değerlendirmeler yapılmasını gerektirmektedir.

- Ağın eğitimine ne zaman son verileceğine karar vermek için geliştirilmiş bir yöntem yoktur. YSA'nın örnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi, eğitimin tamamlanması için yeterli görülmektedir. Fakat sonuçta optimum öğrenmenin gerçekleştiği söylenememektedir. Sadece iyi çözümler üretebilen bir YSA yapısı oluşturulabilmektedir.

- Bir diğer sorun ise, ağın davranışlarının açıklanamamasıdır. Bir YSA, herhangi bir girdi vektörünü çıktı vektörüne nasıl dönüştürdüğü konusunda bir bilgi vermez. Mühendislik açısından bakıldığında YSA'lar "kara kutu" gibi görülebilirler. Kara kutu, dışarıdan bilgileri alıp dışarıya ürettiği çıktıları vermektedir. İçeride neler olduğu ise bilinmemektedir. Diğer bir deyişle, YSA'nın sonuçları nasıl oluşturduğunu açıklama yeteneği yoktur.

Bütün bu dezavantajlarına rağmen YSA'lar ile birçok problem için çözüm üretilebilmekte ve başarılı uygulamalar oluşturmak mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, bu dezavantajlar YSA'lara olan ilgiyi azaltmak için değil, YSA'ların olduğundan üstün görülmesinin doğru olmadığını vurgulamaktadır. YSA'ların bu dezavantajlardan kurtularak problemlere çözüm üretebilmesi için ağların oluşturulmasını titizlik ile gerçekleştirmek gerekir. Hem çözülecek olan problemler hem de YSA'lar konusunda yeterli oranda bilgi sahibi olmak başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. YSA yöntemi ile problemlere çözüm aranmasında bu gerçek göz ardı edilmeden bir ağ oluşturmanın mümkün olabileceği fakat bunun kolay bir süreç olmadığını da bilinmesi gerekmektedir (Öztemel, 2003: 25).

Bu bölümde, öncelikle istatistiksel talep tahmini yöntemleri özetlenmiş, ardından çalışmada kullanılan YSA yöntemi tanıtılarak, yapı, öğrenme, mimari ve uygulama alanları vb. ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın teorik son bölümü olan üçüncü bölümde, su talebi ele alınarak, su talebini etkileyen ana faktörler hakkında bilgilere yer verilecektir. Ayrıca, su talep tahmini, uzun, orta, kısa ve çok kısa dönemler şeklinde zaman periyoduna göre sınıflandırılarak detaylı olarak açıklanacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SU TALEBİ VE TAHMİNİ

3.1. SU TALEBİ

Kamu su hizmeti sunumunda su talebi, belirli bir zaman periyodu içinde kent sakinlerinin ihtiyaç duyduğu su miktarını ifade eder. Bu anlamda, toplam su üretimi ile su talebi eşdeğer kavramlardır ve toplam su talebi, su kayıpları bileşenini veya olası su kayıp miktarını da içermektedir.

Burada bahsedilen, tüketicinin su talep miktarı q ile x_1, x_2, \dots, x_k açıklayıcı değişkenleri arasındaki genel fonksiyonel ilişki şeklinde ifade edilebilir. Bu ilişki, $f(\dots)$ matematiksel fonksiyonu ile sembolize edilerek eşitlik 3.1'deki gibi formüle edilebilir:

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (3.1)$$

Bir tüketici grubu için bu fonksiyonun olması aynı zamanda bir talep hipotezini de göstermektedir (Billings ve Jones, 2008: 4). Tüketicilerin satın aldığı miktar ile temel faktörlerin sayısı (x_k) arasında düzenli nicel ilişkiler bulunmaktadır.

Su talebini birçok değişken etkilemekte ve bunların çoğu sosyo-ekonomik ve iklimsel değişkenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu alandaki çalışmalar göstermiştir ki, iklimsel değişkenler su talebindeki kısa dönemli mevsimsel

değişimler, sosyo-ekonomik değişkenler ise uzun dönemli etkiler oluşturmaktadır (Adamowski, 2008: 121).

Su temini, fiziksel hidroloji kuralları ve mühendislik prensipleriyle çalışan, nispeten kolayca üstesinden gelinebilecek bir konudur. Oysa su talebi, zaman ve mekana göre sürekli değişen, zorlamayla olmayacak, insan ihtiyaçlarına ve davranışına bağlı değişkenlere dayanır (Brooks, 1997: 1). Su talebine, mühendisler ve kuruluşlardaki uygulayıcılar toplam sistem değerlerine ve bunların nasıl hareket ettiğine vurgu yapma eğilimindedirler. Sosyal bilimciler ise özellikle ekonomistler, genellikle bir zaman dilimini baz alarak bazı tüketici gruplarının su kullanımını yönlendiren ilişkileri, fonksiyonel olarak araştıran istatistiksel regresyonlar üzerinde odaklanmışlardır (Billings ve Jones, 2008: 5).

Su temin sistemindeki talep, su hizmeti verilen alandaki tüketicilerin tipi ve sayısı ile, bir dereceye kadar dağıtım şebekesindeki kaçak düzeyine bağlıdır. Tipik bir su temin sistemi çeşitli endüstriyel, ticari, kamu ve evsel kullanıcılardan oluşur. Su talebi bireysel ve tüketici gruplarının yaşam biçimlerinden açıkça etkilendiğinden dolayı, talep süreçleri genellikle ardışık gün ve haftalar arasındaki benzerlikler ile güçlü bir döngüsel model sergilemektedir (Jowitt ve Xu, 1992: 107).

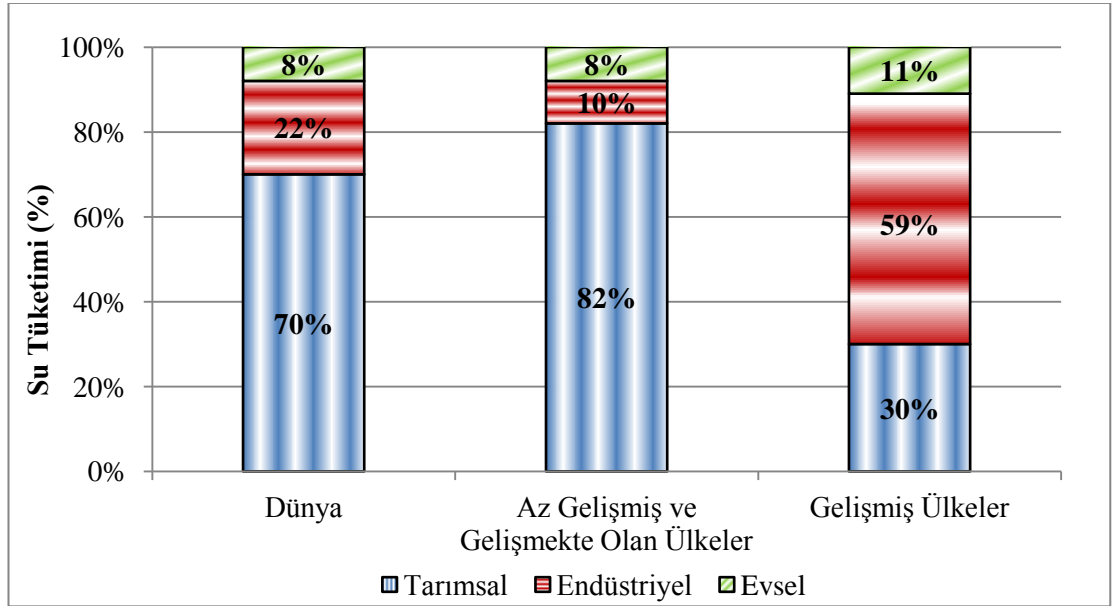
3.1.1. Su Tüketim Kategorileri

Su talebi veya tüketimi, evsel ve evsel olmayan tüketicilerce yapılan izinli tüketim ve su kayıplarından oluşmaktadır. Evsel tüketiciler ev içinde suyu genellikle içme, kişisel hijyen, yemek yapma ve temizlik için kullanırlar. Ev dışında ise avlu yıkama, bahçe sulama, süs veya yüzme havuzu doldurma ve araba yıkama amacıyla kullanırlar. İçme suyu dağıtım şebekesine bağlı olmayıp, caddelerdeki ikmal noktalarından veya ortak kullanıma açık olan çeşmelerden suyunu temin eden evler de genellikle evsel tüketici grubuna dahil edilirler.

Evsel olmayan tüketim ise endüstriyel, ticari, kurumsal ve tarımsal taleplerin tümünü içermektedir. Bu kategori ayrıca park ve yeşil alanların sulanması, caddelerin yıkanması, fiskiyeler ve yangın söndürme için kullanılan suları da kapsamaktadır. Ticari ve endüstriyel kullanımlar, su kuruluşları için temel gelir

kaynağı niteliğinde olduğundan çoğunlukla sayaç ile kayıt altına alınmaktadır. Birçok ülkede, park ve yeşil alanların sulanması ile devlet daireleri, askeri kurumlar ve diğer kurumsal binaların su ihtiyacının karşılanması için çok miktarda su kullanılmaktadır. Su temininin devlet tarafından sağlanması durumunda bu tür kullanımlar çoğunlukla ölçülmemekte ve bedeli alınmamaktadır (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 1). Bu durum, su yönetimi anlamıyla sorun oluşturabilmektedir.

Evsel ve evsel olmayan su tüketim kategorileri ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi örneğin tarımda kullanılan su oranı gelişmiş ülkelerde %30 oranında iken, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise %82 oranına kadar çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise yoğun endüstriyel üretim ve azalan tarımsal faaliyetler nedeniyle bu oran %30 oranına kadar düşmektedir. (TÜSİAD, 2008: 37). Ülkemizde ise suyun sektörel kullanımı %72 tarımsal, %10 endüstriyel ve %18 evsel kullanımdan oluşmaktadır (Türkyılmaz, 2010: 95).



Şekil 3.1: Ülkelerin Gelişmişlik Düzeylerinin Su Kullanımına Etkisi

Kaynak: UN World Water Development Report, aktaran TÜSİAD 2008: 37.

Dünya nüfusunun önemli bir kısmı için ekonomik düzeyin artması ve yaşam kalitesinin yükselmesiyle birlikte endüstriyel ürünlerin kullanımı giderek artmaktadır. Endüstriyel ürünlerin üretiminde suyun önemli bir girdi olması nedeniyle, Şekil 3.1’deki grafikte görüldüğü gibi dünya ülkelerinde ortalama %22

seviyesinde olan endüstriyel su ihtiyacı, gelişmiş ülkelerde %60 oranına yaklaşmıştır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bu oran %10 seviyesindedir (TÜSİAD, 2008: 37).

3.1.1.1. Evsel Su Talebi

Ev içi su tüketim miktarı, hane türü (ev, apartman dairesi vb.), hanede yaşayan kişi sayısı, aile gelirindeki farklılıklar, yıkanma alışkanlığı, kültür, din, mevsimsel değişiklikleri de içeren iklim farklılıkları, bulunan armatür sayısı, kapasitesi (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 3), su kalitesi ve su kullanım bilincinin de (Yılmaz, 2005: 160) bulunduğu birçok faktörden etkilenmektedir. Evsel su tüketimi, hane halkı büyüklüğünden hane halkı üyelerinin sosyo-ekonomik özelliklerine kadar birçok faktör arasındaki etkileşim sonucunda oluşur (Clarke vd., 1997: 187). Bu nedenle, evlerde kullanılan suyun ortalaması dünya genelinde %8 olmasına karşın, ülke ve yaşanan yere göre değişiklikler göstermektedir. Evlerde kullanılan su miktarı açısından bakıldığında, kırsal yerleşim birimleri ile kentler arasında ve gelişmekte olan ülkeler ile sanayileşmiş ülkeler arasında da farklılıklar söz konusudur (Kılıç, 2008: 169).

Bir yerleşim alanı için evsel tüketim tahmini yaparken, göz önüne alınması gereken unsurlardan biri de ortalama doluluk oranıdır. Örneğin Birleşik Krallıkta hanelerin çoğu için sayaç takılması tercihe bırakılmıştır. Sayaç takılmasını tercih eden haneler genellikle tüketme ve az ödeme eğiliminde olan evde tek başına yaşayan ya da emekliliğini evde geçiren kişilerdir. Bu durum, hanenin doluluk oranı ile ifade edilir.

İngiltere ve Galler'de 1981 yılında 2,7 kişi olan ortalama doluluk oranı, 2001 yılında 2,36 değerine gerilemiştir ve giderek düşmeye devam etmesi beklenmektedir. 2001 değerleri emeklilerin yoğun yaşadığı bölgelerde 2,1 – 2,2 arasında, kentin nüfusça daha yoğun bölgelerinde ise 2,3-2,6 arasında değişmektedir. ABD Nüfus Sayımı Bürosu, ABD'de ortalama hane halkı doluluk oranının 1990 yılında 2,63 iken 2004 yılında 2,57 değerine gerilediğini bildirmiştir. Bağımsız ABD su tedarikçilerinin bilgilerine göre, ortalama doluluk oranı çoklu-aile komplekslerinde 2,4 değerinden, tek ailenin oturduğu müstakil yapılarda 3,1 değerine kadar

değişmektedir. Genel olarak hane başına ortalama 2,5-2,8 kişi düşmektedir. Birçok Afrika, Hindistan alt kıtası ve Güneydoğu Asya vb. ülkelerde hane başına doluluk oranı 5 veya 6 kişidir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 3).

Yapılan önceki araştırmalara göre, evlerde bozuk muslukların toplam su tüketimini %5’kadar artırdığı, kullanım hatalarından kaynaklanan su kayıplarının da önemli bir yer tuttuğu belirlenmiştir. Örneğin, diş fırçalarken açık bırakılan bir musluktan dakikada 15–20 litre su kaybı olduğu tespit edilmiştir. Yine yapılan çalışmalara göre, evlerde kullanılan armatürlerin kalitesi, periyodik servis bakımları ve teknolojik tasarımları su tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Örneğin yakın zamana kadar konutlarda WC’lerin yıkanmasında kullanılan basınçlı yıkayıcıların (bas) yerine, rezervuarların tercihi artmaya başlamıştır. Bu tercihin muhtemel sebebi ise; rezervuarların, her yıkamada ortalama 9 litre standart su tüketmeleri, yavaş dolup hızlı boşalmaları, daha az arıza yapmaları ve yıkama görevlerini yerine getirirken aynı zamanda da su tasarrufu sağlamaları ile açıklanabilir (Yılmaz, 2005: 160).

Evsel tüketimde günün özelliği ve gün içindeki zaman da önemlidir. Su kullanımı, miktar ve zamanlama açısından hafta boyunca değişiklik göstermektedir. Örneğin, mesai günlerinde su kullanımı nispeten daha durmaktadır; sabah ve akşam pik su kullanım zamanları ile okul, iş vb. gidiş-çıkış saatleriyle çakışmaktadır. Buna karşın, hafta sonları talep artışı yaşanmakta ve günlük pik kullanım değerleri çoğunlukla hafta içinden daha geç saatlerde ve daha büyük değerlerde olmaktadır. Bir su temin bölgesinin kültürel ve dini özellikleri ile dini ve milli bayramları da haftalık ve mevsimsel talep modellerini etkileyebilmektedir. Örneğin Ramazan ayında, kişi başına talep miktarı artmakta ve günlük tüketim, gündülden geceye kaymaktadır. Pik değerler de güneşin batış ve doğuş zamanlarına göre değişmektedir.

Ev içi su kullanımı, içme, kişisel hijyen, tuvalet sifonu, duş, banyo, lavabolar, yemek yapma, temizlik, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi gibi amaçlar içindir. Bulaşık makinesi kullanımının yaygınlaşması ve yüksek kapasiteli duşlar ile banyoların modernleştirilmesi gelişmiş ülkelerdeki su tüketimini artırmıştır. Diğer taraftan son on yıl içerisinde toplumun bazı kesimlerinde suyun korunması konusunda artan bir bilinçlenme ve bunun sonucunda su kuruluşları ve çevre örgütlerinin dünya genelindeki bir eğilimle suyun korunmasını desteklemesi ve

tüketicileri düşük debi, düşük kapasiteli ve daha verimli tesisat kullanımı konusunda teşvik etmesi söz konusudur (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 4).

Ev dışı su kullanımları, evsel su tüketiminin önemli bir oranını temsil edebilmektedir. ABD’de sıcak iklimlerde günlük ortalama talebin % 60’ı sulama için kullanılmakta ve bu talep yılın önemli bir dönemi boyunca süreklilik göstermektedir. Avustralya’da günlük ortalama talebin % 35’i sulama ve avlu temizliği gibi ev dışı kullanımlar içindir. Avrupa’da ev dışı kullanım, toplam talebin % 2’sini temsil etmektedir.

Birleşik Krallık’ta bahçe sulaması, uzun süren kurak bir mevsimde günlük tüketimi % 50 oranında artırabilmektedir. Böylelikle, bir yıl boyunca kullanılan toplam su miktarı, o yıldaki yaz mevsiminin “kurak” yada “nemli” olmasına bağlıdır. İngiltere’nin daha kurak olan güneydoğu bölgesinde, yaz yağmurlarının uzun bir süre az görüldüğü son yıllarda bahçe sulaması toplam hane talebinin % 3-6 (5-10 l/kişi/gün) gibi bir kısmını oluşturmaktadır. Mevsimsel pik su kullanımında, bahçe sulaması için yapılan tüketim ortalama yıllık kişi başı tüketimden daha büyük değerlere ulaşabilmektedir.

Yüzme havuzları için kullanılan su, bu tür havuzların bir yerleşim alanındaki bulunma sıklığına bağlıdır. Araba yıkama ve diğer ev dışı kullanımlar ile birlikte düşünüldüğünde, bahçe sulama hariç, tahmini ev dışı kullanımı ortalama konut tüketiminin yaklaşık % 3-13 (5-20 l/kişi/gün) arasında bir değeri temsil etmektedir.

Avustralya’da 2007-2008 yıllarında yaşanan uzun süreli kuraklık karşısında, bazı belediyeler, havuz doldurma, dış yüzey ve araba yıkama ile bahçe ve çim sulama için su kullanımı ile ilgili sınırlamalar getirmiştir. Örneğin hortum boruları, yağmurlama ve sulama cihazlarının kullanımı yasaklanmış ve bir el kovası kullanarak iki günde bir bahçe sulaması yapılması istenilmiştir. Ev dışı su kullanımına yönelik daha yumuşak kısıtlamalar, 2006 yılındaki kuraklık sırasında bazı su şirketleri tarafından İngiltere’nin güneydoğusunda uygulanmıştır. Bunların sonrasında, su kıtlığı konusundaki bilincin ve su tasarrufuna duyulan ihtiyacın artması ile birlikte, yağmur suyunun kullanımı için depolanması ve evsel atık suların

geri dönüşümüne dönük projeler devlet kurumları ve su kuruluşları tarafından teşvik edilmiştir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 9).

3.1.1.2. Evsel Olmayan Su Talebi

Evsel olmayan su talebi, ticari, kurumsal, tarımsal ve endüstriyel olmak üzere dört kategori de sınıflandırılabilir:

Ticari Su Talebi: Dükkan, ofis, lokanta, otel, demiryolu istasyonları, hava alanları, küçük ticari işletmeler, atölyeler vb. yerlerin su talebi.

Kurumsal Su Talebi: Hastane, okul, üniversite, kamu kurumları, askeri kuruluşlar vb. yerlerin su talebi.

Tarımsal Su Talebi: Tarım, hayvancılık, bahçecilik, seralar, mandıralar ve çiftlikler için talep edilen su.

Endüstriyel Su Talebi: Fabrikalar, sanayi kuruluşları, enerji santralleri, iskeleler vb. yerlerin su talebi. Endüstriyel su talebi de ayrıca dört kategoriye ayrılabilir. Bunlar;

1. Soğutma Suyu Talebi: Genellikle nehirlerden doğrudan alınan ve az bir kayıpla tekrar aynı yere verilen su ihtiyacını ifade eder. Soğutma suyu, ticari ve ofis binalarındaki su soğutmalı klima sistemlerinde kullanılmaktadır.

2. Ana Endüstriyel Su Talebi: Kağıt imalatı, kimyasal madde, demir ve çelik üretimi ve petrol rafinesi gibi yerler için günlük su tüketiminin 1.000 m³/gün değerinden daha yüksek olduğu endüstriyel alanlardır. Su ihtiyacı oldukça yüksek olduğu için genellikle artırılmamış “ham su” kaynağından temin etme eğilimi vardır. Ham su, bir şebeke veya endüstri kuruluşuna kadar döşenmiş bir özel boru hattı vasıtasıyla taşınmakta ve bu suyla temas etme durumunda sağlık riskini azaltmak için dezenfeksiyon işleminden geçirilebilmektedir.

3. Büyük Ölçekli Endüstriyel Su Talebi: Gıda işleme, sebze yıkama, içecek şişeleme ve kimyasal ürünler gibi kullanımlar için günlük tüketimin 100–500 m³/gün aralığında olduğu üretim yerlerinin talebidir. Bu talepler çoğunlukla şehir

şebekesinden sağlanır. Suyun proses gerekliliklerini karşılaması için genellikle suya tesis içinde ek arıtma işlemi uygulanır.

4. Küçük ve Orta Ölçekli Endüstriyel Su Talebi: Günlük su tüketimi 50 m³/gün değerinden daha düşük olan ve çoğunluğu suyunu şehir şebekesinden karşılayan fabrikalar ve her türlü küçük imalathanelerin talebidir.

Tüm endüstriyel işletmeler, personelinin hijyen ve yemek ihtiyaçları için bir içilebilir su temin etmek durumundadırlar. Genellikle bu “evsel kullanım” kapsamında değerlendirilir ve şehir şebekesinden sağlanır. Ancak bazen endüstriyel proseslerde kullanıldıktan sonra arıtma işleminden geçen sudan da sağlanabilir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 10-12).

Değişik ülkelerde aynı endüstride her bir üretim yeri için oldukça farklı miktarlarda su kullanılabilir. Örneğin, sekiz Avrupa ülkesinde ocaktan çıkarılan çelik cevherinden ham çelik üretilmesi için gerekli su miktarı 0,6 ile 600 litre/kg (ortalama 90 litre/kg) aralığında değişmektedir. Aynı şekilde, kuru hamurdan kağıt üretimi için bu değer 15 ile 500 litre/kg (ortalama 140 litre/kg) aralığında değişmektedir (Krinner vd., 1999: 44). Bu geniş aralıklardaki üretim süreci, su kullanımı ve verimliliği, su geri dönüşümü ve muhtemelen tarife yapısındaki değişim ve farklılıkların tümünün, bir endüstrinin su kullanımını nasıl etkileyebileceğini göstermesi açısından oldukça önemlidir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 12).

Ülkemizde endüstriyel su tüketimi 2004 yılı verilerine göre, suyun % 61,4'ünün soğutma suyu, % 25,7'sinin proses suyu, % 5,9'unun evsel amaçlı kullanılmıştır. Ayrıca, endüstriyel suyun kullanım amaçları açısından da alt sektörler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, metal sanayinde su ağırlıklı olarak %90 oranında soğutma amaçlı tüketilirken, proseste kullanılan suyun oranı %5 ile çok düşük kalmaktadır. Buna karşın tekstil sektöründe en yüksek su kullanımı proses suyunda gerçekleşmektedir. Endüstride kullanılacak suyun niteliği kullanım amacına (proses suyu, soğutma suyu, kazan suyu vb.) çok bağlıdır. Örneğin proses suyu ile kazan suyunun kalite özellikleri aynı değildir, dolayısıyla farklı arıtma işlemlerinden geçirilmeleri gerekmektedir (TÜSİAD, 2008: 113-114).

Ekin yetiştirme, bahçecilik ve seralar gibi tarımsal faaliyetler için kullanılan suların büyük bir kısmı doğrudan nehirlerden yada kuyulardan alınmaktadır, zira bu suların arıtılmasına gerek yoktur. Genel olarak suyun temel kullanım alanı, sığırların oluklarıyla hayvanların sulanması, konutların yıkanması ve süt şişeleme vb. işlemlerdir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 14). Tarımsal su tüketimi üzerinde önemli etkenlerin başında sulama yöntemi, toprağa verilen su miktarı ve gün içindeki sulama zamanıdır. Sulama yaparak suyun toprağa fazla verilmesi faydadan ziyade toprağın tuzlanmasına ve çoraklaşmasına neden olacağından dikkat edilmesi gereken bir husustur. Ayrıca sulamanın sıcak saatlerde yapılması buharlaşmadan dolayı su tüketimini artıracığından günün fazla sıcak olmayan sabah ve akşam saatlerinde yapılması tercih edilmelidir (Ulusoy, 2007: 211).

Tarımsal gıda üretiminde su çok önemli bir konumdadır. Çünkü gıda üretiminin %40'ı gibi büyük bir bölümü %16 oranında sulanabilen arazilerden elde edilmektedir. Ekilebilir alanların genişlemesi ve verim artışının sağlanabilmesi, su miktarına doğrudan bağlı bir durumdur. Zaten sulu tarımla üretilen ürünlerin 2/3'ünün buğday ve pirinç olması, beslenmede suyun önemini açıkça ortaya koymaktadır. Bugün Çin'in, Güney-Güneydoğu Asya ülkelerinin ve Kuzey Afrika ülkelerinin üretimleri büyük ölçüde suya bağlıdır. Tahıl rekoltesinin Çin'de 4/5'i, Hindistan'da 1/2'sinden fazlası ve ABD'de 1/5'i sulanan arazilerden elde edilmektedir (Kılıç, 2008: 167).

Endüstriyel ve tarımsal su talebinde, bir malın, ürünün veya hizmetin oluşturulmasında üretim döngüsüne girdi olarak dahil edilen temiz su miktarı, oldukça büyük miktarlara ulaşabilmektedir. Öyle ki, özellikle su kaynakları bakımından yoksul olan bazı ülkeler, yoğun sulama isteyen tarım ürünlerini üretmekten uzaklaşmakta ve bu ürünleri dış kaynaklardan sağlama yoluna gitmektedirler. Örneğin bu ülkelerden İsrail'deki tarım ekonomistleri, yoğun sulama isteyen tarım ürünlerinin ihracatının akılcı olmadığını ve bu ürünleri ülke dışından sağlamanın daha ekonomik olduğunu belirtmişlerdir (İlhan, 2011: 11-12).

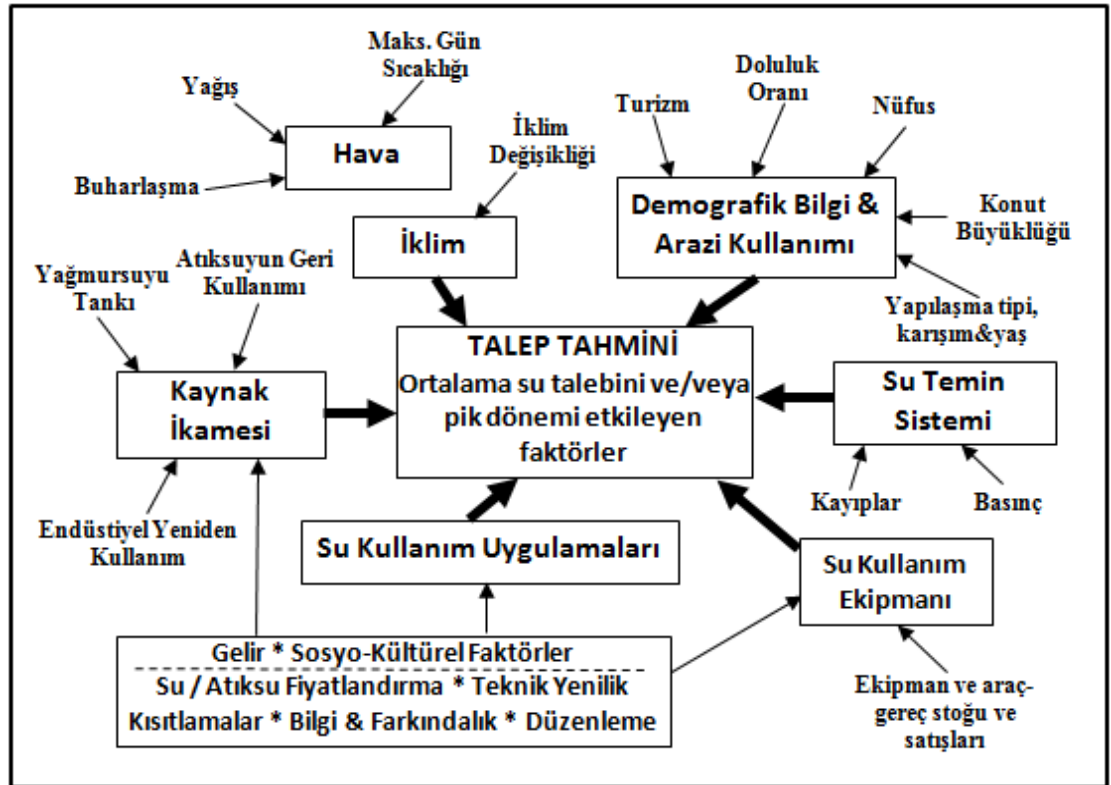
Ticari ve kurumsal su tüketimi dükkan, ofis, okul, lokanta, otel, hastane, küçük atölyeler ve kentsel alanlarda yaygın olan benzer faaliyetlerin su taleplerinden oluşur. İngiltere'de ortalama ticari ve kurumsal talep, faydalanan tüm nüfus

üzerinden yaklaşık 25 l/kişi/gün değerine eşdeğerdir. Bu değer, evsel olmayan konutlarda yaşayan kişilerce yapılan evsel tüketimleri de içermektedir. ABD'de ticari ve kurumsal talep, su soğutmalı klima sistemleri ve sıcak iklimdeki sulama ihtiyaçlarına dönük yüksek tüketimden dolayı önemli ölçüde yüksek olabilmektedir. Örneğin ofis binalarında çalışanların hijyen ve yemek yapma ihtiyaçlarına yönelik su tüketimi, binanın toplam talebinin % 35-40'ını temsil etmektedir. Okullardaki benzer su kullanımı, toplam tüketimin sadece % 20'sini temsil etmektedir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 13).

3.2. SU TALEBİNİ ETKİLEYEN ANA FAKTÖRLER

Su talebini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler Şekil 3.2'deki gibi sınıflandırılabilir.

Şekil 3.2'de görülen su talebini etkileyen etmenlerden bazıları, talebe doğrudan etki eden etmenlerdir. Su talebi üzerindeki bu etmenlerin etki düzeyi, talep tahmini üzerinde ve talep yönetimi programı geliştirilmesinde önemli bir ilgi alanı oluşturmaktadır (White vd., 2003: 15).



Şekil 3.2: Su Talebini Doğrudan ve Dolaylı Etkileyen Faktörler
Kaynak: White vd., 2003: 15.

Su talebini etkileyen faktörler için aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

1- Birey ve toplumsal özellikler: Su kullanım alışkanlığı, nüfus artış hızı, gelir düzeyi, enflasyon durumu, yapılaşma biçimi, konut büyüklüğü gibi faktörler.

2- Temin edilen suyun özellikleri: Şebeke basıncı, suyun kalitesi, su fiyatı gibi faktörler.

3- Dış faktörler: Hava sıcaklığı, nem oranı, yağış sıklığı, iklim değişikliği gibi su tüketimine yön veren faktörler.

Kentsel su temin sistemleri su hizmetini, içme, yangın kontrolü, bahçe sulaması, temizlik ve endüstriyel işlemler gibi birçok alanda vermektedir. Su talebi birçok değişkene bağlı olduğu gibi kent büyüklüğü, nüfus özellikleri, ticari ve endüstriyel kuruluşların büyüklüğü ve niteliği, iklimsel koşullar ve tedarik maliyetinden etkilenmektedir (Zhou ve diğ., 2002: 190).

Su talebi üzerinde; nüfus, istihdam, ekonomik döngüler, teknoloji, hava ve iklim, fiyat ve koruma programları gibi çeşitli faktörler önemli bir etkiye sahiptir (Billings ve Jones, 2008: 9). Bu etkilerin artmasında yerel nüfus artışı, küresel ısınma, kentsel yeşil alan miktarındaki değişim, endüstriyel büyüme, genişleme ve yaşam standartlarındaki değişim gibi çeşitli faktörlerin rolü giderek önem kazanmaktadır (Wu ve Zhou, 2010: 174).

Tüketicilerin su kullanım davranışlarını etkileyen farklı faktörler bulunmaktadır. Bazı insanlar öncelikli olarak finansal gerekçelerden, bazıları bilgi ediniminden, bazıları ise sosyal faktörlerden etkilenirler. Bu faktörler su talebini doğrudan etkilediği gibi su kullanım araç-gereçlerini de etkilediği unutulmamalıdır (White vd., 2003: 19).

3.2.1. Nüfus

Nüfus artışının, su kullanımını artıran temel faktörlerden olduğu söylenebilir (Billings ve Jones, 2008: 9). Dünyadaki nüfus artarken buna paralel olarak su ihtiyacı da artmaktadır. Örneğin 1950 yılında 2,7 milyar olan dünya nüfusu, 1990 yılına kadar neredeyse iki katı artarak 5,3 milyara ulaşmıştır. 2050 yılında ise dünya nüfusunun 10,6 milyara çıkacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla artan nüfusun evsel

ve evsel olmayan su tüketimi olmak üzere çeşitli sektörlerdeki su tüketimini önemli ölçüde artıracakı öngörülmektedir (Ulusoy, 2007: 207). Kentleşme hızını etkileyen nüfus artışı, öncelikle gelişmekte olan ülkelerde su başta olmak üzere beslenme ve sağlık sorunlarını daha da ağırlaştırmaktadır. Bunun yanında dünyadaki tatlı su miktarı sınırlı olduğu için su arzı ve talebi arasında bir açığın olması da kaçınılmaz hale gelmektedir (Kılıç, 2008: 172).

Nüfus faktörü, yalnızca bir kişinin günlük içme suyu ihtiyacı olarak algılanmamalıdır. Bunun yanında bir kişinin yaşamı boyunca, temizliği, beslenmesi, giyim ve kullanılan endüstriyel ürünlerin üretimi için harcanan su eklendiğinde nüfus artışının su tüketimi üzerindeki çarpan etkisi oldukça büyük boyutlardadır.

3.2.2. Gelir Düzeyi

Endüstriyel üretim ve ticari sektördeki dalgalanmalar sebebiyle ekonomik faktörler, su kullanımını etkilemekte ve su talebinde orantılı değişimlere neden olmaktadır. Ekonomi biliminde su “normal” bir eşya olduğundan kişisel gelirdeki değişimler su kullanımını etkilemektedir. Aile geliri yükseldiğinde su tüketimi artabilmektedir. Bunun yanında örneğin, eğer evde temel geçimi sağlayan kişi işsiz olursa su tüketimi düşebilmektedir (Billings ve Jones, 2008: 9).

Gelir durumu, su kullanımını etkilediği gibi tüketicilerin ödeme güçlerinin ve gönüllülüklerinin göstergesi olduğu söylenebilir (Billings ve Agthe, 1998: 113). Ancak gelir artışı ile su kullanımındaki artış arasında otomatik bir bağ olduğu söylenemez. Örneğin, eski veya daha çok su tüketen araç-gereçlerin yerini, yeni ve daha verimli olanlar aldıkça su tüketiminde azalma görülebilir (White vd., 2003: 21).

3.2.3. Teknoloji

Su kullanımındaki teknolojik değişimler, musluk vb. armatürlerde, çamaşır, bulaşık vb. yıkamak için kullanılan araç-gereçlerde, sulama ya da su kullanan diğer ekipmanlarda su tüketimini azaltmak için endüstriyel yenilikleri kapsar. Bunlara örnek olarak AAA-duşlukları, çift sifonlu tuvaletler, susuz pisuarlar (White vd., 2003: 21), otomatik bulaşık makineleri ile çöp öğütme tertibatının yaygınlaştırılması, evsel su kullanımını azaltabilir. Diğer taraftan tarımda damlama sulamanın

benimsenmesi de tarımsal su tüketiminde azalma sağlayabilir. Suyun yeniden kullanımı için koşullar ve imkanlar önemli ölçüde su gereksinimini düşürürken, yeni endüstriyel üretim yöntemleri daha çok veya az su kullanımına yol açabilmektedir (Billings ve Jones, 2008: 9).

Bu tür teknolojilerin kullanılabilir olması, kabul görmesi ve bu konudaki bilinçlenme, su talebine etki edecek kullanıcı algısını ve su kullanım uygulamalarını değiştirecektir (White vd., 2003: 21).

3.2.4. İklim ve Hava Koşulları

Su kullanımındaki mevsimsel değişimler öncelikle yerel iklim koşullarında oluşur. Yaz aylarında pik talebin olması normal bir durumdur. Daha yüksek yaz talep seviyeleri, açık havada yapılan çim ve bahçe sulaması, buharlaştırıcı soğutucuların kullanımı gibi aktiviteler, su kullanımını artırır. Bazı soğuk klimalar kış-pik sistemlere sahiptir ve içindeki su akışı soğuk günlerde boruların donmasını önlemek için kullanılır (Billings ve Jones, 2008: 9). Aynı şekilde aşırı soğuk iklime sahip bölgelerde muslukların çok az açık bırakılması, servis ve dağıtım borularında suyun donmasını engellemekte ancak su tüketiminde de artışa yol açmaktadır (Yılmaz, 2005: 159).

İklim ya da hava etmenleri kentsel su talebini önemli derecede etkileyebilir ve bir talep tahmin modeli geliştirilirken göz önünde bulundurulmalıdır. İklimsel etmenler uzun dönem ve kısa dönem faktörler olarak ayrılabilir. Kısa dönem faktörler, maksimum gün sıcaklığı, hissedilen yağış ve buharlaşma gibi hava etmenlerini kapsar. Kullanıcıların bu iki faktörü algılamalarına bağlı olarak açık alan sulama davranışları değişeceğinden, “hissedilen” yağış ve buharlaşmanın önemine dikkat çekmekte fayda vardır. Son zamanlarda yağış, terleme ve buharlaşmayı açık alan su kullanımıyla doğrudan ilişkilendiren otomatik fiskiye sistemlerini kontrol ediciler geliştirilmiştir (White vd., 2003: 23).

3.2.5. Fiyat

Kentsel su talep-temin döngüsü iki ana paydaşı içerir. Biri kentsel alana suyu sağlayan ve su fiyatlama politikasını yürürlüğe koyan su kuruluşu, diğeri ise suyu

tüketen ve bunun maliyetini üstlenen kent sakinleridir. Su talep-temin döngüsü, bu iki paydaş arasında etkileşimlerin genel bir sırasını gerektirir. Birincisi, su kuruluşu su talebi yönetimi için tüketiciler arasında bir fiyatlama politikası oluşturur. Sonra tüketici topluluğu seçilen fiyatlama politikasına tepki verir. Bireysel tüketiciler, su fiyatı, sosyal nüfuz, hava koşulları veya diğer belirli parametreleri esas alarak kendi su tüketimlerini tekrar gözden geçirirler. Sonuç olarak, suyu temin eden kuruluş, su fiyatlama politikasını revize eder veya uyumlu hale getirir (Athanasiadis vd. 2005: 178).

Avrupa Çevre Birimi tarafından 1999 yılında, Avrupa’da Sürdürülebilir Su Kullanımı başlıklı Çevre Değerlendirme Raporu’nda, su fiyatlandırmanın bir su talep yönetimi aracı olarak kullanılması zor olsa da diğer su koruma önlemleri ile birlikte uygulandığında, su kullanımı için kullanıcıların daha fazla sorumlu hale getirilmesi için yararlı bir araç olduğu sonucuna varmıştır.

Bir ürün veya hizmetin fiyatının yükselmesiyle ürün veya hizmete olan talebinin azalması genelde doğrudur. Talep üzerindeki bu fiyat değişiminin etkisini kestirmek için çeşitli formül, kurallar ve pratik yöntemler bulunmaktadır. Ürün veya hizmet sübvansiyon edildiğinde, toplumun refahı ve sübvansiyon seviyesi karşısında, bu talebin bastırılabilir olup olmadığına bağlı olarak maliyet değişikliklerinin etkisini tahmin etmek zorlaşabilir. Bununla birlikte, talep ve su tarifeleri arasındaki ilişkiyi gösteren çalışmalar da oldukça sınırlı sayıdadır.

Talebin fiyat esnekliği (e); fiyat yüzde değişiminden kaynaklanan talebin yüzde değişimini ölçmek için kullanılır. Bu ilişki eşitlik 3.2’deki gibi gösterilebilir;

Talebin Fiyat Esnekliği;

$$e = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2’de; Q, birim tüketim başına P fiyatındaki taleptir. Fiyat artışları talepte bir azalma oluşturduğundan, e negatiftir. P’de $e = -1.0$ artış olduğunda orantılı olarak Q da düşüş olur. 0 ile -1 arasındaki e değeri fiyat esnekliğinin yüksek derecede olduğunu gösterir. Örneğin $e = -0,2$ de P’nin % 25 fiyat artışı Q’da % 5

oranında azalmaya neden olur. e , -1 den yüksek olduğunda fiyatın esnek olduğu ve fiyattaki belirli değişikliklerin talep üzerinde daha büyük değişikliklere neden olacağı göz önünde tutulur.

Birçok su talep analizi çalışmasında, su tarifesi değişikliklerinin esnek olmayan fiyat aralığı içinde yer aldığı sonucuna varılmıştır. Talep üzerinde bu değişikliklerin etkisi orantılı olarak fiyat artışlarından daha düşük olmuştur.

Bazı fiyat artışlarının öncesi ve sonrası genellikle farklı çevresel ve ekonomik koşullar taşıması nedeniyle e değerlerini doğru biçimde saptamak zordur. Ayrıca, yıllık küçük artışlardan daha büyük bir etkiye sahip olan bir kerelik büyük bir fiyat artışı, esnek değer fiyat artışı büyüklüğünden etkilenmiş olabilir. Talep üzerinde gözlemlenebilir bir etki ve fiyatta meydana gelen bir artış arasında bir zaman gecikmesi de olabilir. Sonuç olarak açık bir şekilde benzer durumlar için yinelenen e değerleri geniş bir değişim gösterir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 30).

“ e ” nin kesin bir ölçümünü alma zorluğuna rağmen, bir kuruluş için talep esnekliği önemlidir. Endüstriyel ve ticari tüketiciler ve yüksek gelirli ev sahipleri, genellikle birçok su kuruluşu için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu nedenle, bu tüketici gruplarının talep esnekliği önemli bir faktördür çünkü fiyat artışı bu grupların alımlarını azaltmalarına yol açabilir, böylece beklenen orantılı gelir artışı olmayabilir.

ABD Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency: US EPA, 1998), talep üzerinde fiyat artışlarının etkisini göstermek üzere aşağıdaki referans değerlerini önermektedir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 31):

- Konut su fiyatlarındaki % 10'luk artış, evsel talebi %2-4 oranında azaltır ($e = -0,2$ 'den $-0,4$ 'e kadar).
- Evsel olmayan su fiyatlardaki %10'luk artış, evsel olmayan talebi % 5-8 oranında azaltır ($e = -0,5$ 'den $-0,8$ 'e kadar).
- Blok tarife oranlarındaki artış, talebi %5 azaltır.

Fiyat etkileri kısa, orta ve uzun dönem tahminleri için oldukça önemlidir. Su tüketimi ve kuruluş geliri su fiyatlarındaki değişimlerden doğrudan etkilenir. Birkaç aylık kısa zaman döneminde, fiyat yükselişleri tüketicilerin davranışlarını değiştirmelerine neden olabilir. Bu değişimler, duş alma, çim sulama, araba yıkama vb. süresinin kısaltılması şekillerinde olabilir. Uzun dönemde, eğer enflasyondaki yükselmeye birlikte fiyatlardaki artış devam ederse, tüketiciler su kullanımını azaltmak için olabildiğince, yenilikçi peyzaj tasarımına ve su tasarrufu sağlayan uzun ömürlü tesisat malzemeleri ile ev aletlerini tercih etmeye yönelebilirler (Billings ve Jones, 2008: 9).

Fiyatın çok ucuz olması su tüketimini artıran bir unsurdur. Fiyat etkisiyle su tüketimindeki bu artışın veya azalmanın belirlenmesinde bölgenin sahip olduğu su kaynakları, bu kaynakların bulunduğu yerin kente olan uzaklığı ve kentin gelir seviyesi önemli etkilere sahiptir (Yılmaz, 2005: 159). Su fiyatının belirlenmesindeki değişiklikler su tüketimini etkileyebilir. Gerçekçi bir fiyat belirleme politikası, yeterince kar sağlamanın yanında etkin bir şekilde kaynak tahsisi yapacak şekilde maliyetleri de kapsmalıdır (White vd., 2003: 20).

Su fiyatı, su talebinin verimli ve sürdürülebilir yönetimi için de önemlidir. Hane halkı geliri, su kullanıcılarının tükettikleri suyun bedelini ödemelerindeki gönüllülüklerini belirler. Örneğin aynı hane halkı geliri için daha geniş bir aile daha çok su tüketecektir. Fakat kişi başı aynı gelir düzeyi göz önüne alınırsa, daha geniş bir ailenin toplam su talebi daha düşük olur. Bunun nedeni ise genellikle daha büyük bir ailede, banyo, yiyecek ve tuvalet vb. kullanımı için gençler kadar su kullanmayan daha büyük yaştaki bireylerin olmasıdır (Liu, Savenije ve Xu, 2003: 221).

3.2.6. Verimlilik ve Su Koruma Programları

Literatürde “talep yönetimi” ve “koruma programı” kavramları genellikle aynı anlamda kullanılır. Örneğin talep yönetimi, “talebi karşılamak için uygun seçenekler arasından belirli eylemlerin seçilmesi” olarak tanımlanırken, su koruması “sosyal faydayı artıracak şekilde su kaybı veya su kullanımının azaltılması” olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda sosyal fayda, su yönetimi eylemlerinin maliyeti ile fayda (kazanç) arasındaki tercihin yapılması, yani biri için diğerinden vazgeçme

anlamına gelmektedir. Bundan dolayı, talep yönetimi veya su korumasının ana amacı tüketicileri daha verimli su kullanımı konusunda teşvik etmektir.

Yukarıda belirtilen tanımlara göre, talep yönetimi veya su koruma programı tarafından kullanılan yöntemler, koruma önlemleri ve eylemleri olarak adlandırılır. Bu eylemleri, su sağlayıcıları veya tüketiciler kendileri uygulayabilmektedirler. Tüketicilerin başvurduğu önlemler belirli bir bölgeye yönelik ve/veya daha dar kapsamlı olmasına rağmen, su sağlayıcılarının uyguladığı önlemler genellikle aynı su temin sistemini kullanan tüm bölgeleri hedefler. Evsel talebin azalmasında potansiyel öneme sahip veya en azından su talebindeki artışı yavaşlatan en çok kullanılan önlemler: ölçüm, fiyatlandırma, koruma aletleri, kaçak (sızıntı) kontrolü, eğitim programları, su kullanım kısıtlamaları ve su kullanım düzenlemeleridir.

Su sağlayıcıları ve tüketiciler tarafından ortak önlemlerin uygulanması, su tüketiminin azalmasında tek başına bir önlemden daha verimli ve karşılıklı olarak birbirini güçlendirme eğilimi taşır. Bununla birlikte, bazı kombinasyonlar ortak uygulansa bile beklenenden az veya hiç sonuç vermeyebilir (Froukh, 2001: 365).

Verimlilik ve koruma programları, genellikle nasıl daha az su kullanılacağı ile ilgili bilgiler ile bunun kente etkilerini bir araya getirir. Kuraklıktan veya diğer su temini kesintilerinden ortaya çıkan kriz programları, her ne kadar geçici olsa da su kullanımında büyük düşümlere sebep olurlar. Tüketici davranışında kalıcı değişimler oluşturmak için tasarlanan bu programlar, su kullanımında uzun vadeli düşüş oluşturma özelliğindedir. Özellikle bitkilere daha az su verilmesi ve düşük akışlı tuvalet kullanımı gibi yapısal değişimleri teşvik eden programlar önemli etkilere sahiptirler (Billings ve Jones, 2008: 9). Bu programların, zaman alıcı ve maliyetli olabilmesine karşın daha çok su tasarrufu sağladığı görülür. Kuraklığa bağlı kısıtlamalar genellikle ev içinden ziyade açık alan su kullanımını üzerinde daha büyük bir etkiye sahiptirler (White vd., 2003: 20).

Koruma programı etkileri, hedeflenen su kullanımında ve gelirdeki sapmaları minimize etmek için su talep tahmini modelinde dikkatli bir şekilde bulunmalıdır. Tahminin zaman boyutunu dikkate almayan birçok koruma programı, su kullanımında azalmaya ve gelirden düşmeye yol açabilir. Bunun aksine ücretlerin

artışına sıkı bağlı olan bir koruma programı ise, su kullanımını azaltırken gelirin yükselmesine neden olabilmektedir (Billings ve Jones, 2008: 10).

Verimlilik ve koruma programları kapsamında değerlendirilebilecek bir diğer konu ise su ikamesidir, yani su yerine alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi veya su teminine yeni ilaveler yapılmasıdır. Su ikamesi, yağmur suyunun toplanması veya sulama, araba yıkama, çamaşır vb. kullanımlar için gerekli suyun yerine kullanılabilecek olan veya yüksek kalite gerektiren diğer kullanımlar için uygun bir arıtma ile atık suyun yeniden kullanılması gibi önlemleri içermektedir. Ayrıca bu kapsama, susuz pisuarlar, kuru tuvaletler veya endüstriyel temizlik işlemlerinde su yerine hava kullanımı gibi susuz çözümler birer seçenek olarak eklenebilir (White vd., 2003: 23).

3.2.7. Su Kalitesi

İçme ve kullanma sularında istenilen ve istenmeyen özellikler beş grupta toplanabilir (Türkyılmaz, 2010: 7):

- Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- Su, hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir.
- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- Su, kullanım amaçlarına uygun olmalıdır.

Su da bu özelliklerin olabilmesi içinde ülke ve organizasyonlar çeşitli kalite standartları geliştirmişlerdir. Su kalitesinin sağlanmasında, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO 1999), ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA 2002), Avrupa Komisyonu (European Commission-EC 1998) ve TS 266 (2005) gibi (Türkyılmaz, 2010: 10) kalite standartları bulunmaktadır. Su temin ve dağıtımında bulunan kuruluşlar genellikle bu standartları göz önünde bulundururlar. Ancak sudaki herhangi bir kirlenme suyun arıtımı, depolanması, terfi edilmesi ve dağıtılması sırasında meydana gelebilir. Bu nedenle su kuruluşları, bu aşamalarda ve tüketiciye ulaşan sudan örnekler alarak ve bunların laboratuvar analizi sonuçlarına göre değerlendirme yapmaktadırlar.

Tüketiciye ulaşan sudaki kirlilik, tifo, dizanteri, kolera vb. hastalıklara yol açabilmektedir. Dolayısıyla gerek yukarıda sayılan içme ve kullanma sularında

özellikler ile sudan bulaşan hastalıklar su talebi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Örneğin şehir şebekesi suyunun içilebilir olmaması durumunda tüketiciler genellikle şişelenmiş/paketlenmiş suya yönelmektedirler. Bu durum ise birçok ülkede kamu kuruluşlarınca yürütülen içme suyu temin ve dağıtım hizmetinin özel sektör firmaları veya kamu kuruluşlarının şişeleme/paketleme işletmeleri tarafından yerine getirilmesi anlamını taşımaktadır.

Su kalitesi, su talebinde önemli bir etkiye sahiptir. Kaliteli ve içilebilir nitelikteki suya talep daha fazla olmakta ve bu durum su tüketimi üzerinde artırıcı etki yapmaktadır (Yılmaz, 2005: 159).

3.2.8. Su Kayıpları

Kentsel su kullanımında genellikle, sular kaynağından alındıktan sonra artırılıp taşınarak şebeke sistemleri ile tüketicilere ulaştırılmaktadır. Gerek kaynaktan taşıma (isale) gerekse kent içi dağıtımda çok uzun mesafeli boru hatları kullanılır. İletim ve dağıtım esnasında, verilen su miktarının bir bölümü, boru hatlarında ve depolarda meydana gelen sızıntılar ve kaçaklar nedeniyle kaybolur. Bu durum “fiziksel” veya “gerçek” kayıp olarak adlandırılmaktadır. Ancak içme suyu sistemlerinde su kaybı hesaplanırken, şebekeye verilen su miktarından, faturalı tüketiciye ulaşan su miktarı çıkarılarak, geriye kalan su miktarı “toplam su kaybı” olarak tanımlanır. Dolayısıyla, bu değerinde içinde halkın kullandığı kaçak bağlantılardan kaynaklanan su tüketimleri de bulunmaktadır.

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre şehir şebekelerindeki kayıplar değişmektedir. Uluslararası Su Hizmeti Birliği (IWSA)’nın 1991 yılındaki araştırmasına göre gelişmiş ülkelerdeki su kaybı %8-24, gelişmekte olan ülkelerde %24-45 arasında olduğu görülmüştür (TÜSİAD, 2008: 185-186).

“Hesaplanamayan su”, “gelir elde edilmeyen su”, “yasal kullanım” ve “kayıplar” gibi terimlerin farklı yorumlarını standardize etmek amacıyla Uluslararası Su Birliği (International Water Association-IWA), su dengesi içerisinde su kayıplarının bileşenleri için uluslararası düzeyde tutarlı bir takım tanımlamalar ve terimler dizisi önermiştir. Önerilen terminolojiye ait gösterim Tablo 3.1’de

görülmektedir. Bu terimler giderek tüm dünyada kullanım alanı bulmaktadır. Su arz talep dengesini yönetmede su kayıplarını, sızıntısını ve israfını azaltmak, bir su kuruluşunun en öncelikli işidir. “Gelir elde edilmeyen su”yun bir bileşeni olan su kayıpları, belirli ve gerçek kayıplar ile “faturalandırılmayan izinli tüketim”den oluşur. Faturalandırılmayan izinli tüketim, ya tüketimi ölçmek için kalıcı sayaçlar takarak ya da talepteki değişiklikleri tanımlamak ve talebi değerlendirmek için düzenli olarak tüketimlerin izlenmesiyle etkin bir şekilde yönetilebilir.

Tablo 3.1: Uluslararası Su Birliği (IWA) Su Dengesi

Sistem Giren Su Hacmi	İzinli Tüketim	Faturalandırılan İzinli Tüketim	Faturalandırılmış ölçülmüş tüketim	Gelir Elde Edilen Su	
			Faturalandırılmamış ölçülmemiş tüketim		
	Su Kayıpları	Faturalandırılmayan İzinli Tüketim	Faturalandırılmamış ölçülmüş tüketim	Gelir Elde Edilmeyen Su	
			Faturalandırılmamış ölçülmemiş tüketim (örneğin, yangın suyu)		
	Görünen Kayıplar	Gerçek Kayıplar			İzinsiz tüketim (örneğin, yasadışı bağlantılar, sayaçla oynama veya endeks atlatma)
					Ölçüm Hataları
İletim ve dağıtım borularından sızıntı					
Su kuruluşunun depolarındaki sızıntı ve taşmalar					
			Tüketicinin sayacına kadar olan servis bağlantılarındaki sızıntılar		

Kaynak: Lambert ve Hirner, 2000: 5.

Tablo 3.1’de görüldüğü gibi, görünen kayıplar tüketici için ölçülmeyen veya faturalandırılmayan izinsiz tüketimi ifade eder. Yasadışı bağlantılar, sayaçla oynama veya atlatma ve sayaç hataları bu konuya örnek verilebilir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 15).

Görünen kayıplar, ayrıca izinsiz tüketimin tanımlanması ve giderilmesi için kilit düzeyde olan sayaç okuma ve faturalama süreçlerindeki tüketici sayacındaki kusur ve hataları da kapsar. Görünen kayıpların en büyük payı olan ölçüm yanlışlıkları, sayaçların korunmasıyla (muayene, yeniden kalibrasyon ve değiştirme)

ve veri girişinden dolayı faturalama hatalarını minimize etmek için faturalama süreçlerinin yönetilmesiyle en aza indirilebilir. Yasa dışı kullanım ve yapılan bağlantıların ölçümündeki zorluklardan dolayı izinsiz tüketimin yönetimi oldukça karmaşıktır. Bu nedenle izinsiz tüketim, kişi başına düşen izinli tüketim rakamları içine dahil edilme eğilimi gösterir.

Gerçek kayıplar, genellikle gelir elde edilmeyen suyun başlıca kısmını oluşturur. Gerçek kayıplar, tüketim alanı ile dağıtım şebekesi arasındaki servis bağlantıları ile depolama tesisleri, dağıtım şebekesi ve ana şebekeden sızıntı, taşma ve hasarlardan oluşur. Sızıntı veya kaçaklar borulardan, boru eklemelerinden veya bağlantı parçalarından; vanalardan, yangın musluklarından ve tüketici sayaçlarının geliş yönündeki servis borularından meydana gelir. Ana borulara giden servis borularının bağlantıları genellikle dağıtım sızıntılarının ana nedenidir. Bu nedenle dağıtım kayıpları, tüketicilere hizmet veren ana boruların uzunluğu ve kilometre başına servis borusu bağlantılarının sayısına bağlı olarak değişmektedir.

Genellikle su kuruluşları, gelir elde edilmeyen su ve kayıplar için ilgili değerleri rapor ederler. Ancak bu değerler, boruların durumu ve yaşı, şebeke basınçları, sızıntı ve israfı önleyici tedbirlerin etkinliği, ölçülmeyen suyun nasıl tahmin edileceği ve istatistikleri derlemek için kullanılan metodoloji gibi çeşitli faktörler tarafından etkilenir. Su kuruluşlarından rapor edilen sızıntı ve gelir getirmeyen su değerleri, iyi yönetilen sistemlerde dağıtım girdisinin (sağlanan içme suyu miktarı) %5-10'u arasında değişebilir. Bu oran, sürekli şebeke bakım ve rehabilitasyon yatırımı yapılan ve uzun bir geçmişi olan zayıf durumdaki sistemler için %40-60 oranına veya daha fazlasına çıkabilir. Su temininin aralıklarla yapıldığı sistemlerde de yüksek sızıntı oranları görülebilir. Kayıpların düzeyleri ve genel olarak onları ortaya çıkaran koşullar Tablo 3.2'de verilmiştir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 16).

Tablo 3.2: Gelir Elde Edilemeyen Suyun Karakteristik Özellikleri

Toplam Temin Yüzdesi	Genellikle Uygulanan Koşullar
%5-15	Düşük sızıntıya sahip küçük sistemler; Düşük sızıntıya sahip büyük sistemlerin yerleşim alanları.
%16-20	Genellikle aktif sızıntı kontrol stratejisiyle ilişkili tüm şehirler için bildirilen en düşük değerler.
%20-25	Şebeke verisi, iyi sistem izleme, aktif sızıntı ve israf kontrol yöntemleri ile büyük sistemlerde ulaşılabilir.
%25-35	Zayıf duruma doğru giden eski ana şebeke ve servis borularını kapsayan büyük sistemler için bildirilir.
%35-55 ve daha fazlası	Zayıf durumda oldukça eski ana şebeke ve servis borularına sahip daha büyük sistemler; sınırlı mali kaynaklara, tüketici israfına ve şebeke sızıntısına önem eksikliği, verimsiz ölçüm.

Kaynak: Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 16.

Tablo 3.2’de görülen değerlerin aralık genişliği, gerçek kayıpların kendi aralığı yanında su kayıplarını tahmin etmek için kullanılan yöntemlerin çeşitliliğini de yansıtır. Ölçüm hatalarının dışında, daima tahmin edilmesi gereken ölçülmeyen tüketim vardır. %30’u aşan yüksek değerler, doğru tüketim verisinin eksik olmasından ve kısmen borulardaki sızıntıdan dolayı olabilir. Yeni veya geniş ölçüde yenilenen bir sistemdeki kayıplar %5-10 arasında düşük bir değere sahip olmalıdır. Fakat düşük bildirilen değerler, hesaplama kaynaklı ölçüm hatası veya ana şebeke boruları kayıpları haricinde ölçülmeyen tüketimin kaba tahmininin sonucu da olabilir (Johnson, Brandt ve Ratnayaka, 2009: 17).

Su talebi, kullanıcıların gereksinimleri yanında dağıtım şebekesinin kayıplarını da kapsadığından dolayı, kayıp miktarı su temini içine katılır. Bu nedenle talepler, genellikle bölge bazındaki ölçümlerin ortalaması olarak hesaplanır (Alvisi, Franchini ve Marinelli, 2007: 39). Şebeke sızıntı miktarı genellikle su kaybının yarısından fazlasını temsil eder. Sızıntının boyutu, altyapı ve sistem tasarımının durumuna göre bölgeden bölgeye değişmektedir.

Sızıntı etkileri ve kayıp yönetimi konusunda uluslararası alanda önemli çalışmalar yapılmıştır. IWA kayıp yönetimi için bir metodoloji geliştirmiştir. Lambert ve McKenzie (2002) tarafından, sızıntı seviyelerinin tanımlanması ve

karşılaştırılmasının standart bir yöntemi olarak Altyapı Kaçak Endeksi geliştirilmiştir (White vd., 2003: 23).

İletim ve dağıtım hatlarında oluşan arızalardan kaynaklı su kayıplarının olması, maliyetin artmasına ve dolayısıyla su fiyatlarının yükselmesine yol açan önemli faktörlerden biridir. Fiyatın yükselmesi ise su tüketimini azaltıcı etki sağlar. Ancak doğrudan toprağa kaybolan su tüketilmiş varsayılırsa şebeke kayıplarının su tüketimini artırdığı görülür (Yılmaz, 2005: 159).

Su dağıtım alt yapısının yıpranması, kırık veya sızdıran boruların bulunması, kayıplarda artışa yol açan bir durumdur. Bununla birlikte su sayaçlarının belirli tipleri devirlerinin altında kayıt yapabildiklerinden, eski bir sistemde bu kayıpların büyüklüğünü kestirmek zor olabilir. Yerleşim yerinin eskiliğiyle birlikte, son kullanıcı su kayıpları da artma eğiliminde olabilir. Bu nedenle eksiksiz bir su kullanım modelinde, gelecek su kaybını içeren tahminlerin olması istenir. Su kayıpları projeksiyonu, boru hattı, vana ve sayaçların bakım-onarım politikaları için rasyonel bir temel oluşmasına yardım etmektedir (Billings ve Jones, 2008: 10).

3.2.9. Sanayileşme

Sanayi kuruluşlarının, sektörlerine göre türleri ve sayısı su tüketimini etkileyen önemli unsurlardan biridir. Sanayi kuruluşlarının ürettikleri ürüne göre ihtiyaç duyulan su miktarı da değişkenlik göstermektedir (Yılmaz, 2005: 160).

Tarım sektöründen sonra en fazla su tüketimi endüstriyel alandır. Endüstriyel su tüketimi, soğutma, işlemden geçirme (processing), temizleme, enerji üretimi, buhar oluşturma ve ulaştırma gibi işlevleri içermektedir. Küresel olarak bu tür su tüketimlerinin 2/3'ü yalnızca beş endüstri koluna aittir: metal, kimya, petro-kimya, kağıt ve gıda endüstrileri. Günümüzde, endüstriyel su tüketimi gelişmiş ülkelerde oldukça yüksek seviyededir. Almanya, İngiltere ve Fransa'da endüstriyel üretimde kullanılan su miktarının toplam su tüketimi içindeki oranı yüzde 71 ila 87 arasındadır. Tarımsal sulamanın yoğun olarak yapıldığı gelişmiş ülkelerde de endüstriyel su tüketimi önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin, ABD ve Japonya'da bu

tür su kullanımı, toplam su tüketiminin yüzde 31 ile 46'sı arasındadır (Pamukçu, 2000: 58).

3.2.10. Tüketilen Su Miktarının Ölçüm Periyodu

Bazı bölgelerde su tüketim miktarları götürü usulde, yani aylık sabit ücret şeklinde ödenmektedir. Dolayısıyla aboneler sabit ücret ödeyeceklerini düşündüklerinden fazla su tüketimi davranışı içine girebilmektedirler. Diğer yöntemde ise dağıtılan suyun bedeli, aylık vb. periyotlarla ölçülerek fatura edilir (Yılmaz, 2005: 160). Bu yöntemde tüketici kullanacağı su miktarına göre ücret ödeyeceğini bildiği için aşırı su tüketmekten kaçınabilir.

3.2.11. Şebeke İşletme Basıncı

İnsanların el-yüz yıkama, duş, banyo, vb. gibi değişik amaçlar için tüketilecekleri su miktarları belirlidir. Tesisat uç malzemeleri armatürlerinde kesitler sabit olmasına rağmen kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak değiştirilebilir. Bu kesit değişimlerinde şebeke basıncı standart basınç değerlerinin üzerinde ise su tüketimi basınç artışına paralel olarak artacaktır. Dolayısıyla gerçek kullanım değerlerinin üzerinde su kullanımı gerçekleşeceğinden, aslında kullanılmayan ancak kullanılmış gibi görünen bir su miktarı ortaya çıkacaktır (Yılmaz, 2005: 160).

Yapılan birçok araştırmada yüksek düzeyde olan şebeke basıncının düzenlenmesi sonucunda su tüketiminde azalma olduğu gibi herhangi bir su sıkıntısı da görülmemiştir. Burada asıl problem özellikle su tesisat armatürlerinin kullanımında boşa akıtılan su miktarıdır. Örneğin el-yüz yıkama veya diş fırçalama esnasında birim zamanda açık kalan su miktarının işletme basıncına göre değişkenlik gösterecektir. Yani eğer basınç yüksek ise boşa akan ve aslında tüketilmeyen su miktarı da yüksek olacaktır. Aksi durumda ise boşa akıtılan su düşük seviyede kalacaktır. Ancak burada belirtilmesi gerek husus ise bu durumun kökten çözümü ise tüketicilerin boşa akan su konusunda bilinçlendirilmeleri ile sensorlu tesisat armatürlerinin kullanılmasıdır.

Şebeke işletme basıncının düşük olması da suyun uç yerleşim birimlerine ulaşmasını zorlaştıracak ve ihtiyaçların giderilmesinde problemlere yol açacaktır. Bu

nedenle şebeke işletiminde arzulanan her zaman işletme basıncının optimum seviyede olmasıdır.

3.3. SU TALEP TAHMİNİ

Su talep tahmini gelecekteki su ihtiyacını ön görmek için kullanılan bir yöntem bilim olarak tanımlanabilir (Froukh, 2001: 364).

Günümüzde gittikçe artan sayıda ülke için su kıtlığı, temel bir problem haline gelmiştir. Hatta tarım, endüstriyel ve kentsel su tüketimi arasındaki artış, su kaynakları için ciddi bir rekabete yol açmış ve birçok ülkenin sosyal, endüstriyel ve kırsal gelişimini engelleyecek boyutlara ulaşmıştır. Bununla birlikte su tüketimi, su kaynaklarına paralel artmamakta ve bu doğrultuda ülkeler ve bölgeler arasındaki rekabet şiddetlenmektedir. Şüphesiz ki su problemi, tüketilirken önlem alınmasında çok dikkatli olmayı ve özenle yönetilmeyi hak eden bir konudur. Bir şehirde verimli bir su yönetimi gerçekleştirmek için su tüketim analizi, hangi alanların ve niçin gelişime ihtiyacı olduğunu, nasıl gelişmesi gerektiğini belirlemek zorundadır. Bununla birlikte, su yönetiminde verimlilik sağlamak için su politikaları ve alışkanlıkların gözden geçirilmesi gerekmektedir (Wu ve Zhou, 2010:172). Bu durum, mevcut su sistemlerinin daha iyi planlanması ve tasarımı ile daha etkin işletimi ve yönetimini gündeme getirmiştir. Dolayısıyla, bir su sisteminin daha iyi planlanması, tasarımı, işletimi ve yönetiminde doğru su talep tahmini anahtar bir konumda bulunmaktadır (Jain, Varshney ve Joshi, 2001: 299).

Kentsel su talep tahmini, geçmiş su kullanım bilgilerine göre gelecekteki su kullanımı konusunda öngörüler geliştirme sürecidir. Bu süreç sonunda elde edilen tahminler, kamu kuruluşları yöneticilerinin aşağıdakilere benzer soruları cevaplamalarını kolaylaştırmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 1):

- Gelecekteki su ihtiyacına cevap verilebilmesi için ne kadar ilave su temini ve depolama hacmi gereklidir?
- Pik su kullanımının karşılanması için ne kadar büyüklükte veya kapasitede arıtma tesisi ve su temin sistemi tasarlanmalıdır?

- Beklenmeyen hava koşullarının neden olduğu acil su ihtiyacı veya kısa süreli su temini problemlerinin giderilebilmesi için su kullanımında kısıtlamaya gidilme olasılığı nedir?

- Su koruma politikaları ve programlarının gelecek su kullanımı üzerinde olası etkileri neler olacaktır?

- Su temin maliyetleri ve fiyatındaki artışla birlikte su kullanımı ve kuruluş gelirleri nasıl etkilenecektir?

- Su kullanımındaki artışa cevap vermede talep yönetiminin durumu ve kısıtları nelerdir?

Su talep tahmini yapılırken birçok su kuruluşu, öngörülen nüfus ile kişi başına düşen su tüketiminin çarpılması gibi basit tahmin tekniklerini kullanır. Bu yöntemler analistin kişi başına günlük su tüketim miktarını belirleme yeteneğine ve genellikle diğer kurumlarca hesaplanan nüfus tahminlerinin doğruluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Genellikle bir kentsel su temin kuruluşu, su talebini karşılarken maliyetleri de minimize etmek için talepteki değişimlere cevap verebilmek için sık sık çeşitli düzenlemeler yapma ihtiyacı duyar. Talepteki değişim mevsime bağlı olarak aylık, haftalık ve günlük bazda değişir. Bu değişimin temelinde evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetler olduğu gibi hava koşullarının etkisiyle hafta sonu ve tatil alışkanlıkları da devreye girer. Talep tahminini işletmeciler genellikle bu faktörlerden yola çıkarak kendi bilgi ve deneyimlerine göre yaparlar. Bunu yaparken de daha önceki gün ve saat tüketimler, tatil dönemleri, hafta içi/sonu günleri, önemli günler, hava durumu vb. faktörleri dikkate alırlar (Zhou ve diğ., 2002: 189).

Günümüzde büyük kuruluşlar, ayrıntılı verilerin planlama sürecinde daha fazla bilgi ve daha iyi tahminler sağlamasından dolayı, tüketici kategorilerine göre su tüketim değerlerini analiz etmektedirler. Bu çok yönlü yöntemler, bir bölge veya topluluğun genişleme ve davranışını belirleyen evsel, ticari, endüstriyel ve kamu (resmi kurum) tüketicilerinin dinamikleri üzerine yoğunlaşır (Billings ve Jones, 2008: 2).

Su talebi tahmin metodolojisi seçiminde üç temel kritere dikkat etmek gerekir: planlama amacı, mevcut veriler ve eldeki kaynaklar. Bir su talep tahmini geliştirilmesine yönelik planlama amacı, su talebi tahmin bilgilerini kullanacak olan su kaynakları karar-vericilerinin ihtiyaç duyduğu bilgilerin detay düzeyini belirler (Davis, 2003: 1). Bir kamu kuruluşunun tahminleme için seçtiği yöntemler, tahmin işlemine ayrılan kaynaklara, analistin teknik bilgi ve deneyimine ve eldeki veriye bağlıdır. Genellikle, kuruluş yönetiminin süreçte sorumluluğu arttığından ve deneyim kazandığından dolayı zaman içerisinde tahminlerin kapsamlılığı ve kalitesi artmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 10).

Toplam su kullanımı genellikle temel ve mevsimsel tüketim olmak üzere ikiye ayrılır. Temel tüketim, toplam tüketimin hava koşullarına duyarlı olmayan kısmı, yani kış aylarındaki su tüketimi olarak ifade edilir. Temel tüketim genellikle tüketici davranışındaki değişime karşı daha az duyarlıdır ve tesisat malzemelerinde yeni bir dizaynın yapılması ile tüketimde bir azalma oluşturabilir. Temel tüketimi tahmin etmek için kullanılan yöntemler su hizmeti verilen nüfus, dağıtım sistemine bağlantı sayısı, su fiyatı ve hane geliri gibi bağımsız değişkenlere dayalı zamansal ilişkileri içerir. Mevsimsel tüketim ise genellikle, biri yılın tümü üzerindeki uzun dönem değişimi, diğeri ise kısa dönem değişimi ifade eden iki bileşene ayrılır ve toplam tüketimin hava koşullarına karşı hassas olan kısmını ifade eder. Hava koşulları, kentsel su tüketimini günlük, haftalık ve aylık olarak etkiler. Hava koşulları ile su tüketimi arasındaki ilişki, bu etkilerden yararlanılarak geliştirilir (Zhou ve diğ., 2002: 191-193).

Su talep tahmini, sistem optimizasyonuna önemli katkılarda bulunur. Hassasiyetle geliştirilen kısa ve uzun dönemli talep modelleri, su hizmeti sunan kuruluş yöneticilerinin en az maliyetle su temin etmelerine yardımcı olmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 6). Özellikle enerji fiyatlarındaki artışlar, bu kuruluşların yüksek kalitede ve makul bir değerde su sağlamaları için operasyonlarını optimize etmelerini gerekli kılmaktadır. Operasyonların optimizasyonu, bu kuruluşların toplam işletme maliyetlerini %25-30 gibi yüksek oranda tasarruf etmelerine yardımcı olmaktadır. Herhangi bir su dağıtım sistemi işletiminin optimizasyonunda önemli bir hedefte elektriksel güç tüketimini asgariye indirmektir. Bu hedefi başarmak iki

önemli faktöre bağlıdır; ilki kesin ve zamanında talep tahminleri, ikincisi ise düşük elektrik tarifesi uygulanan saatlere göre pompa işletiminin planlanmasıdır (Ghiassi, Zimbra ve Saidane, 2008: 138-140).

Etkin bir su dağıtım sistemi işletiminde, genellikle bir sonraki günün pompalama programı belirlenirken gün içindeki düşük elektrik tarifesi avantajlarından yararlanmak için talep tahminine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin pompa çalışma programı yapılırken, her günün başında sonraki güne ait kısa dönem talep tahminine ihtiyaç duyulur. Önceden tanımlanan bir talep profili kullanımına alternatif olarak gerçek ve tahmin arasındaki sapmaları hesaplamak için sürekli güncellenip uyarlanabilen bir talep tahminleme süreci geliştirilebilir. Son derece değişken olan su talebine yanıt vermede, pompa ve vana kontrol ayarlarının kısa ve düzenli aralıklarla yeniden optimize edilmesi gereklidir. Bundan dolayı gerçek zamanlı ve su dağıtım sisteminin optima yakın kontrolü için bu alternatif yaklaşım daha uygundur. (Alvisi, Franchini ve Marinelli, 2007: 39-40).

Su tüketiminin tahmin edilmesi, ekonomi ve iklim koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmekte ve gelecekteki su ihtiyacının belirlenmesine önemli katkılar sunmaktadır. İklim değişikliğinin yoğun bir şekilde hissedildiği bir dönemde, su tüketiminin tahmin edilmesi ve modellenmesi, su temini ve dağıtım sisteminin tasarımı ve işletimi için oldukça büyük önem taşımaktadır (Fırat, Yurdusev ve Mermer, 2008: 449).

Genellikle ucuz bir şekilde fiyatlandırılmasına karşın, su değerli bir kaynaktır ve onun paylaşımı bazen çatışma konusu olabilmektedir. Doğru su talep tahminleri, su hizmeti sunan kuruluşlara, su kullanımını için güvenilir bir zemin oluşturmakta ve çatışmayı azaltma imkanı vermektedir (Billings ve Jones, 2008: 5).

Su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde su talep tahmini zorunlu bir ihtiyaç haline gelmektedir. Örneğin Suudi Arabistan su kıtlığının yoğun olduğu kurak bir ülkedir. Kalıcı veya sürekliliği olan nehir ve göller bulunmamakta ve bunun sonucunda ülkenin yenilenebilir su kaynağı kişi başına sadece 95 m³ ile sınırlı kalmaktadır. Kişi başı su miktarının 1.000 m³'ün altına inildiğinde su kıtlığı olduğu genel kabulüne göre bu değer oldukça düşük seviyededir. Bu durum, artan nüfus ile

birlikte ülke yönetimini su talebinin yarısını karşılamak için deniz suyunun arıtılmasına (desalination) zorlamaktadır. Ancak bu işlem ciddi maliyetli ve zaman alıcı bir sürece sahiptir. Bu nedenle yetkililer ve politika yapıcılar evsel su temininde kıtlığın önüne geçmek ve kalkınma planlarında uygun yatırımları gerçekleştirmek için uzun dönemli gerçekçi tahminlere ihtiyaç duymaktadırlar (Ajbar ve Ali, 2012: 342).

Kentsel gelişim programları değerlendirilmesinde de, su en önemli faktörlerden biridir. Kentsel planlama ve sürdürülebilir kalkınma kararlarının çoğu, önemli oranda ihtiyaç duyulacak su talebi tahminine göre şekillenir. Su kaynaklarının optimum kullanımı ve sürdürülebilirliği ile tarımsal projeler gibi çevre planlamada birçok önemli karar, su talebi analizine ve tahminine dayanır. (Nasseri, Moeini ve Tabesh, 2011: 7387).

3.3.1. Tahmin Periyoduna Göre Su Talep Tahminleri

İçmesuyu talep tahmini genellikle kısa, orta ve uzun dönem şeklinde planlanır. Genel olarak tahmin dönemleri kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve farklı güvenilirlik seviyelerine göre değişiklik gösterir. Tahmin tipi ve dönemleri ile başlıca uygulama alanları aşağıda Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3'de görüldüğü gibi su talep tahminlerinin dönemlere göre farklı uygulama alanları bulunmaktadır.

Kentsel su talebinin kısa ve uzun dönem tahmini, su altyapı hizmetlerinin sistem planlama, tasarım ve kaynak yönetimi için temel oluşturur. Kısa dönem tahmini, mevcut su temin sistemlerinin verimli bir şekilde işletilmesi ve yönetimi için faydalıken uzun dönemli tahmin ise sistem planlama, tasarım ve kaynak yönetimi için önemlidir.

Tablo 3.3: Su Talep Tahminleri ve Başlıca Uygulama Tipleri

Tahmin Tipi	Tahmin Dönemi	Uygulamalar
Uzun Dönem	On yıl ve üstü, 10-50 yıl	Sistem kapasite büyüklüğünü belirleme, ham su temini
Orta Dönem	On yıla kadar, 7-10 yıl	İşleme ve dağıtım sistemi büyüklüğünü, ilerleme adımlarını hazırlama, yatırımlar, su ücretlerini düzenleme
Kısa Dönem	Yıllık, 1-2 yıl	Bütçeleme, program izleme ve değerlendirme, gelir tahmini
Çok Kısa Dönem	Saatlik, günlük, haftalık, 2 haftaya kadar	Optimize etme, sistem operasyonlarını yönetme, pompalama

Kaynak: Billings ve Jones, 2008: 7.

Ne var ki tahmin modeli iklim değişikliği, ekonomik gelişim, nüfus artışı, göç ve hatta tüketicilerin davranış biçimleriyle ilgili faktörleri aynı anda dikkate alması gerektiğinden istenen sonucu elde etmek zor olabilmektedir (Qi ve Chang, 2011: 1628).

Su hizmeti sunan kuruluşlar gelecekteki su ihtiyaçlarını planlamak üzere uzun dönemli tahmin modellerini kullanmaktadırlar. Nüfus artışı, endüstrileşme ve diğer sosyo-ekonomik faktörlerden dolayı, su temin sistemleri baskı altında olduğundan, su kuruluşları mevcut su temin sistemlerinin yönetim ve işletmesini optimize etmek durumundadırlar. Buna ek olarak su kuruluşlarının, yüksek maliyetli tesislerin tasarımından kaçınmak için pik su talebi tahminlerini geliştirmeleri gerekmektedir (Jain ve Ormsbee, 2002: 64).

3.3.1.1. Uzun Dönem Su Talep Tahmini

Uzun dönem su talep tahminleri, on yıl veya daha fazla süre içeren bazen 30 yıla kadar olan tahmin dönemleridir. Bu talep döneminin uzunluğu, yeni su tesisleri geliştirmek için geçen zamana göre değişmektedir. Böyle yatırımlar, sermaye yoğunudur ve içilebilir su için sermaye çıkış oranları, genellikle tarımda veya üretim işletmelerinde kullanılan sudan daha yüksektir.

Yapılan araştırmalara göre, tahmin dönemi uzunluğu ile tahmin hatalarının artıştı doğru orantılıdır. Tahmin dönemi büyüdüğü için artan tahmin hataları, su kuruluşlarını iki taraflı risklerle karşı karşıya getirmektedir. Eğer kuruluş büyük tesisler inşa ederse, artan kapasite için tüketicisi sayısının n görülenden daha azı sermaye maliyetlerini üstlenmek zorunda kalacaktır. Bu ise daha yüksek ücretler ve giderler olarak kuruluşa mali bir yük getirecektir. Diğer taraftan, eğer uzun dönemli kapasite planlaması yetersiz bir şekilde yapılırsa, su sıkıntılarının yaşanması kaçınılmaz olacaktır.

Bu kapsamda birçok analist, su kuruluşunun gelişim planı için seçilen projeler ile su talep tahminleri ve bunların olası hatalarını ilişkilendirmeyi önermektedir. Genellikle, su kuruluşlarına yüksek birim maliyetleri olan, ancak düşük toplam sermaye maliyetlerine sahip olan modüler, esnek ve küçük çaplı projeler önerilmektedir. Bundan dolayı, planlama dönemiyle ilgili olası tahmin hatalarının değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Böylece uzun dönemli su talep tahmini, planlama faaliyetlerinde finansal ve diğer risklerin analizinde destekleyici bir rol oynayabilmektedir (Billings ve Jones, 2008: 6-7).

3.3.1.2. Orta Dönem Su Talep Tahminleri

Bu tahminler 1 – 10 yılı kapsar. Genellikle su dağıtım ve arıtma sistemlerinin planlama adımları ile su tarifesinin düzenlenmesi süreçlerinde rol oynar. Orta dönem su talep tahminleri, sabit veya yavaş değişim gösteren tüketicisi özelliklerinin, su tüketimi üzerindeki değişkenlik üzerine yoğunlaşırlar. Bu zaman dilimindeki talep değişiklikleri, hava sıcaklığı döngüsü, tüketicisi özellikleri ve ticari faaliyetlere bağlı olarak değişmektedir.

3.3.1.3. Kısa Dönem Su Talep Tahminleri

Bir kent su sisteminin daha iyi performans göstermesi için kısa dönem su talep tahminlerine ihtiyaç duyulur. Bu tahminlerin doğru belirlenmesi su yöneticilerine önemli katkılarda bulunur. (Jain, Varshney ve Joshi, 2001: 300). Kısa dönem su talep tahminleri, bütçe ve finans yönetimiyle beraber su sistemi işletimini destekler. Tahmin dönemleri çoğunlukla bir yıl olmakla beraber bir ay kadar kısa

olabilmektedir. Kısa dönemdeki tahmin hataları, öncelikle hava şartlarının ve insan davranışının önceden kestirilememesinin yol açtığı doğal değişkenlikten kaynaklanmaktadır. Buradaki nedenler veya etkiler kısa dönem tahmin yöntemleriyle etkin bir şekilde belirlenebilir ve analiz edilebilir (Billings ve Jones, 2008: 7).

Kısa dönem su tahmin modeli aşağıdaki üç olguya bağlı olarak geliştirilebilir (Maidment, Miaou ve Crawford, 1985: 425):

- Toplam kentsel su tüketimi, temel ve mevsimsel tüketimden oluşur. Temel tüketim, kış aylarında ortalama tüketim olarak gözlenir ve hava koşullarından etkilenmez. Mevsimsel tüketim ise hava koşullarına bağlıdır ve yılın diğer aylarındaki toplam tüketim ile temel tüketim arasındaki farktan oluşur.
- Yağış olmadığında mevsimsel tüketim, yıl içinde sıcaklık koşullarına bağlı olarak tipik bir yol izler.
- Zamanla giderek azalmanın dışında mevsimsel tüketimde yağıştan dolayı ani bir düşüş gözlenir.

3.3.1.4. Çok Kısa Dönem Su Talep Tahminleri

Günlük veya haftalık olan bu tahmin modelleri, günümüzde ileri tahmin teknikleri ile geliştirilmektedir. Bu yöntemler, günlük işletme proseslerinin optimizasyonunu hedefleyen su kullanım tahminleri geliştirmek için, genellikle birkaç günlük veya haftalık hava tahminlerini kullanır. Bu tahmin modelleri ayrıca, bakım-onarım çizelgelerinin planlanmasına da yardımcı olur (Billings ve Jones, 2008: 8).

Günlük su talep tahminleri, su temin sistemlerinin optimum yönetimi ve işletimi, su kıtlığı yönetimi uygulamaları için gereklidir. Ayrıca enerji tüketimini asgariye indirmek, destekleyici unsurların temin edileceği zamanı belirlemek ve kısa dönem koruma önlemlerini geliştirmek için kullanılabilir (Jain ve Ormsbee, 2002: 651).

Su talebinin saatlik olarak tahmin edilmesi birkaç nedenden dolayı çok önemlidir. Bu nedenler şöyle sıralanabilir (Herrera vd., 2010: 141):

- Su yöneticilerine optimal düzenlemelerin belirlenmesi ve tahmin edilen talebin temin edilmesi için pompalama şemaları oluşturma olanağı sağlanır. Böylelikle daha düşük pompalama yapılarak enerji verimliliğinin artırılmasına olanak tanınır.

- Temin edilen suda belirlenmiş bir standart elde etmek için uygun su kaynaklarının kombinasyonun seçilmesinde rol oynayabilir.

- Mevcut ve tahmin edilen akış ölçümleri arasındaki karşılaştırma, noktasal şebeke hatalarının (su sızıntıları ve boru patlakları) yerini belirlemede yardım edebilir. Bu amaçla bir erken uyarı sistemi kurulması için ilk adım olabilir.

Bu bölümde, su talebi kavramsal temelde ele alınarak, su talebini etkileyen ana faktörler hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır. Ardından su talep tahmini zaman periyoduna göre ele alınarak bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın son ve uygulama bölümü olan dördüncü bölümde, içme suyu talep tahmini ile ilgili literatür taramasına, Diyarbakır kent merkezi içme suyu arzı hakkında genel bilgilere ve talep tahmini uygulamasına yer verilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇME SUYU TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI

4.1. LİTERATÜR TARAMASI

Bu kısımda, uygulama öncesinde kent merkezi içme suyu talep tahmini ile ilgili literatür taranmış ve bu çalışmalardan öne çıkan bazıları aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır. Literatürde içme suyu talep tahmini ile ilgili çalışmalarda genellikle regresyon analizi, zaman serileri, zeki sistemler ve hibrid modeller olmak üzere birçok yöntemin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemlerden, zeki sistemler kümesi içerisinde ise yapay sinir ağları, bulanık mantık, destek vektör makineleri gibi yöntemlerin yapılan uygulama çalışmalarında daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir. Tezin konusu kapsamında uygulamada kullanılan tekniklerin incelenmesi ve kullanılacak yöntemin belirlenmesi sürecine yol göstermek amacıyla ilgili literatürdeki uygulamalar incelenmiş, özellikle içme suyu talep tahmininde kullanılan yapay sinir ağları ve hibrid modeller ile yapılan çalışmalara aşağıda özet olarak yer verilmiştir.

Jain, Varshney ve Joshi (2001), regresyon analizi, zaman serisi analizi ve YSA tekniklerini kısa dönemli su talep tahmininde uygulamış ve farklı iki hipotez ortaya atarak bu hipotezlerin geçerliliklerini araştırmışlardır. Çalışmada haftalık ortalama maksimum hava sıcaklığı ile haftalık toplam yağış miktarı değişken olarak kullanılmıştır. Farklı altı YSA modeli, beş regresyon modeli ve iki zaman serileri

modeli geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. YSA modellerinin eğitilmesinde delta kuralı ile genelleştirilen geri yayımlı YSA mimarisi kullanılmıştır. Çalışmada, YSA modelleri diğer modellerden sürekli daha iyi sonuçlar üretmiştir. Yazarlar, YSA modellerinin performansının artırılmasında, radyal tabanlı fonksiyonlar ve genetik algoritmalar gibi diğer eğitim algoritmalarının kullanılabilceğini önermişlerdir.

Jain ve Ormsbee (2002), yaptıkları çalışmada regresyon analizi ve zaman serileri gibi geleneksel teknikler ile uzman sistemler ve yapay sinir ağları gibi zeki tekniklerin kısa dönemli su talep tahmininde kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada dört geleneksel ve dört de yapay zeka tekniği olmak üzere sekiz tahmin modeli geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Modeller, 1982-1992 yılları için günlük su talebi, günlük maksimum hava sıcaklığı ve günlük toplam yağış miktarı değişkenlerine ait veriler ile ABD'nin Kentucky eyaletine bağlı Lexington kentinde uygulanmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda, yapay zeka modellerinin, geleneksel modellerden daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüştür. Yazarlar uzman sistemler ve YSA tekniklerinin, su temin ve dağıtım sistemlerinin işletme performansını artırıcı bir potansiyele sahip olduğunu dolayısıyla bu tekniklerin kullanımının oldukça yararlı olacağını ileri sürmüşlerdir.

Liu, Savenije ve Xu (2003), Çin'in Weinan kentine yaptıkları çalışmada, YSA ile su talebini belirlemek üzere tek gizli katmanlı bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde giriş değişkenleri olarak su fiyatı, hane halkı geliri, hane halkı büyüklüğü kullanılmış, çıktı değişkeni olarak ise, kişi başına günlük su tüketim miktarı kullanılmıştır. Çalışma sonunda modelin yaptığı tahminlerin çok değişkenli modellerden daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Bougadis, Adamowski ve Diduch (2005), yaptıkları çalışmada kısa dönemli bir su talep tahmini modeli tasarlamışlar ve zaman serileri ile yapay sinir ağı modellerinin karşılaştırmalı performans analizlerini yapmışlardır. Çalışmada, su talebi ile yağış miktarı, maksimum hava sıcaklığı ve geçmiş yıllardaki su talebi gibi iklimsel değişkenler de incelenerek talebe etkileri ölçülmeye çalışılmıştır. Çalışma, Kanada'nın Ottawa şehrine ait verilerle yapılmıştır. Modelin performans ölçümünde; korelasyon katsayısı (Correlation Coefficient-CORR), ortalama mutlak görelî hata (Average Absolute Relative Error-AARE) ve maksimum mutlak görelî hata (max

Absolute Relative Error-ARE) hesaplamaları kullanılmıştır. Sonuç olarak YSA'nın regresyon ve zaman serileri yöntemlerinden oldukça iyi tahmin değerleri ürettiği belirlenmiştir. Ayrıca, haftalık su talebinde Jain vd. (2001)'nin vardıkları sonuçların tam aksine, yağış miktarlarının, yağışların oluşundan daha önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır

Msiza, Nelwamondo ve Marwala (2007), Güney Afrika'da, Gauteng şehrinde, kısa ve uzun dönemli su talep tahmini için yaptıkları çalışmada, bir YSA modeli geliştirerek, günlük su talebi ve yıllık tahmini nüfus büyüklüklerini değişken veri olarak kullanmışlardır. Modelde en düşük eğitim hatasına sahip olan beş girdi kullanılmıştır. Bunlar, sırayla ilk dört günün su talebi, beşinci girdi değişkeni ortalama yıllık nüfus tahmini ve modelin tek çıktı değişkeni ise her beşinci günün su talebidir. Çalışmada çok katmanlı algılayıcı (Multiple Layer Perceptron-MLP) ve radyal tabanlı fonksiyon (Radial Based Function-RBF) sinir ağı mimarileri kullanılmıştır.

Adamowski (2008), tarafından yapılan çalışmada, yaz mevsimindeki günlük su talep tahmini yapma üzere tasarlanan Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression-MLR), zaman serisi analizi ve YSA modelleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada günlük su talep miktarları, günlük maksimum sıcaklık ve günlük toplam yağış miktarı değişkenleri kullanılmış, uygulama Kanada'nın Ottawa kentinde yapılmıştır. Modelin performans değerlendirmeleri Ortalama Mutlak Göreli Hata (AARE), Maksimum Mutlak Göreli Hata (max ARE) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda, YSA'nın çoklu doğrusal regresyon ve zaman serileri analizlerinden daha iyi tahmin sonuçları ürettiği ileri sürülmüştür.

Ghiassi, Zimbra ve Saidane (2008), tarafından yapılan geniş kapsamlı kentsel su talep tahmini çalışmasında, geleneksel geri yayımlı YSA modelinden farklı olarak dinamik YSA modeli (DAN2) geliştirilmiştir. Çalışmada; uzun, orta ve kısa dönemli su taleplerini doğru olarak tahmin etmek için aylık, haftalık, günlük ve saatlik olmak üzere farklı tahmin modelleri tasarlanmıştır. Model performansları ve sonuçlarının değerlendirilmesinde California San Jose Water su şirketinin gerçek verileri kullanılmıştır. Tahminleme modellerinde hava durumu bilgilerini de içeren

etkiler incelenmiş ve bu gibi etkilerin doğruluğu artırabildiği ortaya konulmuştur. Çalışmaya göre aylık, haftalık ve günlük tahmin yapan modeller %99, saatlik modeller ise %97'nin üzerinde doğru sonuçlar üretmişlerdir. Çalışmada ayrıca, DAN2 modelleri ile otoregresif bütünleşik hareketli ortalamalar (ARIMA) ve ileri beslemeli geri yayımlı YSA modeli karşılaştırılmış, DAN2 modellerinin bu modellerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Cutore vd. (2008), yaptıkları çalışmada, SCEM-UA adını verdikleri bir su talep tahmini algoritması geliştirmişlerdir. Bu model ile İtalya'nın Catania kentinin su dağıtım sistemi için günlük su talep tahmini yapılmış ve bu tahminler test edilerek %95 oranında güvenli bulunmuştur. Çalışmada tek gizli katmanlı geri yayımlı bir YSA kullanılmıştır.

Msiza, Nelwamondo ve Marwala (2008) çalışmalarında, su talep tahmininde YSA ile Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines-SVMs) yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada, veri seti olarak Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Gauteng kentine 1997-2006 yılları arasında içme suyu hizmeti sunan Rand Water şirketinden elde edilen 3373 günlük verilerden yararlanılmıştır. Tasarlanan YSA modeli, çok katmanlı geri yayımlı (MLP) ve radyal tabanlı fonksiyon (RBF) olmak üzere iki mimari yapıyı içermektedir. Bu modeller birbirleri ile karşılaştırılarak Destek Vektör Yeteneği (SVG) geliştirilmiştir. YSA ve SVM testlerinden yetenekleri belirlemek için doğrulama veri setinin hedef değerlerinin tahminindeki "kesinlik" ve "doğrulama hatası", performans kriterleri olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, tasarlanan YSA modelinin daha iyi bir performansa sahip olduğu ileri sürülmüştür.

Yurdusev vd. (2009), su tüketimini etkileyen çeşitli sosyo-ekonomik ve iklim faktörlerini göz önünde tutarak tasarladıkları ileri beslemeli ve radyal tabanlı sinir ağlarının, aylık su tüketim miktarının tahminine uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada, aylık ödenen su ücreti, nüfus, hane sayısı, enflasyon oranları, gayri safi milli hasıla, aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış miktarı ve aylık ortalama nem düzeyi değişken olarak kullanılmış ve 1997-2005 yılları arasındaki veriler alınmıştır. Tasarlanan modelin eğitim ve test aşamalarında, ileri beslemeli ve radyal modellerin performansları karşılaştırılmış ve en iyi model tespit edilmiştir. Bu amaçla tüm modeller için normalleştirilen ortalama hata karekökü (Normalised Root

Mean Square Error-NRMSE), etkinlik ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Son olarak en uygun modeller de karşılaştırma için çoklu doğrusal regresyon (Multiple Linear Regression-MLR) ile eğitilmiş ve test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda ileri beslemeli ve radyal tabanlı yöntemlerin, aylık su tüketim miktarı tahmininde başarılı bir şekilde uygulanabileceği ileri sürülmüştür.

Adamowski ve Karapataki (2010) yaptıkları çalışmada, haftalık su talep tahmini yapmak üzere modellenen çoklu doğrusal regresyon ve her biri farklı bir öğrenme algoritmasına sahip olan değişik üç tip, çok katmanlı, geri yayımlı YSA modellerini karşılaştırmışlardır. Modelde kullanılan veriler 2002-2007 yıllarına ait altı yılı kapsayan, haftalık su talep miktarı ve meteorolojik (maksimum haftalık sıcaklık ve toplam haftalık yağış) değişkenlerdir. Çalışma Güney Kıbrıs'ın Nicosia kentindeki Athalassa ve Public Garden bölgelerinde uygulanmıştır. Modellerin performansı determinasyon katsayısı (R^2), karesel hataların ortalamasının karekökü (Root Mean Square Error-RMSE), ortalama mutlak görelî hata (AARE), maksimum mutlak görelî hata (Max ARE) yöntemleri kullanılarak test edilmiş ve en iyi model belirlenmeye çalışılmıştır. Modellerin birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda ise iki bölge için de en doğru haftalık su talep tahmini Levenberg-Marquardt YSA yönteminden elde edilmiştir.

Herrera vd. (2010), çalışmalarında İspanya'nın güneydoğusunda ismi belirtilmeyen bir kentin merkezi için alternatif makine öğrenme yöntemleriyle saatlik su talep tahmini yapmışlardır. Yazarlar YSA, Projeksiyon Araştırma Regresyonu (PPR), Çok Değişkenli Uyumlu Regresyon Uzanımları (MARS), Rastgele Ormanlar (RF) ve Destek Vektör Regresyonu (SVR) teknikleri üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, bu teknikler kısaca açıklanmış ve verilerin kullanılmasıyla bu modellerin çeşitli farkları deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Tüm tahmin modellerinde, saatlik zaman serisi verileri kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda, en kesin sonucu SVR vermiş ve bunu sırasıyla MARS, PPR ve RF yöntemleri takip etmiştir. Bu modellerin dışında yazarlarca, çalışmada kullanılan verilerin analizinden elde edilen ağırlıklı talep profiline dayanan bir model önerilmiştir.

Adamowski vd. (2012), tarafından birleşik kesikli dalgacık dönüşümleri (WA) ile YSA'nın birleşiminden oluşan WA-ANN modeli geliştirilmiştir. Bu model

kentsel su talep tahmini için yaz ayları boyunca Kanada'nın Montreal kentine uygulanmıştır. Çalışmada, günlük toplam yağış, maksimum hava sıcaklığı ve toplam su tüketimi değişkenlerine ait Mayıs 2001 ile Ağustos 2009 arasındaki belirli günlere ait veriler seçilmiştir. Geliştirilen model, çoklu doğrusal regresyon (MLR), çoklu doğrusal olmayan regresyon (MNLR), ARIMA ve YSA yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Her bir tahmin yönteminin görece performansı, karekök ortalama hata (RMSE), görece ortalama hata karekökü (RRMSE) ve verimlilik katsayısı (E) ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, WA-ANN modellerinin MLR, MNLR, ARIMA ve YSA modellerinden daha kesin kentsel su talep tahminleri sağladığı görülmüştür. Yazarlar çalışma sonunda, kentsel su talep tahmininde birleşik dalgacık-sinir ağı modelinin üzerinde çalışılması gereken ve geliştirilme potansiyeline sahip yeni bir yöntem olarak öneride bulunmuşlardır.

Ajbar ve Ali (2012), yaptıkları çalışmada Suudi Arabistan'ın Mekke kentinin aylık ve yıllık su talep tahmini için bir sinir ağı modeli geliştirmiş, kısa ve uzun dönemli tahminler elde etmişlerdir. Yazarlarca önerilen bu modelde; hane halkı geliri, hane halkı yoğunluğu ve kent nüfusu gibi yıllık değişkenler ile beklenen ziyaretçi sayısı, maksimum sıcaklık gibi aylık değişkenler bulunmaktadır. Model, su üretiminin geçmiş kayıtları ile tahmin edilen ziyaretçilerin dağılımına göre geliştirilmiştir. Çalışmanın uygulandığı Mekke kenti, umre ve hac ziyareti için yılın belirli aylarında ziyaret edilmekte ancak ziyaret dönemleri ay takviminin uygulanmasından dolayı her yıl değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle maksimum aylık sıcaklık değişkenine ait veriler ay takvimine göre düzenlenmiştir. Geçmiş verilerin incelenmesi sonucunda, dini ziyaretlerin olduğu yılın belirli aylarında pik su tüketiminin olduğu ve su talebinde yıllık artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Yazarlar tarafından çalışma sonunda, iyi eğitilen bir sinir ağı modelinin, su talep tahmininde girdi düzensizliğinin etkisinin analizinde karar vericiler için yararlı bir araç olabileceği ifade edilmiştir.

Bennett, Stewart ve Beal (2013), Avustralya'nın demografik, sosyo-ekonomik ve su kullanım aletleri/cihazları verimliliği bilgilerine dayalı olarak Queensland bölgesinde konutlar için son kullanım talebini araştırmışlardır. Çalışmada konut son kullanım talebini belirleyen ana etkenler olarak hane geliri,

yetişkin sayısı, çocuk sayısı, genç sayısı ile çamaşır makinesi, duş ve tuvalet ile ilgili su kullanım etkinliği değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada iki ileri beslemeli geri yayımlı ağ ile bir radial tabanlı ağ olmak üzere üç geleneksel YSA kullanılmıştır. Çalışmada tuvalet, musluk, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, banyo ve toplam hane içi için son kullanım modelleri geliştirilmiştir. Çalışma sonunda yazarlarca, uygulanan YSA tabanlı modellerin son kullanım tahmin uygulamalarında, konut su talebi için uygun bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Clarke vd. (1997), yaptıkları çalışmada diğer alanlarda geniş bir şekilde alternatif olarak kullanılan mikro simülasyon tekniğini tanıtmış ve evsel su talebinin tahmininde kullanmışlardır. Mikro simülasyon modeli İngiltere'nin Batı Yorkshire bölgesindeki Leeds kentine uygulanmıştır. Bu yöntem ile 4.000 örneklem alınmış ve 200.000 kişi için talep tahmini yapılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama su talebi yıllık 49 ile 416 m³/yıl aralığında tespit edilmiş ve aralık genişliğinin fazla olmasının konut özelliklerinin farklı oluşuna göre değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada sonunda ayrıca, mikro simülasyon yönteminin hane düzeyinde nüfus dinamiklerini ve özelliklerini yansıtmaya yeteneğine sahip olduğu ifade edilmiştir.

Lertpalangsunti vd. (1999), yaptıkları çalışmada tahmin uygulamalarını destekleyici Intelligent Forecasters Construction Set (IFCS) adlı bir araç setini geliştirmişlerdir. Bu araç seti, bilgi ve olay tabanlı mantık yürütme, YSA, bulanık mantık gibi yapay zeka modüllerinin eklenmesine izin vermektedir. IFCS ile bir su talep tahmin sistemi geliştirilerek Kanada'nın Regina kentine uygulanmıştır. Çalışmada, tekli ve çoklu modüller oluşturulmuş, modüllerden elde edilen tahminler karşılaştırılmıştır. Kıyaslama sonucunda, çoklu modüllerin daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüştür. Yazarlarca IFCS'nin, su tesislerinde işletme maliyetlerinin optimizasyonunda yararlı olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, IFCS'nin çoklu modelleri desteklemesinden dolayı, veri modelleme hızında artışa yol açacağı ileri sürülmüştür.

Altunkaynak, Özger ve Çakmakçı (2005), Takagi Sugeno (TS) bulanık mantık yaklaşımı ile 1995-2004 yılları arasındaki aylık su tüketim değerlerinden aylık tahminler elde etmişlerdir. İlk yedi yıla ait aylık tüketimler modelin eğitim aşaması için, son on sekiz aylık tüketimler ise tahminlerin elde edilmesinde

kullanılmıştır. TS bulanık mantık modeli, İstanbul'un 18 aylık su tüketim değerlerine uygulanmış ve tahmin sürecinde yalnızca bir gecikme dikkate alınmıştır. Çalışmada, TS bulanık modelinin istatistiksel özelliklerini koruduğu gözlenmiş ve %10'dan daha az bağıl hata ile tahminler yapabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca yazarlar bu modelin, olasılıklı modelleme ve tahminleme için uygun olan Markov ve ARIMA modellerinden daha yaygın kullanım alanı bulacağını ileri sürmüşlerdir.

Athanasiadis vd. (2005), karar vericilerin politika belirlemelerine destek olmak amacıyla ve su fiyatlandırma politikalarını değerlendirmeleri için hibrid yapıda olan DAWN modelini geliştirmişlerdir. Model, gelecek su talep tahmini için Yunanistan'ın ana kentlerinden olan Thessaloniki (Selanik)'e uygulanmıştır. Model, geçmiş su tüketim verileri, tüketici anketi verileri ve meteorolojik verilerden oluşmaktadır. Hane halkı ve sosyal değişkenlere ait veriler, bu ana kentin 17 belediyesinde küme örnekleme yöntemiyle 1.356 hanede yürütülen bir alan araştırmasından elde edilmiştir. Çalışmada DAWN entegre yaklaşımı, beş su fiyatlandırma senaryosunu değerlendirmek ve gelecekteki ihtiyaçların tahmin edilmesi için kullanılmıştır. Çalışmada sonunda DAWN, karar vericilere su talebi yönetiminde bilgilendirme ve eğitim politikası uygulamanın sonuçlarını anlamada yardımcı olacak bir model olarak önerilmektedir.

Fırat, Yurdusev ve Mermer (2008), ekonomik ve iklim şartları vb. faktörleri dikkate alarak Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık (USBM) modeli ile aylık su tüketimini tahmin etmeye çalışmışlardır. Araştırmada aylık su tüketiminin tahmini amacıyla, aylık su faturası, nüfus, hane sayısı, enflasyon, gayri safi milli hasıla, aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık ortalama nem parametrelerinin farklı bileşenlerinden oluşan çeşitli modeller elde edilmiştir. Her bir model USBM yöntemi ile eğitilerek test edilmiş ve ardından gözlem değerleri ile karşılaştırılarak en uygun model belirlenmiştir. Doğru ve güvenilir bir karşılaştırma yapabilmek için en uygun model aynı veri seti kullanılarak çoklu regresyon analizi ile çözülmüş ve test edilmiştir. Ayrıca çalışmada, Korelasyon Katsayısı (CORR), Verimlilik (E) ve Karesel Hataların Ortalamasının Karekökü (RMSE) gibi çeşitli performans değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır. Çoklu regresyon analizi ile USBM modelinden elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmış, performans

değerlendirme ölçütlerine göre USBM yönteminin aylık su tüketimi tahmin sonuçlarının çoklu regresyon yöntemine göre daha iyi olduğu ve su talep tahmininde etkin bir şekilde uygulanabileceği ileri sürülmüştür.

Fırat, Yurdusev ve Turan (2009), su kullanımını etkileyen farklı sosyo-ekonomik ve iklimsel faktörlerden aylık su tüketimi tahmininde, Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağları (Generalized Regression Neural Network-GRNN), Geri Bildirimli Sinir Ağları (Feed Forward Neural Network-FFNN) ve Radyal Tabanlı Sinir Ağları (Radial Based Neural Network-RBNN) gibi çeşitli YSA tekniklerini karşılaştırmışlardır. Belirtilen YSA modelleri Türkiye'nin üçüncü büyük kenti olan İzmir'de uygulanmış, 1997-2005 yılları arasına ait 108 aylık veri setinin, 84 ayı modelin eğitim, 24 ayı ise test aşamasında kullanılmıştır. En uygun tahmin modelini belirlemek için gözlenen su tüketim değerleri ile eğitim ve test aşamalarında YSA modellerinin performansı karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, tüm modeller için Normalleştirilmiş Ortalama Hata Kare Kökü (NRMSE), verimlilik (E) ve Korelasyon Katsayısı (CORR) hesaplanmıştır. En uygun modeller, Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ile eğitilmiş ve test edilmiştir. Çalışma sonunda yazarlarca, aylık su tüketimi modelleri içerisinde, aylık su bedeli, nüfus ve aylık ortalama sıcaklık girdi değişkenlerinden oluşan GRNN modelinin en iyi değerleri ürettiği sonucuna varılmıştır.

Li ve Huicheng (2010), kentsel yıllık su talebinin yönetilmesi ve tahmin edilmesi amacıyla sosyo-ekonomik ve iklim faktörlerinin göz önünde bulundurulduğu çok değişkenli ekonometri yaklaşımına dayalı bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada öncelikle, su talebi ile ilgili faktörler seçilmiş ve ardından Hodrick-Prescott (HP) filtre yöntemiyle faktörler, döngüsel bileşen ve eğilim serisi olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi, eğilim bileşenlerinin simüle edilmesinde kullanılmış ve bulanık sinir ağı ise döngüsel bileşenlere dayalı olarak yapılandırılmıştır. Ardından bu iki modelin kentsel yıllık su talebinin tahmini için bir araya getirilmesiyle elde edilen model, Çin'in Dailan kenti yıllık su talebinin tahmini için 1980-2007 yılları arasındaki verilere uygulanmıştır. Modelin eğitiminde 1980-2000 yılları arasındaki veriler, testinde ise 2000-2007 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Modelin test aşamasından sonra, modeldeki

etki faktörlerinin duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışma sonuçları modelin güvenilir ve uygulanabilir olduğunu göstermiş ve %10'dan az bağıl hata ile tahminlerin yapılmasına yardım ettiği yazarlar tarafından ileri sürülmüştür.

Nasseri, Moeini ve Tabesh (2011), İran'ın başkenti olan Tahran'da aylık su talep tahmini için Genetik Programlama (GP) ve Genişletilmiş Kalman Filtresini (GKF)'nin bir arada kullanıldığı bir hibrid model geliştirmişlerdir. Önerilen modelde öncelikle GP ile aylık su talep tahmini yapılmış, sonrasında GP'den elde edilen tahmin sonuçlarına GKF uygulanmıştır. Çalışmada, 1992-2002 yıllarına ait aylık su tüketim değerlerinin yer aldığı veri setinin %70'i eğitim, %30'u ise doğrulama için kullanılmıştır. Tüm model sonuçlarında her bir girdinin hassasiyeti matematiksel olarak ölçülmüştür. Yazarlar çalışmada GP ve GKF-GP hibrid modellerinin sonuçlarına göre, su talep tahmininde gözlem duyarlılığının belirgin bir etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır.

Mohammed ve Ibrahim (2012) kentsel su talep tahmini için dalgacık ve yapay sinir ağı yöntemlerine dayalı "Wavelet-ANN" hibrid modelini geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, Kesikli Dalgacık Dönüşümleri (DWT) ile Çok Katmanlı Geri Yayılmalı Sinir Ağını (MLP) bir araya getirmektedir. Modelde, günlük su tüketimi, minimum ve maksimum sıcaklık, yağış miktarı, ortalama görel nem ve ortalama rüzgar hızı gibi iklim değişkenleri kullanılmıştır. Elde edilen model, ABD'nin Tampa kentine uygulanmış ve belirtilen değişkenlere ait 1992-2004 yılları arasındaki 14 yıllık günlük ve aylık su tüketim değerleri baz alınmıştır. Günlük veri için 5, 10 ve 15 ve aylık veri için 24 ay doğrulama periyodu kullanılmıştır. Çalışmada geliştirilen modelin doğru günlük ve aylık tahminler sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, elde edilen bulgulara göre günlük ve aylık kentsel su talep tahmininde Wavelet-ANN modelinin bir hayli umut verici olduğu ifade edilmiştir.

4.2. UYGULAMANIN YAPILDIĞI DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇME SUYU ARZI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bu kısımda uygulamanın yapıldığı Diyarbakır kent merkezi içme suyu arzı hakkında genel bir tanıtım yapılacaktır. Bu kapsamda su arzı ile ilgili kuruluşlar tanıtılacak, uygulama alanı hakkında bilgi verildikten sonra içme suyu kaynakları, içme suyu ile ilgili tesisler, dağıtım şebekesi, şebekenin işletilmesi, içme suyu kalite kontrolü ve mevcut sorunlar hakkında açıklayıcı bilgilere yer verilecektir.

4.2.1. İçme Suyu Hizmeti Sunan İlgili Kuruluşlar

Büyükşehirlerde, su arzı ile ilgili görev ve yetkiye sahip olan kuruluşlar, Büyükşehir Belediyeleri ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)'dir. Bu nedenle su arzı konusunda öncelikle bu kurumlar hakkında genel bilgiler verilecektir.

Su arzı konusunda en yetkili kurumların başında Büyükşehir Belediyeleri ve bunlara bağlı kuruluşlar olan Su ve Kanalizasyon İdareleri gelmektedir. Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde su hizmetlerini yürütmek, bunun için gerekli baraj ve diğer tesisleri kurmak, kurdurmak ve işletmek, kaynak suyu veya arıtma sonunda üretilen suları pazarlama görev, yetki ve sorumluluğu Büyükşehir Belediyelerine aittir (5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 2004). Su hizmetleri konusunda belediyelere verilen görevleri yürütme ve bu konulardaki yetkileri kullanma görev ve yetkisi ise Büyükşehir Belediyelerine bağlı, müstakil bütçeli ve kamu tüzel kişiliği olan Su ve Kanalizasyon İdarelerine verilmiştir. Su ve Kanalizasyon İdareleri ayrıca, içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarının her türlü yeraltı ve yerüstü kaynaklarından sağlanması ve ihtiyaç sahiplerine dağıtılması için;

- kaynaklardan abonelere ulaşıncaya kadar her türlü tesisin etüt ve projesinin yapılması veya yaptırılması,
- bu projelere göre tesisleri kurulması veya kurdurulması, kurulu olanların devralıp işletilmesi ve bunların bakım ve onarımının yapılması, yaptırılması ve gerekli yenilemelere girişilmesi,

görev ve yetkilerine sahiptir (2560 Sayılı Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, 1981).

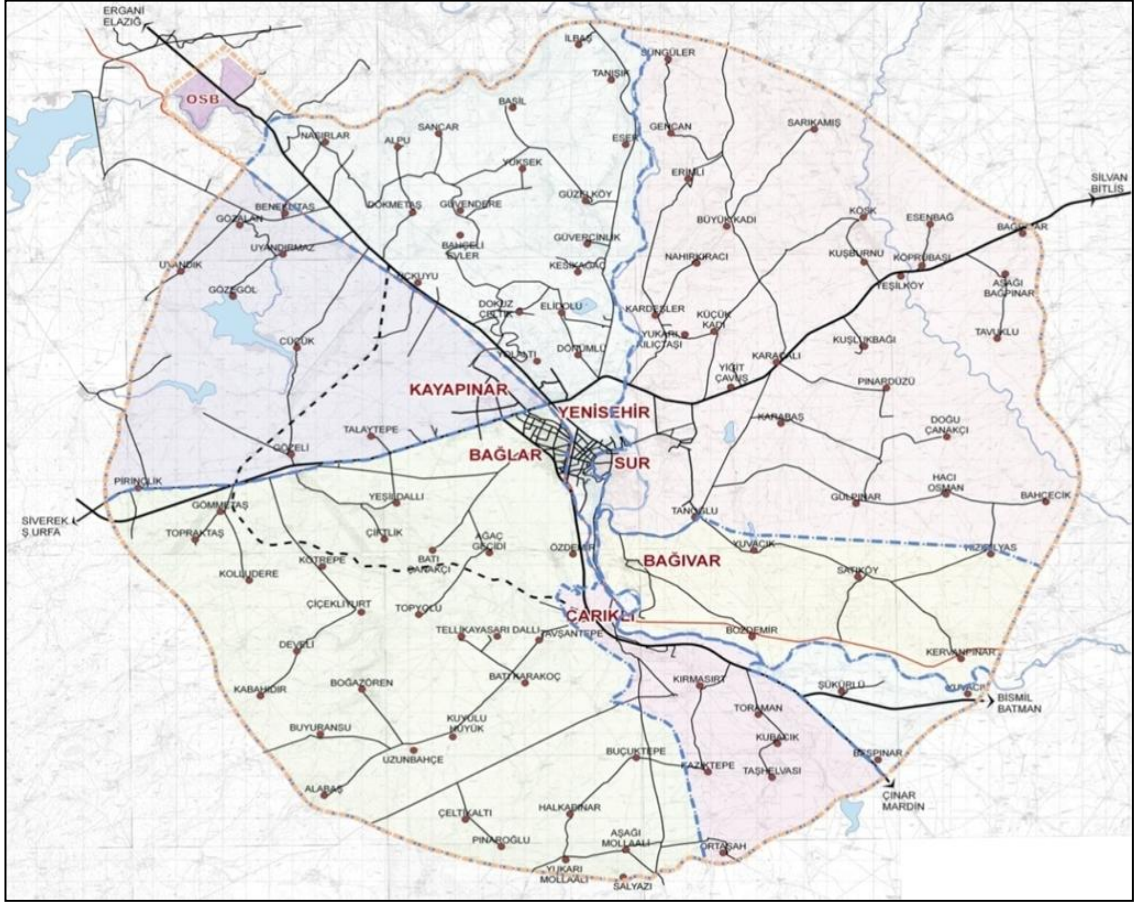
Diyarbakır'da su hizmetlerini, Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (DİSKİ) yerine getirmektedir. Diyarbakır Belediyesi, 1993 yılında Büyükşehir Belediyesi statüsü kazandıktan sonra 4 Mayıs 1995 tarih ve 95/6750 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla DİSKİ'nin kurulmasına karar verilmiştir. DİSKİ, 01.01.1996 tarihinde Diyarbakır Büyükşehir Belediyesine bağlı Genel Müdürlük olarak faaliyetine başlamış ve görevlerini yerine getirmeye devam etmektedir. (DİSKİ, 2006).

Su arzı konusunda yetkili kuruluşlardan biri de DSİ'dir. Su kaynağını teşkil eden barajlar, isale hatları ve arıtma tesisleri DSİ tarafından yapılmaktadır. Tamamlanan isale hatları ve arıtma tesisleri protokol ile ilgili belediyelere devredilmekte ve belediyelerce işletilmektedir. Ayrıca kamu yatırım programında yer almak şartıyla belediye teşkilatı olan yerleşim yerlerine içme, kullanma ve endüstri suyu temini yetkisi DSİ'ye verilmiştir (1053 Sayılı Belediye Teşkilatı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun, 1968).

4.2.2. Uygulamanın Yapıldığı Diyarbakır Kent Merkezi Hizmet Sınırları

Uygulamanın yapıldığı kent merkezi hizmet sınırları, Diyarbakır Büyükşehir Belediyesinin hizmet sınırlarıdır. Büyükşehir Belediyesi hizmet sınırları, 2004 yılında Büyükşehir Belediye Kanunu'nda yapılan yasal düzenleme ile valilik binası merkez kabul edilerek il mülki sınırları içinde yarıçapı yirmi kilometre olan dairenin alanı olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu düzenleme ile bu sınırlar içinde kalan köylerin tüzel kişiliği sona ererek mahalleye dönüşmüş, bu yerlerin su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütme görev ve yetkisi DİSKİ'ye verilmiştir. DİSKİ, Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı bir kuruluş olduğundan dolayı aynı hizmet sınırları içerisinde görevlerini yerine getirmektedir. (DİSKİ, 2009 a).

Tüzel kişiliği sona eren 87 köy, mahalle olarak hizmet sınırları içerisine dahil edilmiş ve ilçe sınırlarına göre ilgili ilçe belediyelerine bağlanmıştır. Büyükşehir Belediyesi hizmet sınırları aşağıda Şekil 4.1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.1: Büyükşehir Belediyesi Hizmet Sınırları
Kaynak: DİSKİ, 2009 b.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi Büyükşehir Belediyesi hizmet sınırları içerisinde mevcut durumda; Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir olmak üzere dört ilçe belediyesi bulunmaktadır.

4.2.3. Diyarbakır Kent Merkezi İçme Suyu Kaynakları

Diyarbakır kent merkezi içme suyu temini Dicle Baraj Gölü ve Gözeli Yer Altı Suyu Havzası olmak üzere iki su kaynağından yapılmaktadır. Bu kısımda bu iki su kaynağı hakkında genel bilgiler verilecektir.

4.2.3.1. Gözeli Havzası Yer Altı Suyu Kaynağı

Diyarbakır Serapgüzeli (Gözeli) mahallesi civarında büyüklüğü 1.100 hektar olan havzadan derin kuyular ve kaynak suyu olarak elde edilen sular toplanarak

kente iletilmektedir. Havzada 16 aktif kuyu bulunmakta ve toplamda ortalama 250 lt/sn, kaynaktan ise maksimum 200 lt/sn su temin edilmektedir (DİSKİ, 2012; 2013).

Derin kuyular ve kaynaktan toplanan su, biri 9.603 m. uzunluğunda ve Ø800 mm. çapında çelik isale hattı ve diğeri 9.796 m. uzunluğu ve Ø1.000 mm. çapındaki betonarme isale hattı ile 2.2 no'lu depoya iletilmektedir (DİSKİ, 2011).

Gözeli yer altı su havzasından 2009-2013 yıllarında 2.2 deposuna, Tablo 4.1'de belirtilen miktarlarda su iletilmiştir (DİSKİ, 2009 b; 2014).

Tablo 4.1: 2009-2013 Yılları Gözeli Yer Altı Su Havzasından Kente Verilen Su Miktarı ve Kente Verilen Toplam Su İçindeki Oranı

	2009	2010	2011	2012	2013
Su Miktarı (m ³)	7.207.971	6.908.662	7.643.899	6.651.467	4.915.553
Kente Verilen Toplam Suya Oranı (%)	11,98	10,79	11,83	9,83	6,86

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.1'de görüldüğü gibi, 2009-2012 yıllarında Gözeli Yer Altı Su Havzasından kente birbirine yakın oranlarda su verilmiştir. 2013 yılında ise ciddi bir düşme görülmektedir.

4.2.3.2. Dicle Baraj Gölü Su Kaynağı

Dicle Barajı, Diyarbakır il sınırları içerisinde kent merkezine 50 km. mesafede, Eğil ilçesinin 7 km. güneydoğusunda Dicle nehrinin ana kollarından olan Maden ve Dibni Çaylarının birleşip Dicle Nehri'ni meydana getirdiği kısımdan 800 m. mesafede yer almaktadır. Dicle barajı, akarsu yatağından yüksekliği 87 m., normal su kotunda göl hacmi 595 hm³ ve göl alanı 24 km²'dir. İçme suyu ve sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. (DİSKİ, 2013).

Dicle baraj gölündeki su; Ø2.200 mm. çapındaki emme hattından alındıktan sonra pompa istasyonundaki pompalar yardımıyla, Ø1.800 ve Ø1.600 mm. çapındaki çelik borulardan oluşan 32,1 km. uzunluğundaki isale hattıyla Hamsu Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir (DİSKİ, 2011; 2012). Arıtma Tesisi'nde, arıtma işleminden geçerek içilebilir hale gelen su, kentin büyük bir kısmının içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır.

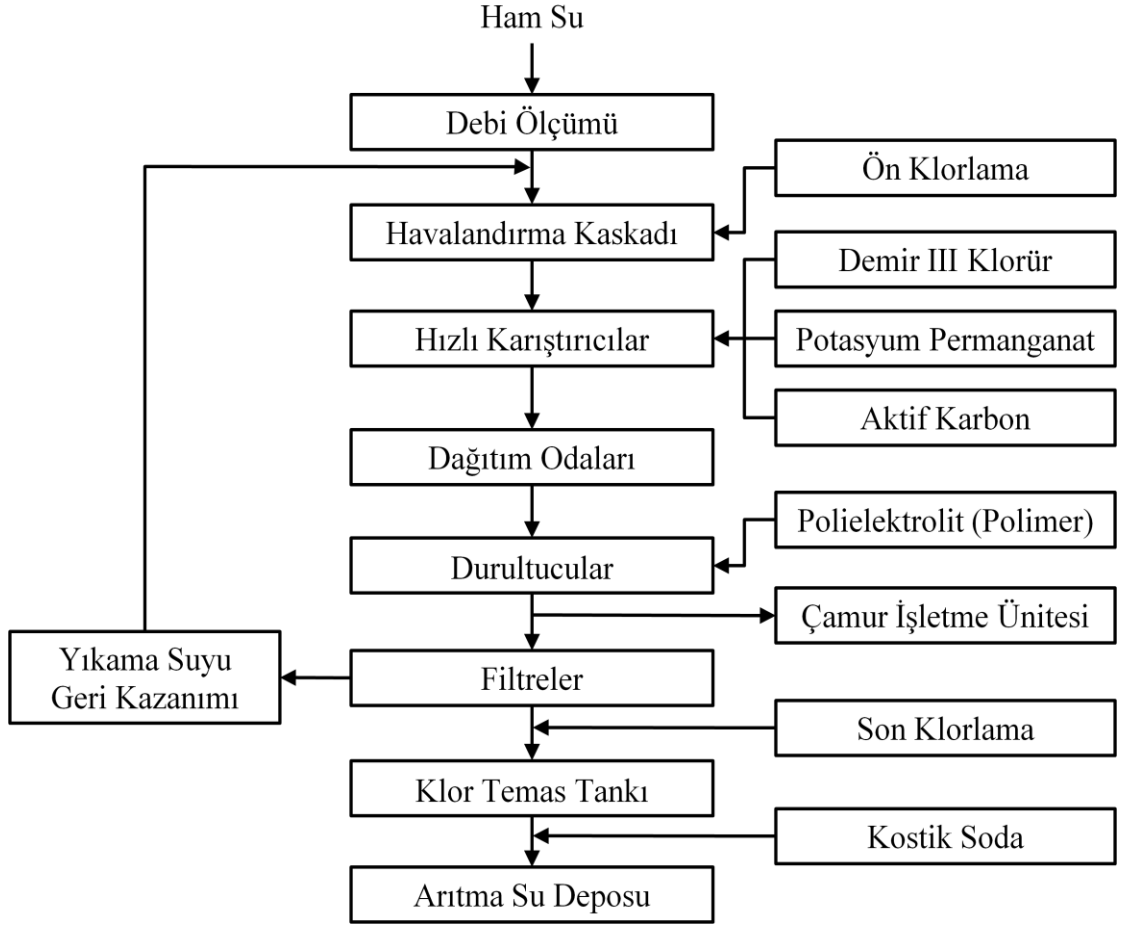
4.2.4. İçme Suyu Temini İle İlgili Tesisler

Diyarbakır kent merkezindeki su temin sistemi ile ilgili tesisler, temel olarak Pompa İstasyonları, Ham Su Arıtma Tesisi, Terfi Merkezleri, Su Depoları'ndan oluşmaktadır. Su temin ve dağıtım sistemine ait tesisler ve beslediği bölgeler Şekil 4.2'deki gibidir (DİSKİ, 2010).

4.2.4.1. Ham Su Arıtma Tesisi

Kent merkezine yaklaşık 11 km. uzaklıktaki Mastfroş tepesinde bulunmaktadır. Tesis iki aşamalı olarak kentin içme, kullanma ve endüstri suyunu 2025 yılına kadar karşılayacak şekilde tasarlanmış ve 2001 yılında tam kapasiteyle işletmeye alınmıştır. Birinci aşamada 255.000 m³/gün ham su arıtılması tasarlanmış, ihtiyaç olduğu takdirde ikinci aşamanın yapılmasına karar verilmiştir (DİSKİ, 2012; 2013; DSİ, 2001).

Hamsu Arıtma Tesisi; Dengeleme ve Havalandırma Yapısı, Hızlı Karıştırıcılar, Dağıtım Odaları, Durultucular, Filtreler, Geri Kazanım Tankları, Çamur Yoğunlaştırıcılar, Klor Temas Tankı, Temiz Su Tankı, Çamur Suyu Alma Binası, Klor Binası ve Kimya Binası'ndan oluşmaktadır. Tesisin çalışma sistemine ait akım şeması Şekil 4.3'deki gibidir (DSİ, 2001; DİSKİ, 2013).



Şekil 4.3: Ham Su Arıtma Tesisi Proses Akış Şeması
Kaynak: DSİ, 2001.

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, Tesis akım şeması ham suyun girişinden sonraki tüm işlemleri göstermektedir. Akım şemasının ve tesis işleyişinin daha iyi anlaşılabilmesi için tesiste bulunan üniteler ve ünitelerin yerine getirdiği işlevler ise şöyledir (DİSKİ, 2013):

Dengeleme ve Havalandırma Yapısı: Tesise alınan ham suyun oksijen ihtiyacı karşılanır ve birikmiş gazların dışarı atılması sağlanır.

Hızlı Karıştırıcılar: Kimya binasından sevk edilen kimyasal maddelerin ham su ile homojen bir şekilde karışması sağlanır.

Dağıtım Odaları: Hızlı karıştırıcılardan gelen suyu durultuculara homojen bir şekilde vermek amacıyla kullanılır.

Durultucular: Dağıtım odalarından gelen su, durultucularda polielektrolid yardımıyla askıdaki partikülleri yumaklaştırır (flokülasyon). Burada sudan ayrılan çamur, çamur yoğunlaştırıcılarına su ise kum filtrelerine alınır.

Filtreler: Yüksek düzeyde arıtılmış su, son filtrasyon işlemine tabi tutulur ve buradan son klorlama yapılmak üzere klor temas tankına gönderilir.

Klor Temas Tankı: Arıtılmış ve tüketime hazır hale gelmiş içme suyu dezenfeksiyona son kez tabi tutularak, oradan temiz su deposuna gönderilir.

Geri Kazanım Tankları: Durultucudan gelen çamurlar bu tankta biriktirilir ve yoğunlaştırıcı ünitesine gönderilir.

Çamur Yoğunlaştırıcılar: Çamur yoğunlaştırılır ve çamur filtre-pres ünitesine gönderilir.

Çamur Susuzlaştırma Filtre-Pres Ünitesi: Kireçle doyurulmuş yoğun çamur yüksek basınç altında preslenerek bertaraf edilir.

Klor Ünitesi: Suda yaşayan ve insan sağlığına zarar veren canlıların yok edilmesi ve suyun dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla gaz klor kullanılır.

Demir III Klorür Ünitesi: Ham suda bulunan ve hafif olduğu için çökmeyen partiküller demir III klorür ile birleşerek koagüle edilir.

Polielektrolit Ünitesi: Koagüle edilmiş partiküllerin birbirlerine yapışması sağlanarak floklaşma (yumak) haline getirilir.

Tesisin işletilmesinde bütün üniteler ve arıtma prosesi otomasyon merkezinden izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Arıtılan su, tesis çıkışında bulunan 10.000 m³ kapasiteli depoya iletilmekte ve buradan da kent içindeki depolara dağıtılmaktadır. Tesisin çalışma saatleri, kent içindeki depoların doluluk durumlarına, bir diğer deyişle kentin su ihtiyacına göre belirlenmektedir.

2009-2013 yılları arasında Hamsu Arıtma Tesisi'nde arıtıldıktan sonra kente verilen su miktarları Tablo 4.2'deki gibidir (DİSKİ, 2014).

Tablo 4.2: 2009-2013 Yılları Ham Su Arıtma Tesisi'nden Kente Verilen Su Miktarı ve Kente Verilen Toplam Su İçindeki Oranı

	2009	2010	2011	2012	2013
Su Miktarı (m ³)	52.968.000	57.110.000	56.992.000	60.999.724	66.695.227
Kente Verilen Toplam Suya Oranı (%)	88,02	89,21	88,17	90,17	93,14

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi, son beş yılda Ham Su Arıtma Tesisi'nden kente verilen su miktarında (talebinde) yaklaşık 14 milyon m³, oran olarak ise %5,12'lik bir artış olmuştur.

4.2.4.2. Dicle Barajı Pompa İstasyonu

Dicle Baraj gövdesine yakın bir mevkide bulunan Pompa İstasyonu Ø2.200 mm. çapındaki çelik boru ile T1 dipsavak tüneline su almakta, 4.000 kW gücünde iki asil ve bir yedek pompa ile toplam 3.000 lt/sn ham suyu Ø1.600 mm. çapındaki çelik boru ile konduvi yapısına terfi etmektedir. Konduvi yapısından itibaren ham su, kot farkı nedeniyle kendi akışı (cazibe) ile Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir (DSİ, 2001).

Pompa istasyonunun çalışması Arıtma Tesisi'nin su talebine bağlı olarak çalışmaktadır. Arıtma Tesisi kentin su ihtiyacına göre arıtma yapmak istediğinde gerekli suyun iletilmesini Pompa İstasyonuna bildirmekte, bunun üzerine pompalar devreye alınarak su iletimi yapılmaktadır. Kentin suya ihtiyacı kalmadığında veya depolar yeterli seviyeye geldiklerinde, Arıtma Tesisi bu durumu Pompa İstasyonu'na bildirerek çalışmasını durdurmaktadır.

4.2.4.3. Acil Durum Pompa İstasyonu

Tesis tamamen önlem amaçlı olup, Dicle Barajı Pompa İstasyonu'nda olası teknik problemler veya doğal afetler durumunda kentin susuz kalmaması için yapılmıştır. Tesiste her biri 1.650 kW gücünde ve 1.100 lt/sn kapasiteli iki adet pompa bulunmaktadır (DİSKİ, 2013).

4.2.4.4. Talaytepe Terfi Merkezi

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Talaytepe Terfi Merkezi ile 4.2. no’lu depodan alınan su 5.2. ve TOKİ-3 depolarına terfi edilmektedir. Terfi Merkezinde her birinin kapasitesi 244 lt/sn. olan dört adet yatay milli pompa ile 37 m. yükseklikteki 5.2. no’lu depoya su iletilmektedir. Ayrıca her biri 61 lt/sn. kapasiteli iki adet yatay milli pompa ile 70 m. yükseklikte bulunan TOKİ-3 deposuna terfi edilmektedir (DİSKİ, 2011).

4.2.4.5. İçme Suyu Depoları

Kent merkezinde bulunan depoların adları/kodları ile kapasiteleri Tablo 4.3’deki gibidir.

Tablo 4.3: Su Depoları ve Kapasiteleri

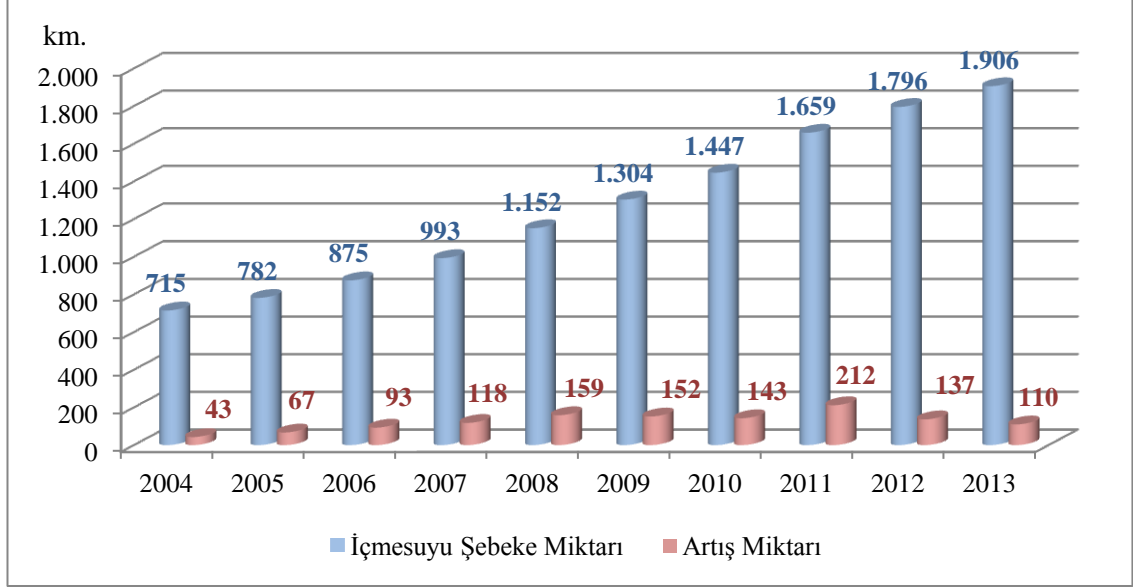
Depo Adı/Kodu	Kapasite (m ³)
2.2	30.000
3.1	30.000
3.2	15.000
4.2	15.000
5.2	15.000
Arıtma Tesisi	10.000
TOKİ-1 (1. Etap)	2.500
TOKİ-2 (Üçküyular)	5.000
TOKİ-3 (Talaytepe)	5.000
Karaçalı	7.500
Toplam	135.000

Kaynak: DİSKİ, 2012.

Tablo 4.3’de belirtildiği gibi kent merkezinde farklı kapasitelere sahip 10 adet depo bulunmaktadır. Bu depoların kendi aralarındaki ve diğer sistem elemanlarıyla olan bağlantıları Şekil 4.2.’de görülebilir.

4.2.5. İçme Suyu Dağıtım Şebekesi

Depolardan alınan su, kent merkezindeki kullanıcılara su dağıtım şebekesi ile verilmektedir. Diyarbakır kent merkezine ait 2004-2013 yıllarına ait on yıllık içme suyu şebekesi ve artış miktarı Şekil 4.4’deki gibidir.



Şekil 4.4: 2004-2013 Yılları İçme Suyu Şebekesi ve Artış Miktarı Dağılımı
Kaynak: DİSKİ, 2014.

Şekil 4.4’de görüldüğü gibi 2013 sonu itibariyle içme suyu şebekesi uzunluğu 1.906 km.dir. Şebeke boru çapları Ø25 mm ile Ø2.200 mm arasında değişmekle birlikte boru cinsine göre %65 polietilen, %17,8 PVC, %8,9 çelik, %4,7 galvaniz ve %3,6 asbest çimento borudan oluşmaktadır (DİSKİ, 2014).

4.2.5.1. İçme Suyu Şebekesi İşletimi

Diyarbakır kent merkezi içme suyu şebekesinin işletimi ile ilgili çalışmalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) olmak üzere iki ana başlıkta değerlendirilebilir.

CBS, konuma dayalı tanımlanan (harita, yersel ölçümler, uzaktan algılama ve benzer araçlarla) grafik ve grafik olmayan bilgilerin yönetilmesi (toplama, saklama, işleme ve iletme) işlevini yerine getiren mekansal bir bilgi sistemi olarak tanımlanabilir. (Bensghir ve Akay, 2007: 7).

CBS, bilgi yönetiminde ve karar verme sürecinde kamu ve özel kuruluşlar tarafından kullanım alanı giderek artan bilgi sistemleri olarak dikkat çekmektedir. Kamu kurumları, özellikle yerel yönetimler CBS’yi şu üç nedenle tercih etmektedir (Bensghir ve Akay, 2007: 5):

- Veri işleme sistemleri içinde konumsal nitelikli veri hacminin yüksek olması
- Bilginin önemli bir kaynak olarak görülmesi
- Kamudan etkili ve verimli çalışmasına yönelik performans beklentisi

İçme suyu şebeke işletimi ile ilgili CBS kapsamında, kentteki yerleşim alanı (cadde, sokak, konut no vb.) ve içme suyu şebekesi ile ilgili bilgiler dijital hale getirilmektedir (DİSKİ, 2010). DİSKİ tarafından yapılan CBS ile ilgili çalışmalardan bir binaya ait CBS bilgilerinin örnek bilgisayar görüntüsü Şekil 4.5’te görülmektedir.

Şekil 4.5: CBS Bilgilerinin Dijital Görünümü
Kaynak: DİSKİ, 2010.

SCADA terimi, “Supervisory Control And Data Acquisition” kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Türkçe’ye “Denetimli Kontrol ve Veri Toplama Sistemi” veya “Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi” olarak çevrilebilir. Kısaca bilgisayarlardan, haberleşme aletlerinden, algılayıcılardan veya diğer aygıtlardan oluşturulmuş denetlenebilen ve kontrol edilen bir sistemin genel adıdır.

SCADA bir şehrin içme suyu şebekesi, elektrik şebekesi, doğalgaz şebekesi, yüzlerce kilometre uzunluğunda doğalgaz ve petrol boru hatları gibi geniş alanlara yayılmış şebekelerin insan denetiminde gözlemlenmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda gerekli müdahalenin yapılmasını sağlayan sistemlerdir. Bir SCADA

sisteminin temelinde bir merkez istasyon, bu istasyona bağılı çevre istasyonlar ve bu iki birim arası denetim, kontrol işini gerçekleştiren bir yazılım bulunur. Bu sistemin en önemli özelliğı, kullanıcıya kolaylık sağlaması bakımından, görsel ve kolay kullanımlı olmasıdır (Işık ve Özcerit, 2010: 51).

Diyarbakır kent merkezi içme suyu şebekesinin %17'si SCADA ile izlenmekte ve denetlenmektedir. Ayrıca şebekenin işletilmesi kapsamında SCADA ile ilgili aşağıdaki çalışmalar yürütölmektedir (DİSKİ, 2010; 2012):

- Sisteme bağılı bölgelerin su ihtiyaçları hesaplanmakta ve buna göre verilen su miktarı ile faturalanan değerin analizi yapılmaktadır. Analiz sonucuna göre su kaybının tespiti ile ilgili çalışmaların yapılmasına olanak sağlanmaktadır.

- Şebekenin etkin işletimi, şebeke kayıplarının azaltılması ve izinsiz kullanımların tespiti için şebeke alt bölgelere ayrılmakta, izole edilecek bölgeler belirlenmektedir. İzole edilecek bölgelerde şebekenin hidrolik modellenmesi yapılmaktadır.

- Sistemin en iyi şekilde işletilmesi için şebekedeki işletme basıncı, debi, klor vb. seviye bilgilerinin alınması için ihtiyaç duyulan noktalara ölçüm istasyonları kurulmaktadır.

- Tesislere, kontrol noktalarına mekanik, elektronik ve haberleşme cihazları kurularak sistem, kontrol vanası, basınç düşürücü vb. araçlar ile uzaktan kontrol edilmektedir.



Şekil 4.6: SCADA Çalışmalarından Bir Görünüm.
Kaynak: DİSKİ, 2012.

Şekil 4.6’da bir kontrol noktasından alınan basınç bilgilerine ait bilgiler görülmektedir.

4.2.5.2. İçme Suyu Şebekesi Arıza Onarımı

İçmesuyu şebekesinde zaman zaman boru veya parçaların kırılması, çatlaması, çürümesi, vana arızası vb. nedenlerden dolayı şebeke elemanlarında meydana gelen arızalar onarılmaktadır. 2009-2013 yıllarına ait şebeke arıza onarımlarına ait bilgiler Tablo 4.4’deki gibidir (DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013;2014).

Tablo 4.4: 2009-2013 Yılları İçme Suyu Şebekesi Arıza Onarım Dağılımı

2009	2010	2011	2012	2013
1.954	1.793	1.362	2.166	2.829

Kaynak: DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014.

Yukarıda Tablo 4.4’te bakıldığında 2010-2011 arasındaki yıllarda içme suyu şebeke arızalarında azalma, ancak 2012 ve 2013 yıllarında ciddi artış görülmektedir.

Şebeke arızalarına benzer olarak içmesuyu kullanıcılarının şebeke bağlantılarında (servis bağlantısı) da arızalar meydana gelmekte ve bunlarında onarımı yapılmaktadır. 2009-2013 yıllarına ait şebeke arıza onarımlarına ait bilgiler Tablo 4.5’te verilmiştir (DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014).

Tablo 4.5: 2009-2013 Yılları Servis Bağlantısı Arıza Onarım Miktarları

2009	2010	2011	2012	2013
1.247	1.523	1.426	1.390	1.908

Kaynak: DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014.

Tablo 4.5’te görüldüğü gibi servis bağlantılarındaki arıza onarımı sayıları, şebeke arızaları kadar olmasa da azımsanmayacak kadar yüksek değerlerdedir. Hatta 2011 yılında servis bağlantısı arızaları, şebeke arızalarından daha fazladır. Bu durum, servis bağlantılarındaki yapım sorunlarından, düşük kaliteli malzeme kullanımından, izinsiz müdahaleler vb. nedenlerden kaynaklanabilmektedir.

4.2.5.3. İçme Suyu Şebekesi Su Kayıpları

Şebekenin işletilmesi esnasında bir takım su kayıpları meydana gelebilir. Bu kayıplar suyun depolanması sırasında sızıntı ve taşma şeklinde olabileceği gibi şebeke arızalarının oluşmasıyla başlayan ve onarım tamamlanıncaya kadar devam eden su kayıpları şeklinde de olabilmektedir.

Şebeke kayıplarının minimum seviyeye getirilebilmesi için öncelikle tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle içme suyu şebekesi izole bölgelere ayrılmaktadır. Bu yöntem, mahalle/semte bazlı bölgelerin tek borudan beslenmesine ve bölge içindeki tüm yapıların, şebeke elemanlarının ve tüketici envanterinin çıkarılmasına ve sürekli olarak izlenmesine dayanmaktadır. İzole bölgelerin oluşturulmasıyla şebeke kayıpları tespiti yapılmakta, işletme basıncı optimize edilmektedir. Böylelikle şebeke arızalarında miktar ve etkilenen kişi sayısında azalma görülmekte, şebekenin işletimi ve bakım-onarımında zaman kaybı önlenmekte, işgücü ve kaynak tasarrufu sağlanmaktadır.

Şebeke kayıplarının azaltılması amacıyla, şebeke dinleme çalışmalarıyla sızıntı yerleri noktasal olarak tespit edilmektedir. Tespit edilen sızıntı yerleri açılarak onarımları yapılmaktadır. Örneğin 2012 yılında 78.315 m. şebekede gece dinlemesi yapılmış ve 55 adet sızıntı noktası tespit edilerek onarılmıştır.

Şebeke kayıplarının giderilmesi ile ilgili sorunlardan biri ise meskûn yerlerin bodrum katlarına olan su sızıntılarıdır. Bodrum katlarına sızan suyun nedeni araştırıldığında zaman zaman içme suyu şebekesinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu gibi durumlarda şebekedeki sızıntı yerleri tespit edilerek giderilmektedir (DİSKİ, 2013).

4.2.6. İçme Suyu Kalite Kontrolü

İçme suyunun renksiz ve berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi gerekir. Suda bu şartları sağlamak ve bulunması arzu edilmeyen maddeleri belirli bir seviyenin altında tutmak gerekmektedir.

Su kalitesinin sürekliliğinin sağlanmasının birinci aşaması su kaynaklarının bulunduğu alanlarda, genellikle havzalarda kirletici unsurların tespit edilmesi ve gereken önlemlerin alınmasıdır. Bu konu ile ilgili olarak içme suyu temin edilen Gözeli

Yer Altı Suyu Havzası ile Dicle Baraj Gölü Havzası'ndan numune alınmakta ve analizi yapılarak gerekli önlemler alınmaktadır. Örneğin 2013 yılında havzalardan 196 numune alınmış ve analizi yapılmıştır.

Su kalitesinin sağlanmasında ikinci aşama, su temininde bulunan DİSKİ ve denetim yetkisi olan İl Sağlık Müdürlüğü tarafından yerine getirilmektedir. Ham Su Arıtma Tesisi'nde uluslararası kriterlere uygun olarak Türkiye Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite edilen bir laboratuvar bulunmakta ve bu laboratuvar da suyun alındığı kaynaklardan, tesiste arıtım aşamalarından ve suyun kente verilmesinden sonra farklı noktalardan alınan numuneler analiz edilerek kalite kontrolü yapılmaktadır. Alınan numuneler kimyasal ve bakteriyolojik analizlere tabi tutulmakta ve TS-266 İçme ve Kullanma Suyu Standartlarına ve Dünya Sağlık Örgütü standartlarına uygunluğu denetlenmektedir. Örneğin 2013 yılında alınan numunelere ait değerler Tablo 4.6' da verilmiştir (DİSKİ, 2012; 2014).

Tablo 4.6: 2013 Yılı Alınan Numunelerin Tür ve Yerine Göre Dağılımı

Numune Türü	Tesisten Alınan	Kentten Alınan
Kimyasal Numune Sayısı	975	961
Bakteriyolojik Numune Sayısı	152	907
Toplam	1.127	1.868

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.6'daki kimyasal ve bakteriyolojik numune sayılarına göre kentin farklı noktalarından günde ortalama ikiden fazla numune alınmaktadır.

İl Sağlık Müdürlüğü ise kentin çeşitli noktalarından haftada 15 numune alarak izleme ve kontrol analizi, ayda bir kez ise 44 parametre ile denetim izleme analizi yapmaktadır.

Ham Su Arıtma Tesisi'nde arıtılan suyun TS-266 İçme ve Kullanma Suyu Standartlarına göre analiz sonuçları ise Tablo 4.7'de bulunmaktadır (DİSKİ, 2014).

Tablo 4.7: 2013 Yılı Ham Su Arıtma Tesisi Çıkış Değerleri

Sıra No	İçme ve Kullanma Suları	Analiz Sonucu	TS 266 Standardı
1	Renk (mg/L Pt-Co)	0	5
2	Bulanıklık	0,10	20
3	Koku	Uygun	
4	Tat	Uygun	
5	İletkenlik (μ S/cm)	340	2.500
6	pH – Hidrojen iyon konsantrasyonu	7,85	6,5 – 9,5
7	Nitrit (mg/L)	<0,01	0,5
8	Amonyum (mg/L)	0	0,5
9	Alüminyum (mg/L)	0	0,2
10	Demir (μ g/L)	15	
11	Escherichia coli (Kob/100 mL)	0	0
12	Koliform bakteri (Kob/100 mL)	0	0
13	Clostridium Perfringens	0	0

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.7’de, Ham Su Arıtma Tesisi’nde arıtılan suyun analiz sonuçları TS 266 standartlarına uygun olduğu görülmektedir. Bu da bize Diyarbakır’da arıtılan suyun içme suyu olarak rahatlıkla kullanılabilceğini ifade etmektedir.

4.2.7. İçme Suyu Arzı İle İlgili Mevcut Sorunlar

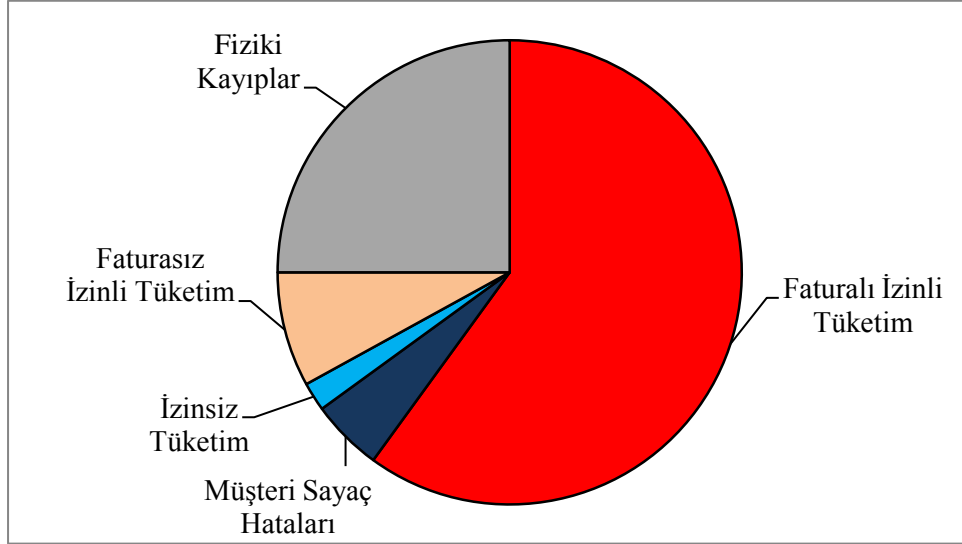
İçme suyu arzı ilgili sorunlar, suyun maliyetini ve fiyatını etkilediği gibi talebi (tüketim) de etkilemektedir. Bu kısımda, elde edilen bilgilere göre Diyarbakır’daki içme suyu arzı ile ilgili sorunlar analiz edilmeye ve özetlenmeye çalışılmıştır.

4.2.7.1. İçme Suyu Kaybı Sorunu

Su kaybı veya gelir getirmeyen su, iletim ve dağıtım şebekelerindeki su dağıtım ve ölçme işlemlerindeki yetersizliği ifade eder ve bazı sistemlerde toplam su üretiminin önemli bir oranını oluşturur. Su kaybı, sistemin tamamında veya bir kısmında sistem giriş hacmi ile izinli tüketim arasındaki fark olarak hesaplanır. Su kayıpları gerçek ve görünen kayıplar olarak ikiye ayrılabilir. Gerçek kayıplar, servis bağlantısındaki ölçme noktasına kadar olan sızıntı, patlama ve basınçlı sistemdeki taşmalar gibi fiziki kayıplardır. Görünen kayıplar, bütün sayaç hatası tipleri (giriş, çıkış ve müşteri

sayaçları) ve izinsiz tüketimi (hırsızlık ve yasadışı kullanım) içerir. Aynı zamanda ticari kayıp olarak da ifade edilir (ProWat, 2008: 3).

Uluslararası Su Birliği (IWA)'ya göre bir su iletim ve dağıtım sisteminin bileşenleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Su İletim ve Dağıtım Sistemi Bileşenleri

Kaynak: ProWat, 2008.

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi, bir su iletim ve dağıtım sistemi bileşenleri içerisinde su, fiziki kayıplar sonrasında tüketim türleri olarak, faturalı izinli tüketim, faturasız izinli tüketim, müşteri sayaç hataları ve izinsiz tüketimden oluşmaktadır.

Diyarbakır içme suyu iletim ve dağıtımında önemli oranda su kaybı bulunmaktadır. İçme suyu arzında ve tüketiminde, fiziki kayıplar ile idari/ticari kayıplar birbirinden ayırt edilememektedir. Su kaybı, sisteme verilen su ile izinli tüketim arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Bir diğer ifadeyle kente verilen su miktarından kullanıcıların sayaçlarından geçen suyun düşülmesiyle elde edilmektedir. DİSKİ verilerine göre hizmet alanı içerisinde 2009-2013 yıllarına ait su kaybı miktarı ve oranları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: 2009-2013 Yılları Kente Verilen Su Miktarı, Su Tüketimi, Su Kaybı Miktarı ve Oranları

	2009	2010	2011	2012	2013
Kente Verilen Su Miktarı (m ³)	60.175.971	64.018.662	64.635.899	67.651.191	71.610.780
İzinli Su Tüketimi (m ³)	25.855.635	27.437.090	29.004.239	30.097.712	30.795.812
Su Kaybı Miktarı (m ³)	34.320.336	36.581.572	35.631.660	37.553.479	40.814.968
Su Kaybı Oranı (%)	57,03	57,14	55,13	55,51	56,99

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.8’de görüldüğü gibi su kaybı oranı, 2013 yılı sonu itibariyle %56,9 ile arz edilen suyun yarısından daha fazladır. Şekil 4.6’daki grafikte belirtildiği gibi Diyarbakır’daki su kaybının da fiziki kayıplar, izinsiz tüketim ve sayaç hatalarından oluştuğu söylenebilir.

Diyarbakır’daki içme suyu şebekesindeki fiziki kayıplar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (COWI, 2009):

- Depoların tamamlanamamasından dolayı alt basınç bölgelerinin oluşturulamaması ve dolayısıyla basınç problemlerinden kaynaklı kaçak ve boru patlakları,
- Ana iletim hatlarındaki kayıplar,
- Depolardaki kayıplar,
- Dağıtım şebekesindeki sızıntı ve patlaklardan kaynaklı kayıplar.

Dağıtım şebekesindeki fiziki kayıpların bir nedeni de şebekedeki asbest çimento boru (AÇB) ile PVC borudan ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (COWI, 2009). Toplam şebeke uzunluğunun %17,8’i PVC ve %3,6’sı asbest çimento borudan oluştuğu (DİSKİ, 2014) düşünüldüğünde fiziki kayıplar açısından bu tip boruların payının önemini koruduğu söylenebilir.

Diyarbakır’daki idari/ticari kayıplar olarak da adlandırabileceğimiz izinsiz tüketim ile ilgili DİSKİ’nin 2009-2013 yıllarında yürüttüğü çalışmalar için Tablo 4.9’a bakılabilir.

Tablo 4.9: 2009-2013 Yılları DİSKİ İzinsiz Kullanım Kontrol İşlemleri

	2009	2010	2011	2012	2013
Kontrol Edilen Abone Sayısı	42.550	62.429	56.820	43.096	30.182
Ceza Kesilen Abone Sayısı	2.588	2.051	1.379	1.399	1.060
Ceza Kesilen Abone Sayısının Kontrol Edilen Abone Sayısına Oranı (%)	6,08	3,29	2,43	3,25	3,51
Abone Sayısı	172.301	179.690	187.755	196.692	207.962
Kontrol Edilen Abone Oranı (%)	24,70	34,74	30,26	21,91	14,51
Ceza Kesilen Abone Oranı (%)	1,50	1,14	0,73	0,71	0,51

Kaynak: DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014.

Tablo 4.9’da görüldüğü gibi, yıllar itibariyle abone sayısına göre farklı miktar ve oranlarda kontrol yapılmıştır. Buna göre ceza kesilen yani izinsiz kullanımda bulunan DİSKİ aboneleri dikkate alındığında, yıllar itibariyle izinsiz kullanım oranında düşme görülmektedir.

Diyarbakır’da içme suyu kaybı sorununun bileşenlerinden biri de tüketicilerin sayaç hatalarıdır. DİSKİ kayıtlarına göre, DİSKİ abonelerinin sayaç hataları ile ilgili işlemler Tablo 4.10’da görülmektedir.

Tablo 4.10: 2009-2013 Yılları DİSKİ Sayaç Test İşlemleri

	2009	2010	2011	2012	2013
Testi Yapılan Sayaç Sayısı	3.211	4.759	6.915	7.521	5.163
Arızalı Sayaç Sayısı	2.730	3.964	6.342	7.074	4.911
Sağlam Sayaç Sayısı	481	795	573	447	252
Testi Yapılan Sayaçlardaki Arızalı Sayaç Oranı (%)	85,02	83,29	91,71	94,06	95,1
Abone Sayısı	172.301	179.690	187.755	196.692	207.962
Arızalı Sayaç Oranı (%)	1,58	2,21	3,38	3,60	2,36

Kaynak: DİSKİ, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014.

Tablo 4.10’da görüldüğü gibi, DİSKİ’nin tespit ettiği veya müracaatta bulunan abonelerin sayaçlarının test edilmesi sonucunda, sayaçların %85-95 arasında değişen oranlarda bozuk olduğu belirlenmiştir. Ayrıca arızalı sayaç sayısının abone sayısına yani tüm sayaç sayısına oranlandığında, arızalı sayaç oranının 2009 yılından 2012 yılına kadar artış gösterdiği, 2013 yılında ise düşme olduğu görülmektedir. Bu duruma göre,

sayaç hatalarının veya bozuk sayaçların su kaybı içinde az da olsa payının olduğu söylenebilir.

Su kaybının neden, nasıl ve nerede oluştuğuna dair nedenleri anlamak için yöneticiler şebekenin fiziki özelliklerini ve mevcut işletme uygulamasını değerlendirmeleri gerekmektedir. Birçok durumda su kaybı problemine zayıf altyapı, kötü yönetim uygulaması, şebeke özellikleri, işletme uygulamaları, teknolojileri, becerileri ve sosyal ve kültürel etkiler neden olmaktadır. Yüksek seviyede gerçek veya fiziki kayıp abonelere ulaşan su miktarını azaltmakta, işletme maliyetini arttırmakta ve yeni kaynak programlarında sermaye yatırımlarını büyütmektedir. Yüksek seviyede görünen veya ticari kayıp ise başlıca gelir akışının azalmasına yol açmaktadır. (ProWat, 2008:3).

Diyarbakır'da izinsiz kullanım oranının yüksek olması temin edilen suyun amacına uygun verimli bir şekilde kullanılmasını engellemekte, su gelirlerinin düşük kalmasına ve ilgili yatırımların yapılmamasına neden olmaktadır.

4.2.7.2. İçme Suyu Şebekesinin Yeterince İzlenememesi ve Denetim Altına Alınamaması

Diyarbakır'da içme suyu arzındaki sorunlardan biri de şebekenin yeterince izlenememesi ve denetim altına alınamamasıdır. Önceki bölümlerde belirtildiği gibi içme suyu şebekesinin %17'lik bir kısmı SCADA sistemiyle izlenmekte ve denetlenmektedir. Bu oranın düşük olması; şebekeden su alan bölgelerin arz-talep dengesinin sağlanması, su kaybının tespit edilmesi, şebekenin işletme koşullarının belirlenmesi ve şebekenin uzaktan denetiminin yapılmasını sınırlı düzeyde tutmaktadır.

SCADA sisteminin kentteki tüm şebeke için genişletilmesi çalışmaları, Avrupa Birliği Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) Programının Teknik Yardım Projesi kapsamında yürütülmeye devam etmektedir (DİSKİ, 2013).

4.2.7.3. İçme Suyu Temininde Enerji Maliyetlerinin Yüksek Olması

İçme suyu sisteminin terfiye bağımlı olmasından dolayı elektrik tüketimi işletme giderlerini olumsuz yönde etkilemektedir (DİSKİ, 2013). Daha öncede belirtildiği gibi

Diyarbakır'daki içme suyu temini Dicle Barajı ile Gözeli Yer Altı Su Havzası'ndan karşılanmaktadır. Dicle Barajı gölünden alınan ham su, pompa istasyonundaki 4.000 kW gücündeki iki asil ve bir yedek pompa ile konduvi yapısına terfi ettirilmekte ve buradan da kendi akışı (cazibesi) ile Ham Su Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir. Pompa istasyonundaki pompaların çalışması yüksek oranda elektrik enerjisine ihtiyaç duyduğundan enerji maliyetlerinin artmasına yol açmaktadır. Pompa İstasyonu'nun 2009-2013 yıllarına ait elektrik tüketimleri Tablo 4.11'deki gibidir.

Tablo 4.11: 2009-2013 Yılları Pompa İstasyonu Elektrik Tüketimi*

	2009	2010	2011	2012	2013
Elektrik Tüketimi (kW)	31.759.113	33.954.669	33.718.146	36.025.664	38.131.311
Elektrik Tüketimi (TL)	6.398.893	7.083.377	7.078.496	8.764.752	9.278.846
Gider Bütçesi İçindeki Payı (%)	11,82	10,81	7,86	7,62	7,77

Kaynak: DİSKİ, 2012; 2013; 2014.

* Elektrik tüketimi değerleri Pompa İstasyonu ile Ham Su Arıtma Tesisi'nin toplamına ait değerlerdir. Pompa İstasyonu elektrik tüketimi toplam tüketimin yaklaşık %98'i düzeyindedir.

Tablo 4.11'de görüldüğü gibi, içme suyu temininde elektrik tüketiminden kaynaklı enerji maliyetleri gider bütçesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Özellikle geçmiş yıllarda bu oranın yüksekliği göze çarpmakla birlikte giderek azaldığı da görülmektedir.

4.2.7.4. Diğer Sorunlar

Yukarıda belirtilen sorunların dışında içme suyu arzını direkt/dolaylı olarak etkileyen çeşitli sosyo-ekonomik faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler şöyle özetlenebilir (DİSKİ, 2013):

- Kentteki işsizlik ve yoksulluk oranının yüksek olması, su satışından gelir elde etmeyi negatif yönde etkilemektedir.
- İçme suyu kullanıcılarının su tüketim bilincine yeterince sahip olmaması

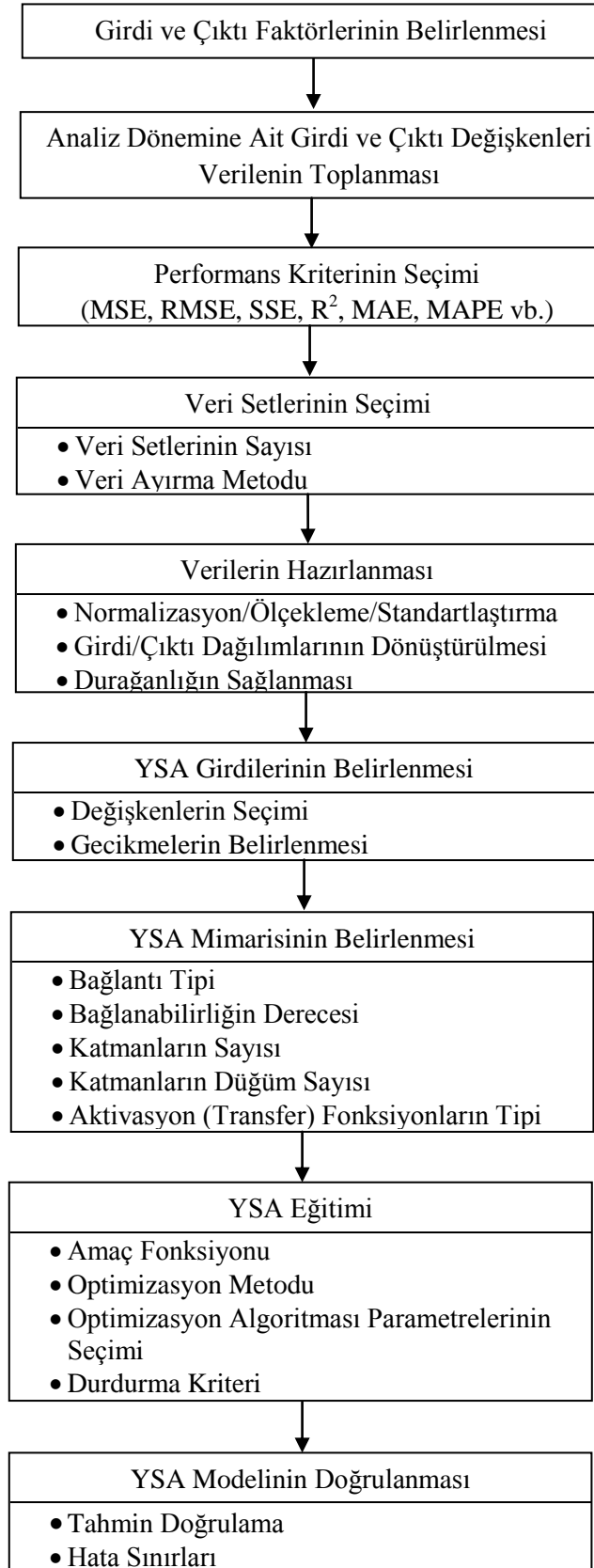
4.3. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE DİYARBAKIR KENT MERKEZİ İÇMESUYU TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI

4.3.1. Tahmin Sürecinin Planlanması

Uygulama kısmında güncel tahmin yöntemlerinden olan YSA ile Diyarbakır kent merkezi içme suyu talep tahmini yapılmıştır. Tahmin süreçlerinin ilerleyebilmesi ve sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için iyi bir şekilde planlanmaları gerekmektedir. Bunun yanında, YSA kendi çalışma prensiplerine dayalı bir sistematige sahiptir. Dolayısıyla tahmin süreci ile YSA çalışma sistemi entegre edilerek YSA tabanlı bir tahmin süreci elde edilebilir. Buna örnek olarak, Şekil 4.8’de görülen ve uygulamada kullanılan YSA ile talep tahmini süreci akış şeması verilebilir.

Akış şemasında görülen YSA ile talep tahmini süreci günlük, haftalık, aylık, yıllık vb. tüm analiz dönemleri için uygulanabilir bir yapıdadır. Akış şemasındaki, YSA talep tahmini süreci; girdi ve çıkış faktörlerinin belirlenmesi, bu faktörlere ait aylık bazda verilerin toplanması, YSA’nın tasarımı, eğitimi ve genelleştirme aşamasından sonra sonuçların elde edilmesi ve son olarak da elde edilen tahminlerin performansının değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

YSA ile Diyarbakır kent merkezi içme suyu talep tahmini uygulamasında da belirtilen akış şemasındaki adımlar izlenmiştir. Öncelikle literatür incelemesi sonucunda kent merkezlerinde içme suyu talebine etki eden faktörler (bağımsız değişkenler) belirlenmiş ve aylık bazda bu değişkenlere ait veriler toplanarak, veri seti oluşturulmuştur. Ardından, girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler normalizasyon işlemine tabi tutulmuş, YSA mimarisinin tasarım aşamasına geçilerek gizli katmanlar ile her katmandaki düğüm sayısına karar verilmiştir. Bir sonraki aşamada, YSA mimarisinin eğitim ve test işlemleri yapılmıştır. Son olarak ise YSA modelinin tahmin gücünü (performansını) tespit etmek amacıyla hata analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.



Şekil 4.8: YSA ile Talep Tahmini Süreci Akış Şeması

Kaynak: Mohammed ve Ibrahim, 2012: 1053; Kingston, 2006: 40.

4.3.2. Veri Setinin Hazırlanması

İçme suyu talebini etkileyen faktörlerin tespit edilmesi amacıyla literatür taramasında konuyla ilgili çalışmalar incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, içme suyu talep tahminini etkileyen faktörlerin tahmin dönemine göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Örneğin günlük su talep tahmininde kullanılan değişkenler, aylık ve yıllık talep tahmininde kullanılan değişkenlere göre farklılık göstermektedir. Literatür incelemesi sonucunda aylık içme suyu talep tahminini etkilediği düşünülen on faktör belirlenmiştir. Bu faktörler niteliklerine göre Tablo 4.12’de şöyle gösterilebilir.

Tablo 4.12: Aylık İçme Suyu Talep Tahmini İçin Literatürde En Çok Kullanılan Faktörler

Değişken Tanımı	Birimi	Niteliği	Türü
Ortalama Hava Sıcaklığı	(°C)	İklim	Girdi
Ortalama Yağış Miktarı	(kg/m ²)	İklim	Girdi
Ortalama Nisbi Nem	(%)	İklim	Girdi
Kent Merkezi Nüfusu	Kişi	Demografik	Girdi
Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü	Kişi	Demografik	Girdi
Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)	(%)	Ekonomik	Girdi
Kişi Başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	TL	Sosyo-Ekonomik	Girdi
Su Fiyatı	TL/m ³	Sosyo-Ekonomik	Girdi
Kişi Başına Düşen Su Faturası Tutarı	TL/Kişi	Sosyo-Ekonomik	Girdi
Eğitim Düzeyi (Okuma-Yazma Oranı)	(%)	Sosyo-Ekonomik	Girdi
Su Talebi (Tüketimi)	m ³	Sosyo-Ekonomik	Çıktı

Tablo 4.12’de belirtilen değişkenlerden su talebi bağımlı, diğerleri ise bağımsız değişkenlerdir. Değişkenlere ait bilgilerin bir kısmı ilgili Kamu Kurumlarının internet sayfasından, bir kısmı ise sözlü müracaatta bulunarak elde edilmiştir. Ancak ortalama hane halkı büyüklüğü değişkenine ait 2000 yılı sonrası ve kişi başı GSYH’ye ait 2001 yılı sonrası bilgilere ulaşılamamış, okuma yazma oranında ise yalnızca 2008-2012 yıllarına dair bilgiler elde edilebilmiştir. Bu nedenle bu üç değişken uygulama kapsamına alınamamıştır. Ayrıca bazı değişkenlerin 2003 yılı öncesindeki değerlerinin tutarsız olması nedeniyle talep tahmini için analiz dönemi 2003-2013 yıllarına ait aylık değerler ile sınırlandırılmıştır.

Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken olan su talebini etkileyip etkilemediğini anlamak için YSA ile bir ön analiz yapılmış ve sonuç olarak bu değişkenlerin tümünün etkilendiği görülmüştür. Dolayısıyla bu değişkenlerin tümünün talep tahmini hesaplamalarında kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

Çalışmada, geçmiş yıllara ait kent merkezi nüfusu, su fiyatı, kişi başına düşen su faturası miktarı, su talebi değişkenlerinin aylık verilerinin elde edilmesinde doğrudan hazır veriler bulunmadığından bir takım hesaplamalar yapılarak veri setleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu veriler Micro Soft (MS) Excel ortamına aktararak ilgili tablo ve grafikler hazırlanmıştır. Aşağıda modelde kullanılan girdi ve çıktı verileri düzenlenerek ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.3.2.1. Ortalama Hava Sıcaklığı Verileri

Yapılan inceleme sonucunda, aylık içme suyu talebini etkileyen meteorolojik değişkenlerin başında sıcaklığın k gelmektedir. 2003-2013 yıllarına ait Diyarbakır kent merkezi aylık ortalama hava sıcaklığı verileri Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ancak alınan sinoptik * değerler içerisinde 2003 yılına ait 10,11,12. aylar, 2007 yılında 12. ay ve 2008 yılında 1. ayın eksik olduğu tespit edilmiştir. Eksik olan bu veriler klima ** değerlerden karşılanarak belirtilen eksik değerler tamamlanmıştır. Eksik değerlerin tamamlanmasıyla elde edilen bu veriler, MS Excel ortamına aktararak 2003 yılı Ocak ayı ile 2013 Aralık ayına kadar, on bir yıllık veriler aylık olarak tablo haline getirilmiştir. Tablo 4.13'de, ilgili döneme ait aylık hava sıcaklığı değerleri verilmiştir.

Tablo 4.13'te görüldüğü gibi aylık ortalama hava sıcaklığı 2007 ve 2008 Ocak ayları ile 2013 Aralık ayında sıfırın altındadır. Bu değerlerin dışında ortalama hava sıcaklığı yıllar itibarıyla birbirine yakın değerlerdir. Yani her bir ayın ortalama hava sıcaklığı değerleri arasında küçük farkların bulunduğu görülmektedir. Ayrıca yaz ve kış aylarındaki hava sıcaklıkları arasındaki farkın büyük olması Diyarbakır'ın karasal bir iklime sahip olduğunun bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

* UTC (Universal Time Coordinate) saate göre saat başı hava tahmini amaçlı yapılan ölçüm değerleridir.

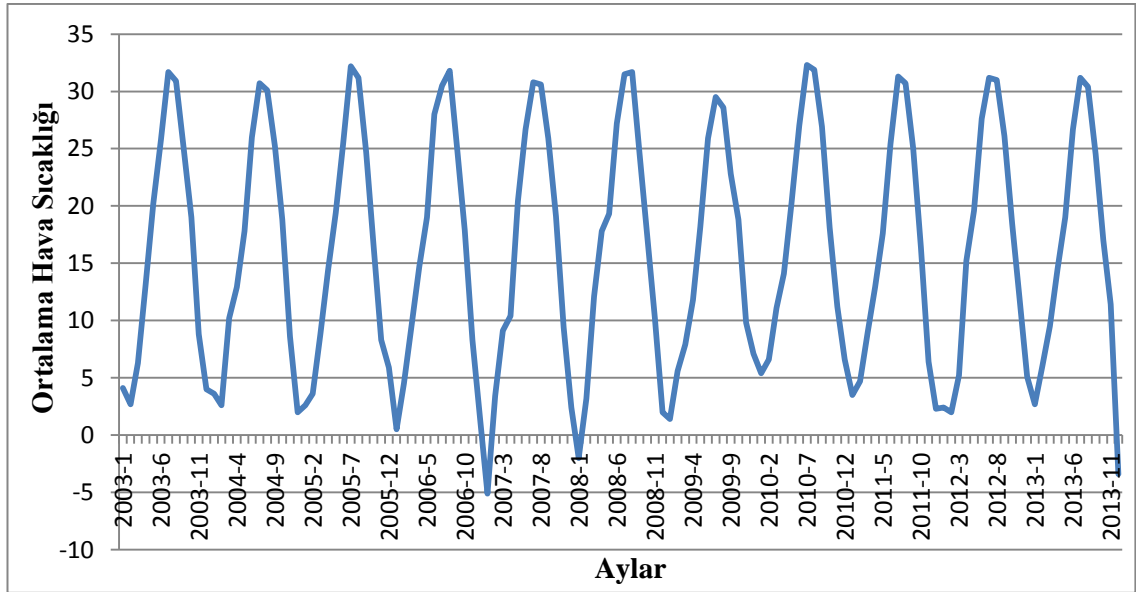
** Lokal saate göre her gün 7, 14, 21 saatlerinde iklim değerlendirme amaçlı yapılan ölçüm değerleridir.

Tablo 4.13: Diyarbakır İli Aylık Ortalama Hava Sıcaklığı Değerleri (°C)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	4,1	3,6	2,6	0,5	-5,1	-2,0	1,4	5,4	3,5	2,4	2,7
2	2,7	2,6	3,6	4,5	3,4	3,2	5,6	6,6	4,7	2,0	6,1
3	6,3	10,2	8,8	9,6	9,1	12,1	7,9	11,1	9,0	5,2	9,5
4	13,1	12,9	14,4	14,7	10,4	17,8	11,8	14,1	12,9	15,2	14,5
5	20,2	17,8	19,4	19,0	20,4	19,3	18,2	20,3	17,6	19,6	19,0
6	25,8	26,0	25,4	28,0	26,7	27,2	25,9	27,0	25,4	27,6	26,7
7	31,7	30,7	32,2	30,5	30,8	31,5	29,5	32,3	31,3	31,2	31,2
8	30,9	30,1	31,2	31,8	30,6	31,7	28,6	31,9	30,7	31,0	30,4
9	25,0	25,2	24,7	24,8	25,9	24,6	22,8	26,9	25,0	26,1	24,5
10	19,0	18,8	16,6	17,9	19,1	17,4	18,8	18,1	16,4	18,5	17,0
11	8,8	8,6	8,3	8,3	9,4	10,2	9,8	11,2	6,4	12,0	11,4
12	4,0	2,0	5,9	1,4	2,4	2,0	7,1	6,6	2,3	5,1	-3,4

Kaynak: Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü, 2014.

Tablo 4.13’de ilgili döneme ait aylık ortalama hava sıcaklığı değerlerinin değişimi, grafik olarak aşağıda Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Hava Sıcaklığı Değişimi

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi Diyarbakır’da yaz mevsiminde Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama hava sıcaklığı 30 derecenin üstüne çıkmakta, kış aylarında ise genellikle 5 derecenin altında bir seyir göstermektedir.

4.3.2.2. Ortalama Yağış Miktarı Verileri

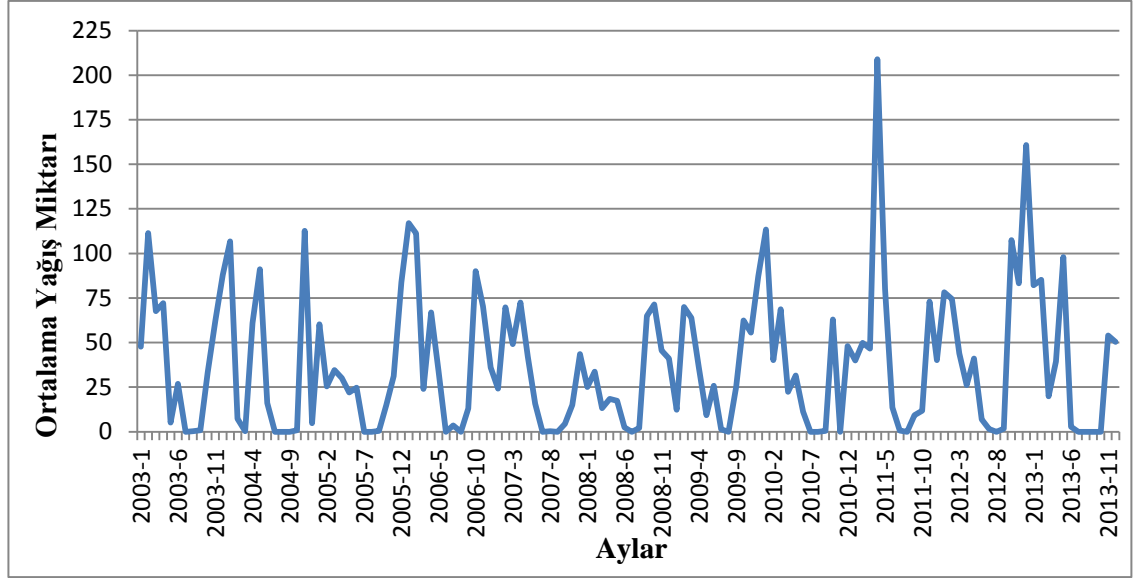
Aylık içme suyu talebini etkileyen meteorolojik değişkenlerin ikincisi yağış miktarıdır. 2003-2013 yıllarına ait Diyarbakır kent merkezindeki aylık ortalama yağış miktarı verileri, Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ancak alınan değerler içerisinde ortalama hava sıcaklığı verilerinde belirtilen aylarda olduğu gibi eksik verilere rastlanmıştır, bu veriler klima değerlerinden alınarak eksiklikler tamamlanmıştır. Eksik değerlerin tamamlanmasıyla elde edilen veriler, MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. Aşağıda Tablo 4.14'te ilgili döneme ait aylık ortalama yağış toplamı değerleri verilmiştir.

Tablo 4.14: Diyarbakır İli Aylık Ortalama Yağış Miktarları (kg/m²)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	47,6	107	60,3	117	24,2	25	12,4	113	40	78,3	82,2
2	112	7,3	25,5	111	69,8	33,6	70	40,2	49,9	74,4	85,2
3	67,7	0,2	34,6	24	49,1	13,2	63,9	68,7	46,6	44	19,8
4	72,1	61	30	66,9	72,4	18,4	36,4	22,4	209	26,2	39,4
5	5,2	91,2	22	34,2	42,2	17,4	9,2	31,6	80,1	41	98
6	26,8	16	24,7	0	15,8	2,4	25,8	11,2	13,6	7	2,8
7	0	0	0	3,6	0	0	1,4	0	0,6	1,6	0
8	0,3	0	0	0	0,2	2	0	0	0	0	0
9	0,9	0	0,4	13	0	65	25,2	0,4	9,2	1,8	0
10	33,3	0,9	15	90,1	4,5	71,4	62,4	63	11,8	107	0
11	62,5	113	31,1	70,4	15	45,6	55,6	0	73	83,2	54
12	87,9	4,8	83,7	36	43,5	41	87,2	48	40,2	161	50,4

Kaynak: Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü, 2014.

Tablo 4.14'te görüldüğü gibi Diyarbakır ilinde genellikle yaz aylarında yağış olmaması nedeniyle, yağış miktarı sıfır değerindedir. Ayrıca tablodaki değerler incelendiğinde yıllara göre yağış değerlerinin sürekli değişkenlik gösterdiği görülmektedir. 2003-2013 yıllarına ait aylık ortalama yağış miktarı değerlerinin değişimi grafik olarak aşağıda Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10: 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Yağış Miktarındaki Değişim

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi, Diyarbakır'da genellikle yaz aylarında yağış olmamakta ve diğer aylarda ise inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. Kış aylarında ise genellikle m² başına 100 kg.'ın üzerinde yağış görülmektedir. Ayrıca, Tablo 4.14'te ve grafikte dikkati çeken diğer bir nokta ise 2011 yılı Nisan ayındaki yağış miktarının 200 kg.'ın üzerine çıkarak, incelenen dönemin en yüksek değeri olmasıdır. Bununla birlikte, 2012 yılı Aralık ayı, 161 kg. ile ikinci en büyük ortalama yağış miktarı ile dikkati çekmektedir.

4.3.2.3. Ortalama Nisbi Nem Verileri

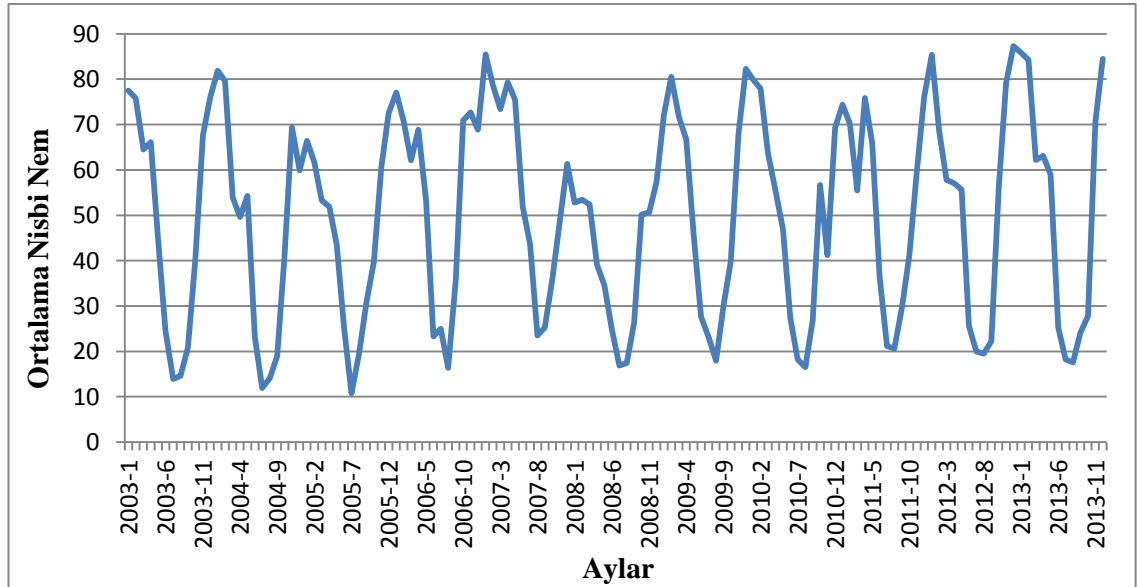
Aylık içme suyu talebini etkileyen meteorolojik değişkenlerin sonuncusu nisbi nem düzeyidir. 2003-2013 dönemine ait Diyarbakır kent merkezi aylık ortalama nisbi nem miktarı verileri, Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ancak alınan bu verilerde bir takım eksiklikler tespit edilmiştir. 2003-2008 yıllarına ait ortalama nisbi nem değerleri klimadan alınmış, eksik olan 2009-2013 değerleri ise sinoptik değerlerden klima ölçüm saatleri olan 7, 14, 21 saatlerindeki ölçümlerin ortalaması hesaplanarak tamamlanmıştır. Böylece eksiklikleri tamamlanan veriler, MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. Aşağıda Tablo 4.15'te ilgili döneme ait aylık ortalama nisbi nem değerleri verilmiştir.

Tablo 4.15: Diyarbakır İli Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri (%)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	77,5	81,9	66,4	77,1	85,5	52,8	72,1	79,9	74,4	85,4	85,9
2	75,8	79,6	61,7	70,7	78,6	53,4	80,5	77,9	70,2	68,6	84,3
3	64,5	53,9	53,3	62,1	73,4	52,4	71,7	63,7	55,5	57,8	62,2
4	66,1	49,6	51,9	68,9	79,3	39,1	66,7	55,3	75,9	57,1	63,1
5	44,6	54,3	43,5	53,3	75,5	34,6	45,7	46,9	65,8	55,7	59
6	24,5	23,3	25,1	23,3	51,9	24,6	27,7	27,3	36,4	25,6	25,3
7	13,9	11,9	10,7	25	43,6	16,9	23,1	18,2	21,2	20	18,2
8	14,6	14,1	19,6	16,4	23,5	17,4	17,9	16,5	20,6	19,5	17,6
9	20,8	19	30,9	35,9	25,3	26,3	29,9	26,9	29,8	22,2	24,1
10	40,1	41,2	39,7	70,9	36,2	50,2	39,9	56,7	41,3	55,9	27,8
11	67,7	69,4	60,4	72,7	48,8	50,6	67,9	41,2	59,5	79,1	70,6
12	76,1	59,9	72,5	68,9	61,3	57,3	82,3	69,3	76	87,3	84,5

Kaynak: Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü, 2014.

Tablo 4.15'te ilgili döneme ait aylık ortalama nisbi nem değerlerinin değişimi, grafik olarak aşağıda Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: 2003-2013 Yılları Aylık Ortalama Nisbi Nem Miktarı Değişimi

Tablo 4.15 ve Şekil 4.11'de görüldüğü gibi Diyarbakır ilindeki aylık ortalama nisbi nem, yaz ve kış aylarında minimum ve maksimum değerlerine ulaşmakta, diğer aylarda ise azalış ve artış eğilimi göstermektedir.

4.3.2.4. Kent Merkezi Nüfusu Verileri

Aylık içme suyu talebini etkileyen demografik nitelikteki değişkenlerden biri de uygulamanın yapıldığı kent merkezi nüfusedir. Uygulama dönemi olan 2003-2013 yıllarına ait nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sayfasından araştırılmış, ancak 2007-2013 nüfus bilgilerine ulaşılmıştır. Konu ile ilgili TÜİK Diyarbakır Bölge Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler ve TÜİK Başkanlığı'na gönderilen e-postaya alınan cevap sonucunda; en son nüfus sayımının 2000 yılında yapıldığı, ardından 2007 yılında Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS)'ye geçildiği ve dolayısıyla 2001-2006 yıllarına ait nüfus verilerinin bulunmadığı öğrenilmiştir. Bu nedenle 2007-2013 yıllarına ait veriler mahalle bazında TÜİK'in internet sayfasından alınmış, 2003-2006 yıllarına ait nüfus verileri ise 2000 yılı referans alınarak 2000-2007 yılları arasında eşit dağıldığı varsayımı ile hesaplanarak elde edilmiştir. Ayrıca TÜİK nüfus verileri yıllık bazda olduğundan nüfus değişkenine ait değerler yıllık olarak hesaplanmıştır.

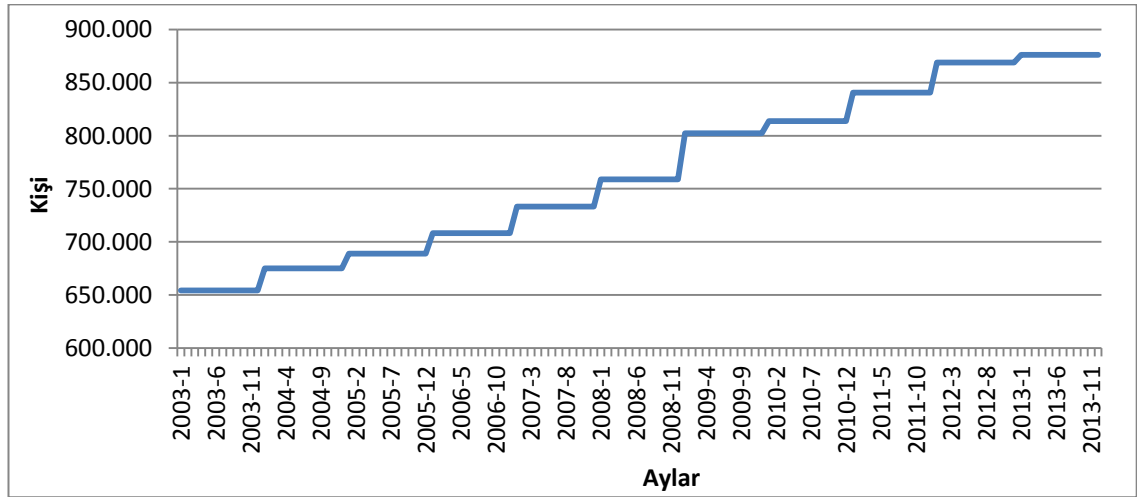
Uygulama dönemindeki yıllara ait kent merkezi nüfusu yukarıda belirtildiği şekilde elde edilmiştir. Ancak kent merkezi nüfusu ile DİSKİ'nin su hizmeti verdiği nüfus eşdeğer olmalıdır. Bu nedenle 5216 sayılı kanun ile 2004 yılında hizmet alanı içerisine dahil edilen 87 kırsal mahallenin (köyün) nüfusu, TÜİK kent merkezi nüfus verilerine eklenerek, toplam su hizmeti verilen kent nüfusu değerleri elde edilmiştir. Bu verilere ait ilgili bilgi ve açıklamalar Ek-1'de verilmiştir. Böylece tamamlanan veriler, MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. Tablo 4.16'da ilgili döneme ait yıllık su hizmeti verilen nüfus değerleri verilmiştir.

Tablo 4.16'da görüldüğü gibi, nüfus değerleri TÜİK tarafından ADNKS sistemine göre yıllık bazda kayıt altına alındığından, her bir yılın aylık nüfus değerleri sabit alınmıştır.

Tablo 4.16: Su Hizmeti Verilen Kent Merkezi Nüfusu (Kişi)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
2	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
3	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
4	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
5	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
6	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
7	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
8	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
9	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
10	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
11	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144
12	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144

Tablo 4.16’da ilgili döneme ait aylık su hizmeti verilen kent nüfusu değerlerinin değişimi, grafik olarak aşağıda Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12: 2003-2013 Yılları Su Hizmeti Verilen Nüfus Değişimi

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, her bir yıla ait nüfus değerler değişmediğinden adeta bir basamak şekline benzemektedir. Her bir basamak yıllık nüfus artışı ile aylık nüfus değerlerini göstermektedir.

4.3.2.5. TÜFE Verileri

Aylık içme suyu talebini etkileyen ekonomik nitelikteki değişken TÜFE verileridir. 2003-2013 yıllarına ait TÜFE verileri TÜİK’in internet sayfasından alınmıştır. Elde edilen bu veriler, MS Excel ortamına aktarılarak aylık periyotta tablo

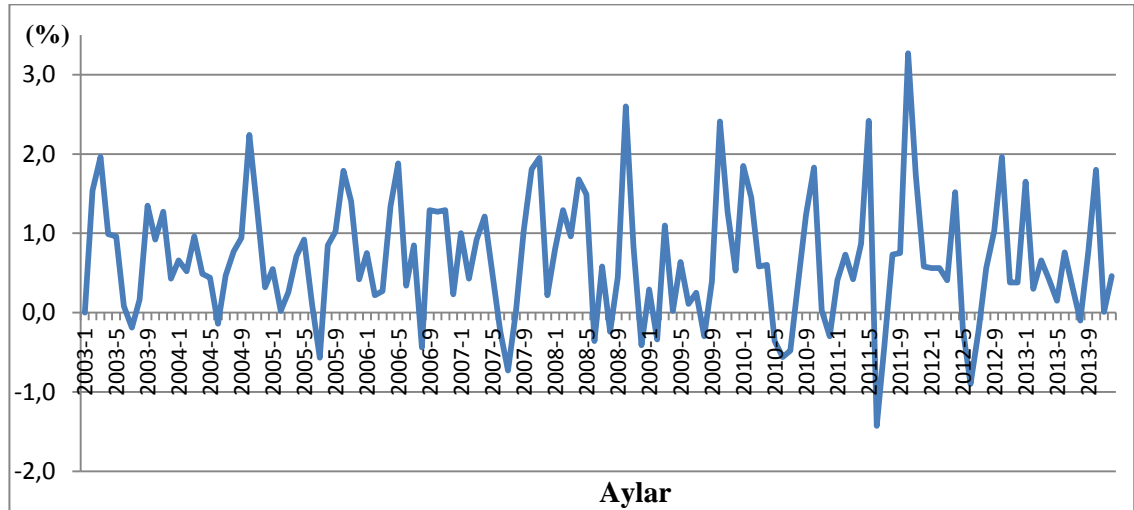
haline getirilmiştir. Aşağıda Tablo 4.17’de ilgili döneme ait aylık TÜFE değerleri verilmiştir.

Tablo 4.17: Aylık TÜFE Oranları (%)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0,0	0,66	0,55	0,75	1,00	0,80	0,29	1,85	0,41	0,56	1,65
2	1,54	0,52	0,02	0,22	0,43	1,29	-0,34	1,45	0,73	0,56	0,30
3	1,96	0,96	0,26	0,27	0,92	0,96	1,10	0,58	0,42	0,41	0,66
4	0,99	0,49	0,71	1,34	1,21	1,68	0,02	0,60	0,87	1,52	0,42
5	0,96	0,44	0,92	1,88	0,50	1,49	0,64	-0,36	2,42	-0,21	0,15
6	0,08	-0,14	0,10	0,34	-0,24	-0,36	0,11	-0,56	-1,43	-0,90	0,76
7	-0,19	0,47	-0,57	0,85	-0,73	0,58	0,25	-0,48	-0,41	-0,23	0,31
8	0,16	0,77	0,85	-0,44	0,02	-0,24	-0,30	0,40	0,73	0,56	-0,10
9	1,35	0,94	1,02	1,29	1,03	0,45	0,39	1,23	0,75	1,03	0,77
10	0,92	2,24	1,79	1,27	1,81	2,60	2,41	1,83	3,27	1,96	1,80
11	1,27	1,32	1,40	1,29	1,95	0,83	1,27	0,03	1,73	0,38	0,01
12	0,43	0,32	0,42	0,23	0,22	-0,41	0,53	-0,30	0,58	0,38	0,46

Kaynak: TÜİK, 2014.

Tablo 4.17’de ilgili döneme ait aylık TÜFE değerlerinin değişimi, grafik olarak aşağıda Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13: 2003-2013 Yılları Aylık TÜFE Değişimi

Tablo 4.17 ve Şekil 4.13’teki grafikte görüldüğü gibi, TÜFE verileri bir hayli inişli çıkışlı bir yapıya sahiptir. Bu durum, 2003-2013 yıllarında tüketici fiyatlarının aylık bazda bir hayli değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir. Ayrıca grafikte, bazı

yıllarda TÜFE verilerinin genellikle yaz aylarında negatif değerlerde olduğu görülmektedir.

4.3.2.6. Su Fiyatı Verileri

Aylık içme suyu talebini etkileyen sosyo-ekonomik nitelikteki değişkenlerden biri de su fiyatıdır. 2003-2013 yıllarına ait aylık su fiyatı verileri, DİSKİ'den alınan su fiyat tarifelerine göre düzenlenmiştir. 2003-2013 yıllarında uygulanan su tarifeleri Ek-2'de verilmiştir. Ek-2'deki su tarifeleri incelendiğinde; su fiyatının abone türlerine göre düzenlendiği, abone türlerinde yıllar içinde değişiklik yapıldığı, 2012 yılı Nisan ayına kadar mesken abonelerine uygulanan kademe sayısı ile alt-üst limitlerde değişiklik yapıldığı ve bu tarihten sonra kademe uygulamasının kaldırıldığı görülmektedir. Abone türlerindeki değişiklikler nedeniyle 2003-2013 yıllarındaki fiyat trendini analiz edebilmek için bu yıllarda ortak olan abone türleri belirlenmiş ve buna göre ortalama aylık su fiyatları hesaplanmıştır. Ek-2'de görüleceği gibi 2003-2013 yıllarında ortak olan abone türleri şunlardır: Meskenler; Ticaret/İşyeri; Sosyal Hizmet Kurumları; İlk, Lise ve Dengi Okullar; Resmi Daireler; Park ve Bahçeler. Bu abone türlerinin tüm abone türleri içindeki su tüketim oranı aylara göre %90 ile %96 arasında değişmektedir. Bu nedenle belirtilen abone türlerinin aylık su fiyat ortalaması, tüm abonelerin aylık su fiyat ortalamasını temsil ettiği rahatlıkla söylenebilir.

Su fiyatı, DİSKİ'nin bir kamu kuruluşu olmasından dolayı kamu/yerel yönetim mevzuatına göre, üçer aylık dönemler itibariyle TÜFE'ye göre düzenlenmektedir. Bu nedenle talepteki/tüketimdeki artışın veya azalışın fiyata etkisinden bahsetmek mümkün değildir. Yani su fiyatı, suya olan talepten etkilenmemektedir.

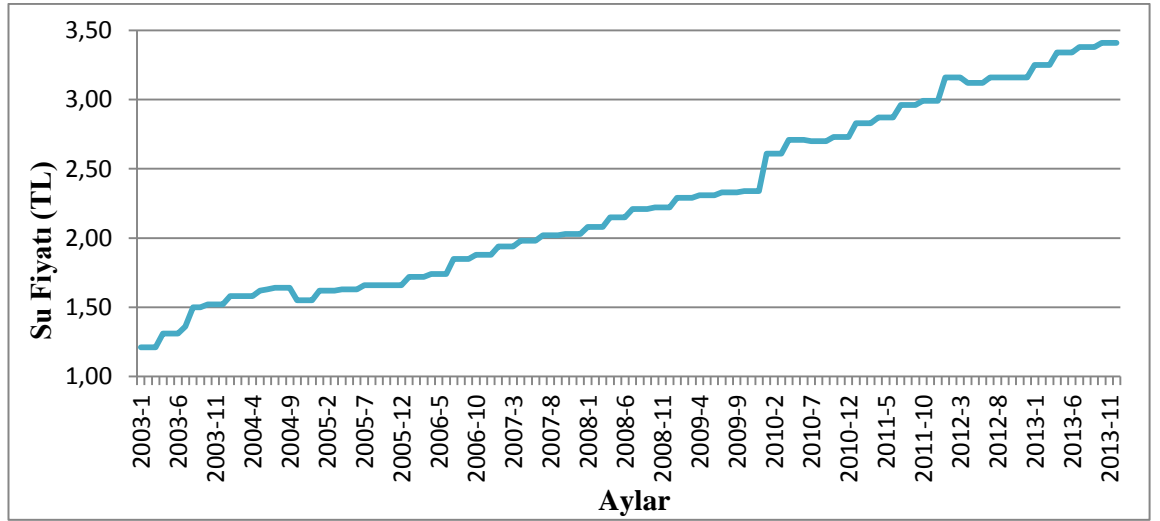
2003-2013 yıllarındaki su fiyatı yukarıda belirtilen yöntemle aylık bazda hesaplanmış, ardından MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. Aşağıda Tablo 4.18'de, ilgili döneme ait aylık su fiyatları görülmektedir.

Tablo 4.18: Diyarbakır İli Aylık İçme Suyu Fiyatları (TL/m³)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,21	1,58	1,62	1,72	1,94	2,08	2,29	2,61	2,83	3,16	3,25
2	1,21	1,58	1,62	1,72	1,94	2,08	2,29	2,61	2,83	3,16	3,25
3	1,21	1,58	1,62	1,72	1,94	2,08	2,29	2,61	2,83	3,16	3,25
4	1,31	1,58	1,63	1,74	1,98	2,15	2,31	2,71	2,87	3,12	3,34
5	1,31	1,62	1,63	1,74	1,98	2,15	2,31	2,71	2,87	3,12	3,34
6	1,31	1,63	1,63	1,74	1,98	2,15	2,31	2,71	2,87	3,12	3,34
7	1,36	1,64	1,66	1,85	2,02	2,21	2,33	2,70	2,96	3,16	3,38
8	1,50	1,64	1,66	1,85	2,02	2,21	2,33	2,70	2,96	3,16	3,38
9	1,50	1,64	1,66	1,85	2,02	2,21	2,33	2,70	2,96	3,16	3,38
10	1,52	1,55	1,66	1,88	2,03	2,22	2,34	2,73	2,99	3,16	3,41
11	1,52	1,55	1,66	1,88	2,03	2,22	2,34	2,73	2,99	3,16	3,41
12	1,52	1,55	1,66	1,88	2,03	2,22	2,34	2,73	2,99	3,16	3,41

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.18’de ilgili döneme ait aylık su fiyatı değerlerinin değişimi grafik olarak aşağıda Şekil 4.14’te gösterilmiştir.



Şekil 4.14: 2003-2013 Yılları Arası Aylık Su Fiyatı Değişimi

Yukarıda grafiğe bakıldığında, genellikle içme suyu fiyatlarının yıllara göre artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Grafikte birlikte Tablo 4.18 ayrıntılı incelendiğinde 2004, 2010 ve 2012 yıllarındaki su fiyatlarında düşme olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise tarife yapısındaki yapısal düzenlemeler ile TÜFE’deki azalmanın etkisi olduğu sanılmaktadır.

4.3.2.7. Kişi Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri

Aylık içme suyu talebini etkileyen sosyo-ekonomik nitelikteki değişkenlerden bir diğeri de kişi başına düşen su faturası tutarıdır. Kişi başına düşen su faturası miktarı, tüm tüketicilere bildirilen fatura tutarı toplamının, tüketici sayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir. Bu değişkene ait değerlerin hesaplanmasında, Diyarbakır'da su hizmetini yerine getiren DİSKİ verilerinden yararlanılmıştır. DİSKİ, tüketicilerin tüketim miktarlarına göre aylık periyotta faturalandırma yapmaktadır. Buradaki tüketiciler DİSKİ'ye kayıtlı abonelerdir. Dolayısıyla kişi başına düşen su faturası, DİSKİ'nin aylık faturalandırdığı toplam tutarın, abone sayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki, toplam fatura tutarının nüfus sayısına oranlanmasının bizi yanılgıya düşüreceğidir. 4.2.7. İçme Suyu Arzı İle İlgili Mevcut Sorunlar başlığında belirtildiği gibi en önemli sorunlardan biri, içme suyu kaybıdır. İçme suyu kaybını oluşturan unsurlardan biri de abone olmayıp izinsiz su tüketiminin yapılmasıdır. Dolayısıyla, toplam fatura tutarı nüfus sayısına oranlanırsa, izinsiz su tüketiminde bulunan kişilerde, izinli tüketim kapsamına alınacağından bu değişkene ait verilerin hatalı hesaplanmasına yol açacaktır. Ayrıca su talebini etkileyen değişkenler içinde, nüfus değişkeni bulunduğundan, nüfusun su talebi üzerindeki etkisi modele dahil edilmektedir.

Yukarıdaki açıklamalara göre, 2003-2013 yıllarına ait aylık abone başına düşen su faturası değerleri, DİSKİ'den alınan aylık faturalandırılan su tutarının, abone sayısına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Aylık faturalandırılan su tutarı ile abone sayıları Ek-3'de verilmiştir. Aylık faturalandırılan su atıksu tutarı içerisinde su ve atıksu ücreti ile birlikte Çevre Temizlik Vergisi (ÇTV), şebeke katkı payı, bakım bedeli bulunmaktadır. Ayrıca yasal mevzuat gereği ÇTV dışında, su ve atıksu tutarı için %8, şebeke katkı payı ve bakım bedeli için %18 oranında Katma Değer Vergisi (KDV) alınmaktadır. ÇTV, yalnızca mesken aboneleri için her bir metreküp su tüketimi için yasal mevzuatın belirlediği miktarla çarpılarak hesaplanmaktadır. Örneğin 2014 yılı için her bir metreküp su için belirlenen oran 0,24 TL'dir (DİSKİ, 2014).

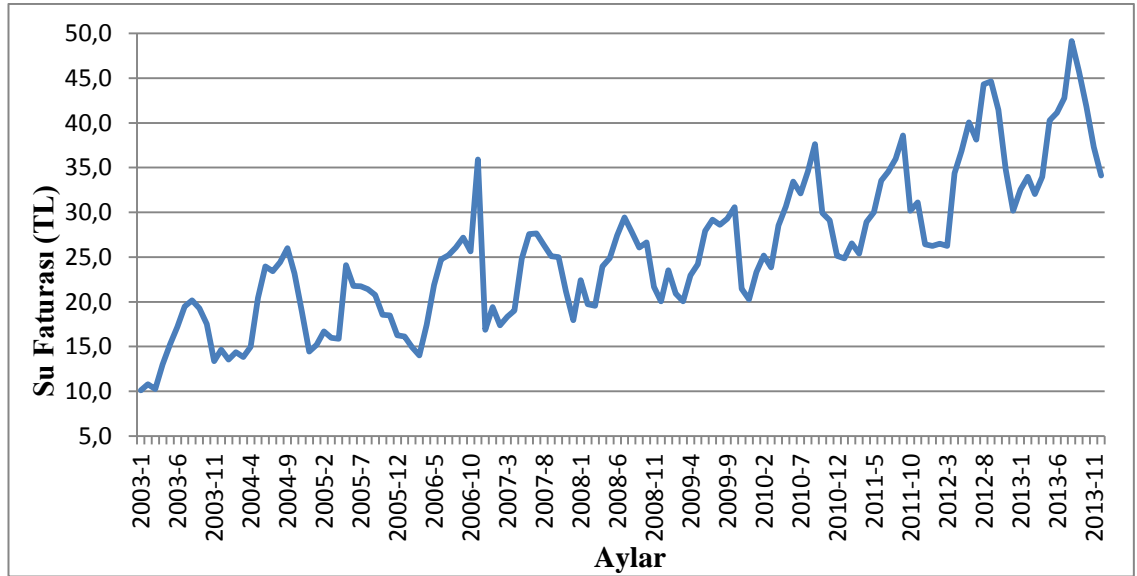
Elde edilen bu veriler, MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. İlgili döneme ait aylık abone başına düşen su faturası değerleri aşağıda Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19: Abone Başına Düşen Aylık Su Tüketim Faturası (TL/Abone)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	10,1	13,6	15,2	16,1	19,4	22,4	23,5	23,3	24,9	26,2	32,5
2	10,8	14,4	16,7	14,9	17,4	19,7	20,9	25,2	26,5	26,5	34,0
3	10,2	13,8	16,0	14,0	18,3	19,6	20,1	23,9	25,4	26,3	32,0
4	13,0	15,0	15,9	17,4	19,0	23,9	23,0	28,5	28,9	34,4	34,0
5	15,2	20,4	24,1	21,9	24,8	24,9	24,2	30,6	30,0	36,9	40,3
6	17,2	23,9	21,8	24,7	27,6	27,4	27,9	33,4	33,5	40,1	41,1
7	19,5	23,4	21,7	25,2	27,6	29,4	29,2	32,1	34,6	38,1	42,8
8	20,2	24,4	21,4	26,1	26,4	27,8	28,6	34,6	36,0	44,3	49,1
9	19,3	26,0	20,8	27,2	25,1	26,1	29,3	37,6	38,6	44,6	45,7
10	17,5	23,2	18,6	25,7	25,0	26,6	30,6	29,9	30,2	41,4	41,8
11	13,4	18,9	18,5	35,9	21,2	21,7	21,5	29,1	31,1	34,8	37,3
12	14,7	14,5	16,3	16,9	17,9	20,1	20,3	25,1	26,4	30,2	34,1

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Tablo 4.19’da ilgili döneme ait aylık abone başına düşen su faturası değerlerinin değişimi grafik olarak aşağıda Şekil 4.15’te gösterilmiştir.



Şekil 4.15: 2003-2013 Yılları Abone Başına Düşen Aylık Su Faturası

Tablo 4.19 ile Şekil 4.15’te görüldüğü gibi, abone başına düşen fatura miktarı kış aylarında suya olan talebin azalması nedeniyle düşüş göstermekte, yaz aylarında ise ihtiyaca bağlı olarak artmaktadır. Ayrıca grafikte, su faturası miktarında yıllar itibariyle artan bir trend görülmektedir. Başka bir diğer dikkat çekici husus ise, diğer yılların aynı ayındaki düşüş eğilimi yerine 2006 yılı Kasım ayında görülen ani artıştır. Bu ayda görülen ani artışın nedeni ise tam olarak bilinmemektedir.

4.3.2.8. Su Talebi (Tüketimi) Verileri

Su talebi (tüketimi) değişkeni, veri setinin ve içme suyu talep tahmini modelinin tek çıktı değişkenidir. Literatür analizine göre, bu değişken üzerinde daha önce açıklanan tüm girdi değişkenlerinin etkili olduğu varsayılmaktadır.

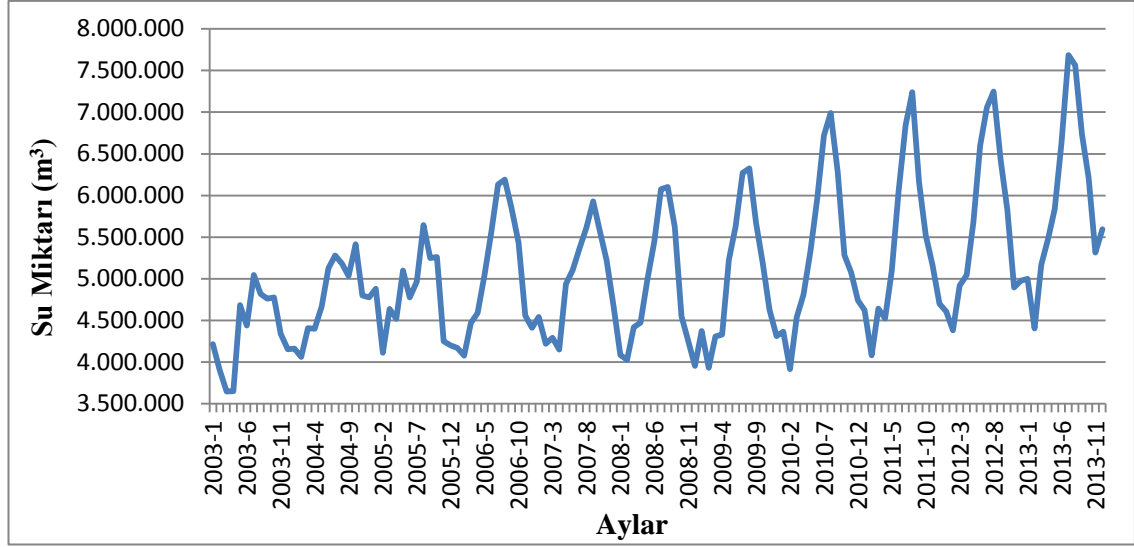
Su talebi verileri olarak, arz-talep ilişkisi nedeniyle kent merkezine verilen su miktarı baz alınmıştır. Bu bağlamda, Arıtma Tesisi ve Gözeli Yer Altı Suyu Kaynağı'ndan kente merkezine verilen içme suyu değerleri, DİSKİ faaliyet raporlarından alınmış ve MS Excel ortamına aktarılarak tablo haline getirilmiştir. Tablo 4.20'de yıllar itibariyle aylık su talebi verileri görülmektedir.

Tablo 4.20: Talep Edilen Aylık Su Miktarı (1.000 m³)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	4.215	4.160	4.881	4.170	4.541	4.083	4.373	4.363	4.621	4.607	5.000
2	3.907	4.062	4.110	4.078	4.220	4.027	3.929	3.916	4.079	4.380	4.402
3	3.647	4.409	4.639	4.470	4.294	4.419	4.308	4.538	4.642	4.919	5.168
4	3.649	4.401	4.519	4.588	4.150	4.472	4.332	4.809	4.522	5.046	5.475
5	4.685	4.669	5.098	5.055	4.938	5.003	5.226	5.333	5.100	5.683	5.835
6	4.437	5.128	4.778	5.564	5.104	5.444	5.626	5.962	6.039	6.599	6.624
7	5.047	5.279	4.966	6.134	5.374	6.074	6.270	6.720	6.840	7.056	7.684
8	4.817	5.185	5.645	6.192	5.614	6.100	6.324	6.989	7.240	7.246	7.563
9	4.761	5.034	5.249	5.847	5.930	5.623	5.667	6.283	6.162	6.431	6.738
10	4.776	5.415	5.262	5.433	5.573	4.551	5.185	5.285	5.521	5.824	6.211
11	4.340	4.800	4.251	4.557	5.222	4.254	4.625	5.077	5.169	4.894	5.315
12	4.152	4.778	4.199	4.411	4.665	3.954	4.312	4.743	4.700	4.975	5.594

Kaynak: DİSKİ, 2014.

Yukarıda Tablo 4.20'deki tabloda ilgili döneme ait aylık kent merkezine verilen su miktarı değerlerinin değişimi grafik olarak aşağıda Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16: Kent Merkezinde Talep Edilen Su Miktarındaki Değişim

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi, aylık su tüketimi yaz ve kış aylarına göre artan ve azalan bir yapı ile yıllara göre sürekli artan bir eğilim göstermiştir. Bu eğilimin oluşmasında şüphesiz ki, su talebini etkileyen faktörler bulunmaktadır. Grafikte dikkati çeken bir diğer husus ise 2006 yılında, sonraki iki yıla göre daha yüksek pik değere ulaşılması ve 2003-2005 yıllarında su talebinde inişli-çıkışlı bir yapının olmasıdır. Bunun nedeni ise DİSKİ’den alınan bilgilere göre, 2007 yılı öncesi Gözeli Yer Altı Su Kaynağı’ndan arz edilen su miktarının yeterince sağlıklı ölçülememesinden kaynaklı olduğudur.

4.3.3. Yapay Sinir Ağları Modeliyle Talep Tahmininin Yapılması

4.3.3.1. Model Tasarımı

Bu kısımda veri setinin hazırlanmasında sunulan girdi (bağımsız) ve çıktı (bağımlı) değişkenlerine ait veriler kullanılarak en uygun YSA modelinin tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Modelde, çıktı değişkeni olarak aylık su talep miktarı (ST), girdi değişkenleri olarak; ortalama hava sıcaklığı (S), ortalama yağış toplamı (Y), ortalama nisbi nem (N), kent merkezi nüfusu (NF), TÜFE (E), su fiyatı (F) ve abone başına düşen su faturası tutarı (FT) alınmıştır. Modeldeki girdi ve çıktı değişkenlerine ait fonksiyonel ilişki aşağıdaki eşitlik 4.1’deki gibi ifade edilebilir.

$$ST = f(S, Y, N, NF, E, F, FT) \quad (4.1)$$

Veri yapısı eşitlik 4.1’de görüldüğü gibi yedi girdi ve bir çıktı değişkeninden oluşmaktadır. Her bir değişkene ait on bir yıllık (132 ay) veri bulunmakta, dolayısıyla veri yapısı 8 sütun ve 132 satırdan oluşan bir matris biçimindedir.

YSA modelinin geliştirilmesinde, 2. bölümde anlatılan ve literatürde en çok tercih edilen ileri beslemeli geri yayımlı bir sinir ağı algoritması kullanılmıştır. İleri beslemeli geri yayımlı YSA algoritmasının tercih edilmesinin nedeni, doğrusal ve doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı, kullanım kolaylığı ve yakınsama hızının yüksek olmasıdır.

YSA ile çok dönemli tahminler yapılırken; tek dönemli iteratif yaklaşım ve birden fazla dönemin aynı anda tahminlemesinin yapıldığı direkt yöntem olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılabilir (Karahan, 2011: 140). Bu çalışmada, YSA ile tahmin yapılırken problem durumuna uygun olduğu için iteratif yaklaşım tercih edilmiştir. Model, Alyuda Research Inc. tarafından geliştirilen, Alyuda NeuroIntelligence 2.2 paket programı kullanılarak kurulmuştur. Modelin eğitimi, testi ve tahmin üretimi gibi tüm aşamalar yine bu yazılım ile gerçekleştirilmiştir.

Paket programa verilerin yüklenmesinden sonraki ilk aşama, olan verilerin analiziyle eksik, hatalı giriş yapılmış ve ayırık (anomaly) değerlerin tespit edilmesidir. Bu aşamada veriler program tarafından analiz edilmiş eksik ve hatalı giriş yapılan veri bulunmamıştır. Ancak Ortalama Yağış Miktarı değişkeninin 2011 yılı Nisan ayı değeri ayırık veri tespit edilmiş ve bu aya ait veri iptal edilerek analizlere 131 ayla (satırla) başlanmıştır.

Çalışmada veri seti, eğitim (training), doğrulama (validation) ve test (test) olmak üzere üç alt sete ayrılmıştır. Veriler alt setlere dağıtılırken paket programın varsayılan yüzde değerleri olan eğitim seti için %68’e karşılık gelen 91 ay, doğrulama ve test setleri için ise her birine eşit şekilde %16’ya karşılık gelen 20 aya (Alyuda Research, 2005) ait veriler kullanılmıştır. Verilerin belirtilen oranlarda alt setlere atanmasında ise rastgele (random) ve ardışık (sequential) yöntemlerinden, rastgele yöntem tercih edilmiştir.

Girdi değişkenlerine ait veri setlerinde belirtilen değerler, aşağıdaki eşitlik 4.2 ile modelin kurulmasından önce program tarafından normalizasyon işlemine tabi tutularak [-1, 1] aralığına dönüştürülmüştür. Çıktı değişkenine ait değerler ise ilerleyen kısımlarda belirtileceği gibi çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu, lojistik (logistic) fonksiyon seçildiğinden, lojistik fonksiyonu ile program tarafından normalizasyon işlemine tabi tutularak [0, 1] aralığına indirgenmiştir.

$$SF = (SR_{max} - SR_{min}) / (X_{max} - X_{min}) \quad (4.2)$$

$$X_p = SR_{min} + (X - X_{min}) * SF$$

X: Girdi Seti Değeri

X_{min} : Minimum Girdi Seti Değeri

X_{max} : Maksimum Girdi Seti Değeri

SR_{min} : En Küçük Ölçekleme Değeri

SR_{max} : En Büyük Ölçekleme Değeri

SF: Ölçek Faktörü

X_p : Normalize Edilmiş Değer

Girdi ve çıktı değişkenlerine ait temel istatistikler ise aşağıdaki Tablo 4.21’de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.21: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Temel İstatistikler

Girdi Değişkenleri	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
Ortalama Hava Sıcaklığı (S)	-5,1	32,3	16,0	10,4
Ortalama Yağış Miktarı (Y)	0	160,8	36,3	35,2
Ortalama Nisbi Nem (N)	10,7	87,3	49,6	22,4
Kent Merkezi Nüfusu (NF)	654.116	876.144	764.887	75.753
TÜFE (E)	-1,43	3,27	0,67	0,77
Su Fiyatı (F)	1,21	3,41	2,27	0,64
Abone Başına Düşen Su Faturası Tutarı (FT)	10,1	49,1	25,5	8,3
Su Talebi (ST)	3.647.000	7.684.417	5.107.317	867.508

Tablo 4.21’de, girdi ve çıktı değişkenlerine ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri görülmektedir.

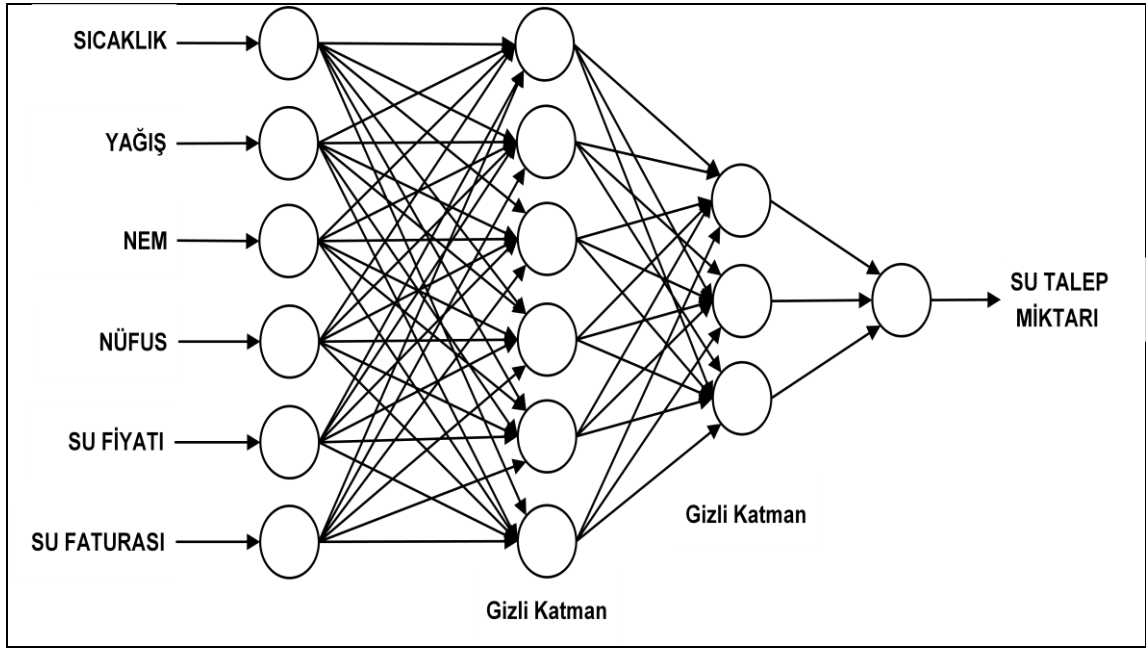
Girdi ve çıktı değişkenlerine ait verilerin paket programa alınması, analiz edilmesi, veri setlerine ayrılması ve normalizasyon işlemleriyle YSA mimarisi tasarımı öncesi hazırlıklar tamamlanmıştır.

YSA mimarisi tasarım süreci; ağın öğrenme algoritması, gizli katman sayısı ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesi adımlarından oluşmaktadır. Öğrenme algoritması olarak, Carnegie Mellon Üniversitesi'nden Scott E. Fahlman tarafından geliştirilen ve genel amaçlı kullanılan Hızlı Yayılım (Quick Propagation) tercih edilmiştir. Hızlı Yayılım algoritması, Newton metoduna dayanan ve çok katmanlı sinir ağlarının eğitilmesinde kullanılan sezgisel bir öğrenme algoritmasıdır (Tozkan, 2004: 41). Hızlı Yayılım algoritmasına, diğer öğrenme algoritmalarıyla yapılan denemelerde daha iyi sonuçlar elde edilmesi sonucunda karar verilmiştir. Ayrıca en uygun ağ mimarisini belirlemede gizli ve çıktı katmanları aktivasyon fonksiyonları içinde genellikle en çok tercih edilen lojistik (logistic) fonksiyonu seçilmiştir.

Ağın girdi katmanında, ağa sunulan yedi bağımsız değişkene ait yedi adet girdi işlemci elemanı, çıktı katmanında ise bağımlı değişkene ait bir adet çıktı işlemci elemanı bulunmaktadır. Ağdaki ara katmandaki gizli işlemci eleman sayısının tespiti, ağın öğrenmesi ve ağ hatalarının sayısı bakımından oldukça önemlidir. Eğer bir ağ gizli katmanda çok az işlemciye sahipse, önemli sayıda hata üreterek veri setindeki gizli bağlılıkları yalnızca kaba bir şekilde ortaya çıkarabilir. Aksine bir ağ gizli katmanda çok fazla işlemciye sahipse daha büyük ağ hatalarına yol açan ilişkileri bulmak yerine tüm verilerin ezberlenmesi eğilimi içine girebilir. Dolayısıyla, ağ tasarımı yapılırken problem ve veri seti için en iyi çözümler bulunmalıdır. Gizli katmandaki işlemci eleman sayısını bulmak için girdi sayısının yarısı ile denemelere başlanmalı ve artırarak en iyi ağ yapısına ulaşıncaya kadar denemelere devam edilmelidir. Uygulamalarda maksimum gizli işlemci sayısının girdi sayısının dört katını aştığı nadiren görülmüştür. Ayrıca her bir ağ en az üç, en fazla on kez yeniden eğitilmeli ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak karar verilmelidir (Alyuda Research, 2005).

Gizli katman sayısı ve işlemci sayısının belirlenmesi için yapılan denemeler sonucunda iki gizli katman kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca tüm denemelerde TÜFE değişkeninin çıktı değişkeni üzerinde etkisinin %0-1 düzeyinde çok düşük olduğu görülmüştür. Bu nedenle TÜFE değişkeninin, girdi değişkenlerinden

çıkarılmasına karar verilerek denemelere altı girdi değişkeni ile devam edilmiştir. Gizli katmanlardaki işlemci sayısının tespit edilmesi amacıyla yukarıda belirtilen yöntemle birçok deneme yapılmış ve nihayetinde birinci gizli katmanda altı, ikinci gizli katmanda üç işlemci eleman kullanımının en uygun ağ mimarisini oluşturacağı sonucuna varılmıştır. Böylelikle en uygun ağ mimarisi [6-6-3-1] Şekil 4.17’de görüldüğü gibi belirlenmiştir.



Şekil 4.17: İçme Suyu Talep Tahmini İçin Tasarlanan YSA Mimarisi

Şekil 4.17’de görüldüğü gibi, tasarlanan YSA mimarisinin, 6 elemanlı bir giriş katmanı (sıcaklık, yağış, nem, nüfus, su fiyatı, su faturası tutarı), 6 ve 3 elemanlı iki gizli katmanı ve bir çıkış katmanı bulunmaktadır.

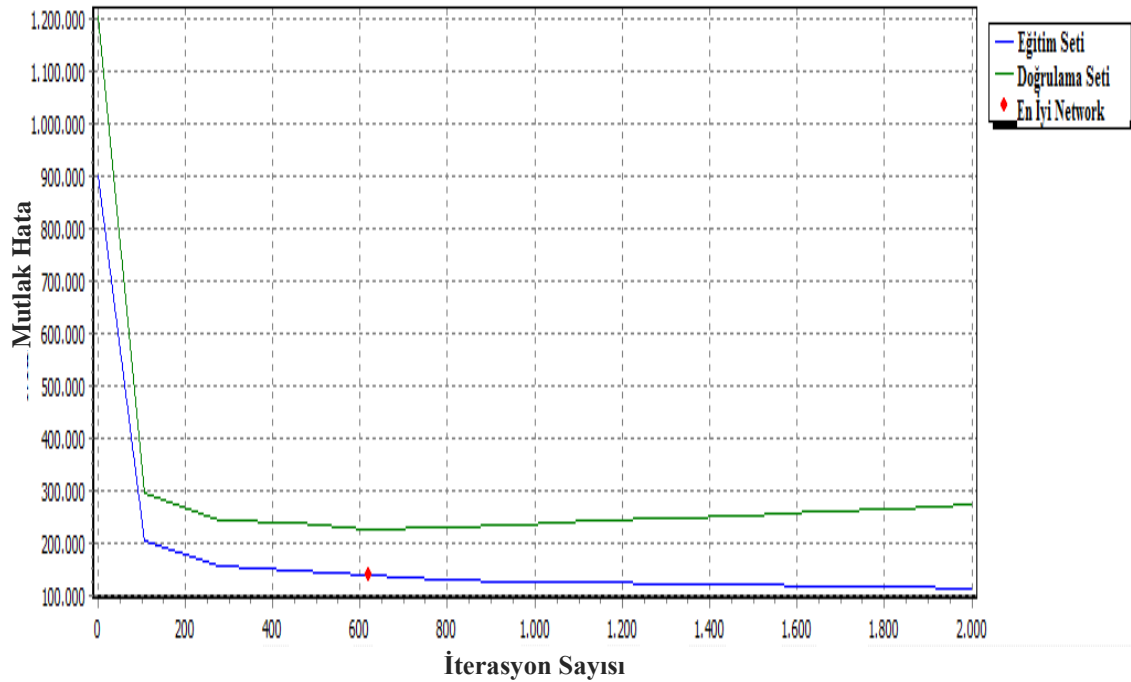
4.3.3.2. Modelin Eğitimi ve Testi

En uygun YSA mimarisinin oluşturulmasından sonra modelin eğitim ve test aşamasına geçilmiştir. YSA, Hızlı Yayılım (Quick Propagation) öğrenme algoritması ile eğitilmiştir. Ağın yeterli düzeyde öğrendiğine karar vermede, eğitim sürecinin tamamlanma koşulu olarak iterasyon sayısı kriter olarak seçilmiş ve 2.000 iterasyonda test edilmesi yeterli görülmüştür.

Tahmin modellerinin performanslarının değerlendirilmesinde çeşitli ölçütler bulunmakta ve bunların başında Mutlak Hata (Absolute Error-AE) gelmektedir. Model

tasarımı kısmında belirtildiği gibi veri seti, eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Dolayısıyla modelin eğitimi, eğitim setindeki girdi değişkenlerinden üretilen ağ çıktısı (tahmin) değeri ile hedef (gerçekleşen) değer arasındaki farka göre yani hata miktarına göre belirlenmektedir. Dolayısıyla hata değerinin minimum olması istenmektedir. Ancak eğitim setindeki mutlak hata değerinin minimum olması, her zaman eğitimin doğru olduğu anlamına gelmemektedir. Bazen sinir ağı öğrenmeden çok, ezberleme noktasına gelmiş olabilir. Bu durumdan kaçınmak için en iyi performansı veren ağırlık değerlerinin seçiminde, eğitim sonunda elde edilen doğrulama seti hata değerleri kullanılmaktadır (Karahan, 2011: 101).

Eğitim ile ilgili koşullar belirlendikten sonra YSA'nın eğitim aşamasına geçilmiştir. Eğitim aşamasında, aşağıda Şekil 4.18'de görüldüğü gibi 619. iterasyonda en iyi öğrenme sağlanmıştır.



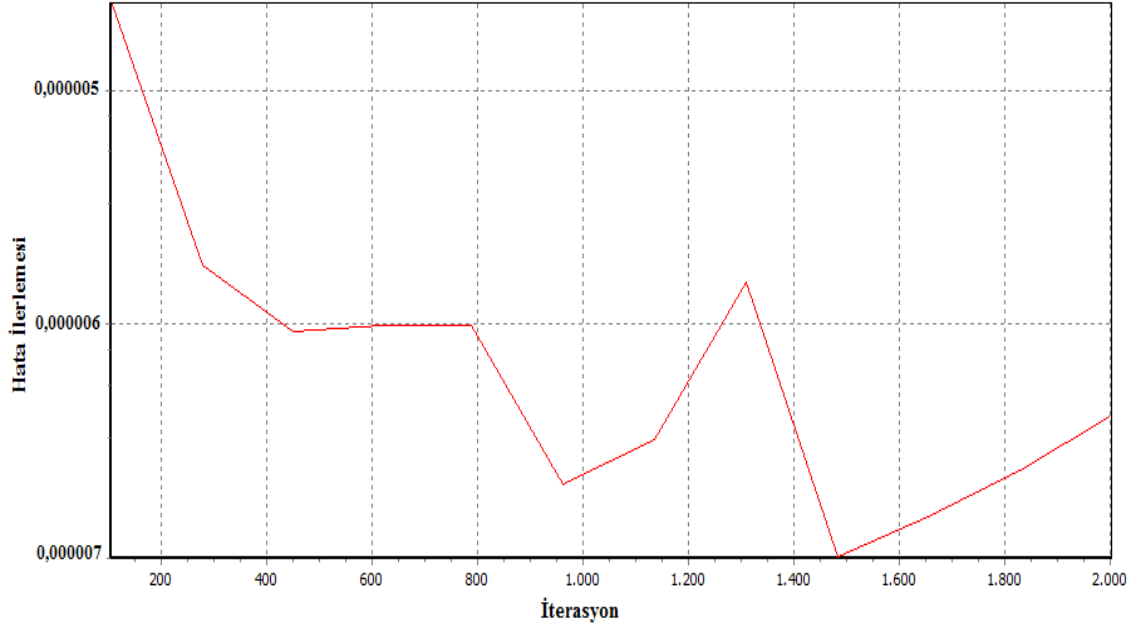
Şekil 4.18: Veri Seti Hataları Grafiği

Şekil 4.18'de görüldüğü gibi eğitim setinde en iyi öğrenme (en az hata) kırmızı nokta ile gösterilen 619. iterasyonda sağlanmıştır. En iyi öğrenmenin sağlandığı eğitim aşamasına dair bilgiler Tablo 4.22'deki gibidir.

Tablo 4.22: YSA Eğitim Bilgileri

Parametreler	Eğitim Seti	Doğrulama Seti
Mutlaka Hata (AE)	115.443,94	268.806,88
Hata İlerlemesi (Error Improvement)	0,000000405	
İterasyon Sayısı (Iteration)	619	
Öğrenme Hızı (Training Speed), iter /sec.	769,62	
Ağ Mimarisi (Architecture)	[6-6-3-1]	
Öğrenme Algoritması (Training Algorithm)	Hızlı Yayılım	

Tablo 4.22’de görüldüğü gibi 619. iterasyonda en düşük hata değerine ulaşılmış ve en iyi öğrenme bu aşamada gerçekleşmiştir. Ayrıca tabloda, eğitim ve doğrulama setleri için mutlak hata değerleri, son iterasyonda ağın hata ilerlemesi, öğrenme hızı, ağ mimarisi ve öğrenme algoritmasına ait bilgiler görülmektedir. Tablo 4.22’de hata ilerlemesi değerinin çok düşük olması ağın 619. iterasyonda hata gelişiminin durduğu yani eğitim setinin aldığı değerlere göre ağın yeterince öğrendiği sonucunu vermektedir. Bu durum ayrıca aşağıda Şekil 4.19’da daha net bir şekilde görülebilir.



Şekil 4.19: YSA Hata Gelişimi Grafiği

Şekil 4.19’da görüldüğü gibi ağın hata ilerlemesi 619. iterasyondan sonra sabit hale gelmiş ve ilerleme kaydedilememiştir. Bu nedenle ağ öğrenmesi bu adımda tamamlamıştır.

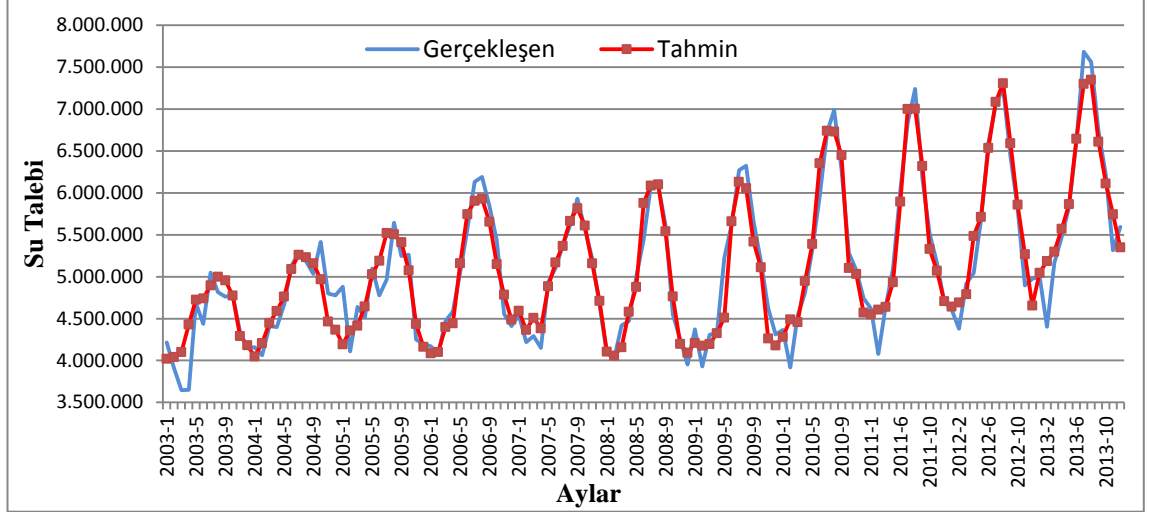
YSA'nın öğrenme aşamasından sonraki aşama ise test aşamasıdır. Bu aşamada eğitim, doğrulama, test ve tüm veri setinin performans sonuçları elde edilmiştir. Performans sonuçları Tablo 4.23'te görüldüğü gibidir.

Tablo 4.23: YSA Veri Setleri Performans Sonuçları

	Mutlak Hata (Absolute Error)			
	Eğitim Seti	Doğrulama Seti	Test Seti	Tüm Veri Seti
Ortalama	138.625	225.629	295.313	175.830
Standart Sapma	108.864	212.682	226.359	162.610
Minimum Değer	2.040	140	35.003	140
Maksimum Değer	454.323	781.617	785.141	785.141
Korelasyon Katsayısı	0,978	0,957	0,878	0,961
R^2	0,954	0,894	0,735	0,916

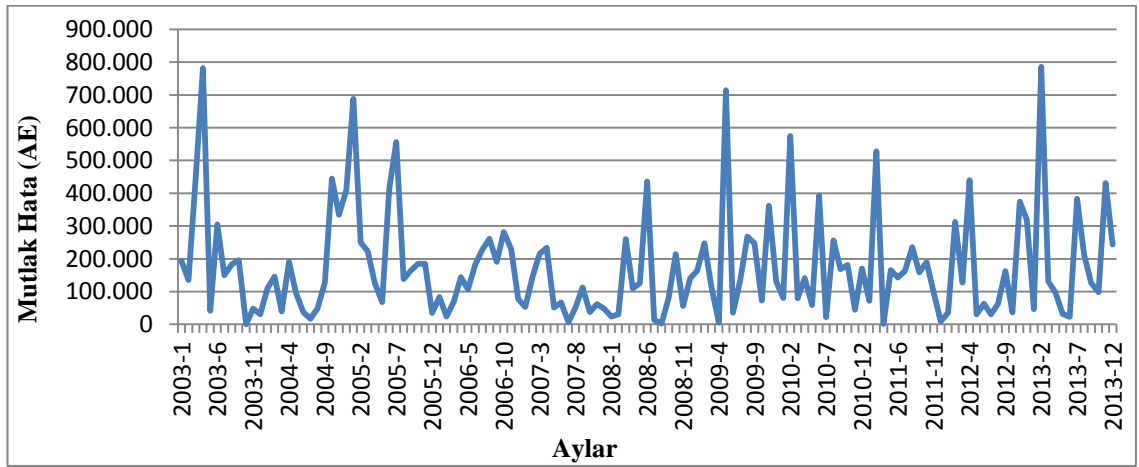
Tablo 4.23'te görüldüğü gibi, eğitim, doğrulama ve test setleri içinde ortalama mutlak hata değeri en düşük eğitim setinde yer almakta, bunu doğrulama seti ve test seti takip etmektedir. Minimum mutlak hata değeri ise sırasıyla doğrulama seti, eğitim seti ve test setinde yer almaktadır. Maksimum mutlak hata ise sırasıyla, test seti, doğrulama ve eğitim setinde yer almaktadır. Korelasyon katsayılarına bakıldığında ise eğitim ve doğrulama setlerinde %95'in üzerinde bir korelasyon değeri görülmektedir. Test setinin korelasyon değeri %88 olmakla beraber tüm veri setinin korelasyon değeri %96 ile yüksek seviyededir. Böylelikle elde edilen yüksek korelasyon değerleri ile su talebine ait gerçekleşen değerler ile elde edilen tahmin değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişkinin olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca tüm veri setine ait determinasyon katsayısı da tahmin edilen değerlerdeki değişkenliğin, gerçekleşen değerlerdeki değişkenlikle açıklanabileceğini göstermektedir.

Test aşamasında veri setlerinin gerçekleşen değerlere ne kadar yaklaştığını grafik olarak ta görmek mümkündür. Tüm veri seti eğitim, doğrulama, test veri setlerini de içerdiğinden, burada yalnızca tüm veri setinin karşılaştırma grafiğine yer verilmiştir. Tüm veri setine ait gerçekleşen (actual) değerler ile ağ tarafından üretilen tahmin (output) değerleri grafik olarak Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



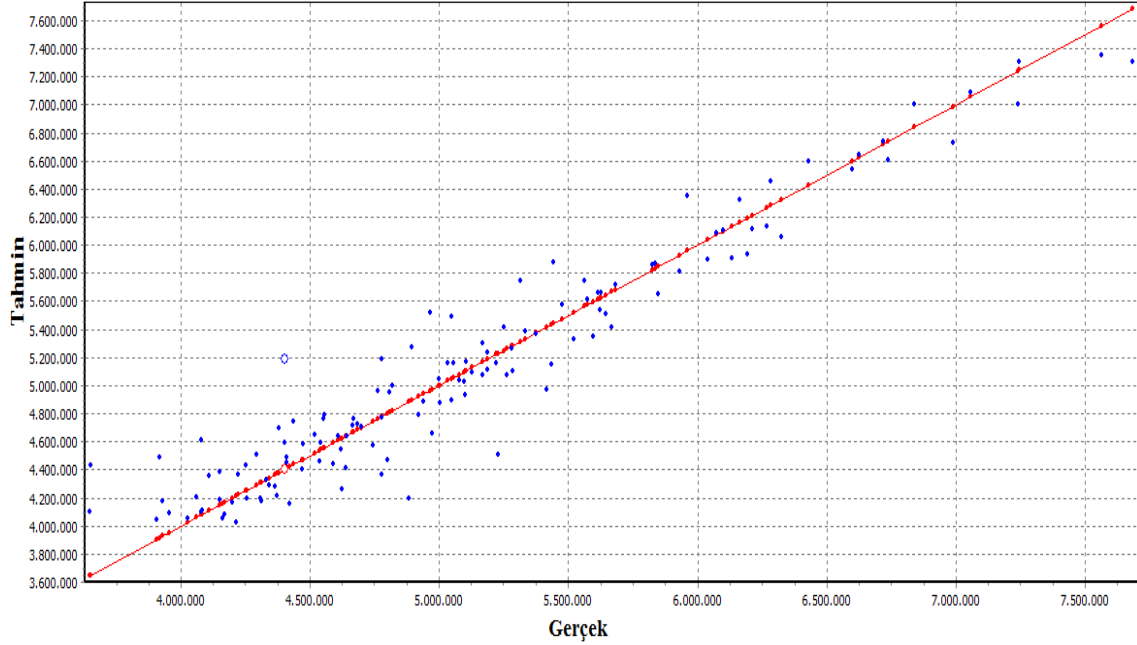
Şekil 4.20: Tüm Veri Setinin Tahmin Değerleri ile Gerçekleşen Değerlerin Karşılaştırılması

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi dikey sütun su talebini, yatay satır ise sırayla analiz dönemini (2003 Ocak ayından 2013 Aralık ayı dahil) göstermektedir. Buna göre mavi renkli (—) gerçekleşen değerler ile YSA tarafından üretilen kırmızı renkli (—■—) tahmin değerleri arasındaki hatalar belirgin bir şekilde görülmektedir. Grafiğe bakarak, tahmin değerlerinin, gerçekleşen değerleri genellikle takip ettiği, ilk 36 ayda hataların yoğunluklu olduğu sonraki aylarda ise tüketimin en düşük düzeye geldiği kış ayları ile en üst düzeye geldiği yaz aylarında hataların arttığını gözlemleyebiliriz. Su talebine ait gerçekleşen değerler ile elde edilen tahmin, mutlak hata ve mutlak hata yüzdesine ait değerler ayrıntılı olarak Ek-4’te verilmiştir. Tahmin ve gerçekleşen değerler arasındaki farktan (sapma) oluşan mutlak hata değerleri grafik olarak aşağıda Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21: Tahminlenen Talep ile Gerçekleşen Talep Arasındaki Hatalar (Sapma)

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi, hata değerleri belirli bir seyir izlememekte ve oldukça inişli-çıkışlı bir yapıdadır. Bu da hata değerlerinin rastgele dağıldığını ve belirli bir fonksiyonel yapı göstermediğine işaret etmektedir. Ayrıca, tahmin edilen değerlerin gerçekleşen değerlerden ne kadar uzaklaştığını aşağıda Şekil 4.22’deki serpilme grafiğiyle de görmek mümkündür.



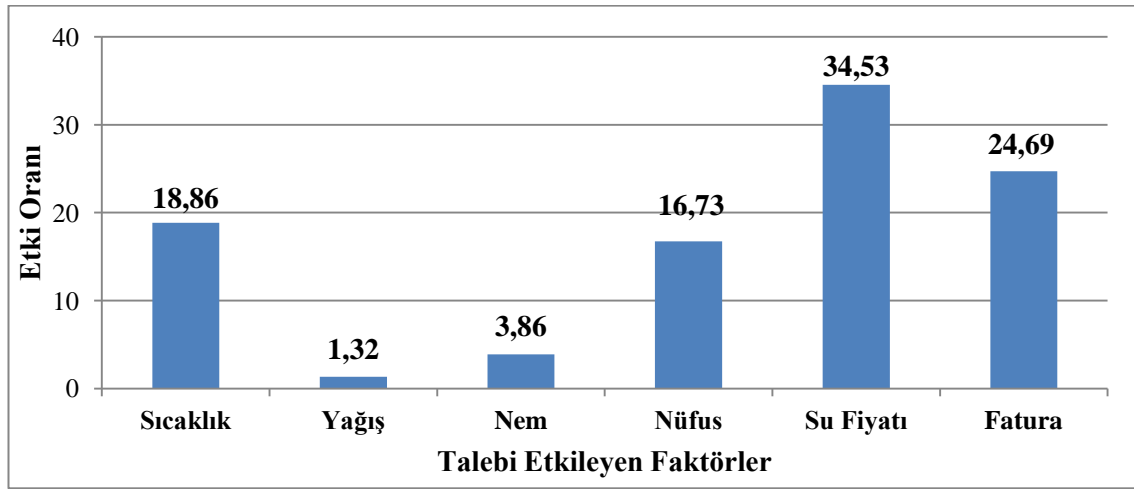
Şekil 4.22: Tahmin ve Gerçekleşen Değerlerin Serpilme Grafiği

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi tahmin değerleri, gerçekleşen değerler etrafında toplanmakta ve genellikle 4 ile 6 milyon m³ arasında dağılmaktadır. Serpilme grafiğine göre, tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasındaki uzaklığa göre hata değerlerinin genellikle düşük kaldığı ve dolayısıyla YSA modelinin tahmin performansının yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

4.3.3.3. Girdi Değişkenlerinin Çıktı Değişkeni Üzerindeki Önem Dereceleri

Yapay sinir ağlarının girdi değişkenlerinin sonucuna katkı sağlama özelliği, giriş verilerinin modelin performansını ve sonucu direk olarak etkilemesinden dolayı önemli bir özelliktir. Bu özellik, giriş verilerinin seçimi aşamasında da değişik alternatifleri denemek suretiyle, çıkışa en iyi katkıyı sağlayacak veri setlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Karahana, 2011: 105).

YSA'nın temel çalışma prensibi, girdi değerlerinin alınarak işlenmesi sonucunda çıktığı değerlerinin üretilmesi şeklinde özetlenebilir. Bu nedenle, çıktı üretiminde hangi girdi değişkenlerinin etkisinin ne kadar önemli olduğu ve bu önem derecesinin ne kadar olduğunun bilinmesi, hangi girdi değişkenlerinin ağ yapısından çıkarılabileceği konusunda karar vermeyi kolaylaştıracaktır. YSA yapısına göre altı girdi değişkeninin, yani su talebini etkileyen faktörlerin, su talebi üzerindeki etkisinin (sonuç) önem yüzdeleri paket program aracılığıyla hesaplanmıştır. Elde edilen önem derecelerine ait bilgiler Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23: Girdi Değişkenlerinin Sonuca Katkı Oranları

Şekil 4.23'te su talebi üzerindeki faktörlerin önem yüzdelerine bakıldığında en çok %34,53 ile su fiyatının, %24,69 ile abone başına düşen fatura miktarının, %18,86 ile sıcaklığın ve %16,73 ile nüfus artışının etkili olduğu görülmektedir. Bunun yanında sırasıyla nemin ve yağış miktarı düşük düzeyde etkilerinin olduğu görülmektedir.

Diyarbakır kent merkezi içme suyu talebi üzerinde en çok su fiyatı ile abone başına düşen su faturası değişkenleri etki etmektedir. Bu iki değişkenin önem yüzdeleri toplamı %59,22'ye karşılık gelmektedir. Bu iki değişkenin niteliği gereği ekonomik değişkenler olması dikkat çekicidir. Bir bakıma bu iki değişkenin ön plana çıkması, su tüketimi üzerinde Diyarbakır ilinde yaşayanların sosyo-ekonomik durumunun etkili olduğu ve ekonomik değişkenlerin belirleyici olduğu söylenebilir. Diyarbakır ilinin özellik yaz mevsiminde sıcak, kış mevsiminde soğuk bir iklime (karasal) sahip olduğu düşünüldüğünde belirtilen değişkenlerin, sıcaklık faktöründen daha büyük önem yüzdesine sahip olması ayrıca manidardır.

Nüfus artışının su talebi üzerindeki etkisi, suyun insan hayatının devamlılığı ve suyun kullanım alanları düşünüldüğünde sonucun normal olduğu söylenebilir. Nem etkisinin düşük olması Diyarbakır ilinin kış mevsiminde nemli, yaz aylarında ise kuru bir iklime sahip olmasından ileri geldiği tahmin edilmektedir. Toplam yağış miktarının etkisi, literatürde de belirtildiği gibi yağış oluşundan daha az bir etkiye sahiptir (Jain, Varshney ve Joshi, 2001). Bu nedenle yağış oluşunun sıcaklığı azaltıcı/artırıcı bir etkisi olduğu düşünüldüğünde yağış miktarı etkisinin düşük bir seviyede olması beklenen bir durumdur.

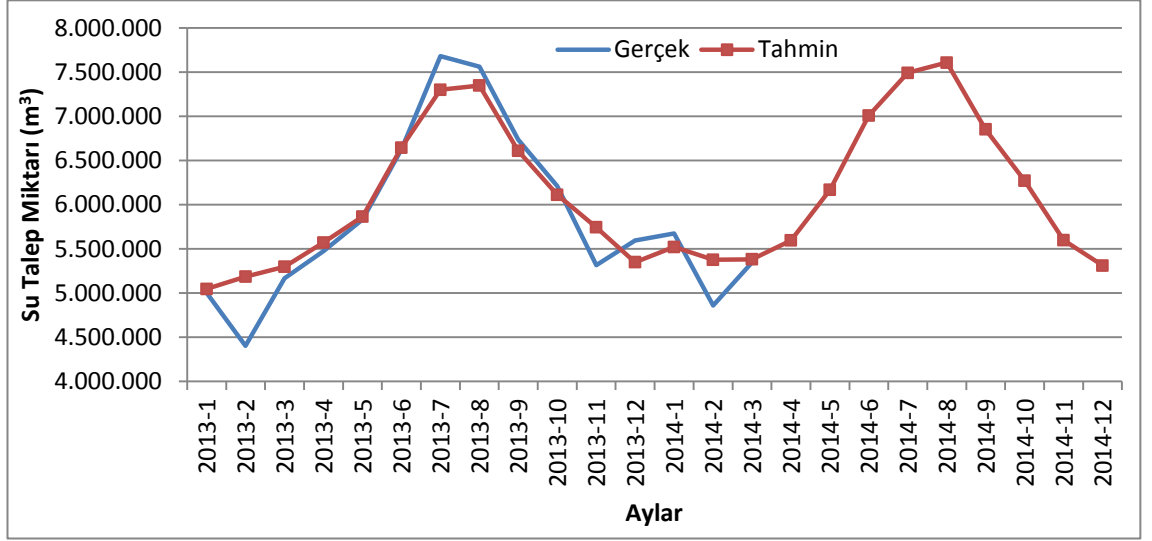
4.3.3.4. Model Aracılığıyla Tahmin Üretimi

YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerde kullanılabilmesi, veriler arasındaki ilişkileri çözebilmesi, ilgili problemi öğrendikten sonra karşılaşmadığı örnekler ile ilgili bilgi üretebilmesi gibi birçok üstün özelliğinden dolayı farklı alanlarda kullanılmaktadır. En çok kullanılan alanlardan bir tanesi de tahmin uygulamalarıdır.

YSA ile tahmin üretiminde, öncelikle tahminin uygulanacağı zaman aralığı için girdi değişkenlerine ait verilere ihtiyaç vardır. Girdi değişkenlerine ait geçmiş veriler ağa sunulduktan sonra, ağ kendi mimari yapısına ve nöronlar arasındaki en iyi ağırlık değerlerine göre geleceğe ait tahmin değerlerini üretmektedir.

Çalışmada YSA mimarisinin oluşturulması ile eğitim ve test aşamalarından sonra, 2014 yılına ait aylık su talep tahminleri üretilmiştir. Tahminlerin üretilmesi için öncelikle 2014 yılı girdi verileri belirlenmiştir. Çalışmada tahminlemeler, 2014 yılı Nisan ayı içinde yapıldığından, 2014 yılı Ocak-Şubat-Mart aylarında gerçekleşen su talebi, ilgili kurum ve kuruluşlardan elde edilmiştir. 2014 yılının son dokuz ayına ait girdi değişkenlerine ait değerler ise 2003-2013 girdi değişkenleri değerleri üzerinde yapılan çeşitli hesaplamalar (ortalama değer, eğilim analizi vb.) sonucunda belirlenmiştir. Sonrasında, girdi değişkenlerine ait 2014 yılı değerleri ağa sunulmuş ve 2014 yılı Nisan-Aralık aylarına ait dokuz aylık su talep tahmini değerleri elde edilmiştir. 2014 yılına ait girdi değişkenlerine ait değerler ile gerçekleşen ve tahmin edilen su talep miktarları Tablo 4.24'te verilmiştir. Tablo 4.24'te ayrıca, elde edilen değerlerin önceki yıllarla karşılaştırma yapılabilmesi için 2013 yılına ait değerler de bırakılmıştır. 2013-2014

yılı gerçekleşen ve tahmin edilen su talep miktarlarına ait grafik Şekil 4.24'te görülmektedir.



Şekil 4.24: YSA Modelinin Ürettiği Tahminlenen Su Talebi ile Gerçekleşen Su Talebinin Karşılaştırılması

Şekil 4.24'te 2013 Ocak-2014 Mart dönemi incelendiğinde, tahminlenen talebin, her iki yılın Şubat ayı haricinde gerçekleşen talebe oldukça yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Grafikte ayrıca YSA modeli ile elde edilen 2014 yılına ait Nisan-Aralık dönemine ait dokuz aylık tahmin değerleri bulunmaktadır. Bu tahmin değerleri, 2013 yılı aynı dönem ile benzerlik göstermekte ve yaz aylarındaki pik tüketim değerlerinde kısmi bir artış görülmektedir.

Tablo 4.24: YSA Modeli Tarafından Üretilen Su Talebi Tahmin Değerleri

Yıl-Ay	Sıcaklık (°C)	Yağış (kg/m ²)	Nem (%)	Nüfus	Su Fiyatı (TL/m ³)	Su Faturası (TL)	Gerçekleşen Su Talebi (m ³)	Tahminlenen Su Talebi (m ³)	Fark (Sapma) (m ³)
2013-1	2,7	82,2	85,9	876.144	3,25	32,5	5.000.397	5.046.929	46.532
2013-2	6,1	85,2	84,3	876.144	3,25	34,0	4.401.968	5.187.109	785.141
2013-3	9,5	19,8	62,2	876.144	3,25	32,0	5.168.316	5.299.261	130.945
2013-4	14,5	39,4	63,1	876.144	3,34	34,0	5.474.771	5.572.381	97.610
2013-5	19,0	98	59	876.144	3,34	40,3	5.835.419	5.866.565	31.146
2013-6	26,7	2,8	25,3	876.144	3,34	41,1	6.623.824	6.646.614	22.790
2013-7	31,2	0	18,2	876.144	3,38	42,8	7.684.417	7.301.609	-382.808
2013-8	30,4	0	17,6	876.144	3,38	49,1	7.562.922	7.350.744	-212.178
2013-9	24,5	0	24,1	876.144	3,38	45,7	6.737.804	6.611.062	-126.742
2013-10	17,0	0	27,8	876.144	3,41	41,8	6.211.449	6.113.061	-98.388
2013-11	11,4	54	70,6	876.144	3,41	37,3	5.315.136	5.746.114	430.978
2013-12	-3,4	50,4	84,5	876.144	3,41	34,1	5.594.357	5.350.993	-243.364

Tablo 4.24: YSA Modeli Tarafından Üretilen Su Talebi Tahmin Değerleri (Devam)

Yıl-Ay	Sıcaklık (°C)	Yağış (kg/m ²)	Nem (%)	Nüfus	Su Fiyatı (TL/m ³)	Su Faturası (TL)	Gerçekleşen Su Talebi (m ³)	Tahminlenen Su Talebi (m ³)	Fark (Sapma) (m ³)
2014-1	3,4	43	82,1	902.195	3,49	36,4	5.676.385	5.521.853	-154.532
2014-2	5	38,6	57,4	902.195	3,49	36,6	4.859.313	5.377.794	518.481
2014-3	10,8	60,6	68,2	902.195	3,49	37,1	5.347.027	5.383.583	36.556
2014-4	13,8	59,5	61,2	902.195	3,6	38,5	-	5.597.426	-
2014-5	19,2	42,9	52,6	902.195	3,6	41,5	-	6.169.853	-
2014-6	26,5	13,3	28,6	902.195	3,6	42,4	-	7.009.954	-
2014-7	31,2	0,7	20,2	902.195	3,66	43,5	-	7.492.794	-
2014-8	30,8	0,2	18,0	902.195	3,66	50,0	-	7.608.861	-
2014-9	25,0	10,5	26,5	902.195	3,66	46,5	-	6.854.532	-
2014-10	18,0	41,8	45,4	902.195	3,7	42,3	-	6.272.692	-
2014-11	9,5	54,9	62,5	902.195	3,7	37,7	-	5.599.695	-
2014-12	3,2	62,2	72,3	902.195	3,7	34,5	-	5.311.596	-

Tablo 4.24'te görüldüğü gibi, çalışmada 2014 yılı Nisan-Aralık dönemi için tahminleme yapıldığından, gerçekleşen su talebi ile fark (sapma) değerleri yılın ilk üç ayında bulunmaktadır. Bu döneme ait girdi değişkenlerine ait değerler tahmini edilmiş, ardından YSA modeli ile su talebine ilişkin değerlerin tahminlemesi yapılmıştır.

4.3.4. Modelde Üretilen Tahminlerin Performansının Değerlendirilmesi

Önceki kısımlarda belirtildiği gibi, belirlenen en uygun YSA modeli ile analiz dönemi ve sonrası için aylık tahminler elde edilmiştir. Bununla birlikte YSA modeli ile üretilen tahminlerin performansının test edilmesi, elde edilen tahminlerin güvenilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla, bu kısımda tahminlerin doğruluğu, verimliliği ve güvenilirliği analiz edilmiştir. Öncelikle, elde edilen tahminler ile gerçekleşen değerler arasındaki fark (sapma) aşağıda bulunan eşitlik 4.3'teki gibi hesaplanmıştır.

$$e(t) = x(t) - f(t) \quad (4.3)$$

Sonrasında, fark miktarının $e(t)$, tahmin miktarına $x(t)$ oranlanmasıyla elde edilen tahminin fark yüzdesi $p(t)$ aşağıda eşitlik 4.4'e göre elde edilmiştir.

$$p(t) = e(t) / x(t) \quad (4.4)$$

Yukarıdaki eşitlikler ile elde edilen fark değerleri ve oranları Ek-4'teki tabloda verilmiştir.

Tahminlerin performans değerlendirilmesi ile ilgili literatürde birçok ölçüt kullanılmaktadır. Yapılan uygulamada, tahmin çalışmalarında en çok kullanılan ölçütlerden Verimlilik Katsayısı (E), Hata Kareleri Ortalaması (Mean Squared Error-MSE), Hata Kareleri Ortalaması Kökü (Root Mean Squared Error-RMSE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percent Error-MAPE), Korelasyon Katsayısı (CORR) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) kullanılmıştır.

Tahminlerin performans ölçümünde Verimlilik Katsayısı (E), bir modelin tahmin gücünü değerlendirme de kullanılmaktadır. Hesaplanan E değeri 1 ise tahminlenen değerlerin gerçekleşen (gözlenen) değerlere mükemmel derecede uyum gösterdiğine, E değeri 0 ise model tahminlerinin, gerçekleşen (gözlenen) değerlerin ortalaması kadar doğrulukta olduğuna işaret etmektedir (Adamovski, 2012: 5). Verimlilik Katsayısı'nın hesaplanması aşağıda eşitlik 4.5'teki formülle yapılmaktadır.

$$E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \quad E_1 = \sum_{i=1}^N (f(t) - \bar{f}(t))^2 \quad E_2 = \sum_{i=1}^N (x(t) - f(t))^2 \quad (4.5)$$

Tahmin doğruluğunun ölçümünde kullanılan istatistiklerden biri Hata Kareleri Ortalaması (Mean Squared Error-MSE)'dir. Hata değerlerinin büyüklükleri benzer ise MSE kullanılabilir (Çuhadar, 2006: 111). MSE, aşağıda eşitlik 4.6 ile verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum [e(t)]^2 \quad (4.6)$$

Tahmin doğruluğunun ölçümünde diğer bir istatistik ise MSE'nin kökü alınarak elde edilen Hata Kareleri Ortalaması Kökü (Root Mean Squared Error-RMSE)'dir. RMSE, aşağıda eşitlik 4.7 ile verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum [e(t)]^2} \quad (4.7)$$

Tahmin doğruluğunun ölçümünde tahminin hata yüzdesine dayanan bir istatistik ise Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percent Error-MAPE)'dir. MAPE aşağıda eşitlik 4.8 ile verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum |p(t)| \quad (4.8)$$

Yukarıda eşitliklere göre hesaplanan Verimlilik Katsayısı, RMSE ve MAPE değerleri ile Korelasyon ve Determinasyon Katsayılarına ait değerler aşağıda Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.25: YSA Modeli Tahminlerinin Verimlilik ve Güvenirlik Değerleri

Verimlilik (E)	0,92378
Ortalama Hata Kareleri (MSE)	57.358.296.063
Ortalama Hata Kareleri Kökü (RMSE)	239.496
Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)	0,03606
Korelasyon Katsayısı (CORR)	0,96130
Determinasyon Katsayısı (R ²)	0,92409

Tablo 4.25'te görüldüğü gibi tahmin modelinin Verimlilik Katsayısı %92,4 elde edilmiştir. Bu sonuca göre YSA modeli ile üretilen tahminlerin yüksek verime sahip

olduğu söylenebilir. Yine aynı tabloda, tahmin sonuçlarının tutarlılığını ölçmede yaygın olarak kullanılan hata ölçütlerinden, MSE değeri 57.358.296.063 ve RMSE 239.496 olarak hesaplanmıştır

Literatürde MAPE değeri %10'un altında olan modeller "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modeller "iyi", %20 ile %50 arasında olan modeller "kabul edilebilir" ve %50'nin üzerinde olan modeller ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırılmaktadır (Witt, ve Witt, aktaran Çuhadar 2006: 157). Uygulamada elde edilen modelde ise MAPE değeri %3,6 ile çok iyi sınıfındadır. Elde edilen bu sonuçlara göre, modelin çok küçük oranda hatalı sonuçlar ürettiği, tahmin tutarlılığının ve isabet gücünün oldukça yüksek olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Tablo 4.25'te görüldüğü gibi, Korelasyon Katsayısı %96,1 ile yüksek bir seviyededir. Tahmin edilen değerler ile gerçekleşen değerler arasında önemli oranda ve pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, tahmin edilen su talebi ile gerçekleşen su talebi arasında yüksek bir ilişki mevcuttur. Ayrıca, bu sonuçlara göre girdi değişkenleri yani su talebini etkileyen faktörlerin, su talebinin belirlenmesinde önemli katkılar sundukları ve isabetli seçildikleri söylenebilir.

Bir diğer değişkenlik ölçüsü olan Determinasyon Katsayısı (R^2) ise %92,4 oranı ile tahminlenen su talebi değerlerindeki değişimin, gerçekleşen su talebi değerlerindeki değişimle paralel bir seyir izlediğini göstermektedir.

Yukarıda belirtilen ölçütlere göre yapılan değerlendirmelere göre modelde, girdi ve çıktı değişkenleri arasında çok güçlü bir ilişkinin olduğu ve girdi değişkenlerindeki değişimin su talebindeki değişime neden olduğu görülmektedir. Ayrıca, modelin tahmin tutarlılığının ve verimliliğinin yüksek olduğu, elde edilen tahminlerdeki hata oranının ise oldukça düşük olduğu sonucu elde edilmiştir.

4.3.5. YSA ile Zaman Serisi Analizine Dayalı Yöntemlerin Karşılaştırılması

Zaman serisi herhangi bir olaya ilişkin gözlem değerlerinin zamana göre sıralanmasıyla oluşturulan dizilerdir. Zaman serileri analizi ise, belirli zaman aralıklarında gözlenen bir olay hakkında, gözlenen serinin yapısını veren olasılıklı

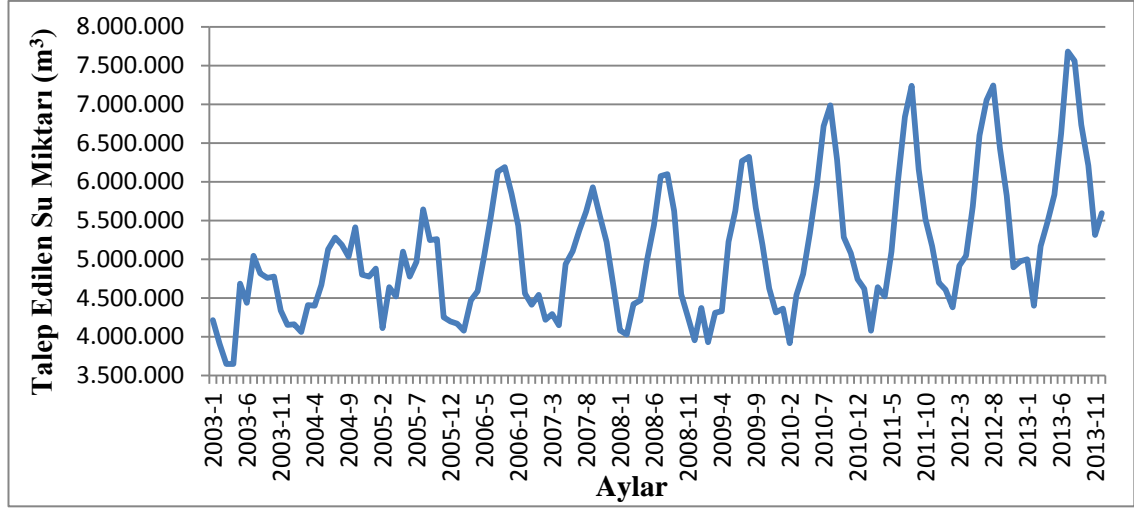
süreci modellemeyi ve geçmiş dönemlere ilişkin gözlem değerleri yardımıyla geleceğe yönelik tahminler elde etmeyi amaçlayan bir yöntemdir (Kaynar ve Taştan, 2009: 162).

Zaman serisi analizine dayalı yöntemler, bir olaya ait geçmişteki verilerin incelenmesi ve belirli eğilimlerin ortaya çıkarılarak ileriye yönelik tahminlerin yapılması temeline dayanmaktadır. Bu yöntemlerin amacı, geçmiş gözlem değerlerindeki veri kalıplarını kullanarak istatistiksel modeller oluşturmak ve bu modellerle geleceği tahmin etmektir. Diğer bir anlatımla, çeşitli faktörlerin etkilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan zaman serilerinin bu faktörlerden nasıl etkilendiği incelenerek gelecekte alacağı değerler belirlenmeye çalışılır (Çuhadar, 2006: 71-72).

Çalışmanın bu kısmında öncelikle, zaman serisi analizine dayalı yöntemlerden Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA yöntemleri ile 2003-2013 yıllarına ait aylık periyotta Diyarbakır İli kent merkezi içme suyu talep tahminleri yapılmıştır. Ardından YSA modelinin yaptığı tahminler ile zaman serisi analizine dayalı yöntemlerden elde edilen tahminlerin performansları karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Zaman serisine dayalı yöntemlerle yapılan analizlerle, serinin geçmiş gözlem değerleri incelenmekte, eğilimleri belirlenmekte ve elde edilen bulgular doğrultusunda ileriye dönük tahminler yapılmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen yöntemler, geçmiş dönemlere ait gözlem değerlerinin veri kalıplarının alınması, istatistiksel modelin oluşturulması ve modellere dayalı tahminlerin yapılması aşamalarından oluşmaktadır (Çekerol ve Ulukan, 2012: 87). Bu nedenle burada uygulanacak Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA yöntemleriyle serinin geçmiş gözlem değerleri baz alınmış ve gelecek dönemlere dair tahminler üretilmiştir.

Zaman serilerine ait grafikler incelenerek, zaman serisini etkileyen temel bileşenleri (trend, mevsimsellik, konjonktürel değişimler, tesadüfi değişimler) görsel olarak belirlemek mümkündür. Bu nedenle Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA yöntemlerinin uygulanacağı zaman serisi olan, 2003-2013 yılları aylık Diyarbakır İli kent merkezi içme suyu tüketim (talep) değerleri grafiği aşağıda, Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



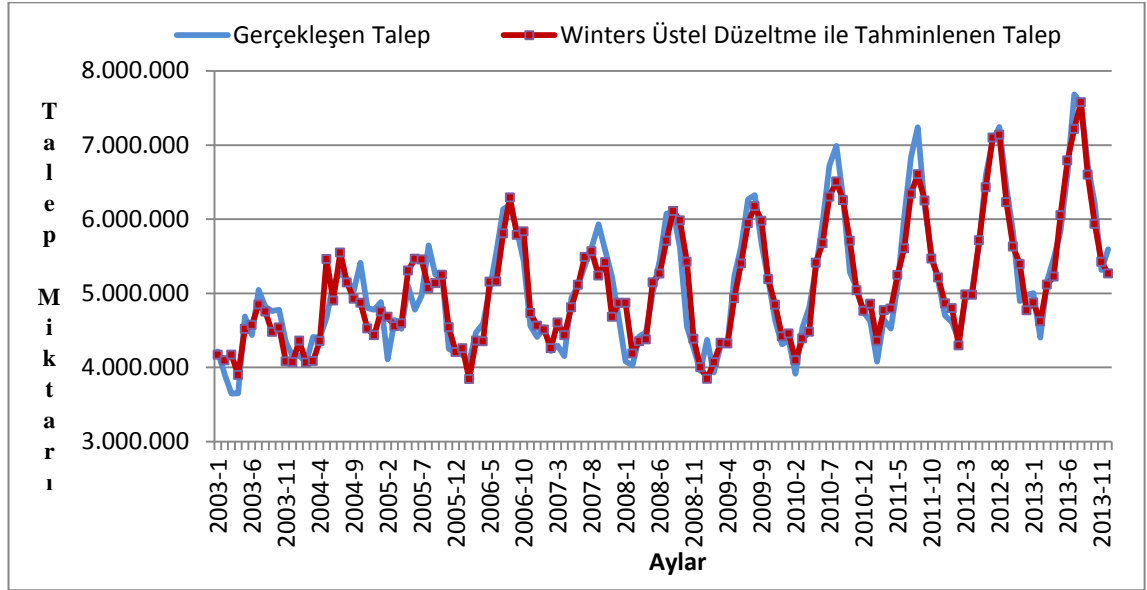
Şekil 4.25: 2003-2013 Dönemi Diyarbakır İli Kent Merkezi Aylık Su Talep Grafiği

Şekil 4.25'te görüldüğü gibi, seriye ait değerler yıllar itibariyle sürekli artmıştır (pik değerlerde 5 milyon m³'ten 7,5 milyon m³'e kadar çıkmıştır), bir diğer ifadeyle artan bir trende sahiptir. Ayrıca içme suyu tüketimi ilkbaharla birlikte artan, yaz aylarında (genellikle Temmuz-Ağustos) pik seviyeye çıkan, sonbaharla (Eylül ayı itibariyle) birlikte azalan ve kış aylarında (genellikle Ocak-Şubat) en düşük seviyeye gelen bir yapıdadır. Dolayısıyla kent merkezi içme suyu talebinin bir trende ve mevsimselliğe sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir. Bu nedenle üstel düzeltme yöntemlerinden, trend ve mevsimselliği bulunan serilerin düzleştirilmesinde kullanılan Winters Düzeltme Yöntemi seçilmiştir. Aynı şekilde trend ve mevsimsellik bulunan serilerin fark alınarak durağan hale getirildiği, Box-Jenkins tahmin modellerinden ARIMA ile tahmin yapılması uygun görülmüştür.

4.3.5.1. Winters'in Üstel Düzeltme Yöntemi ile Talep Tahmini

Literatürde, zaman serileri analizine dayalı yöntemler içerisinde; Basit (Simple) Üstel Düzeltme, Brown'un Tek Parametrelili ve İkinci Derece Üstel Düzeltme ve Holt'un İkili Düzeltme Yöntemleri gibi birçok Üstel Düzeltme yöntemi bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, burada trend ve mevsimsellik içeren zaman serilerine uygulanan Winters Üstel Düzeltme yöntemi ile talep tahmini yapılmıştır. Tahminler, 2003-2013 yıllarına ait gerçekleşen aylık içme suyu talebi değerlerinin SPSS 18.0 paket programına girilmesiyle elde edilmiştir. Winters Üstel Düzeltme yöntemi uygulanarak

elde edilen tahmin değerleri Ek-5'te verilmiştir. Ayrıca, gerçekleşen su talebi ile tahminlenen su talebi grafik olarak aşağıda Şekil 4.26'da görülmektedir.



Şekil 4.26: Gerçekleşen Talep ve Winters Üstel Düzeltme ile Tahminlenen Talep Grafiği

4.3.5.2. ARIMA (p,d,q) Yöntemi ile Talep Tahmini

ARIMA yöntemi tek değişkenli bir model olarak, geleceği tahmin etme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin önemli bir varsayımı, uygulandığı serinin eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan olmasıdır (Bircan ve Karagöz, 2003: 50).

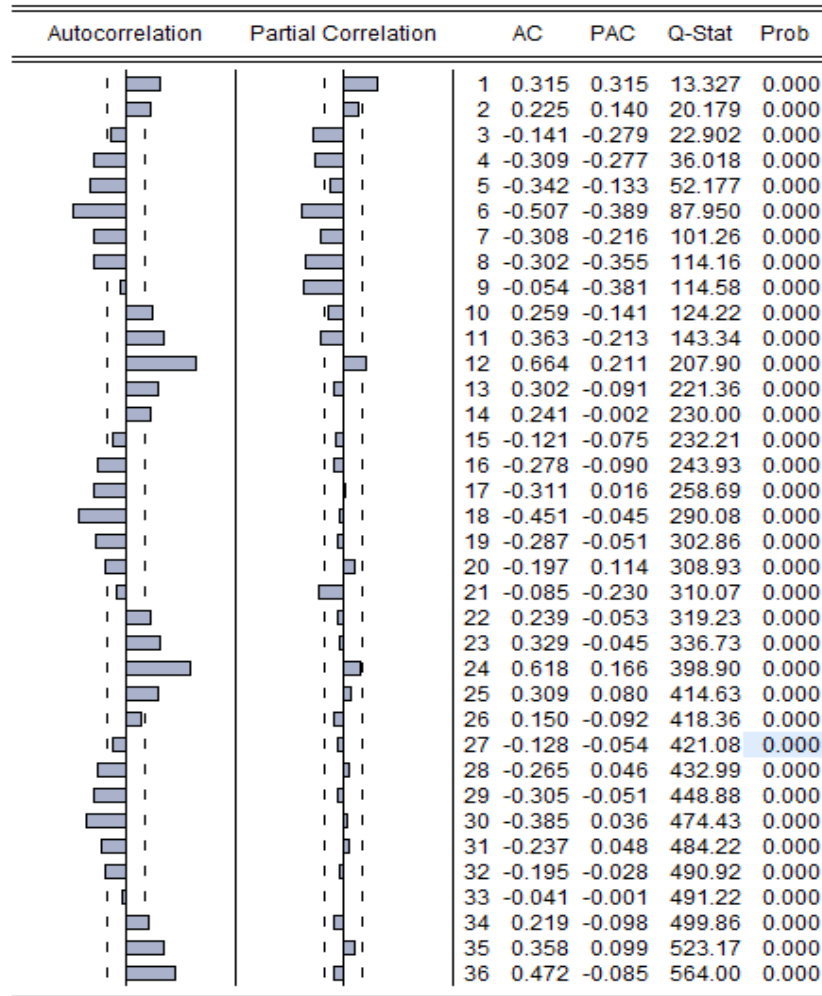
AR (Otoregresif), MA (Hareketli Ortalama) ve bunların bir araya gelmesiyle oluşan ARMA (Otoregresif Hareketli Ortalama) modelleri en çok kullanılan ARIMA modelleridir. Ancak bu modeller yalnızca durağan olan serilere uygulanabilmektedir. Durağan olmayan serilerin farkı alındıktan sonra ARMA (p,q) modellerinin kullanımı uygun hale gelebilmektedir. Burada d, serinin durağanlaştırma (fark alma) parametresidir. Serinin grafiğine (Şekil 4.25) bakarak serinin trend ve mevsimsellik içermesi nedeniyle durağan olmadığı daha önce belirtilmişti. Ancak burada durağanlığının sınanması için literatürde sık başvurulan Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller: ADF) testi kullanılmış ve test sonuçları Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26: Birinci Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi Sonuçları

	t-İstatistiği	Olasılık*
Genişletilmiş Dickey-Fuller test istatistiği	-0.082220	0.9479
Test kritik değerleri	1% düzey	-3.486064
	5% düzey	-2.885863
	10% düzey	-2.579818

*MacKinnon (1996) tek taraflı p değerleri

Tablo 4.26’da görüldüğü gibi, ADF test istatistiği değeri (0.082220) mutlak değerce, test kritik değerlerinden (3.486064, 2.885863 ve 2.579818) küçük olduğu için serinin durağan olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle serinin birinci dereceden farkının alınması gerekmektedir. Böylece serinin birinci dereceden farkı alınmış ve elde edilen serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu aşağıda Şekil 4.27’de verilmiştir.

**Şekil 4.27: Birinci Dereceden Farkı Alınmış Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği**

Şekil 4.27’de birinci dereceden farkı alınan serinin otokorelasyon fonksiyonunun hızla azaldığı ve katsayıların üçüncü gecikmede sıfırı kestiği görülmektedir. Dolayısıyla birinci farkı alınarak elde edilen serisinin durağan hale geldiği söylenebilir. Durağanlığının sınanması amacıyla tekrar ADF testi uygulanmış ve sonuçları aşağıda Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.27: İkinci Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi Sonuçları

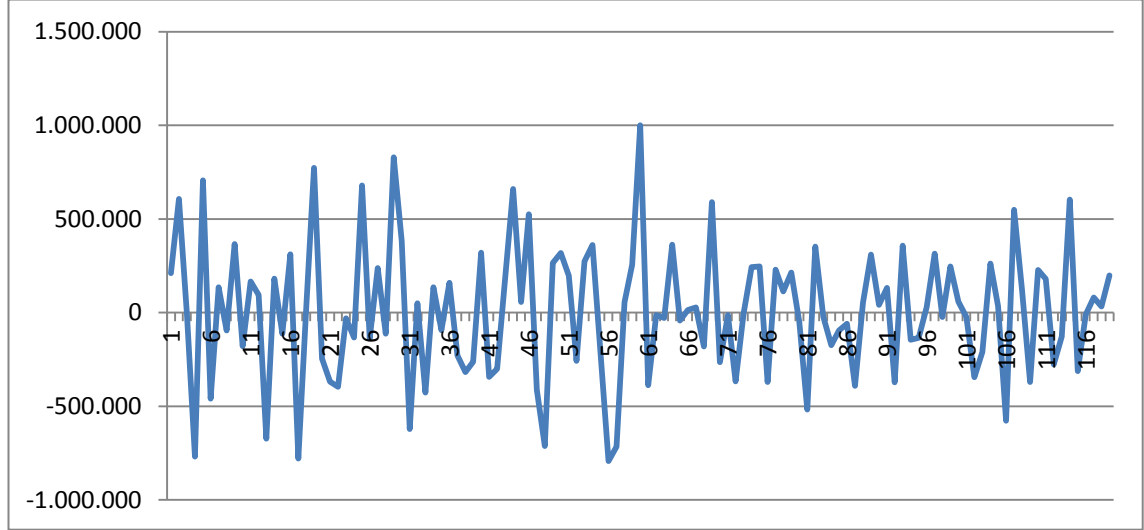
	t-İstatistiği	Olasılık*
Genişletilmiş Dickey-Fuller test istatistiği	-5.447264	0.0001
Test kritik değerleri	-4.036983	
	-3.448021	
	-3.149135	

*MacKinnon (1996) tek taraflı p değerleri

Tablo 4.27’deki sonuçlara bakıldığında ADF test istatistiği değeri (5.447264) mutlak değerce, test kritik değerlerinden (-4.036983, -3.448021 ve -3.149135) büyük olduğu için serinin durağan hale geldiği söylenebilir. Ancak Şekil 4.27 incelendiğinde, otokorelasyon katsayılarının dalgalı ve 1., 12. ve 24. gecikmelerde benzer bir şekil göstermesi mevsimsel durağanlığın sağlanamadığına işaret etmektedir. Bu durumu düzeltmek için mevsimsel fark alma işleminin uygulanması gerekmektedir. Mevsimsel fark almadan önce, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarına göre ARIMA modeline ait p ve q dereceleri belirlenebilir. AR modeline p derecesi, kısmi otokorelasyon katsayılarının sıfırdan anlamlı derecede farklı olup olmadıkları kontrol edilerek belirlenir. Kısmi otokorelasyon katsayısı mutlak değerce $\pm 1,96/\sqrt{n}$ değerinden büyük ise kısmi otokorelasyon katsayısının sıfırdan farklı olduğu %5 anlamlılık düzeyinde kabul edilebilir (Bayazıt, 1996: 174). Buna göre, $\pm 1,96/\sqrt{132} = \pm 0,171$ olarak elde edilir. Şekil 4.27’deki kısmi otokorelasyon katsayılarına bakıldığında 0,171 değeri, 0,315 ile 0,140 arasında olduğundan p’nin değeri 1’dir. Aynı yöntem MA modelinde q için otokorelasyon katsayılarına bakıldığında 0,171 değeri, 0,225 değerinden sonra geldiği için q, 2’ye eşittir.

Elde edilen bu sonuçlara göre, d fark alma derecesi 1 olduğundan ARIMA (1,1,2) modeli elde edilir.

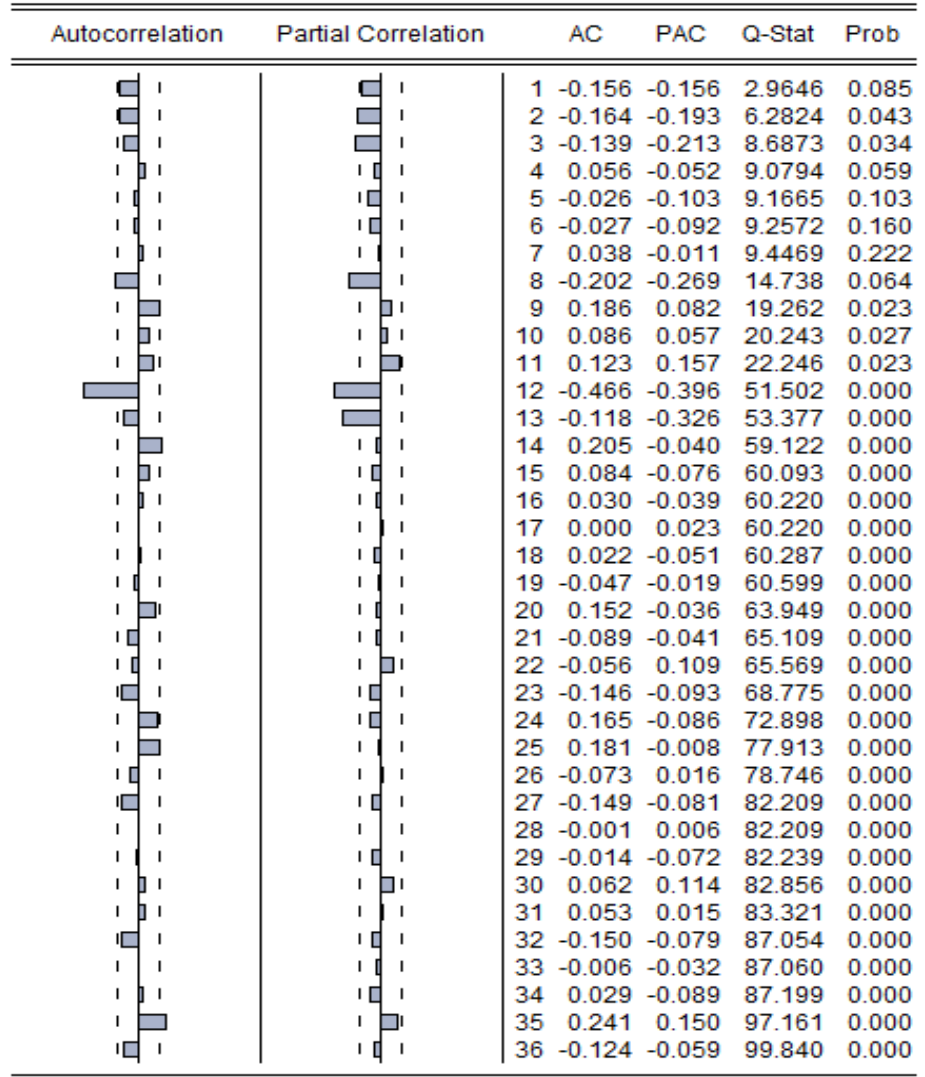
Seride mevsimsel durağanlığı sağlamak için mevsimsel fark alınmıştır. Mevsimsel fark alındıktan sonra, aşağıda Şekil 4.28’de bulunan serinin aylık zaman grafiğine bakılabilir.



Şekil 4.28: Mevsimsel Farkı Alınmış Serinin Zaman Grafiği

Şekil 4.28’de görüldüğü gibi seri, sabit bir ortalama etrafında rassal değerler aldığı için mevsimselliğin giderildiği anlaşılmaktadır. Bu durumu, Şekil 4.29’da serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerinde de incelemek mümkündür.

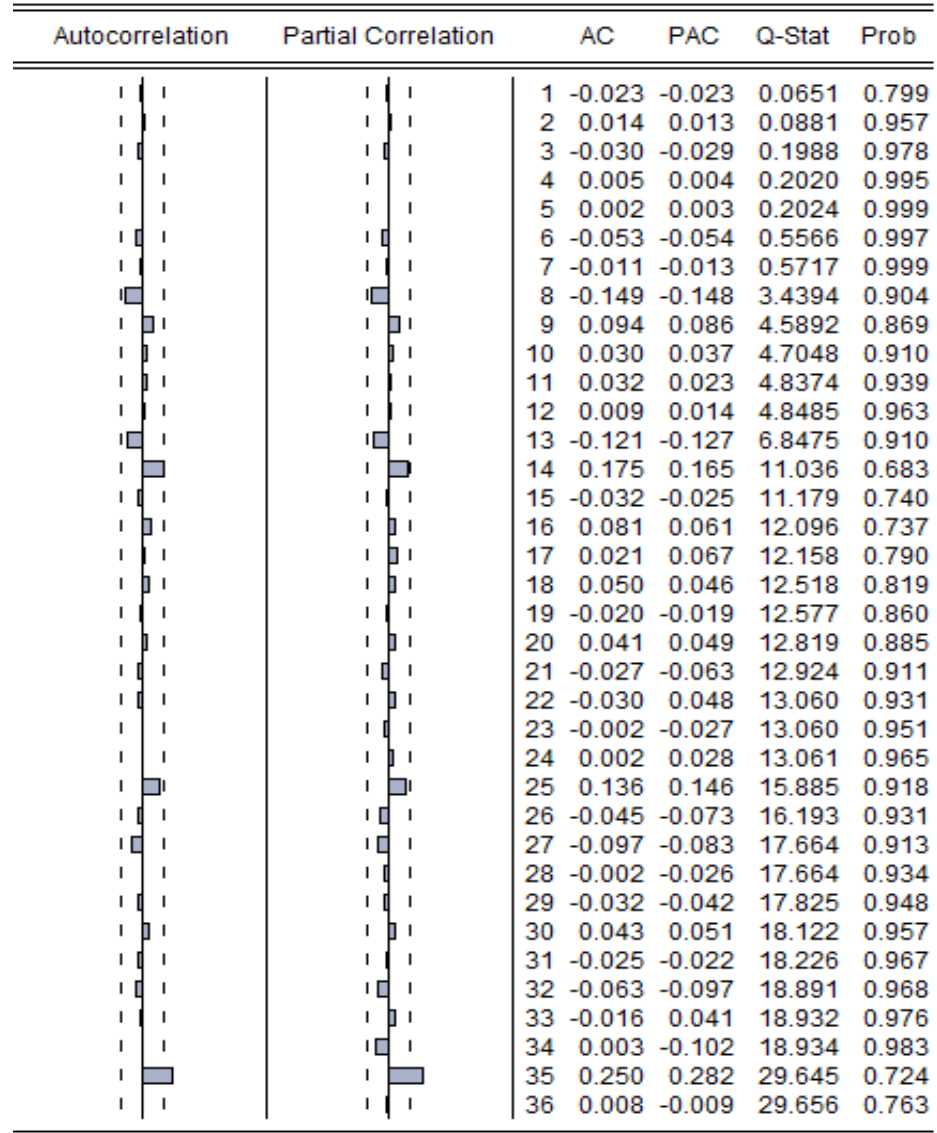
Şekil 4.29’da, mevsimsel fark alma işleminden sonra, grafikte mevsimsel dalgalanmanın olmadığı bir başka deyişle, seride mevsimsellik etkisinin tamamen giderildiği görülmektedir. Mevsimsel ARIMA modelinin P ve Q dereceleri ise $\pm 1,96/\sqrt{119} = \pm 0,18$ değerine göre belirlenmiştir. Buna göre, Şekil 4.29’daki kısmi otokorelasyon katsayılarına bakıldığında -0,18 değeri, -0,156 ile -0,193 arasında olduğundan P’nin değeri 1’dir. Aynı yöntem MA modelinde, Q için otokorelasyon katsayılarına bakıldığında -0,18 değeri, -0,139 değerinden sonra geldiği için Q’nun değeri 3 olarak belirlenir.



Şekil 4.29: Mevsimsel Farkı Alınmış Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği

Bu sonuçlara göre, Çarpımsal-Mevsimsel ARIMA modeli olarak tanımlanan $ARIMA(1,1,2)(1,1,3)_{12}$ modeli elde edilir. Ancak modelin uygunluğuna tam olarak karar verebilmek için model artıklarının (residuals) analiz edilmesi gerekmektedir. Elde edilen modelin artıklarına ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarına ait grafik Şekil 4.30'da verilmiştir.

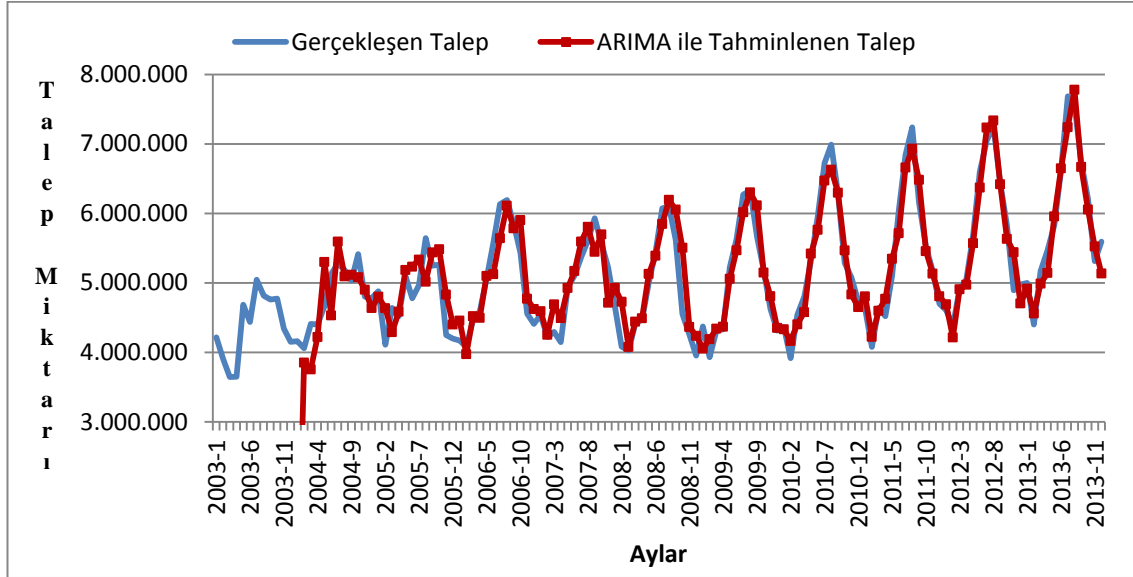
Şekil 4.30'da korelasyon katsayılarının %95 güven sınırları içerisinde kaldığı, sadece birinin (35. ay) bu sınırlar dışına çıktığı görülmektedir. Buna göre, model artıklarının bağımsız dağıldığı ve bu nedenle belirlenen modelin uygunluğunun sağlandığı söylenebilir. Ancak bu konuda ayrıca literatürde oldukça sık kullanılan,



Şekil 4.30: ARIMA Modeline Ait Artıkların Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafiği

Ljung-Box (LB) Q istatistiğine bakılabilir. Ljung-Box Q istatistiğinde, model artıkları arasında otokorelasyon olup olmadığına dair, tüm otokorelasyon katsayılarının aynı anda sıfır olduğu hipotezi test edilir. Bu teste göre, mevsimsel modeller için K gecikmesindeki Q değeri, K-p-q-P-Q serbestlik derecesinde X^2 (ki-kare) tablo değerinden küçük ise tüm oto korelasyon katsayılarının sıfır olduğu hipotezi kabul edilir (Saygılı, 2008: 24). Uygulamamızda, örneğin K=18 için Q değeri, Şekil 4.30'da görüldüğü gibi 12,518'dir. K-p-q-P-Q serbestlik derecesinde (18-1-2-1-3=11) X^2 tablo değeri ise 19,675'dir. X^2 tablo değeri Q'dan büyük olduğu için model artıklarının tesadüfi dağıldığı sonuca varılabilir. Bu nedenle modelin uygun olduğuna karar verilir.

ARIMA modeli belirlendikten ve uygunluğu test edildikten sonra, elde edilen model ile tahminler üretilmiştir. ARIMA modeli uygulanarak elde edilen, 2003-2013 yıllarına ait aylık içme suyu tahmin değerleri Ek-5’te verilmiştir. Ayrıca, gerçekleşen su talebi ile tahminlenen su talebi grafik olarak aşağıda Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.31: Gerçekleşen Talep ve ARIMA ile Tahminlenen Talep Grafığı

Şekil 4.31’de görüldüğü gibi ARIMA ile tahminlenen talep değerlerinin ilk on üç ayına ait değerler bulunmamaktadır. Bunun nedeni, zaman serisinin birinci farkı ve mevsimsel farkının alınması sonucu bu aylara ait değerlerin hesaplanmamasıdır.

4.3.5.3. Modellerin Tahmin Performanslarının Karşılaştırılması

Önceki kısımlarda YSA ile Diyarbakır kent merkezi içme suyu talep tahmini yapılmış, ardından zaman serisi analizine dayalı yöntemlerden Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA modelleri ile tahminler üretilmiştir. Bu kısımda ise bu üç yöntemden elde edilen tahminlerin performansları karşılaştırılmıştır. Modellerin tahmin performansının değerlendirilmesinde, tahmin çalışmalarında en çok kullanılan ölçütlerden Verimlilik Katsayısı (E), Hata Kareleri Ortalaması (Mean Squared Error-MSE), Hata Kareleri Ortalaması Kökü (Root Mean Squared Error-RMSE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percent Error-MAPE), Korelasyon Katsayısı (CORR) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) ölçütleri kullanılmıştır.

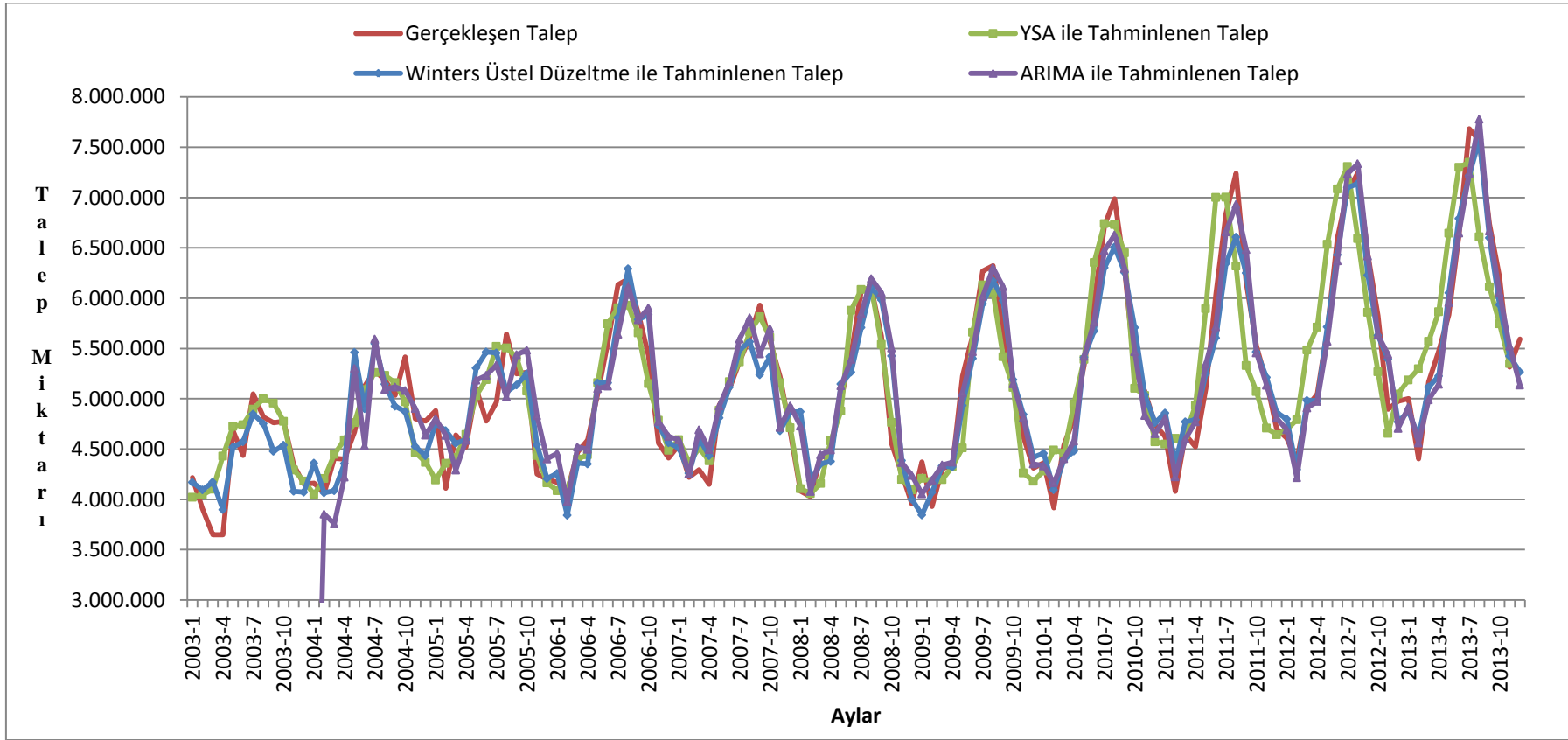
YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA olmak üzere üç model tarafından üretilen tahmin değerlerine göre belirtilen ölçütlerin aldığı değerler hesaplanmıştır. Üç yönteme ait tahmin performans ölçütlerine ait sonuçlar Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.28: Performans Ölçütlerine Göre Üç Modelin Karşılaştırılması

Performans Ölçütü	Uygulanan Yöntem		
	YSA	Winters Üstel Düzeltme	ARIMA(1,1,2) (1,1,3) ₁₂
Verimlilik (E)	0,92378	0,89064	0,89350
Ortalama Hata Kareleri (MSE)	57.358.296.063	82.304.718.960	79.363.673.123
Ortalama Hata Kareleri Kökü (RMSE)	239.496	286.888	281.716
Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)	0,0361	0,0437	0,0432
Korelasyon Katsayısı (CORR)	0,96130	0,94447	0,94540
Determinasyon Katsayısı (R ²)	0,92409	0,89201	0,89378

Tablo 4.28’de görüldüğü gibi, tüm performans ölçütlerinde Winters Üstel Düzeltme yöntemi ile ARIMA modelinden elde edilen sonuçlar birbirine yakın değerlerdir. Bunun yanında, ARIMA modeline ait performans değerlerinin Winters Üstel Düzeltme yönteminden daha iyi olduğu görülmektedir. YSA modeli performans sonuçları diğer iki yöntemle karşılaştırıldığında, YSA modelinin tüm performans ölçütlerinde önemli farklar ile gerçeğe daha yakın tahminler ürettiği görülmektedir.

YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA yöntemleriyle elde edilen tahminlerin performansı grafik olarak da incelenebilir. Üç yönteme ait tahminler ile gerçekleşen talep değerleri Şekil 4.32’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.32: Gerçekleşen Talep ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli Tahminlerinin Karşılaştırılması

Yukarıda Şekil 4.32’de gerçekleşen talep ile belirtilen üç yönteme ait tahminlerin karşılaştırıldığında, diğer yöntemlere göre YSA ile elde edilen tahminlerin gerçekleşen talebe daha çok yaklaştığı, YSA grafiğinin gerçekleşen talep grafiğine daha yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, performans ölçütlerine göre yapılan karşılaştırma sonuçlarını doğrular niteliktedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Su, günümüzde bilim insanlarınca, canlı yaşamının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Suyun insan ve doğa yaşamındaki yeri düşünüldüğünde, su olmadan yaşamın olamayacağı, kendini kanıtlamış bir gerçektir. Bu nedendir ki uzay araştırmalarında, diğer gezegenlerde yaşam belirtisi için ilk aranılan şey suyun var olup olmadığıdır. Su, insan yaşamında sadece içme amaçlı değil, birçok ihtiyacın karşılanmasında kullanılan hayati bir değerdir. Bu ihtiyaçların başında beslenme ihtiyacının karşılandığı tarım ve hayvancılık alanları gelmekte, ardından enerji üretimi ile birçok hizmet ve üretim alanında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Suyun insan yaşamının sürdürülebilmesi anlamında bu kadar önemli bir konumda olmasının yanı sıra, yerleşim merkezlerine içme suyu taleplerinin karşılanması oldukça karmaşık süreçler gerektiren bir hal almıştır. Su talebinin karşılanması, su kaynağının tespiti, iletimi, içilebilir hale getirilmesi, kent içi şebekenin tasarımı, döşenmesi ve işletilmesi gibi birçok aşamayı beraberinde getirmektedir. Ülkemizde bu görev ve yetki, büyükşehir belediyelerinde su ve kanalizasyon idarelerine, illerde ise belediyelere verilmiştir. Bu kamu kuruluşları, içme suyu temini için sahip oldukları arıtma tesisi, su deposu, terfi merkezi, iletim ve dağıtım şebekesi, makine parkı, malzeme deposu vb. sistem ve kaynaklarını, su talebi doğrultusunda sürekli güncellemek, yenilemek ve geliştirmek durumundadırlar. Ayrıca belirtmek gerekir ki, bu gereklilik yalnızca kuruluşlar için değil su talebinde bulunan tüm toplumu da yakından ilgilendirmektedir. Ülkemizde de zaman zaman başta metropol kent İstanbul olmak üzere kimi kentlerde yaşanan su azlığı, alarm verici boyutlara gelmekte ve kent sakinlerini endişelendirmektedir. Bu nedenle bulunduğumuz çağda, bilim insanlarının su ile ilgili araştırma ve incelemeleri oldukça önem kazanmıştır.

Bu tez çalışmasında teorik bölümlerin ardından uygulama öncesinde yapılan literatür analizinde, konuyla ilgili uygulama çalışmaları incelenmiş, bu alanda yapılan ulusal çalışmaların çok az, uluslararası çalışmaların ise bir hayli fazla olduğu görülmüştür. Literatür analizinde karşılaşılan su talep tahmini ile ilgili çalışmalar evsel, tarımsal sulama, endüstriyel su kullanımı gibi tüketim tipine göre farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmalarda su talebinin, saatlik, günlük, haftalık, aylık, mevsimlik ve yıllık zaman dilimlerine göre tahmin edildiği görülmüştür. Bu

çalışmalarda, talep tahmini yapılırken geleneksel ve modern yöntemler birlikte kullanılmış ve yöntemler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerden çoğunlukla, regresyon analizi, zaman serilerinin kullanıldığı, modern yöntemlerde ise genellikle, bulanık mantık, genetik algoritmalar, YSA ve destek vektör makineleri gibi zeki sistemler ile simülasyon ve hibrid modeller oluşturularak tahminler yapıldığı görölmüştür.

Modellerin oluşturulmasında dönemselsel farklılıklar olmakla beraber, girdi değişkeni olarak genellikle su faturası, su fiyatı, enflasyon oranı, hane halkı geliri, hane halkı büyüklüğü, yağış miktarı, hava sıcaklığı, nem oranı, rüzgar hızı, nüfus gibi iklim ve sosyo-ekonomik değişkenler kullanılmıştır. Çıktı değişkeni olarak genellikle günlük, aylık vb. dönem bazında kişi başına su tüketimi alınmıştır. Modellerin karşılaştırılmasında ise en sık kullanılan performans ölçütlerinin, korelasyon katsayısı, ortalama mutlak görelis hata, ortalama hata karekökü, verimlilik katsayısı olduğu gözlenmiştir.

Uygulama öncesinde ayrıca, Diyarbakır kent merkezinde içme suyu arzının nasıl yapıldığında dair bilgiler toplanmış, bu bilgiler kısaca özetlenmeye çalışılmıştır. Literatür analizi ve Diyarbakır içme suyu arzının irdelenmesiyle, çalışmanın kavramsal çerçevesinin oturtulması ve uygulama modelinin oluşturulması sağlanmıştır. Böylelikle uygulamada oluşturulan YSA tahmin modelinin girdi (bağımsız) ve çıktı (bağımlı) değişkenleri belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler: Ortalama Hava Sıcaklığı, Ortalama Yağış Miktarı, Ortalama Nisbi Nem, Kent Merkezi Nüfusu, Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü, TÜFE, Kişi Başi Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Su Fiyatı, Kişi Başına Düşen Su Faturası Tutarı ve Eğitim Düzeyi'dir. Çıktı değişkeni ise Su Talebi'dir. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler ilgili kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilmiştir. Değişkenlere ait veriler düzenlenerek, uygulama için veri seti oluşturulmuştur. Bazı değişkenlere ait veriler, direkt kurumlardan elde edilememiş, ancak çeşitli hesaplamalar sonrasında kullanıma hazır hale getirilebilmiştir. Bazı değişkenlere ait veriler kayıt altında olmadığından alınamamış ve bu yüzden modele dahil edilememiştir.

Veri setinin hazırlanmasından sonra YSA modelinin tasarımı aşamasına geçilmiştir. Çalışmada veri seti, eğitim (training), doğrulama (validation) ve test (test) olmak üzere üç alt sete ayrılmıştır. Verilerin alt setlere atanmasında ise rastgele

(random) ve ardışık (sequential) yöntemlerinden, rastgele yöntem tercih edilmiştir. Ardından girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler, normalizasyon işlemine tabi tutularak, girdi değişkenleri $[-1,1]$ çıktı değişkeni ise $[0,1]$ sayı aralığına dönüştürülmüştür.

YSA modeli geliştirilmesinde, literatürde en çok tercih edilen ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Ayrıca öğrenme algoritması (training algorithm) olarak literatürde genel amaçlı kullanım alanı bulan Hızlı Yayılım (Quick Propagation) algoritması tercih edilmiştir. En uygun ağ mimarisini belirlemede gizli ve çıktı katmanları aktivasyon fonksiyonları içinde genellikle en çok kullanılan lojistik (logistic) fonksiyonu seçilmiştir.

Sinir ağındaki gizli katman sayısı ve işlemci sayısının belirlenmesi için yapılan denemeler sonucunda iki gizli katman kullanımının uygun olduğuna karar verilmiştir. Gizli katmanlardaki işlemci sayısının tespit edilmesi amacıyla birçok deneme yapılmış ve nihayetinde birinci gizli katmanda altı, ikinci gizli katmanda üç işlemci eleman olan [6-6-3-1] mimarisi uygun bulunmuştur. Ardından ağın eğitim ve testi aşamasına geçilmiştir. Ağın eğitiminde, Hızlı Yayılım öğrenme algoritması kullanılmış ve ağın yeterli düzeyde öğrendiğine karar verirken, eğitim sürecinin tamamlanma koşulu olarak iterasyon sayısı kriter olarak seçilmiştir. Bunun için toplam 2.000 iterasyon yapılmasının yeterli olduğu düşünülmüştür. Ağın eğitimi sırasında 619. iterasyonda hata ilerlemesinin durduğu ve en iyi öğrenmenin bu aşamada gerçekleştiği görülmüş, böylelikle ağın eğitimi tamamlanmıştır.

Sinir ağının eğitiminin tamamlanmasının ardından test aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada eğitim, doğrulama ve test olmak üzere tüm veri setlerinin performans değerleri belirlenmiştir. Performans değerleri içinde Korelasyon katsayıları, eğitim setinin %98, doğrulama setinin %96 ve test setinin ise %88 olarak elde edilmiş, böylelikle gerçekleşen ve tahmin değerleri arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Ayrıca determinasyon katsayısı, tüm veri seti için %92 elde edilmiştir. Bu da tahmin edilen değerlerdeki değişkenliğin, gerçekleşen değerlerdeki değişkenlikle açıklanabileceğini göstermiştir.

YSA modelinin eğitim ve test aşamalarından sonra, girdi değişkenlerinin çıktı değişkenleri üzerindeki önem dereceleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, su talebi

üzerinde, en çok %34,53 ile su fiyatının, %24,69 ile abone başına düşen fatura tutarının, %16,73 ile nüfus artışının, %18,86 ile sıcaklığın, %3,86 ile nemin ve %1,32 ile yağış miktarının etkili olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, örneğin Fırat, Yurdusev ve Mermer (2008), yaptıkları çalışmada aylık su talebi üzerinde en çok aylık su faturası, aylık ortalama sıcaklık ve nüfus değişkenlerinin etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bu ve benzeri çalışmaların sonuçları, elde ettiğimiz bulguları doğrular ve destekler niteliktedir.

Su talebi üzerinde girdi değişkenlerinin önem derecelerinin belirlenmesinin ardından, girdi değişkenlerinin 2014 yılı değerleri belirlenmiş ve YSA modeliyle 2014 yılı aylık su talep tahmini değerleri elde edilmiştir. Sonrasında, üretilen tahminlerin performansının değerlendirilmesi aşamasına geçilmiştir. Uygulamada, tahmin performansı değerlendirmesinde en çok kullanılan Verimlilik Katsayısı (E), Hata Kareleri Ortalaması (MSE), Hata Kareleri Ortalaması Kökü (RMSE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Korelasyon Katsayısı (CORR) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

Tahmin modelinin Verimlilik Katsayısı %92,4 elde edilmiş ve buna göre tahminlerin yüksek verimle üretildiği sonucuna varılmıştır. Yine tahmin sonuçlarının tutarlılığını ölçmede yaygın olarak kullanılan hata ölçütlerinden MSE değeri, 57.358.296.063 ve RMSE değeri ise 239.496 olarak hesaplanmıştır. MAPE değeri ise %3,6 olarak elde edilmiş, dolayısıyla elde edilen modelin çok küçük oranda hatalı sonuçlar ürettiği, tahmin tutarlılığının ve isabet gücünün oldukça yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Elde edilen bu bulgulara göre, YSA tahmin modelinde, su talebine etki eden faktörler ile su talebi arasındaki çok güçlü bir ilişkinin olduğu ve etki faktörlerindeki değişimin su talebindeki değişime neden olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca modelin tahmin tutarlılığının ve verimliliğinin yüksek, elde edilen tahminlerdeki hata oranının ise oldukça düşük olduğu görülmüştür.

Çalışma sonunda, YSA modelinden elde edilen tahminler ile zaman serisine dayalı yöntemlerden olan Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA yöntemlerinden elde edilen tahminler karşılaştırılmıştır. Üç yöntemin tahmin performansı karşılaştırıldığında,

literatürde Jain, Varshney ve Joshi (2001), Bougadis, Adamowski ve Diduch (2005), Adamowski (2008)'nin yaptıkları çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, YSA yönteminin en iyi tahmin performansı gösterdiği bu çalışmalarca da desteklenmiştir.

Çalışma sonuçlarının, öncelikle Diyarbakır ilinde ve diğer tüm illerde su hizmetini yerine getiren kuruluşların, su tüketim karakteristiklerinin tespit edilmesinde, su talep ve hizmetlerinin optimal olarak karşılanmasında, ilgili yatırım planlamalarının yapılmasında, su sistemlerinin tasarımında (arıtma tesisi, depolama, iletim ve dağıtım hatları), mevcut sistemlerin optimal kapasitede işletilmesinde, işletme ve yatırım maliyetlerinin hesaplanması ve kentsel su yönetimi politikalarının belirlenmesinde önemli faydalar sağlaması beklenmektedir. Ayrıca Diyarbakır ili için yapılan bu çalışmadan elde edilen çıktıların, diğer illerde yapılacak bilimsel çalışmalara kaynaklık etmesi, böylelikle sonuçlarının yaygınlaştırılması umut edilmektedir.

Ülkemizde içme suyu talep tahmini alanında yapılan çalışmalar; Altunkaynak, Özger ve Çakmakçı (2005), Fırat, Yurdusev ve Mermer (2008), Fırat, Yurdusev ve Turan (2009), Yurdusev vd. (2009) mevcut olup yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle çalışmanın, ülkemiz literatürüne önemli bir katkı sunması beklenmektedir.

Birçok ülkede sıklıkla görülen su talebinin karşılanamaması sorunu, ülkemizde de görülmeye başlanmıştır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu sorunun büyüyerek özellikle kent yaşamında ciddi sıkıntılara yol açacağı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, iklimsel, meteorolojik, sosyo-ekonomik koşullar, su dağıtım sistemi gibi ana unsurların etkisi altında olan su talebinin tahmin edilmesi, yönetilebilir duruma getirilmesi ve su koruma programlarının oluşturulması yerleşim merkezleri için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenlerle bu çalışmanın özellikle su talebinin yönetilmesi ve su koruma programlarının oluşturulmasına önemli katkılar sunması beklenmektedir.

Çalışmanın konusu ve uygulanan yöntem bakımından geliştirilebilecek öneriler maddeler haline şöyle sıralanabilir:

- Ülkemizde oldukça sınırlı çalışma olan su talep tahmini konusunda, zaman aralıklarına (uzun, orta, kısa, çok kısa) içme suyu talep tahmini yapılabilir. Yapılan bu tahmin çalışmalarında farklı yöntemler kullanılarak her bir zaman aralığı için hangi

yöntemin daha uygun olduğu test edilebilir. Böylelikle zaman aralığı-tahmin yöntemi uygunluğu konusunda bilimsel sonuçlar geliştirilebilir.

- İçme suyu talep tahminlerine uygulanan yapay zeka yöntemlerinin kıyaslandığı çalışmalar yapılabilir. Örneğin bulanık mantık, genetik algoritmalar, destek vektör makineleri ve YSA yöntemleri uygulanarak içme suyu talep tahmini çalışmaları yapılabilir.

- Kentsel içme suyu talebini oluşturan önemli ana başlıklardan biri de evsel su tüketimidir. Ülkemiz literatürüne katkı sağlaması açısından, farklı kentlerdeki evsel su tüketimleri analiz edilerek, bu kentlerdeki su talebini etkileyen sosyo-ekonomik faktörler belirlenebilir. Böylelikle iklim ve hava koşullarının dışında su tüketim karakteristiği çıkarılabilir.

- Geleneksel ve modern yöntemler kullanılarak, evsel olmayan su talebi (ticari, kurumsal, tarımsal, endüstriyel) ile ilgili tahmin çalışmaları yapılabilir. Özellikle tarımsal ve endüstriyel su tüketiminin daha fazla olduğu dünyamızda, bu tüketimlerin azaltılması veya verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir.

- Su kaynaklarının giderek yok olmaya yüz tuttuğu dünyamızda, su talebinin yönetim ve su koruma programları giderek önem kazanmaktadır. Su tasarrufu, su kullanım farkındalığı, su tesisat malzemelerinin tipi vb. konuları içerecek ihtiyaç-tüketim eşitliğinin sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması, ülkemiz literatürüne önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Bayazıt, Mehmetçik (1996). İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri. İstanbul: İTÜ Yayınları.
- Bayramoğlu, Mehmet Fatih (2007). Finansal Endekslerin Öngörüsünde Yapay Sinir Ağı Modellerinin Kullanılması: İMKB Ulusal 100 Endeksinin Gün İçi En Yüksek ve En Düşük Değerlerinin Öngörüsü Üzerine Bir Uygulama. İstanbul: İktisadi Araştırmalar Vakfı.
- Bensghir, Kaya Türksel ve Akay, Aslı (2007). Yerel Yönetimlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri Türkiye Uygulamaları. (1.Baskı). Ankara: TODAİE Yayınları.
- Billings, R. Bruce ve Jones, Clive V. (2008). Forecasting Urban Water Demand. Denver: American Water Works Association.
- Brooks, David B. (1997). Management of Water Demand in Africa and the Middle East: Current Practices and Future Needs. Brooks, David B., Rached, Eglal ve Saade, Maurice (Ed.). Introduction: Water Demand and Water Markets (1-10). Ottawa: International Development Research Centre.
- Buffa, Elwood S. (1969). Modern Production Management. (Third Edition). Los Angeles: John Wiley Inc.
- Chase, Richard B., Jacobs, F. Robert and Aquilano, Nicholas J. (2004). Operations Management for Competitive Advantage. (Tenth Edition). New York: McGraw Hill Inc.
- Chase, Richard B. ve Aquilano, Nicholas J. (1981). Production and Operations Management, A Life Cycle Approach. (Third Edition). Illinois: Richard D. Irwin Inc.

- Çekerol, Gülşen S. ve Ulukan, Aysel (2012). *Kantitatif Tahmin Yöntemleri*. İstanbul: Nisan Kitabevi.
- Dilworth, James B. (1992). *Operations Management: Design, Planning and Control for Manufacturing and Services*. New York : McGraw-Hill.
- Efe, Önder ve Kaynak, Okyay (2000). *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Elmas, Çetin (2003). *Yapay Sinir Ağları: Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Fausett, Laurene (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications*. New Jersey: Prentice Hall.
- Fine, Terrence L. (1999). *Feedforward Neural Network Methodology*. New York: Springer.
- Halaç, Osman (1995). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. (4. Baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım.
- Han, Jiawei ve Kamber, Micheline (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques*. (2nd Edition). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Hamzaçebi, Coşkun (2011). *Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı, Matlab ve NeuroSolutions Uygulamalı*. (1. Baskı). Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Haykin, Simon (1999). *Neural Networks A Comprehensive Foundation*. (2 nd Edition). New Jersey: Prentice Hall.
- Heesterman, A. R. G. (1972). *Forecasting Models for National Economic Planning*. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company.
- İlhan, Akgün (2011). *Yeni Bir Su Politikasına Doğru: Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler*. İstanbul: Sosyal Değişim Derneği.
- Johnson, Michael, Brandt, Malcom J. ve Ratnayaka Don D. (2009). *Twort’s Water Supply*. (6.Baskı). Burlington (ABD): Elsevier Ltd.
- Kadılar, Cem (2005). *SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*. Ankara: Bizim Büro Basımevi
- Kartalopoulos, Stamatios V. (1996). *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications*. New York: IEEE Press.
- Kobu, Bülent (1998). *Üretim Yönetimi*. (10. Baskı). İstanbul: Avcıol Basın Yayın.
- Lancaster, Geoff and Massingham, Lester (1988). *Essentials of Marketing: Text and Cases*. London: McGraw-Hill Book Company.

- Lin, Chin-Teng ve Lee, Chun-Sing G. (1996). Neural Fuzzy Systems. New Jersey: Prentice-Hall.
- Makridakis, Spyros, Wheelwright, Steven C. ve Hyndman, Rob J. (1998). Forecasting: Methods and Applications. (Third Edition). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Monks, Joseph G. (1996). İşlemler Yönetimi Teori ve Problemler. Sevinç Üreten (Çev). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Orhunbilge, Neyran (1999). Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Orhunbilge, Neyran (2002). Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi. İstanbul: İstanbul Ün. İşletme Fakültesi Yayını No: 281.
- Öztemel, Ercan (2003). Yapay Sinir Ağları. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Pamukçu, Konuralp. (2000). Su Politikası. İstanbul: Bağlam Yayınları.
- ProWat. (2008). Temel Su Kaybı. Ankara. Erişim Tarihi: 3 Şubat 2014, http://www.pro-wat.com/uploads/media/Prowat_WLBook_Turkish.pdf.
- Rao, Ananda M. ve Srinivas, J. (2003). Neural Networks Algorithms and Applications. Pangbourne England: Alpha Science International Ltd.
- Saygılı, İrfan (1991). Üretim Yönetiminin Fonksiyonları. İstanbul: İşletme Fakültesi Yayını No: 244.
- Şen, Zekai (2004). Yapay Sinir Ağları İlkeleri. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Taha, Hamdy A. (2010). Yöneylem Araştırması. Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf (Çev). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Tek, Ömer Baybars (1999). Pazarlama İlkeleri: Global Yönetimsel Yaklaşım Türkiye Uygulamaları. (8. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Tekin, Mahmut (2009). Üretim Yönetimi. (6. Baskı). Konya: Günay Ofset.
- Tekin, Mahmut (2010). Sayısal Yöntemler. (7. Baskı). Konya: Günay Ofset.
- Top, Aykut ve Yılmaz, Erhan (2009). Üretim Yönetimi. İstanbul: Yaprak Yayıncılık.
- Tütek, Hülya ve Gümüsoğlu, Şevkinaz (2000). İşletme İstatistiği. İzmir: Barış Yayınları.
- Türkyılmaz, Atilla (2010). Dünyada ve Ülkemizde Su: Su Yönetimi ve Mevzuatı. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği Yayınları.
- Ulusoy, Kudret (2007). Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı. Ankara: Omay Ofset.

Üreten, Sevinç (2005). Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. (5. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.

Wei, William S. (1990). Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. New York: Addison-Wesley Publishing Co. Inc.

Whitby, Blay (2005). Yapay Zeka: Yeni Başlayanlar İçin Kılavuz. Ç. Karabağlı (Çev). İstanbul: İletişim Yayınları.

White, Stuart, Robinson, Jim, Cordell, Dana, Jho, Meenakshi, Milne, Geoff (2003). Urban Water Demand Forecasting and Demand Management: Research Needs Review and Recommendations. Australia: Water Services Association of Australia.

Sürelî Yayınlar

Adamowski, Jan Franklin (2008). Peak Daily Water Demand Forecast Modeling Using Artificial Neural Networks. Journal Of Water Resources Planning And Management. 134 (2), 119-128.

Adamowski, Jan ve Karapataki, Christina. (2010). Comparison of Multivariate Regression and Artificial Neural Networks for Peak Urban Water-Demand Forecasting: Evaluation of Different ANN Learning Algorithms. Journal of Hydrologic Engineering. 15 (10), 729-743.

Adamowski, Jan, Chan, Hiu Fung, Prasher, Shiv O., Zielinski Bogdan Ozga, Sliusarieva, Anna (2012). Comparison of Multiple Linear and Nonlinear Regression, Autoregressive Integrated Moving Average, Artificial Neural Network, And Wavelet Artificial Neural Network Methods for Urban Water Demand Forecasting in Montreal, Canada. Water Resources Research. 48, 1-14.

Ajbar, Abdel Hamid ve Ali, Emad (2012). Water Demand Prediction for Touristic Mecca City in Saudi Arabia Using Neural Networks. International Journal of Engineering and Applied Sciences. 6, 342-346.

Altunkaynak, Abdüsselam, Özger, Mehmet ve Çakmakçı, Mehmet (2005). Water Consumption Prediction of Istanbul City by Using Fuzzy Logic Approach. Water Resources Management. 19, 641-654.

Alvisi, Stefano, Franchini, Marco, Marinelli, Alberto (2007). A Short-Term, Pattern-Based Model for Water-Demand Forecasting. Journal of Hydroinformatics. 9 (1), 39-50.

Arslan, Özcan ve Gürel, Oğuzhan (2008). Farklı Tip ve Boyutta Gemilerin Seçiminin Bulanık Mantık Yöntemiyle İncelenmesi. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. 3 (4), 55-60.

- Athanasiadis, Ioannis N., Mentes Alexandros K., Mitkas, Pericles A., Mylopoulos, Yiannis A. (2005). A Hybrid Agent-Based Model for Estimating Residential Water Demand. *Simulation*, 81 (3), 175-187.
- Aygören, Hakan, Sarıtaş, Hakan ve Moralı, Tuncay (2012). İMKB 100 Endeksinin Yapay Sinir Ağları ve Newton Nümerik Arama Modelleri ile Tahmini. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*. 4 (1), 73-88.
- Benli, Yasemin K. (2002). Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB’de Bir Uygulama. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*. 4 (4), 17-30.
- Bennett, Christopher, Stewart, Rodney A., Beal, Cara D. (2013). ANN-Based Residential Water End-Use Demand Forecasting Model. *Expert Systems with Applications*. 40, 1014–1023.
- Billings, R. Bruce ve Agthe, Donald E. (1998). State-Space Versus Multiple Regression For Forecasting Urban Water Demand. *Journal of Water Resources Planning and Management*. March-April, 113–117.
- Bircan Hüdaverdi ve Karagöz, Yalçın (2003). Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 6 (2), 49-62.
- Bougadis, John, Adamowski, Kaz ve Diduch, Roman (2005). Short-Term Municipal Water Demand Forecasting. *Hydrological Processes*. 19, 137–148.
- Caiado, Jorge (2007). Forecasting Water Consumption in Spain Using Univariate Time Series Models. *Proceedings of IEEE Spanish Computational Intelligence Society*. 415-423.
- Clarke, G. P., Kashti, A., McDonald A., Williamson, P. (1997). Estimating Small Area Demand for Water: A New Methodology. *Water and Environment Journal*, 11 (3), 186-192.
- Cutore, P., Campisano, A., Kapelan, Z., Modica, C., Savic, D. (2008). Probabilistic Prediction of Urban Water Consumption Using the SCEM-UA Algorithm. *Urban Water Journal*. 5(2), 125-132.
- Dahamsheh, Ahmad ve Aksoy, Hafzullah (2009). Kurak Bölge Aylık Yağışlarının Markov Zinciri Eklenmiş Koşullu İleri Beslemeli Geri Yayılım Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *İTÜ Mühendislik Dergisi*. 8 (6), 37-48.
- Demir, Yusuf Kağan ve Gerçek, Haluk (2006). Ulaştırma Türü Seçiminde Esnek Hesaplama Yöntemleri. *İTÜ Dergisi/d mühendislik*. 5 (6), 61-73.
- Efendigil, Tuğba, Önüt, Semih ve Kahraman, Cengiz (2009). A Decision Support System for Demand Forecasting with Artificial Neural Networks and Neuro-Fuzzy Models: A Comparative Analysis. *Expert Systems with Applications*. 36, 6697-6707.

- Erilli, N. Alp, Eğrioğlu, Erol, Yolcu, Ufuk, Aladağ, Ç. Hakan, Uslu, V. Rezan (2010). Türkiye’de Enflasyonun İleri ve Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarının Melez Yaklaşımı ile Öngörüsü. Doğuş Üniversitesi Dergisi. 11 (1), 42-55.
- Fırat, Mahmut, Yurdusev, M. Ali ve Mermer, Mutlu (2008). Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Aylık Su Tüketiminin Tahmini. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 23 (2), 449-457.
- Fırat, Mahmut, Yurdusev, Mehmet Ali ve Turan, Mustafa Erkan (2009). Evaluation of Artificial Neural Network Techniques for Municipal Water Consumption Modeling. Water Resource Management. 23, 617-632.
- Froukh, M. Luay (2001). Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management. Water Resources Management. 15, 363–382.
- Ghiassi, M., Zimbra, David K. ve Saidane, H. (2008). Urban Water Demand Forecasting with a Dynamic Artificial Neural Network Model. Journal of Water Resources Planning and Management. 134 (2), 138-146.
- Goh, Su Lee ve Mandic, Danilo P. (2003). Recurrent Neural Networks with Trainable Amplitude of Activation Functions. Neural Networks. 16, 1095-1100.
- Gümüšođlu, Şevkinaz, Erboy, Nedret ve Özdađođlu, Güzin (2013). Siparişe Dayalı Üretim İçin Ürün Gruplarının Oluşturulmasında Genetik Algoritma Tabanlı Bir Yaklaşım. Yönetim ve Ekonomi. 20(2), 259-284.
- Hamzaçebi, Coşkun ve Kutay, Fevzi (2004). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19 (3), 227-233.
- Herrera Manuel, Torgo Luis, Izquierdo Joaquin, Perez-Garcia Rafael (2010). Predictive Models for Forecasting Hourly Urban Water Demand. Journal of Hidrology. 141-150.
- Jain, Ashu, Varshney, Ashish Kumar ve Joshi, Umesh Chandra (2001). Short-Term Water Demand Forecast Modelling at IIT Kanpur Using Artificial Neural Networks. Water Resources Management. 15, 299-321.
- Jain, Ashu ve Ormsbee, Lindell E. (2002). Short-Term Water Demand Forecast Modeling Techniques-Conventional Methods Versus AI. American Water Works Association Journal. 94 (7), 64-72.
- Jowitt, Paul W. ve Xu, Chengchao (1992). Demand Forecasting for Water Distribution Systems. Civil Engineering System. 9 (2), 105-121.
- Kaynar, Oğuz, Taştan, Serkan ve Demirkoparan, Ferhan(2010). Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. Ege Akademik Bakış, 10 (2), 559-573.

- Kaynar, Oğuz ve Taştan, Serkan (2009). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve Arıma Modelinin Karşılaştırılması. Erciyes Ün. İİBF Dergisi, 33 (Temmuz-Aralık), 161-172.
- Kılıç, Selim (2008). Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi. 39, 161-186.
- Kişi, Özgür, Karahan, Mehmet Emin, Şen, Zekai (2003). Nehirlerdeki Askı Maddesi Miktarının Bulanık Mantık ile Modellenmesi, İTÜ Dergisi/d mühendislik. 2 (3), 43-54.
- Lertpalangsunti, Narate, Chan, Christine W., Mason, Ralph., Tontiwachwuthikul, Paitoon (1999). A Toolset for Construction of Hybrid Intelligent Forecasting Systems: Application for Water Demand Prediction. Artificial Intelligence in Engineering. 13, 21-42.
- Li, Wu ve Huicheng, Zhou (2010). Urban Water Demand Forecasting Based on HP Filter and Fuzzy Neural Network. Journal of Hydroinformatics. 12 (2), 172-184.
- Liu, Junguo, Savenije, Hubert H.G. ve Xu, Jianxin. (2003). Forecast of Water Demand in Weinan City in China Using WDF-ANN Model. Physics and Chemistry of the Earth. 28, 219-224.
- Ma, Liying ve Khorasani, Khashayar (2003). A New Strategy for Adaptively Constructing Multilayer Feedforward Neural Networks. Neurocomputing. 51, 361-385.
- Maidment, David R., Miaou, Shaw-Pin ve Crawford, Melba M. (1985). Transfer Function Models of Daily Urban Water Use. Water Resources Research. 21 (4), 425-432.
- Mendi, Faruk, Külekçi, M. Kemal, Başkal, Tamer, Bircan, Dursun Ali (2008). Genetik Algoritma Yardımıyla Helis Dişli Çarklarda Optimum Modül Seçimi. Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 23(1), 205-216.
- Mohammed, Jowhar R. ve Ibrahim, Hekmat M. (2012). Hybrid Wavelet Artificial Neural Network Model for Municipal Water Demand Forecasting. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 7 (8), 1047-1065.
- Msiza, Ishmael S., Nelwamondo, Fulufhelo V. ve Marwala, Tshilidzi (2007). Water Demand Forecasting Using Multi-layer Perceptron and Radial Basis Functions. Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, Orlando, Florida, USA. August, 12-17.
- Msiza, Ishmael S., Nelwamondo, Fulufhelo V. ve Marwala, Tshilidzi (2008). Water Demand Prediction Using Artificial Neural Networks and Support Vector Regression. Journal of Computers. 3 (11), 1-8.

- Nasseri, Mohsen, Moeini, Ali ve Tabesh, Massoud (2011). Forecasting Monthly Urban Water Demand Using Extended Kalman Filter and Genetic Programming. *Expert Systems with Applications*. 38, 7387–7395.
- Önder, Emrah ve Hasgöl, Özlem (2009). Yabancı Ziyaretçi Sayısının Tahmininde Box-Jenkins Modeli, Winters Yöntemi ve Yapay Sinir Ağlarıyla Zaman Serisi Analizi. *İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*. 20, 62-83.
- Özalp, Alperen ve Anagün, A. Sermet. (2003). Yapay Sinir Ağı Performansına Etki Eden Faktörlerin Analizinde Taguchi Yöntemi: Hisse Senedi Fiyat Tahmini Uygulaması. *İstatistik Araştırma Dergisi*. 2 (1), 29-45.
- Özdemir, Ali ve Özdemir, Aslı (2006). Talep Tahminlemede Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması: Seramik Ürün Grubu Firma Uygulaması. *Ege Akademik Bakış*. 6 (2), 105-114.
- Özkan, Filiz (2011). Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarıyla Alternatif Yaklaşım. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*. 6 (2), 185-200.
- Pakkan, Baha ve Ermiş, Murat (2010). İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. 4 (3), 77-84.
- Polat, Hasan ve Özel, Cengiz (2012). TS EN 206-1'e Göre Tasarlanan ve Zararlı Kimyasal Ortamlara Maruz Kalacak Betonların Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 8 (1), 26-35.
- Rajpal, P.S., Shishodia, K.S. ve Sekhon, G.S. (2006). An Artificial Neural Network for Modeling Reliability, Availability and Maintainability of A Repairable System. *Reliability Engineering and System Safety*. 91, 809-819.
- Qi, Cheng ve Chang, Ni-Bin (2011). System Dynamics Modeling for Municipal Water Demand Estimation in an Urban Region Under Uncertain Economic Impacts. *Journal of Environmental Management*. 92, 1628-1641.
- Subaşı, Serkan, Beycioğlu, Ahmet ve Çullu, Mustafa (2010). Bulanık Mantık ve İstatistiksel Analiz Yöntemleri ile Revibrasyon Uygulanmış Betonlarda Basınç Dayanımı. *SDU International Journal of Technologic Sciences*. 2 (3), 46-52.
- Tang, Tseng-Chung ve Chi, Liu-Chiu (2005). Neural Networks Analysis in Business Failure Prediction of Chinese Importers: A Between-Countries Approach. *Expert Systems with Applications*. 29, 244–255.
- Williamson, P., Mitchell, G. ve McDonald, A. (2002). Domestic Water Demand Forecasting: A Static Microsimulation Approach. *Water and Environment Journal*. 16 (4), 243-248.

- Yıldız, Birol (2001). Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama. İMKB Dergisi. 5 (17), 51-67.
- Yılmaz, Sezai (2005). Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine Etkileri. Teknoloji Dergisi. 8 (2), 157-166.
- Yurdusev, Mehmet Ali, Firat, Mahmut, Mermer, Mutlu, Turan, Mustafa Erkan (2009). Water Use Prediction by Radial and Feed-forward Neural Nets. Water Management. 162 (3), 179-188.
- Zhou, S. L., McMahon, T. A., Walton, A., Lewis, J. (2002). Forecasting Operational Demand for an Urban Water Supply Zone. Journal of Hydrology. 259, 189-202.

Diğer Yayınlar

- 1053 Sayılı Belediye Teşkilatı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun. (1968). T.C. Resmi Gazete, 12951, 16 Temmuz 1968.
- 2560 Sayılı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun. (1981). T.C. Resmi Gazete, 17523, 23 Kasım 1981.
- 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu. (2004). T.C. Resmi Gazete, 25531, 23 Temmuz 2004.
- Alyuda Research. (2005). Erişim Tarihi: 25 Ocak 2014, <http://www.alyuda.com/neural-networks-software.htm>
- Bolat, Suna ve Kalenderli, Özcan (2003). Yapay Sinir Ağı ile İzolatör Konum Açısı Optimizasyonu. İstanbul: Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi.
- COWI Atıksu Konsorsiyumu. (2009). DİSKİ Finansal ve Operasyonel Performans İyileştirme Değerlendirmesi (FOPIR).
- Davis, William Y. (2003). Water Demand Forecast Methodology for California Water Planning Areas - Work Plan and Model Review. California Bay-Delta Authority.
- DİSKİ, (2006). DİSKİ Stratejik Planı (2007-2009).
- DİSKİ, (2008). 2007 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2009 a). DİSKİ Stratejik Planı (2010-2014).
- DİSKİ, (2009 b). 2008 Yılı Faaliyet Raporu.

- DİSKİ, (2010). 2009 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2011). 2010 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2012). 2011 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2013). 2012 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2014). 2013 Yılı Faaliyet Raporu.
- DİSKİ, (2014). Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı.
- DSİ, (2001). Diyarbakır İçmesuyu Projesi Tanıtım Broşürü, DSİ X. Bölge Müdürlüğü.
- Çuhadar, Murat (2006). Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama).Yayınlanmamış Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Işık, Murat ve Özcerit, Ahmet Turan (2011). Düşük Maliyetli Web Kontrollü Doğalgaz SCADA Sistemi Tasarımı. Elazığ: Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu.
- Karahan, Mehmet (2011). İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Konya: Selçuk Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karakoç, Mehmet (2012). Görüntü İşleme Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları ile Görüntü Arama. İzmir: 12. Üretim Araştırmaları Sempozyumu.
- Kingston, Greer (2006). Bayesian Artificial Neural Networks in Water Resources in Engineering. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Avustralya: Adelaide University. School of Civil and Environmental Engineering.
- Krinner, W., Lallana, C., Estrela, T., Nixon, S., Zabel, T., Laffon, L., Rees, G., Cole, G. (1999). Sustainable Water Use in Europe (Environmental Assessment Report No 1). Copenhagen: European Environment Agency.
- Lambert, Allan O. ve Hirner, Wolfram (2000). The Blue Pages, Losses from Water Supply Systems and Recommended Performance Measures. IWA Publishing.
- Meydan, Yusuf Ali (2007). Talep Tahmini Yöntemleri ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Ticaret Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saygılı, Yasin Sefa (2008). İstatistiksel Yöntemlerle Yapay Sinir Ağları Uygulamalarının Karşılaştırılması: Milli Savunma Bakanlığı Bütçesinin Öngörülmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü.

Tozkan, Süha (2004). Yapay Sinir Ağları. Bitirme Ödevi, Elazığ: Fırat Ün. Mühendislik Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Erişim Tarihi: 16 Temmuz 2014, <http://www.hasanbalik.com/projeler/bitirme/24.pdf>

TÜSİAD, (2008). Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. İstanbul: TÜSİAD Yayınları.

Yurtoğlu, Hasan (2005). Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği. DPT Uzmanlık Tezi. Ankara: DPT.

EKLER

Ek-1: 2003-2013 Yılları Su Hizmeti Verilen Nüfusa Ait Bilgiler

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nüfus (Kırsal Mahalleler Hariç)	658.212	672.906	687.599	702.292	716.985	734.457	761.961	768.715	795.869	812.010	821.356
Hizmet Verilen Kırsal Mahallelerin Nüfusu*	-	7.323	7.483	12.009	22.255	30.435	47.437	52.592	52.795	66.001	66.730
Toplam Hizmet Verilen Nüfus	658.212	680.229	695.082	714.301	739.240	764.892	809.398	821.307	848.664	878.011	888.086
Mesken Atıksu Abone Sayısı	626	821	959	965	965	967	1.182	1.260	1.348	1.534	2.059
Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü**	6,54	6,47	6,40	6,33	6,25	6,18	6,09	5,99	5,9	5,9	5,8
Tahmini Mesken Atıksu Nüfusu	4.096	5.312	6.135	6.104	6.034	5.976	7.194	7.552	7.953	9.051	11.942
Su Hizmeti Verilen Nüfus	654.117	674.917	688.947	708.197	733.206	758.916	802.204	813.755	840.711	868.960	876.144

* DİSKİ İçme Suyu Dairesi Başkanlığı'nın su hizmeti verilen kırsal mahalle (köy) bilgilerine göre, TÜİK'ten alınan mahalle nüfusları ile hesaplanmıştır.

** TÜİK'ten alınan 2000, 2008, 2011 ve 2012 yıllarındaki verilere göre diğer yılların ortalama hane halkı büyüklüğünde eşit düşüş olacağı varsayılarak hesaplanmıştır.

Ek-2: 2003-2013 Yılları Su Fiyat Tarifeleri

2003 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Kademe	Ocak-Mart	Nisan-Haziran	Temmuz	Ağustos-Eylül	Ekim-Aralık
1	Meskenler	0 – 30	0,452	0,489	0,507	0,558	0,568
		31 – 50	1,1162	1,255	1,299	1,429	1,454
		51 ve üstü	2,005	2,166	2,242	2,467	2,509
2	Ticaret – İşyeri		1,571	1,697	1,757	1,933	1,966
3	Sosyal Hizmet Kurumları		0,581	0,628	0,650	0,715	0,728
4	İlk, Lise ve Dengi Okullar		1,432	1,547	1,602	1,763	1,793
5	Resmi Daireler		2,258	2,439	2,525	2,778	2,826
6	Park ve Bahçeler		0,259	0,280	0,290	0,319	0,325

2004 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Nisan		Mayıs	Haziran		Temmuz-Eylül		Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Kademe	Fiyat	Kademe	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 30	0,5902	0,6032	0 – 10	0,6636	0 – 10	0,6696	0,6813
		31 – 50	1,5110	1,5443	11 – 20	0,7630	11 – 20	0,7699	0,7833
		51 ve üstü	2,6070	2,6644	21 - 30	1,6986	21 - 30	1,7139	1,7438
					31 ve üstü	2,6070	31 ve üstü	2,6070	2,6524
2	Ticaret – İşyeri		2,0430	2,0880		2,2968	0 – 1.250	2,3175	2,3579
							1251 ve üstü	3,3802	-
3	Sosyal Hizmet Kurumları		0,7560	0,7731		0,8505		0,8582	0,8732
4	İlk, Lise ve Dengi Okullar		1,8630	1,9040		2,0944		2,1133	2,1501
5	Resmi Daireler		2,9363	3,0009		3,3010		3,3308	2,3575
6	Park ve Bahçeler		0,3380	0,3455		0,3801		0,3836	0,3903

2005 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Kademe	Ocak-Haziran	Temmuz-Aralık
1	Meskenler	0 – 10	0,72	0,73
		11 – 20	0,82	0,83
		21 – 30	1,83	1,86
		31 ve üstü	2,78	2,83
2	Ticaret – İşyeri		2,47	2,51
3	İnşaat		1,01	1,03
4	Sosyal Hizmet Kurumları		0,92	0,94
5	İlk, Lise ve Dengi Okullar		2,26	2,30
6	Resmi Daireler		2,47	2,51
7	Park ve Bahçeler		0,41	0,42
8	Askeri Kışla, Polis Okulu		1,57	1,60

2006 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül		Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Kademe	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 10	0,76	0,77	0 – 20	0,88	0,90
		11 – 20	0,86	0,87	21 – 30	2,02	2,05
		21 – 30	1,93	1,95	31 ve üstü	2,59	2,63
		31 ve üstü	2,93	2,97			
2	Ticaret – İşyeri		2,60	2,63		2,69	2,74
3	Şantiye (İnşaat)		1,07	1,08		1,11	1,12
4	Resmi Daireler		2,60	2,63		2,69	2,74
5	Sosyal Hizmet Kurumları		0,97	0,99		1,01	1,03
6	İlk, Lise ve Dengi Okullar*		2,38	2,41		2,47	2,51
7	Park ve Bahçeler		1,28	1,30		1,33	1,37
8	Askeri Kışla, Polis Okulu		1,66	1,68		1,72	1,75
9	Park ve Bahçe Aboneleri (Mesken)		0,43	0,44		0,44	0,45
10	Toplu Su Aboneleri					2,72	-

* Nisan ayından sonra Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler bu gruba alınmıştır.

2007 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	0,93	0,95	0,97	0,97
		21 – 30	2,11	2,16	2,20	2,21
		31 ve üstü	2,70	2,76	2,81	2,82
2	Ticaret – İşyeri		2,82	2,89	2,95	2,96
3	Şantiye (İnşaat)		1,15	1,18	1,20	1,20
4	Resmi Daireler		2,82	2,89	2,95	2,96
5	Sosyal Hizmet Kurumları		1,06	1,08	1,10	1,10
6	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		2,58	2,64	2,69	2,70
7	Askeri Kışlalar		1,80	1,84	1,87	1,88
8	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,46	0,48	0,48	0,49
9	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)		1,41	1,44	1,47	1,48
10	Geçici Aboneler		1,58	1,62	1,65	1,66

2008 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	1,01	1,04	1,07	1,08
		21 – 30	2,29	2,36	2,43	2,45
		31 ve üstü	2,73	2,81	2,89	2,91
2	Ticaret – İşyeri		3,08	3,17	3,26	3,29
3	Sanayi Aboneleri		3,08	3,17	3,26	3,29
4	Şantiye (İnşaat)		1,25	1,29	1,32	1,33
5	Resmi Daireler		3,08	3,17	3,26	3,29
6	Sosyal Hizmet Kurumları		1,15	1,19	1,22	1,23
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		2,81	2,90	2,98	3,00
8	Askeri Kışlalar		1,95	2,01	2,07	2,09
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,51	0,52	0,54	0,54
10	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)		1,54	1,59	1,63	1,64
11	Toplu Su Aboneleri		1,72	1,77	1,82	1,83

2009 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	1,11	1,12	1,13	1,14
		21 – 30	2,52	2,55	2,57	2,58
		31 ve üstü	3,00	3,03	3,06	3,07
2	Ticaret – İşyeri		3,38	3,42	3,45	3,46
3	Sanayi Aboneleri		3,38	3,42	3,45	3,46
4	Şantiye (İnşaat)		1,37	1,38	1,40	1,40
5	Resmi Daireler		3,38	3,42	3,45	3,46
6	Sosyal Hizmet Kurumları		1,27	1,28	1,29	1,29
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		3,09	3,13	3,15	3,16
8	Askeri Kışlalar		2,15	2,17	2,19	2,20
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,55	0,56	0,57	0,57
10	Toplu Su Aboneleri		1,89	1,91	1,92	1,93

2010 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	1,28	1,29	1,33	1,34
		21 – 30	2,79	2,90	2,89	2,92
		31 ve üstü	3,07	3,19	3,18	3,22
2	Ticaret – İşyeri		3,98	4,13	4,12	4,17
3	Sanayi Aboneleri		3,98	4,13	4,12	4,17
4	Şantiye (İnşaat)		2,1	2,18	2,17	2,20
5	Resmi Daireler		3,98	4,13	4,12	4,17
6	Sosyal Hizmet Kurumları		1,48	1,54	1,53	1,55
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		3,63	3,77	3,76	3,80
8	Askeri Kışlalar		2,53	2,63	2,62	2,65
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,64	0,69	0,66	0,67
10	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)		1,99	2,07	2,06	2,08
11	Toplu Su Aboneleri		2,22	2,31	2,30	2,33

2011 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	1,36	1,38	1,42	1,44
		21 – 30	2,97	3,02	3,10	3,14
		31 ve üstü	3,27	3,32	3,42	3,45
2	Ticaret – İşyeri		4,23	4,30	4,42	4,47
3	Sanayi Aboneleri		4,23	4,30	4,42	4,47
4	Şantiye (İnşaat)		2,23	2,27	2,33	2,36
5	Resmi Daireler		4,23	4,30	4,42	4,47
6	Sosyal Hizmet Kurumları		2,03	2,06	2,12	2,14
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		3,86	3,92	4,03	4,08
8	Askeri Kışlalar		2,69	2,73	2,81	2,84
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,68	0,69	0,71	0,72
10	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)		2,12	2,15	2,21	2,23
11	Toplu Su Aboneleri		2,36	2,40	2,47	2,49

2012 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart		Nisan-Haziran	Temmuz-Aralık
		Kademe	Fiyat	Fiyat	Fiyat
1	Meskenler	0 – 20	1,52	1,93*	1,94
		21 – 30	3,31		
		31 ve üstü	3,65		
2	Ticaret – İşyeri		4,72	4,72	4,74
3	Sanayi Aboneleri		4,72	4,72	4,74
4	Şantiye (İnşaat)		2,49	3,16	3,17
5	Resmi Daireler		4,72	4,72	4,74
6	Sosyal Hizmet Kurumları		2,26	2,26	2,27
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler		4,30	4,30	4,32
8	Askeri Kışlalar		3,00	3,00	3,01
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)		0,76	0,76	0,97
10	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)		2,36	2,36	2,37
11	Toplu Su Aboneleri		2,63	2,63	2,64

* Nisan ayından sonra Meskenlerde kademe uygulaması kaldırılmıştır.

2013 Yılı Su Fiyat Tarifesi

Sıra	Abone Türü	Ocak-Mart	Nisan-Haziran	Temmuz-Eylül	Ekim-Aralık
1	Meskenler	1,99	2,04	2,07	2,09
2	Ticaret – İşyeri	4,87	5,00	5,06	5,11
3	Sanayi Aboneleri	4,87	5,00	5,06	5,11
4	Şantiye (İnşaat)	3,26	3,35	3,39	3,42
5	Resmi Daireler	4,87	5,00	5,06	5,11
6	Sosyal Hizmet Kurumları	2,33	2,39	2,42	2,44
7	İlköğretim, Lise ve Dengi Okullar, Polis Okulları, Sağlık Ocakları, Dispanserler	4,44	4,56	4,62	4,67
8	Askeri Kışlalar	3,09	3,17	3,21	3,24
9	Park ve Bahçeler Aboneleri (Mesken)	1,00	1,02	1,03	1,05
10	Park ve Bahçe Aboneleri (İşyeri ve Resmi Daire)	2,43	2,50	2,53	2,55
11	Toplu Su Aboneleri	2,71	2,78	2,82	4,00

Ek-3: Abone Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri

Yıl	Ay	Abone Sayısı	Faturalandırılan Su Tutarı (TL)	Abone Başına Düşen Fatura Tutarı (TL)
2003	1	114.466	1.156.106,60	10,1
2003	2	114.668	1.238.177,41	10,8
2003	3	114.809	1.176.322,96	10,2
2003	4	115.067	1.499.002,58	13,0
2003	5	115.203	1.754.055,47	15,2
2003	6	115.368	1.983.863,42	17,2
2003	7	116.195	2.262.355,60	19,5
2003	8	116.620	2.351.461,66	20,2
2003	9	117.135	2.256.186,52	19,3
2003	10	117.697	2.060.110,05	17,5
2003	11	118.382	1.581.998,56	13,4
2003	12	119.040	1.745.377,27	14,7
2004	1	119.432	1.618.632,35	13,6
2004	2	119.829	1.722.952,64	14,4
2004	3	120.074	1.659.316,79	13,8
2004	4	120.435	1.806.251,32	15,0
2004	5	121.081	2.475.171,19	20,4
2004	6	122.278	2.927.446,80	23,9
2004	7	123.270	2.886.708,52	23,4
2004	8	123.875	3.026.171,69	24,4
2004	9	124.671	3.242.435,42	26,0
2004	10	125.390	2.904.751,64	23,2
2004	11	125.829	2.381.474,81	18,9
2004	12	126.250	1.824.382,43	14,5
2005	1	126.296	1.919.699,20	15,2
2005	2	126.341	2.109.894,70	16,7
2005	3	126.386	2.018.585,13	16,0
2005	4	126.424	2.005.990,97	15,9
2005	5	127.501	3.074.825,91	24,1
2005	6	129.066	2.810.986,96	21,8
2005	7	129.940	2.824.945,66	21,7
2005	8	132.208	2.830.958,33	21,4

Ek-3: Abone Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri (Devam)

Yıl	Ay	Abone Sayısı	Faturalandırılan Su Tutarı (TL)	Abone Başına Düşen Fatura Tutarı (TL)
2005	9	133.471	2.773.025,29	20,8
2005	10	133.546	2.478.187,06	18,6
2005	11	133.657	2.470.895,07	18,5
2005	12	134.124	2.182.445	16,3
2006	1	134.313	2.164.604,67	16,1
2006	2	136.169	2.034.535,87	14,9
2006	3	137.482	1.928.822,11	14,0
2006	4	138.405	2.415.093,85	17,4
2006	5	139.912	3.061.624,91	21,9
2006	6	141.087	3.491.480,29	24,7
2006	7	141.454	3.567.288,98	25,2
2006	8	141.798	3.696.175,68	26,1
2006	9	142.039	3.859.220,16	27,2
2006	10	142.230	3.649.056,63	25,7
2006	11	142.410	5.114.795,23	35,9
2006	12	142.534	2.407.723,22	16,9
2007	1	142.539	2.769.311,75	19,4
2007	2	142.549	2.477.966,82	17,4
2007	3	142.590	2.613.207,52	18,3
2007	4	142.635	2.711.521,69	19,0
2007	5	142.761	3.541.291,21	24,8
2007	6	142.858	3.937.851,47	27,6
2007	7	143.116	3.955.497,77	27,6
2007	8	143.163	3.775.572,95	26,4
2007	9	143.419	3.602.587,41	25,1
2007	10	143.445	3.585.359,59	25,0
2007	11	143.489	3.035.409,71	21,2
2007	12	143.512	2.574.044,20	17,9
2008	1	143.665	3.218.665,93	22,4
2008	2	143.727	2.834.455,41	19,7
2008	3	143.774	2.814.474,27	19,6
2008	4	143.865	3.444.774,73	23,9
2008	5	143.974	3.584.710,04	24,9
2008	6	145.142	3.978.719,21	27,4
2008	7	145.292	4.276.047,78	29,4
2008	8	146.418	4.070.306,70	27,8
2008	9	151.048	3.938.954,99	26,1
2008	10	153.603	4.092.180,04	26,6

Ek-3: Abone Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri (Devam)

Yıl	Ay	Abone Sayısı	Faturalandırılan Su Tutarı (TL)	Abone Başına Düşen Fatura Tutarı (TL)
2008	11	154.734	3.350.717,47	21,7
2008	12	155.986	3.131.080,60	20,1
2009	1	156.560	3.684.967,52	23,5
2009	2	157.210	3.287.943,10	20,9
2009	3	158.489	3.181.156,28	20,1
2009	4	159.094	3.651.941,71	23,0
2009	5	162.561	3.937.865,54	24,2
2009	6	163.921	4.576.026,39	27,9
2009	7	164.756	4.805.294,69	29,2
2009	8	166.032	4.748.079,61	28,6
2009	9	166.551	4.880.177,86	29,3
2009	10	167.002	5.105.210,16	30,6
2009	11	167.262	3.589.084,04	21,5
2009	12	168.205	3.407.796,26	20,3
2010	1	168.685	3.930.671,16	23,3
2010	2	168.953	4.252.935,96	25,2
2010	3	169.201	4.037.489,95	23,9
2010	4	169.509	4.834.373,76	28,5
2010	5	170.423	5.222.823,15	30,6
2010	6	171.876	5.748.174,76	33,4
2010	7	172.546	5.540.585,24	32,1
2010	8	173.151	5.989.805,44	34,6
2010	9	173.500	6.526.516,38	37,6
2010	10	173.941	5.205.287,51	29,9
2010	11	174.326	5.071.664,87	29,1
2010	12	174.937	4.399.348,60	25,1
2011	1	175.148	4.354.040,46	24,9
2011	2	175.431	4.654.151,04	26,5
2011	3	175.733	4.462.749,55	25,4
2011	4	176.005	5.093.308,41	28,9
2011	5	176.716	5.299.140,60	30,0
2011	6	177.180	5.941.150,89	33,5
2011	7	177.752	6.141.825,51	34,6
2011	8	178.217	6.412.208,87	36,0
2011	9	179.154	6.911.196,29	38,6
2011	10	181.127	5.468.227,30	30,2
2011	11	181.515	5.644.631,53	31,1
2011	12	182.057	4.812.517,73	26,4
2012	1	182.192	4.781.714,91	26,2

Ek-3: Abone Başına Düşen Su Faturası Tutarı Verileri (Devam)

Yıl	Ay	Abone Sayısı	Faturalandırılan Su Tutarı (TL)	Abone Başına Düşen Fatura Tutarı (TL)
2012	2	182.438	4.832.345,67	26,5
2012	3	183.057	4.806.893,79	26,3
2012	4	183.316	6.297.269,54	34,4
2012	5	183.848	6.780.169,71	36,9
2012	6	184.569	7.395.802,07	40,1
2012	7	185.512	7.072.839,17	38,1
2012	8	186.503	8.262.774,87	44,3
2012	9	187.225	8.353.839,97	44,6
2012	10	187.885	7.784.819,03	41,4
2012	11	188.725	6.559.682,97	34,8
2012	12	189.861	5.732.101,43	30,2
2013	1	191.176	6.152.432,12	32,2
2013	2	191.513	6.465.913,53	33,8
2013	3	192.042	6.111.516,72	31,8
2013	4	193.625	6.490.261,60	33,5
2013	5	194.707	7.761.436,15	39,9
2013	6	195.677	7.961.334,63	40,7
2013	7	196.713	8.333.024,16	42,4
2013	8	197.600	9.618.585,14	48,7
2013	9	198.533	8.990.983,74	45,3
2013	10	199.095	8.249.149,51	41,4
2013	11	199.645	7.394.593,18	37,0
2013	12	200.483	6.783.328,70	33,8

Ek-4: Gerçekleşen ve Tahminlenen Su Talebi ile Performans Bilgileri

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep (f)	Tahmin Değeri (x)	Mutlak Fark/Sapma (e)	Mutlak Fark Yüzdesi p
2003	1	4.215.000	4.021.366	193.634	0,046
2003	2	3.907.000	4.042.341	135.341	0,035
2003	3	3.647.000	4.101.323	454.323	0,125
2003	4	3.649.000	4.430.617	781.617	0,214
2003	5	4.685.000	4.725.998	40.998	0,009
2003	6	4.437.000	4.741.637	304.637	0,069
2003	7	5.047.000	4.897.152	149.848	0,030
2003	8	4.817.000	4.999.957	182.957	0,038
2003	9	4.761.000	4.956.860	195.860	0,041
2003	10	4.776.000	4.775.860	140	0,000
2003	11	4.340.000	4.292.211	47.789	0,011
2003	12	4.152.000	4.182.542	30.542	0,007
2004	1	4.160.000	4.049.105	110.895	0,027
2004	2	4.062.000	4.208.067	146.067	0,036
2004	3	4.409.000	4.448.012	39.012	0,009
2004	4	4.401.000	4.591.440	190.440	0,043
2004	5	4.669.000	4.763.620	94.620	0,020
2004	6	5.128.000	5.091.365	36.635	0,007
2004	7	5.279.000	5.261.845	17.155	0,003
2004	8	5.185.000	5.232.965	47.965	0,009
2004	9	5.034.000	5.160.943	126.943	0,025
2004	10	5.415.000	4.970.165	444.835	0,082
2004	11	4.800.000	4.465.540	334.460	0,070
2004	12	4.778.000	4.367.959	410.041	0,086
2005	1	4.881.000	4.192.997	688.003	0,141
2005	2	4.110.000	4.359.078	249.078	0,061
2005	3	4.639.000	4.415.563	223.437	0,048
2005	4	4.519.000	4.645.713	126.713	0,028
2005	5	5.098.000	5.030.284	67.716	0,013
2005	6	4.778.000	5.190.650	412.650	0,086
2005	7	4.966.000	5.521.899	555.899	0,112
2005	8	5.645.000	5.506.635	138.365	0,025
2005	9	5.249.000	5.412.696	163.696	0,031
2005	10	5.262.000	5.076.837	185.163	0,035
2005	11	4.251.000	4.435.915	184.915	0,043

Ek-4: Gerçekleşen ve Tahminlenen Su Talebi ile Performans Bilgileri (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep (f)	Tahmin Değeri (x)	Mutlak Fark/Sapma (e)	Mutlak Fark Yüzdesi p
2005	12	4.199.000	4.163.997	35.003	0,008
2006	1	4.170.000	4.086.645	83.355	0,020
2006	2	4.078.000	4.101.889	23.889	0,006
2006	3	4.470.000	4.400.201	69.799	0,016
2006	4	4.588.000	4.444.318	143.682	0,031
2006	5	5.055.000	5.161.450	106.450	0,021
2006	6	5.564.000	5.746.561	182.561	0,033
2006	7	6.134.000	5.905.759	228.241	0,037
2006	8	6.192.000	5.930.689	261.311	0,042
2006	9	5.847.000	5.656.174	190.826	0,033
2006	10	5.433.000	5.150.938	282.062	0,052
2006	11	4.557.000	4.786.646	229.646	0,050
2006	12	4.411.000	4.488.014	77.014	0,017
2007	1	4.541.000	4.593.906	52.906	0,012
2007	2	4.220.000	4.366.237	146.237	0,035
2007	3	4.294.000	4.508.899	214.899	0,050
2007	4	4.150.000	4.383.779	233.779	0,056
2007	5	4.938.000	4.886.691	51.309	0,010
2007	6	5.104.000	5.170.739	66.739	0,013
2007	7	5.374.000	5.367.531	6.469	0,001
2007	8	5.614.000	5.665.554	51.554	0,009
2007	9	5.930.000	5.816.957	113.043	0,019
2007	10	5.573.000	5.610.818	37.818	0,007
2007	11	5.222.000	5.159.857	62.143	0,012
2007	12	4.665.000	4.711.957	46.957	0,010
2008	1	4.082.975	4.106.539	23.564	0,006
2008	2	4.027.476	4.058.174	30.698	0,008
2008	3	4.419.165	4.158.887	260.278	0,059
2008	4	4.472.115	4.581.719	109.604	0,025
2008	5	5.003.249	4.878.253	124.996	0,025
2008	6	5.443.946	5.880.147	436.201	0,080
2008	7	6.074.364	6.087.525	13.161	0,002
2008	8	6.100.486	6.102.526	2.040	0,000
2008	9	5.623.385	5.542.154	81.231	0,014
2008	10	4.550.838	4.765.151	214.313	0,047
2008	11	4.254.419	4.198.654	55.765	0,013

Ek-4: Gerçekleşen ve Tahminlenen Su Talebi ile Performans Bilgileri (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep (f)	Tahmin Değeri (x)	Mutlak Fark/Sapma (e)	Mutlak Fark Yüzdesi p
2008	12	3.953.861	4.093.981	140.120	0,035
2009	1	4.372.931	4.209.632	163.299	0,037
2009	2	3.929.311	4.177.067	247.756	0,063
2009	3	4.308.000	4.196.532	111.468	0,026
2009	4	4.331.698	4.326.549	5.149	0,001
2009	5	5.226.408	4.511.800	714.608	0,137
2009	6	5.625.588	5.661.568	35.980	0,006
2009	7	6.269.633	6.132.548	137.085	0,022
2009	8	6.324.282	6.056.406	267.876	0,042
2009	9	5.666.706	5.418.849	247.857	0,044
2009	10	5.185.000	5.112.657	72.343	0,014
2009	11	4.624.686	4.263.387	361.299	0,078
2009	12	4.311.728	4.180.390	131.338	0,030
2010	1	4.363.391	4.282.591	80.800	0,019
2010	2	3.915.892	4.490.840	574.948	0,147
2010	3	4.538.434	4.458.700	79.734	0,018
2010	4	4.808.658	4.949.621	140.963	0,029
2010	5	5.332.641	5.391.491	58.850	0,011
2010	6	5.962.056	6.355.103	393.047	0,066
2010	7	6.720.293	6.741.650	21.357	0,003
2010	8	6.989.198	6.732.479	256.719	0,037
2010	9	6.283.395	6.451.875	168.480	0,027
2010	10	5.284.803	5.104.087	180.716	0,034
2010	11	5.077.274	5.033.181	44.093	0,009
2010	12	4.742.627	4.572.365	170.262	0,036
2011	1	4.621.076	4.549.898	71.178	0,015
2011	2	4.079.088	4.607.178	528.090	0,129
2011	3	4.642.063	4.640.373	1.690	0,000
2011	4	-	-	-	-
2011	5	5.099.851	4.934.086	165.765	0,033
2011	6	6.039.072	5.896.300	142.772	0,024
2011	7	6.839.770	7.002.032	162.262	0,024
2011	8	7.240.041	7.004.423	235.618	0,033
2011	9	6.162.039	6.320.595	158.556	0,026
2011	10	5.521.327	5.331.188	190.139	0,034
2011	11	5.168.741	5.071.785	96.956	0,019

Ek-4: Gerçekleşen ve Tahminlenen Su Talebi ile Performans Bilgileri (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep (f)	Tahmin Değeri (x)	Mutlak Fark/Sapma (e)	Mutlak Fark Yüzdesi p
2011	12	4.699.640	4.708.801	9.161	0,002
2012	1	4.607.401	4.643.113	35.712	0,008
2012	2	4.379.680	4.692.799	313.119	0,071
2012	3	4.918.907	4.792.054	126.853	0,026
2012	4	5.046.041	5.486.307	440.266	0,087
2012	5	5.682.679	5.713.524	30.845	0,005
2012	6	6.599.327	6.536.945	62.382	0,009
2012	7	7.056.085	7.086.654	30.569	0,004
2012	8	7.246.146	7.309.046	62.900	0,009
2012	9	6.430.704	6.593.284	162.580	0,025
2012	10	5.824.088	5.860.398	36.310	0,006
2012	11	4.894.446	5.269.183	374.737	0,077
2012	12	4.974.637	4.656.064	318.573	0,064
2013	1	5.000.397	5.046.929	46.532	0,009
2013	2	4.401.968	5.187.109	785.141	0,178
2013	3	5.168.316	5.299.261	130.945	0,025
2013	4	5.474.771	5.572.381	97.610	0,018
2013	5	5.835.419	5.866.565	31.146	0,005
2013	6	6.623.824	6.646.614	22.790	0,003
2013	7	7.684.417	7.301.609	382.808	0,050
2013	8	7.562.922	7.350.744	212.178	0,028
2013	9	6.737.804	6.611.062	126.742	0,019
2013	10	6.211.449	6.113.061	98.388	0,016
2013	11	5.315.136	5.746.114	430.978	0,081
2013	12	5.594.357	5.350.993	243.364	0,044

Ek-5: Gerçekleşen Talep Tahminleri ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli, 131 Aylık Tahminlerinin Karşılaştırılması

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep	YSA	Winters Üstel Düzeltme	ARIMA
2003	1	4.215.000	4.021.366	4.169.920	-
2003	2	3.907.000	4.042.341	4.094.336	-
2003	3	3.647.000	4.101.323	4.171.539	-
2003	4	3.649.000	4.430.617	3.897.790	-
2003	5	4.685.000	4.725.998	4.519.142	-
2003	6	4.437.000	4.741.637	4.572.691	-
2003	7	5.047.000	4.897.152	4.847.884	-
2003	8	4.817.000	4.999.957	4.752.352	-
2003	9	4.761.000	4.956.860	4.478.165	-
2003	10	4.776.000	4.775.860	4.538.700	-
2003	11	4.340.000	4.292.211	4.080.393	-
2003	12	4.152.000	4.182.542	4.071.135	-
2004	1	4.160.000	4.049.105	4.360.274	-
2004	2	4.062.000	4.208.067	4.064.902	3.853.252
2004	3	4.409.000	4.448.012	4.085.870	3.755.872
2004	4	4.401.000	4.591.440	4.356.157	4.221.404
2004	5	4.669.000	4.763.620	5.462.216	5.300.653
2004	6	5.128.000	5.091.365	4.901.457	4.532.358
2004	7	5.279.000	5.261.845	5.549.297	5.594.155
2004	8	5.185.000	5.232.965	5.145.371	5.093.416
2004	9	5.034.000	5.160.943	4.925.492	5.116.423
2004	10	5.415.000	4.970.165	4.872.533	5.081.757
2004	11	4.800.000	4.465.540	4.524.916	4.902.595
2004	12	4.778.000	4.367.959	4.434.075	4.638.377
2005	1	4.881.000	4.192.997	4.754.730	4.801.358
2005	2	4.110.000	4.359.078	4.682.951	4.635.783
2005	3	4.639.000	4.415.563	4.556.089	4.291.132
2005	4	4.519.000	4.645.713	4.594.419	4.585.737
2005	5	5.098.000	5.030.284	5.306.405	5.185.547
2005	6	4.778.000	5.190.650	5.466.149	5.232.983
2005	7	4.966.000	5.521.899	5.456.285	5.334.412
2005	8	5.645.000	5.506.635	5.068.837	5.017.356
2005	9	5.249.000	5.412.696	5.136.694	5.438.532

Ek-5: Gerçekleşen Talep Tahminleri ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli, 131 Aylık Tahminlerinin Karşılaştırılması (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep	YSA	Winters Üstel Düzeltme	ARIMA
2005	10	5.262.000	5.076.837	5.249.271	5.484.062
2005	11	4.251.000	4.435.915	4.540.931	4.831.977
2005	12	4.199.000	4.163.997	4.206.556	4.401.644
2006	1	4.170.000	4.086.645	4.257.286	4.456.983
2006	2	4.078.000	4.101.889	3.842.433	3.975.335
2006	3	4.470.000	4.400.201	4.360.905	4.520.814
2006	4	4.588.000	4.444.318	4.351.966	4.497.302
2006	5	5.055.000	5.161.450	5.156.046	5.100.017
2006	6	5.564.000	5.746.561	5.158.864	5.125.704
2006	7	6.134.000	5.905.759	5.807.553	5.642.231
2006	8	6.192.000	5.930.689	6.292.952	6.110.406
2006	9	5.847.000	5.656.174	5.787.903	5.785.242
2006	10	5.433.000	5.150.938	5.835.126	5.903.885
2006	11	4.557.000	4.786.646	4.734.502	4.772.503
2006	12	4.411.000	4.488.014	4.562.208	4.624.290
2007	1	4.541.000	4.593.906	4.509.972	4.592.863
2007	2	4.220.000	4.366.237	4.259.790	4.253.611
2007	3	4.294.000	4.508.899	4.605.162	4.690.568
2007	4	4.150.000	4.383.779	4.434.347	4.493.673
2007	5	4.938.000	4.886.691	4.810.431	4.926.932
2007	6	5.104.000	5.170.739	5.114.512	5.171.101
2007	7	5.374.000	5.367.531	5.489.861	5.593.871
2007	8	5.614.000	5.665.554	5.566.857	5.805.774
2007	9	5.930.000	5.816.957	5.238.680	5.447.083
2007	10	5.573.000	5.610.818	5.419.447	5.697.315
2007	11	5.222.000	5.159.857	4.681.553	4.714.950
2007	12	4.665.000	4.711.957	4.871.070	4.928.150
2008	1	4.082.975	4.106.539	4.871.216	4.728.299
2008	2	4.027.476	4.058.174	4.186.985	4.078.602
2008	3	4.419.165	4.158.887	4.352.675	4.442.384
2008	4	4.472.115	4.581.719	4.377.316	4.491.048
2008	5	5.003.249	4.878.253	5.146.774	5.129.163
2008	6	5.443.946	5.880.147	5.265.451	5.391.532

Ek-5: Gerçekleşen Talep Tahminleri ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli, 131 Aylık Tahminlerinin Karşılaştırılması (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep	YSA	Winters Üstel Düzeltme	ARIMA
2008	7	6.074.364	6.087.525	5.708.768	5.847.516
2008	8	6.100.486	6.102.526	6.109.645	6.194.533
2008	9	5.623.385	5.542.154	5.983.360	6.054.607
2008	10	4.550.838	4.765.151	5.426.321	5.505.465
2008	11	4.254.419	4.198.654	4.386.092	4.365.644
2008	12	3.953.861	4.093.981	4.002.382	4.237.630
2009	1	4.372.931	4.209.632	3.845.013	4.054.597
2009	2	3.929.311	4.177.067	4.069.385	4.190.631
2009	3	4.308.000	4.196.532	4.331.255	4.341.421
2009	4	4.331.698	4.326.549	4.321.888	4.369.762
2009	5	5.226.408	4.511.800	4.933.719	5.059.705
2009	6	5.625.588	5.661.568	5.401.811	5.469.108
2009	7	6.269.633	6.132.548	5.944.680	6.016.710
2009	8	6.324.282	6.056.406	6.175.944	6.301.980
2009	9	5.666.706	5.418.849	5.976.868	6.115.104
2009	10	5.185.000	5.112.657	5.189.978	5.148.348
2009	11	4.624.686	4.263.387	4.844.724	4.808.816
2009	12	4.311.728	4.180.390	4.418.249	4.352.211
2010	1	4.363.391	4.282.591	4.456.924	4.332.579
2010	2	3.915.892	4.490.840	4.095.915	4.164.313
2010	3	4.538.434	4.458.700	4.390.343	4.403.644
2010	4	4.808.658	4.949.621	4.480.142	4.579.193
2010	5	5.332.641	5.391.491	5.412.470	5.421.386
2010	6	5.962.056	6.355.103	5.674.536	5.763.135
2010	7	6.720.293	6.741.650	6.303.883	6.472.206
2010	8	6.989.198	6.732.479	6.509.029	6.627.845
2010	9	6.283.395	6.451.875	6.256.622	6.297.511
2010	10	5.284.803	5.104.087	5.708.420	5.468.013
2010	11	5.077.274	5.033.181	5.039.621	4.833.903
2010	12	4.742.627	4.572.365	4.762.315	4.651.981
2011	1	4.621.076	4.549.898	4.858.303	4.805.716
2011	2	4.079.088	4.607.178	4.359.433	4.223.707
2011	3	4.642.063	4.640.373	4.770.865	4.599.003

Ek-5: Gerçekleşen Talep Tahminleri ile YSA, Winters Üstel Düzeltme ve ARIMA Modeli, 131 Aylık Tahminlerinin Karşılaştırılması (Devam)

Yıl	Ay No	Gerçekleşen Talep	YSA	Winters Üstel Düzeltme	ARIMA
2011	4	4.522.140	-	4.792.842	4.771.089
2011	5	5.099.851	4.934.086	5.247.113	5.346.969
2011	6	6.039.072	5.896.300	5.605.611	5.715.466
2011	7	6.839.770	7.002.032	6.344.149	6.659.827
2011	8	7.240.041	7.004.423	6.607.285	6.931.065
2011	9	6.162.039	6.320.595	6.251.387	6.483.417
2011	10	5.521.327	5.331.188	5.467.240	5.456.669
2011	11	5.168.741	5.071.785	5.212.868	5.133.966
2011	12	4.699.640	4.708.801	4.864.162	4.807.106
2012	1	4.607.401	4.643.113	4.798.372	4.692.224
2012	2	4.379.680	4.692.799	4.296.503	4.215.351
2012	3	4.918.907	4.792.054	4.983.596	4.908.495
2012	4	5.046.041	5.486.307	4.979.043	4.973.979
2012	5	5.682.679	5.713.524	5.715.039	5.571.743
2012	6	6.599.327	6.536.945	6.431.187	6.371.311
2012	7	7.056.085	7.086.654	7.100.593	7.234.488
2012	8	7.246.146	7.309.046	7.139.103	7.336.450
2012	9	6.430.704	6.593.284	6.229.081	6.419.144
2012	10	5.824.088	5.860.398	5.629.849	5.633.209
2012	11	4.894.446	5.269.183	5.393.644	5.441.621
2012	12	4.974.637	4.656.064	4.770.204	4.705.154
2013	1	5.000.397	5.046.929	4.876.638	4.917.030
2013	2	4.401.968	5.187.109	4.621.053	4.560.490
2013	3	5.168.316	5.299.261	5.116.309	4.989.647
2013	4	5.474.771	5.572.381	5.225.825	5.143.539
2013	5	5.835.419	5.866.565	6.053.491	5.956.647
2013	6	6.623.824	6.646.614	6.792.653	6.647.858
2013	7	7.684.417	7.301.609	7.217.814	7.240.435
2013	8	7.562.922	7.350.744	7.578.343	7.778.943
2013	9	6.737.804	6.611.062	6.600.337	6.668.315
2013	10	6.211.449	6.113.061	5.936.065	6.056.124
2013	11	5.315.136	5.746.114	5.424.373	5.524.420
2013	12	5.594.357	5.350.993	5.267.024	5.135.905