



İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Anabilim Dalı  
Üretim Yönetimi ve Pazarlama

**DOĞRUSAL VEKTÖR KUANTİZASYON MODELİ KULLANILARAK  
YAPAY SİNİR AĞLARIYLA KONTROL ŞEMALARINDA ÖRÜNTÜ  
TANIMA: HAZIR BETON ÜRETEN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA**

Şebnem KOLTAN YILMAZ

Danışman

Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa YÜCEL

Doktora Tezi

Malatya, 2014

**DOĞRUSAL VEKTÖR KUANTİZASYON MODELİ KULLANILARAK  
YAPAY SİNİR AĞLARIYLA KONTROL ŞEMALARINDA ÖRÜNTÜ  
TANIMA: HAZIR BETON ÜRETEEN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA**

Şebnem KOLTAN YILMAZ

İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı  
Üretim Yönetimi ve Pazarlama

Danışman

Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa YÜCEL

Doktora Tezi

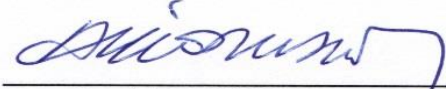
Malatya, 2014

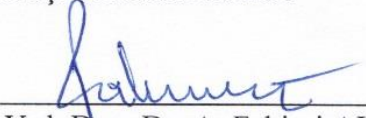
## KABUL VE ONAY

Şebnem KOLTAN YILMAZ tarafından hazırlanan “Doğrusal Vektör Kuantizasyon Modeli Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Kontrol Şemalarında Örüntü Tanıma: Hazır Beton Üreten Bir İşletmede Uygulama” başlıklı bu çalışma, 01.12.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından “Doktora Tezi” olarak kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Mahmut TEKİN ( Başkan )

  
Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa YÜCEL (Danışman)

  
Doç. Dr. Abit BULUT

  
Yrd. Doç. Dr. A. Fahimi AYDIN

  
Yrd. Doç. Dr. Mustafa DESTE

Yukardaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

12./12/2014

  
Prof. Dr. Mehmet KARAGÖZ  
Enstitü Müdürü

## ONUR SÖZÜ

Doktora tezi olarak savunduğum “Doğrusal Vektör Kuantizasyon Modeli Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Kontrol Şemalarında Örüntü Tanıma: Hazır Beton Üreten Bir İşletmede Uygulama” adlı bu çalışmanın geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün yapıtların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Şebnem KOLTAN YILMAZ

## İTHAF

*Menekşe Beren Yılmaz'a*

*Mutlu Yıllar...*

## ÖNSÖZ

Küreselleşen dünya pazarında kalite, işletme stratejilerinin en önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, işletmelere günümüz otomatik üretim sistemlerini etkin olarak kendi bünyelerinde kullanmayı zorunlu ve gerekli hale getirmektedir. Son yıllarda kalite iyileştirme alanında da kullanılmaya başlanan yapay zeka teknikleriyle bunu yapmak daha kısa sürede gerçekleştirilmekte, önleyici tedbirlerin daha hızlı ve kolay bildirilmesiyle maliyetleri de en aza indirmektedir.

Bu çalışmada, yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağları yoluyla oluşturulan kontrol şemaları örüntü tanıma sisteminin işletmelerde sürecin kontrolünü izlemede kullanılabileceği gösterilmiştir. Söz konusu çalışma süresince bilgi ve görüşleriyle bana rehberlik eden danışmanım Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa YÜCEL'e, uygulamaya konu olan Kavuklar Beton İşletmesi'ne, işletmenin Genel Müdürü İlhan KAVUK'a ve Kalite Koordinatörü Mahmut URFALI'ya (İnşaat Teknikeri), doktora tezi araştırmasını destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, beton sektöründeki bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan Öğr. Gör. Mehmet GENÇ'e (İnönü Üniversitesi Hekimhan Meslek Yüksekokulu Mülkiyeti Koruma ve Güvenlik Bölümü), Tez İzleme Komitesi üyeleri Doç. Dr. Abit BULUT ve Yrd. Doç. Dr. A. Fahimi AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım. Araştırma süresince konunun matematik ve görsel modellemesinde yardım ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Yusuf UÇAR'a (İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü Uygulamalı Matematik ABD) saygı ve şükran hislerimi ifade etmek isterim. Her zaman yanımda hissettiğim aileme, abim Sezai YILMAZ'a, manevi desteğinin yanı sıra görüş ve önerileriyle de beni yüreklendiren eşim Bülent YILMAZ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

## ÖZET

### **DOĞRUSAL VEKTÖR KUANTİZASYON MODELİ KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARIYLA KONTROL ŞEMALARINDA ÖRÜNTÜ TANIMA: HAZIR BETON ÜRETEN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA**

**Şebnem KOLTAN YILMAZ**

İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı  
Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı, Doktora Tezi, 171 sayfa, 2014.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa YÜCEL

Bu çalışmada amaç, işletmenin kalite amaçlarının yerine getirilmesi olarak tanımlanan süreçte ortaya çıkan ya da gelecekte meydana gelebilecek hataları tespit etmek ve bunları iyileştirmek için Yapay Zeka (YZ) tekniklerinden biri olan Yapay Sinir Ağları'nın (YSA) uygulanabilirliğini göstermektir. Böylece kalite düzeyini yükseltmek, işletme maliyetlerini azaltmak, zaman tasarrufu, çalışanları motive etmek, müşteri şikayetlerini azaltmak gibi kalite kontrolünün gerekleri olan temel amaçlara katkı sağlanabilecektir.

İlk bölümde genel olarak kalite, kalite kontrol ve istatistiki kalite kontrol teknikleri açıklanmaktadır. Bu çalışmanın anahtar kavramı olan YZ teknikleri tanımlanmakta, YSA tanımı, yapısı, modelleri ve uygulamaları açıklanarak kalite kontrol konusundaki çalışmalarda kullanılan YSA modelleri ve sonuçlarına yer verilmektedir. Ayrıca, araştırmada kullanılan YSA modeli de bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Uygulamayı içeren ikinci bölümde, YZ tekniklerinden biri olan YSA kullanılarak Kontrol Şemaları Örüntü Tanıma (KŞÖT) uygulaması gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kullanılarak bu uygulama görsel bir programa dönüştürülmüştür. Bu amaçla, hazır beton üreten bir işletmenin en önemli kalite göstergelerinden biri olan basınç dayanım ortalamaları kullanılmıştır. YSA modeli olan DVK (Doğrusal Vektör Kuantizasyon) modeli kullanılarak kontrol şemalarına ilişkin kalite karakteristiği gözlem değerleri ve kontrol şemalarına ilişkin parametrelerle iki model kurulmuş, modeller karşılaştırıldığında kalite karakteristiği gözlem değerleriyle oluşturulan modelin kontrol şemalarına ilişkin parametrelerle oluşturulan modele göre daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. En iyi performansa sahip olan ham veri modeline ilişkin ağırlık değerleriyle DVK algoritmasına uygun hazırlanan görsel program test edilerek KŞÖT uygulamasının beton basınç dayanım ortalamasının kontrolünde etkin bir şekilde kullanılabildiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalite Kontrol, Kontrol Şemalarında Örüntü Tanıma, Yapay Sinir Ağları, DVK, Beton Kalite.



## **ABSTRACT**

### **CONTROL CHARTS PATTERN RECOGNITION BASED ON LINEAR VECTOR QUANTIZATION NEURAL NETWORKS: APPLICATION ON THE BUSINESS PRODUCED READY MIXED CONCRETE**

**Şebnem KOLTAN YILMAZ**

İnönü University Graduate School of Social Sciences, Department of Business, Science of Production Management and Marketing, PhD Thesis, 171 pages, 2014.

Advisor: Assist. Prof. M. Mustafa YÜCEL

The objective in this study is to detect the errors that occur or may occur in the future during the process in which the company's quality objectives are fulfilled and to show the applicability of the Artificial Neural Networks (ANN) which is one of the Artificial Intelligence (AI) techniques. Thus, it will be able to contribute to the main purposes which make quality control necessary such as to raise the level of quality, reduce operating costs, time savings, raising employees' motivation and reducing customer complaints.

In the first part, in general, quality, quality control and statistical quality control techniques are described. AI techniques, which are the key concepts of this study, are introduced; the definition, structure, model and application of ANN are explained; the ANN models and their results used in the quality control studies are presented. Additionally, ANN model used in the present study is also discussed in detail in this section.

In the second part comprising the application, a control charts pattern recognition (CCPR) application has been carried out using ANN which is one of the

techniques of AI and this application has been transformed to a visual program using the obtained results. For this purpose, average compressive strength, one of the most important quality indicators, of a company that produces ready-mixed concrete has been used. A LVQ (Linear Vector Quantisation) type ANN model has been established by using the quality characteristics observation values related to control charts and the parameters related to control charts, and when these two models are compared, it has been found out that the model whose quality characteristics have been constructed using the observation values result in more successful results than that constructed with the model's control charts. The visual program which is suitable for LVQ algorithm using weight values about the raw data model having the best performance has been tested and it has been concluded that the CCPR application can also be used to control the average of concrete compressive strength efficiently.

**Keywords:** Quality Control, Pattern Recognition in Control Charts, Neural Networks, LVQ, Concrete Quality.

**DOĞRUSAL VEKTÖR KUANTİZASYON MODELİ KULLANILARAK  
YAPAY SİNİR AĞLARIYLA KONTROL ŞEMALARINDA ÖRÜNTÜ  
TANIMA: HAZIR BETON ÜRETEBİR İŞLETMEDE UYGULAMA**

Şebnem KOLTAN YILMAZ

**İÇİNDEKİLER**

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>ONUR SÖZÜ</b> .....   | i            |
| <b>İTHAF</b> .....   | ii           |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....   | iii          |
| <b>ÖZET</b> .....  | iv           |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | vi           |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....                                       | viii         |
| <b>TABLOLAR LİSTESİ</b> .....                                  | xi           |
| <b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....                                  | xii          |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....                               | xiv          |
| <b>GİRİŞ</b> .....   | 1            |
| <b>1. KURAMSAL TEMELLER</b> .....                              | 6            |
| 1. 1. KALİTEYE İLİŞKİN TANIM, KAVRAM VE TARİHSEL GELİŞİM ..... | 6            |
| 1. 2. KALİTE KONTROLÜN TANIMI VE AMAÇLARI.....                 | 10           |
| 1. 3. KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİ .....                          | 12           |
| 1. 4. İSTATİSTİKİ KALİTE KONTROL.....                          | 14           |
| 1. 5. KONTROL ŞEMALARI .....                                   | 15           |
| 1. 5. 1. Kontrol Şemalarının Açıklaması ve Tanımı .....        | 15           |
| 1. 5. 2. Kontrol Şemalarının Yapısı.....                       | 17           |
| 1. 5. 3. Kontrol Şeması Çeşitleri .....                        | 25           |

|   |    |
|---|----|
| 1. 5. 3. 1. $\bar{X}$ -R ve $\bar{X}$ -S Kontrol Şemaları .....       | 26 |
| 1. 5. 3. 2. p ve np Kontrol Şemaları .....                            | 27 |
| 1. 5. 3. 3. c ve u Kontrol Şemaları .....                             | 29 |
| 1. 6. YAPAY ZEKA.....   | 30 |
| 1. 7. YAPAY SİNİR AĞLARI.....   | 34 |
| 1. 7. 1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Elemanları .....             | 35 |
| 1. 7. 2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....                            | 40 |
| 1. 7. 3. Yapay Sinir Ağları Modelleri.....                            | 41 |
| 1. 7. 3. 1. Mimarilerine Göre Yapay Sinir Ağları.....                 | 42 |
| 1. 7. 3. 2. Öğrenme Yöntemlerine Göre Yapay Sinir Ağları .....        | 44 |
| 1. 7. 4. Yapay Sinir Ağları Tasarımı .....                            | 48 |
| 1. 7. 4. 1. Problemin Tanımlanması.....                               | 48 |
| 1. 7. 4. 2. Verilerin Toplanması .....                                | 49 |
| 1. 7. 4. 3. Verilerin Düzenlenmesi .....                              | 49 |
| 1. 7. 4. 4. Yapay Sinir Ağlarının Kurulması.....                      | 51 |
| 1. 7. 4. 5. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi .....                    | 52 |
| 1. 7. 4. 6. Yapay Sinir Ağlarının Test Edilmesi ve Doğrulanması ..... | 53 |
| 1. 7. 5. Yapay Sinir Ağlarında Kullanılan Modeller .....              | 54 |
| 1. 7. 5. 1. Algılayıcılar .....                                       | 56 |
| 1. 7. 5. 2. Çok Katmanlı Algılayıcılar.....                           | 57 |
| 1. 7. 5. 3. Kendi Kendini Düzenleyen Model .....                      | 58 |
| 1. 7. 5. 4. Adaptif Rezonans Teorisi Modelleri .....                  | 58 |
| 1. 7. 5. 5. Hopfield Ağları.....                                      | 59 |
| 1. 7. 5. 6. Boltzman Makinesi.....                                    | 59 |
| 1. 7. 5. 7. Radyal Temelli Ağlar .....                                | 60 |
| 1. 7. 5. 8. Doğrusal Vektör Kuantizasyon Modeli .....                 | 61 |
| 1. 7. 6. Yapay Sinir Ağları Literatür Özeti.....                      | 65 |
| 1. 7. 6. 1. Yapay Sinir Ağları Genel Uygulama Alanları.....           | 67 |
| 1. 7. 6. 2. Yapay Sinir Ağları Üretim ve Kalite Alanları.....         | 74 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>2. UYGULAMA</b> .....  | 78  |
| 2. 1. ÇALIŞMANIN TANITILMASI .....  | 78  |
| 2. 1. 1. Çalışmanın Amacı ve Önemi .....  | 78  |
| 2. 1. 2. Çalışmanın Kapsamı .....   | 83  |
| 2. 1. 3. Çalışmaya İlişkin Literatür Özeti .....  | 92  |
| 2. 2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ .....  | 100 |
| 2. 2. 1. Problemin Tanımlanması .....   | 102 |
| 2. 2. 2. Verilerin Toplanması .....   | 105 |
| 2. 2. 3. Verilerin Düzenlenmesi .....   | 108 |
| 2. 2. 4. Yapay Sinir Ağının Kurulması .....   | 110 |
| 2. 2. 5. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi .....  | 111 |
| 2. 2. 6. Yapay Sinir Ağının Test Edilmesi ve Doğrulanması .....   | 117 |
| 2. 2. 7. Yapay Sinir Ağı Uygulamasının Görsel Programa Dönüştürülmesi .   | 126 |
| <b>SONUÇ ve BULGULAR</b> .....  | 140 |
| <b>KAYNAKÇA</b> .....   | 150 |
| <b>EK-1: <math>\bar{X}</math>, S ve R Şemalarının Orta Çizgi ve <math>3\sigma</math> Kontrol Sınırları için Faktörler ...</b> | 171 |

## TABLolar LİSTESİ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tablo 1. 1 :</b> X ve R Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları .....            | 27  |
| <b>Tablo 1. 2 :</b> p ve np Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları .....           | 28  |
| <b>Tablo 1. 3 :</b> c ve u Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları .....            | 29  |
| <b>Tablo 1. 4 :</b> Aktivasyon Fonksiyonu Formülleri .....                             | 39  |
| <b>Tablo 1. 5 :</b> Biyolojik Sinir Ağı ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırması .....       | 40  |
| <b>Tablo 1. 6 :</b> Ham Veri ve İkincil Veri Yaklaşımları Karşılaştırması .....        | 50  |
| <b>Tablo 1. 7 :</b> Normalizasyon Teknikleri .....                                     | 50  |
| <b>Tablo 1. 8 :</b> Kullanım Amaçlarına Göre Yapay Sinir Ağı Modelleri.....            | 56  |
| <b>Tablo 2. 1 :</b> Normal Beton Basınç Dayanım Sınıfları .....                        | 86  |
| <b>Tablo 2. 2 :</b> Basınç Dayanımı Uygunluk Ölçütleri .....                           | 87  |
| <b>Tablo 2. 3 :</b> Basınç Dayanımına ilişkin Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları.....   | 91  |
| <b>Tablo 2. 4 :</b> Basınç Dayanımı için Çalışmada Kullanılan Kontrol Sınırları .....  | 92  |
| <b>Tablo 2. 5 :</b> Kontrol Şeması Örüntüler ve Formülleri .....                       | 106 |
| <b>Tablo 2. 6 :</b> ACI 214R-02 Kalite Kontrol Derecelendirmesi .....                  | 107 |
| <b>Tablo 2. 7 :</b> Ham Veri ve Özellikli Veri DVK Modellerinin Parametreleri .....    | 109 |
| <b>Tablo 2. 8 :</b> DVK Modeli Hedef Örüntü Çıktıları.....                             | 109 |
| <b>Tablo 2. 9 :</b> Ham Veri DVK Modeli Eğitim Sonuçları (Model No:1).....             | 114 |
| <b>Tablo 2. 10:</b> Özellikli Veri DVK Modeli Eğitim Sonuçları (Model No:2).....       | 116 |
| <b>Tablo 2. 11:</b> Ham Veri DVK Modeli Test Sonuçları .....                           | 119 |
| <b>Tablo 2. 12:</b> Özellikli Veri DVK Modeli Test Sonuçları.....                      | 122 |
| <b>Tablo 2. 13:</b> Ham Veri ve Özellikli Veri DVK Modellerinin Karşılaştırılması..... | 125 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  |     |
|--|-----|
| Şekil 1. 1 : Normal Dağılım Eğrisi .....                               | 19  |
| Şekil 1. 2 : Normal Dağılım Eğrisinden Kontrol Şemasına Geçiş .....    | 19  |
| Şekil 1. 3 : Kontrol Şeması Yapısı.....                                | 21  |
| Şekil 1. 4 : Kontrol Şemalarının Genel Sınıflandırması.....            | 26  |
| Şekil 1. 5 : Biyolojik Sinirin Genel Yapısı ve İşlevleri .....         | 35  |
| Şekil 1. 6 : Bir Yapay Sinir Ağı Hücresi .....                         | 36  |
| Şekil 1. 7 : Aktivasyon Fonksiyonları .....                            | 38  |
| Şekil 1. 8 : Bir Yapay Sinir Ağı.....                                  | 40  |
| Şekil 1. 9 : İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarisi .....            | 43  |
| Şekil 1. 10: Geri Beslemeli Bir Yapay Sinir Ağı Mimarisi.....          | 43  |
| Şekil 1. 11: Bilgisayarlı Öğrenme Türleri .....                        | 44  |
| Şekil 1. 12: DVK Ağının Şematik Yapısı.....                            | 61  |
| Şekil 1. 13: DVK Ağının Mimari Yapısı.....                             | 62  |
| Şekil 1. 14: DVK Ağı Transfer Fonksiyonları .....                      | 63  |
| Şekil 2. 1 : Basınç Dayanım Sınıfı Harf/Sayı Açıklaması.....           | 85  |
| Şekil 2. 2 : Basınç Dayanımı Dağılımı .....                            | 89  |
| Şekil 2. 3 : Ortalama Basınç Dayanımı ve Standart Sapma İlişkisi ..... | 90  |
| Şekil 2. 4 : Örüntü Tanıyıcı Modelin Akış Şeması.....                  | 102 |
| Şekil 2. 5 : Kontrol Şeması Örüntüleri .....                           | 104 |
| Şekil 2. 6 : Araştırmanın Örnek YSA Mimarisi .....                     | 110 |
| Şekil 2. 7 : Ham Veri DVK Modeli Hata Grafiği.....                     | 120 |
| Şekil 2. 8 : Ham Veri DVK Modeli ROC Eğrisi .....                      | 121 |
| Şekil 2. 9 : Ham Veri DVK Modelinin Mimarisi .....                     | 121 |
| Şekil 2. 10: Özellikli Veri DVK Modeli Hata Grafiği.....               | 123 |
| Şekil 2. 11: Özellikli Veri DVK Modeli ROC Eğrisi .....                | 124 |
| Şekil 2. 12: Özellikli Veri DVK Modelinin Mimarisi.....                | 124 |
| Şekil 2. 13: Ham Veri KŞÖT Modeli Program Akış Şeması .....            | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Şekil 2. 14:</b> Özellikli Veri KŞÖT Modeli Program Akış Şeması .....           | 128 |
| <b>Şekil 2. 15:</b> KŞÖT Programı Ana Ekran .....                                  | 129 |
| <b>Şekil 2. 16:</b> KŞÖT Programı Aracılığıyla Verilerin Alınması .....            | 129 |
| <b>Şekil 2. 17:</b> İşletmenin 2013 Yılı Basınç Dayanım Verilerinin Alınması ..... | 130 |
| <b>Şekil 2. 18:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 1. Grup KŞÖT Analizi .....           | 131 |
| <b>Şekil 2. 19:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 2. Grup KŞÖT Analizi .....           | 132 |
| <b>Şekil 2. 20:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 3. Grup KŞÖT Analizi .....           | 133 |
| <b>Şekil 2. 21:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 4. Grup KŞÖT Analizi .....           | 134 |
| <b>Şekil 2. 22:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 5. Grup KŞÖT Analizi .....           | 135 |
| <b>Şekil 2. 23:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 6. Grup KŞÖT Analizi .....           | 136 |
| <b>Şekil 2. 24:</b> 2013 Yılı Verilerine Göre 7. Grup KŞÖT Analizi .....           | 136 |
| <b>Şekil 2. 25:</b> İşletmenin 2014 Yılı Basınç Dayanım Verilerinin Alınması ..... | 137 |
| <b>Şekil 2. 26:</b> 2014 Yılı Verilerine Göre 1. Grup KŞÖT Analizi .....           | 138 |
| <b>Şekil 2. 27:</b> 2014 Yılı Verilerine Göre 2. Grup KŞÖT Analizi .....           | 138 |



## KISALTMALAR LİSTESİ

|               |  |
|---------------|--|
| <b>ACI</b>    | : American Concrete Institute              |
| <b>AHP</b>    | : Analitik Hiyerarşi Prosesi               |
| <b>AI</b>     | : Artificial Intellegence                  |
| <b>AKS</b>    | : Alt Kontrol Sınırı                       |
| <b>AOQL</b>   | : Average Outgoing Quality Limit           |
| <b>AUS</b>    | : Alt Uyarı Sınırı                         |
| <b>ANN</b>    | : Artificial Neural Network                |
| <b>ART</b>    | : Adaptive Resonance Theory                |
| <b>ARTEGL</b> | : Artan Eğilim                             |
| <b>ASKAY</b>  | : Aşağı Ani Kayma                          |
| <b>AZLEGL</b> | : Azalan Eğilim                            |
| <b>BAM</b>    | : Bidirectional Associative Memory         |
| <b>BM</b>     | : Bulanık Mantık                           |
| <b>BT</b>     | : Benzetilmiş Tavlama                      |
| <b>CBS</b>    | : Coğrafi Bilgi Sistemleri                 |
| <b>CCPR</b>   | : Control Charts Pattern Recognition       |
| <b>CUSUM</b>  | : Cumulative Sum Control Charts            |
| <b>ÇKA</b>    | : Çok Katmanlı Algılayıcı                  |
| <b>DVK</b>    | : Doğrusal Vektör Kuantizasyon             |
| <b>FL</b>     | : Fuzzy Logic                              |
| <b>GA</b>     | : Genetik Algoritmalar, Genetic Algorithms |

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| <b>HBD</b>    | : Hedef Basınç Dayanım                |
| <b>İMKB</b>   | : İstanbul Menkul Kıymetler Borsası   |
| <b>İSK</b>    | : İstatistikî Süreç Kontrolü          |
| <b>KGS</b>    | : Kalite Güvence Sistemi              |
| <b>KŞÖT</b>   | : Kontrol Şemaları Örüntü Tanıma      |
| <b>LDL</b>    | : Low Density Lipoprotein             |
| <b>LVQ</b>    | : Linear Vector Quantization          |
| <b>MATLAB</b> | : MATrix LABoratory                   |
| <b>MÇ</b>     | : Merkez Çizgi                        |
| <b>MLP</b>    | : Multi Layer Perceptron              |
| <b>MSE</b>    | : Mean Square Error                   |
| <b>NARX</b>   | : Nonlinear Autoregression            |
| <b>NOR</b>    | : Normal                              |
| <b>OÇS</b>    | : Ortalama Çalışma Süresi             |
| <b>OOKS</b>   | : Ortaya Çıkan Ortalama Kalite Sınırı |
| <b>RBN</b>    | : Radial Based Network                |
| <b>PNN</b>    | : Probabilistic Neural Network        |
| <b>ROC</b>    | : Receiver Operating Charecteristics  |
| <b>SA</b>     | : Simulated Annealing                 |
| <b>SOM</b>    | : Self Organizing Map                 |
| <b>SPK</b>    | : Sermaye Piyasası Kanunu             |
| <b>TAA</b>    | : Tabu Arama Algoritmaları            |
| <b>TEC</b>    | : Tekrarlayan Çevrim                  |

|              |   |
|--------------|---|
| <b>THHB</b>  | : Türkiye Hazır Beton Birliği                 |
| <b>TKY</b>   | : Toplam Kalite Yönetimi                      |
| <b>TSA</b>   | : Tabu Search Algorithms                      |
| <b>TS EN</b> | : Beton Kullanıcısına Yönelik Beton Standartı |
| <b>US</b>    | : Uzman Sistemler                             |
| <b>ÜKS</b>   | : Üst Kontrol Sınır                           |
| <b>ÜUS</b>   | : Üst Uyarı Sınırı                            |
| <b>VAR</b>   | : Vector Autoregression                       |
| <b>YSA</b>   | : Yapay Sinir Ağları                          |
| <b>YUKAY</b> | : Yukarı Ani Kayma                            |
| <b>YZ</b>    | : Yapay Zeka                                  |

## GİRİŞ

Üretim, ülke ekonomisinin temel taşıdır. Üretimde verimlilik ve kalite, ekonomik yapının güçlendirilmesinde önem arz etmektedir. Türkiye, teknoloji çağının gereklerini yerine getirerek sanayi ve endüstri alanında ekonomisini güçlendirmeye çalışan, gelişmekte olan ülke örneklerinden birini temsil etmektedir. Bu kapsamda, modern teknolojiyi bünyelerinde bulundurabilen ülke işletmeleri küreselleşen dünya pazarlarında varlıklarını sürdürme ve geliştirme yeteneğine ulaşabilmektedirler.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra seri üretimin yaygınlaşması, pazarları ve tüketici isteklerini değiştirmiştir. Küreselleşme ile birlikte ekonomik sınırların ortadan kalkması tüm dünyada sadece bir pazarın oluşmasına sebep olmuştur. Pazar büyümekte ancak her geçen gün yeni üreticiler pazara katılmaktadır (Kaya vd., 2005:93). Pazarlamacılar, temelde potansiyel tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını zamanında, yerinde ve uygun koşullarda tatmin etmek amaç ve zorundadırlar. Buna göre tüketici tatmininin sağlanması ve uzun dönemli kılınması, modern pazarlama anlayışının özü olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle pazarlama yöneticisi için en rasyonel yol, mevcut ve potansiyel tüketicilerin ihtiyaç ve isteklerini tatmin etmek suretiyle karını arttırmaktır. Ancak, bu karı uzun dönem devam ettirip garanti altına alabilmek için tüketicilerin istedikleri kalitede bir malı onlara sunması gerekmektedir. Bu nedenle, bir ürün tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını tatmin edecek bir kaliteye sahip olmalıdır (Çınar, 1990:187). Rasyonel, verimli bir çalışma sonucu yapılan kaliteli üretim daha ucuza mal olmakta, maliyette tasarruf önemli boyutlara ulaşabilmekte; bundan üretici, tüketici ve ulusal ekonomi faydalanmaktadır (Öztekin, 1989: 90).

Kalite, işletme stratejilerinin en önemli ve en karmaşık bileşenidir. Müşteriler kalite arayışında, pazarlar kaliteyle biçim değiştirmekte ve işletmeler kalite rekabetindedir. Kalite ulusların ekonomik büyümesi, işletmelerin verimliliği ve

müşteri tatmini için öncülük eden en önemli anahtar güçtür. Bu geniş alan içerisinde kalite, işletme uygulamaları, pazarlama, yönetim, iktisat, mühendislik, süreçler, strateji ve müşteri araştırmaları gibi alanları içeren pek çok disiplinin içine yayılmaktadır (Golder vd, 2012: 1).

Üretimde ortaya çıkan hatalar ürün kalitesini ve üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle işletmelerde kalite birimlerinin, öncelikle kalite hatalarının ortaya çıkmasını önlemek amacıyla çalışmalar yapması gerekmektedir. Kalite birimlerinin daha sonraki faaliyetleri ise alınan tüm önlemlere karşın üretimde bir hata çıkarsa bu hatanın en kısa zamanda fark edilmesini sağlamak ve hatayı yok etmek için faaliyetlerde bulunmak olarak özetlenmektedir. Bu faaliyetler iyileştirme faaliyetleri olarak isimlendirilmektedir (Kaya ve Erdoğan, 2008:135). Kalite iyileştirme, verimlilik artışı, hata oranlarının azalması ve başarısızlıkları azaltma gibi eylemleri içeren sorunların azalmasını sağlamaktadır (Juran, 1955:3).

Üretim sürecinin iyileştirilmesinde, hatalı üretimin azaltılmasında, mühendislik verilerinin değerlendirilmesinde ve üretim/hizmet organizasyonların kontrolünde yaygın olarak kullanılan istatistiki teknikler, daha üst düzeyde ve daha değişmez bir kalite, hataları ve onların sebeplerini tanımlama, hataları oluşmadan önce tahmin edebilme, yeniden işleme ve hurdanın azaltılması ile daha az kayıp, tasarım toleranslarının iyileştirilmesi, uyumlu çabalar sonucunda fabrika içi ilişkilerin iyileştirilmesi konularında önemli üstünlükler sağlamaktadır (Ryan, 2011:3; Sağbaş vd., 2009:180). Bunun için de malzeme, yöntem, ürün, makine ve süreçteki değişimleri kontrol altına alarak nicelik ve nitelik özelliklerini ölçmek amacıyla sayısal verilerle sonuçlara ulaşmayı hedeflemektedir. Geleneksel olarak üretim sürecinde ürünlerde oluşan hataların ve sürecin kararlılığını bozan nedenlerin bulunması ve giderilmesi için İstatistiki Süreç Kontrolü (İSK)\* yöntemleri kullanılmaktadır (Öztürk vd., 2007:1207). Bu yöntemler “Ishikawa’nın Yedi Temel

---

\* Literatürde İstatistiki Proses Kontrolü (İPK) olarak da geçmektedir. Bu araştırmada İSK kullanılmıştır.

Aracı” olarak da bilinen; sınıflandırma, çetele, histogram, pareto analizi, neden-sonuç diyagramları, serpilme grafiği ve kontrol şemalarıdır (Shanin vd., 2010:184). Bu araçlar kullanılarak, kontrol edilebilir faktörlerdeki değişimlerin ürün özelliklerinde değişiklik ve kalite sorunlarına neden olması durumunda önceden bazı önlemler almak mümkündür. Üretim sürecinde hatalı ürünlerin oluşma nedenleri, bir üründe hatanın oluşup oluşmayacağı tahmin edilebilmesi ve hata oluşumunu en çok etkileyen üretim süreci parametrelerinin belirlenmesi, veri analiziyle kolaylaşmaktadır (Öztürk vd., 2012:1). Bu da ürünün bir kalite karakteristiğinin belirlenmesi ve üretim hattındaki süreçlerin bu karakteristik kapsamında izlenmesi ile mümkün olmaktadır ki bunu sağlayan en önemli araçlardan birisi kontrol şemalarıdır. Kalite karakteristiği sürekli ölçülerek, ölçülen değerler kontrol şeması üzerine yerleştirilmekte, yorumlanmakta ve süreç hakkında kararlar verilmektedir. Bu yorumlar, önceden belirlenmiş bazı kuralları kullanarak yapılmakla birlikte kontrol şemaları üzerinde oluşan şekillerin yorumlanması ile de gerçekleştirilmektedir (Öztemel, 2012:126). Bir süreç eğer bir nokta kontrol sınırlarının dışına çıkarsa ya da normal olmayan bir örüntü sergilerse kontrol dışı olarak değerlendirilmektedir. Normal olmayan örüntülerin analizi kontrol şemalarının önemli bir durumudur ve bu örüntüleri tanıma, değişkenliğe sebep olan potansiyel nedenleri belirlemek için İSK içerisinde önemli bir görevdir. Bununla birlikte, kontrol altındaki süreç koşullarını sürdürmek için gerekli düzeltici önlemlerin zamanında alınması için gereklidir ve sistemin davranışlarını görüntülemeyi gerçekleştirmektedir (Bargash ve Santarisi, 2004:636; Cheng ve Cheng, 2009:311).

Günümüz üretim sistemleri, klasik kontrol şemalarıyla açıklanamayacak kadar karmaşıklaşmıştır. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, karmaşık ve büyük ölçekli problemleri karar verme yöntemleri kullanılarak çözmeyi mümkün kılmıştır (Mitra, 2008:7). Bu nedenle süreç verilerinin çevrim içi (üretim süresince) saklandığı ve analiz edildiği günümüzün otomatik üretim ortamında kalite kontrol için otomatik örüntü tanıma geliştirme ihtiyacı gerekli olmaktadır ve kalite iyileştirme sürecinde de

kullanılan yapay zeka teknikleri ile oluşturulan sistemler sayesinde bu işlemler daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Böylece işletmeler için önemli olan zaman faktöründen de kazanım sağlanmaktadır (Kaya vd., 2005:93).

Uygulama bölümünde; hazır beton üretimi yapan bir işletme için beton kalitesinin en belirleyici özelliği olan beton basınç dayanımı verileri kullanılarak, sürecin kontrol altında olup olmadığını gösteren şekilleri yapay sinir ağları yoluyla tanıyan kontrol şemaları örüntü tanıma sistemi anlatılmıştır.

Beton, dünyada sudan sonra en çok kullanılan üründür. Bununla birlikte kaliteli yapılaşma için en temel yapı malzemesi olmasına karşın gerektiği kadar önem gösterilmemektedir (Güleryüz, 2012:14). Türkiye’de en yaygın şekilde kullanılan taşıyıcı yapı malzemesidir. Bu nedenle, ülkemizde depreme karşı güvenli yapılar oluşturulabilmesi için kaliteli beton kullanılması büyük önem arz etmektedir. Kaliteli betonun sağlanabilmesi ise beton üreticisinin hammadde girdisinden doğru organizasyon yapısına kadar uygun bir üretim kontrol sistemi oluşturması ve bunun üretim yerinde denetlenmesi ile elde edilebilmektedir (Özkul vd, 2011:77). Ülkemizde hazır beton üreten firmaların en önemli sorunu kalite ile ilgilidir ve bunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ancak bu faktörlerin sayısal değerlerinin istatistiki olarak ele alınması ve değerlendirilmesi ile kalite sorunları en aza indirgenebilmektedir. Hazır beton üretiminin kalitesine yönelik bu çalışma, kentleşme altyapısı ve süreci henüz tamamlanmamış olan Türkiye için önem arz eden konuların başında gelmektedir. Elde edilen sonuçların üretime yansması, sektörün daha aktif ve istenilen düzeyde verim almasını sağlayacaktır. Böylelikle en uygun yaşam standartlarının oluşmasında büyük önem taşıyan bu yapı materyalinin Türkiye ölçeğinde daha verimli ve güvenli bir şekilde üretimine katkı sağlanmış olacaktır.

Bu anlamda, hazır beton üreten bir işletmenin kalite kontrolünde yapay sinir ağları uygulamasını gösteren bu çalışma başlıca şu bölümlerden oluşmaktadır: Giriş bölümünün ardından kuramsal temellere yer verilen birinci bölümde, genel olarak kalite, kalite kontrol, kalite iyileştirme süreci, istatistiki kalite kontrolü ve kontrol

şemaları açıklanmaktadır. Bu çalışmanın anahtar kavramı olan YZ teknikleri, YSA kavramları tanıtılmakta, YSA modelleri ve uygulamaları açıklanarak kalite kontrol konusundaki çalışmalarda uygulanan yapay sinir ağı modelleri ve sonuçlarına yer verilmektedir. Bir YSA modelinin tasarım aşamaları ve bu araştırmada kullanılan YSA modelinin yapısı da bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Uygulamayı içeren ikinci bölümde ise beton üretimi yapan bir işletmenin kalite karakteristiklerinden biri olan ortalama basınç dayanımı verileri düzenlenmekte ve birinci bölümde açıklanan YSA tasarım aşamalarına uygun olarak model kurulmakta ve uygulanmaktadır. Bundan sonra, ortaya çıkan en iyi YSA'ya ait ağırlık değerleri modelin algoritmasına göre kodlanarak uygulama görsel bir yazılıma dönüştürülmekte ve işletmenin süreç kontrolü yapılmaktadır. Sonuç bölümünde ise uygulanan YSA modelinden elde edilen bulgular yorumlanarak bazı önerilere yer verilmektedir.



## 1. KURAMSAL TEMELLER

### 1.1. KALİTEYE İLİŞKİN TANIM, KAVRAM VE TARİHSEL GELİŞİM

Günümüz işletmelerinde üretilen ürünlerin kalitesinin artırılması ve kabul edilebilir bir düzeye çıkarılması büyük önem arz etmektedir. Üretilen ürünlerin ihraç edilebilmesi ve dış pazarlarda satılabilmesi bu pazarların kabul edeceği kalite standartlarında ürün üretilmesine bağlıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin yeni pazarlara girebilmesi ve bu pazarlarda rekabet edebilmeleri, ürettikleri ürünlerin kalitesiyle ilgilidir (Tekin ve Güleş, 1994:235). Bu doğrultuda; kalite, alıcının ödemeyi kabul edeceği bir fiyatla memnuniyet verecek bir ürünün tasarlanması ve üretilmesi için kullanıcının gelecekteki ihtiyaçlarının ölçülebilir karakteristikler haline getirilmesidir. Tüketici istek ve ihtiyaçlarının değiştiği, yeni rakiplerin ortaya çıktığı, kullanılacak yeni malzemeleri olduğu, bunlardan bazılarının eskilerinden daha iyi bazılarının daha kötü olduğu, bazılarının eskilerinden daha ucuz bazılarının da daha pahalı olduğu görüldüğünde bunu yapabilmek zor olmaktadır (Çağlar ve Kılıç, 2006:4). Bu hususlar, kaliteye olan yaklaşımı da değiştirmekte, çeşitli yayınlarda, endüstride ve günlük yaşantımızda kalite ile ilgili konularda bir kavram birliğinin bulunmadığı görülmektedir. Bu nedenle kalite ile ilgili bazı tanımlar aşağıdaki gibidir.

Kalite (Qualites), Latince “nasıl oluştuğu” anlamına gelen “qualis” kelimesinden türemiştir ve bir ürünün, istenen görevi daha iyi yapabilme (müşteri beklentilerini azami düzeyde sağlayan) ya da her zaman aynı şekilde yapabilmesi (sürekli iyileştirme) için sahip olması gereken özellik olarak tanımlanmaktadır (TÜİK, 2011:1). Bir başka tanımda kalite; müşteriye uygunluk, şartlara uygunluk, tüketici isteklerine uygunluk, ürün ya da hizmetin ihtiyacı karşılayabilme yeteneğini ortaya koyan karakteristiklerin tümü olarak ifade edilmektedir. Kalitenin ürün ve hizmette performans, uygunluk, güvenilirlik, dayanıklılık, hizmet görürlük, estetik, itibar gibi çeşitli boyutları ise ikinci derecedeki diğer unsurlardır (Çağlar ve Kılıç,

2006:4; Mucuk, 2003:175; Tekin, 2007:3,6). Kalite, ölçüm doğruluğu ve kesinliği temelinde seçilmiş özellikler dizisidir (Shewfelt, 1999:198).

Juran ve Godfrey, kalite kelimesinin anlamını kritik önemi olan iki konuyla açıklamaktadır. Birincisi, kalitenin müşteri istekleri ve müşteri memnuniyetini sağlayan “ürünlerin özellikleri” anlamıdır ki bu anlamıyla kalite gelire yöneliktir. Daha yüksek kalitenin amacı, daha çok müşteri memnuniyeti sağlamak ve gelirleri artırmaktır. Bunu sağlamak için bir yatırım gereklidir ve bu nedenle maliyetlerde artış olmaktadır. Daha yüksek kalite, “daha çok maliyet” anlamına gelmektedir. İkincisi, müşteri memnuniyetsizliği, müşteri şikayetleri, üretimde ortaya çıkan ya da yeniden üretimi gerektirecek hataların olmaması anlamına gelen “hatalardan arınmışlık ya da kusursuzluk” anlamıdır. Bu anlamıyla kalite maliyete yöneliktir ve daha yüksek kalite, “daha düşük maliyet” anlamına gelmektedir (Juran ve Godfrey, 1998:2.1).

Günümüzdeki kalite kavramının işletmelerde üretim faaliyeti kadar uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Bu nedenle kalitenin tarihsel gelişimi şöyle özetlenebilir (Çağlar ve Kılıç, 2006:8-12; Bozkurt, 2010:22-25; Ekinci, 2011:7):

Kalite ile ilgili kayıtların M.Ö. 2150 yılına, Hammurabi yasalarına dayandığı tahmin edilmektedir. Bu dönemde şikayetlerin karşılanması ve ticari insafın oluşturulması ana konu olmuştur. Taş devrinde ise insanlar, bilinmeyi bir standart parçayla kontrol ederek kalite kontrolün en ilkel biçimlerinden birini gerçekleştirmişler ve kalite kontrolle ilgili ilk uygulamalar, ziraatla uğraşan topluluklarda ürünün gözle muayene edilerek uygun olanın alınması şeklinde bizzat tüketiciler tarafından yapılmıştır. Medeniyetin ilerleyen yıllarında, kasaba gibi şehirlerde belirli pazar yerleri oluşmaya başlayınca, müşteri tarafından yapılan seçim ustanın hünerine ve şöhretine göre olmuştur. 13. yy. boyunca çıraklık ve esnaf loncaları gelişmiş, ustaların eğitici ve muayene görevleri ortaya çıkmıştır. Loncalar tarafından hammaddeler, süreçler ve ürünler için özellikler geliştirilerek, lonca

üyelerinin bunlara uymaları istenmiştir. Ortaçağ Avrupası'ndan Rönesans dönemine geçiş ise standart parça üretiminin ve kullanımının ilk örneği olmuştur.

Bilimsel yönetimin öncülüğünü yapan Frederic Taylor, modern endüstriyel sistemlerin ortaya çıktığı 19.yy.'da planlama ve yönetim fonksiyonunu yöneticilere, uzman kadrolara devrederek işçi ve ustaları bu fonksiyonun dışında tutmuştur. 20.yy.'ın başlarında Henry Ford, montaj hattı üretimi ile karmaşık işlemleri bölmüş ve düşük maliyette yüksek düzey teknik ürünlerin üretimini gerçekleştirmiştir. 1920-1940 yılları arasında endüstriyel teknolojinin hızla değişim göstermesi, bölümler arası uyum eksikliğini, ürün üzerindeki kusurların boyutunu net bir şekilde göstermiş ve böylece kalite kontrol muayene mühendisliği kurulmuştur. Hata miktarı ve cinslerinin tespiti ile ilgili olan bu kontrol, aynı zamanda İSK'nın da temelini oluşturmuştur. 1924 yılında bir matematikçi olan Walter Shewhart, seri üretim ortamlarında kalitenin ekonomik kontrolü için bir yöntem olan İSK kavramını gündeme getirmiş, bu amaçla kalite kontrolü için şemalar kullanılmaya başlanmıştır. Shewhart tarafından geliştirilen şemalar sayesinde, bir sürecin ne kalitede çıktı ürettiği, ne denli güvenilir olduğu ve kontrol altında olup olmadığı anlaşılabilir hale gelmiştir.

II. Dünya Savaşı, kalite teknolojisinin gelişmesini hızlandırmıştır. Üretilen ürünlerin kalitesinin iyileştirilmesi gereksinimi, kalite kontrol konusundaki çalışmaların artmasına ve daha çok bilgi paylaşımına yol açmıştır. 1946 yılında Amerikan Kalite Kontrol Derneği (American Society for Quality Control) kurulmuştur. 1950'li yıllarda William Edwards Deming, çıktılarının değil bizzat sürecin kendisinin önemli olduğunu öne sürerek kaliteye yeni bir boyut kazandırmıştır. Kalite konusuna Deming kadar katkısı olan bir diğer uzman da Dr. James Juran'dır. 1951 yılında yazdığı Kalite Kontrol El Kitabı (Quality Control Handbook) kitabında Juran'a göre kalitenin önemi kaçınılmaz ve kaçınılmaz maliyetlerden oluşmaktadır. 1956 yılında A. V. Feigenbaum toplam kalite kontrolü kavramını ortaya atmış, kalitenin sadece üretim bölümüne yönelik değil tasarımdan satışa kadar bir işletmenin tüm bölümlerine yönelik olması gerektiğini ileri

sürmüştür. O zamana kadar kaliteye yönelik çalışmalar önlemeye değil düzeltmeye yönelik olmuştur.

Ishikawa'ya göre kalite, herkesin işidir ve işletmeler tasarımdan satışa ve satış sonrası hizmete kadar bütün bölümlerde daha iyi kalite elde edilmesi için çaba göstermelidirler. Ishikawa bunun sağlanması için sürekli iyileştirmelerde bulunma anlayışına dayanan kalite kontrol çemberlerini kurmuş ve işçi eğitimi çalışmalarını başlatmıştır. 1980'li yılların başlarında kalite, işletmelerin bütün fonksiyonlarına girmeye başlamıştır. İşletmeler artık sadece üretime değil işletmedeki sistemin bütününe kalite odaklı olarak yaklaşmaya başlamışlardır.

1990'lı yıllar dünya ülkelerinin, sorunlarına birlikte çözüm arama istekleri ve bunun sonucu olarak da küreselleşme olarak adlandırılan bir noktaya geldiğinde, ilk defa Henry Ford tarafından 1926 yılında dile getirilen, ancak o yıllarda çok fazla ilgi görmeyen Toplam Kalite Yönetimi (TKY) kavramı ortaya çıkmıştır. F. Taylor, W. A. Shewhart, E. Deming, J. M. Juran, P. B. Crosby ve A. V. Feigenbaum gibi bilim adamı ve araştırmacıların önemli katkıları bulunan TKY, II. Dünya Savaşı'ndan sonra yeniden ön plana çıkmış ve bu modeli hızla benimseyen Japonya'nın beklenmedik yükselişinde kilit rol oynamıştır. TKY, yönetim alanında önemli bir değişimi öngörmekte ve "insan merkezli" bir model olarak ortaya çıkmaktadır. Sıfır hata ilkesini temel alan model, hammadde aşamasından başlayıp işletmeye girdi sağlayan tedarikçiler, müşteri şikayetleri ve satış sonrası hizmetleri de içeren bir süreç olup sadece endüstriyel alanda değil eğitim, sağlık, yönetim, hizmet gibi toplumu ilgilendiren her alanda mükemmelle ulaşmayı amaçlayan bir anlayıştır. Bu model, çok başarılı bir yönetim felsefesi olmakla beraber mükemmelle ulaşmak amacıyla yeni arayışlara devam edilmiş ve süreç içinde "Altı Sigma" modeli geliştirilmiştir (Coşkun, 2009:72; Paşaoğlu, 2011:6-14; Tekin, 2007:118,129).

1920'li yıllarda Walter Shewhart kendi adıyla bilinen Shewhart grafiklerini geliştirerek ortalama değerden 3 standart sapmanın (3 Sigma) kabul edilebileceğini ileri sürmüş ve buna göre üretim yapılan birimlerde elde edilen ürünlerin

%99.6'sının istenilen özelliklere sahip olması yeterli kabul edilmiştir. Ancak gelişen teknolojiye paralel olarak artan üretim kapasitesi ve müşteri memnuniyeti sağlama amacı dikkate alındığında bu başarının pek de kabul edilebilir olmadığı görülmüş ve 1980'li yılların ortalarında Bob Galvin ve Bill Smith tarafından kusurları azaltmak ve ürünlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla Altı Sigma kavramı geliştirilmiştir. Buna göre Shewhart'ın koyduğu % 99.6'lık başarı çitası ancak milyonda 3.4 oranında hatanın kabul edilebileceği bir noktaya yükseltilmiş ve bu hedefe ulaşmak için yeni bir anlayış benimsenmiştir (Coşkun, 2009:73). Gelişim süreci üç dönemde incelenen Altı Sigma'nın ilk devresi 8 yıllık bir süre içinde (1987-1994) kusurlardaki azaltmayı odak noktası olarak ele almıştır. İkinci devre Altı Sigma kısa süre için 1994 ile 2000 yılları arasında uygulanarak maliyeti azaltma amacına odaklanırken üçüncü devrenin odak noktasını müşteri değerini yaratmak oluşturmaktadır (Ballıoğlu, 2014:11).

## **1. 2. KALİTE KONTROLÜN TANIMI VE AMAÇLARI**

Son yıllardaki gelişmelerle örgütün tamamının sorumluluğunda olan kalite denetim işlemleri, neyin kabul edilmeyeceğinin tanımlanması, kalite kontrol yordamının değerlendirilmesi ve diğer önemli sorumlulukları içeren yöntemlerden oluşmaktadır (Özdamar, 2006:11). Önceleri, işi yapan kişi aynı zamanda yaptığı işin kalite kontrolünü de yaparken, üretimin hızla artması işletmelerde ayrı bir kontrol ekibinin kurulmasını gerektirmiştir. Dr. Shewhart'ın çalışmaları sonrasında ise kalite kontrol bilimsel yöntemlerin (istatistikî kural ve teorilerin üretimin tüm aşamalarında sürekli olarak kullanılması, örnekleme yöntemleri, kayıt sistemleri, hata değerlendirme ve hata önleme faaliyetleri vb. gibi) kullanıldığı yeni bir dal olarak karşımıza çıkmaktadır. Taylor ile başlayan endüstriyel gelişmeler, Shewhart, Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa gibi birçok bilim adamının kalite geliştirme çalışmalarıyla desteklenerek kalite ve verimlilik birbirinden ayrılmaz ikili haline gelmiştir (Kaya, 2001:1).

Geleneksel tanımı ile kalite kontrol, üretilen malın kalitesinin ölçülüp daha önce ortaya konan standartlarla karşılaştırılması ve varsa aradaki farklılığın

giderilmesi için gereken işlemlerin tamamıdır (Kahraman ve Kayadelen, 2004:218). Üretimin her aşamasında olduğu kadar, ondan önceki ve sonraki faaliyetlerde de etkili olan geniş kapsamlı bir işletme fonksiyonudur. İşletmede, kalite kontrolü ile ilgili bölümler pazarlama, satış, ürün tasarımı, üretim ve üretim süreç kontrolüdür (Kobu, 1999:471).

Kalite kontrolün temel faydaları şöyledir (Mucuk, 2003:221):

- Kalite kontrolü, her şeyden önce, üretimi planlama ve uygulama sürecince hatalar varsa bunların önceden saptanmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede düzeltici tedbirler alınarak tüm üretilen ürünlerin hatalı olması önlenerek işgücü, materyal ve zaman israfı engellenmektedir.
- Kalite kontrolü, yasal şartlara uygunluğu sağlamaktadır. Çoğu kez ürünün sağlık, güvenlik gibi nedenlerle yasalarla konulmuş zorunlu standartlara göre üretilmesi gerekmektedir. Bunu da titizlikle uygulanması gereken kalite kontrolü gerçekleştirmektedir.
- Kalite kontrolü, pazara sunulan ürünün tüm birimlerinin standart olmasını, bir başka ifadeyle aynı ölçüde, nitelikte ve tipte olmasını sağlamaktadır. Yasal zorunluluğun olmadığı çeşitli durumlarda standardizasyon önem arz etmekte ve gerekli olmaktadır. Bununla birlikte standardizasyon, tüketicide ürüne ve onu üreten işletmeye güveni de sağlamaktadır.

Kalite kontrol fonksiyonu 4 ana aşamadan oluşmaktadır (Kobu, 1981:15):

1. Standartların Kurulması: Tepe yönetimi politikaları, tüketici istekleri ve teknolojik olanaklar göz önüne alınarak ürün kalitesini ilgilendiren maliyet, güvenilirlik ve performans standartları saptanmaktadır.
2. Uygunluk Sağlanması: Üretilen ürünün kalite özelliklerinin önceden saptanan standartlara uygunluğu sağlanmaktadır.

3. Düzeltici Kararlar Alınması: Standartlardan kabul edilme sınırları dışına taşan sapmalar meydana geldiğinde gerekli düzeltici kararlar alınmaktadır.
4. Geliştirme çalışmaları: Kalite ile ilgili maliyet, güvenilirlik ve performans standartları geliştirilmekte, yeni yöntem ve teknolojik olanaklar araştırılmaktadır.

Bu amaçları gerçekleştirmek için kalite kontrol işlemlerinde temel olarak iki tür araç kullanılmaktadır:

- Kabul Örnekleme
- Kontrol Şemaları

Kabul örnekleme, herhangi bir ürün ya da hizmet hakkında kabul ya da ret kararı verilmesi için muayene ve ölçme işlemleriyle ham madde, yarı mamul ve mamullerden belirli miktarlarda örnekleri alarak örneği temsil eden partinin belirli bir riskle kabulünü ya da reddini sağlayan bir sistemdir. Kabul örneklemesinin amacı, söz konusu yığın kalitesini tahmin etmek değil, bu yığının kabul ya da ret kararı için yol göstermektir. Bu durum kalite düzeyi hakkında emniyet sağlamaktadır (Özdemir, 2000:165).

Kontrol şemaları, belirli ve eşit zaman aralıklarında örneklemlerden elde edilen değerlerin zaman içindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir. Kontrol şeması, sürecin durumunu izlemekte ve süreçte herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağını tespit etmektedir (Özdemir, 2000:88).

### **1.3. KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİ**

Üretimde ortaya çıkan hatalar ürün kalitesini ve üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, aynı zamanda üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle işletmelerde kalite birimlerinin, öncelikle kalite hatalarının

ortaya çıkmasını önlemek amacıyla çalışmalar yapması gerekmektedir. Bu faaliyetler iyileştirme faaliyetleri olarak adlandırılmaktadır (Kaya ve Erdoğan, 2008:135). Kalite iyileştirme; işletmelerin bir yandan ürün ya da hizmetlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirleyip ortadan kaldırmak öte yandan da müşteri memnuniyet düzeyini artırmak için yapmış oldukları çalışmalardan oluşan bir süreçtir (Çevik ve Aran, 2009:242). Küresel rekabet ortamının bir sonucu olarak, son yıllarda işletmelerde kalite ve kalite iyileştirme süreçleri daha fazla önem arz etmeye başlamıştır. İşletmeler artık belirli bir kalite seviyesinde üretim yapmak ve bunu sürekli iyileştirmek zorunda olduklarını öğrenmişlerdir (Kaya ve Ağa, 2004:448). İyileştirme için başlangıç noktası, iyileştirmeye olan ihtiyacın fark edilmesidir. Kalite birimlerinin daha sonraki faaliyetleri ise alınan tüm önlemlere karşın eğer üretimde bir hata çıkarsa bu hatanın en kısa zamanda fark edilmesini sağlamak ve hatayı yok etmek için faaliyetlerde bulunmak olarak özetlenmektedir (Kaya ve Erdoğan, 2008:135).

Ürün ve süreç tasarımında kalitenin geliştirilmesi konusunda en önemli katkılardan birini yapan Genichi Taguchi, istatistiki kavram ve araçlara, özellikle deney tasarımına dayalı kalite geliştirme için felsefe ve yöntem geliştirmiştir (Antony vd, 1998:169). Bu felsefeye göre kalite, üretimden önce tasarım aşamasında başlamakta ve iki temel ilkeye yer verilmektedir. Birinci ilke, tasarım sürecinde üründeki sapmaların azaltılmasının yaşamsal önemini içeren çevrim dışı kalite denetimini ve pazar araştırmasına dayanan kalite faaliyetlerini; ikinci ilke ise ürünün yeterli kalite düzeyine ulaşmaması durumundaki kayıp kavramını ve sistem, parametre, tolerans tasarımını konu alan tasarım kavramını içermektedir (Saat, 2000:98-99). Sürekli ve sonsuz süreç iyileştirme çalışmalarında yönetime yardımcı olacak bir diğer yöntem de “Deming Çevrimi” dir. İlk olarak W.A. Shewhart tarafından ortaya atılan ve Shewhart çevrimi olarak da bilinen bu teknik 1950 yılında Japonlar tarafından “Deming Çevrimi” olarak yeniden adlandırılmıştır. Deming Çevrimi planlama, uygulama, kontrol etme ve önlem alma olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır (Bozkurt, 2010:32).



#### 1. 4. İSTATİSTİKİ KALİTE KONTROL

İstatistik, çeşitli bilim dallarında yapılan araştırmaların bilgi toplama, düzenleme, sunma, analiz ve yorumlama aşamalarında kullanılan araştırma yöntemleri topluluğudur (Orhunbilge, 2000:1). Üretilen bir ürünün ölçülebilir kalitesi, bilimin konusunu oluşturan rasgelelik faktörüne bağlı olarak sürekli bir değişime uğramaktadır ve bu kararlı değişim kaçınılmazdır. Bunun dışındaki değişim nedenleri bulunup düzeltilebilmektedir. Kalite kontrolün “kontrol” fonksiyonunu sağlayabilmesi ancak istatistiki yöntemlerle olmaktadır (Bozkurt, 2003:26).

İstatistiğin kalite kontrolünde geniş uygulama alanı bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan II. Dünya Savaşında gerçekleşmiştir. Savaşın ortaya çıkardığı çeşitli ihtiyaçlar kalite kontrolünde kontrol şemalarının ve örnekleme ile yapılan kabul tesislerinin geniş çapta kullanılmasına neden olmuştur. Savaştan sonra gelişen endüstri, aynı eğilimin günümüze kadar sürmesini sağlamıştır (Kobu, 1999:510).

İstatistiki kalite kontrolün, kalite kontrolden farkı; tüm ürünlerin tek tek kontrol edilmesi yerine, tüm ürünlerin kontrol edilmesinin çok zor ve maliyetli olduğu yığın üretimlerin kalite kontrolleri yapılırken istatistiki biliminden yararlanılmasıdır (Toplan, 2008:4). Bu çalışmalarının yapılması; kalite özelliklerinde oluşabilecek sapmaların ortaya çıkarılması, buna bağlı olarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi, işgücü verimliliğinin artırılması, tüketicinin korunması açısından önemlidir ve iki farklı kontrol sürecinden oluşmaktadır (TÜİK, 2011:6):

- Süreç kontrolü,
- Ürün kontrolü.

Süreç Kontrolü, ürünün üretimi aşamasında yapılan kalite kontrolüdür ve “üretimde kalite kontrolü” olarak da adlandırılmaktadır. Üretim sürecinde ve üretim sonunda elde edilen ürünün kalitesini ölçmek amacıyla istatistiki süreç kontrolü çalışmaları yapılmaktadır (TÜİK, 2011:6). Bir ürünün en ekonomik ve yararlı

biçimde üretilmesini sağlamak amacı ile istatistiki prensip ve teknikler üretimin tüm aşamasında kullanılmaktadır (Yücel, 2007:1). Kontrol şemaları, bir sürecin kalite kontrolünün yapılmasında kullanılan önemli bir araçtır.

Ürün Kontrolü ise, kullanıcıların istekleri doğrultusunda kullanılmak üzere üretilen ürünlerin kontrolüdür ve kabul örnekleme yardımı ile yapılmaktadır. Ürün kontrolünde, önceden belirlenmiş bazı karar ölçütlerine dayanarak kabul ya da ret kararı verilmektedir (TÜİK, 2011:6).

## **1. 5. KONTROL ŞEMALARI**

Bu araştırmada, kavram için “Kontrol Şemaları” ifadesi esas alınmıştır. Bununla birlikte literatürde, kontrol diyagramları, kontrol grafikleri, kontrol kartları ifadeleri de kullanılmaktadır. İngilizce’de “Control Charts” olarak bilinmektedir.

Bir üretim sürecinin temel amacı, çeşitliliklere uygun ürün üretmektir. Üretim planlaması ile elde edilen yeterli süreç düzeyinin korunabilmesi ancak etkin bir süreç kontrolü ile sağlanabilmekte ve süreç kontrolünün istatistiki yöntemlerle ekonomik, güvenilir biçimde gerçekleştirilmesinde kullanılan başlıca araç ise kontrol şemalarıdır (Özdemir, 2000:88).

### **1. 5. 1. Kontrol Şemalarının Açıklaması ve Tanımı**

Herhangi bir ürünün ya da hizmetin müşteri isteklerini karşılayacak kalite düzeyinde elde edilebilmesi, belirlenen hedefe ulaşılabilmesi için gerekli faaliyetler ile makine, alet/donanım, yöntem, malzeme ve işgücü gibi faktörlerin sistematik bir şekilde planlandığı sistemin tümüne süreç denmektedir (Doğan ve Topoyan, 2013:4). Bir üretim süreci ne kadar iyi bir şekilde tasarlanmış olursa olsun, doğal olarak bir değişkenliğe sahiptir. Değişkenlik, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanmakta; değişkenliğin nedenleri, genel nedenler ve özel nedenler olarak ifade edilmektedir. Değişkenliğin genel nedenleri, birçok küçük kaynaktan oluşan, sürecin doğasında bulunan, tesadüfen ileri gelen ve kaynağı tespit edilemeyen faktörlerden

oluşan farklılıklardır. Bu grupta herhangi birinin tek başına etkisi o kadar küçüktür ki varlığı ya da yokluğu ürünün kalitesinde pek fark yaratmamaktadır. Değişkenliğin özel nedenleri ise belirsiz bir kaynaktan oluşmaktadır, süreçte beklenenin dışında büyük değişiklikler meydana getirmektedir. Bu tür nedenler önceden tahmin edilemez, düzenli değildirler ve önlem alınmadıkça tekrar etmektedirler. Özel nedenlerin ortaya ne zaman çıktığı bilinirse kolaylıkla tespit edilebilmekte ve düzeltilebilmektedir (Durman ve Pakdil, 2012:2-3; Olgun, 2011:8).

Kontrol şemaları, değişkenliğin şansa bağlı mı yoksa kontrol edilebilir bir özelliğe bağlı mı olduğunu ortaya çıkarmakta, sürecin ilerletilmesi ile ilgili bilgi sunmaktadır (Kahraman ve Kayadelen, 2004:218; Kaya ve Ağa, 2004:453). Süreç değişkenlerinin analizi, bu değişkenlere bağlı olarak süreç yeterliliğinin belirlenmesi, bu değişkenlerin müşteri gereksinimleri ile süreç performansı arasındaki fark üzerindeki etkisinin izlenmesi için kullanılan istatistiki bir araçtır (Özdamar, 2006:63).

İlk olarak Shewhart tarafından 1925 yılında Amerikan İstatistik Derneği Dergisi'nde tanıtılan kontrol şemaları, yıllar içinde kolay kullanımı ve diğer şemalara göre sapmaları daha hızlı bulması nedeniyle İSK'da çok geniş bir uygulama alanı bulmuş; süreç ortalamasını ve değişiklikleri görüntülemek için güçlü bir araç olmuştur (Yi, 2001:5; Cheng, 1995:51). Tanım olarak, üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisinde gösterdikleri değişimlerin izlendiği şemalar olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle bir kontrol şeması, cevap değişkeninin değişebilirliğinin bir grafiğidir (TÜİK, 2011:6).

Kontrol şemaları iyileştirme sürecinde aşağıda verilen nedenlere bağlı olarak değerli bilgiler üretmektedir (Benneyan, 1998:70):

- İstatistiki kontrol sınırlarını saptama ve test etme,
- Kalite sonuçları ve süreç değişiklikleri için süreç yönetimini görüntüleme,

- Süreç iyileştirme fırsatlarını tanımlama, test etme ve doğrulama.

### 1. 5. 2. Kontrol Şemalarının Yapısı

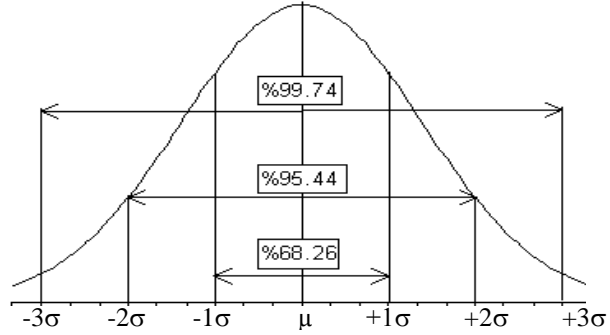
Doğada ve insanın etkisi bulunan sosyal ve teknik çevrede pek çok olayda değişkenlerin normal dağılım gösterdiği bilinmektedir. Bu gerçeğin yanı sıra istatistiğin önemli bulgularından biri olan *Merkezi Limit Teoremi* de normal dağılımın uygulama alanını genişletmiştir. Bu teoreme göre; bir değişkenin dağılım tipi ne olursa olsun, ana küleden alınan yeterli büyüklükteki örnek gruplarının ortalamaları normal dağılmaktadır. Böylece farklı tipte dağılım gösteren pek çok olayı özellikleri iyi bilinen ve hesaplama kolaylığı bulunan normal dağılım kurallarıyla incelemek mümkündür (Kobu, 1982:569).

Diğer taraftan, aslında normal olduğu halde bilgi toplama sırasında çevre şartlarında meydana gelen değişmeler nedeniyle farklı tipte dağılım gösteren olaylar da bulunmaktadır. Örneğin, ölçme aletinin ayarının bozulması, ölçülen değerlerin gerçeğe uymayan değişik bir dağılım göstermesi sonucunu doğurmaktadır. Bu şekilde normallığı bozan değerler tesadüfi olarak nitelenmemektedir. Kalite kontrolünde kaynağı belli olan ve normallığı bozan nedenlerin tespit edilmesi önem taşımaktadır. Bir dağılımın normallliğini bozan nedenler beş grupta toplanmaktadır (Kobu, 1982:569):

1. Fiziksel sınırlar nedeniyle dağılım belirli bir noktadan öteye geçememektedir. Örneğin ölçmelerin dağılımı her zaman pozitif olduğunda hiçbir zaman negatif değere geçemediğinden,  $\bar{X}$ 'nin maksimum  $X$ 'lerin yarısından çok daha az bir değer aldığı asimetric bir dağılım ortaya çıkmaktadır.
2. Herhangi bir arıza nedeniyle yanlış değerler veren bozuk ölçme aletleri de dağılımın normallliğini bozmaktadır.
3. Ölçmeyi yapan kişinin psikolojik nedenlerle belirli ölçülere olan eğilimi (örneğin rakamları yuvarlatma) dağılımın normallliğini bozmaktadır.

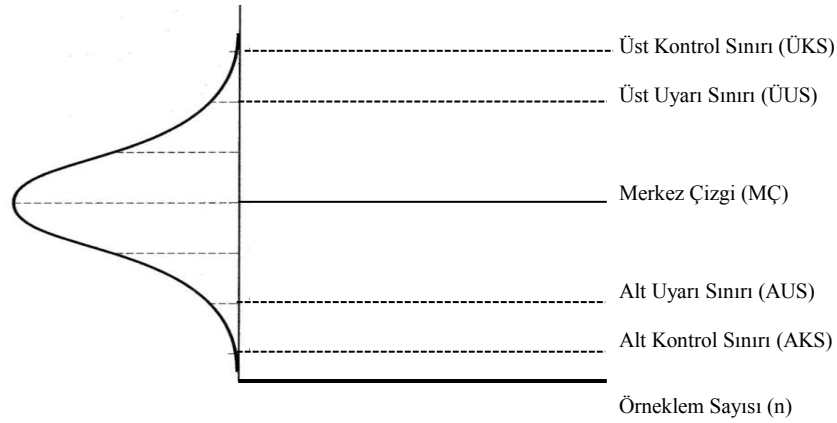
4. Yüzde yüz muayene yapıldığında normal dağılımın uç kısımları bozulmaktadır ve köşeli ya da dikdörtgen dağılım meydana gelmektedir.
5. Normalliği bozan nedenlerin en önemlisi ve en çok rastlanılanı fiziksel şartlardaki değişmelerdir. Örneğin, aynı parçayı farklı ortalama değerlerde işleyen iki tezgahtan çıkan parçalar üzerinde yapılan ölçmeler iki maksimumu olan binominal bir dağılım vermektedir. Bunun gibi farklı malzemeler ve takımların kullanılması halinde normalden farklı dağılımlar ortaya çıkmaktadır.

Bir üretim sürecinde de sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken normal bir dağılım göstermektedir. Parametresi ise ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) dır. Ortalama değer etrafında 6 (altı) standart sapmalık bir alan oluşmaktadır. Bu alan içerisinde yer alan olasılıklar, toplam olasılıkların 0.9974'ünü kapsamaktadır. Sınırlar dışında kalan alanların, bir başka deyişle Üst Kontrol Sınırı (ÜKS)'nin normal dağılımı simgeleyen çan eğrisinin ve Alt Kontrol Sınırı (AKS)'nin taraflarının dışında kalan alanların her biri 0.00133 olasılık değerine eşit olup, sınırlar arasında kalan eğri altında kalan alan ise 0.9974 değerine eşittir. Genel nedenlerden ya da tesadüfen meydana gelen ve nedeni tespit edilemeyen değişkenlikler 0.9974 olasılık değerine eşdeğer olan sınırlar arası alana eşittir. ÜKS ve AKS dışında kalan alanların değeri ise;  $(1-0.9974)/2=0.00133$  değerine eşit olup nedeni tespit edilebilen ve özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri göstermektedir (Olgun, 2011:11; Akın ve Öztürk, 2007:7). Şekil 1.1'de normal dağılım eğrisi görülmektedir. Bu eğride normal standart değişkenin ortalaması sıfır (0), standart sapması da 1'dir (Orhunbilge, 2000:214).



Şekil 1. 1: Normal Dağılım Eğrisi

Normal dağılıma uyan bir süreçte değişimin %99.74'ü  $\mu \pm 3\sigma$  aralığındadır. Bir kontrol şeması, normal dağılım eğrisinin  $90^\circ$  döndürülmesiyle elde edilmekte ve sürecin ortalaması  $\mu$ : merkez çizgi,  $\pm 3\sigma$  ise alt ve üst sınır olarak kabul edilerek hazırlanan grafiğe “kontrol şeması” denmektedir. Kontrol şemalarında  $\pm 2\sigma$  sınırları uyarı sınırları,  $\pm 3\sigma$  sınırları ise kontrol sınırları olarak belirtilmektedir (Kaya, 2001:77). Şekil 1.2 normal dağılım eğrisinden kontrol şemasına geçişi göstermektedir.



Şekil 1. 2: Normal Dağılım Eğrisinden Kontrol Şemasına Geçiş

Bir kontrol şeması şu hipotezleri test etmektedir:

$H_0$ : Süreç kontrol altındadır.

$H_1$ : Süreç kontrol altında değildir.

Kontrol sınırları içerisinde düşen bir nokta, “süreç kontrol altındadır” hipotezini kabul etmek; kontrol sınırları dışına düşen bir nokta “süreç kontrol altındadır” hipotezini reddetmek anlamına gelmektedir. Kontrol şemaları kullanılarak süreç denetlenirken kullanıcının daima karşı karşıya bulunduğu iki tip hata bulunmaktadır (İşcil, 1976:64; Olgun, 2011:11):

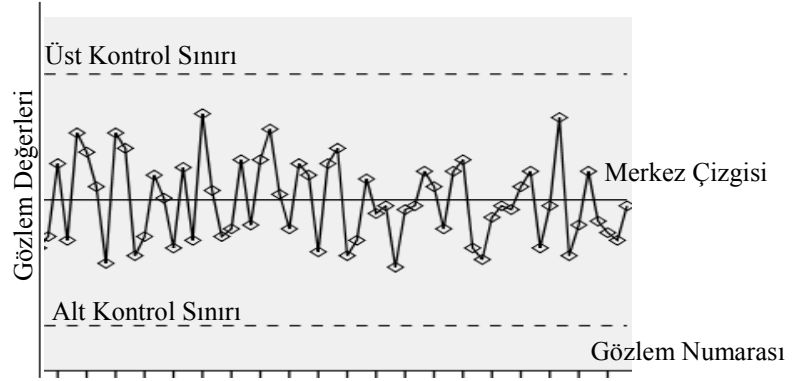
I. Tip Hata: Süreç gerçekte kontrol altında iken kontrol dışı olduğuna karar vermek.

II. Tip Hata: Süreç gerçekte kontrol dışında iken kontrol altında olduğuna karar vermek.

I. tip hata yapıldığında katlanılacak sonuçlar; gerçekte süreçte özel bir nedene bağlı bir değişim olmadığı halde süreci durdurup özel neden aramak ya da gerekli olmadığı halde süreçte birtakım düzeltmeler yapmaktır. II. tip hata yapıldığında katlanılacak sonuçlar ise gerçekte özel bir nedenden kontrol dışında olan sürecin hatalı üretiminin devam ettirilmesi ile ortaya çıkan hatalı ürünün maliyetlerin artmasına yol açmasıdır. İki tip hatadan biri tamamen önlenirse bile ikisini birden ortadan kaldırmak mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte bu iki tip hatanın zararı, kontrol şeması yöntemi ile en aza indirilebilmektedir. Kontrol şemalarının kullanımı ile süreçte değişime yol açan özel nedenler olmadığı olası bir özel neden aranmayacağı gibi, ortaya çıkan nedenlerin saptanmasında da fazla gecikmeden kalitenin korunması ekonomik bir şekilde sağlanabilmektedir.

Kontrol şemalarında, üretim süreçleri süresince üretim örnekleri çizilmekte ve örnek istatistikleri kontrol şemaları üzerine işaretlenmektedir. Bir kontrol şeması, örnek ortalamalarını ifade eden bir orta çizgi ile alt ve üst sınırları ifade eden kesikli alt ve üst çizgilerden oluşmaktadır. Yatay eksen, ölçme sırasına göre numune numarasını ya da zamanı; dikey eksen ürünün kontrol edilen özelliğini göstermektedir. Noktalar, ölçülen değerleri temsil etmektedir. Zamana göre kontrolün nasıl geliştiğini daha iyi görüntülemek için, bu noktalar çizgi parçaları ile bağlanmaktadır. Eğer süreci bozan bir neden var ise örnek istatistiklerini önceden

tanımlanmış kontrol dışı sınırlar dışında çizmek olasıdır ki bu kontrol dışı sinyal olarak verilmektedir (Chen ve Wang, 2004:196; Özdamar, 2006:65). Şekil 1.3'te bir kontrol şemasının yapısı görülmektedir.



Şekil 1. 3: Kontrol Şeması Yapısı

**Kontrol Altında Bulunan Süreçler:** Kontrol şemalarında sabit zaman aralığındaki üretim sürecinin parametrelerini kontrol etmek için süreçten örnekler alınmakta ve kalite karakteristiği ölçülmektedir. Sürecin kontrol altında olması için, tüm noktaların sınır çizgileri arasında bulunması ve rastgele bir yerleşme göstermesi gerekmektedir. Noktalar, bu çizgiler arasında olduğu sürece, sürecin kontrol altında olduğu ve hiçbir önlem alınmasına gerek olmadığı anlaşılmaktadır (Özdamar, 2006:65). Bazı durumlarda üretim kontrol altındadır, ancak özel durumları karşılayamamaktadır. Bunun önceden bilinmesi gereklidir. Bununla birlikte kontrol hali bu özel durumları karşılayacak hale getirilebilmektedir. Sözü edilen bu özel durum sınırları, ürün kalitesinin kabul edilebilir uç değerlerini gösteren sınırlar olarak tanımlanmakta ve bu sınırlar tüketici eğilimleri göz önünde bulundurularak üreticiler tarafından ya da büyük alışverişlerde tüketici ya da alıcı tarafından saptanmaktadır. Bu bir hoşgörü sınırıdır ve bunun dışında kalan ürünler reddedilmektedir (Ünver, 1977:98-99). Bir ya da daha çok noktanın kontrol sınırları dışında olması, sürecin kontrol dışına çıktığı ve durumu düzeltmek için önlemlerin alınmasına gerek olduğu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte tüm noktalar, kontrol sınırları arasında bulunduğu durumda dahi eğer bunlar sistematik ya da



genelde rastgele olmayan bir şekilde yerleşmişse süreç yine kontrol dışıdır (Özdamar, 2006:65).

**Kontrol Dışı Süreçler:** Bir süreçte, süreç ortalaması ya da değişkenliği gibi parametrelerde değişim meydana gelmesi sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. Kontrol dışı süreçler, sadece bir ya da birkaç değer kontrol dışında bulunması durumunda değil, değerlerin rastgele niteliğini taşıyan doğal kalıp şeklinde yerleşmemesi durumunda da olmaktadır. Tüm noktalar kontrol sınırları içinde olmasına karşın noktaların yerleşmesi rastgele nitelikte olmayabilmekte, bazen sıralı dizilimler gösterebilmektedir. Bu tip durumlarda bu noktalar hata niteliği taşımaktadır ve bir nedeni bulunmaktadır. Bu rastgele olmayan tüm yerleşimler kontrol şemalarından çıkarılmalı, merkez ve kontrol sınırları kalan değerlere dayanarak hesaplanmalıdır. Bir sürecin kontrol dışı olması süreçte bir aksaklık olduğunu göstermektedir (Olgun, 2011:11). Kontrol şeması, aksaklığı en kısa zamanda haber veren çok etkili bir araçtır; ancak aksaklığı bulup ortadan kaldırmamaktadır. Bu özel nedenlerin bulunup ortadan kaldırılması, üretimi yönetenin görevidir. Bu bir usta, mühendis, teknisyen ya da benzeri bir başka yetkili olabilmektedir (İşcil, 1976:69).

Kontrol şemaları oluşturulurken aşağıda sıralanmış olan adımlar takip edilmektedir (Özdamar, 2006:67-69; TÜİK, 2011:11):

- **İncelenecek Olan Kalite Özelliğinin Belirlenmesi:** Kontrol için seçilen ürün özelliği, ürünü temsil eden, ilk bakışta dikkati çeken ve çalışmasını etkileyen özellik olmalıdır.
- **Hangi Kontrol Şemasının Kullanılacağına Belirlenmesi:** Kontrol edilecek ürün özelliğinin ölçülebilir ya da ölçülemez olmasına ve örnek sayısına göre uygun kontrol şeması kullanılmalıdır.
- **Uygun Bir Örnekleme Yöntemi ile Rasyonel Alt Gruplardan Örnek Seçilmesi, Ölçüm Değerlerinin Kaydedilmesi:** Numune boyutları büyüdükçe, süreçteki küçük değişikliklerin yakalanması

kolaylaşmaktadır. Diğer bir deyişle kontrol sınırlarının merkezi çizgiye daha yakın olması kontrol şemasını hassaslaştırmaktadır. Ancak bu durumda numuneye ait kontrol maliyeti yükselmektedir. Eğer süreç değişiklikleri oldukça büyükse, küçük boyutlu numunelerin kullanılması daha doğru olmaktadır.

Numune almada diğer bir konu numune alma sıklığıdır. Diğer bir deyişle iki numune arasında geçen zaman ne kadar az olursa, bir başka deyişle numuneler daha sık alınırsa süreçteki değişkenliklerin yakalanması artmaktadır. Bu durumda kontrol maliyeti yine artmaktadır.

İstatistiki kalite kontrol şemalarının oluşturulmasında temel fikir, rasyonel alt gruplar kavramıdır. Bu konu esas itibarıyla numune içindeki kontrol edilen elemanların seçimi ile ilgilidir. Alt gruplar (numuneler) seçilirken bir alt grup sadece rastgele değişimleri içermelidir. Bu şekilde kontrol sınırları yalnızca rastgele değişimler için bir sınır oluşturacak ve rastgele değişimler kontrol sınırları içinde, sistematik değişimler ise kontrol sınırları dışında olma eğilimi gösterecektir.

Bu aşamada gerçekleştirilen bir diğer işlem olan verilerin toplanması, bu amaç için hazırlanmış formlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu formların kesin bir standartı olmamakla birlikte her işletme kendi özelliğine göre hazırlamaktadır.

- **Merkez Çizgisi (MÇ) ve Kontrol Sınırlarının (AKS, ÜKS) Hesaplanması:** Merkez Çizgi, süreç ortalamasını göstermekte olup tüm gözlem değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Kontrol Sınırları ise kontrol şemalarındaki aralıklardır. Bu sınırlar, üretim sürecinde dalgalanma göstermekte ve ancak süreç kararlı olduğunda kesin sınırlar olabilmektedir. İşletmeler genellikle kontrol sınırlarını süreç ortalaması ya da hedef değerden  $3\sigma$  (standart sapma) ekleyip çıkararak belirlemektedir. İdeal olanı ortalamanın hedef değer olarak seçilmesidir.

Standart sapma, tüm ölçüm ortalamalarının etrafındaki değişim aralığının ölçümüdür. Bir başka deyişle,  $\sigma$  her ölçüm sonucunun bütün ölçüm sonuçlarının ortalamasına olan uzaklıkların ortalamasıdır (Webber ve Wallace, 2007:162).

**Kontrol Sınırlarındaki Örneklerin Belirlenmesi, Kusurlu Olma Sebeplerinin Belirlenerek Uygun Önlemler Alınması:** Üretim ve tasarım aşamalarında, kalite özellikleri için belirli kurallara göre kabul sınırları belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans vb. özelliklerin önceden belirlenen sınırlar arasında değişim göstermesi normaldir (Olgun, 2011:9).

Temel elemanları hesaplanarak belirlenmiş bir kontrol şeması üzerine gözlenen değerler yerleştirildiğinde sürecin durumu hakkında yorumda bulunmak mümkün olmaktadır. Genel olarak, noktalar sınırlar arasında kaldığı sürece sürecin tesadüfi faktörler etkisinde bulunduğu ve kontrol dışına çıkmadığına karar verilmektedir. Eğer bir ya da üst üste daha çok nokta sınırlar dışına çıkarsa süreci etkileyen özel bir faktörün olduğuna karar verilmekte ve düzeltici önlemler alınma yoluna gidilmektedir. Her iki durumda da az da olsa hatalı karar verme riski bulunmaktadır. Amaç, bu riski ekonomik olmak koşulu ile mümkün olduğu kadar küçük tutmaktır. Bir kontrol şemasında tüm noktaların sınırlar arasında bulunması her zaman sürecin kontrol altında olduğu anlamına gelmemekle birlikte noktaların sık sık sınırlar dışına taşması da her zaman sürecin kontrol dışında olmadığı anlamına gelmemektedir (Kobu, 1981:345). Kontrol şemaları çizildiğinde süreçten alınan kalite karakteristiği verileri şu özelliklere sahip olmalıdır (Juran and Godfrey, 1998:45.7; Noskievicova, 2013:2):

- Noktaların çoğu merkez çizgi etrafında olmalıdır.
- Birkaç nokta kontrol sınırları yakınlarında olmalıdır.

- Alt ve üst kontrol sınırları dışında bir ya da daha fazla nokta olmamalı; ancak nadiren sadece bir nokta kontrol sınırlarının ötesinde olmalıdır.
- Noktalar, kümelenme, eğilim ya da normal dağılımdan farklı bir dağılım göstermemelidir.

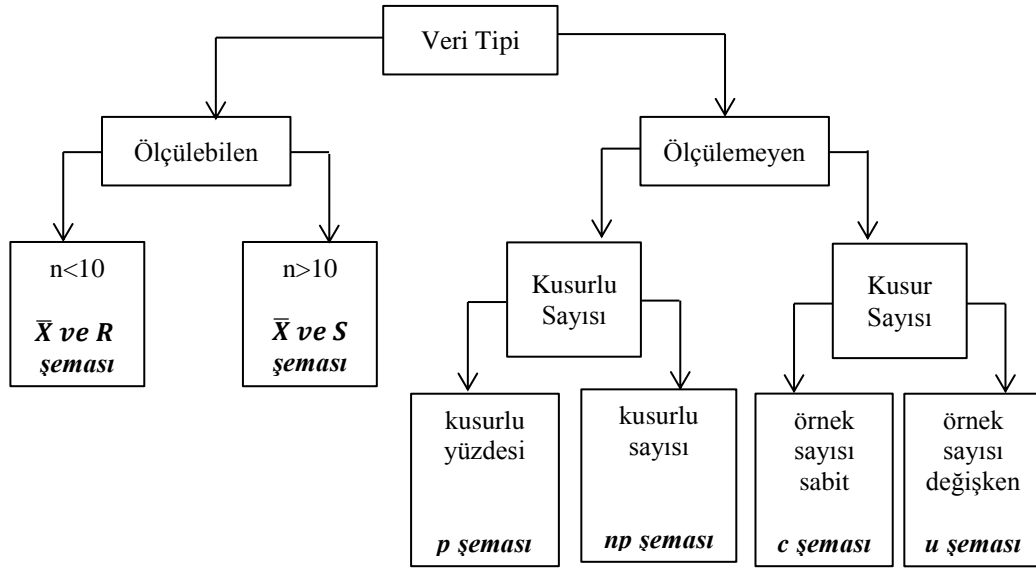
### 1. 5. 3. Kontrol Şeması Çeşitleri

Kontrol şemaları, kullanım amaçlarına bağlı olarak ölçülebilir değişkenler için kontrol şemaları ve ölçülemeyen değişkenler (nitelikler) için kontrol şemaları olmak üzere genellikle iki şekilde hazırlanmaktadır.

Ölçülebilir değişkenler için kullanılan kontrol şemaları; boyut, ağırlık, hacim, aşınma miktarı, hız gibi ölçülebilir değişkenler ya da bunların ortalama, dağılım aralığı ve standart sapmaları için çizilmektedir (Kobu, 1981:346). Bu özellikler için kullanılan şemalar, örnek alt sınıfı eleman sayısı birden büyük olan ve anlamlı örnek sınıfları oluşturabilen süreçler için kullanılmaktadır. Bunlar; ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma (S) ve dağılım aralığı (R) şemalarıdır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2006:70).  $\bar{X}$  şeması sürecin ortalamasını, R ve S şemaları sürecin dağılımını kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle bu şemalar çift tanı  $\bar{X}$  ve S ya da  $\bar{X}$  ve R şemaları şeklinde kullanılmaktadır (Özdamar, 2006:66).

Ölçülemeyen değişkenler için kullanılan kontrol şemalarında özellikler, iyi-kötü, sağlam-bozuk, kusurlu-kusursuz vb. sıfatlarla ifade edilmektedir. Bir partide belirli özelliği taşıyan elemanların oranı (yüzdesi) ve sayısı için kontrol şemaları çizilebilmektedir. Kontrol şeması açısından değişimin incelenmesi önem taşıyan iki özellik kusurlu parça yüzdesi/sayısı ve kusur sayısıdır. Kusurlu yüzdesi için  $p$ , kusurlu sayısı için ise  $np$  şemaları kullanılmaktadır. Sabit bir örnek sayısındaki kusurların sayısı için  $c$  şemaları, değişken örnek sayısındaki kusurların sayısı için  $u$  şemaları kullanılmaktadır (Bozkurt, 2010:120, Kobu, 1981:351). Ölçülebilen ve

ölçülemeyen değişkenler için kullanılan kontrol şemalarının genel sınıflandırması Şekil 1.4'te gösterilmektedir.



Şekil 1. 4: Kontrol Şemalarının Genel Sınıflandırması

Değişkenin türü ne olursa olsun bir kontrol şemasının oluşturulmasında daima üç elemanın belirlenmesi gerekli ve yeterlidir. Bunlar, merkez çizgisi, alt kontrol sınırı ve üst kontrol sınırıdır (Kobu, 1981:346). Teorik bakımdan kontrol sınırları istenilen bir güvenlik derecesine göre belirtilebilmektedir. Ancak, istatistikî kontrol uygulamalarında daha çok  $3\sigma$ 'lık kontrol sınırları en avantajlı ve en pratik kabul edilerek kullanılmaktadır (İşcil, 1976:76).

### 1. 5. 3. 1. $\bar{X}$ -R ve $\bar{X}$ -S Kontrol Şemaları

Ürünlerin belli özelliklerine ilişkin niceleyici ölçülerin istenilen standartlara uygunluğu,  $\bar{X}$  ve S ya da  $\bar{X}$  ve R şemaları ile kontrol edilmektedir. Kontroller, üretilen ürünlerin tamamının muayene edilmesi yerine örnekleme yoluna gidilerek gerçekleştirilmektedir. Uygulamada, ürünlerden alınan bir tesadüfî örneğin önceden belirlenen standart değerden ya da ana kütle ortalamasından en fazla  $\pm 3\sigma$  kadar sapma göstermesi beklenmektedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2006:70).

$\bar{X}$  şemaları, bireysel ölçümlerin ya da örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya göre nasıl karşılaştırılacağını göstermektedir. R şemaları, örnek içindeki bireysel gözlemlerin değişikliğini kaydetmektedir. Bu iki şema birbirlerinin tamamlayıcısıdır. Çünkü sürecin kontrol altında olduğunu söyleyebilmek için bir örneğin hem kabul edilebilir bir ortalamaya hem de ölçümlerin uygun aralığa sahip olması gerekmektedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2006:70). İSK’da yaygın olarak  $\bar{X}$  ve R şemaları kullanılmasına karşın bazen süreçteki değişkenliği doğrudan standart sapma kullanarak tahmin etme yoluna da gidilmektedir. Bu noktada  $\bar{X}$  ve S kontrol şemaları kullanılmaktadır. Burada S, örneklem standart sapmasıdır.  $\bar{X}$  ve S kontrol şemaları genellikle örneklem büyüklüğü  $n > 10$  ya da  $n > 12$  ise ve örneklem büyüklüğü değişken ise tercih edilmektedir (Kılıç, 2006:46).

Bu kontrol şemalarında,  $\bar{X}$  süreç ortalaması ve  $\bar{R}$  ortalama değişim genişliği ve  $\bar{\sigma}$  sürecin tahmini standart sapma ortalaması olmak üzere, orta çizgi ve sınırlar Tablo 1.1’de verilen eşitliklere göre hesaplanmaktadır (Öner, 2002:4; Kobu,1981:351; Toplan, 2008:15,35; Kumpas, 2006:50 ).

**Tablo 1. 1:**  $\bar{X}$  ve R Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları

| Şema Tipi        | Standartların Belli Olması Durumu |                         | Standartların Belli Olmaması Durumu |  |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|
|                  | Merkez Hattı                      | AKS ve ÜKS              | Merkez Hattı                        | AKS ve ÜKS                                       |
| $\bar{X}$ şeması | $\mu$                             | $\mu \pm A\sigma$       | $\bar{X}$                           | $\bar{X} \pm A_2\bar{R}$ ya da $A_1\bar{\sigma}$ |
| R şeması         | $d_2\sigma$                       | $D_1\sigma ; D_2\sigma$ | $\bar{R}$                           | $D_3\bar{R} ; D_4\bar{R}$                        |
| S şeması         | $c_4\sigma$                       | $B_1\sigma ; B_2\sigma$ | $\bar{\sigma}$                      | $B_3\bar{\sigma} ; B_4\bar{\sigma}$              |

$A, A_1, A_2, d_2, D_1, D_2, D_3, D_4, B_1, B_2, B_3, B_4$  ve  $c_4$  katsayıları EK-1’deki ( $n$ ) dikkate alınarak bulunmaktadır.

### 1. 5. 3. 2. p ve np Kontrol Şemaları

Binom dağılımına dayanan bu şemalar, her olayın aynı sebeple meydana gelme olasılığının olduğu durumlarda ilgili karakteristiğin sayısını görüntülemekte

kullanılmaktadır (Benneyan, 1998:71). Bazı üretim alanlarında bir ürünün taşınması beklenen bir nitelik bakımından kabule değer sayılıp sayılmaması önemlidir. Buna göre ürünler iyi-kötü, kusurlu-kusursuz şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Ancak, bir kısım kusurlar gereksinme bakımından sakıncalı bazıları sakıncasızdır. Kusursuz sayılan ürünler, aslında sakıncalı bir kusur taşımayanlardır (İşcil, 1976:53).

$p$  kontrol şemaları, bir üretim süreci boyunca üretilen hatalı ürünlerin oranını esas alarak süreci kontrol etmektedir. Hatalı oranı, bir popülasyondaki hatalı gözlemlerin sayısının popülasyondaki tüm gözlemlerin sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır ve genel olarak ondalık olarak ya da yüzdelik olarak ifade edilmektedir (Kılıç, 2006:48). Bir üretim işleminde kusurlu madde oranı  $p$  küçük ya da büyük olabilir. Üretim işlemi kontrol altındayken bu oran bir maksimum ve bir minimum arasında kalmak üzere değişmektedir. İşlem, kusurlu oranı bu arada kalmak üzere yürütülmeye çalışılmaktadır (İşcil, 1976:83).  $np$  kontrol şemaları ise bir üretim süreci boyunca üretilen hatalı ürünlerin sayısını esas alarak süreci kontrol etmektedir (Kılıç, 2006:51).  $P$  şeması ile aynı amaçla kullanılmaktadır. Ancak örnekteki kusurlu sayısı saptandıktan sonra ayrıca  $P$  oranının hesabına gereksinme olmadığından  $np$  şeması  $p$  şemasından daha pratiktir (İşcil, 1976:90). Bu kontrol şemalarında,  $\bar{P}$  ortalama kusurlu adeti ve  $\bar{P}n$  birim başına ortalama kusurlu adeti olmak üzere, orta çizgi ve sınırlar Tablo 1.2’de verilen eşitliklere göre hesaplanmaktadır (Öner, 2002:18; Toplan, 2008:42):

**Tablo 1. 2:**  $p$  ve  $np$  Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları

| Şema Tipi   | Merkez Hattı | ÜKS ve AKS  |
|-------------|--------------|---|
| $p$ şeması  | $\bar{P}$    | $\bar{P} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$ |
| $np$ şeması | $\bar{P}n$   | $\bar{P}n \pm 3 \sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}$          |

### 1. 5. 3. 3. c ve u Kontrol Şemaları

Poission dağılımına dayanan bu şemalar, teorik olarak hiçbir maksimumun olmadığı sayım verileri için uygundur ve birim başına hatalı sayılarını esas alarak süreci kontrol etmektedir (Benneyan, 1998:71; Kılıç, 2006:52).

$c$  kontrol şemaları, bir üretim süreci boyunca üretilen ürünlerin belirli bir alandaki ya da belirli bir zaman aralığındaki hata sayılarını esas alarak süreci kontrol etmektedir (Kılıç, 2006:52).  $u$  şeması ile aynı amaçla kullanılmakla birlikte örnek sayısı sabit tutulduğu sürece  $c$  kontrol şeması,  $u$  kontrol şemasından daha pratiktir (İşcil, 1976:93).  $u$  kontrol şemaları ise ölçme aleti ile kontrol edilen boyutlarda, deneylerle kontrol edilen elektrik ve mekanik niteliklerde ve gözle yapılan gözlemlerle araştırılan görünür kusurlarda olduğu gibi çok birimden oluşmuş bir ürünün birden fazla niteliğinin bir arada dikkate alınması gereken koşullarda elverişlidir. Kusur sayısının hesaplanmasında sadece bağımsız kusurlar hesaba katılmaktadır. Örneğin bir üründe iki kusur saptanmış ve bunlardan birisi diğerinin ortaya çıkmasına sebep olmuşsa bunlardan sadece biri hesaba katılmaktadır (İşcil, 1976:91). Bu kontrol şemalarında,  $\bar{C}$  ortalama kusur adeti ve  $\bar{U}$  birim başına ortalama kusur adeti olmak üzere, orta çizgi ve sınırlar Tablo 1.3'de verilen eşitliklere göre hesaplanmaktadır (Öner, 2002:18; Toplan, 2008:44):

**Tablo 1. 3:** c ve u Şemaları Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları

| Şema Tipi  | Merkez Hattı | ÜKS ve AKS                              |
|------------|--------------|---|
| $c$ şeması | $\bar{C}$    | $\bar{C} \pm 3\sqrt{\bar{C}}$           |
| $u$ şeması | $\bar{U}$    | $\bar{U} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$ |



## 1. 6. YAPAY ZEKA

Günümüzde insan zekasının ne olduğuna dair anlaşılabilir, tatminkar ve üzerinde psikolojiden bilgisayar bilimlerine, dil biliminden antropolojiye kadar farklı disiplinlerden gelen bilim insanlarının görüş birliğine varmasını sağlayabilecek bir tanım yapmak oldukça zordur. Ancak zekayı genel olarak insanın çevresini algılaması, soyutlayarak kavramsallaştırması yoluyla ya da daha önce öğrenme süreçleri sonucunda edindiği deneyimler çerçevesinde yorumlayarak tepki vermesini sağlayacak zihinsel mekanizma olarak tanımlamak mümkündür (Baştan, 2003:188).

İnsanlar bilgiyi elde ederken, sosyal çevrelerinden ve yaşam deneyimlerinden edindiği ve zamanla kişiliğinin derinliklerine kadar etki eden yargılarının etkisi ile hareket etmektedir (Baştan, 2003:191). İnsan beyni sayısal bir işlemi birkaç dakikada yapabilmesine karşın anlamaya yönelik olayları çok daha kısa bir sürede yapmaktadır. Bilgisayarlar ise çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümleyebilmelerine karşın anlama ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Örneğin yolda giden bir sürücü, yolun kayganlık derecesini, önündeki tehlikeden ne kadar uzak olduğunu sayısal olarak değerlendiremezse bile geçmişte kazanmış olduğu deneyimler sayesinde aracın hızını azaltmaktadır. Çünkü saniyelerle ölçülebilecek kadar kısa bir sürede tehlikeyi anlamış ve ona karşı koyma gibi bir tepki vermiştir. Bu noktada, bilgisayar yardımı ile böyle bir zeka üretilip üretilmeyeceği sorusu akla gelmektedir (Elmas, 2007:21).

Yapay Zeka (YZ) (Artificial Intelligence (AI)), insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle, programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir (Kaya ve Engin, 2005:105). Daha geniş bir tanıma göre ise YZ, makinelerin, normalde insan zekasına özgü olan problem çözme, akıl yürütme ve süreci anlama gibi görevleri gerçekleştirme ve kendi deneyimlerine göre düşünmeyi öğrenme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (De Matas vd., 2007:45). YZ'nin temel hedefi, zekayı mümkün kılan ilkeleri anlamak ve bilgisayarları da kullanışlı hale

getirmektir. Bir hedefi, bilgisayar bilimciler ve mühendisler için zor problemleri çözmeye YZ'nin nasıl yardım edeceğini bilmek ve bilgisayarları daha kullanışlı hale getirmek; diğer hedefi ise psikologlar, felsefeciler, dil bilimciler ve insan zekasını bilmek isteyen diğer insanlar için zekayı daha iyi anlamaktır (Winston, 1977:1).

YZ ile ilgili çalışmalar insan bilinci kavramının keşfinde ilk adımlardır. Bu keşifle elde edilecek bulgular ekonomik yaşamımızda geniş uygulama alanları bulabilme potansiyeline sahiptir. Günümüzün bilgisayar teknolojisi önemli ölçüde YZ tasarımına ilişkin bilimsel çalışmalara dayanmaktadır ve günümüzde birçok YZ uygulaması da hayata geçirilmiştir. Bilgi tabanlı sistemler, uzman sistemler, karar destek sistemleri, otomatik program sentezi, robot tasarımı, otomasyon sistemleri bunlara örnek olarak verilebilmektedir (Baştan, 2003:193).

Uzman Sistemler, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritmalar Benzetilmiş Tavlama, Tabu Arama Algoritmaları gibi YZ dalları özellikle son yıllarda, geniş bir araştırma ve uygulama alanı bulmaktadırlar.

Uzman Sistemler (US) (Expert Systems (ES)), temelde insan düşüncelerini gerçekleştirmek amacıyla bilgisayar tarafından işlenen bir yazılımdır. US geliştirilirken, uzmanların belirli bir konudaki bilgi ve deneyimlerinin bilgisayara aktarılması amaçlanmaktadır (Elmas, 2007:21). Örneğin, belirli bir meslek grubunun (hukuk, tıp gibi) kendine özgü tüm temel ve teknik bilgilerini içeren bir veri yapısıdır. Bu veri yapısının en önemli özelliği, yeni deneyimleri bir insan gibi paketleyip hafızasına yerleştirmesi ve karşılaşılan yeni durumlarda olası uygulamalara ve çözümlere ilişkin zihinsel işlemler yürütmesidir (Baştan, 2003:194).

Yapay Sinir Ağları (YSA) (Artificial Neural Networks (ANN)), çok değişkenli ve değişkenler arasında karmaşık, karşılıklı etkileşimin bulunduğu durumlarda ya da tek bir çözüm kümesinin bulunmadığı durumlarda başarılı sonuçlar üreten bir YZ teknolojisidir (Benli, 2005:34). İnsan beyninden esinlenerek ortaya çıkarılan YSA, biyolojik sinir sistemlerini taklit eden örüntü tanıma sistemleridir ve deneme yolu ile öğrenmektedir (Asilkan ve Irmak, 2009:379; Kim vd, 2012:2).

Bulanık Mantık (BM) (Fuzzy Logic (FL)), bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel yöntemdir (Elmas, 2007:22). Belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışabilmek için kurulmuş katı bir matematiksel düzen olarak tanımlanmaktadır (Doğan, 2002:95). Bulanık kümelere dayanan BM genelde, insan düşüncesine özdeş işlemlerin gerçekleşmesini sağlamakla, gerçek dünyada sık sık meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellemede yardımcı olmaktadır. Klasik mantıkta bir önerme “doğru” ya da “yanlış” tır. Ancak gerçek dünyadaki olayların ne derecede “doğru” ya da “yanlış” olmasının belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin 100 °C suyun sıcaklığı “sıcak” olarak ifade edilirse 95°C ya da 80°C’lerdeki su için “sıcak değildir” ifadesi bu anlamda doğru olmadığı gibi yanlış da olmamaktadır. Bu nedenle önermelerin doğru (1) ve yanlış (0) değerleri arasındaki değerler (az sıcak, ılık, az soğuk) kullanılarak bulanık küme kavramı ortaya atılmıştır. Bulanık küme teorisi az, sık, orta, düşük, çok, birçok gibi dilbilimsel yapıları kullanarak dereceli veri modellemesi gerçekleştirmektedir. Böylece, olayların modellenmesinde daha gerçekçi ve doğala yakın sonuçların elde edilmesi sağlanmaktadır. Kurallar, bulanık sistemin davranışını tanımladığından, bulanık kümeler kendi içerisinde öğrenmektedir (Nabiyev, 2010:622).

Genetik Algoritmalar (GA) (Genetic Algorithms (GA)), temel olarak evrimsel sistemin doğal işleyişini canlandırabilecek şekilde biçimlendirilmiştir. Bunların başında da ilk kez Charles Darwin tarafından ortaya atılan en uygun olanın hayatta kalabilmesi prensibi gelmektedir. Böylece bir problemin çözülebilmesi için tanımlanmış arama aralığında yapılacak rastlantı arama şekillenerek GA’yı biçimlendirmektedir (Cura, 2008:87). Matematiksel modellemenin yapılamadığı ya da kesin çözümün olmadığı problemlerde GA’dan faydalanılmaktadır (Elmas, 2007:379). Standart bir GA’da, aday sonuçlar eşit boyutlu vektörler olarak ifade edilmektedir. Başlangıçta, bu vektörlerden bir grup rastlantısal olarak seçilerek belirli büyüklükte bir varlık oluşturulur. Kromozom adı verilen bu vektörler, yeni nesiller oluşturularak değişikliklere uğramaktadır. Bir kromozomun üzerindeki genler, n boyutlu vektörlerin bir boyutuna karşılık gelmektedir. Her yeni nesilde

kromozomların iyiliği ölçülmekte, bir başka deyişle her vektör (kromozom), amaç fonksiyonuna yerleştirilerek vermiş olduğu sonuç hesaplanmaktadır. Bir sonraki nesil oluşturulurken, bazı kromozomlar yeniden üretilmekte, çaprazlanmakta ve mutasyona uğratılmaktadır (Nabiyev, 2010:586).

Benzetilmiş Tavlama (BT) (Simulated Annealing (SA)), bir metalin soğuyarak ve donarak minimum enerjili kristal yapısına dönüşmesi (tavlama süreci) ile daha genel bir sistemde minimumun araştırılması arasındaki benzerlikten yararlanmaktadır. Doğal tavlama şöyledir: Herhangi bir katı madde erime noktasını aşınca kadar ısıtılır ve ardından katılaşıncaya kadar soğutulursa, bu katı maddenin yapısal özellikleri soğuma hızına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, büyük kristaller çok yavaş soğutulacak olursa gelişmeler gözlenebilirken; hızlı soğutulma sonucunda yapılacak birçok bozulmaları barındırmaktadır. Görüldüğü gibi ısıtılan ve ardından belli bir hızla soğutulmuş en iyi biçime ulaştırılmış madde, bir sistemdeki parçacık gibi algılanırsa bu tavlama sürecinden BT elde edilmektedir (Cura, 2008:43).

Tabu Arama Algoritmaları (TAA)'nda (Tabu Search Algorithms (TSA)), temel yaklaşım, son çözüme götüren adımın, dairesel hareketler yaratmasını engellemek için bir sonraki döngüde tekrarının yasaklanması ya da cezalandırılmasıdır. Tabu yöntemi, kısmen benzer olaylarda rastlantı işlemler gerçekleştirirken, insan davranışının tutarsızlığa eğilimli olmasından etkilenmiştir. Söz konusu yöntem, yeni rotaların rastlantı olarak seçilmemesi dışında bu biçimde işlemektedir. Algoritma, daha önce yapılmış hareketlere tekrar dönüş yapmayı engellemek için, bir ya da daha fazla tabu listesi tutmaktadır. Listenin orijinal amacı, önceden yapılmış bir hareketin tekrarından çok tersine dönmesini önlemektir. Tabu listesi kronolojik bir yapıya sahiptir ve tabu arama belleğini biçimlendirmektedir. Belleğin rolü algoritma ilerledikçe değişebilmektedir. Başlangıçta hedef, çözüm uzayında kaba araştırma yapmaktır. Aday konumlar belirlendikçe, arama yerel uygun değer çözümü üretmeye daha fazla odaklanmaktadır (Cura, 2008:65).

## 1. 7. YAPAY SİNİR AĞLARI

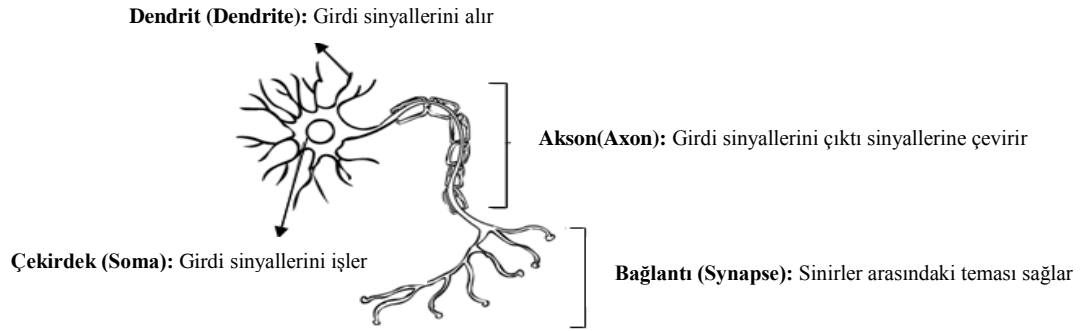
YSA kavramı, insan beyninin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış, beyni oluşturan biyolojik hücrelere ya da literatürdeki ismiyle nöronlara benzer olarak çalışan karmaşık sistemlerdir (Efe ve Kaynak, 2000:1).

Beynin düşünme ve karar verme özellikleri, bilim adamlarını üzerinde düşünmeye zorlamış ve beyin nörofiziksel yapısından esinlenilerek matematiksel modeli çıkartılmaya çalışılmıştır. Beynin davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Beynin tüm fonksiyonları bilinmediği için belli oranlarda benzetim yapılarak bir karar verme algoritması geliştirilmiştir. Böylece, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak yapmak amacıyla gerçekleştirilen bilgisayar sistemleri ve yeni bir bilim dalı ortaya çıkmıştır. YSA, kendisine sunulan veriler arasında bağlantılar kurarak problemi öğrenmekte, deneysel sonuçları depolamakta ve bunları kullanıma hazırlamaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar, sinirin matematiksel modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. YSA, yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsamına girmektedir (Arıç, 2011:32; Efe ve Kaynak, 2000:1; Keleşoğlu ve Ekinci, 2008:33; Öztemel, 2012:29; Asilkan ve Irmak, 2009:379).

YSA ve istatistik arasında da sıkı bir ilişki bulunmaktadır. İstatistik, veri analizi üzerine çalışan bir alandır. YSA'da istatistik çıkarım, genelleme yapabilme yeteneğidir. Bu nedenle YSA, bazı modelleri dışında genellikle veri analiziyle ilgilenmektedir.

### 1. 7. 1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Elemanları

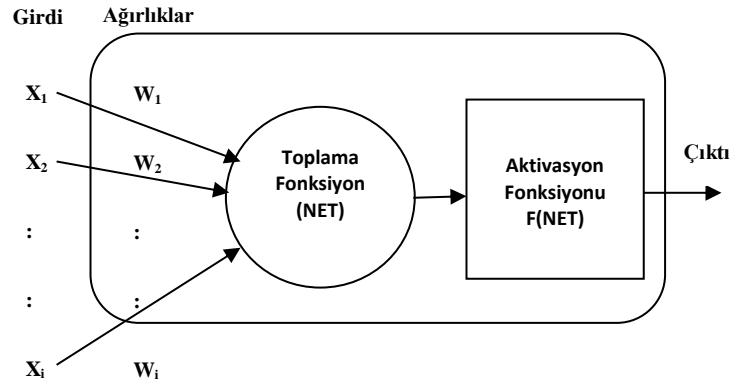
Biyolojik sinir ağları, insan beyninin çalışmasını sağlayan en temel taşlardan birisidir. İnsanın bütün davranışlarını ve çevresini anlamasını sağlamaktadır. Biyolojik sinir ağları beş duyu organından gelen bilgiler ışığında geliştirdiği algılama ve anlama mekanizmalarını çalıştırarak olaylar arasındaki ilişkileri öğrenmektedir. Duyu organlarından gelen bilgiler (sinyaller) beyin sinir sistemi aracılığıyla beyne taşınmakta ve beyin oluşturduğu kararlar da yine sinir sistemi tarafından vücudun organlarına eylem olarak gönderilmektedir (Öztemel, 2012:45-46). Şekil 1.5’de biyolojik sinirin yapısı ve işlevleri görülmektedir.



**Şekil 1. 5:** Biyolojik Sinirin Genel Yapısı ve İşlevleri

**Kaynak:** Kakıcı, 2009:1 ve Yurtoğlu, 2005:13’ten birleştirilerek hazırlanmıştır.

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Sinirler; sinir ağlarını oluşturan, tek başına ele alındıklarında çok basit işleve sahip işlemcilerdir. Şekil 1.6’da bir yapay sinir hücresinin modeli görülmektedir. Bu şekilden de görülebileceği gibi sinir girdileri bağlantılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, sinirin aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek çıkışlar hesaplanmaktadır (Efe ve Kaynak, 2000:6).



Şekil 1. 6: Bir Yapay Sinir Ağı Hücresi

**Kaynak:** Erol ve Başlıgil, 2005:112 ve Öztemel, 2006:48'den birleştirilerek hazırlanmıştır.

Bir yapay sinir hücresinin elemanları aşağıdaki gibidir:

**Girdiler:** Girdiler ( $x_1, x_2, \dots, x_i$ ) bir yapay sinir hücresine kendinden önceki sinirlerden, dış dünyadan ya da kendi kendisinden gelen bilgilerdir. Bunlar, ağı öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenmektedir ve bir sinir genellikle rastgele birçok girdi almaktadır (Elmas, 2007:31; Öztemel, 2012:49).

**Ağırlıklar:** Ağırlıklar ( $w_1, w_2, \dots, w_i$ ) yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Bir yapay sinir hücresine gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Her bir giriş kendisine ait bir ağırlığa sahiptir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması o girişin yapay sinire güçlü ya da zayıf bağlanması anlamına gelmektedir. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığını göstermektedir ve o ağı için en önemli olay olabilmektedir. Eksi değerler önemsiz demek değildir; ağırlıkların artı ya da eksi olması etkisinin pozitif ya da negatif olduğunu göstermektedir. Ağırlıklar değişken ya da sabit değerler olabilmektedir (Elmas, 2007:31; Öztemel, 2012:49).

**Toplama Fonksiyonu:** Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplamaktadır ve bunun için farklı fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktır. Yapay sinir hücresine gelen girdilerin ( $x_i$ ) değerleriyle,

kendilerine ait ağırlıklar ( $w_i$ ) (sinir eklemi ağırlıklandırma katsayıları ile) çarpımının toplamı eşik ( $\theta_j$ ) değeri ile toplanarak aktivasyon fonksiyonuna gönderilmektedir. Toplama birimi biyolojik sinirin gövdesine uygun olup *net* denilen çıkışı vermektedir ve denklem (1.1)'deki gibi formülize edilmektedir. Bazı durumlarda toplama işlevi bu kadar basit bir işlem yerine en az (min), en çok (max), çoğunluk ya da birkaç normalleştirme algoritması gibi çok daha karmaşık olabilmektedir (Asilkan ve Irmak,2009:380; Nabiyev, 2010:555; Öztemel, 2012:49; Elmas, 2007:31).

$$y = net = \sum_i^n x_i w_i + \theta_j \quad (1.1)$$

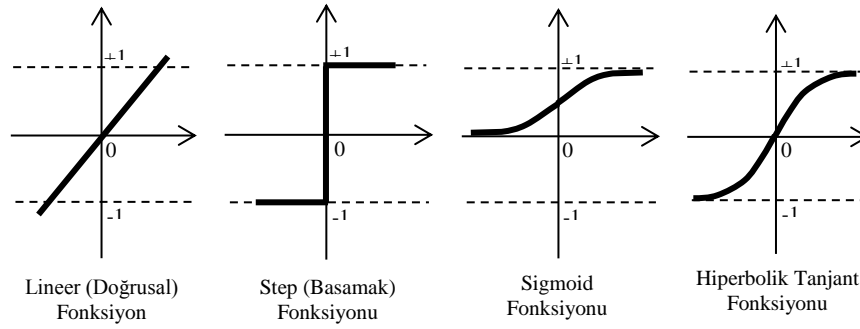
Burada  $x$  girdileri,  $w$  ağırlıkları,  $n$  bir hücreye gelen toplam girdi sayısını,  $\theta$  ise eşik değerini göstermektedir.  $x$  ve  $w$  uygun girişlerin ve ağırlıkların vektörel ifadesi olarak kullanılmaktadır. Bu ağırlıklandırılmış girişlerin toplamı, yapay sinirin  $y$  çıkış değerini vermektedir (Nabiyev, 2010:555).

**Aktivasyon Fonksiyonu:** Toplama fonksiyonundan çıkan net toplam hücrenin çıktısını oluşturmak üzere aktivasyon fonksiyonuna  $f(net)$  iletilmektedir. Bu fonksiyon denklem (1.2)'de formülize edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemekte ve bu çıktının büyüklüğünü sınırlandırmaktadır. Bazı kaynaklarda transfer, eşik ya da sıkıştırma fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bunun nedeni, çıktı sinyallerini  $[0,1]$  ya da  $[-1,1]$  aralığında sınırlandırmasıdır (Asilkan ve Irmak, 2009:380; Hamzaçebi, 2011:46; Öztemel, 2012:50).

$$y = f(net) = f(x_i \cdot w_i + \theta_j) \quad (1.2)$$

Çıktıyı hesaplamak için ilgilenilen problem türüne ve ağ yapısına bağlı olarak farklı aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. Genellikle kullanılan aktivasyon fonksiyonları Şekil 1.7'de görülen Lineer (Doğrusal), Step (Basamak), Sigmoid ve Hiperbolik Tanjant fonksiyonlarıdır (Hamzaçebi, 2011:47; Cura, 2008:21; Nabiyev, 2010:556; Öztemel, 2012:51).





**Şekil 1. 7:** Aktivasyon Fonksiyonları

**Kaynak:** Matlab Programı Help Menüsü esas alınarak hazırlanmıştır.

Linear (Doğrusal) Fonksiyon, doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu olarak seçilmektedir (Kakıcı, 2009:2).

Step (Basamak) Fonksiyonu, girdilerin sıfırdan büyük olup olmamasına göre -1 ya da 1 çıktısı veren fonksiyondur (Kakıcı, 2009:2). Sinir ağı çıkışı ikili biçimde ifade edileceği zaman  $y$  değeri belli bir eşik değerinden geçirilerek, eşğin üzerinde ise 1, altında ise 0 değeri üretilmektedir (Nabiyev, 2010:555).

Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu, sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışı nedeniyle YSA uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyondur. Bu fonksiyon girdi değerlerinin her biri için sıfır ile bir arasında bir değer üretmektedir (Kakıcı, 2009:2).

Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu, Sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri 0 ile 1 arasında değişirken hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir (Kakıcı, 2009:2). Bu fonksiyonlar Tablo 1.4’de verilen eşitliklerle gösterilmektedir.

**Tablo 1. 4:** Aktivasyon Fonksiyonu Formülleri

| Aktivasyon Fonksiyonu | Formül   |
|-----------------------|--|
| Lineer (Doğrusal)     | $f(net) = net$   |
| Step (Basamak)        | $f(net) = \sum_i x_i w_i \geq \theta ; f(net) = \sum_i x_i w_i < \theta$ |
| Sigmoid               | $f(net) = \frac{1}{1+e^{-net}}$  |
| Hiperbolik Tanjant    | $f(net) = \frac{e^{net} - e^{-net}}{e^{net} + e^{-net}}$                 |

**Kaynak:** Nabiyev, 2010:555

Tablo 1.4’de verilen denklemlerde,  $f(net)$  hücreye gelen net girdi değerini göstermektedir. Bu değer toplama fonksiyonu kullanılarak belirlenmektedir. Step (Basamak) fonksiyonuna ilişkin uyarma bağlantı ağırlığı  $w=+1$ , engelleme bağlantı ağırlığı  $w=-1$  ve siniri ateşlemek için gerekli olan eşik seviye değeri ise  $\theta$  olmaktadır. Bu model ayrık zaman yaklaşımı altında uygulanmakta ve daha geniş bir ağ içindeki bütün sinirlerin eşzamanlı çalışmaları varsayılmaktadır. (Nabiyev, 2010:555).

**Çıktılar:** Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya ya da başka bir hücreye gönderilmekte, hücre kendi çıktısını kendisine girdi olarak da gönderebilmektedir. Bir hücreden çıkan sadece bir çıktı değeri vardır (Öztemel, 2012:51). Biyolojik sinirde de birçok giriş varken sadece bir çıkış etkinliği vardır. Düğüm çıkışı, aktivasyon işlevinin sonucuna eşdeğerdir (Elmas, 2007:33).

Bu açıklamalara göre, bir biyolojik sinir ile bir yapay sinir arasındaki benzerlikler Tablo1.5’deki gibidir.

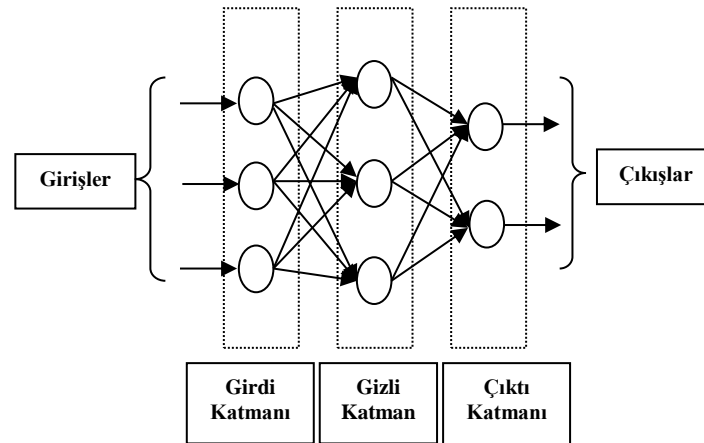
**Tablo 1. 5:** Biyolojik Sinir Ağı ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırması

| <b>Biyolojik Sinir Ağı</b> | <b>Yapay Sinir Ağı</b>              |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Sinir Sistemi              | Sinirsel Hesaplama Sistemi          |
| Sinir                      | Düğüm (Sinir, İşlem Elemanı)        |
| Sinaps                     | Sinirler Arası Bağlantı Ağırlıkları |
| Dendrit                    | Toplama Fonksiyonu                  |
| Hücre Gövdesi              | Aktivasyon Fonksiyonu               |
| Akson                      | Sinir Çıkışı                        |

**Kaynak:** Elmas, 2007:33

### 1. 7. 2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

YSA, yapay sinir hücrelerinin gruplanması ile oluşmuş bir sistemin adıdır. Bu gruplandırma katmanları oluşturmakta ve YSA da birbirine bağlı katmanlardan meydana gelmektedir. Bu yapıya göre YSA, gerçek dünyadan verileri alan sinirlerin bulunduğu girdi katmanından, ağın sonuçlarını dışarıya veren sinirlerin oluşturduğu çıktı katmanından ve bu iki katman arasındaki bir ya da daha fazla gizli katmandan oluşmaktadır (Hamzaçebi, 2011:13). Şekil 1.8 bir yapay sinir ağını göstermektedir.



**Şekil 1. 8:** Bir Yapay Sinir Ağı

**Kaynak:** Çuhadar vd, 2009:102

Girdilerden oluşan girdi katmanı ile çıktılarından oluşan çıktı katmanı taktır. Gizli katman sayısı ise YSA'nın yapısına göre bir ya da birden çok olabilmektedir.

Girdi katmanından alınan girişler, gizli katmana iletilmekte ve gizli katmandaki sınırlara gelen girişler de çıktı katmanına iletilmektedir. Çıktı katmanındaki sınırlar de, kendisine gelen bu girişlerden uygun bir çıkış üretmektedir (Asilkan ve Irmak, 2009:379).

Girdi Katmanı, ilk katmandır ve dış çevreden gelen girdileri alan sınırlardan oluşmaktadır (Bargash ve Santarisi, 2004:636). Verilerin YSA'ya alınmasını sağlamaktadır. Bu veriler istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir (Benli, 2005:34).

Gizli Katman, girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında yer almaktadır ve bu katmanda bulunan sınırların dış ortamla bağlantıları yoktur. Yalnızca girdi katmanından gelen sinyalleri almakta ve çıktı katmanına sinyal göndermektedir (Benli, 2005:34).

Çıktı Katmanı, son katman olarak adlandırılmakta ve bilgilerin dış çevreye ya da kullanıcılara iletilmesini sağlayan sınırlardan oluşmaktadır (Bargash ve Santarisi, 2004:636). Çıktı değişkenleri de istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelmektedir (Benli, 2005:34).

YSA'nın çalışma hızını etkileyen en önemli etken, iç mimarilerine ait katmanların (layer) ve düğümlerin (node) sayısıdır. Her katmanda bir ya da daha fazla düğüm bulunur ki genelde bir (1)'den fazladır. Her katmandaki düğüm sayısı ve katman sayısı toplam düğüm sayısını etkilemektedir. Toplam düğüm sayısı ve düğümler arasındaki bağlantılar ne kadar çok ise YSA'nın çalışma hızı buna bağlı olarak üstel olarak azalmaktadır (Doğan, 2002:89).

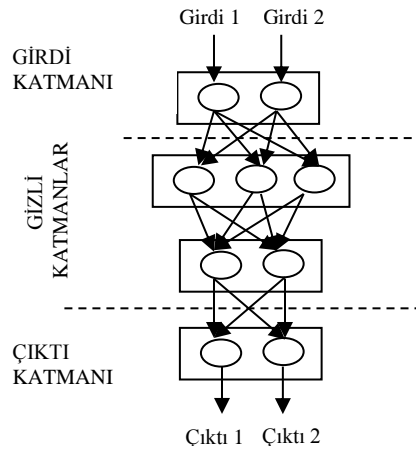
### **1. 7. 3. Yapay Sinir Ağları Modelleri**

YSA Modelleri, yapay sınırlar arası ilişkilerle ifade edilen mimarilerine ve bir ağın öğrenmesi gereken giriş çıkış bilgilerine göre farklılık göstermektedir (Nabiyev, 2010:557).

### 1. 7. 3. 1. Mimarilerine Göre Yapay Sinir Ağları

YSA mimarileri, hücrelerin bağlanma biçimlerine göre “ileri beslemeli” ve “geri beslemeli” olmak üzere iki mimari yapı altında sınıflandırılabilir (Elmas, 2007:41):

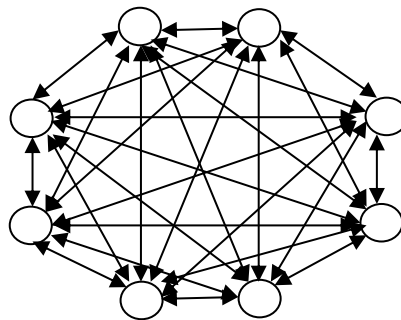
**İleri Beslemeli (Feed Forward) Ağlar:** İleri beslemeli YSA, birden fazla katmandan oluşan bir ağıdır. Her bir katmanda en az bir sinir bulunmaktadır. Katmanlardan birisi girdi katmanı, diğeri çıktı katmanı, bir diğeri de gizli katman olarak adlandırılmaktadır. Verilerin sadece girdi birimlerinden çıktı birimlerine ileri doğru aktığı ağ yapısıdır ve bir katmandaki sinirlerin çıkışları, bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilmektedir. Aynı katmandaki sinirler arasında ya da bir önceki katmana bağlantı, bir başka deyişle geri besleme çevrimi yoktur. Girdi katmanındaki sinirler varsayımsal sinirlerdir. Bu sinirlere değer aktaran hiçbir sinir yoktur ve girdi sinirlerde dönüşüm fonksiyonları da kullanılmamaktadır. Dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletmektedir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenmektedir. Böylece son olarak çıktı katmanındaki sinir değerleri elde edilmektedir. Çıktı katmanındaki sinirlerde dönüştürme fonksiyonu kullanılabilir (Cura, 2008:23; Çuhadar ve Kayacan 2005:25; Asilkan ve Irmak, 2009:380). Şekil 1.9 İleri beslemeli yapay sinir ağı mimarisini göstermektedir.



Şekil 1. 9: İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Kaynak: Cura, 2008:24

**Geri Beslemeli (Feedback) Ağlar:** Geri beslemeli YSA'da ileri beslemeli YSA'dakinin tersine durağan hale ulaşıncaya kadar çevrimler devam etmektedir. Ayrıca ağdaki tüm sinirler birbiriyle bağlantılıdır. İlk olarak Hopfield tarafından kullanıldığı için literatürde Hopfield ağları olarak da adlandırılmaktadır (Cura, 2008:31). Bu yapıda en az bir tane geri besleme çevrimi bulunmaktadır. Geri besleme, aynı katmandaki sinirler arasında olabileceği gibi farklı katmanlardaki sinirler arasında da olabilmektedir. (Asilkan ve Irmak, 2009:380). Şekil 1.10 Geri beslemeli yapay sinir ağı mimarisini göstermektedir.

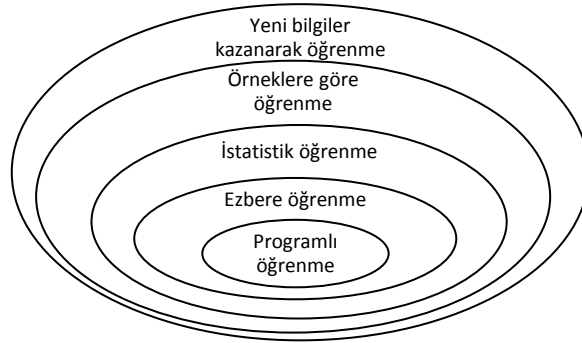


Şekil 1. 10: Geri Beslemeli Bir Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Kaynak: Cura, 2008:31

### 1. 7. 3. 2. Öğrenme Yöntemlerine Göre Yapay Sinir Ağları

Öğrenme, bir sistemin çevresine uyum sağlayabilmek için kendi kendini yeniden düzenlemesi olarak nitelendirilebilmektedir. Öğrenme ile bireyler, ortamdaki değişimlere bağlı olarak, davranış yetilerini en iyi şekilde kullanmak suretiyle yaşamlarını sürdürme imkanı sağlamaktadırlar. İnsan yaşamı boyunca öğrenmektedir. Bir kuşun uçaktan farklı olduğunu anlama yeteneği, insanın bu iki nesneyi iyice öğrenmiş olmasından gelmektedir (Nabiyev, 2010:537,559). Makine öğrenmesi, bu öğrenme işinin bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmesi, bilgisayarların bir olay ile ilgili bilgileri ve deneyimleri öğrenerek gelecekte oluşacak benzer olaylar hakkında kararlar verebilmesi ve problemlere çözümler üretebilmesidir. Bilgisayarın öğrenebilmesi ve deneyim sahibi olabilmesi bilgisayarın ilgili olay hakkında bilgiler ile donatılmasına bağlıdır (Öztemel, 2012:21). Bilgisayarlı öğrenme türleri Şekil 1.11’de verilmiştir.



Şekil 1. 11: Bilgisayarlı Öğrenme Türleri

**Kaynak:** Nabiyev, 2010:545

Şekil 1.11’e göre, 1. seviyede en basit tür olan programlanmış öğrenme söz konusudur. İlkel bilgisayar programları bu türdendir. Ardışık emirler ne yapması gerektiğini sıralı biçimde ifade etmektedir. 2. Seviye, ezbere öğrenmeye karşılık gelmekte her duruma ilişkin tepkiler bir bütün olarak tutulmaktadır. 3. Seviyede istatistiki öğrenme söz konusudur. Burada sistemin birçok kez çalıştırılması sonucu, tepkilere uygun olan bileşenler belirlenmektedir. 4. seviyede sistem, örneklere göre

genelleştirme yapabilmekte ve “öğretmenli öğrenme” söz konusu olmaktadır. 5. seviyede ise sistem yeni hipotezler ve durumlar oluşturarak kendi kendine (“öğretmensiz” ya da “danışmansız”) öğrenebilmektedir (Nabiyev, 2010:545-546).

YSA'nın da karar verebilmesi için öğrenme ve nesnelere kendilerine has özelliklerine göre sınıflandırabilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir (Nabiyev, 2010:559). Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla, YSA yolu ile öğrenen bilgisayarların bilgiler ile donatılması örnekler yoluyla sağlanmaktadır. Öğrenecek olan bilgisayar sistemleri önce bir örnek almakta ve bu örnekten bazı bilgileri öğrenmektedir. Daha sonra ikinci örneğe bakarak biraz daha bilgi edinmekte ve öğrenilecek olay ile ilgili bütün örnekler defalarca gözden geçirilerek tekrarlanması sonucunda olayla ilgili genellemeler yapılmaktadır (Öztemel, 2012:22). Probleme ait örnekler yardımıyla gerçekleşen bu öğrenme işlemi; YSA'nın içinde bulunduğu çevre tarafından uyarılması sürecinde ağırlıklarını düzenlemesi, ağ ağırlıklarının en uygun değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. YSA'da gerçek çıkış istenen çıkışla kıyaslanmaktadır. Bu nedenle, rastgele değişen ağırlıklar ağ tarafından öyle ayarlanmaktadır ki böylece bir sonraki döngüde gerçek çıkış ile istenen çıkış arasında daha yakın karşılaştırma üretilebilmektedir. Öğrenme yöntemi, bütün işlem elemanlarının anlık hatalarını en aza indirmeye çalışmaktadır. Bu azaltma işlemi kabul edilebilir doğruluğa ulaşana kadar ağırlıklar devamlı olarak derlenmektedir (Elmas, 2007:88).

Herhangi bir ağırlık ( $w$ ) için:

$$w_{yeni} = w_{eski} + \Delta w \quad (1.3)$$

denklem (1.3), öğrenmenin matematiksel olarak nasıl gerçekleştiğini ifade etmektedir. Bu denklemde  $\Delta w$  değeri belli bir kurala göre hesaplanarak mevcut ağırlık değerlerinin değişim miktarını vermektedir. En iyi ağırlık kümesini bulmaya yardım eden birçok öğrenme algoritması bulunmaktadır (Hamzaçebi, 2011:21).



YSA öğrenme biçimlerine göre, “danışmanlı öğrenme (supervised learning)”, “danışmansız öğrenme (unsupervised learning)” ve “destekleyici öğrenme (reinforcement learning)” olarak üçe ayrılmaktadır.

**Danışmanlı Öğrenme:** Bu öğrenme biçiminde YSA kullanılmadan önce eğitilmektedir. Eğitim işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşmakta ve bu bilgiler genellikle eğitim kümesi olarak tanımlanmaktadır. Girdi ve çıktı kümeleri ağa verilmekte, bir başka deyişle her bir giriş kümesi için uygun çıkış kümesi ağa sağlanmakta; ağ girdiyi işleyerek kendi çıktısını üretmekte ve gerçek çıktı ile karşılaştırıp öğrenme yöntemi sayesinde mevcut hatayı en aza indirmek için bağlantılardaki ağırlıklar yeniden düzenlenmektedir. Bu işlem, kabul edilebilir bir hata seviyesine ulaşıncaya kadar devam etmektedir (Elmas, 2007:88; Hamzaçebi, 2011:21).

Bu tür eğitim için YSA çıktı tabakasındaki hücrelerin çıktıları (beklenen değerler) sayısal olarak bilinmektedir. Bu, tüm YSA'nın girdileri çıktılarına tamamen karşı gelecek şekilde ağın öğrenmesini ve hatta çıktıları ezberlemesini sağlamaktadır. Eğitim sırasında YSA bir sayısal değer üretmektedir ve çıkması beklenen değer ne olduğu bilindiğine göre sanki bir öğretmen gibi çıktıları olması gerekenlerle kıyaslayarak sonucun kabul edilir olup olmadığına karar vermektedir. Bu kararda YSA'nın çıkardığı değer beklenen değere ne kadar yakınsa kabul edilebilirlik de o kadar artmaktadır. Her öğretmenin not verişinde farklılıklar olduğu gibi buradaki öğretmen de kendisine göre bir hata sınırı tanımlayarak YSA çıktısı ve beklenen değerler arasındaki fark bu sınırlar arasına düştüğünde bu hatayı kabullenmektedir (Şen, 2004:98). YSA, belirli bir sıralamadaki girişler için istenen istatistiki doğruluğu elde ettiği zaman, girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri önceden belirlenen değerden küçük olunca, eğitim işlemi tamamlanmış kabul edilmekte ve eğitim işlemi bitirilmektedir. Öğrenme aşaması tamamlandıktan sonra ağ kullanılmaya başlandığında, bulunan ağırlıkların değeri sabit olarak alınmakta ve bir daha değiştirilmemektedir (Elmas, 2007:88).

**Danışmansız Öğrenme:** Bu öğrenme biçiminde, öğretmensiz öğrenme algoritmaları geçmiş veri kümesinin içinde saklı istatistiki bilgilerin elde edilmesini amaçlamaktadır. Öğretmensiz öğrenmede girdiler aynı zamanda çıktı görevi görmektedir. Hem çıktı hem de girdi olan veriler arasındaki kural ve ilişkilerin araştırılması ve en uygununun bulunması, ağırlık eğitilmesi anlamına gelmektedir (Hamzaçebi, 2011:22). Sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örneklemekte ve giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlanmaktadır. Bu yaklaşımda, verilen giriş vektörleri için önceden bilinebilen performansı ölçebilmek için ağa hiçbir çıkış örneği sağlanmamaktadır (Elmas,2007:137).

Hiçbir çıkış bilgisi olmayan YSA modellemesinde artık çıkışlarda kalite kontrolü yapacak bir öğretmen de bulunmamaktadır. Öğrenci, öğretmensiz kendi kendine bir şeyler yapmak durumunda kalmaktadır. Buna benzer şekilde, bir nehrin bilinen noktasından karşıya geçişe yarayan köprüye benzetilen YSA'nın, karşı taraftaki durumu, bir başka deyişle çıktıları hakkında bilgiler bulunmamaktadır. Böyle bir durumda YSA mimarisi bir takım girdi değerlerini alarak paralel işlemlerden sonra bazı grup ve desenlere ayrılmaktadır. Eğer daha sonradan bir çıktı durumu söz konusu olursa bunun yardımı ile grup ya da desene yeni durumu verilmektedir. Böyle bir bilginin bulunmaması durumunda tamamen keyfi bile olabilecek bir grup ya da desen de elde edilmiş olabilmektedir. Bu durum, şöyle örneklenebilmektedir; bir kimseye toprak verildiğinde, o kişi bunu kendisine göre çakıl, kum ve silt diye üç sınıfa ayırabilmekte ve daha sonra kendisine bir örnek daha verildiğinde bu örneği bu üç gruptan birisine giriyorsa onu o gruba atabilmekte; eğer hiçbir gruba girmiyorsa yeni bir grup tesis edebilmektedir. Böylece, her yeni bilgi ile ya önceden mevcut olan grupların birisine sınıflandırma yapılmakta ya da yeni gruplar (kümeler) ortaya çıkarılmaktadır. Buna benzer olarak, YSA da sadece girdi tabakasından bilgileri almakta ve kendisine göre işledikten sonra tam hür olarak bunları sınıflara ayırmaktadır. Burada kullanıcı da kendi sınıflamasını yapmakta serbesttir. Öğretmene ihtiyaç duyulmadığından kendiliğinden öğrenme olarak da

adlandırılmaktadır. İstenen çıkışlar ağa hiç verilmediğinden hata dikkate alınmamaktadır (Şen, 2004:100).

**Destekleyici Öğrenme:** Bu öğrenme biçimi, danışmanlı öğrenme kuralının özel bir şeklidir ve giriş değerlerine karşılık istenen çıkışın bilinmesine gerek yoktur. Öğretmenli öğrenme sisteminde olduğu gibi ağa bir öğretmen yardımcı olmaktadır; ancak burada öğretmen olması gereken çıktıları sisteme tanıtmamaktadır. Çıkış değerleri bilinmemesine karşın elde edilen çıkışın verilen girişlere uygunluğunu değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır. Bir girdi vektörüne karşılık ağın ürettiği çıktı için olumlu ya da olumsuz sinyal üretilerek ağ ağırlıklarının düzenlenmesi sağlanmaktadır (Duman, 2006:55; Hamzaçebi, 2011:22).

#### **1. 7. 4. Yapay Sinir Ağları Tasarımı**

YSA ile çözülemeyecek problem azdır. Ancak bunun için veriye ve ağdan yapması istenen uygulamanın şekline göre model tasarlanmalıdır. Kurulan modelin başarısı modelin mimarisinin doğru oluşturulması ile doğrudan ilgilidir. Uygun yapının, bu yapıya uygun öğrenme algoritmasının, seçilen algoritmada uygun parametrelerin, yapıya uygun giriş, ara katman ve çıkış sayısının, ara katmandaki sinir sayısının, sınırlar için aktivasyon fonksiyonunun, eğitim ve test kümesinin ve kümelere uygulanacak olan normalizasyon seviyelerinin belirlenmesi zor ve zaman alıcıdır. Bunlar da ancak tecrübe ile elde edilmektedir. Uygun parametrelerle tasarlanmış ağda istikrarlı sonuçlar üretilecektir. Buna ek olarak, ağın tepki süresi de önemlidir. Bu sürenin kısa olabilmesi için ağın yeterince küçük olması gerekmektedir (Bayır, 2006:83; Duman, 2006:58). Buna göre, temel bir YSA tasarım aşamaları aşağıdaki gibidir.

##### **1. 7. 4. 1. Problemin Tanımlanması**

Ağın öğreneceği problemin ağa gösterimi çok önemli bir konudur. YSA sadece sayısal bilgiler ile çalışmaktadır ve problemin sayısal gösterime

dönüştürülmesi gerekmektedir ki bu da kullanıcının yeteneğine bağlıdır. Uygun bir gösterim mekanizmasının kurulamamış olması problemin çözümünü engelleyebilmekte ya da düşük performanslı bir öğrenme (çözüm) elde edilmesine sebep olabilmektedir (Öztemel, 2012:34).

#### **1. 7. 4. 2. Verilerin Toplanması**

Bu aşamada, incelenecek soruna ilişkin veriler toplanmakta ve bununla birlikte hangilerinin girdi hangilerinin çıktı olacağına karar verilmektedir. Bu iş, veri kalitesi, sayısal değerleri ve sayısı ile ilgili değildir. Bu aşamada, kaç değişkenin girdi ve çıktı olacağının araştırılması gerekmektedir. Böylece, tasarımı yapılacak YSA'da girdi ve çıktı tabakalarında kaçar tane hücre olacağına da kesin bir karar verilmiş olunacaktır (Şen, 2004:80).

#### **1. 7. 4. 3. Verilerin Düzenlenmesi**

YSA'da ağ giriş ve çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak YSA'ya sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilebilmektedir. Ağ giriş işlem fonksiyonları, ağ kullanımını daha iyi bir forma dönüştürmektedir (Yavuz ve Deveci, 2012:175).

YSA için kullanılacak veriler, ham veri ve özellikli veri olmak üzere iki girdi türüne ayrılmaktadır. Ham veri, araştırmacılar tarafından kullanılan işlenmemiş verilerdir. Özellikli veriler ise ham veriden hesaplamalarla elde edilen ikincil verilerdir. İkincil veri yaklaşımı, ikincil veriyi ilk kez üretmek için ekstra hesaplama gerektirmektedir (Halim, 2003:26). Tablo 1.6, ham veri ve ikincil verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

**Tablo 1. 6:** Ham Veri ve İkincil Veri Yaklaşımları Karşılaştırması

|                     | <b>Avantajları (Yararları, Üstünlükleri)</b>   | <b>Dezavantajları (Eksiklikleri)</b>  |
|---------------------|--|---|
| <b>Ham Veri</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğrudan kullanılan veri daha hızlı hesaplama sunmaktadır.</li> <li>• Bütün özellikler YSA'ya öğrenmesi için sunulabilmektedir.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• YSA'nın büyüklüğü ve hızlı işlem büyüklüğü arttıkça katlanarak büyümektedir.</li> </ul>                              |
| <b>İkincil Veri</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• İşlem büyüklüğü YSA'nın büyüklüğü ve hızından etkilenmemektedir.</li> <li>• Bu yöntemin hesaplama hızı işlem büyüklüğü arttığı zaman ham veri yönteminden daha hızlı olmaktadır.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• İşlem büyüklüğü girdi verisine eşit olduğunda, hesaplama hızı ham veri yönteminden daha yavaş olmaktadır.</li> </ul> |

**Kaynak:** Halim, 2003:27

Verilerin düzenlenmesi aşamasında yapılması gereken bir diğer işlem, verilerin normalizasyonudur. Normalleştirme işleminin verilere uygulanması, bu verilerin eğitim için uygun veri setinin hazırlanmasına etki etmektedir. YSA eğitimi, veri grubuna normalizasyon yöntemi uygulanmadan çok yavaş olabilmektedir (Yavuz ve Deveci, 2012:175). Bu nedenle, verilerin genellikle [0, 1], [0.1, 0.9] ya da [-1,+1] aralıklarından birine ölçeklendirilmesi ya da uç değerlerin azaltılması önerilmektedir. Ölçekleme, verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından, veri kalitesi aşırı salınımlar içeren problemler YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Normalizasyon için logaritmik fonksiyonlar da kullanılabilir (Bayır, 2006:85). Veri normalizasyonuna ilişkin formüller Tablo 1.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 1. 7:** Normalizasyon Teknikleri

| Aralık                     | Formül   |
|----------------------------|--|
| (0, 1)                     | $Z_t = \{(y_t - y_{min}) / (y_{max} - y_{min})\}$          |
| (-1,+1)                    | $Z_t = \{2(y_t - y_{min}) / (y_{max} - y_{min}) - 1\}$     |
| (0.1,0.9)                  | $Z_t = \{0.8(y_t - y_{min}) / (y_{max} - y_{min}) + 0.1\}$ |
| uç noktaları azaltmak için | $Z_t = \{(y_t - \mu_t) / \sigma_t\}$                       |

**Kaynak:** Gauri ve Chakraborty, 2008:205; Smith, 2003:8; Yavuz ve Deveci, 2012:175-177

Bu eşitliklerde,  $Z_t$  normalize edilmiş veriyi,  $y_t$  girdi değerini,  $y_{max}$  girdi değeri içerisinde yer alan en büyük sayıyı,  $y_{min}$  girdi değeri içerisinde yer alan küçük sayıyı,  $\mu_t$  girdi setinin ortalamasını,  $\sigma_t$  ise girdi setinin standart sapmasını ifade etmektedir.

#### 1. 7. 4. 4. Yapay Sinir Ağlarının Kurulması

Bu aşamada, uygun YSA mimarisi, ara katman sayısı, ara süreç sayısı, toplama ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesi, ilk ağırlıkların ve momentumun atanması ve uygun eğitim algoritmasının atanması yapılmaktadır.

YSA mimarisi ve öğrenme algoritmasının seçimi birbirleriyle yakın ilişki içerisinde. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, ağın mimarisi de zorunlu olarak seçilmiş olmaktadır ya da bunun tersine ağın mimarisi seçildiğinde kullanılacak öğrenme algoritması da büyük ölçüde belirlenmiş olmaktadır (Baş, 2006:38-39). Verilen probleme hangi eğitim algoritmasının daha hızlı yanıt vereceğini bilmek oldukça zordur. Bu seçim, problemin karmaşıklığı, eğitim seti içindeki veri sayısının büyüklüğü, ağdaki eğilim ve ağırlıkların sayısı, hedeflenen hataya dayanmaktadır (Kiran vd., 2010:195).

Ağın yapısal özelliklerinden bir diğeri de her katmandaki işlemci eleman sayısının belirlenmesidir. İşlemci elemanların sayısına da genellikle deneme yanılma yolu ile karar verilmektedir. YSA'da işlemci eleman sayısının olması gerekenden daha az olması ağın öğrenme yeteneğini azaltırken gereğinden çok olması genelleme yeteneğini azaltmaktadır. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için YSA'nın uygun çıktıları üretmesi olarak tanımlanmaktadır (Budak ve Can, 2008:137). İşlemci eleman sayısı ve katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, deneme yaparak ağın performansına bağlı en uygun katman sayısına karar vermektir. Bunun için izlenecek en iyi yol, başlangıçtaki sinir sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak ya da bunun tersine istenilen performansın altına inmeden azaltmaktır (Bayır, 2006:84).

YSA'nın kurulmasındaki bir diğer adım, toplama ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesidir. Bu da büyük ölçüde verilerin özelliklerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlı olmaktadır. Aktivasyon fonksiyonları içinde en çok kullanılanlar Bölüm 1.7.1'de anlatılan doğrusal, basamak, sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Doğrusal olmayan problemlerde doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. Eğer ağın, bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid, ortalamadan sapmasını öğrenmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyonlarının kullanımı önerilmektedir (Baş, 2006:38-39; Bayır, 2006:85).

#### **1. 7. 4. 5. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi**

YSA'nın eğitilmesi, mevcut örneklerin ağa tek tek gösterilmesi ve ağın kendi mekanizmalarını çalıştırmasıyla örnekteki olaylar arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir (Öztemel, 2012:31). Eğitim süreci, belirli kurallar çerçevesinde olmaktadır ve bu kurallara öğrenme kuralları adı verilmektedir. YSA'nın eğitimi için birçok öğrenme kuralı kullanılmaktadır ki öğrenme kuralları, kullanılan YSA'nın amacı ve ağın topolojisi ile doğrudan ilişkilidir. Ağırlıkların değiştirilmesi de bu kurallara göre yapılmaktadır (Bayır, 2006:30). YSA'da ağırlıkların doğru değerlere ulaşması, örneklerin temsil ettiği problem konusunda ağın genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Genelleme, YSA'nın eğitiminde kullanılmamış, ancak aynı evrenden gelen girdi-çıkı örneklerini doğru sınıflandırabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Ağın bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine "ağın öğrenmesi" denilmektedir (Baş, 2006:29).

YSA öğrenmesindeki önemli noktalardan biri de öğrenmeyi sağlayacak olan eğitim kümesinin seçimidir. Bu seçimdeki yanlış düşüncelerden birisi eğitim kümesi ne kadar büyük seçilirse ağı eğitmenin o kadar iyi olacağıdır. Halbuki eğitim kümesi en az bilgi ile en iyi öğrenmeyi sağlayacak şekilde seçilmelidir. Eğitim kümesi oluşturulurken birbirine yakın bilgiler seçmektense birbirinden farklı ve bağımsız bilgilerin seçilmesi daha verimli bir öğrenme sağlamaktadır. Eğitim kümesinin daha

önceki eğitilmemiş giriş değerlerine karşı uygun çıkışlar vermesi beklenmektedir (Şen, 2004:90).

Her ağın eğitilmesi için elde bulunan örnekler iki ayrı gruba ayrılmaktadır. Birincisi ağı eğitmek için (eğitim seti), diğeri ise ağın performansını test etmek için (test seti) kullanılmaktadır. Her ağ, önce eğitim grubu ile eğitilmektedir. Ağ bütün örneklere doğru cevaplar vermeye başlayınca eğitim işi tamamlanmış kabul edilmektedir. Daha sonra, ağın hiç görmediği test grubundaki örnekler ağa gösterilerek ağın verdiği cevaplara bakılmaktadır. Eğer ağ hiç görmediği örneklere kabul edilebilir bir doğrulukta cevap veriyorsa o zaman ağın performansı iyi kabul edilmekte ve ağ kullanıma alınmaktadır. Eğer performansı yetersiz olursa o zaman ağı yeniden eğitmek ya da yeni örneklerle eğitmek gibi bir çözüme gidilmektedir. Bu işlem, ağın performansı kabul edilebilir bir düzeye gelinceye kadar devam etmektedir (Öztemel, 2012:32).

#### **1. 7. 4. 6. Yapay Sinir Ağlarının Test Edilmesi ve Doğrulanması**

YSA'nın eğitiminin tamamlanmasının ardından, ağın öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için denemeler yapılarak ağın test edilmesi gerekmektedir. Bir ağı test etmek için ağın eğitimi sırasında görmediği, bir başka deyişle veri grubundan test amaçlı olarak ayrılan örnekler kullanılmaktadır. Test işleminde ağın ağırlık değerleri değiştirilmemektedir. Örnekler ağa gösterilmekte ve ağ, eğitimi sırasında belirlenen ağırlık değerlerini kullanarak daha önce görmediği bu örnekler için çıktılar üretmektedir. Elde edilen çıktılar doğruluk dereceleri ağın öğrenmesi hakkında bilgi vermektedir. Sonuç ne kadar iyi olursa eğitim performansının da o kadar iyi olduğu anlamına gelmektedir. Eğitim ve test gruplarıyla ilgili temel sorun, yeterli eğitim ve test verisi miktarının ne olması gerektiğidir. Sınırsız sayıda veri bulunabilmesi durumunda, YSA mümkün olduğunca çok veriyle eğitilmelidir. Eğitim verisinin yeterli olup olmadığı konusunda emin olmanın yolu, eğitim verisinin miktarının artırılarak bunun ağın performansında bir değişiklik oluşturup oluşturmadığına bakmaktır. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda, YSA'nın



eğitim ve test verileri üzerindeki performansının yakın olması da verilerin yeterli olduğuna ilişkin bir gösterge olarak kabul edilebilmektedir. Bununla birlikte eğitim grubunun içermesi gereken veri miktarı farklı YSA modellerine ve özellikle problemin karmaşıklığına göre farklılık göstermektedir (Baş, 2006:30).

Performans fonksiyonları, istenilen çıktı değerleri ile ağın ürettiği değerler arasındaki farkların birikimli değerlerini hesaplamaktadır. Hesaplanan bu değerler sayesinde ağın, eğitim grubunun gösterdiği desene ne kadar yaklaştığı gözlenmekte ve bağlantıların ağırlık değerleri bu bilgiler kullanılarak değiştirilmektedir. Bu nedenle, performans fonksiyonları, öğrenme performansını etkileyen önemli konulardan biridir. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu Hata Kareleri Ortalamasıdır (Mean Square Error, MSE) (Bayır, 2006:85-86).

ğrenme sürecindeki ağırlıkların değişimi, öğrenme oranı ( $\lambda$ ) ile orantılıdır. Genellikle bu oran salınımaya yol amayacak değerde alınmaya çalışılmaktadır. ğrenme oranı, ağırlıkların bir sonraki düzeltmede hangi oranda değiştirileceğini belirlemektedir. Ağ üzerinde önemli bir etkisi bulunan öğrenme oranının değerini uygulanan probleme göre değişmekle birlikte büyük bir değer seçilmesi salınımaya yol açmakta ve ağın herhangi bir minimum değerine ulaşması zorlaşmaktadır. Kk bir değer seçilmesi ise öğrenme süresinin uzamasına ve ağın yerel çözümlere takılmasına neden olmaktadır. Ağ, eğitim sırasında mutlak minimuma ulaşmaya çalışmaktadır; ancak bazen ağ farklı bir çözüme takılabilmekte ve performansı daha fazla iyileştirmek mümkün olmamaktadır (Bayır, 2006:86-87).

### **1. 7. 5. Yapay Sinir Ağlarında Kullanılan Modeller**

YSA'da, işlemci elemanların bağlanması sonucu oluşan topoloji, işlemci elemanların sahip oldukları toplama ve aktivasyon fonksiyonları, kullanılan öğrenme yöntemi ve öğrenme kuralı ağın modelini belirlemektedir. YSA uygulamasının başarısı, modelin oluşturulması aşamasının en doğru şekilde yürütülmesi ile

yakından ilgilidir. Bunun için YSA tasarımcısının, ağın yapısına ve işleyişine ilişkin şü kararları vermesi gerekmektedir (Baş, 2006:37; Bayır, 2006:83):

- Ağ mimarisinin seçimi ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı ve katmandaki işlemci eleman sayısı gibi),
- İşlemci elemanların kullandığı fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi,
- Öğrenme algoritması ve parametrelerinin belirlenmesi,
- Eğitim ve test grubunun oluşturulması.

Bu kararların doğru verilmesi, YSA'nın daha hızlı ve daha başarılı sonuçlar üretmesini sağlamaktadır. Bir problemin çözümü için uygulanacak olan YSA modeli öncelikle problemin türüne bağlı olmaktadır. Hangi ağ modelinin hangi problemin çözümü için daha uygun olduğunun bilinmesi oldukça önemlidir. (Baş, 2006:38).

YSA sınırlar, bağlantılar ve transfer fonksiyonları kavramlarına dayandığından farklı mimari ve yapılardaki YSA'da benzerlikler bulunmaktadır. Bu farklılıklar öğrenme kuralları ve bu öğrenme kurallarının ağın tipik mimarisini değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Tablo 1.8'de en yaygın kullanılan YSA modelleri kullanım amaçlarına göre gruplandırılmaktadır. Bu sınıflandırma, ağ mimarilerindeki bazı karışıklıkları ayırmaya ve uygulamalarda en iyi seçimi yapmaya yöneliktir (Anderson ve McNeill, 1992:21).

**Tablo 1. 8:** Kullanım Amaçlarına Göre Yapay Sinir Ağı Modelleri

| Kullanım Amacı             | Ağlar  | Ağın Kullanımı   |   |
|----------------------------|--|--|---|
| <b>Tahmin</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geriye Yayılım</li> <li>• Delta Bar Delta</li> <li>• Genişletilmiş Delta Bar Delta</li> <li>• Yönlendirilmiş Rastgele Arama</li> <li>• Yüksek Dereceli Yapay Sinir Ağları</li> <li>• Geriye Yayılımlı Kendisini Düzenleyen Model</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Back Propagation</li> <li>• Delta Bar Delta</li> <li>• Extended Delta Bar Delta</li> <li>• Directed Random Search</li> <li>• Higher Order Neural Networks</li> <li>• Self Organizing Map into Back-Propagation</li> </ul> | Ağın girdilerinde bir çıktı değerinin tahmin edilmesi (borsadaki en iyi hisse senedini toplama, hava tahmini, kanser riski olan kişileri belirleme gibi)  |
| <b>Sınıflandırma</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğrusal Vektör Kuantizasyon</li> <li>• Sayaçlı Yayılım</li> <li>• Olasılık Sinir Ağı</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learning Vector Quantization</li> <li>• Counter-Propagation</li> <li>• Probabilistic Neural Network (PNN)</li> </ul>  | Girdilerin hangi sınıfa ait olduklarının belirlenmesi (girdinin A harfi olduğu, bir uçağa ait video verileri olduğu ya da uçağın hangi tipte olduğu gibi)                                       |
| <b>Veri İlişkilendirme</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hopfield Ağı</li> <li>• Boltzman Makinesi</li> <li>• Hamming Ağı</li> <li>• Çift Yönlü Çağrışumlu Bellek</li> <li>• Uzaysal - Mekansal Geçici Örüntü Tanıma</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hopfield</li> <li>• Boltzman Machine</li> <li>• Hamming Network</li> <li>• Bidirectional Associative Memory (BAM)</li> <li>• Spatio-Temporal Pattern Recognition</li> </ul>   | Sınıflandırmaya benzetmekle birlikte ayrıca hata içeren verileri tanınması (sadece taranan karakterlerin belirlenmesi değil ayrıca tarayıcının düzgün çalışmadığı zamanın da belirlenmesi gibi) |
| <b>Veri Kavramlaştırma</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptif Rezonans Teorisi</li> <li>• Kendisini Düzenleyen Model</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptive Resonance Theory (ART)</li> <li>• Self Organizing Map (SOM)</li> </ul>   | Girdilerin analiz edilmesiyle grup ilişkilerinin çıkarılması (veri tabanından belirli bir türünü satın alan isimleri süzmek gibi)   |
| <b>Veri Filtreleme</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resirkülasyon</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recirculation</li> </ul>  | Girdi sinyallerini düzeltmek (telefon sinyallerindeki gürültüyü temizlemek gibi)  |

**Kaynak:** Anderson ve McNeill, 1992:31

### 1. 7. 5. 1. Algılayıcılar

Algılayıcılar (Perceptrons), YSA'nın en basit biçimidir. Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından 1943 yılında geliştirilen ilk yapay sinir hücresi girdilerin ağırlıklı toplamının eşik değer ile karşılaştırılması sonucuna göre çıktı üreten bir çalışma prensibine sahiptir. Ağırlıklı toplam, eşik değerden büyük ya da eşik değerine eşit ise yapay sinir hücresi 1; tersi durumda 0'a eşit olmaktadır. Mantıksal ve aritmetiksel fonksiyonların çözümüne yoğunlaşılmasına karşın öğrenme yeteneği bulunmayan bu ilk yapay sinir hücresinin eğitimi için Rosenblatt'ın katkılarıyla 1958

yılında bir öğrenme kuralı geliştirilmiştir. Girdiler, işlem elemanına gösterildikten sonra girdi setine karşılık gelen çıktı değerleri de ağa gösterilmektedir. Daha sonra öğrenme kuralına göre ağın çıktı değeri hesaplanmaktadır. Ağın çıktısı 1 ya da 0'dan oluşan mantıksal bir değerdir (Adıyaman, 2007:23; Hamzaçebi, 2011:29; Öztemel, 2012:62).

### 1. 7. 5. 2. Çok Katmanlı Algılayıcılar

YSA'dan çözmesi istenilen problem doğrusal değilse ilk tasarlanmış YSA ile bunu modellemek mümkün değildir. Bu nedenle, bu tür problemler için daha gelişmiş bir ağ türüne ihtiyaç duyulmuş ve Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA) (Multi Layered Perceptrons (MLP)) da bu amaçla geliştirilmiştir. Birçok öğrenme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olması nedeniyle bu model yaygın olarak kullanılmaktadır (Duman, 2006:32).

ÇKA giriş, çıkış ve bir ya da daha fazla gizli katman olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanındaki sinirler ( $x_i$ ) sadece gizli katmana girdi sinyallerini dağıtmak üzere bir tampon bellek görevi görmektedir (Sağiroğlu vd, 2000:138; Kiran vd., 2010:195). Ağın eğitimi, bir eğitim algoritması kullanarak ağırlıklarının ayarlanmasından oluşmaktadır. Ağa bir örnek gösterilmekte ve örneğe nasıl bir sonuç üreteceği de bildirilmektedir ki bu danışmanlı öğrenme yöntemidir. Örnekler giriş katmanına uygulanmakta, ara katmanlarda işlenmekte ve çıkış katmanından da çıkışlar elde edilmektedir. Eğitim algoritması, çıktı sinirlerinin istenen ve gerçek değerleri arasındaki kareler farkı toplamını minimize etmeye çalışarak en iyi sonuca ulaşmaktadır (Sağiroğlu vd, 2000:139; Duman, 2006:33). Geriye yayılım algoritması, ÇKA'nın eğitilmesinde kullanılan popüler bir algoritmadır (Krieter vd., 2005:3).

### 1. 7. 5. 3. Kendi Kendini Düzenleyen Model

Kendi Kendini Düzenleyen Model (Self Organizing Feature Map Network (SOM)), beynin Neocortex tabakasında yaygın olan duygusal haritadan esinlenilerek Kohonen tarafından 1972 yılında geliştirilmiştir. Bu nedenle Kohonen ağı olarak da adlandırılmaktadır (Baş, 2006:64). Genel olarak sınıflandırma yapmak için kullanılan bu ağların en temel özelliği, olayları öğrenmek için bir öğretmene ihtiyaç duyulmaması, ağın üretmesi gereken çıktıların ağa söylenme zorunluluğunun olmamasıdır. Özellikle beklenen çıktıların belirlenemediği problemler için kullanılmaktadır (Öztemel, 2012:181).

Kendisini düzenleme süreci; başlatma, rekabet, işbirliği ve uyum bileşenlerinden oluşmaktadır. Süreç şöyle işlemektedir; tüm bağlantı ağırlıkları küçük rastgele değerler ile başlatılmakta, her giriş deseninde sinirler rekabete temel sağlayan diskriminant fonksiyonu için kendi değerlerini hesaplamakta ve bu değerlerin en küçüğüne sahip olan sinir kazanan olarak belirlenmektedir. Kazanan sinir diğer uyarılmış sinirlerin topolojik konumunu belirlemekte ve böylece komşu sinirler arasında işbirliği sağlanmaktadır. Uyarılmış sinirler, bağlantı ağırlıklarının uygun bir şekilde ayarlanması yoluyla giriş deseni ile ilgili diskriminant fonksiyonundaki bireysel değerlerini düşürmekte ve böylece benzer giriş deseni uygulamasına kazanan sinirin verdiği cevap geliştirilmiş olmaktadır (Bullinaria, 2004:7):

### 1. 7. 5. 4. Adaptif Rezonans Teorisi Modelleri

Adaptif Rezonans Teorisi Modelleri (Adaptive Resonance Theory (ART)) Grosberg'in 1976 yılında biyolojik beynin fonksiyonlarına yönelik olarak yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu modelin üç temel özelliği vardır. Bunlardan birincisi, biyolojik sistemlerin çevredeki büyük değişikliklere karşı uyumlu olmasıdır. İkincisi, insanın karar verebilmesinde ve olayları yorumlayabilmesinde çevredeki olaylar arasında var olan ancak görülmesi zor

farklılıkları ayrıştırması, üçüncüsü ise belirlenen farklılıkların ve çevresel olayların davranışa neden olmadan önce hafızada saklanabilmesi ve eyleme dönüşebilmesidir (Öztemel, 2013:138).

#### **1. 7. 5. 5. Hopfield Ağları**

Bu YSA modeli ilk defa John Hopfield tarafından 1982 yılında Ulusal Bilim Akademisi'nde çapraz ilişkili ağ olarak sunulmuş, dinamik sistemin fiziği ve enerjisi terimlerinde kavramlaştırılmıştır. Hopfield katmanındaki bir işlem elemanı, sadece durum uzayındaki bütün enerji azalırsa durum değiştirmektedir. Bir başka deyişle, işlem elemanının durumu, ağıın “bozulma derecesi” nin azalıp azalmadığına bağlıdır. Bu ağların başlıca uygulaması, bağlantı ağırlıklarını içermektedir. Öğrenme kuralı, Hopfield kuralıdır. Bu kurala göre, bağlantı ağırlıkları Hopfield elemanlarının hem girdi hem de çıktılar aynı anda arttığında artmakta; çıktı ve girdi eşleşmediğinde azalmaktadır (Anderson ve McNeill, 1992:49-50). Bu model, daha çok en iyileme (optimizasyon) işlemleri için kullanılmaktadır. Girdi ve çıktılar tek bir katmanda bulunan hücreler tarafından yapılmaktadır ki hücreler açık (+1) ve kapalı (-1) olmak üzere ikili mantığa göre çalışmaktadır. Hücrelerin içinde bulunan işlemci fonksiyonunun sürekli (sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyonları) ya da süreksiz (eşik fonksiyonları) olmasına göre iki kısımda düşünülmektedir. Her hücrenin çıktısı kendisinden başka hücrelere dönerek girdi olarak kullanılmaktadır (Şen, 2004:146).

#### **1. 7. 5. 6. Boltzman Makinesi**

Boltzman Makinesi (Boltzman Machine) Geoffrey Hinton ve Terry Sejnowski tarafından 1985 yılında bulunmuş stokastik (rastlantısal) yinelemeli YSA türüdür. YSA'nın öğrenme yeteneğine sahip ilk örneklerinden olup zor kombinasyonları olan problemleri verilen yeterli zamanda çözebilmektedir (Wikipedia, 2013).

Boltzman Makinesi'nin fonksiyonları ve işlemleri Hopfield ağına benzemektedir. Örüntü tanımada benzetilmiş tavlama tekniğini kullanmaktadır. Tüm örüntülerin eğitimindeki öğrenme işlemi, durum uzayı enerjisinin azalmasını içermektedir. Boltzman makinesinin öğrenmesi yüksek sıcaklıkta rastgele bir model gibi davranmakta, düşük sıcaklıkta deterministik model gibi davranmaktadır (Anderson ve McNeill, 1992:49-50).

Öğrenme prosedürünün iki aşaması bulunmaktadır. Artı (+) fazda, görünür birimler belirli bir desen değerine kenetlenmektedir ve ağı düşük sıcaklıkta termal dengeye gelmesine izin verilmektedir. Daha sonra Hebbian öğrenme kuralında olduğu gibi herhangi iki birim arasındaki ağırlık artırılmaktadır. Eksi (-) fazda ise ağı herhangi bir desene kenetlenmeden her birimin özgürce çalışmasına ve tüm birimlerinin etkin olduğu örneğe izin verilmektedir (Roweis, 2014:3).

#### **1. 7. 5. 7. Radyal Temelli Ağlar**

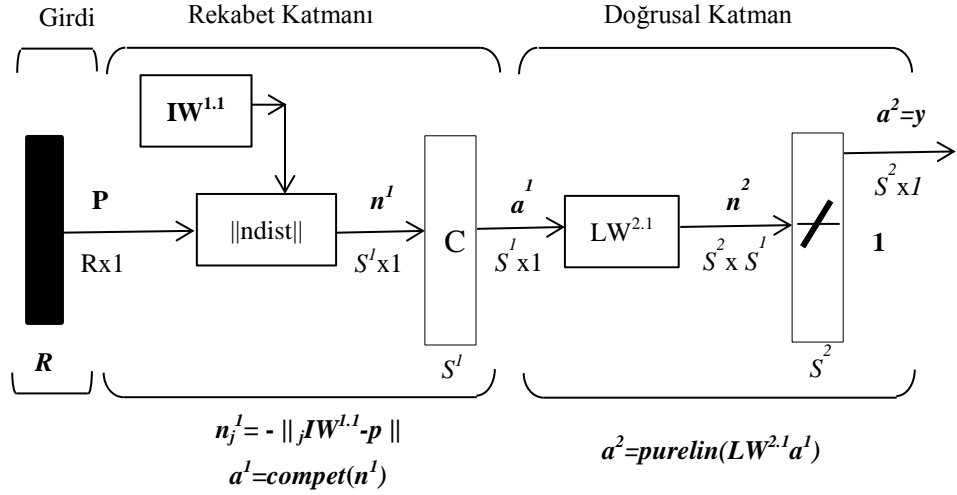
Radyal Temelli YSA (Radial Based Network (RBN), yüksek boyutlu uzay için bir veri modelleme tekniğinin ve YSA gibi evrensel bir yaklaşım şemasının birleşmesi olarak kabul edilmektedir. Bu model, insan sinir sistemindeki sinirlerde görülen yerel etki tepki davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur. Genel YSA mimarisine benzer şekilde giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katman halinde tanımlanmakta; ancak klasik YSA yapılarından farklı olarak Radyal Temelli YSA'da, girdi katmanından gizli katmana geçişte radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ve doğrusal olmayan bir kümeleme analizi kullanılmaktadır (Gümüş vd., 2013:41).

Bu tip ağlarda, ara katmandaki işlemci elemanı girişlerin ağırlıklandırılmasını kullanmamakta; sadece ara katmandaki işlemci elemanı çıkışları ağırlıklandırılarak çıkış katmanına iletilmektedir. Radyal Temelli YSA'nın en önemli özelliği, ara katmanda transfer fonksiyonu olarak doğrusal olmayan radyal tabanlı bir fonksiyon kullanmasıdır. Ara katmanındaki işlemci elemanlarının çıkışı, YSA





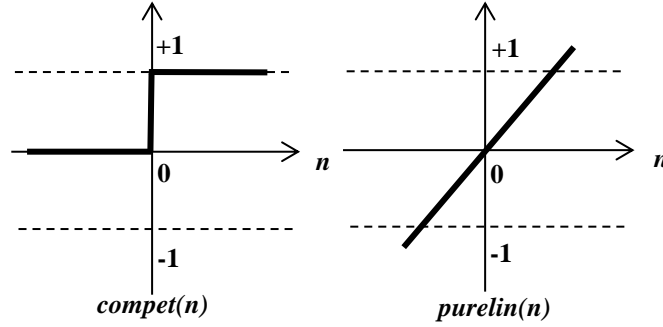
çıktı katmanında ise girdinin ait olduğu sınıf belirlenmektedir (Baş, 2006:59). DVK ağının mimari yapısı Şekil 1.13’de gösterilmektedir.



Şekil 1. 13: DVK Ağının Mimari Yapısı

**Kaynak:** He vd, 2012:3370 esas alınarak hazırlanmıştır.

Şekil 1.13’e göre mimari yapı incelenirken,  $R$  girdi vektörlerinin eleman sayısını,  $P$  ise  $R$  boyutlu girdi matrisini ve  $S^1$ , rekabet katmanındaki sinir sayısını ifade etmektedir.  $IW^{1,1}$ , girdi ve rekabet katmanı arasındaki ağırlık katsayısı matrisini;  $n^1$  ( $n^1 = -||IW^{1,1} - p||$ ), rekabet katmanı girdi sinir sayısını;  $a^1$  ( $a^1 = \text{compet}(n^1)$ ), rekabet katmanı çıktı sinir sayısını göstermektedir.  $LW^{2,1}$ , rekabet katmanı ile doğrusal çıktı katmanı arasındaki ağırlık katsayısı matrisini;  $n^2$  ( $n^2 = LW^{2,1} a^1$ ), doğrusal çıktı katmanının girdisini;  $a^2$  ( $a^2 = \text{purelin}(n^2)$ ), doğrusal çıktı katmanının çıktı sayısını göstermektedir (He vd, 2012:3370). DVK ağının kullandığı  $\text{compet}(n)$  ve  $\text{purelin}(n^2)$  transfer fonksiyonları Şekil 1.14’te gösterilmektedir.



Şekil 1. 14: DVK Ağ Transfer Fonksiyonları

**Kaynak:** Matlab Programı Help Menüsü esas alınarak hazırlanmıştır.

DVK ağları destekli öğrenme stratejisini kullanmaktadır. Eğitim sırasında ağa sadece öğrenilmesi istenen girdiler verilmekte ve ağın çıktısı kendisi üretmesi istenmektedir. Ağ, çıktısını ürettikten sonra ağa sunulan girdi vektörüne karşılık gelen ağın ürettiği çıktının doğru ya da yanlış olup olmadığını göstermektedir (Öztemel, 2012:134). Bu tür YSA'nın eğitilmesinde göz önünde tutulacak öğrenme kuralı, her ağırlık yenilenmesinde giriş vektörüne daha da yaklaşmayı sağlayacak ağırlık vektörünün geliştirilmesidir. Bu yaklaşım sonunda eğer bir ağırlık vektörü girdi vektörüne çok yakın olursa ikisi aynı sınıftan sayılabileceği için bunun çıktısı olan hücreye örneğin 1 kodu verilmektedir ve böylece bir küme açılmış olmaktadır. Eğer aynı ağırlıklar ya da çok az farklı olanlar başka girdi verilerini de yaklaşıklıkla temsil ediyorsa bunların da aynı sınıfın içinde olduğuna karar verilmektedir. Bunun tersine ağırlık vektörü girdi vektörüne en yakın olmasına karşın aralarındaki mesafe önemli ise bu durumda bu ağırlık vektörünün çıktısı olan çıktı tabakası hücresine bu kez de 0 değeri atanarak yeni bir küme açılmaktadır. Böylece çıktıları 0 ya da 1 olarak bilinen 2 hücreli bir çıktı tabakası elde edilmektedir (Şen, 2004:115-116). Başka bir deyişle, ağa sunulan bir girdi için çıktı katmanında sadece bir işlem elemanının çıktısı 1 olmakta ve girdi vektörü o çıktının gösterdiği sınıfın üyesi kabul edilmektedir. Öğrenme ile girdi için doğru sınıfın belirlenmesi sağlanmaktadır (Öztemel, 2012:117).

DVK ağı, öğrenme kuralı olarak Kohonen öğrenme kuralını kullanmakta olup eğitim sürecinde girdilerin sınıflara ayrılması, en yakın komşu (nearest neighbour) kuralına göre gerçekleştirilmektedir. Girdi vektörü ile referans vektörleri arasındaki en kısa mesafe aranmakta ve girdi vektörünün en kısa mesafede bulunan vektör grubuna ait olduğu varsayılmaktadır. Mesafenin hesabı için *öklid (euclid)* uzaklık bağıntısı kullanılmaktadır. Ağın ağırlıkları değiştirilerek girdileri doğru sınıfa ayıracak referans vektörleri saptanmaktadır. Çıktı değerlerinin belirlenmesinde “kazanan her şey alır (winner takes all)” stratejisi uygulanmaktadır. Girdi vektörüne en yakın olan vektör, kazanan vektör olarak adlandırılmaktadır. Kazanan vektör doğru sınıfın üyesi ise ilgili ağırlıklar girdi vektörüne biraz daha yaklaştırılmaktadır. Kazanan vektör yanlış sınıfın üyesi ise ağırlık vektörü girdi vektöründen uzaklaştırılmaktadır (Akpolat, 2009:93). Denklem (1.4)’te formülize edildiği üzere, girdi vektörü  $X$ , referans vektörü  $W$  ve mesafe  $d$  ile gösterilirse;  $i$ . işlem elemanının mesafesi şöyle hesaplanmaktadır (Gauri, 2010:1066):

$$d_i = \|W_i - X\| = \sqrt{\sum_j (W_{ij} - x_{ij})^2} \quad (1.4)$$

Burada  $W_{ij}$  ve  $X_{ij}$  sırasıyla ağırlık vektörü ve girdi vektörünün  $j$ . değerlerini göstermektedir. Girdi vektörü ile referans vektörlerinin her birinin aralarındaki mesafe hesaplanarak hangi işlem elemanı referans vektörüne en yakınsa o yarışmayı kazanmaktadır. Ağırlıkların değiştirilmesi denklem (1.5)’deki gibi formülize edilmektedir (Gauri, 2010:1067).

$$W_i = W_i(t) + \lambda \times h_i(t) \times [(X(t) - W_i(t))] \quad (1.5)$$

Bu formüle göre  $\lambda$  ( $0 < \lambda < 1$ ) öğrenme katsayısıdır ve zaman içerisinde sıfır değerini alacak şekilde monoton olarak azaltılmaktadır. Bunun nedeni girdi vektörünün referans vektörüne çok yaklaştığında durması ve aksi yönde tekrar uzaklaşmaması içindir. Sınıflandırma doğru ise  $h_i(t)=+1$  olmakta ve ağırlıklar girdi vektörüne yaklaştırılmakta; sınıflandırma yanlış ise  $h_i(t)=-1$  olmakta ve ağırlıklar girdi vektöründen uzaklaştırılmaktadır (Gauri, 2010:1067; Öztemel, 2012:118-119).

DVK ağının eğitilmesinde amaç her iterasyonda (yineleme sayısında) girdi vektörüne en yakın referans vektörünü bulmaktır. Referans vektörleri Kohonen katmanındaki işlem elemanlarını girdi katmanındaki işlem elemanlarına bağlayan ağırlık değerleridir. Öğrenme sırasında sadece referans vektörlerinin ağırlıkları değiştirilmektedir. Girdi katmanı ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar ( $\alpha$ ) sabit ve bir (1) değerine sahiptir ki bunlar eğitim sırasında da değiştirilmemektedir. Kohonen katmanındaki her işlem elemanının çıktısı  $\zeta^k$  ise, yarışı kazanan elemanın çıktı değeri 1, aksi durumda 0 değerini almaktadır. Kohonen katmanındaki bu elemanların ıktıları, denklem (1.6)'da gösterildiği gibi, bu işlem elemanlarını çıktı katmanına bağlayan ağırlık değerleri ( $\alpha=1$ ) ile çarpılarak ağın çıktısı hesaplanmaktadır (Öztemel, 2012:120):

$$\zeta_i = \sum_j \zeta_j^k \alpha_{ki} \quad (1.6)$$

Bu durum, Kohonen katmanında yarışmayı kazanan işlem elemanına bağlı çıktı değerinin 1, diğerlerinin 0 olduğu anlamına gelmektedir.

### 1. 7. 6. Yapay Sinir Ağları Literatür Özeti

Literatürde YSA uygulamaları incelendiğinde binlerce uygulamanın yapıldığı ve başarılı sonuçlar alındığı görölmektedir. Uygulamalar oldukça yaygındır ve genel olarak YSA ile şu fonksiyonları gerçekleştirmek mümkündür (Öztemel, 2012:204):

**Tahmin:** Ağa sunulan bilgilerden faydalanarak girdilere karşılık gelen çıktıyı tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Mali başarısızlığın tahmini, döviz kurlarının tahmini, ürün talep tahmini, dış turizm talep tahmini, enerji gereksinimi tahmini, öğrenci başarısızlığının tahmini, ürün fiyat tahmini, ürün kalite karakteristiğinin tahmini ve makroekonomik tahminler örnek olarak verilebilir.

**Sınıflandırma:** Ağa sunulan bilgileri sınıflandırma görevini üstlenmektedirler. Bir makine üzerinde görölen hataların sınıflandırılması, kontrol

şemalarında oluşan şekillerin sınıflandırılması, öğrencilerin akademik başarılarının sınıflandırılması, modelleme sonucunda elde edilen öznel vektörlerinin sınıflandırılması örnek olarak verilebilir.

**Veri İlişkilendirme:** Ağa sunulan verilerin hatalı ve eksik olup olmadığını belirlemekte ve öğrendikleri bilgi ile eksik olan bilgileri tamamlamaktadırlar. Eksik bir resmin tamamlanması, enerji tahminindeki dinamik sistemlerin giriş-çıkış ilişkisinin kurulması örnek olarak verilebilir.

**Veri Filtreleme:** Bu amaçla eğitilen ağlar, birçok veri arasından uygun verileri belirleme görevini yerine getirmektedirler. Telefon konuşmalarındaki gürültülerin asıl konuşmalardan ayrılması örnek olarak verilebilir.

**Tanım ve Eşleştirme:** Değişik şekil ve örüntülerin tanınması, eksik, karmaşık, belirsiz bilgilerin işlenerek eşleştirilmesi ve tanınması amacıyla kullanılmaktadır. Ses, görüntü, göz, imza ve el yazısının tanınması, radar görüntülerindeki nesnelerin tanınması, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla yerleşim yerlerinin, doğal bitki örtüsünün, mevcut arazi kullanımlarının saptanması örnek olarak verilebilir.

**Teşhis:** Bu ağlar, sistemin olumsuzluklarını ortaya koymak ve problemlerin teşhis edilmesi işlemini yerine getirmektedirler. Makinelerin arıza tespiti, çok değişkenli kontrol şemalarındaki karakteristiklerinin belirlenmesi, tıp alanındaki teşhisler örnek olarak verilebilir.

**Yorumlama:** Bir olay hakkında toplanan örneklerden elde edilen ve eğitim sonucu oluşturulan bilgileri kullanarak yeni olayların yorumlanması işlemleri bu kapsamdadır. Toplanan verilerin istatistiksel dağılımlarının belirlenmesi ve incelenmesi, işletmelerde karar verme amaçlı uygulamalar, verimliliği etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve yorumlanması, enerjinin doğru kullanılması örnek olarak verilebilir.

YSA'nın yukardaki açıklamalara ilişkin farklı uygulama alanlarındaki örnekleri aşağıdaki çalışma özetlerinde verilmiştir.

#### **1. 7. 6. 1. Yapay Sinir Ağları Genel Uygulama Alanları**

**Pazarlama:** Çuhadar (2006), çalışmasında Antalya iline yönelik dış turizm talep tahmininin belirlenmesinde zaman serisi yöntemleri ve YSA yöntemlerinin öngörü doğruluklarını karşılaştırarak en yüksek doğruluğu sağlayan yöntemin belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler içerisinde en yüksek öngörü doğruluğunu sağlayan ve gerçek değerlere en yakın sonuçları veren yöntemin YSA olduğu görülmüştür.

Adıyaman (2007), çalışmasında YSA kullanarak altın ürün satışları ile ilgili bir tahmin modeli kurmuş ve uygulanmıştır. YSA yönteminin yanı sıra regresyon analizi ve eğri uydurma yöntemleri ile de altın ürünlerin talep tahmini yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Uygulama sonucu YSA yönteminin etkin bir talep tahmin yöntemi olduğunu göstermiştir.

Ataseven (2007), çalışmasında öngörüleme tekniklerinden zaman serisi yöntemleri ile YSA yöntemlerinin öngörü performanslarını karşılaştırmış, ürün satış rakamlarının tahmin edilmesini amaçlamıştır. Uygulamada, Petkim'de satışı yapılan dört ürünün satış rakamlarından faydalanılmıştır. YSA'nın diğer geleneksel zaman serileri öngörüleme tekniklerine göre daha düşük hatalar vermesi nedeniyle, satış öngörüleme tekniği olarak YSA kullanımının daha başarılı sonuçlar üreteceği sunucuna varmıştır.

Tolon ve Tosunoğlu (2008), tüketici tatminini ölçmek üzere bir alışveriş merkezi müşterilerinden elde edilen verilere ÇKA tipi YSA ve Regresyon Analizi uygulamışlardır. Yapılan uygulama sonucunda, YSA'nın Regresyon Analizi'nden daha az hataya sahip sonuçlar verdiği görülmüştür.

Asilkan ve Irmak (2009), çalışmalarında geriye yayılım algoritması ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıyla YSA modeli oluşturarak ikinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarını tahmin etmeye çalışmışlar ve zaman serisi analizleri ile bulunmuş olan sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, YSA'nın ikinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarını tahmin etmede başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Tayyar (2010), çalışmasında kamu hastanelerinde hasta müşteri memnuniyetini ölçmek amacıyla Lojistik Regresyon, Diskriminant Analizi ve geri yayımlı ÇKA tipi YSA kullanmıştır. Sonuç olarak YSA'nın diğer iki teknikten hem daha iyi tahmin oranlarında bulunduğunu hem de değişkenlerin arasında bulunan gerçek ilişkiyi ortaya çıkarabildiğini ortaya koymuştur.

Gülpinar (2013), Türk telekomünikasyon piyasasında müşteri kaybını ÇKA tipi YSA ile tahmin etmeye çalışmış ve müşteri iletişim ağını Sosyal Ağ Analizi yardımıyla analiz ederek kaybedilme riski taşıyan müşterilerin ağdaki konumlarını ve etkilerini incelemiştir. YSA ile yapılan tahmin yönteminin çalışmalara katkı sağlayabilecek başarıda olduğu görüşünü belirtmiştir.

**Yönetim:** Erol ve Başlıgil (2005) çalışmalarında, işletmelerde karar verme amaçlı kullanılmakta olan yönetim bilişim sistemi yazılımı seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve YSA modeli kullanmışlardır. Çalışma sonucunda yazılım seçim problemi için AHP ve YSA'nın aynı çıktıları verdiği görülmüştür.

Atasoy (2012) çalışmasında, insan kaynakları yönetiminin en önemli konularından bir olan performans yönetimine ilişkin verileri YSA, bulanık sinir ağı ve regresyon ile tahmin ettirip hangi yöntemin mevcut verilerle daha çok örtüştüğünü bulmayı hedeflemiştir. Uygulamanın sonucunda YSA'nın insana ilişkin soyut kararları somutlaştırmada oldukça faydalı olduğunu ve çalışanların performansını ölçerken ortaya çıkabilecek birçok sorunu da ortadan kaldırmaya yardımcı olduğunu ortaya koymuştur.

**Finans:** Yıldız (1999), çalışmasında finansal başarısızlığı öngörme konusunda diskriminant analizi tekniğini ve ÇKA tipi YSA teknolojisini karşılaştırmıştır. Sermaye Piyasası Kanunu'na (SPK) tabi İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda (İMKB) işlem gören üretim, hizmet ve ticaret sektöründeki işletmelere uyguladığı yöntemlerde, YSA'nın finansal başarısızlığı öngörmede daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Aktaş vd. (2003), çalışmalarında SPK'ya tabi İMKB'de işlem gören üretim, hizmet ve ticaret sektöründeki işletmeler için mali başarısızlığın öngörülmesinde sıkça kullanılan çok boyutlu istatistikî yöntemlerden çoklu regresyon modeli, diskriminant analizi ve logit modeli ile önce deney grubu verileri kullanılarak mali başarısızlık öngörü modelleri geliştirmişler ve daha sonra bu modellerin kontrol grubu verileri üzerinde geçerlilik testi yapmışlardır. Geçerlilik test sonuçlarına göre mali başarısızlığı yansız olarak en iyi öngören modelin çoklu regresyon modeli olduğunu belirlemişlerdir. Aynı işlemleri ÇKA tipi YSA modeli için de yaparak YSA'nın geçerlilik testi sonucu mali başarısızlığı ön görme gücünün çoklu regresyon modelinden daha üstün olduğunu tespit etmişlerdir.

Tektaş ve Karataş (2004), çalışmalarında YSA'nın finans alanında uygulanabilirliğini araştırarak Türkiye ile ilgili bir uygulama yapmışlardır. İleri beslemeli bir model olan ÇKA tipi YSA modeli ile İMKB'de işlem gören yedi şirketin hisse senedi fiyatlarını tahmin etmeye çalışmışlar; aynı verilere çoklu doğrusal regresyon modeli de uygulayarak iki modelin performansını karşılaştırmışlardır. YSA'nın Çoklu Doğrusal Regresyon modeline göre daha başarılı sonuçlar vermesiyle, alternatif finansal analiz yöntemleri arasında değerlendirilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Benli (2005), çalışmasında bankaların mali başarısızlıklarının öngörülmesine yönelik istatistikî tekniklerden biri olan lojistik regresyon ve geriye yayımlı ÇKA tipi YSA modeline dayanan mali başarısızlık öngörü modelleri



geliştirmiş, bu modelin mali başarısızlığı öngörme gücünün lojistik regresyon modelinden daha üstün olduğunu tespit etmiştir.

Yurtoğlu (2005), çalışmasında geriye yayımlı ÇKA tipi YSA mimarisi kullanarak Türkiye ekonomisine ait bazı makroekonomik değişkenleri modellemiş, VAR (Vector Autoregression) ve Box-Jenkins modelleri ile yapılan öngörülerle karşılaştırmış ve YSA yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi bir öngörü performansına sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Bayır (2006), çalışmasında Türkiye ekonomisine ait bir değişkenin tahminine yönelik geriye yayımlı ÇKA tipi bir YSA modeli kurmuştur. Bunun yanında, YSA yönteminin tahmin gücünü karşılaştırabilmek amacıyla ekonometrik bir yöntem olan Çoklu Doğrusal Regresyon analizini de kullanarak aynı değişkenleri modellemiştir.

Özkan (2011), çalışmasında döviz kuru tahmininde alternatif çözüm yöntemleri aramak amacıyla, döviz kuru öngörüsünde kullanılan “Gecikmeli Değerler”, “Parasal Model” ve “Satın Alma Gücü Paritesi” modellerinin değişkenleri ile kurulan ÇKA tipi YSA modellerinin tahmin performanslarını incelemiştir. Döviz kuru değişkeninin gecikmeli değerleri kullanılarak oluşturulan YSA modelinin en iyi öngörü gücüne sahip olduğunu belirlemiştir.

**Turizm:** Çuhadar ve Kayacan (2005), çalışmalarında konaklama işletmelerindeki dış turizm talebi ile oluşan doluluk oranlarını tahmin etmek üzere YSA kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, gerçek değerlere çok yakın tahmin değerleri ve çok düşük hata oranları elde edilmiştir.

Çuhadar vd. (2009), çalışmalarında dış turizm talebi tahminlerinin yapılmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla, Üstel Düzleştirme ve Box-Jenkins yöntemleri ile farklı mimarilere sahip YSA modellerinin tahmin doğruluklarını karşılaştırarak, YSA modelinin en yüksek doğruluğu sağladığını görmüşlerdir.

**Eğitim:** Güneri ve Apaydın (2004), çalışmalarında ğrenci başarısızlıklarının nedenlerini tanımlamak ve gelecekteki başarısızlıklarını tahmin edebilmek için lojistik regresyon ve YSA yöntemlerini bireylerin doğru sınıflandırılma oranına göre karşılaştırmışlar ve elde edilen oranların eşit olduğunu ortaya koymuşlardır.

Erpolat (2009), çalışmasında öğrencilerin akademik başarılarına göre sınıflandırılması üzerinde durmuştur. Sınıflandırma, YSA, ayırma analizi ve kümeleme analizi gibi farklı yöntemler kullanılarak yaptığı analizler sonucunda elde edilen bulgulardan, akademik performans tahmininde YSA'nın diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiğini görmüştür.

**Mimarlık Mühendislik:** Yalçınöz vd. (2002), çalışmalarında Niğe ilinin 1991 yılından itibaren aylık enerji verilerinden faydalanarak, KA tipi YSA ve hareketli ortalama yöntemleriyle Niğe bölgesinin 2001-2004 yılları için enerji tahminlerini gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca yapılan tahmin sonucu elde edilen değerler ile 2001 yılına ait gerçek değerleri karşılaştırmışlar ve tahmin sonuçlarının gerçek değerlere çok yakın olduğunu bulmuşlardır.

şahin (2003), çalışmasında YSA temelli doğrusal olmayan ngörölü kontrol yapısı geliştirmiştir. ngörölü kontrol modeli, sürecin kontrolü için referans alınan modeli ifade etmektedir. Bu yapıda, dinamik sistemlerin giriş-çıkış ilişkisi YSA tanılama modeli kullanılarak gösterilmiştir.

Kaynak ve Özoban (2004), çalışmalarında yapay açıklıklı radar görüntülerinde YSA ile hedef tanımlama görüntülerinin analizi ve görüntü içindeki nesnelerin tanınmasını hedeflenmişlerdir. Önce işaret işleme teknikleri kullanımı ile görüntünün hedef içerebilecek bölgelerini bulmuşlar, sonra bu bölgelerin moment değişmezlerinin hesaplanması sonucunda hedefleri modellemişlerdir. Bu modelleme sonucunda elde edilen öznitelik vektörlerini sınıflandırmak için ise YSA kullanışlardır.

Toktaş ve Aktürk (2004), çalışmalarında makine tasarım işleminde kullanılan YZ tekniklerinin temel yapısı ve birbiriyle karşılaştırmasını ele almıştır. Ayrıca bunların avantaj/dezavantajlarını, kullanım amacını, özelliklerini kısaca sunmuşlardır.

Özcan vd. (2006), çalışmalarında İstanbul ili troposferik ozon yoğunluklarını hücrel YSA yöntemiyle modellemişler, model çıktılarını ve istatistiki değerleri inceleyerek hücrel YSA yapısının ozon konsantrasyonu modellemelerinde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Aslantaş ve Kurban (2007), çalışmalarında CBS’de YSA’nın kullanımı ile ilgili çalışmalar derlemişlerdir. YSA’nın genel yapısı ve çalışma mimarisini tanıtmışlar ve CBS ile bütünleştirilmesine değinmişlerdir.

İkiz vd. (2007), çalışmalarında mikrofon yardımı ile kayıt edilen ses sinyallerinden Wavelet analizi kullanarak elde edilen verilerle konuşmacı kimliğinin tespit edilmesi amacıyla bir YSA modeli kullanarak bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir.

Sarıtaş vd. (2009), çalışmalarında endüstriyel alandaki sıvıların içerisinde bulunan mikron boyutundaki manyetik parçacıkların temizlenmesi için bir manyetik filtre tasarlamışlardır. Endüstriyel sıvının temizlenmesi işleminin maksimum performans ile ve süreklilik arz edecek şekilde çalışması için YSA kullanılarak bir kontrol sistemi gerçekleştirmişlerdir.

Dipova ve Cangir (2010), çalışmalarında Antalya bölgelerindeki mavi ve yumuşak killerin sıkışabilirlik özelliklerini arazi ve laboratuvar deneyleri ile araştırmışlar, laboratuvar deney sonuçlarından zemin sıkışabilirlik parametreleri ile YSA modeli ve Çoklu Regresyon Analizi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, sıkışabilirlik parametrelerinin belirlenmesinde YSA modelinin tüm analizler içinde ölçülen değerlere en yakın tahminlerde bulunan yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

Aşkın vd. (2011), çalışmalarında kuru tip transformatör sargısının termal modelini ÇKA, Elman ağı ve NARX (Nonlinear Autoregression Model) olmak üzere üç farklı YSA yapısı kullanarak modellemişler ve bu modelleme ile ilgili en başarılı ağ yapısını belirlemişlerdir. Ayrıca üç YSA modeline, Levenberg-Marquardt ve Bayesian Regulation eğitim algoritmaları uygulamışlar ve sonuçlar karşılaştırıldığında en iyi YSA modelini NARX ve en iyi eğitim algoritmasını Bayesian Regulation olarak belirlemişlerdir.

**Tarım:** Taner vd. (2007), çalışmalarında enerjinin doğru ve etkili kullanımını sağlayan ekonomik bir sulama sistemi için sulama pompalarının çalışma karakteristiklerini kullanarak bir YSA modeli oluşturmuşlardır. YSA modeli ile elde edilen sonuçları, ölçüm sonuçları ve regresyon denklemleri ile elde edilmiş sonuçlarla karşılaştırılmışlardır. YSA ile elde edilen sonuçların, ölçüm sonuçları ile çok iyi uyumluluk içinde olduğu görülmüştür.

Şevik vd. (2014), çalışmalarında mantarın kurutulmasında kullanılan bazı sıcaklık parametrelerinin tahmini için bir YSA modeli geliştirmişler ve farklı kurutma şartlarında kuruma eğrilerinin deney yapmadan oluşturulabileceği bir modeli başarılı olarak gerçekleştirmişlerdir. Bu sistemle hem zamandan hem de enerjiden tasarruf yapılarak sistemin hangi sıcaklıklarda nasıl davranacağı kolayca tahmin edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

**Tıp:** Akpolat (2009), çalışmasında bayanlarda kemik yoğunluğuna ilişkin osteoporoz hastalığının teşhisi için ÇKA, DVK ve SOM ağ mimarileri kullanmıştır. Performans belirleyiciler ve istatistiki ölçümler ile YSA mimarilerinin değerlendirmesini yapmış ve osteoporoz hastalığının teşhisi için en iyi performansı ÇKA mimarisinin gösterdiğini belirlemiştir.

Kızılkaya (2013), tahmin yöntemi olarak 3 farklı algoritmayla gerçekleştirdiği ÇKA tipi YSA çalışmasında, kötü kolesterol olarak bilinen Low Density Lipoprotein (LDL) değerini tahmin etmeye yönelik modeller kurmuş ve bu modellerin karşılaştırmasını yapmıştır. Özel bir hastanenin veri tabanından farklı

kişilere ait veri kayıtlarıyla yaptığı uygulamada LDL değerini tahmin etmede en başarılı eğitim algoritmasının Bayesyen düzeltmeye dayalı geri yayılım algoritması olduğunu ortaya koymuştur.

**Eczacılık:** De Matas vd. (2007), çalışmalarında YZ tekniklerinin eczacılık uygulamalarına yer vermişlerdir. YZ tekniklerini açıklayarak bitmiş ilaç numuneleri üzerinde yapılan kalite kontrol çalışmalarında kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Bununla birlikte, ürün formülasyon değişiklikleri, bileşenlerin çözünme hızını tahmin etme ve nihai ilaç kalitesini etkileyen karmaşık süreçlerde de YZ'nin kullanımına dikkat çekmişlerdir.

#### **1. 7. 6. 2. Yapay Sinir Ağları Üretim ve Kalite Alanları**

Cheng (1995), çalışmasında YSA'yı Shewhart-CUSUM şemalarının performansı ile karşılaştırmak üzere kullanarak İSK için alternatif bir yaklaşım sunmuştur.

Du ve Wolfe (1997), çalışmalarında YSA ve BM sistemlerin endüstrideki uygulamalarını, özellikle tahmin, kalite kontrol, stok kontrolü, planlama ve çizelgeleme alanlarındaki uygulamalarını göstermişlerdir.

Cox (2001), çalışmasında hesap çizelgesi kullanarak kontrol şemalarının uygulamaları ve ortalama çalışma sürelerini tahmin etmek için YSA'dan faydalanmıştır. YSA bu çalışmada uygun katsayıları elde etmek için kullanılmıştır. Bir sinir ağı yoluyla elde edilen sonuçlar, istenen ortalama çalışma süreleri ile birikimli toplamları için parametre tahmininin hızlı bir şekilde sağlayan denklemler serisini vermiştir.

Yi vd. (2001), çalışmalarında süreç normal dağılım göstermediği durumlarda kalite karakteristikleri için kontrol şeması ve YSA modeli karşılaştırması yapmışlardır. Kontrol dışı sinyaller meydana gelmeden önce süreçte gözlemlenen örnek ortalaması olarak tanımlanan ortalama çalışma süreleri (OÇS)

karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu, süreç ortalamasındaki ani değişiklikleri saptamada YSA modelinin kontrol şemalarına göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Chen ve Wang (2004), çalışmalarında çok değişkenli bir  $\chi^2$  grafiğini desteklemek için YSA temelli bir model geliştirmişlerdir. Bu yöntem, sadece sinyale sebep olan karakteristikler grubunu tanımlamakla kalmayıp, ortalama sapmalarının büyüklüğünü de sınıflandırmaktadır. Sonuçlar, önerilen yöntemin sınıflandırmada mükemmel bir oran sağladığını ve eğitilen ağıın ürettiği çıkışların her kalite karakteristiğine ilişkin gerçek hedef değerler ile güçlü bir ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Rohde (2004), çalışmasında alt düzey sonuçları tahmin etmek için YSA kullanarak hiyerarşik planlama sistemi tasarlamıştır. Bu model, çok ürünlü akış hattı üretim ortamı ve tek kademeli kısa vadeli planlama seviyesi olan bir YSA modelini göstermektedir.

Doğmuş vd. (2005), çalışmalarında YSA kontrol yöntemi kullanılarak tekstil fabrikalarının bağıl nem kontrolü yapmışlar, YSA ile tekstil fabrikası nem kontrolünün başarı ile yapılabildiğini göstermişlerdir.

Kaya ve Engin (2005), çalışmalarında kalite iyileştirme sürecinde YZ tekniklerinin kullanımı ile ilgili 1990-2005 yıllarını kapsayan literatür araştırması yapmışlardır.

Kaya vd. (2005), çalışmalarında YSA'nın kalite kontrol problemlerindeki uygulamalarını araştırmışlar ve desen tanıma, tahmin, sınıflandırma gibi pek çok kalite kontrol problemi için YSA'nın kullanılmakta olduğunu ortaya koymuşlardır.

Krieter vd. (2005), çalışmalarında kontrol şemaları ve YSA kullanarak mandıra ineklerinde Östrus tespitini gerçekleştirmek üzere bir uygulama yapmışlardır. Uygulamada kullanılan ileri beslemeli çok katmanlı YSA modelinin

kontrol şemalarına göre daha yüksek performans gösterdiği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Özdamar (2006), çalışmasında bir orman endüstrisi işletmesinde bulanık istatistiki kalite kontrolü uygulaması yapmıştır. Bu çalışmada, klasik istatistiki kalite kontrol şemaları yerine, BM modeli kullanılarak, dilsel yapıyla elde edilen değerlerle bulanık istatistiki kalite kontrol şemaları elde etmiştir. Bulanık girdili ve çıktılı model sonunda elde edilen BM sonuçları ile gerçek ölçümleri karşılaştırdığında aralarında çok güçlü bir ilişki olduğunu görmüştür. Sonucunda ise, kalite kontrolünde örnek alımı, örnek alma sıklığı, hatalı karar verme riski gibi büyük maliyet getiren konuları büyük oranda ortadan kaldırılmış ve daha duyarlı, hızlı ölçümler yapılabileceğini, süreç hakkında daha sağlıklı bilgi elde edilebileceğini ortaya koymuştur.

Güngör (2007), çalışmasında talaşlı üretim yapan bir işletmede üretim hattındaki makinelerde meydana gelebilecek arızaların önceden tahmin edilebilmesi için bir YSA modeli kullanmıştır. Makine arızaları arasında geçen süreyi YSA ile tahmin etmeye çalışmış ve makinenin ne zaman arızalanabileceğini önceden belirlenebileceği önleyici bakım uygulaması önermiştir.

Lee (2007), makine, envanter ve gecikme nedeniyle oluşan toplam üretim maliyetlerini azaltmak amacıyla, esnek Kanban sistemi üzerinde eşzamanlı Kanban kontrol ve çizelgeleme yapmak amacıyla birkaç YZ yöntemini değerlendirmiştir. Uyguladığı GA, BT, TA ve komşuluk araması yöntemlerinden en iyi sonucu TA uygulamasının verdiğini göstermiştir.

Toktaş ve Aktürk (2007), çalışmalarında silindirik düz dişli çarkların analitik yöntemle tasarım hesaplamalarını yaparak, YSA modelinde kullanılmak üzere, eğitim ve test küme verileri oluşturmuş, eğitilen YSA modelinin çok başarılı olduğunu ve test verileri hata değerlerinin çok düşük olduğunu bulmuşlardır.

Ergülen ve Topuz (2008), çalışmalarında işletmenin verimliliğini tahmin edebilmek ve bu verimliliği etkileyen faktörleri belirleyebilmek için MLP tipi YSA modelini kullanmışlardır. Süt sığırcılığı yapan işletmelerden alınan çeşitli ırklar üzerinde süt verimi uygulamasını inceleyerek tekniğin avantaj ve dezavantajlarını belirlemişlerdir.

Niaki ve Abbasi (2008), çok değişkenli süreç kalitesini göstermek amacıyla kontrol şemalarındaki ortalama-sapmaları saptama ve sınıflandırmak için YSA'dan faydalanmıştır. Önerdikleri YSA yöntemi pek çok kontrol dışı koşulda oluşan sapmaları mevcut yöntemlerden daha iyi saptamakla kalmamış, aynı zamanda sapmaların niteliğini tespit etmede de daha yetenekli olmuştur.

Commuri vd. (2011), çalışmalarında sıcak asfaltın sıkıştırma kalitesini tahmin etmek amacıyla YSA temelli bir sıkıştırma analiz aracı tasarlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre akıllı asfalt sıkıştırma analiz aracı, kıvamı sürekli ve gerçek zamanlı olarak, bu alandaki kalite kontrol için yeterli doğruluk seviyesinde tahmin edebilmiştir.

Nehzati ve Ismail (2011), çalışmalarında yöneylem araştırmasının bir parçası olan üretim çizelgelemede YZ teknikleri uygulaması yapmışlardır. Bu uygulamada esnek üretim sistemi için GA, YSA ve BM yöntemlerini karşılaştırmışlar ve eleştirel yaklaşımlar getirmişlerdir.

Budakçı ve Akkuş (2011), çalışmalarında YSA'yı mobilya ve dekorasyon elemanlarının kalite kontrol testlerinde kullanmayı amaçlamışlardır. Ahşap kaplama ve laminat levhaların ortalama yapışma direnç değerleriyle elde edilen veriler sonucunda YSA'nın mobilya ve dekorasyon elemanlarının kalite kontrolünde, "tahribatsız analizi" için alternatif bir yöntem olabileceğini tespit etmişlerdir.



## 2. UYGULAMA

### 2.1. ÇALIŞMANIN TANITILMASI

#### 2.1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ülkemizin büyük bir bölümü yüksek riskli deprem kuşağında yer almakta olup, yapı güvenliği ve bu nedenle yapılarda kullanılan betonun kalitesi büyük önem arz etmektedir. Yüksek katlı binaların yapımından barajlara, prefabrikasyon binadan metro inşaatlarına kadar çok geniş bir alanda kullanılma imkanı olan hazır beton, inşaat teknolojisindeki gelişmelerle birlikte kolayca uygulama yapılabilen bir ürün olmuştur (Kalfalı, 2004:7). İnşaat sektöründe hazır beton kullanımının zorunlu olması, hazır betonların kaliteli ve nitelikli üretimini de ön plana çıkarmaktadır. Bununla birlikte, 2011 yılında yürürlüğe giren 4708 sayılı “Yapı Denetimi Hakkında Kanun”a göre, kurulan yapı denetim kuruluşları ve laboratuvarları, şantiye denetimlerinde beton sınıfı dayanımları üzerindeki hassasiyeti arttırmıştır. Hazır beton işletmeleri, nitelikli üretimi kalite güvencesi altına almak için çalışmalara başlamıştır. Kalite güvence belgesine sahip işletmeler, üretim denetim sertifikası için üretimleri sürekli olarak kayıt altına almaktadırlar (Ergün ve Başaran, 2010:51).

Hazır beton; agrega ( ince ve kaba agrega), çimento ile suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek ya da edilmeden, homojen olarak üretim teknolojisine uygun karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup şekil verilebilen, zamanla katılaşarak sertleşerek mukavemet kazanan ve tüketiciye “taze beton” olarak teslim edilen önemli bir yapı malzemesidir (Usta, 2005:3). Hazır beton üretiminde Beton Santrali, Otomasyon Sistemi ve Transmikser, ana üretim unsurlarıdır (Kalfalı, 2004:3). Temel yapı malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşan hazır betonun yapısal özellikleri de sürekli geliştirilmekte, üniversitelerde ve tesis laboratuvarlarında yeni çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek nitelikli çimento üretimi, kaliteli agrega kaynaklarının kullanımı, yeni geliştirilen

kimyasal katkıları, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, transmikserler ve beton pompaları ile yüksek kapasiteli araç üretimleri beton endüstrisinin ilerlemesini hızlandırarak daha modern ve dayanıklı yapıların oluşumunu sağlamaktadır (Usta, 2005:5).

Rekabetin kalite güvenliğine odaklandığı hazır beton sektöründe, kalite mükemmeliyetine erişmek için kalite kontrol yöntem ve tekniklerinin ortaya konulması ve nitelikli üretimin sürekliliği önem arz etmektedir. Beton üretiminin hangi teknikle yapıldığı ve betonu üreten kuruluşun yapısı dikkate alınmadan; sağlam, ekonomik ve dayanıklı beton üretmek için sarf edilecek kalite kontrol maliyeti, üretilen betonun kalitesizliği sonucu oluşabilecek maliyet yanında dikkate alınmayacak kadar düşüktür. Modern makinelerle üretimi gerçekleştirilen hazır betonda, istenilen kaliteye ulaşılması ve tüm üretimlerde aynı kalitenin korunması kalite güvence sistemi açısından da önemlidir (Oymael, 2004:168; Fırat, 2005:2; Ergün ve Başaran, 2010:52):

Betonun kalitesi denildiğinde, betonun niteliği açısından önem taşıyan özellikler aşağıdaki gibidir (Fırat,2005:2):

- Basınç dayanımı,
- Betonun fiziksel ve kimyasal etkilere karşı yeterli düzeyde dayanıklılığı,
- Mekanik, fiziksel ve kimyasal etkiler gibi dış etkilerin yanı sıra, kendi iç bünyesinde oluşabilecek değişikliklerden doğan etkiler sonucu oluşacak şekil değişimlerinin belirli bir düzeyle sınırlı kalması.

Betonun, üretiminden yerleştirilmesine kadar her aşamada kontrol ile kaliteli betondan bahsedilebilir. Bu süreç, üretim aşamasında betonu oluşturan malzemelerin; çimento, agrega, karışım suyu ve kimyasal katkıların kalite kontrolü ile başlamaktadır. Sonraki aşamada, hazırlanan beton karışımının transmikserle aktarılmasından önce alınan numune ve şantiyede teslim edilen betondan alınan numune ile betonun kalitesi kontrol edilmektedir. Sonradan ortaya çıkabilecek düşük

dayanımı denetlemek için  $N$  karot alınarak bu kontrole devam edilmektedir (Ayalp, 2008:9). Beton kalitesini olumsuz etkileyen parametrelerin hazır beton tesisinde en aza indirilmesi; üretilen beton numunelerinin ortalama basınç dayanımlarının yüksek, standart sapmanın ve değişkenlik katsayısının olabildiğince düşük olmasına bağlıdır (Ergün ve Başaran, 2010:52).

Üretim sürecindeki değişkenliklerin analizinde kullanılan kontrol şemaları, hem hazır beton hem de önceden dökülmüş beton sektöründe bir kalite kontrol aracı olarak geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Kontrol şemaları, üretim süreci hakkında bilgi sağlamaktadır; ancak bilgiyi yorumlamak mekanik bir işlem değildir. Bir beton üreticisi mevcut bilgileri yorumlamak ve bilinçli kararlar verebilmek için kontrol şemalarını kullanmak durumundadır. Böylece yeni bir parti içerik maddesi kullanıldığında kalitede bir değişiklik meydana gelip gelmediği, aynı eğilimi tüm partinin gösterip göstermediği, benzer malzemeleri kullanan işletmelerde de benzer eğilimlerin görülüp görülmediği gibi kalitede değişikliğe neden olan bu tür bilgiler tanımlanabilmekte, uygun ve yerinde önlemler alınabilmektedir. Örneğin, tartma ölçmede doğruluk kaybı; tamir ve bakım ile yeniden ayarlamaya neden olmaktadır. Karışım oranlarında bir değişikliğin gerekli olduğu durumlarda kontrol şemalarının kullanımı, tarafsız olarak tanımlanmış değişikliklere ulaştırabilmektedir. Etkin üretim kontrolü, şartnamelere uyumlu beton üretimi için bütün bilgileri kullanmakla sağlanmaktadır. Kontrol şemalarını içeren etkin bir üretim kontrolü, bundan yararlanan hem üretici hem de tüketicilerin şartnamelere uyumsuzluk riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Gibb ve Harrison, 2010:4).

Beton işletmelerinde kontrol şemaları ayrıca, ürünün karakteristiklerini (basınç dayanımı, kıvam, w/c oranı vb.), yapı taşı malzemesini (agrega sınıfı, çimento sertliği vb.) ya da üretimi (karıştırma doğruluğu) kontrol etmek için uygulanmaktadır. En yaygın olarak ise basınç dayanımı sonuçlarını aşağıdaki özelliklere göre sürekli olarak değerlendirmek için kullanılmaktadır (Gibb ve Harrison, 2010:1):

- Hedef basınç dayanımının gerçekleşip gerçekleşmediği,
- Hedeflenen basınç dayanımındaki değişkenliğin ölçümü,
- Hedef basınç dayanımı üzerinde süreç değişkenliğinin gerektirdiği eylemlerin nesnel olarak tanımlanabilmesi,
- Önceden belirlenen dayanımın daha az olduğu betonların ve dönemlerin tanımlanması ve böylece bunların incelenip düzeltici önlemler alınması.

Ürünün hayat süresinin uzun olması ve buna ilişkin işletmenin devamlılığı için ürünün kalitesinin talebe uygun olması gerekmektedir. Ürünün ömrü önemli ölçüde kalitesi ile doğru orantılıdır. Bu nedenle üretici, tüketici ve ülke ekonomisi açısından üretimin kaliteli olması önem arz etmektedir. Kalitesiz ürünün yararı olmayacağı gibi insan sağlığı ve kaynak israfı başta olmak üzere, birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Geçici bir dönem yerine daha uzun dönemler pazarda tutunup kar sağlamayı ve ticari markaları için güven vermeyi düşünen işletmeler, kaliteli üretim yapmak ve kalite kontrolüne önem vermek zorundadırlar. İstenilen kalitede üretim yapılmadığı takdirde üretimi sürdürmek anlamlı olmayacaktır. Çünkü tüketici isteklerine uygun olmayan, istenilen özelliklere sahip olmayan ürün değerli sayılmamakta ve faydalı olmamaktadır (Çınar, 1990:187).

Bu araştırmanın amacı, işletmenin kalite amaçlarının yerine getirilmesi olarak tanımlanan süreçte ortaya çıkan hataları ve gelecekte meydana gelebilecek hataları tespit etmek ve bunları iyileştirmek için YZ tekniklerinden biri olan YSA'nın uygulanabilirliğini göstermektir. Kalite problemleri oluşmadan önce gerekli önlemler almak yoğun süreç bilgisi ve deneyim gerektirmektedir. Bu bilgi ve deneyimlerin aktarıldığı otomatik sistemler süreç hakkında otomatik bilgiler üretip önleyici tedbirleri operatöre bildirerek gerekenin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Kontrol şemalarında oluşabilecek normal olmayan şekilleri tanıyacak bir sistemle, bu eğilimlerin görülüp görülmediği, kalitede değişikliğe neden olan bilgilerin tanımlanabilmesi, uygun ve yerinde önlemler alınması sağlanmaktadır. Yeni içerik malzemesi kullanıldığında kalitede değişiklik meydana gelip gelmediği ve aynı eğilimi tüm partinin gösterip göstermediği ölçülmektedir.

Otomatik örüntü tanıma modeli, basınç dayanımına ilişkin maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının saptanması ve kalite özelliklerinin önceden saptanan standartlara uygunluğunun sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Standartların kabul edilme sınırları dışına taşan sapmaların meydana gelmesi gerekli düzeltici kararların alınmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte beton basınç dayanımı kalitesini izleme ve kontrol etmede yeni bir yöntem ve teknolojik ilerleme kullanılması işletmenin rakiplere karşı firma prestijini de artırarak, etkin üretim kontrolünün sağlanması hem üreticilerin şartnamelere uyumsuzluk riskini azaltmakta hem de müşteri şikayetlerini en aza indirmektedir.

Beynin matematiksel modelinin ortaya çıkarılmasına dayanan YSA elde edilen sonuçlarıyla pratik bir uygulama sağlayamamaktadır. En başarılı performansı veren modelin tespit edilmesinden sonra bu modelin uygulanabilir ve kolay yorumlanabilir hale getirilmesi önemlidir. Beton işletmesinde basınç dayanımı sonuçlarını izlemek amacıyla oluşturulan modelin bilgisayar yazılımı haline dönüştürülmesi, çalışmada ortaya çıkan YSA modelinin kullanımını kolaylaştırmaktadır. Bu modelin görsel bir programlama dili kullanılarak yazılımının hazırlanması ve sonuçların bu yazılım aracılığıyla da analiz edilmesi yine bu çalışmanın amaçlarından birisidir.

Türkiye'deki YSA çalışmaları dünya literatüründeki çalışmalarla kıyaslandığında bu çalışmaların yeterince fazla olmadığı, mevcut çalışmalarda araştırmacıların aynı tip YSA üzerinde yoğunlaştıkları görülmektedir. İşletmeye yönelik çalışmalarda sınıflandırma, veri kavramlaştırma ve kontrol çalışmalarının gerekliliği; ayrıca yeni mimarilerin kullanımı, modellerin BM, GA gibi farklı YZ teknikleri yardımıyla iyileştirilmesi gibi gereklilikler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmadaki bir diğer amaç, ülkemizin dünya YSA literatüründe bu çalışma ile temsil edilmesi ve YSA'nın işletmelerde üretim ve kalite alanlarında etkin bir şekilde kullanılabilir olduğunu göstermektir.

## 2. 1. 2. Çalışmanın Kapsamı

Bu araştırmada, YZ tekniklerinden biri olan YSA, bir beton fabrikasında kontrol şemalarındaki örüntülerin tanınması amaçlı uygulanmıştır. İşletme, Malatya ve bölgesinde en yüksek kapasiteye sahip bütünleşik beton tesisidir. Beton fabrikasında kuru sistem ve yaş sistem olmak üzere iki santral bulunmaktadır. Saatte 100 m<sup>3</sup> beton üretimi yapan santral, aylık ortalama 25.000 m<sup>3</sup> üretim yapmaktadır. Tam donanımlı kalite kontrol laboratuvarlarına sahip olan işletme betonda uygun kontrolleri yaparak ürünlerini müşteriye sunmaktadır. İşletme, “Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB)” üyesi olup, birliğin “Kalite Güvence Sistemi (KGS)” belgesi ve “TS EN 206-1 Uygunluk ve İmalatta Yeterlilik” belgelerine sahiptir ve tüm üretimlerini bu standartlar çerçevesinde yapmaktadır. TS EN 206-1\*, Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında hazırlanmış olup, Avrupa standartları kapsamında bulunan bileşen malzemelerin kullanımına ilişkin kuralları kapsamaktadır.

Hazır beton tesislerinde TS EN 206-1 standardına uygun olarak normal ve yüksek dayanımlı betonlar üretilmektedir. Betonun üretim özellikleri bir tablo düzeninde takip edilmektedir. Söz konusu tabloya başlangıç deneyleri, ince ve iri agrega ile taze betonun su içeriği, betonun klorür içeriği, kıvam, taze ve sertleşmiş betonun yoğunluğu, taze betonun çimento içeriği, taze betonun mineral katkı içeriği, kimyasal katkı içeriği, su/çimento oranı, taze betonun hava içeriği, taze betonun sıcaklığı ve küp numunelerle beton basınç dayanımı deneyleri yazılmaktadır. Deneylere ilişkin amaç ve uygulama zaman aralığı ise TS EN 206-1’den alınmaktadır (Oymael, 2004:169; Usta, 2005:9).

Beton standartlarında taşıyıcı betonlar için beton kalitesinin belirleyici özelliği basınç dayanımıdır. Betonun tanımlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılmaktadır (Ayalp, 2008:9). Beton basınç dayanımı, eksenel

---

\* Beton Üretimde Uygunluk Standartı: CEN (*European Committee for Standardization*) (Avrupa Standartlar Komitesi) tarafından kabul edilen EN 206-1 (2000) standardı esas alınarak TSE İnşaat Hazırlık Grubu’na hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu’nun 19 Nisan 2002 tarihli toplantısında Türk Standartı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterdiği direnme kabiliyetidir. Betonda araştırılan en önemli dayanım türünün basınç dayanımı olmasının nedenleri şöyle sıralanabilmektedir (Harran Üniversitesi, 2013:1):

- Hemen hemen tüm yapıların tasarımında beton basınç dayanımı kullanılması,
- Betonun basınç dayanımı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki nedeniyle diğer dayanım büyüklükleri hakkında da fikir elde edilebilmesi,
- Basınç dayanımının bilinmesiyle betonun diğer özellikleri hakkında bilgi sağlanması (örneğin, basınç dayanımının yüksek olması, betondaki su geçirgenliğin az olduğunu ve dayanıklılığın yüksek olduğunu işaret etmektedir),
- Beton basınç dayanımını bulmak için uygulanan yöntemin, diğer dayanım türlerinin bulunması için uygulanan yöntemlerden basit olmasıdır.

Ülkemizde, beton kalitesinin önemi son yılların en büyük depremlerinde meydana gelen hasar ve kayıplarla daha çok ortaya çıkmıştır. 1999 yılı Kocaeli-Gölcük ve Yalova-Çınarcık depreminden sonra sağlam yapılarda üst dayanım sınıfındaki betonların daha yüksek oranda kullanılması gerektiği bilimsel veriler ışığında, THBB ve diğer kuruluşlar tarafından ortaya konmuş, bu bilincin giderek yaygınlaşması ile düşük dayanımlı beton üretimi oldukça azalmıştır (Usta, 2005:18). Deprem Yönetmeliği<sup>\*</sup>'ne göre, deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20'den daha düşük dayanımlı betonun kullanılmayacağı belirtilmiştir (Deprem Yönetmeliği, 2007: md.3.2.5.1). Ancak, Van depreminden sonra THBB tarafından yapılan değerlendirmede, bu dayanım sınıfının durabilite (uzun ömür) açısından yeterli olmadığı, yapıların uzun ömürlü olması ve depreme karşı dayanımlarını koruması için Deprem Yönetmeliği'nin bu hükümlerinin

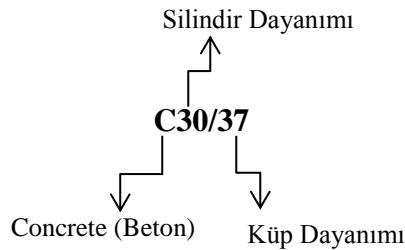
---

<sup>\*</sup> Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 06.03.2007

değiştirilerek, taşıyıcı sistemlerde kullanılacak asgari beton dayanım sınıfının C30'a yükseltilmesi görüşü bildirilmiştir (Güleryüz, 2011:1).

Araştırmada; beton üretim kalitesini etkileyen ve diğer aranan özelliklere de genelde orantılı katkısı olan en önemli özelliğin basınç dayanımı olması, deprem bölgelerinde yapılacak binalara ilişkin kullanılması gereken beton sınıfının artan bilinçle birlikte yükseliyor olması ve uygulamaya konu olan işletmenin tüketicileri tarafından en çok talep gören ürünlerin C30 basınç dayanımına sahip olması nedenleriyle kalite kontrol karakteristiği olarak "beton basınç dayanımı" YSA modelinin uygulanacağı veriler olarak belirlenmiştir. Bu veriler, işletmenin C30 beton basınç dayanımına uygun sürekli üretim verilerini kapsamaktadır ve TS EN 206-1'e uygun kalite uygunluk ölçütleri ve ilişkileri aşağıdaki gibidir:

Beton basınç dayanımı, aksi belirtilmedikçe 28 günlük uygun küp ya da silindir şekilli numunede tayin edilen değerdir ve  $f_{c,küp}$  ya da  $f_{c,sil}$  şeklinde ifade edilmektedir ( TS EN 206-1, 2002: md. 5.5.1.2). Şekil 2.1'de beton basınç dayanımı ifadesinin okunuşu ve gösterimine ilişkin açıklama yer almaktadır.



Şekil 2. 1: Basınç Dayanım Sınıfı Harf/Sayı Açıklaması

Beton işletmelerinde projede öngörülen betonun basınç dayanımı, karakteristik basınç dayanımı olarak ifade edilmektedir. TS EN 206-1'e göre betonun karakteristik basınç dayanımı, belirlenmiş basınç dayanımı sınıfı için Tablo 2.1'de verilen en düşük karakteristik basınç dayanımından daha büyük ya da eşit olmalıdır. Üretilen betonun gerçek basınç dayanımının, öngörülen basınç dayanımından daha



düşük olma olasılığı (riski) bulunmaktadır ve bu olasılık TS EN 206-1'e göre en fazla %5'tir (TS EN 206-1, 2002: md. 5.5.1.2; Türk, 2011:16).

**Tablo 2. 1:** Normal Beton Basınç Dayanım Sınıfları

| Normal Beton Basınç Dayanım Sınıfları |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| Basınç Dayanım Sınıfı                 | En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck, sil}$ ( $N/mm^2$ ) | En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{ck, küp}$ ( $N/mm^2$ ) |
| C 8/10                                | 8   | 10   |
| C 12/15                               | 12  | 15   |
| C 16/20                               | 16  | 20   |
| C 20/25                               | 20  | 25   |
| C 25/30                               | 25  | 30   |
| C 30/37                               | 30  | 37   |
| C 35/45                               | 35  | 45   |
| C 40/50                               | 40  | 50   |
| C 45/55                               | 45  | 55   |
| C 50/60                               | 50  | 60   |
| C 55/65                               | 55  | 65   |
| C 60/75                               | 60  | 75   |
| C 70/85                               | 70  | 85   |
| C 80/95                               | 80  | 95   |
| C 90/105                              | 90  | 105  |
| C 100/115                             | 100   | 115  |

**Kaynak:** TS EN 206-1, 2002: md. 4.3.1

TS EN 206-1'e göre, basınç dayanımı uygunluk deneylerinin beton grubuna uygulanmasında en yaygın olarak üretilen beton bileşim oranına sahip olan ya da bileşim oranlarının ortalaması olabilecek beton karışımı referans olarak seçilmektedir. Beton grubu içerisindeki her farklı beton bileşimine sahip beton ve referans beton arasında her betondan elde edilen basınç dayanımı deney sonuçlarını, referans beton deney sonuçları haline çevirebilmek için bağıntılar kurulmaktadır. Bağıntılar her değerlendirme evresinde ve üretim şartlarında dikkate almaya değer

değişiklikler olduğu zaman orijinal basınç dayanımları esas alınarak gözden geçirilmektedir. Buna ek olarak, beton grubu için uygunluk değerlendirilmesinde her üyenin gruba ait olduğu doğrulanmaktadır (TS EN 206-1, 2002: md. 8.2.1.3). bu amaçla etiketleme yöntemi kullanılmaktadır.

Her beton bileşim oranı ya da beton grubu için, numune alma, deney planı ve uygunluk ölçütleri bakımından başlangıç üretimi ve sürekli üretim arasında farklılık olmaktadır. Başlangıç üretimi, en az 35 deney sonucu elde edilinceye kadar olan üretimi kapsamaktadır. Sürekli üretim, 12 aydan fazla olmayan sürede en az 35 deney sonucu elde edildikten sonraki üretimdir. Uygunluk değerlendirmesi, son 12 ayı geçmeyen değerlendirme süresi esnasında alınan deney sonuçları kullanılarak yapılmaktadır (TS EN 206-1, 2002: md. 8.2.1.1). Tablo 2.2’de TS EN 206-1’e göre basınç dayanımı uygunluk ölçütleri yer almaktadır.

**Tablo 2. 2:** Basınç Dayanımı Uygunluk Ölçütleri

| Üretim    | Grupta elde edilen basınç dayanımı deney sonucu adeti ( $n$ ) | 1. Ölçüt   | 2. Ölçüt   |
|-----------|---|--|--|
|           |   | $n$ adet deney sonucunun ortalaması ( $f_{cm}$ )<br>$N/mm^2$ | Herhangi tek deney sonucu ( $f_{ci}$ )<br>$N/mm^2$ |
| Başlangıç | 3   | $\geq f_{ck}+4$  | $\geq f_{ck}-4$                                    |
| Sürekli   | 15  | $\geq f_{ck}+1.48\sigma$                                     | $\geq f_{ck}-4$                                    |

**Kaynak:** TS EN 206-1:2002, md. 8.2.1.3

Hazır beton tesisi için nitelikli üretim ve kalite uygunluk ölçütleri, her beton üretiminin standart biçimde sağlanması ile gerçekleşmektedir. Uygunluk ölçütlerinin ise sadece ortalama basınç dayanımı değerleri ile özdeşleştirilemeyeceği, aynı zamanda tesisin önceki en az 35 beton grubu üretimlerinin deney sonuçlarını kapsayan standart sapma değerlerinin belirlenmesiyle değerlendirilebileceği TS EN 206-1’de önemle vurgulanmıştır (Ergün ve Başaran, 2010:52). Beton hacminin doğru standart sapması, sadece bütün parti test edilirse saptanabilmektedir. Bu uygulanabilir olmadığı için pratikte beton hacminin standart sapması test örnekleriyle tahmin edilmektedir. Ne kadar çok örnek test edilirse tahmin edilen standart sapma o

kadar güvenilir olacaktır. Tahmini popülasyon standart sapmasını elde etmeden önce beton sıcaklık ölçümü, çökme testi vb. pek çok dikkatli başlangıç test kurallarıyla kontrol edilmektedir (Gibb ve Harrison, 2010:9-10).

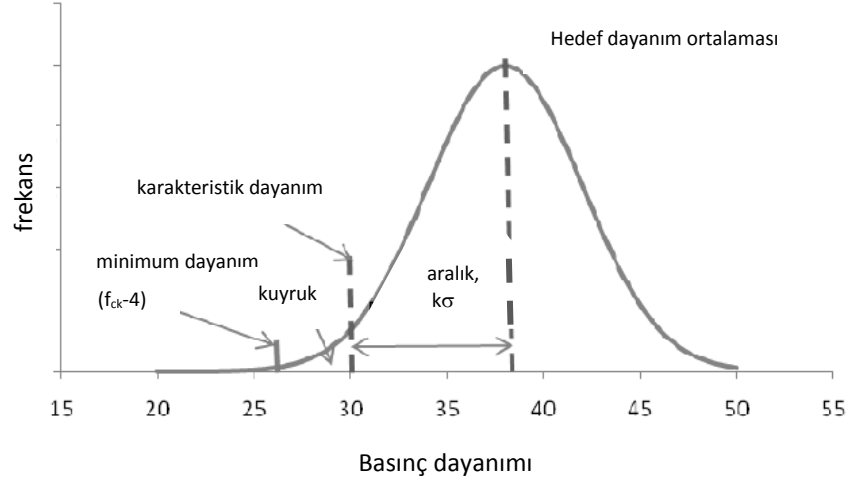
Başlangıçta, uygunluğu kontrol edilecek üretim süresinin hemen öncesinde, en az üç aylık sürede elde edilen en az 35 deney sonucundan standart sapma hesaplanmaktadır. Bu değer, tüm üretim için tahmini standart sapma ( $\sigma$ ) olarak alınmaktadır. Kabul edilen bu standart sapmanın gerçekliği, daha sonraki üretimde kontrol edilmektedir. TS EN 206-1, başlangıç tahminini doğrulamak için 2 yönteme izin vermektedir. Yöntemlerden hangisinin kullanılacağına önceden karar verilmektedir. Bu yöntemler şöyledir (TS EN 206-1, 2002: md. 8.2.1.3; Gibb ve Harrison, 2010:10):

1. Yöntem: Başlangıçta belirlenen standart sapma, uygunluk kontrolü yapılacak daha sonraki üretim süresinde elde edilen son 15 sonuç arasında tespit edilen standart sapmanın ( $S_{15}$ ), başlangıçtaki standart sapmadan ( $\sigma$ ) önemli derecede sapma göstermemesi şartıyla uygulanabilmektedir. Bu şart;  $0,63\sigma \leq S_{15} \leq 1,37\sigma$  olması halinde geçerli kabul edilmektedir.  $S_{15}$ 'in bu sınır değerler dışında olması durumunda sürekli üretimden en son elde edilen 35 deney sonucu kullanılarak yeni  $\sigma$  değeri hesaplanmaktadır.

2. Yöntem: Sürekli üretimden yeni standart sapma değeri ( $\sigma$ ) tahmin edilmekte ve bu değer kullanılmaktadır. Sistemin hassasiyeti en az 1. yöntemdeki kadar olmalıdır. Belirlenen yeni standart sapma ( $\sigma$ ) değeri, daha sonraki değerlendirme süresinde de uygulanmalıdır.

Basınç dayanımı test sonuçları, normal dağılım eğilimi göstermektedir. Bir normal dağılım iki parametre ile tanımlanmaktadır: Bunlar, sonuçların ortalama etrafında dağılıma ölçüsünü gösteren dağılımın orta değeri ve standart sapmasıdır. Düşük bir standart sapma, dayanım sonuçlarının çoğunun ortalamaya yakın olduğu anlamına gelmektedir. Yüksek standart sapma ise dayanım sonuçlarının önemli

oranda ortalamanın altında ya da üstünde olduğunu göstermektedir (Gibb ve Harrison, 2010:5).



Şekil 2. 2: Basınç Dayanımı Dağılımı

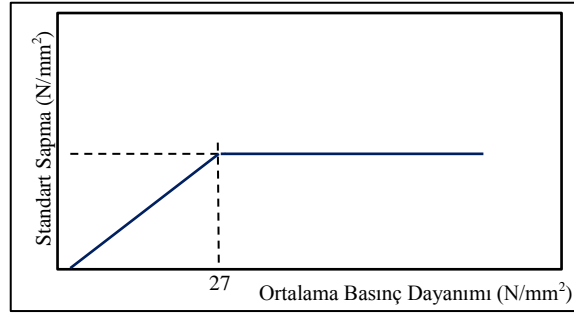
**Kaynak:** Gibb ve Harrison, 2010:5

TS EN 206-1 üretilen betonun gerçek basınç dayanımının öngörülenden daha düşük olma olasılığını %5 olarak öngördüğü için bu durum, her parti test edildiğinde sonuçların %5'inin gerçek dayanımın  $1.64\sigma$  altından başlayan normal dağılımın düşük kuyruğunda yer alabileceği şeklinde açıklanmaktadır. Bununla birlikte gerçek ortalama dayanım tüm parti üretilip test edilene kadar bilinmemektedir. Bu nedenle Hedef Basınç Dayanım (*HBD*), betonun belirtilen en az karakteristik dayanıma ulaşabilmesini sağlayabilmek için daha yüksek bir değere ayarlanmaktadır (Gibb ve Harrison, 2010:5-6). *HBD*'nin ayarlanması, en az dayanımlı popülasyonu sağlama olasılığını yükseltmek, minimum basınç dayanımı riskini düşürmek, üretici ve tüketici için riski düşürmek ve rekabet ederken ekonomiklik dengesini de sağlamak için gereklidir. *HBD*,  $f_{ck} + 1.64\sigma$  dan daha düşük olmamalıdır; ancak bu değer üstünde olabilmektedir (Gibb ve Harrison, 2010:9). *HBD* denklem (2.1)'de gösterilmiştir.

$$HBD = f_{ck} + k \times \sigma \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte;  $HBD$  hedef basınç dayanımını,  $f_{ck}$  karakteristik basınç dayanımını,  $k$  istatistiksel sabit ve  $\sigma$  ise tahmini standart sapmayı göstermektedir.

Betonun standart sapması tahmin edilmeksizin beton üretiminin kontrolü için kontrol şemaları kullanmak mümkün olmamaktadır. Basınç dayanımının standart sapması, orta ve yüksek dayanımlar için sabit olma eğilimi gösterirken daha düşük dayanımlar için ortalama dayanımla orantılı olarak artma eğilimindedir (Gibb ve Harrison, 2010:10) Şekil 2.3 ortalama basınç dayanımı ve standart sapma ilişkisini göstermektedir.



Şekil 2. 3: Ortalama Basınç Dayanımı ve Standart Sapma İlişkisi

**Kaynak:** Gibb ve Harrison, 2010:10

Bu bilgiler açıklandıktan sonra ortalama basınç dayanımına ilişkin kontrol şemalarının çizimi şu aşamaları içermektedir:

Beton basınç dayanımının ölçülebilir bir veri tipinde olduğu ve kalite karakteristiği gözlem değerinin  $n > 10$  (35 gözlem değeri) olduğu göz önüne alındığında en uygun kontrol şeması çeşidi  $\bar{X} - S$  kontrol şemasıdır. Bu kontrol şeması beton basınç dayanımına ilişkin bireysel ölçümlerin ya da örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya göre nasıl karşılaştırılacağını göstermektedir. Bununla birlikte beton üretiminde sürecin kontrol altında olduğunu söyleyebilmek ve süreç değişkenliğini tespit edebilmek için standart sapmanın bilinmesi gerekliliği TS EN 206-1'de de vurgulanmaktadır. Uygun kontrol şeması belirlendikten sonra merkez çizgi, alt ve üst uyarı sınırları, alt ve üst kontrol sınırları belirlenmektedir.

Beton basınç dayanımının izlenmesini sağlayan kontrol şemasına ilişkin süreç ortalaması HBD'ye eşittir (Gibb ve Harrison, 2010:13). C30 basınç dayanımındaki betonun en düşük karakteristik dayanım değeri Tablo 2.1'de belirtildiği üzere 37'dir ve buna göre C30 basınç dayanımına sahip betona ilişkin süreç ortalaması ve sınırlar Tablo 2.3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

**Tablo 2. 3:** Basınç Dayanımına ilişkin Merkez Çizgi ve Kontrol Sınırları

|  | Formül          |
|--|-----------------|
| <b>MÇ</b> (Merkez Çizgi) = HBD                                     | 37+1.64σ        |
| <b>ÜKS</b> (Üst Kontrol Sınırı) ve <b>AKS</b> (Üst Kontrol Sınırı) | HBD+3σ ; HBD-3σ |
| <b>ÜUS</b> (Üst Uyarı Sınırı) ve <b>AUS</b> (Alt Uyarı Sınırı)     | HBD+2σ ; HBD-2σ |

Beton üretiminde, %5 kısıtlılığa göre Ortaya Çıkan Ortalama Kalite Sınırı (OOKS)\* başarıldığı zaman üretimin karakteristik dayanımı gerçekleştirdiği kabul edilmektedir (Gibb ve Harrison, 2010:7). Kontrol şemalarında amaç, eğer üretim seviyesinin özel bir karakteristik değerden daha yüksek olup olmadığını değerlendirmekse uyarlanmış kontrol şemaları (Modified Shewhart Control Charts) kullanılabilir. Örneğin, beton kalitesini etkileyen değişkenlerden biri olan “kıvam” için bir alt ve üst sınır bulunmaktadır ve böyle durumlarda ÜKS ve AKS'nin olması esastır. Buna karşın özel bir karakteristik dayanım için sınırlardan yüksek bir değer olması önemli değildir; ancak ekonomik üretim açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla, uyarlanmış kontrol şemaları kullanılabilir ve bu şemalar denklem (2.2)'de görüldüğü üzere  $n$  ölçümlü dayanım sonucu ortalamasının aşağıdaki değişkenlerle  $f_{ck}$ 'dan uzaklık olarak belirlenen  $L_l$  alt sınırından daha büyük olması kontrolünden meydana gelmektedir (Gibb ve Harrison, 2010:13,15).

$$L_l \geq f_{ck} + (q_n \times s) \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte  $q_n$ ,  $n$  ölçüm sayısına ve seçilen OOKS'ye bağlıdır,  $s$  parametresi ise üretimin güncellenmiş standart sapmasını ifade etmektedir.  $n \geq 15$  ve  $q_n \geq 1.48$  olduğu bu durumda kontrol şemaları OOKS'nin %5'i için bu gereklilikleri yerine

\* Average Outgoing Quality Limit (AOQL), üretimdeki kabul olasılığına göre gereken karakteristik basınç dayanımının altındaki tüm sonuçların çarpımıyla hesaplanmaktadır.

getirmektedir. Bu ölçüt ayrıca, TS EN 206-1'deki ortalama basınç dayanımı uyumluluğunu da sağlamaktadır. Uyarı sınırı ise daha yüksek bir değere ayarlanmaktadır (Gibb ve Harrison, 2010:15). Bu nedenle, bu çalışmada YSA'da eğitilen verilere ilişkin sınırlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

**Tablo 2. 4:** Basınç Dayanımı için Çalışmada Kullanılan Kontrol Sınırları

|  | <b>Formül</b>                       |
|--|-------------------------------------|
| <b>ÜKS</b> (Üst Kontrol Sınırı) ve <b>AKS</b> (Üst Kontrol Sınırı) | $HBD+1.48\sigma$ ; $HBD-1.48\sigma$ |
| <b>ÜUS</b> (Üst Uyarı Sınırı) ve <b>AUS</b> (Alt Uyarı Sınırı)     | $HBD+\sigma$ ; $HBD-\sigma$         |

### 2. 1. 3. Çalışmaya İlişkin Literatür Özeti

Geleneksel olarak, İSK şema örüntüleri elle analiz edilmekte ve yorumlanmaktadır. 1980'lerin sonuna doğru, 1987 yılında Swift ve 1989 yılında Cheng, İSK şemalarının analizi ve yorumu için US'lerin kullanımını önermişler; bilgi teknolojilerindeki gelişmeler araştırmacıları, İSK Kontrol Şemaları Örüntü Tanıma (KŞÖT) 'da YSA'nın kullanımını araştırmak için cesaretlendirmiştir (Hassan vd., 2003:1588). Örüntü tanıma/sınıflandırmada YSA kullanılmasının nedeni, sonucun iyi kalitede bir dağılıma ulaşması ve işlemin doğrusal olmamasıdır. Ayrıca, YSA paralel programlama yapısında uygulanabilirliği test edilmiş olduğu için özellikle uygun donanım ile de desteklendiği zaman büyük boyutlu verilerle çalışabilmektedir. YSA'nın örüntü tanıma, özellikle karmaşık ve gürültülü örüntülerde başarıyla uygulanabilirliği yapılan çalışmalarla ispatlanmıştır (Arıç, 2011:32). Bu bölümde ilgili literatür çalışmaları hakkında özet bilgi verilmektedir.

Pham ve Öztemel (1993), çalışmalarında ÇKA tipi YSA ve DVK tipi YSA modelini birlikte kullanarak bir KŞÖT sistemi oluşturmuşlardır. Sonuç olarak, DVK ve ÇKA tipi YSA'nın birlikte kullanılması sadece ÇKA ve sadece DVK tipi YSA'ya göre daha yüksek doğruluk oranı vermiştir.

Stütze (1995), çalışmasında üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığına karar vermek amacıyla, kalite kontrol şemalarını geri yayılım

algoritmasıyla eğitilmiş YSA modeliyle karşılaştırmıştır. Süreç ortalaması ve süreçteki değişikliklerin çeşitliliğini ortaya koymuştur.

Cheng (1997), çalışmasında geri yayımlı ÇKA ve modüler YSA olmak üzere iki farklı YSA temelli KŞÖT modeli tanımlamıştır. Modüler YSA modeli geri yayımlı modele göre daha doğru örüntü tanıma sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda modüler YSA modelinin diğer yöntemlere göre daha net üstünlüklere sahip olduğu ve geliştirilen modelin, diğer yaklaşımlardan daha çok hesaplama gerektirmesine karşın daha kolay ve sürece cevap vermesinin daha hızlı olduğu belirtilmiştir.

Pham ve Wani (1997), çalışmalarında geri yayımlı bir ÇKA modeli ve sezgisel teknikler kullanarak KŞÖT uygulaması yapmışlardır. Bu çalışmada, kullanılan veriler, kontrol şemalarındaki örüntülere ait şekil özellikleri olmuş ve en iyi sonucu YSA modelinin gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Zorriassatine ve Tannock (1998), çalışmalarında geleneksel İSK şemalarını analiz etmek için kullanılan YSA uygulamalarını içeren bir literatür çalışması yapmışlardır. Bu araştırmada, kontrol şemaları ve YSA'nın önemini ortaya koymuş ve YSA'yla yapılan örüntü tanıma uygulamalarının içerik, yapı, mimari, transfer fonksiyonları ve sonuçlarını sunmuşlardır.

Guh ve Tannock (1999), çalışmalarında normal olmayan örüntüleri tanımak ve örüntülerin içerdiği anahtar parametreleri tanımlayabilmek için YSA yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşım kullanılarak hem tek hem de aynı anda meydana gelen örüntüler tanımlanmıştır. Sonuçlar, bu modelin başarılı olduğunu göstermiştir.

Sağiroğlu vd. (2000), çalışmalarında KŞÖT için YSA modeli geliştirmişlerdir. Esnek yayılım, geri yayılım ve genişletilmiş delta-bar-delta algoritmaları kullanarak ÇKA modeli ile ağı eğitmişlerdir. Geri yayılım algoritmasının kesin sonuçlar verdiği ve diğer algoritmalarından daha iyi ve daha hızlı sonuçlar sağladığı görülmüştür.



Perry vd. (2001), çalışmalarında geri yayımlı YSA kullanarak KŞÖT oluşturmuşlardır. Sonuçlar, geri yayımlı YSA performansının KŞÖT’de oldukça yüksek ve doğru olduğunu göstermektedir.

Hassan vd. (2003), çalışmalarında geleneksel kontrol şemaları ve akıllı kontrol şemaları arasındaki performansı değerlendirmek için karşılaştırmalı örüntü tanıma geliştirmişlerdir. Bu amaçla Shewhart kontrol şemasında gösterilen örüntülere ait altı yaygın şekle odaklanmışlardır. Altı istatistiki özellik seçilerek eğitilmiş YSA temelli örüntü tanıma modeli, ham veri temelli örüntü tanıma modeline göre daha iyi performans göstermiştir.

Bargash ve Santarisi (2004), çalışmalarında kalite kontrol şemalarında meydana gelen en yaygın örüntüler için YSA ile örüntü tanıma kullanmışlardır. Bu YSA modelinde, eğitim parametrelerinin YSA üzerindeki etkilerini araştırmışlar; minimum kayma, kayma miktarı, örnek büyüklüğü, kayma yüzdesi gibi pek çok parametrenin YSA örüntü tanıma üzerinde etkisi olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Guh (2004), çalışmasında çevrimiçi kalite kontrol örüntü tanıma problemini çözmek için YSA eğitim parametreleri grubu ve yapılandırmasını geliştirmek amacıyla GA’yı kullanmıştır.

Gauri ve Chakraborty (2008), çalışmalarında KŞÖT sistemi için kontrol şemasından elde edilen altı adet özellikli veri grubunu kullanarak bir karar ağacı ve ÇKA tipi YSA modeli geliştirmişlerdir. İki modelin sonuçlarını karşılaştırarak YSA modelinin örüntü tanıma daha başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Guh ve Shiue (2008), çalışmalarında DVK tipi YSA modeli kullanarak etkin bir KŞÖT modeli oluşturmuşlardır. Bu modeli geri yayılım ağı ile karşılaştırmışlar ve elde edilen sayısal değerler sonucunda DVK ağının daha iyi sonuç verdiğini görmüşlerdir.

Masood ve Hassan (2008), çalışmalarında farklı eğitim algoritmaları kullanarak oluşturdukları geri beslemeli YSA modeli ile KŞÖT uygulaması gerçekleştirmişler ve model sonuçlarının doğruluğunu ortaya koymuşlardır.

Niaki ve Abbasi (2008), çalışmalarında çok değişkenli süreç kalitesini göstermek için kontrol şemalarındaki ortalama-sapmaları saptama ve sınıflandırmak için YSA'dan faydalanmışlardır. Önerilen YSA yöntemiyle, pek çok kontrol dışı koşulda oluşan sapmaların mevcut yöntemlerden daha iyi saptandığı, aynı zamanda sapmaların niteliğini tespit etmede de daha yetenekli olduğu ortaya konmuştur.

Cheng ve Cheng (2009), çalışmalarında kontrol şeması örüntü analizi için SOM tipi bir YSA modeli önermişlerdir. Girdi vektörünün bileşenleri olarak ham veriler ve Wavelet Analizi ile elde edilen özellikli veriler kullanılmıştır. Sonuçta YSA modelinin geleneksel yaklaşımlara göre daha iyi sonuç verdiği, ham verilere kıyasla, özellikli veriler kullanıldığında ise önerilen YSA modelinin performansının attığını ortaya koymuşlardır.

Gauri (2010), çalışmasında KŞÖT için DVK ve ÇKA tipi YSA modeli oluşturmuştur. DVK modelini ham veri ve özellikli veri olarak iki ayrı modelle oluşturmuştur. Bu modeller kıyaslandığında özellik temelli DVK ağının, ham veriyle oluşturulmuş DVK ağına göre daha kısa sürede öğrenme gerçekleştirmiştir. DVK ve ÇKA ağlarını karşılaştırdığında DVK ağının öğrenme süresinin çok daha kısa olduğunu; ancak performansları arasında önemli bir fark bulunmadığını belirlemiştir.

Guh (2010), çalışmasında kontrol şeması örüntülerinde varyans ve ortalamanın ikisini de eş zamanlı tanıyan YSA temelli bir model oluşturmuştur. Çalışmadaki ampirik karşılaştırmalar, bu modelin KŞÖT yeteneği ile birlikte aynı zamanda ortalama ve varyans sapmalarını da saptanmakta mevcut yaklaşımlardan daha iyi bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Kiran vd. (2010), çalışmalarında KŞÖT için eğitim algoritmaları gerçekleştirmişlerdir. Çok katmanlı geri yayımlı YSA modeli kullanılarak yapılan

bu çalışma sonucunda sürecin kontrol altında olması ve olmaması üzerine önerilerde bulunmuşlardır.

Wu (2010), çalışmasında toplu üretimde verimliliği ve etkililiği arttıran güçlü bir üretim stratejisi olan hücrel üretime yönelik bir KŞÖT uygulaması yapmıştır. Bu amaçla verileri Wavelet dönüşümü ile ayrıştırarak PNN tipi YSA modeli oluşturmuştur. Önerdiği modelde basit yapı, hızlı uyum, yüksek tanıma oranı, düşük tip I ve tip II hatası gibi sonuçlara ulaşmış ve bu modelin hücrel üretimde kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Olgun (2011), çalışmasında süreçte zaman içinde oluşabilecek değişimlerin tespit edilmesi, sürecin kontrol altında tutulması ve önlemlerin alınması amacıyla süreç boyunca oluşabilecek anormal değişimlerin örüntülerini tanımlamaya yönelik YSA ve Bayes örüntü tanıma sistemleri oluşturmuştur. Oluşturulan örüntü tanıyıcılarının sınıflandırma performanslarını ölçmüş ve Bayes sınıflandırıcısının daha iyi sonuç verdiğini ortaya koymuştur.

Beton sektöründe yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların genellikle deney, laboratuvar ve saha çalışmaları üzerine olduğu görülmüştür. İstatistiki değerlerin incelenmesiyle yapılan kalite kontrolü ve kontrol şeması çalışmaları da yaygınlaşmaktadır. Bu konuda yapılmış çalışmalara örnekler şöyledir:

Manzak vd. (1996), çalışmalarında agrega kaynağının seçiminden başlayarak, üretim aşamasında yapılan periyodik kontrolleri de içine almak üzere betonun taşıyıcı iskeletini oluşturan agregalar üzerinde yapılan deneyleri sunmuşlar ve kalite denetimi açısından bu deneylerin değerlendirmesini yapmışlardır. Bununla birlikte, kullanılan agregaların fiziksel özelliklerini tartışarak karışım tasarımı ve gereken düzeltmelerin nasıl yapılacağına ilişkin izlenecek yolları sunmuşlardır.

Arioğlu ve Girgin (1998), çalışmalarında Mevhibe İnönü tüneline üretilen BS 30 kaplama betonunun kalite kontrolünde Shewhart ve Kümülatif toplamlar yöntemlerini birlikte kullanılmışlardır. Kullanılan bu yöntemlerin kalite kontrol

ilkeleri, çeşitli tarihlerde alınan kontrol numunesinin sonuçları ile denetlenmiş ve döneme ait sonuçların irdelenmesi bu çalışmanın ana içeriğini oluşturmuştur.

Fırat (2005), çalışmasında Antalya ve yöresinde kullanılan betonun üretim kalitesi, betonun basınç dayanımı ve bu basınç dayanımının dağılımını, beton sınıflarına ve yıllara göre dikkate alarak istatistiki olarak incelemiştir.

Öcal (2005), çalışmasında beton üretim teknikleri ve laboratuvar uygulamalarında kalite güvenliğinin sağlanması amacıyla laboratuvar ve saha uygulamalarını deneysel olarak incelemiştir. Hedeflenen beton kaliteleri ile elde edilen beton kaliteleri arasındaki ilişkileri kalite yönetim sistemi açısından değerlendirmiştir.

Topçu vd. (2005), çalışmalarında Eskişehir'de faaliyet gösteren bir hazır beton firmasından alınan C20 ve C30 sınıfı beton numuneleri için basınç dayanım deneyleri sonuçlarıyla istatistiki değerlendirmeler yaparak sonuçları yorumlamışlar ve değerlendirmeler sonucunda Eskişehir ilinde üretilen betonların kalitesinin istenilen düzeyde olduğu sonucuna varmışlardır.

Ayalp (2008), çalışmasında beton kalitesinin denetlenebilmesi için tüm laboratuvar verilerinin bir ortamda toplanması gerektiğini belirtmiştir. Bu amaçla, denetim firmalarının ve laboratuvarlarının oluşturdukları numune bilgilerinin günü gününe aktarmaları sonucu üretilen betonun kalitesini (dayanımını) ve mevcut ise sapmaları tespit etmenin mümkün olacağı bir kalite denetim sistemi önermiştir.

Beton sektöründe YSA kullanılarak yapılan çalışmalar da yaygınlaşmaktadır. Bunlar çoğunlukla farklı katkı maddeli betonların basınç dayanımı tahmini, diğer dayanımların tahmini, farklı agregalı beton özelliklerinin tahmini, çökme miktarının tahmini üzerine olup çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Liu (1997), çalışmasında farklı formülizasyonla hazırlanan beton karışımı özelliklerini öğrenen bir YSA modeli oluşturmuş ve beton kalitesi için tahminlerde bulunmuştur. Bu amaçla geri beslemeli YSA mimarisi kullanarak en iyi beton karışımı tahminini veren modeli belirlemiş ve başarılı tahminlerin enerji, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacağını belirtmiştir.

Bai vd. (2003), çalışmalarında uçucu kül ve metakaolinin birleşmesiyle betonun işlenebilirliğini YSA modeli kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır.

Çağlar vd. (2005), çalışmalarında YSA tabanlı model ile kayma donatısız betonarme kirişlerin kesme dayanımlarını belirlemeyi amaçlamışlar ve YSA tabanlı modelin oldukça gerçekçi sonuçlar ürettiğini gözlemişlerdir.

Hasgöl ve Anagün (2005), çalışmalarında bir denetim sonucunda elde edilen deneysel veriler arasındaki bağıntının YSA kullanarak ifade edilmesi amacıyla deneysel sonuçların analizi için geri yayımlı YSA modeli ile beton dayanım testi için bir uygulama yapmışlardır.

Öztaş vd. (2006), çalışmalarında yüksek dayanımlı betonların çökme ve basınç dayanımlarını tahmin etmek üzere ÇKA tipi YSA modeli oluşturmuşlar, basınç dayanımı ve çökme tahmininde YSA modelinin çok güçlü bir araç olduğunu ortaya koymuşlardır.

Acır (2007), çalışmasında silis dumanı içeren betonların basınç dayanımlarının tahmini için ileri beslemeli YSA modeli oluşturmuştur. Sonuçlar, YSA modelinin beton basınç dayanımlarının belirlenmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu, kaliteli beton üretimi için gerekli karışım oranlarının deneysel çalışma yapmaksızın önceden belirlenmesinin mümkün olduğunu, zaman ve malzeme tasarrufu sağladığını ortaya koymuştur.

Budak ve Can (2008), çalışmalarında betonarme kolonların taşıma gücüne göre donatı hesabında tek eksenli bileşik eğilme halinde kullanılabilen basit

formüller önermişlerdir. Önerilen formüller değişik donatı çeliği  $N$  kesit şekilleri için Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak eğitilen YSA modeli sonucunda elde edilmiştir.

Ekici ve Demirel (2008), çalışmalarında çimento inceliğinde öğütülen bazik karakterli pomza agregasının ve silis dumanının betonun basınç dayanımı üzerinde yaptığı etkiyi geri yayımlı YSA ile modellemişlerdir. Ağdan elde edilen çıkışlar ile deneysel çalışma sonucu bulunan basınç dayanımı değerlerini karşılaştırmışlar ve YSA'nın %98 oranında başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Keleşoğlu ve Ekinci (2008), çalışmalarında silis dumanı katkılı betonların çarpma dayanımını YSA ile tespit etmeye çalışmışlardır. Uygulamada geri yayımlı sinir ağı tercih edilmiştir. Ağdan elde edilen çıkışlar deney sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür.

Sarıdemir (2008), çalışmasında farklı agregalarla üretilmiş beton özelliklerini YSA ve BM ile tahmin etmek için model geliştirmiştir. Bu amaçla, birçok deneysel çalışmadan yararlanarak, deneysel sonuçlarını tahmin etmeye çalışmıştır. YSA ve BM yöntemlerinde oluşturulan modellerde belirli sayıdaki deney girdi ve çıktı değerleri ile modeller eğitilmiş daha sonra sadece deney girdi değerleri kullanılarak modellerin performansını istatistik parametrelerle değerlendirmiştir. Her iki yöntemde oluşturulan modellerde de deneysel sonuçlara çok yakın sonuçlar elde edilebileceği çalışmada gözlenmiştir.

Subaşı ve Beycioğlu (2008), çalışmalarında kırmataş kalker agregalı betonların basınç dayanımlarının belirlenmesi amacıyla Çoklu Doğrusal Regresyon Tekniği ve YSA yöntemiyle iki farklı tahmin modeli geliştirmişler, YSA'nın Regresyon tekniğine göre daha başarılı tahmin sonuçları verdiğini belirlemişlerdir.

Subaşı vd. (2008), çalışmalarında taze beton özelliklerinden yararlanılarak beton basınç ve yarmada çekme dayanımı değerlerini YSA kullanarak tahmin edebilecek bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Geliştirilen ileri beslemeli YSA

modeli ile deneysel olarak elde edilen verileri karşılaştırmışlar ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğunu ortaya koymuşlardır.

Özcan vd. (2009), çalışmalarında silis dumanı katkılı betonun basınç dayanımını tahmin etmek için YSA ile birlikte BM uygulaması da yapmıştır. Geri beslemeli ÇKA tipindeki YSA modelinin basınç dayanımını tahmin etmede etkili bir yaklaşım olduğu ortaya konmuştur.

Yaprak ve Karaca (2009), çalışmalarında yüksek sıcaklık etkisinde kalan polipropilen lifli beton numunelerinin basınç dayanımlarını test etmişlerdir. Deneysel olarak bulunan test sonuçlarının YSA kullanılarak bulunması amaçlanmıştır. Oluşturulan ileri beslemeli YSA modeli ile deneysel olarak elde edilmiş veriler karşılaştırıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sinecen ve Makinacı (2010), çalışmalarında ÇKA tipi YSA ile agregaları temel şekil özelliklerini kullanarak sınıflandırmışlardır. Sonuçlar, görüntü işleme ve YSA'nın agrega özelliklerinin tespiti ve ayırımı için etkili yöntemler olduğunu göstermiş ve agrega ocaklarındaki otomasyon sistemlerin bu tarz yaklaşımlar ile verim, maliyet ve zaman faktörlerini etkileyeceğini ortaya koymuştur.

Bölükbaş (2011), çalışmasında cam elyaf katkılı beton numunelerinin mekanik davranışlarını inceleyerek, beton numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanımlarının tahmini için ileri beslemeli YSA ile model oluşturmuştur.

Fenerli (2013), çalışmasında betonun kırılmasında kullanılan Çift-K Yaklaşımı'nı YSA kullanarak modellemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla ÇKA tipi YSA kullanmış ve sonuçların uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur.

## **2.2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ**

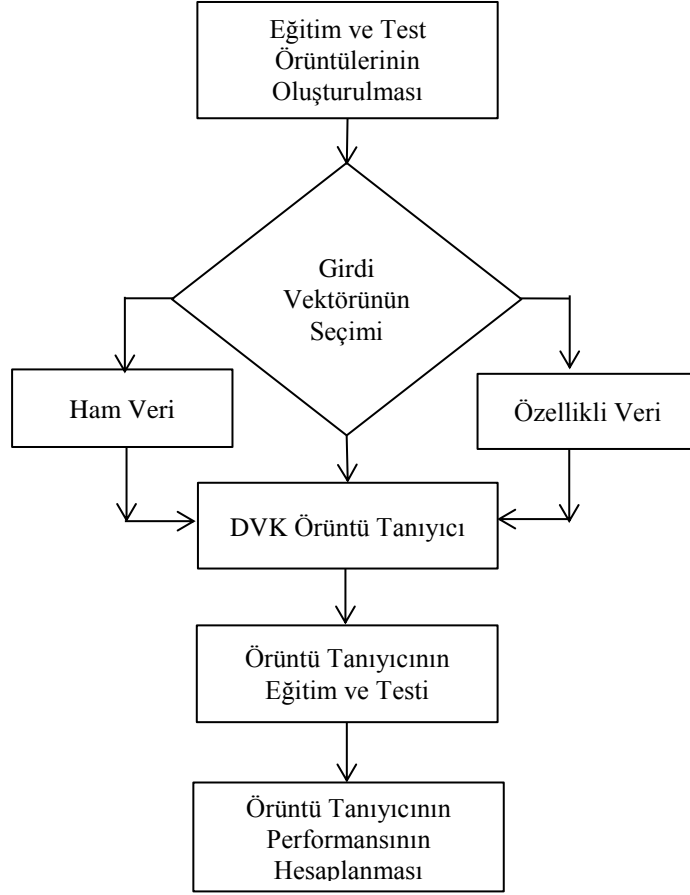
Bu araştırma, kalite kontrol problemlerinin çözümünün YZ ile incelenmesidir. Uygulamada, YZ tekniklerinden biri olan YSA ile KŞÖT modeli oluşturulmuştur. Bölüm1'de YZ teknikleri ve YSA ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

YSA ile örüntü tanıma modeli için, MATLAB programına ait Neural Networks Toolbox (Yapay Sinir Ağı Araç Kutusu) kullanılmış, oluşturulan farklı ağ modelleri eğitilmiş ve test edilmiştir. YSA modelinin öğrenme ve test performansları ölçülerek değerlendirilmiş ve en iyi ağ modelleri belirlenmiştir.

MATLAB (MATrix LABoratory) programı MathWorks tarafından geliştirilen bir sayısal hesaplama ve dördüncü nesil bir programlama dilidir. MATLAB, yaygın olarak akademik ve araştırma kurumlarında olduğu kadar endüstriyel işletmelerde de çok kullanılmaktadır (Wikipedi, 2014:MATLAB).

Sınıflandırmadaki başarılı uygulamaları, yüksek ve hızlı performansları nedeniyle DVK modeli YSA kullanılarak, Bölüm 1.7.4.3'te anlatılan ham veri ve ikincil veri (özellikli veri) yaklaşımlarına uygun olarak iki farklı KŞÖT modeli oluşturulmuştur. Modellerden birincisi, kontrol şemasına ilişkin sabit zamanda ölçülen kalite karakteristiği gözlem değerleriyle oluşturulan örüntüleri; ikincisi ise kontrol şemalarına ilişkin istatistiki değerlerle oluşturulan örüntüleri içermektedir. Bu iki model Bölüm 1.7.4'te anlatılan aşamalar izlenerek gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan örüntü tanıyıcı modellerin akış şeması Şekil 2.4'te görülmektedir.





Şekil 2. 4: Örüntü Tanıyıcı Modelin Akış Şeması

### 2. 2. 1. Problemin Tanımlanması

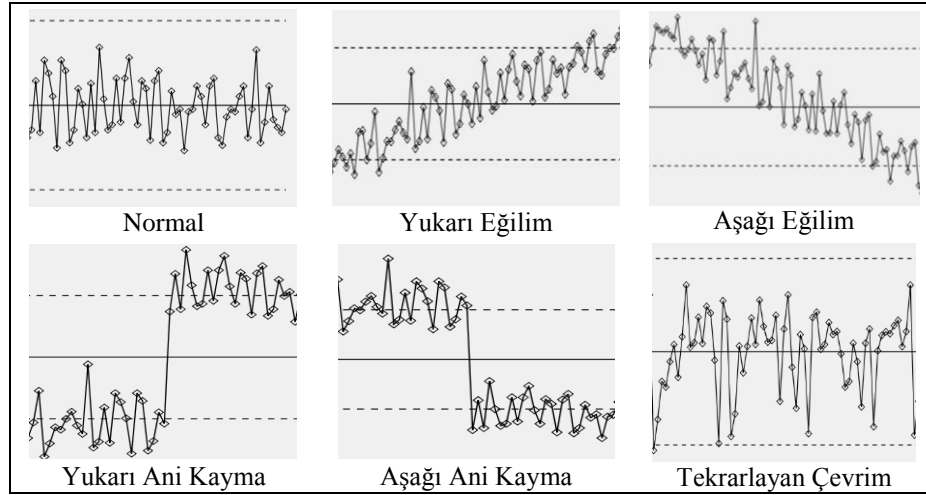
Günümüzde işletmelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi kalite kontroldür. İSK yaklaşımı ile üretim hattında kalite problemleri oluşmadan önce hataların belirlenmesi ve kalite problemlerinin oluşmaması için önlemler alınması amaçlanmaktadır. Kalite kontrol probleminin tanımlanması, süreçteki değişimlerin belirlenmesi sonraki adımlar açısından en temel adımdır.

Süreçteki değişimler, genel ve özel nedenlerin sonuçlarından meydana gelmektedir. Genel nedenler, süreçte her zaman karşılaşılan ve sürecin tamamını etkileyen kaynaklardaki değişimlerden oluşurken, özel nedenler genellikle makine, personel ve malzemen kaynaklı aksaklıklardan oluşmaktadır. Bu nedenle,

süreçteki anormal değişimleri hızlı ve etkin bir şekilde tanıma ürün kalitesinin sağlanmasında önemli olmaktadır (Olgun, 2011:2; Sağıroğlu vd., 2000:141).

Sürecin görsel olarak izlenmesini de sağlayan kontrol şemaları, grafiğe ait parametrelerinin yanı sıra, şema üzerinde oluşan şeklin tanınmasıyla da önemli bir İSK aracıdır. Her şeyin normal olması durumunda şema üzerinde normal dağılıma uygun bir şekil görölmekteyken süreç kontrol dışına çıktığında ise kontrol şemaları üzerinde değişik şekiller oluşabilmektedir. Kontrol şemalarında doğal örüntüler kadar doğal olmayan örüntülerin analizi de önemlidir. Bu örüntüler süreç iyileştirme için değerli bilgiler sağlamaktadır (Cheng ve Cheng, 2009:311-312). Ölçülen kalite karakteristiğinin ortalama değerinde bir değişiklik olursa şekil de değişim göstermektedir. Örneğin, ortalamada bir yükselme söz konusu olduğunda şema üzerinde de yükselen bir eğilim görölmektedir. Sürecin kontrol dışına çıktığı bu durumlarda gerekli önlemlerin alınabilmesi için şeklin tanınması önemlidir ki her şeklin oluşması durumunda alınması gereken önlemler belirlidir. Otomatik olarak şekli tanıyan bir sistemin kurulması halinde önleyici tedbirleri operatöre bildirmek ve gerekeni yapmalarını istemek mümkün olabilmektedir. Bu nedenle şekillerin otomatik olarak tanınması üretim sektörü için önem arz etmektedir (Öztemel, 2012:126).

Literatürde en çok karşılaşılan kontrol şeması örüntüleri normal, tekrarlayan (periyodik) çevrim, aşağı eğilim, yukarı eğilim, aşağı ani kayma, yukarı ani kayma gibi altı farklı örüntü tipinden biriyle gösterilmektedir (Cheng ve Cheng, 2009:312; Gauri, 2010:1062; Kiran vd., 2010:194; Lopez vd.,2012:5; Noskievicova, 2013:2; Olgun, 2011:2; Öztemel, 2012:128; Sağıroğlu vd., 2000:141; Wu, 2010:3465). Şekil 2.5 kontrol şemalarında gözlenen normal ve normal olmayan şekilleri (örüntüleri) göstermektedir.



Şekil 2. 5: Kontrol Şeması Örüntüleri

Şekil 2.5’de gösterilen kontrol şeması örüntüleri aşağıda tanımlanmaktadır (Cheng ve Cheng, 2009:311-312; Öztemel, 2012: 128; Olgun, 2011:25):

**Normal:** Bu şekil, üretim hattında her şeyin normal olduğunu, üretimdeki değişikliğin sadece kontrol altında tutulamayan faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir.

**Eğilimler:** Eğilim bir yöndeki sürekli hareket olarak tanımlanmaktadır. Bu hareket hem aşağı yönde hem de yukarı yönde olabilmektedir. Kalite karakteristiğinde ortalama değer zaman içerisinde artması ya da azalması durumudur. Bu kontrol şeması örneği, genellikle aletlerin yıpranması ya da bozulmasından kaynaklanmaktadır.

**Ani kayma:** Süreç ortalamasındaki ani ya da beklenmedik bir değişim olarak tanımlanmaktadır. Bu değişim artma ya da azalma olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu çeşit kaymalar, yeni işçilerin alınması ya da yeni hammadde, malzeme, yöntem, makine kullanımı sonucu oluşabilmektedir.

**Tekrarlayan Çevrim:** Döngüsel davranışlar gösteren süreç ortalamalarından oluşmaktadır. Kalite karakteristiğinde zaman içerisinde birbirini tekrar eden periyodik şekillerin oluşması durumudur. Bu kontrol şeması örneği, hava

sıcaklığı, çalışanın yorulması, çalışan ya da makinelerin değişimi gibi çevresel koşullardaki sistematik değişimden kaynaklanabilmektedir.

Bilgisayarlar aracılığıyla, genellikle örnekler kullanılarak girdiler ve çıktılar arasında ilişkiler kurup sınıflandırabilme yeteneği nedeniyle YSA, KŞÖT çalışması yapabilmektedir. Özellikle gözlemlenen süreç verilerinin herhangi bir istatistiki dağılıma ihtiyaç duymaması ve gürültülü (normal olmayan) verilerin işlenmesinde YSA başarılı sonuçlar vermektedir (Olgun, 2011:3). Bu çalışmada oluşturulan 2 farklı KŞÖT uygulaması, Şekil 2.5’de verilen altı (6) adet şekli tanıyabilmektedir.

Bu açıklamalardan sonra, hazır beton üreten bir işletmede basınç dayanımı kalite uygunluk değerlendirilmesine yönelik geliştirilen bir kontrol şeması şekillerini tanıma modeli anlatılacaktır. Bu amaçla, DVK modellenmiş YSA’dan faydalanılmaktadır. DVK ağları kontrol şemaları üzerinde oluşan şekilleri yorumlayarak uzun dönemli davranışlar hakkında bilgi sahibi olmaktadır.

### **2. 2. 2. Verilerin Toplanması**

Bu aşamada, kontrol şemalarında kullanılacak geçmiş veriler, kontrol şemalarının yorumlanması, örüntü şekillerinin tanımlanması, uygun parametre özellikleri ve aralarındaki ilişkiler veri toplanmadan önce belirlenmeli, veriler örüntü şekillerine temel olacak şekilde toplanmalıdır. Uygulama bir endüstriyel kuruluşta uygulandığından ilgili kuruluşta Şekil 2.5’de gösterilen şekillere ait örnekler araştırılmıştır. Beton işletmesinin, TS EN 206-1’de belirtilen ölçütlere uygun denetlenmiş verileri işletme tarafından kayıt altına alınmaktadır. Bu veriler, oluşturulan YSA modellerinin eğitiminde kullanılmıştır.

KŞÖT için eğitim ve test aşamalarında çok sayıda örüntü gerekmektedir. İdeal olarak örüntüler için gözlem verileri gerçek üretim sürecinden alınmalıdır; ancak işletmenin geçmişte doldurulmuş kontrol şemalarında yeterli oranda örnek bulunmadığından ve basınç dayanımı sonuçları için kontrol dışı olan her örüntüye uygun veriler bulunmadığından eksik örneklerin benzetim yoluyla üretilmesi

kararlaştırılmıştır. Literatürde farklı araştırmacılar da benzetim yoluyla örüntüler oluşturmuştur. Bu çalışmada da eksik örüntüler benzetim yoluyla üretilmiş olup işletmeye ait verilerle birlikte YSA modelinde eğitim ve test verileri olarak kullanılmıştır. Bunun için her şekli üreten matematiksel fonksiyon belirlenmiştir (Gauri, 2010:1063; Kiran vd., 2010:198; Masood ve Hassan, 2008:1-2; Olgun,2011:43; Öztemel, 2012: 129; Yang ve Yang: 2005,209:210; Sağıroğlu vd., 2000:142; Wu, 2010:3465-3466). Örüntü tiplerine göre bu 6 şekli üreten formüller, formüllere ilişkin parametreler ve parametre değerleri Tablo 2.5’de gösterilmiştir.

**Tablo 2. 5:** Kontrol şeması Örüntüler ve Formülleri

| Örüntü Tipi        | Örüntü Parametreleri                                     | Parametre Değerleri                | Örüntü Formülü   |
|--------------------|--|------------------------------------|--|
| Normal             | Ortalama ( $\mu$ )<br>Standart sapma ( $\sigma$ )        | 37.5-42.6<br>0.3-3.4               | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma$                             |
| Artan Eğilim       | Trend eğimi ( $g$ )                                      | $0.2 \leq g \leq 0.5$              | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma + g * t$                     |
| Azalan Eğilim      | Trend eğimi ( $g$ )                                      | $0.2 \leq g \leq 0.5$              | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma - g * t$                     |
| Yukarı Ani Kayma   | Kayma pozisyonu ( $k$ )<br>Kayma miktarı ( $s$ )         | $k=1, k=0$<br>$7.5 \leq s \leq 20$ | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma + k * s$                     |
| Aşağı Ani Kayma    | Kayma pozisyonu ( $k$ )<br>Kayma miktarı ( $s$ )         | $k=1, k=0$<br>$7.5 \leq s \leq 20$ | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma - k * s$                     |
| Tekrarlayan Çevrim | Periyodik değişim değeri ( $\alpha$ )<br>Periyod ( $T$ ) | $0 \leq \alpha \leq 15$<br>8       | $y(t) = \mu + r(t) * \sigma \pm \alpha * \sin(2\pi t/T)$ |

Tablo 2.5’deki formüllerde,  $t (=1, \dots, n)$  bir örüntü için oluşturulan gözlem verisi sayısını,  $y(t)$  t. basınç dayanımı değerini,  $\mu$  beklenen ortalama basınç dayanımı değerini,  $r(t)$  normal dağılıma uygun üretilmiş  $t$ . değeri,  $\sigma$  ise basınç dayanımı değerlerinin ortalamadan standart sapmalarını gösteren standart sapmadır. Formüllerdeki  $g$  parametresi oluşturulacak eğilimin hangi aralıklarla değişeceğini göstermektedir ve 0.2 ile 0.5 arasında değişen ve eğilimi olan değerlerdir. Bu uygulamada her örnek için  $g$  değerleri verilen aralıkta rastgele seçilmiştir. Formüllerdeki  $k$  katsayısı kayma pozisyonunu göstermektedir. Bu katsayısı kayma pozisyonundan önce 0, ondan sonra ise 1 değerini almaktadır. Formüllerdeki  $s$  parametresi ise kayma miktarını göstermektedir. Bu uygulamada her örnek için  $s$  değerleri 7.5 ile 20 arasında rastgele değerler seçilmiştir.  $\alpha$  periyodik değişimlerin

boyutunu göstermektedir ve bu örnekte  $\alpha$  değeri 15 ve daha küçük değerler arasından her örnek için rastgele seçilmiştir.

Uygulamada kullanılan  $\mu$  ve  $\sigma$  değerleri de Tablo 2.5’de gösterilmektedir. Bu  $\mu$  ve  $\sigma$  değerleri kullanılırken TS EN 206-1’e uygun C30 beton basınç dayanımı ortalama değerleri ve bunların standart sapma değerlerine ilişkin Amerikan Beton Enstitüsü (American Concrete Institute (ACI)) basınç dayanım kalite kontrol derecelendirmesi dikkate alınmış ve standartlar Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

**Tablo 2. 6:** ACI 214R-02 Kalite Kontrol Derecelendirmesi

| Beton Sınıfı           | Değerlendirme Ölçütü            | Mükemmel | Çok İyi   | İyi        | Orta        | Zayıf |
|------------------------|---------------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-------|
| $f_{ck} \leq 34.5$ MPa | Standart Sapma ( $\sigma$ ) MPa | < 2.8    | 2.8 – 3.4 | 3.4 – 4.1  | 4.1 – 4.8   | > 4.8 |
| $f_{ck} > 34.5$ MPa    | Değişim Katsayısı (V) %         | < 7      | 7.0 – 9.0 | 9.0 – 11.0 | 11.0 – 14.0 | > 14  |

**Kaynak:** Ergün ve Başaran, 2010:54

ACI 214R-02<sup>\*</sup>’de tanımlanan kontrol standartlarının 28 günlük standart silindir için geçerli olması nedeniyle küp dayanımlarını silindire çevirmek için C30/37 sınıfında 0.81 ( $f_{cm,sil}/f_{cm,küp} = 0.81$ ) katsayısı ile bulunan değerler (C30/37 için 42.6 MPa) göz önünde bulundurulmuştur (Ergün ve Başaran, 2010:55).

Tablo 2.5’te verilen formüller, açıklanan parametreler ve Tablo 2.6’da gösterilen değerlendirme ölçütü kullanılarak her bir örüntü için farklı  $\mu$  ve farklı  $\sigma$  değerleri için örüntü örnekleri oluşturulmuştur. Bu örüntü örnekleri tek tek gözden geçirilerek TS EN 206-1’e uygun olmayan özellikteki basınç dayanımı verileri listeden çıkarılmış ve yerine yeni örüntü örnekleri oluşturulmuştur. Bu düzenlemelerin sonucunda her bir örüntü sınıfı için 155 adet olmak üzere toplam 930 (155x6) adet örüntü örneği oluşturulmuştur. Basınç dayanımına ilişkin standart sapmanın tahmin edilebilmesi için en az 35 test sonucuna ihtiyaç duyulduğundan kontrol şemalarında her bir örüntünün gözlem sayısı 35 olarak belirlenmiştir. Bu 35

\* Amerikan Beton Enstitüsü 214 Komitesi tarafından 2011 yılında hazırlanan Beton Dayanım Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi Rehberi

değerden oluşan örüntüler YSA modelinde ham veriler olarak kullanılmıştır. Örüntüler oluşturulduktan sonra basınç dayanım kontrolüne uygun kontrol şeması oluşturulmuştur.  $\bar{X} - S$  kontrol şemasına ilişkin istatistiki değerler hesaplanarak bu değerler de uygulamada özellikli veriler olarak kullanılmıştır. Bu sınırlar kullanılırken Bölüm 2.1.2'de anlatılan TS EN 206-1'deki alt dayanım sınırları ve uygunluk ölçütleri de dikkate alınmıştır.

### 2. 2. 3. Verilerin Düzenlenmesi

Kontrol şemaları için YSA tasarımı yapılırken düzenlenmesi gereken pek çok koşul ve parametre vardır. Temel olarak, YSA girdi ve çıktıların tanımlanmasına ihtiyaç duymaktadır. Örüntü tanıma için ise kullanılacak verinin türü, girdi düğümlerinin sayısı, girdilerin genelleştirilmesi gibi, YSA girdilerine ve çıktılarına ilişkin göz önünde bulundurulması gereken pek çok durum vardır. Örneğin örüntülerin ortaya çıkarılması işlemi çıkış seviyesinde yapılmak zorundadır. Ortaya çıkarılması istenen örüntülerin sayısı, çıktı düğümlerinin sayısını etkilemektedir (Halim, 2003:26).

Kontrol şemalarında da çok küçük ya da çok büyük değerlerden kaynaklanan gürültülü veriler oluşmaktadır. Çok fazla gürültülü veri kontrolün zorlaşmasına sebep olmaktadır; çünkü kontrol şemaları parametre ortalamalarındaki herhangi bir kaymayı bulmak için kullanılmaktadır. Gürültülü veriler kaymalarda yanlış uyarılara sebep olmaktadır (Gauri ve Chakraborty, 2008:205). YSA, gürültülü verileri ayırmak için Bölüm 1.7.4.3'te anlatıldığı gibi veri normalizasyonu gerektirmektedir ve bu nedenle uygulama örüntülerinde kullanılan veriler (0.1-0.9) aralığına normalize edilmiştir.

Bu araştırmada, daha önce yine Bölüm 1.7.4.3'te anlatılan iki tür veri yaklaşımına uygun DVK modeli iki YSA oluşturulmuştur. Ham veri yaklaşımına uygun geliştirilen DVK modeli için her bir örüntü 35 basınç ortalaması değerinden oluştuğundan girdi ünitelerinin sayısı 35'tir. Özellikli veri (ikincil veriler)

yaklaşımına uygun geliştirilen DVK modeli için ise her bir örüntü kontrol şemasına ilişkin parametrelerden oluştuğundan süreç ortalaması, standart sapma, alt ve üst uyarı sınırı, alt ve üst kontrol sınırı olmak üzere girdi ünitelerinin sayısı 6'dır. Her 35 gözlem verisi ve her 6 parametre bir örüntü örneği oluşturmaktadır. Ham veri için geliştirilen DVK modelinin parametreleri ve özellikli veri için geliştirilen DVK modelinin parametreleri Tablo 2.7'de verilmiştir.

**Tablo 2. 7:** Ham Veri ve Özellikli Veri DVK Modellerinin Parametreleri

| Parametre                    | Değerler           |                    |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
|                              | Ham Veri           | Özellikli Veri     |
| Girdi Sayısı                 | 35                 | 6                  |
| Çıktı Sayısı                 | 6                  | 6                  |
| Öğrenme Katsayısı            | 0.1                | 0.1                |
| Girdilerin Ölçeklendirilmesi | 0.1 – 0.9 arasında | 0.1 – 0.9 arasında |

DVK modeli YSA'nın, her iki veri türü için de kontrol şeması üzerindeki 6 şekli tanıması istendiğinden bu şekilleri gösteren 6 çıktı ünitesi belirlenmiştir. Bunlar Tablo 2.8'de Normal (NOR), Artan Eğilim (ARTEGL), Azalan Eğilim (AZLEGL), Yukarı Kayma (YUKAY), Aşağı Kayma (ASKAY) ve Tekrarlayan Çevrim (TEC) olarak kodlanmıştır. Hedef örüntü çıktılarından sadece birisi 1, diğerleri 0 değeri almaktadır. Çıktı değerinin 1 olması girdinin ilgili çıktının temsil ettiği sınıfa ait olduğunu göstermektedir. Tablo 2.8 DVK modeli YSA ile oluşturulan KŞÖT modeline ilişkin hedef örüntü çıktılarını göstermektedir.

**Tablo 2. 8:** DVK Modeli Hedef Örüntü Çıktıları

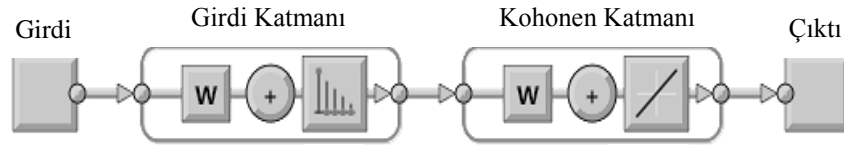
| Örüntü Sınıfı | Örüntü Açıklaması        | Çıktılar |   |   |   |   |   |
|---------------|--------------------------|----------|---|---|---|---|---|
| 1             | NOR (Normal)             | 1        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2             | ARTEGL (Artan Eğilim)    | 0        | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3             | AZLEGL (Azalan Eğilim)   | 0        | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4             | YUKAY (Yukarı Ani Kayma) | 0        | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5             | ASKAY (Aşağı Ani Kayma)  | 0        | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6             | TEC (Tekrarlayan Çevrim) | 0        | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |



#### 2. 2. 4. Yapay Sinir Ağının Kurulması

Literatür incelendiğinde, genel olarak sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmakta olan DVK ağları örüntü tanımada başarılı sonuçlar veren bir YSA modelidir. Çok hızlı sonuç üretmesi ve performanslarının çok yüksek olması nedeniyle diğer ağlara göre tercih sebebi olmaktadır. Araştırmada, DVK ağ modeli kullanılarak iki farklı KŞÖT modeli oluşturulmuş ve kontrol şemalarında görülen normal ve normal olmayan şekiller sınıflandırılmıştır.

Şekil 2.6'da gösterilen YSA mimarisi uygulama sırasında alınmıştır ve DVK modeline ilişkin genel bir görüntüdür.



Şekil 2. 6: Araştırmanın Örnek YSA Mimarisi

DVK modelli ağları kullanmak için şu sırayı izlemek gerekmektedir (Öztemel, 2012:117):

1. Örneklerin belirlenmesi,
2. Ağın topolojisinin belirlenmesi (girdi ve çıktı sayısının belirlenmesi, referans vektör sayısının belirlenmesi),
3. Ağın öğrenme parametrelerinin belirlenmesi (öğrenme katsayısı ve istenen sabit değerlerin belirlenmesi),
4. Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması,
5. Öğrenme setinden bir örneğin ağa gösterilmesi,
6. Kazanan işlem elemanının bulunması,
7. Ağırlıkların değiştirilmesi,
8. Bütün örnekler doğru sınıflandırılıncaya kadar 5-7 aşamalarının tekrar edilmesi.

Uygulamanın YSA mimarisine göre, ağın öğrenme algoritması Kohonen öğrenme algoritmasıdır. KŞÖT için DVK modellen YSA seçildiğinden bu öğrenme algoritması da seçilmiş olmaktadır. Ağın başlangıç değerlerinin atanması girdi vektörlerine uygun tesadüfi değerlerden oluşmaktadır. Ağın katman sayısına ve örneklerin ağa gösterilme sayısını ifade eden yineleme sayısına (iterasyon) deneme yanılma yoluyla karar verilmiştir. Hedeflenen hata değeri ve öğrenme performansına ulaşılcaya kadar bu sayılar artırılmış, öğrenme performansı düşmeye başlayıp hata arttığında yineleme sayısı azaltılmış ya da ağın eğitimi durdurulmuştur.

### **2. 2. 5. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi**

YSA, eğitim sırasında örnek örüntüler yoluyla örüntü tanımayı öğrenmektedir (Kiran vd, 2010:194). Ağın eğitilmesinde kullanılan girdi ve çıktı çiftlerinden oluşan verilerin tümüne “eğitim grubu”; ağın performansını test etmek için kullanılan ağın daha önce hiç görmediği verilerin tümüne ise “test grubu” adı verilmektedir. Bütün verilerin %75-80’i eğitim, %15-20’si ise test verisi olarak kullanılmaktadır (Baş, 2006:29).

Uygulamada DVK modellen iki YSA ayrı ayrı eğitilmiş ve öğrenme performansları incelenmiştir. Her iki YSA modeli için de 930 örnekten oluşan örüntüler ikiye ayrılmış, eğitim grubu her şekilden 130 örnek olmak üzere toplam 780 örnekten, test grubu ise her şekilden 25 örnek olmak üzere toplam 150 örnekten oluşmaktadır. Bu veriler, hem işletmeden alınan veriler hem de matematiksel fonksiyonlarla üretilen verilerin rastgele dağılımından oluşmaktadır. Birinci YSA modelinde eğitilecek 780 örneğin her biri 35 adet ortalama basınç dayanımından oluşmaktadır. İkinci YSA modelinde ise eğitilecek 780 örneğin her biri, bu 35 ortalama basınç dayanımının kontrol şemasına ilişkin süreç ortalaması, standart sapması, alt/üst uyarı sınırları ve alt/üst kontrol sınırı olmak üzere 6 parametreden oluşmaktadır. Çıktı sayısı ise her bir örüntüyü temsil etmek üzere 6 adettir.

Ağların girdi ve çıktıları belirlendikten sonra çeşitli DVK modeli denemeleri yapılmıştır. Bu modeller kurulurken katman sayısı, yineleme sayısı, öğrenme oranı ve çıktı sınıf oranları ağın performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, değişik öğrenme oranları, çıktı sınıf oranları, katman sayısı ve yineleme sayılarıyla yapılan denemelerle ağın performansına bağlı en uygun olan modeller seçilmiştir.

Ağın öğrenme performansı denklem (2.3)'teki gibi hesaplanmaktadır (Öztemel, 2012:132).

$$\text{Öğrenme Performansı} = \frac{\frac{\text{Öğrenme Setinde Doğru Sınıflandırılan Örnek Sayısı}}{\text{Öğrenme Setindeki Toplam Örnek Sayısı}} \times 100 \quad (2.3)$$

Ham veri ve özellikli veri örüntüleriyle eğitilen DVK temelli YSA modellerine ilişkin sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıdaki gibidir:

Ham veri örüntülerinin eğitildiği birinci KŞÖT modeli için denemeler katman sayısı bir (1) olacak şekilde başlamış ve birer birer artırılmıştır. Her katman için istenilen hata düzeyine ulaşmaya kadar farklı yineleme sayıları denenmiş, ağın en yüksek öğrenme performansına ulaştığı katman ve yineleme sayısında ağın eğitilmesi işlemine son verilmiştir.

Bu model için yapılan ilk denemelerde, problemin öğrenilmesi çok zor olmuş ve sonuçlar istenilen başarı düzeyinde çıkmamıştır. Farklı katman ve yineleme sayılarıyla denenilen modellerde sekizinci katmana kadar öğrenme performansı %60'ın altında olmuştur. Sekizinci katmandan sonra, yine farklı katman ve farklı yineleme sayılarıyla eğitime devam edildiğinde öğrenme oranı %90'ların üzerine çıkmış ve en çok öğrenme oranının elde edildiği katman sayısı ve yineleme sayısına kadar ağın eğitilmesine devam edilmiştir.

Eğitim sırasında öğrenme performansı katman ve yineleme sayısıyla doğru orantılı olarak artmamıştır. Bazı denemelerde ağın öğrendiklerini unuttuğu ve öğrenme performansının düştüğu gözlemlenmiştir.

Birinci KŞÖT modelinde, farklı katman ve yineleme sayısı için eğitilen ağ modellerine ilişkin her katmanda en iyi 3 öğrenme performansını veren ağlar belirlenmiş, bu modellerin sınıflandırma oranları ve hata oranları Tablo 2.9’da verilmiştir. “Model No:1” olarak adlandırılan bu tabloda ayrıca, her örüntü şekline göre doğru sınıflandırma oranları da gösterilmiştir.

Tablo 2.9’a göre, ağın eğitimi 20. katmanda tüm örnekler 19 defa ağa gösterildikten sonra (Ağ No:38) %99.62 ve 21. katmanda tüm örnekler 31 defa ağa gösterildikten sonra (Ağ No:39) %99.49 öğrenme performansına ulaşmıştır. Bir başka deyişle, 780 eğitim örneğinden, anılan sırayla 777’si ve 776’sı’i doğru sınıflandırılmıştır. Bundan sonra denemelere devam edildiyse de daha yüksek öğrenme performansına ulaşamamış ya da öğrenme performansı düşme eğilimi göstermiştir.

**Tablo 2. 9:** Ham Veri DVK Modeli Eğitim Sonuçları (Model No:1)

| Örüntü Tipine Göre Doğru Sınıflama Oranı (%) |               |                 |       |        |        |       |       |     |                                  |         |
|--|---------------|-----------------|-------|--------|--------|-------|-------|-----|----------------------------------|---------|
| Ağ No  | Katman Sayısı | Yineleme Sayısı | NOR   | ARTEGL | AZLEGL | YUKAY | ASKAY | TEC | Toplam Doğru Sınıflama Oranı (%) | Hata    |
| 1  |               | 11              | 97.69 | 95.38  | 92.31  | 85.38 | 73.85 | 100 | 90.77                            | 0.0308  |
| 2  | 8             | 44              | 98.46 | 98.46  | 98.46  | 79.23 | 95.38 | 100 | 95.00                            | 0.0167  |
| 3  |               | 94              | 100   | 100    | 98.46  | 73.08 | 72.31 | 100 | 90.64                            | 0.0312  |
| 4  |               | 13              | 100   | 98.46  | 100    | 87.69 | 83.85 | 100 | 95.00                            | 0.0167  |
| 5  | 9             | 103             | 98.46 | 100    | 100    | 82.31 | 93.08 | 100 | 95.64                            | 0.0145  |
| 6  |               | 123             | 100   | 96.92  | 99.23  | 80.77 | 100   | 100 | 96.15                            | 0.0128  |
| 7  |               | 17              | 100   | 96.92  | 97.69  | 90.77 | 100   | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 8  | 10            | 37              | 100   | 96.15  | 100    | 84.62 | 99.23 | 100 | 96.67                            | 0.0111  |
| 9  |               | 118             | 100   | 99.23  | 98.46  | 90.77 | 98.46 | 100 | 97.82                            | 0.00726 |
| 10   |               | 43              | 100   | 100    | 98.46  | 96.92 | 92.31 | 100 | 97.95                            | 0.00684 |
| 11   | 11            | 53              | 100   | 100    | 95.38  | 100   | 90.77 | 100 | 97.69                            | 0.00769 |
| 12   |               | 103             | 100   | 100    | 98.46  | 100   | 88.46 | 100 | 97.82                            | 0.00726 |
| 13   |               | 34              | 100   | 96.15  | 96.92  | 83.85 | 86.15 | 100 | 93.85                            | 0.0205  |
| 14   | 12            | 91              | 100   | 100    | 97.69  | 82.31 | 98.46 | 100 | 96.41                            | 0.012   |
| 15   |               | 164             | 100   | 98.46  | 100    | 83.85 | 69.23 | 100 | 91.92                            | 0.0269  |
| 16   |               | 8               | 100   | 100    | 99.23  | 99.23 | 86.92 | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 17   | 13            | 27              | 100   | 100    | 97.69  | 96.15 | 100   | 100 | 98.97                            | 0.00342 |
| 18   |               | 47              | 100   | 100    | 100    | 100   | 80    | 100 | 96.67                            | 0.0111  |
| 19   |               | 12              | 100   | 100    | 95.38  | 100   | 90    | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 20   | 14            | 48              | 100   | 100    | 99.23  | 100   | 89.23 | 100 | 98.08                            | 0.00641 |
| 21   |               | 89              | 100   | 100    | 97.69  | 100   | 95.38 | 100 | 98.85                            | 0.00385 |
| 22   |               | 24              | 100   | 96.15  | 99.23  | 86.15 | 80.77 | 100 | 93.72                            | 0.0209  |
| 23   | 15            | 55              | 100   | 96.92  | 96.15  | 83.85 | 89.23 | 100 | 94.36                            | 0.0188  |
| 24   |               | 105             | 100   | 93.85  | 99.23  | 92.31 | 86.15 | 100 | 95.26                            | 0.0158  |
| 25   |               | 9               | 100   | 98.46  | 100    | 85.38 | 90    | 100 | 95.64                            | 0.0145  |
| 26   | 16            | 19              | 100   | 97.69  | 90.77  | 80    | 96.15 | 100 | 94.10                            | 0.0197  |
| 27   |               | 59              | 100   | 96.92  | 98.46  | 85.38 | 80.77 | 100 | 93.59                            | 0.0214  |
| 28   |               | 24              | 100   | 97.69  | 99.23  | 85.38 | 89.23 | 100 | 95.26                            | 0.0158  |
| 29   | 17            | 112             | 100   | 100    | 100    | 100   | 85.38 | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 30   |               | 120             | 100   | 100    | 97.69  | 91.54 | 100   | 100 | 98.21                            | 0.00598 |
| 31   |               | 5               | 98.46 | 93.85  | 98.46  | 91.54 | 92.31 | 100 | 95.77                            | 0.0141  |
| 32   | 18            | 20              | 100   | 100    | 98.46  | 100   | 93.85 | 100 | 98.72                            | 0.00427 |
| 33   |               | 40              | 100   | 100    | 96.92  | 100   | 90    | 100 | 97.82                            | 0.00726 |
| 34   |               | 19              | 100   | 99.23  | 97.69  | 91.54 | 90    | 100 | 96.41                            | 0.012   |
| 35   | 19            | 39              | 100   | 96.92  | 98.46  | 76.92 | 91.54 | 100 | 93.97                            | 0.0201  |
| 36   |               | 119             | 100   | 97.69  | 99.23  | 83.08 | 65.38 | 100 | 90.90                            | 0.0303  |
| 37   |               | 9               | 98.46 | 96.92  | 98.46  | 100   | 100   | 100 | 98.97                            | 0.00342 |
| 38   | 20            | 19              | 100   | 100    | 99.23  | 100   | 98.46 | 100 | 99.62                            | 0.00128 |
| 39   |               | 31              | 100   | 100    | 96.92  | 100   | 100   | 100 | 99.49                            | 0.00171 |
| 40   |               | 15              | 100   | 100    | 100    | 91.54 | 89.23 | 100 | 96.79                            | 0.0107  |
| 41   | 21            | 65              | 100   | 100    | 93.85  | 100   | 92.31 | 100 | 97.69                            | 0.00769 |
| 42   |               | 105             | 100   | 100    | 94.62  | 93.08 | 94.62 | 100 | 97.05                            | 0.00983 |
| 43   |               | 4               | 100   | 100    | 98.46  | 100   | 92.31 | 100 | 98.46                            | 0.00513 |
| 44   | 22            | 14              | 99.23 | 100    | 95.38  | 100   | 90.77 | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 45   |               | 64              | 100   | 100    | 98.46  | 100   | 88.46 | 100 | 97.82                            | 0.00726 |
| 46   |               | 34              | 100   | 100    | 100    | 100   | 73.85 | 100 | 95.64                            | 0.0145  |
| 47   | 23            | 58              | 100   | 98.46  | 97.69  | 91.54 | 97.69 | 100 | 97.56                            | 0.00812 |
| 48   |               | 108             | 100   | 100    | 99.23  | 100   | 77.69 | 100 | 96.15                            | 0.0128  |
| 49   |               | 10              | 100   | 100    | 97.69  | 85.38 | 100   | 100 | 97.18                            | 0.0094  |
| 50   | 24            | 30              | 100   | 98.46  | 100    | 80.77 | 80    | 100 | 93.21                            | 0.0226  |
| 51   |               | 100             | 100   | 94.62  | 98.46  | 83.08 | 88.46 | 100 | 94.10                            | 0.0197  |
| 52   |               | 5               | 100   | 98.46  | 98.46  | 100   | 70.77 | 100 | 94.62                            | 0.0179  |
| 53   | 25            | 15              | 100   | 100    | 96.92  | 100   | 90    | 100 | 97.82                            | 0.00726 |
| 54   |               | 40              | 100   | 100    | 98.46  | 95.38 | 96.92 | 100 | 98.46                            | 0.00513 |

İkinci KŞÖT modeli, 35 ortalama basınç dayanımı sonucuna ilişkin kontrol şeması parametrelerinden oluşmaktadır. Bu YSA modeli için de katman sayısı 1'den başlayarak birer birer artırılmıştır. Her katman için istenilen hata düzeyine ulaşmaya kadar farklı yineleme sayıları denenmiş, ağın en yüksek öğrenme performansına ulaştığı katman ve yineleme sayısında ağın eğitilmesine son verilmiştir.

Bu model için yapılan ilk denemelerde, problemin öğrenilmesi çok zor olmuş ve sonuçlar istenilen başarı düzeyinde çıkmamıştır. Farklı katman ve yineleme sayılarıyla denenilen modellerde ham verilere göre daha erken öğrenme başlamış, bununla birlikte yedinci katmana kadar öğrenme performansı %60'ın altında olmuştur. Yedinci katmandan sonra, yine farklı katman ve yineleme sayılarıyla devam edildiğinde öğrenme oranı %90'ların üzerine çıkmış ve en çok öğrenme oranının elde edildiği katman sayısı ve yineleme sayısına kadar denemelere devam edilmiştir.

Özellikli verilerin eğitildiği ikinci KŞÖT modelinde yine farklı katman ve yineleme sayısı için eğitilen ağ modellerine ilişkin her katmanda en iyi 3 öğrenme performansını veren ağlar belirlenmiş, bu modellerin sınıflandırma oranları ve hata oranları Tablo 2.10'da verilmiştir. "Model No:2" olarak adlandırılan bu tabloda ayrıca, her örüntü şekline göre doğru sınıflandırma oranları da gösterilmiştir.

Bu modelde de eğitim sırasında öğrenme performansı katman ve yineleme sayısı ile doğru orantılı olarak artmamıştır. Ham verilere ilişkin denemelerde ağın öğrendiklerini unuttuğu ve öğrenme performansının düştüğü gözlemlenirken, özellikli verilere ilişkin denemelerde bu düşme oranının çok daha az olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 2. 10:** Özellikli Veri DVK Modeli Eğitim Sonuçları (Model No:2)

| Örüntü Tipine Göre Doğru Sınıflama Oranı (%) |               |                 |       |        |        |       |       |       |                                  |         |
|--|---------------|-----------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------------------------|---------|
| Ağ No  | Katman Sayısı | Yineleme Sayısı | NOR   | ARTEGL | AZLEGL | YUKAY | ASKAY | TEC   | Toplam Doğru Sınıflama Oranı (%) | Hata    |
| 1  |               | 7               | 88.46 | 100    | 98.46  | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>96.79</b>                     | 0.0107  |
| 2  | 7             | 26              | 93.08 | 100    | 96.15  | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>97.18</b>                     | 0.00940 |
| 3  |               | 66              | 84.62 | 100    | 100    | 96.15 | 99.23 | 97.69 | <b>96.28</b>                     | 0.0124  |
| 4  |               | 50              | 94.62 | 100    | 100    | 92.31 | 96.15 | 100   | <b>97.18</b>                     | 0.00940 |
| 5  | 8             | 94              | 94.62 | 100    | 100    | 91.54 | 98.46 | 100   | <b>97.44</b>                     | 0.00855 |
| 6  |               | 192             | 92.31 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>97.69</b>                     | 0.00769 |
| 7  |               | 3               | 89.23 | 100    | 94.62  | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>96.03</b>                     | 0.0132  |
| 8  | 9             | 5               | 90.00 | 100    | 100    | 91.54 | 98.46 | 100   | <b>96.67</b>                     | 0.0111  |
| 9  |               | 51              | 93.08 | 99.23  | 100    | 91.54 | 100   | 100   | <b>97.31</b>                     | 0.00897 |
| 10   |               | 49              | 97.69 | 100    | 100    | 95.38 | 100   | 97.69 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 11   | 10            | 64              | 99.23 | 99.23  | 100    | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 12   |               | 94              | 97.69 | 100    | 100    | 96.92 | 100   | 96.92 | <b>98.59</b>                     | 0.00470 |
| 13   |               | 29              | 96.15 | 100    | 100    | 96.92 | 100   | 97.69 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 14   | 11            | 92              | 99.23 | 99.23  | 100    | 94.62 | 98.46 | 100   | <b>98.59</b>                     | 0.00470 |
| 15   |               | 119             | 96.92 | 100    | 100    | 96.15 | 100   | 96.92 | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 16   |               | 6               | 96.15 | 100    | 100    | 93.85 | 100   | 100   | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 17   | 12            | 11              | 99.23 | 98.46  | 100    | 96.92 | 100   | 97.69 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 18   |               | 81              | 94.62 | 100    | 100    | 96.92 | 98.46 | 96.92 | <b>97.82</b>                     | 0.00726 |
| 19   |               | 2               | 86.92 | 100    | 100    | 95.38 | 100   | 97.69 | <b>96.67</b>                     | 0.0111  |
| 20   | 13            | 8               | 94.62 | 100    | 100    | 92.31 | 98.46 | 98.46 | <b>97.31</b>                     | 0.00897 |
| 21   |               | 78              | 89.23 | 100    | 100    | 90.00 | 96.92 | 100   | <b>96.03</b>                     | 0.0132  |
| 22   |               | 3               | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 98.46 | 99.23 | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 23   | 14            | 13              | 97.69 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 98.46 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 24   |               | 63              | 95.38 | 100    | 100    | 93.08 | 100   | 100   | <b>98.08</b>                     | 0.00641 |
| 25   |               | 34              | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.08 | 100   | 100   | <b>98.59</b>                     | 0.00470 |
| 26   | 15            | 154             | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 100   | 100   | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 27   |               | 187             | 97.69 | 100    | 100    | 96.15 | 100   | 99.23 | <b>98.85</b>                     | 0.00385 |
| 28   |               | 12              | 96.15 | 100    | 100    | 95.38 | 100   | 98.46 | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 29   | 16            | 14              | 96.92 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 30   |               | 161             | 99.23 | 99.23  | 100    | 95.38 | 100   | 98.46 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 31   |               | 7               | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 32   | 17            | 80              | 99.23 | 99.23  | 100    | 96.15 | 100   | 97.69 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 33   |               | 184             | 99.23 | 99.23  | 100    | 94.62 | 100   | 100   | <b>98.85</b>                     | 0.00385 |
| 34   |               | 7               | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 35   | 18            | 47              | 96.92 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 98.46 | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 36   |               | 91              | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 100   | 100   | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 37   |               | 63              | 98.46 | 99.23  | 100    | 93.85 | 100   | 100   | <b>98.59</b>                     | 0.00470 |
| 38   | 19            | 73              | 95.38 | 100    | 100    | 92.31 | 98.46 | 100   | <b>97.69</b>                     | 0.00769 |
| 39   |               | 83              | 96.92 | 100    | 100    | 94.62 | 99.23 | 98.46 | <b>98.21</b>                     | 0.00598 |
| 40   |               | 6               | 96.92 | 100    | 100    | 91.54 | 100   | 99.23 | <b>97.95</b>                     | 0.00684 |
| 41   | 20            | 13              | 99.23 | 99.23  | 100    | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 42   |               | 73              | 96.15 | 100    | 100    | 91.54 | 100   | 99.23 | <b>97.82</b>                     | 0.00726 |
| 43   |               | 21              | 99.23 | 98.46  | 100    | 96.92 | 100   | 97.69 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 44   | 21            | 81              | 97.69 | 100    | 100    | 94.62 | 98.46 | 99.23 | <b>98.33</b>                     | 0.00769 |
| 45   |               | 101             | 97.69 | 100    | 100    | 93.85 | 100   | 99.23 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 46   |               | 3               | 96.92 | 100    | 100    | 93.08 | 99.23 | 100   | <b>98.21</b>                     | 0.00598 |
| 47   | 22            | 4               | 99.23 | 99.23  | 100    | 92.31 | 100   | 100   | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 48   |               | 124             | 93.85 | 100    | 100    | 93.85 | 100   | 98.46 | <b>97.69</b>                     | 0.00769 |
| 49   |               | 10              | 96.92 | 100    | 100    | 92.31 | 98.46 | 100   | <b>97.95</b>                     | 0.00684 |
| 50   | 23            | 12              | 96.92 | 100    | 100    | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>98.21</b>                     | 0.00598 |
| 51   |               | 92              | 92.31 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 97.69 | <b>97.44</b>                     | 0.00855 |
| 52   |               | 13              | 97.69 | 100    | 100    | 93.85 | 98.46 | 100   | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |
| 53   | 24            | 15              | 98.46 | 99.23  | 100    | 93.85 | 100   | 100   | <b>98.59</b>                     | 0.00470 |
| 54   |               | 135             | 99.23 | 98.46  | 100    | 95.38 | 98.46 | 97.69 | <b>98.21</b>                     | 0.00598 |
| 55   |               | 5               | 96.92 | 100    | 100    | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>98.46</b>                     | 0.00513 |
| 56   | 25            | 37              | 99.23 | 99.23  | 100    | 94.62 | 100   | 99.23 | <b>98.72</b>                     | 0.00427 |
| 57   |               | 117             | 96.15 | 100    | 100    | 96.15 | 100   | 97.69 | <b>98.33</b>                     | 0.00556 |

Ağın eğitimi, 15. katmanda tüm örnekler 187 defa ağa gösterildikten sonra (Ağ No:27) %98.85 ve 17. katmanda tüm örnekler 184 defa ağa gösterildikten sonra (Ağ No:33) yine %98.85 öğrenme performansına ulaşmıştır. Bir başka deyişle, her iki ağda da 780 eğitim örneğinden 771'i doğru sınıflandırılmıştır. Bundan sonra denemelere devam edildiğinde ağın öğrenme performansı önemli oranda düşme eğilimi göstermese de daha yüksek öğrenme performansına ulaşamamış ya da bu öğrenme oranına çok yakın öğrenme performansı göstermiştir.

## 2. 2. 6. Yapay Sinir Ağının Test Edilmesi ve Doğrulanması

Eğitilmiş olan ağın, gerçekten etkin sonuçlar verip vermediği test veri grubu ile ölçülmekte ve hatanın kabul edilebilir hata düzeyi içinde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Test işleminde ağın ağırlık değerleri değiştirilmemektedir. Örnekler ağa gösterilmekte ve ağ, eğitimi sırasında belirlenen ağırlık değerlerini kullanarak daha önce görmediği bu örnekler için çıktılar üretmektedir. Bu aşamada, ağa daha önce hiç görmediği, test grubu için ayrılan 150 örüntü örneği gösterilmiş ve doğru sınıflandırma oranı ölçülmüştür. Geliştirilen örüntü tanıyıcının kabulü için sınıflandırma performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi önemlidir.

Ağın test performansı denklem (2.4)'deki gibi hesaplanmaktadır (Öztemel, 2012:132).

$$\text{Test Performansı} = \frac{\text{Test Setinde Doğru Sınıflandırılan Örnek Sayısı}}{\text{Test Setindeki Toplam Örnek Sayısı}} \times 100 \quad (2.4)$$

Öğrenme performansını etkileyen en önemli hususlardan birisi de performans fonksiyonudur. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik öğrenme fonksiyonu hata kareleri ortalaması (Mean Square Error (MSE))'dir. MSE değişen miktarların büyüklüğünün ölçülmesinde kullanılan bir istatistiki ölçüttür. YSA'da MSE, hata kareleri ortalamasına göre ağın performansını ölçmekte ve eğitim sonucunda hata grafiği aracılığıyla görsel olarak da ifade edilmektedir.



DVK modelli YSA'nın eğitimi sonucunda elde edilen bir diğer fonksiyon ROC (Receiver Operating Characterictics) eğrisidir. ROC grafiğine göre solda ve yukarıda yer alan eğri, daha yüksek doğruluğu (doğru sınıflandırma yeterliliği) ifade etmektedir. ROC eğrisi, karar eşiği yelpazesini sürekli olarak değiştirerek elde edilen duyarlılık/özgüllük değerlerinin grafiğe işlenmesiyle elde edilmektedir. Her sınıflandırma işleminde yapıldığı gibi, yöntemler kesinlik (yanlış pozitifleri eleme kabiliyeti) ve hassasiyet (doğru pozitifleri tespit etme kabiliyeti) arasındaki dengeyi kurmakla uğraşmaktadır. Veri kümesindeki pozitif ve negatif örnekler, eşit bir şekilde dağılım göstermediğinden, doğrudan kesinlik ve hassasiyet ölçütlerinden önce, ROC eğrisi kesinlik ve hassasiyet arasındaki dengeyi değerlendirmek için kullanılmaktadır. ROC eğrisi üzerindeki her nokta, gözlenen tüm test sonuçları, belli bir karar eşiğine karşılık gelen duyarlılık/özgüllük çiftini temsil etmektedir. ROC eğrisi altında kalan alan ROC puanı olarak tanımlanmaktadır. ROC eğrisi değişen sınıflandırma eşik değerlerine göre doğru pozitiflerin sayısının, yanlış pozitiflerin bir fonksiyonu olarak çizilmesiyle oluşmaktadır. ROC puanı 1 (bir) olduğunda, pozitifler mükemmel bir şekilde negatiflerden ayrılmış olmaktadır. ROC puanı 0 (sıfır) olduğunda ise herhangi bir pozitif bulunamadığı anlamına gelmektedir (Altınışık, 2014:21, Wikipedi, 2014:ROC).

Bu açıklamalara göre KŞÖT modellerine ilişkin test performansları ölçümü doğru sınıflandırma oranı, MSE grafiği ve ROC eğrisine göre yapılmış ve açıklanmıştır. Buna göre; her iki model için de Tablo 2.9 ve Tablo 2.10 göz önünde bulundurularak, eğitim performansı en iyi olan YSA modelleri seçilmiş; bu modellerin test aşamasındaki doğru sınıflandırma oranları Tablo 2.11 ve Tablo 2.12'de verilmiştir. Bu tablolarda test sonucunda her bir örüntü çeşidine ilişkin doğru sınıflandırma oranları da gösterilmektedir.

**Tablo 2. 11:** Ham Veri DVK Modeli Test Sonuçları

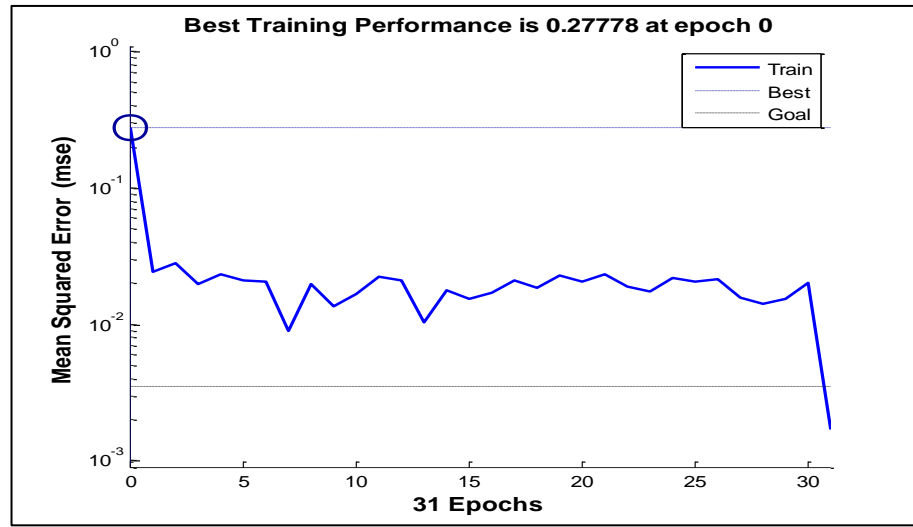
| Ağ No | Katman Sayısı | Yineleme Sayısı | Doğru Sınıflama Oranı (%) |         |       | Örüntü Şekline Göre Doğru Sınıflama Oranı (%) |        |        |       |       |     |
|-------|---------------|-----------------|---------------------------|---------|-------|---|--------|--------|-------|-------|-----|
|       |               |                 | Eğitim                    | Hata    | Test  | NOR   | ARTEGL | AZLEGL | YUKAY | ASKAY | TEC |
| 17    | 13            | 27              | 98.97                     | 0.00342 | 96    | 100   | 100    | 100    | 84    | 92    | 100 |
| 20    | 14            | 48              | 98.08                     | 0.00641 | 94.67 | 100   | 100    | 100    | 96    | 72    | 100 |
| 21    | 14            | 89              | 98.85                     | 0.00385 | 95.33 | 100   | 100    | 100    | 96    | 76    | 100 |
| 30    | 17            | 120             | 98.21                     | 0.00598 | 96    | 100   | 100    | 100    | 84    | 92    | 100 |
| 32    | 18            | 20              | 98.72                     | 0.00427 | 95.33 | 100   | 100    | 100    | 96    | 76    | 100 |
| 37    | 20            | 9               | 98.97                     | 0.00342 | 98    | 100   | 100    | 100    | 96    | 92    | 100 |
| 38    | 20            | 19              | 99.62                     | 0.00128 | 97.33 | 100   | 100    | 100    | 92    | 92    | 100 |
| 39    | 20            | 31              | 99.49                     | 0.00171 | 98    | 100   | 100    | 100    | 100   | 88    | 100 |
| 54    | 25            | 40              | 98.46                     | 0.00513 | 93.33 | 100   | 100    | 100    | 84    | 76    | 100 |

Tablo 2.11’de ham veriyle oluşturulan ağa ilişkin farklı modellerin eğitim ve test performansları incelendiğinde; % 99.62 doğru sınıflandırma oranı ile 38 numaralı ağ modeli ve % 99.49 doğru sınıflandırma oranı ile 39 numaralı ağın en iyi eğitim performanslarına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en iyi test sonuçlarını; eğitim sürecinde % 99.49, test sonucunda % 98 doğru sınıflandırma oranlarına sahip olan 39 numaralı ağ ve eğitim sürecinde % 98.97 doğru sınıflandırma oranı ile daha düşük eğitim performansı göstermesine karşın test sonucunda bu oran % 98 olan 37 numaralı ağ göstermiştir.

En iyi ağ performansını seçerken eğitim ve test sürecinde en iyi öğrenme oranı arasındaki mutlak minimuma ve bununla birlikte en yüksek test performansına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle; ham verilerin en iyi sınıflandırıldığı ağ modeli, eğitim sürecinde %99.49 ve test sürecinde %98 doğru sınıflandırma oranlarına sahip olan 39 numaralı ağ olmuştur. Bu ağ, tanımlanan örüntüleri eğitim sürecinde NOR (Normal) %100, ARTEGL (Artan Eğilim) %100, AZLEGL (Azalan Eğilim) %96.92, ASKAY (Aşağı Ani Kayma) %100, YUKAY (Yukarı Ani Kayma) %100, TEC (Tekrarlayan Çevrim) %100 oranlarında doğru sınıflandırmaktayken test sürecinde NOR (Normal) %100, ARTEGL (Artan Eğilim) %100, AZLEGL (Azalan Eğilim) %100, ASKAY (Aşağı Ani Kayma) % 88, YUKAY (Yukarı Ani Kayma) %100, TEC (Tekrarlayan Çevrim) %100 oranlarında doğru sınıflandırmaktadır.

Eğitim s¼recinde AZLEGL r¼nt¼s¼ en az doğru sınıflandırma oranına sahipken bu oran test s¼recinde ağın daha önce hiç görmediği örneklerde %100'e y¼kselmiřtir. Test s¼recinde en az doğru sınıflandırma oranı ASKAY r¼nt¼s¼ olmuştur.

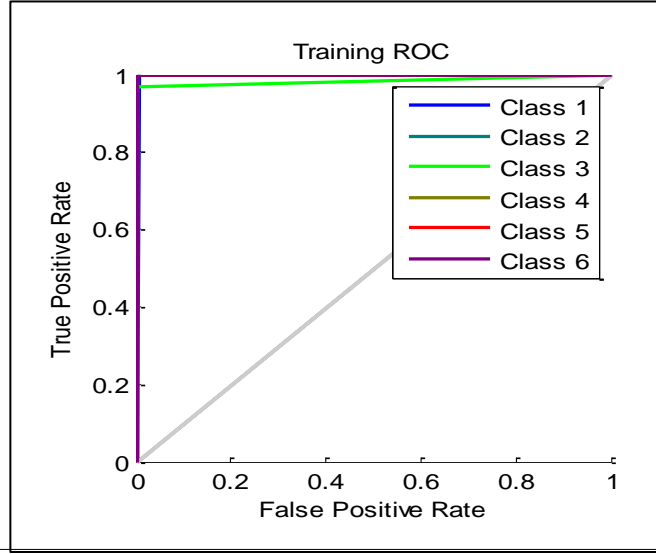
Otuz dokuz numaralı ağa ilişkin öğrenme performansını gösteren hata (MSE) grafiği şekil 2.7'de ve doğru sınıflandırma performansını gösteren ROC eğrisi şekil 2.8'de verilmiştir.



şekil 2. 7: Ham Veri DVK Modeli Hata Grafiği

şekil 2.7'deki hata grafiği\* incelendiğinde, yineleme sayısı arttıka hata oranının d¼řt¼đ¼, ağın 31. yineleme sayısında hedef hata değerine ulaştığı ve bu değerin daha da altına indiği gr¼lmektedir. Ayrıca, rnekler ağa gösterilirken eğitim çizgisi hedeflenen hataya hızlı ve azalan bir şekilde yaklaşmaktadır. Bu ağ modeli y¼ksek öğrenme performansı gösterirken birkaç noktada performansı d¼řebilmektedir.

\* Bu grafikte Train: Eğitim, Best: En İyi, Goal: Hedef değerleri göstermektedir. Epochs kelimesi ise yineleme sayısını ifade etmektedir.

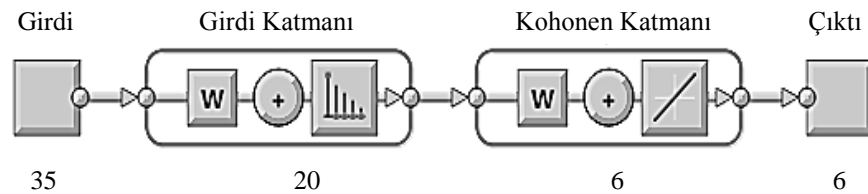


Class 1: NOR, Class 2: ARTEGL, Class 3: AZLEGL, Class 4: YUKAY, Class 5: ASKAY, Class 6: TEC

Şekil 2. 8: Ham Veri DVK Modeli ROC Eğrisi

Şekil 2.8'deki ROC eğrisine\* göre, ham veri örüntülerine ilişkin tüm sınıflandırmalar solda ve üstte en yüksek doğruluğa (1) yaklaşmakta ve en az doğruluğu Class3: AZLEGL (azalan eğilim) göstermektedir. Bir başka deyişle, en düşük sınıflandırma bu örüntü tipinde görülmektedir. Tablo 2.9'da 39 numaralı ağ modelinin eğitim performansı incelendiğinde “azalan eğilim” doğru sınıflandırma oranının (%96.92) en düşük olduğu ve ROC grafiğinin sonuçlarıyla uyumluluk gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bu sonuçlara göre, ham veri örüntüleriyle oluşturulmuş DVK temelli YSA modelinin mimarisi Şekil 2.9'da gösterilmektedir



Şekil 2. 9: Ham Veri DVK Modelinin Mimarisi

\* ROC Eğrisinde True Positive Rate: Doğru Pozitiflerin Oranı, False Positive Rate: Yanlış Pozitiflerin Oranı ve Training Rate: Eğitim Oranı anlamına gelmektedir.

**Tablo 2. 12:** Özellikli Veri DVK Modeli Test Sonuçları

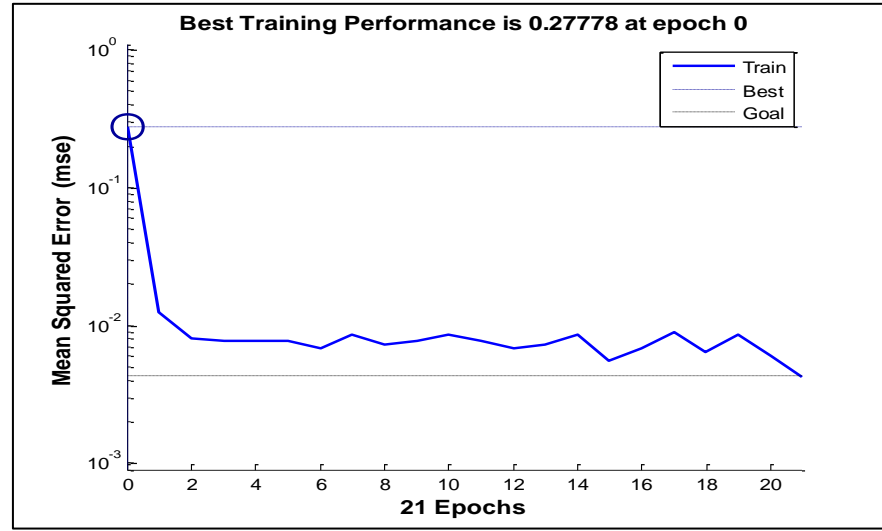
| Ağ No | Katman Sayısı | Yineleme Sayısı | Doğru Sınıflama Oranı (%) |         |       | Örüntü Şekline Göre Doğru Sınıflama Oranı (%) |        |        |       |       |     |
|-------|---------------|-----------------|---------------------------|---------|-------|---|--------|--------|-------|-------|-----|
|       |               |                 | Eğitim                    | Hata    | Test  | NOR   | ARTEGL | AZLEGL | YUKAY | ASKAY | TEC |
| 11    | 10            | 64              | 98.72                     | 0.00427 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |
| 17    | 12            | 11              | 98.72                     | 0.00427 | 94.67 | 100   | 100    | 100    | 88    | 80    | 100 |
| 26    | 15            | 154             | 98.72                     | 0.00427 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |
| 27    | 15            | 187             | 98.85                     | 0.00385 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |
| 30    | 16            | 161             | 98.72                     | 0.00427 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |
| 32    | 17            | 80              | 98.72                     | 0.00427 | 95.33 | 100   | 100    | 100    | 88    | 84    | 100 |
| 33    | 17            | 184             | 98.85                     | 0.00385 | 94.67 | 100   | 100    | 100    | 88    | 80    | 100 |
| 36    | 18            | 91              | 98.72                     | 0.00427 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |
| 43    | 21            | 21              | 98.72                     | 0.00427 | 96    | 100   | 100    | 100    | 88    | 88    | 100 |
| 56    | 25            | 37              | 98.72                     | 0.00427 | 94    | 100   | 100    | 100    | 88    | 76    | 100 |

Tablo 2.12’de özellikli verilerle oluşturulan ağa ilişkin farklı modellerin eğitim ve test performansları incelendiğinde; %98.85 doğru sınıflandırma oranı ile 27 numaralı ağ modeli ve yine %98.85 doğru sınıflandırma oranı ile 33 numaralı ağın en iyi eğitim performanslarına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en iyi test sonuçlarını; eğitim sürecinde %98.72 doğru sınıflandırma oranı ile daha düşük eğitim performansı göstermesine karşın test sonucunda bu oran %96 olan 43 numaralı ağ ve eğitim sürecinde yine %98.72 doğru sınıflandırma oranına sahipken, test sonucunda bu oran %95.33 olan 32 numaralı ağ göstermiştir.

En iyi ağ performansını seçerken eğitim ve test sürecinde en iyi öğrenme oranı arasındaki mutlak minimuma ve bununla birlikte en yüksek test performansına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle; özellikli verilerin en iyi sınıflandırıldığı ağ modeli, eğitim sürecinde %98.72 ve test sürecinde %96 doğru sınıflandırma oranlarına sahip olan 43 numaralı ağ olmuştur. Bu ağ, tanımlanan örüntüleri eğitim sürecinde NOR (Normal) %99.23, ARTEGL (Artan Eğilim) %98.46, AZLEGL (Azalan Eğilim) %100, ASKAY (Aşağı Ani Kayma) %96.92, YUKAY (Yukarı Ani Kayma) %100, TEC (Tekrarlayan Çevrim) %97.69 oranlarında doğru sınıflandırmaktayken test sürecinde NOR (Normal) %100, ARTEGL (Artan Eğilim) %100, AZLEGL (Azalan Eğilim) %100, ASKAY (Aşağı Ani Kayma) % 88, YUKAY (Yukarı Ani Kayma) %88, TEC (Tekrarlayan Çevrim) %100 oranlarında

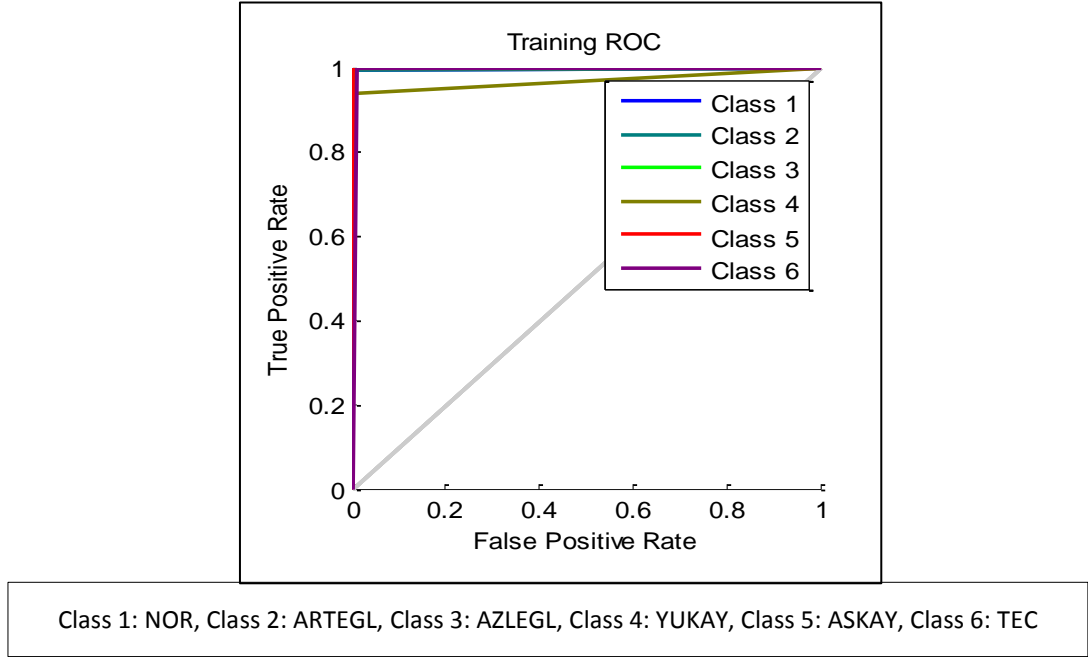
doğru sınıflandırmaktadır. Eğitim sürecinde en az doğru sınıflandırma ASKAY örüntüsü en az doğru sınıflandırma oranına sahipken bu oran test sürecinde ağın daha önce hiç görmediği örneklerde %88'e düşmüştür. Test sürecinde ise en az doğru sınıflandırma oranına sahip olan örüntüler ASKAY ve YUKAY örüntüleri olmuştur.

43 numaralı ağa ilişkin öğrenme performansını gösteren hata (MSE) grafiği Şekil 2.10'da ve doğru sınıflandırma performansını gösteren ROC eğrisi Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2. 10: Özellikli Veri DVK Modeli Hata Grafiği

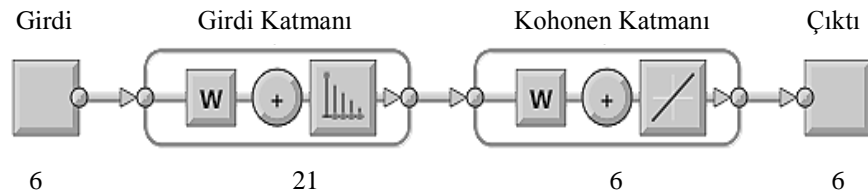
Şekil 2.10'daki hata grafiği incelendiğinde, yineleme sayısı arttıkça hata oranının düştüğü, 21. yineleme sayısında hedef hata değerine ulaştığı, en yüksek öğrenme oranına ulaştığı görülmektedir. Ayrıca, örnekler ağa gösterilirken eğitim çizgisi hedeflenen hataya hızlı ve azalan bir şekilde yaklaşmaktadır. Bu ağ modeli çok yüksek öğrenme performansı gösterirken birkaç noktada performansı düşebilmektedir.



Şekil 2. 11: Özellikli Veri DVK Modeli ROC Eğrisi

Şekil 2.11’de verilen ROC eğrisine göre özellikli veri örüntülerine ilişkin tüm sınıflandırmalar solda ve üstte en yüksek doğruluğa (1) yaklaşmakta ve en az doğruluğu Class4: YUKAY (yukarı ani kayma) göstermektedir. Bir başka deyişle, en düşük sınıflandırma bu örüntü tipinde görülmektedir. Tablo 2.10’da 43 numaralı ağ modelinin eğitim sonuçları incelendiğinde “yukarı ani kayma” doğru sınıflandırma oranının (%96.92) en düşük olduğu ve ROC grafiğinin sonuçlarıyla uyumluluk gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bu sonuçlara göre, özellikli veri örüntüleriyle oluşturulmuş DVK temelli YSA modelinin mimarisi Şekil 2.12’de gösterilmektedir.



Şekil 2. 12: Özellikli Veri DVK Modelinin Mimarisi

Test edilen ve doğrulaması yapılan DVK temelli YSA ile oluşturulan 2 farklı KŞÖT modelinin öğrenme, test performansları incelenerek Tablo 2.13’de bu 2 modelin karşılaştırılması verilmiştir.

**Tablo 2. 13:** Ham Veri ve Özellikli Veri DVK Modellerinin Karşılaştırılması

| Özellikler  | Ham Veri           | Özellikli Veri     |
|---|--------------------|--------------------|
| Girdi Sayısı  | 35                 | 6                  |
| Çıktı Sayısı  | 6                  | 6                  |
| Ağ Numarası   | Model No:1; 39     | Model No:2; 43     |
| Katman Sayısı   | 20                 | 21                 |
| Yineleme Sayısı                                       | 31                 | 21                 |
| Öğrenme Performansı                                   | % 99.49            | % 98.72            |
| Test Performansı                                      | % 98               | %96                |
| iw (girdi ve rekabet katmanı arasındaki ağırlıklar)   | 0.13-0.73 arasında | 0.11-0.85 arasında |
| lw (rekabet ve doğrusal katman arasındaki ağırlıklar) | 0-1                | 0-1                |

Uygulamada oluşturulan modeller karşılaştırıldığında; örüntülerin ham verilerle oluşturulduğu YSA modelinin eğitim ve test doğru sınıflandırma oranlarının, özellikli veriler kullanılarak oluşturulan YSA modelinin eğitim ve test doğru sınıflandırma oranlarına göre daha yüksek performans gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte, 2 modelin hata grafikleri (Şekil 2.7 ve Şekil 2.10) karşılaştırıldığında; her ikisinin de yüksek öğrenme oranına ulaşmış olmasına karşın, özellikli verilerle oluşturulan modelin daha çabuk öğrendiği ve örneklerin ağa her gösterilmesinde (her yineleme sayısında) öğrenme performanslarının birbirine daha yakın değerlerden oluştuğu görülmektedir.

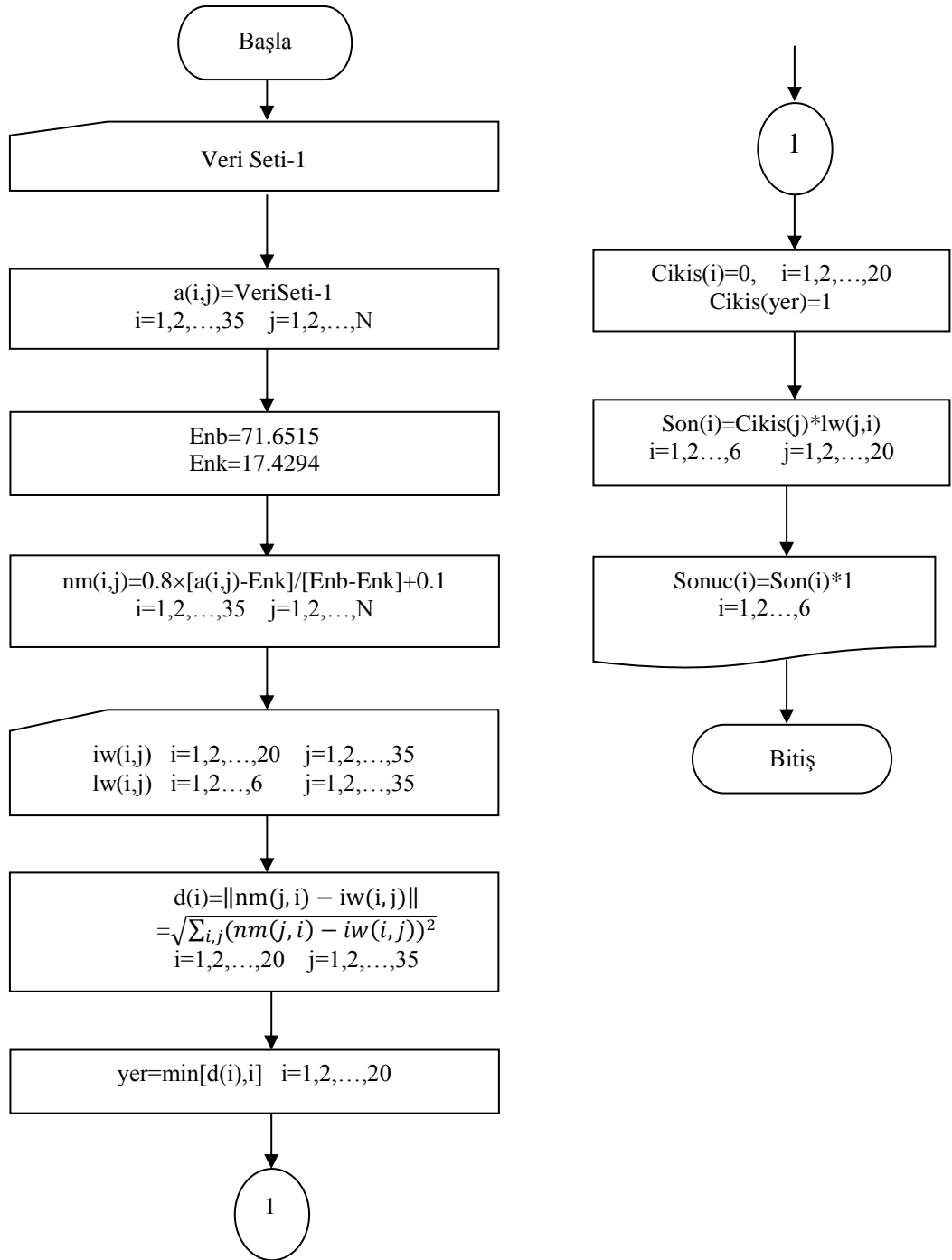
DVK modeli YSA, destekleyici öğrenme biçimine göre öğrenmektedir. Bu öğrenme biçiminde öğretmene ihtiyaç duyulmadan kendiliğinden öğrenme gerçekleşmektedir. İstenen çıkışlar ağa hiç verilmediğinden hata dikkate alınmamakta, öğrenme ve test performanslarına göre değerlendirme yapılmaktadır. Bu nedenle ham verilerle oluşturulan KŞÖT modelinin, özellikli verilerle oluşturulan KŞÖT modeline göre daha iyi sonuçlar ürettiği ve örüntü tanımada daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır.



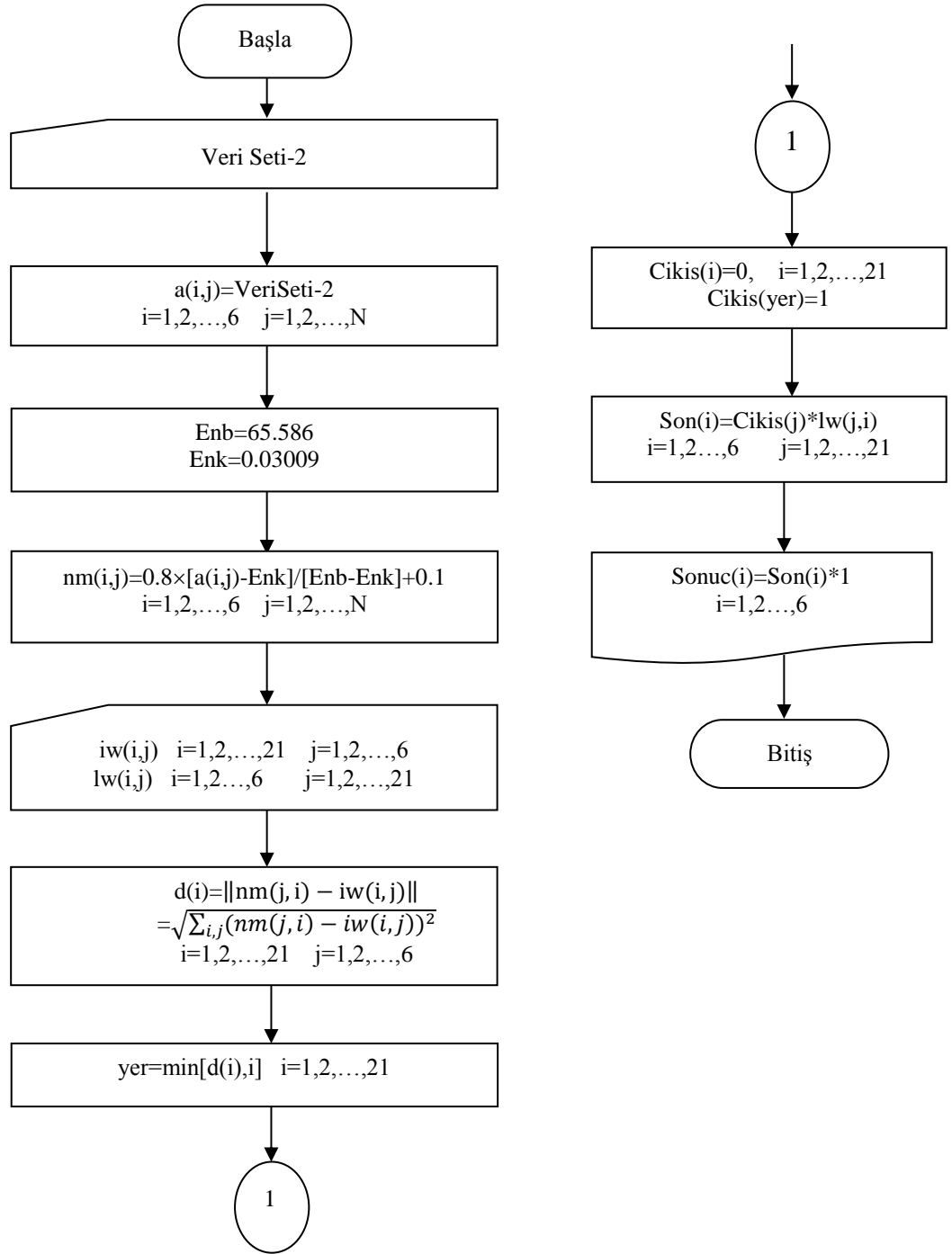
### 2. 2. 7. Yapay Sinir Ağı Uygulamasının Görsel Programa Dönüştürülmesi

Bu aşama, YSA'nın tasarım aşamalarından olmamakla birlikte, KŞÖT uygulamasının görsel olarak izlenmesini sağlamaktadır. Böylece uygulamadaki YSA modellerinin matematiksel yapısının karmaşıklığı azalmakta, modelin daha kolay yorumlanması ve işletme açısından uygulanabilir olması mümkün olmaktadır.

Bu amaçla, uygulamaları gerçekleştirilen ve performansları ölçülerek Tablo 2.11 ve Tablo 2.12'ye göre en iyi sonucu verdiği belirlenen YSA modelleri bir görsel programlama dili kullanılarak kodlara dönüştürülmüş ve derlenmiştir. Bu amaçla en iyi YSA'ya ait ağırlık matrisi değerleri kullanılmış ve program Bölüm 1.7.5.8'de ayrıntıları açıklanan DVK algoritmasına göre yazılmıştır. Bundan sonra, işletmeye ait 2013 yılında üretilmiş C30 beton basınç dayanım ortalamaları verileri ve 2014 yılı ilk 3 ayda üretilmiş C30 beton basınç dayanım ortalamaları verileri kullanılarak KŞÖT modelinin kullanılabilirliği denenmiştir. Bu programlara ait akış şemaları Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de verilmiş; ancak uygulamada ham veri temelli örüntü tanıma modelinin özellikli veri temelli örüntü tanıma modeline göre daha başarılı olduğu ortaya konulduğundan işletmeye ham veri temelli YSA modeli kullanılabilir olarak sunulmuş ve bu modele ilişkin görseller açıklanmıştır.



Şekil 2. 13: Ham Veri KŞÖT Modeli Program Akış Şeması



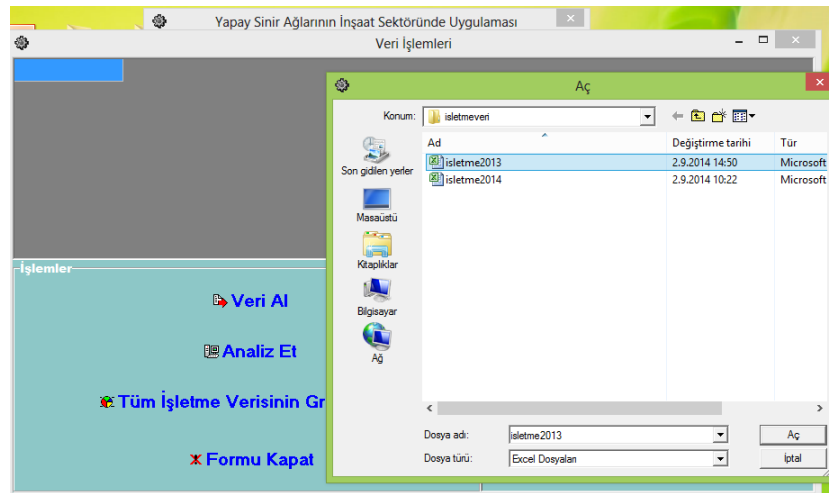
Şekil 2. 14: Özellikli Veri KŞÖT Modeli Program Akış Şeması

Hazırlanan görsel program YSA tekniği ile kontrol şemalarında oluşan şekilleri tanıyarak sürecin izlenmesini sağlamakta; sürecin kontrol altında olup olmadığını, süreç eğer kontrol altında değilse bunun sebeplerini görüntülemektedir. Bu KŞÖT modeline ilişkin görsel programın ana ekranı Şekil 2.15’de görülmektedir.



Şekil 2. 15: KŞÖT Programı Ana Ekran

Bu şekle göre, programda bulunan “Veri İşlemleri” düğmesiyle işletmeye ait C30 basınç dayanımına sahip betonun 3 aydan az 12 aydan çok olmayan ortalama değerleri alınabilmekte ve süreç analiz edilebilmektedir. Bu işlem Şekil 2.16’da gösterilmektedir.



Şekil 2. 16: KŞÖT Programı Aracılığıyla Verilerin Alınması

İşletmenin 2013 ve 2014 yılı C30 beton üretimine ilişkin basınç dayanım ortalamalarından oluşan verileri programla analiz edildiğinde, KŞÖT uygulaması gruplara göre sürecin kontrol altında olup olmadığına ilişkin farklı sonuçlar üretmiştir. YSA eğitim aşamasında basınç dayanımı ortalamasına ilişkin kontrol ölçütlerine uygun sınırlar eğitilmesine karşın görsel programa kontrol şemasına ilişkin  $\pm 3\sigma$  değerleri de eklenerek basınç dayanımı ortalamalarının değerlerinin bu sınırlarla ilişkisi de takip edilebilmektedir. Buna ek olarak süreç ortalamasını gösteren çizgi ile birlikte üretim sonucunda elde edilen ortalamanın HBD'nin altında ya da üstünde olup olmadığı da kontrol edilebilmektedir. Şekil 2.17 işletmenin 2013 yılı üretiminden alınan ortalama basınç değeri verilerinin KŞÖT aracı ile analizi sonuçlarını göstermektedir.

|   | 1.Grup Veri       | 2.Grup Veri       | 3.Grup Veri       | 4.Grup Veri       | 5.Grup Veri       | 6.Grup Veri       | 7.Grup Veri |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 38                | 37,4              | 38,23333333333333 | 40,46666666666667 | 37,76666666666667 | 38                | 37,4        |
| 2 | 38,86666666666667 | 37,83333333333333 | 37,73333333333333 | 40,36666666666667 | 38,06666666666667 | 38,16666666666667 | 37,4        |
| 3 | 38,43333333333333 | 37,73333333333333 | 37,46666666666667 | 41,33333333333333 | 38,46666666666667 | 37,56666666666667 | 37,4        |
| 4 | 37,8              | 38,83333333333333 | 38,1              | 37,96666666666667 | 38,2              | 38,3              | 38,4        |
| 5 | 38,73333333333333 | 38,76666666666667 | 38,56666666666667 | 37,093            | 38,76666666666667 | 37,73333333333333 | 37,4        |
| 6 | 38,76666666666667 | 37,96666666666667 | 38,23333333333333 | 36,36666666666667 | 37,76666666666667 | 39,36666666666667 | 38,4        |
| 7 | 37,56666666666667 | 37,86666666666667 | 38,5              | 38,03333333333333 | 37,8              | 38,93333333333333 | 38,4        |

**İşlemler**

[Veri Al](#)

[Analiz Et](#)

[Tüm İşletme Verisinin Grafiğini Çiz](#)

[Formu Kapat](#)

**Gruplara Göre Süreç Analizi**

1 0 0 0 0 1. Grup Veri Normal (1)

0 0 1 0 0 0 2. Grup Veri Azalan (3)

1 0 0 0 0 3. Grup Veri Normal (1)

0 0 0 1 0 4. Grup Veri Aşağı Ani Kayma (5)

1 0 0 0 0 5. Grup Veri Normal (1)

1 0 0 0 0 6. Grup Veri Normal (1)

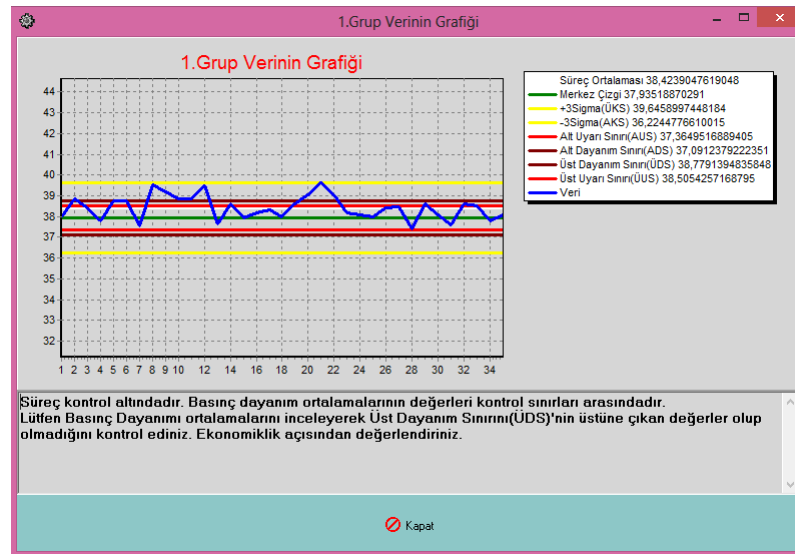
1 0 0 0 0 7. Grup Veri Normal (1)

Grupları Üzerine Çift Tıklayarak Grafikleri İnceleyebilirsiniz

Şekil 2. 17: İşletmenin 2013 Yılı Basınç Dayanım Verilerinin Alınması

Şekil 2.17'ye göre; ham veri temelli YSA modeli tasarım sürecinde girdi sayısı 35 olarak belirlendiğinden program da verileri her biri 35 veriden oluşan gruplara ayırmakta ve gruplara göre örüntü tiplerini tanımaktadır. Grupların kontrol şemalarında gözlenen örüntü tiplerine göre açıklaması ve isimlendirilmesi; sırasıyla, daha önce Tablo 2.8'de açıklanan DVK modelinin çıktı değerleri, grup numarası ve grubun içinde olduğu örüntü tipinin adı olmak üzere ifade edilmektedir.

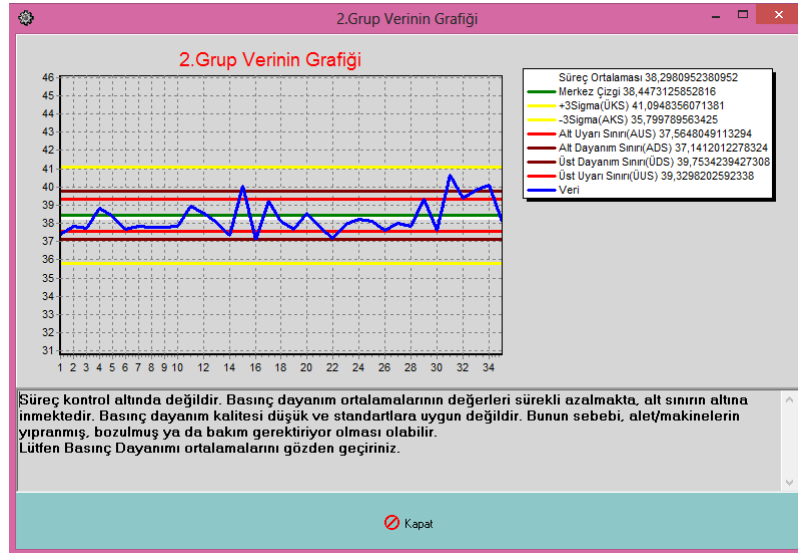
İşletmenin 2013 yılı verileri analiz edildiğinde program, verileri 7 gruba ayırmış ve YSA bu grupları tanımlanan örüntü şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmalara göre; 1, 3, 5, 6 ve 7 numaralı gruplarda sürecin kontrol altında olduğunu gösteren “normal” örüntüye uygun sonuç gözlenmekteyken; 2 ve 4 numaralı gruplarda sürecin kontrol dışına çıktığını gösteren “azalan” ve “aşağı ani kayma” örüntülerine uygun sonuç gözlemlenmiştir. Bu grupların grafikleri Şekil 2.18 - Şekil 2.24’te gösterilmiş ve açıklanmıştır.



Şekil 2. 18: 2013 Yılı Verilerine Göre 1. Grup KŞÖT Analizi

Şekil 2.18’e göre 1. Grup verilerde sürecin kontrol altında olduğu ve YSA’nın bu örüntüye ilişkin şekli tanıdığı görülmektedir. Grafiğe göre; basınç dayanım ortalaması değerlerinin merkez çizgi etrafında normal dağıldığı, alt dayanım sınırlarının altında bir değer olmadığı görülmektedir. Üst dayanım sınırlarının dışına çıkan 3 değer olmasına karşın bu değer ÜKS’nin dışına çıkmamakta ve bu durum süreci bozmamaktadır; ancak ekonomik üretim açısından değerlendirilmelidir. Basınç dayanım ortalamalarına ilişkin süreç ortalamasının da merkez çizginin üzerinde olduğu, bir başka deyişle TS EN 206-1 ölçütlerine uygun olarak hedef basınç dayanımının sağlandığı ve kalite standartlarına uygun gerçekleştiği de yine grafikten anlaşılmaktadır.

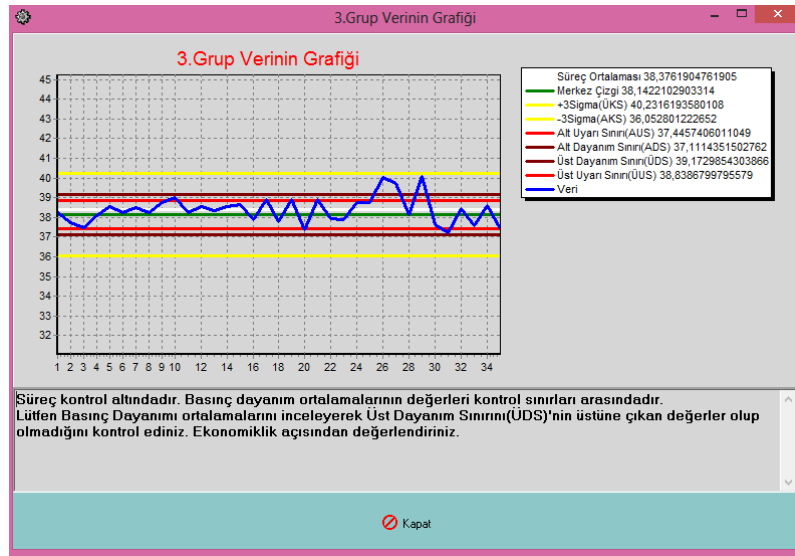
Şekil 2.19’da gösterilmekte olan 2. Grup verilerin analiz sonuçlarına göre; süreç ortalamasında bir düşme olduğu ve bu değerlerin merkez çizginin altına indiği görülmektedir. Grafikte, TS EN 206-1 standartlarına göre kabul edilebilir olmasına karşın alt dayanım sınırında bulunan 2 değer olduğu (16. ve 22. değerler) ve ÜKS’nin dışına çıkan değerler bulunmadığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, 20. değerden sonra ardışık 8 noktanın merkez çizginin aynı tarafında olduğu, altında olduğu ve değerlerin düzenli azalmasının süreci bozduğu görülmekte ve YSA modeli bu örüntü tipini “azalan” örüntü tipi olarak tanımaktadır.



Şekil 2. 19: 2013 Yılı Verilerine Göre 2. Grup KŞÖT Analizi

Normal olmayan bu örüntü tipi; kullanılan malzeme kalitesinin değiştirilmesi, alet ve makinelerin bozulmuş, yıpranmış ve bakım gerektiriyor olmasından kaynaklanabilmektedir. İşletmede deneyimlere ve uygulanan işlemlere göre bu sorunlar tanımlanarak gerekli bakımlar rutin olarak yapılmakta ve önlemler alınmaktadır. Bu sonuç, beton basınç dayanımı kalitesinin düşük olduğunu göstermemekte; rutin bakım işlemlerinin tanımlanmasında ve malzeme kalitesinin incelenmesinde yol gösterici olmaktadır.

İşletme verilerinin 3. Grup analizi Şekil 2.20’de gösterilmekte, bu grafiğe göre sürecin kontrol altında olduğu ve basınç dayanım ortalamalarının süreç ortalamasına yakın değerlerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğu ve hedeflenen basınç dayanım ortalamasının sağlandığı; ÜKS’nin üzerine çıkan değerlerin bulunmadığı görülmektedir. YSA modeli de sürecin kontrol altında olduğu bu şekli normal örüntü olarak tanımaktadır.

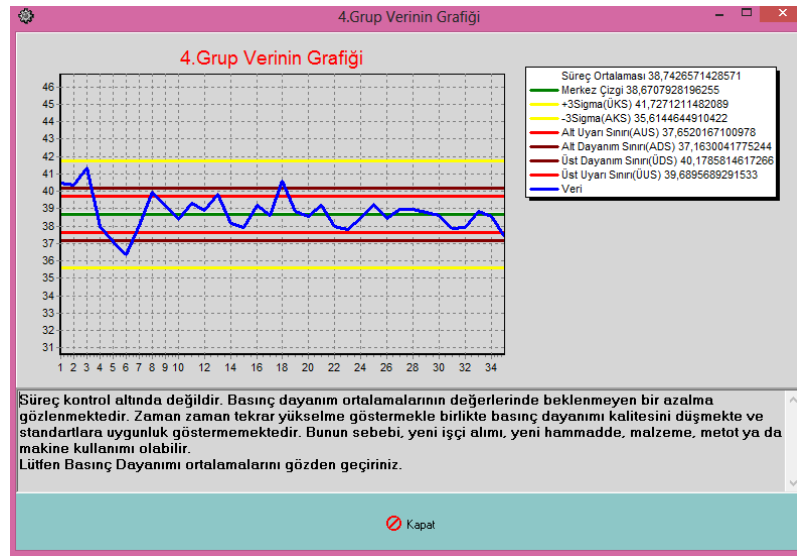


Şekil 2. 20: 2013 Yılı Verilerine Göre 3. Grup KŞÖT Analizi

Şekil 2.20’de görülmekte olan 3. Grup verilerin analizinde YSA’nın şekli “normal” örüntü olarak tanıdığı görülmektedir. Basınç dayanım ortalamalarının sınırlarla ilişkisi incelendiğinde alt dayanım sınırının altına düşen değerler olmadığı; üst dayanım sınırlarının dışına çıkan 2 değer olmasına karşın ÜKS’nin dışına taşma göstermediği ve sürecin kontrol altında olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu değerlerin uygun basınç dayanımına ilişkin ekonomikliği sağlamak amacıyla kontrol edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İşletmenin bu gruptaki süreç ortalaması da merkez çizginin üstünde olduğundan hedef basınç dayanım ortalamasının da gerçekleştiği yine grafikten anlaşılmaktadır.



İşletmenin 2013 yılı verilerinin 4. Grubunu gösteren Şekil 2.21 incelendiğinde sürecin kontrol dışına çıktığı ve süreç ortalamasında düşme ve basınç dayanım ortalaması değerinde ani bir kayma olduğu görülmektedir. YSA bu örüntüyü “aşağı ani kayma” olarak tanımaktadır. Bu grafik incelendiğinde süreç ortalamasında merkez çizgiyle aynı sınıra düşmüş olduğu, kalite karakteristiğinin 3. değerden sonra ardışık olarak azaldığı ve alt sınırın da altına varan önemli bir düşme gösterdiği anlaşılmaktadır.



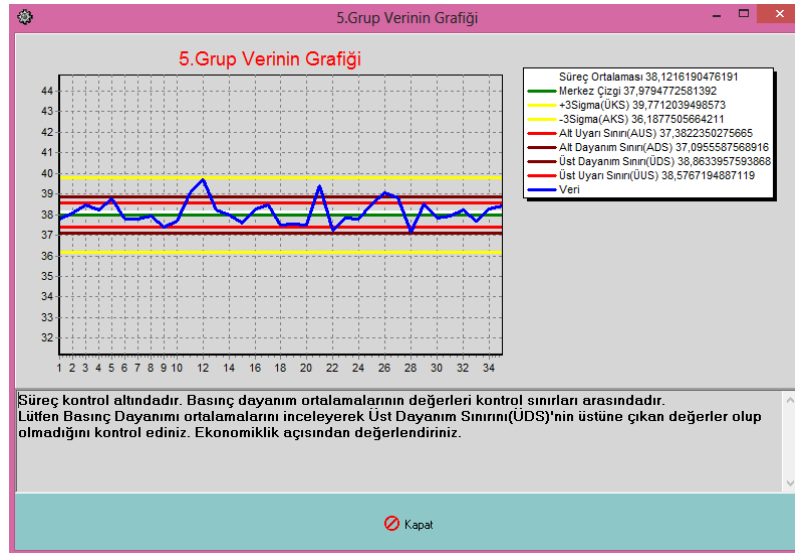
Şekil 2. 21: 2013 Yılı Verilerine Göre 4. Grup KŞÖT Analizi

Şekil 2.21’de görülmekte olan bu örüntü tipindeki kaymalar, yeni işçilerin alınması ya da yeni hammadde, malzeme, yöntem, makine kullanımı sonucu oluşabilmektedir. Beton basınç dayanımının düşmesi, beton üretiminde kullanılmakta olan çimento, agrega gibi hammaddeler, kimyasal katkı malzemeleri ya da otomasyonda meydana gelen sorun, işçi müdahalesi gibi sebeplerle su/çimento oranında meydana gelen değişiklikten kaynaklanmaktadır.

Grafiğe göre basınç dayanım kalitesi incelendiğinde; alt dayanım sınırının altına düşen bir değer bulunmaktadır. TS EN 206-1 üretilen betonun gerçek basınç dayanımının öngörülenden daha düşük olma olasılığını %5 olarak öngörmekte ve

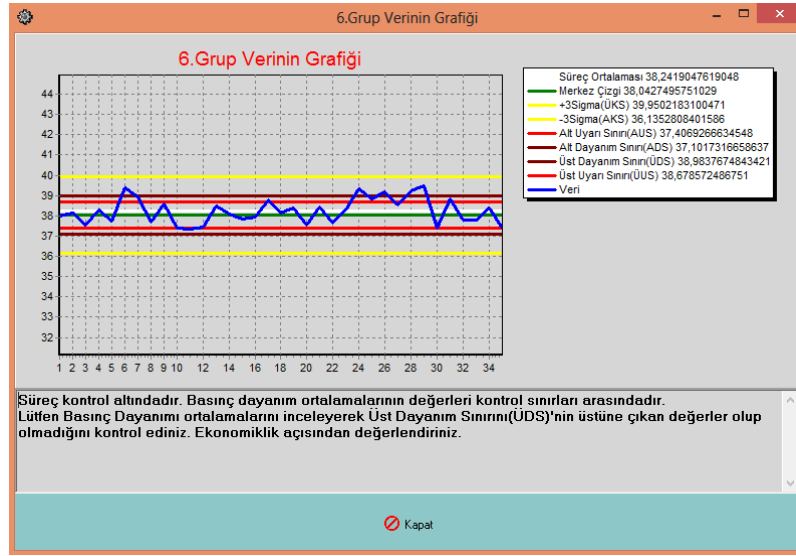
olması gereken en az basınç dayanımı değerini  $f_{ck}$  olarak belirtmektedir. Beton basınç dayanımı, zaman içerisinde betonun kimyasal reaksiyonu gereği artmaya devam etmektedir; bu nedenle standart deney numunelerinden elde edilen basınç dayanımının uygun olmaması halinde yapısal yeterliliğin değerlendirilmesinde kullanılmakta olan “karot alma” işlemi ile sürece devam edilmek üzere karot alma raporu düzenlenmektedir.

Beşinci, altıncı ve yedinci grup verilerin sonucunu göstermekte olan Şekil 2.22, Şekil 2.23 ve Şekil 2.24 incelendiğinde sürecin kontrol altında olduğu ve YSA modelinin bu şekilleri de “normal” örüntü tipinde tanıdığı görülmektedir.



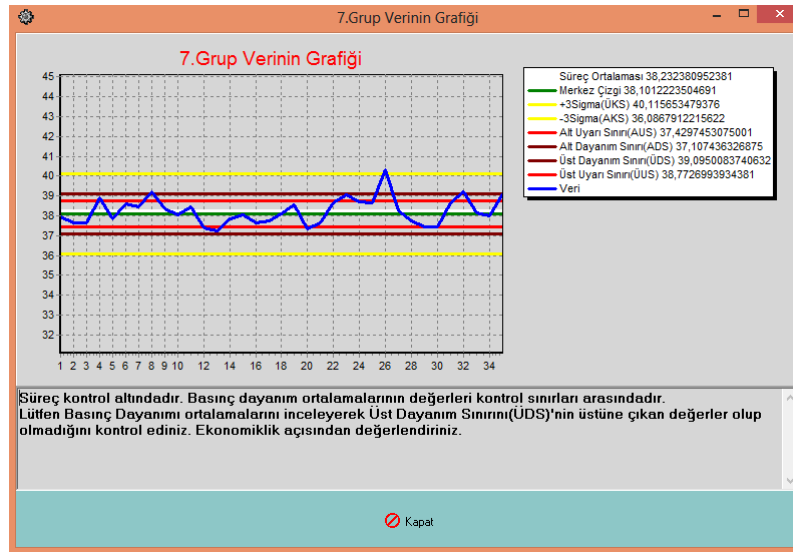
Şekil 2. 22: 2013 Yılı Verilerine Göre 5. Grup KŞÖT Analizi

Şekil 2.22’de süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğunu, hedef basınç dayanımının gerçekleştiğini ve basınç dayanım ortalamalarının normal dağıldığı görülmekte; kontrol ve dayanım sınırları aşan değerlerin de bulunmadığı yine grafikten anlaşılmaktadır. Şekil 2.23, 6. Grup verilerinde de süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğunu, hedef basınç dayanımının gerçekleştiğini ve basınç dayanım ortalamalarının normal dağıldığını göstermektedir. Sınırları aşan değerlerin bulunmadığı ve sürecin kontrol altında olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. 23: 2013 Yılı Verilerine Göre 6. Grup KŞÖT Analizi

Şekil 2.24, yedinci grup verilerine ilişkin süreç kontrolünü göstermektedir. Grafik incelendiğinde süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğunu, hedef basınç dayanımının gerçekleştiğini ve basınç dayanım ortalamalarının normal dağıldığını anlaşılmaktadır. ÜKS'yi aşan bir değer bulunmasına karşın bu durum süreci bozmamakta; ancak işletme tarafından ekonomikliği değerlendirmek amacıyla göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. 24: 2013 Yılı Verilerine Göre 7. Grup KŞÖT Analizi

KŞÖT programı aracılığıyla aynı analiz işletmenin 2014 yılı ilk 3 aydaki C30 beton üretimine ilişkin verilerine uygulanmış, YSA modelinin bu verilere ilişkin sınıflandırması incelenmiş ve sonuçlar Şekil 2.25’de gösterilmiştir.

|   | 1. Grup Veri     | 2. Grup Veri     |
|---|------------------|------------------|
| 1 | 38,4             | 40,0666666666667 |
| 2 | 38,2333333333333 | 38,4333333333333 |
| 3 | 38,1             | 38,9666666666667 |
| 4 | 37,8666666666667 | 38,7333333333333 |
| 5 | 37,5666666666667 | 40,5666666666667 |
| 6 | 38,7             | 38,1166666666667 |
| 7 | 37,3333333333333 | 39,4333333333333 |
| 8 | 37,5666666666667 | 39,4333333333333 |

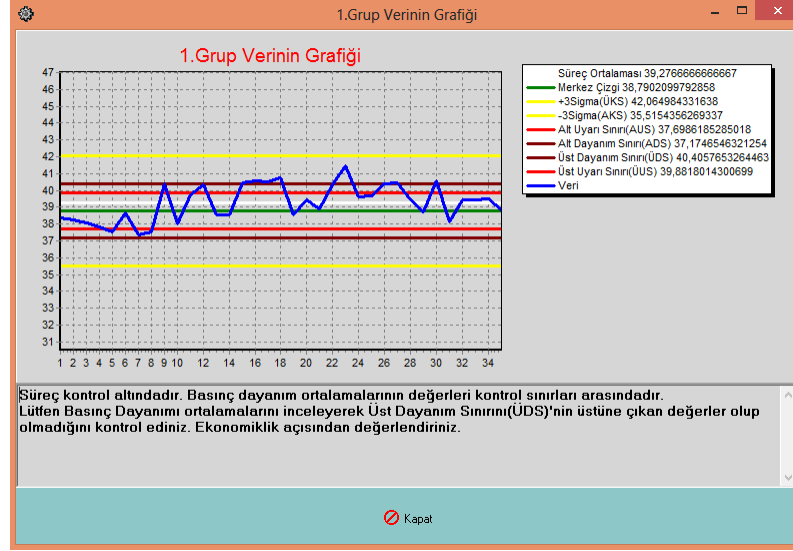
  

| İşlemler                            |   |
|-------------------------------------|---|
| Veri Al                             | <b>Gruplara Göre Süreç Analizi</b><br>1 0 0 0 0 1. Grup Veri Normal (1)<br>0 0 0 1 0 2. Grup Veri Aşağı Ani Kayma (5)<br>Grupları Üzerine Çift Tıklayarak Grafikleri İnceleyebilirsiniz |
| Analiz Et                           |   |
| Tüm İşletme Verisinin Grafiğini Çiz |   |
| Formu Kapat                         |   |

Şekil 2. 25: İşletmenin 2014 Yılı Basınç Dayanım Verilerinin Alınması

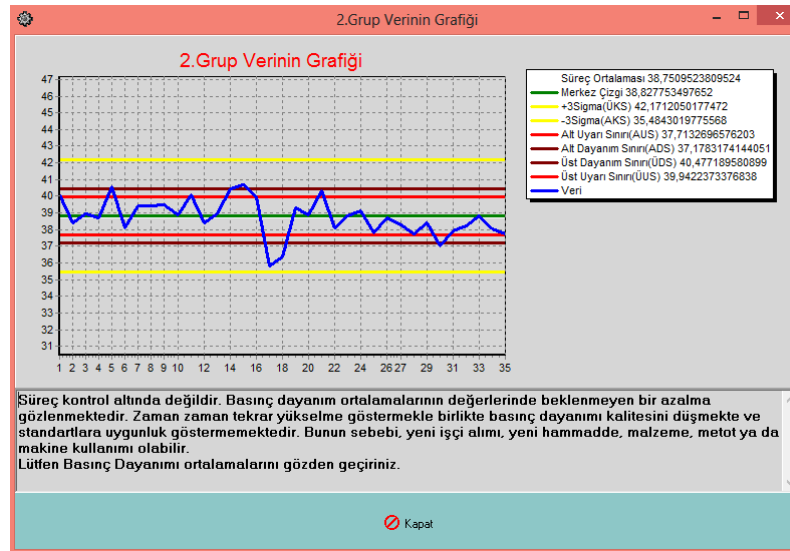
2014 yılı verileri analiz edildiğinde program verileri 2 gruba ayırmış ve YSA bu grupları, tanımlanan örüntü şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bu sonuçlara göre 1 numaralı grupta sürecin kontrol altında olduğunu gösteren “normal” örüntüye uygun sonuç gözlenmekteyken; 2 numaralı grupta sürecin kontrol dışına çıktığını gösteren “aşağı ani kayma” örüntüsüne uygun sonuç gözlemlenmiştir. Bu grupların grafikleri Şekil 2.26 ve Şekil 2.27’te gösterilmiş ve açıklanmıştır.

Şekil 2.26, 2014 yılına ilişkin 1. Grup verilerinin sonuçlarını göstermekte ve bu grafiğe göre, süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğu, hedef basınç dayanımının gerçekleştiği ve basınç dayanım ortalamalarının normal dağıldığı gözlemlenmektedir. Alt dayanım sınırına yakın bir değer bulunmasına karşın bu değer TS EN 2016-1’deki kalite standartlarına uygunluk göstermekte ve sürecin kontrol altında olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. 26: 2014 Yılı Verilerine Göre 1. Grup KŞÖT Analizi

İşletmenin 2014 yılı verilerinin 2. Grubunu gösteren Şekil 2.27 incelendiğinde sürecin kontrol dışına çıktığı ve süreç ortalamasında düşme ve basınç dayanım ortalaması değerinde ani bir kayma olduğu görülmektedir.



Şekil 2. 27: 2014 Yılı Verilerine Göre 2. Grup KŞÖT Analizi

YSA'nın "aşağı ani kayma" olarak tanıdığı bu örüntü tipindeki kaymalar, yeni işçilerin alınması ya da yeni hammadde, malzeme, yöntem, makine kullanımı sonucu oluşabilmektedir. Beton basınç dayanımının düşmesi, beton üretiminde

kullanılmakta olan çimento, agrega gibi hammaddeler, kimyasal katkı malzemeleri ya da otomasyonda meydana gelen sorun, işçi müdahalesi gibi sebeplerle su/çimento oranında meydana gelen değişiklikten kaynaklanmaktadır.

Grafığe göre basınç dayanım kalitesi incelendiğinde; süreç ortalamasında merkez çizgiyle aynı sınıra düşmüş olduğu ve kalite karakteristiğinin 15. değerden sonra ardışık olarak azaldığı, alt sınırın da altına varan önemli bir düşme gösterdiği görülmektedir. Standart deney numunelerinden elde edilen basınç dayanımının uygun olmaması halinde yapısal yeterliliğin değerlendirilmesinde kullanılmakta olan “karot alma” işlemi ile sürece devam edilmek üzere karot alma raporu düzenlenmektedir.

## SONUÇ ve BULGULAR

İşletmelerin küresel rekabet ortamında var olabilmeleri ve karlarını uzun süre devam ettirebilmeleri için tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını tatmin edecek kalitedeki bir ürünü onlara sunmaları gerekmektedir. Bu nedenle, ürünlerin kalitesinin artırılması ve kabul edilebilir bir düzeye çıkarılması son derece önemlidir. Bir üretim sürecinin temel amacı, çeşitliliklere uygun ürün üretmektir; ancak üretimde ortaya çıkan hatalar ürün kalitesini ve üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, aynı zamanda üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu amaçla, kalite birimlerinin faaliyetleri üretimde çıkabilecek hataları önlemek, alınan tüm önlemlere karşın eğer üretimde bir hata çıkarsa bu hatanın en kısa zamanda fark edilmesini sağlamak ve hatayı yok etmek için faaliyetlerde bulunmaktır. İSK çalışmaları üretim sürecinde ve üretim sonunda elde edilen ürünün kalitesini ölçmek amacıyla yapılmakta ve üretim planlaması ile elde edilen yeterli süreç düzeyinin korunabilmesi ancak etkin bir süreç kontrolü ile sağlanabilmektedir.

Süreç kontrolünün istatistikî yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde gerçekleştirilmesinde kullanılan başlıca araç, kontrol şemalarıdır. Sürecin görsel olarak izlenmesini sağlayan bu şemalar, grafiğe ilişkin parametrelerinin yanı sıra şema üzerinde oluşan şeklin tanınmasıyla da önemli bir İSK aracıdır. Bu şekiller, sürecin kontrol altında olması durumunda normal dağılıma uygun olarak görülmekteyken süreç kontrol dışına çıktığında farklı şekiller oluşabilmekte ve doğal örüntüler kadar doğal olmayan örüntülerin analizi de süreç iyileştirme için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Kontrol şemaları üzerinde oluşan şekillerin genel olarak aşırı salınımlardan kaynaklanan gürültüler içerdiği göz önünde bulundurulduğunda, örüntülerin geleneksel istatistikî yöntemlerle sınıflandırılmasının daha zor olduğunu söylemek mümkündür. Son yıllarda kalite iyileştirme sürecinde de kullanılan YZ teknikleri ile bu işlem daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu tekniklerden biri olan YSA, veriler

arasındaki ilişkileri öğrenerek genelleme yapabilme ve daha önce hiç karşılaşmadığı problemlere çözüm bulabilme yetenekleriyle, kontrol şemalarında oluşan gürültüleri şeklin kendisinden ayırarak şekilleri sınıflandırmaya yardımcı olmaktadır. Doğrusal Vektör Kuantizasyon Modeli (DVK Ağları), sınıflandırma problemlerinde hızlı ve etkili sonuçlar vermekte; bu özellikleri nedeniyle örüntü tanımada etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Rekabetin kalite güvenliğine odaklandığı hazır beton sektöründe, kalite mükemmeliyetine erişmek için kalite kontrol yöntem ve tekniklerinin ortaya konulması ve nitelikli üretimin sürekliliği önem arz etmektedir. Bir kalite kontrol aracı olarak bu sektörde geniş bir uygulama alanı bulan kontrol şemaları, bir beton üreticisi için mevcut bilgileri yorumlama ve bilinçli kararlar verebilmede yol gösterici olmaktadır.

Beton standartlarında taşıyıcı betonlar için beton kalitesinin belirleyici özelliği basınç dayanımıdır. Betonun tanımlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılmaktadır. Kontrol şemaları, basınç dayanımı sonuçlarına göre hedef basınç dayanımının gerçekleşip gerçekleşmediği, hedeflenen basınç dayanımındaki değişkenliğin ölçümü, aynı eğilimi tüm partinin gösterip göstermediği, benzer malzemeleri kullanan işletmelerde de benzer eğilimlerin görülüp görülmediği, kalitede değişikliğe neden olan bilgilerin tanımlanabilmesi, önceden belirlenen dayanımın daha az olduğu betonların ve dönemlerin tanımlanabilmesi için kullanılmaktadır. Böylece bunların incelenerek uygun ve yerinde önlemler alınabilmesi ve bu özelliklere göre sürekli olarak değerlendirmesi sağlanmakta; böylece, hem üretici hem de tüketicilerin şartnamelere uyumsuzluk riski önemli ölçüde azaltılmaktadır.

Bu çalışmada, hazır beton üreten bir işletmenin sürekli üretiminden elde edilen C30 basınç dayanımına sahip beton verileri YSA modelinin uygulanacağı veriler olarak belirlenmiş, sürece ilişkin kontrol şemalarında oluşabilecek doğal ve doğal olmayan örüntüleri sınıflandırması hedeflenen Kontrol Şemaları Örüntü



Tanıma (KŞÖT) modeli oluşturulmuştur. Bu model; normal, artan eğilim, azalan eğilim, yukarı kayma, aşağı kayma ve tekrarlayan çevrim şeklindeki altı (6) örüntüyü tanıyabilmektedir. Bu amaçla; kalite karakteristiğini oluşturan gözlem değerlerinden oluşan ham veri yaklaşımı ve süreç ortalaması, standart sapma, alt/üst kontrol sınırı, alt/üst uyarı sınırı gibi kontrol şemalarına ait parametrelerden oluşan özellikli veri yaklaşımı olmak üzere DVK temelli YSA ile 2 farklı model oluşturulmuştur.

Ham veri yaklaşımına uygun geliştirilen DVK ağı için her bir örüntü 35 basınç dayanım ortalaması değerinden oluştuğundan girdi ünitelerinin sayısı 35'tir. Özellikli veri yaklaşımına uygun geliştirilen DVK ağı için ise her bir örüntü kontrol şemasına ilişkin parametrelerden (süreç ortalaması, standart sapma, alt/üst kontrol sınırı, alt/üst uyarı sınırı) oluştuğundan girdi ünitelerinin sayısı 6'dır. Her 35 gözlem verisi ve her 6 parametre bir örüntü örneği oluşturmaktadır. DVK ağının, her iki veri yaklaşımı için de kontrol şeması üzerindeki 6 şekli tanınması istendiğinden bu şekilleri gösteren 6 çıktı ünitesi belirlenmiş ve bunlar Normal (NOR), Artan Eğilim (ARTEGL), Azalan Eğilim (AZLEGL), Yukarı Kayma (YUKAY), Aşağı Kayma (ASKAY) ve Tekrarlayan Çevrim (TEC) olarak kodlanmıştır. Hedef örüntü çıktılarından sadece birisi 1, diğerleri 0 değeri almakta; çıktı değerinin 1 olması girdinin ilgili çıktının temsil ettiği sınıfa ait olduğunu göstermektedir.

Modellerin girdi ve çıktıları belirlendikten sonra DVK temelli YSA modeli denemeleri yapılmıştır. Bu modeller kurulurken değişik öğrenme oranları, çıktı sınıf oranları, katman sayısı ve yineleme sayılarıyla yapılan denemelerle ağın performansına bağlı en uygun olan modeller seçilmiştir. Sonuçlara göre, ham verilerin en iyi sınıflandırıldığı ağ modeli, 20. katmanda tüm örnekler ağa 31 defa gösterildikten sonra elde edilen YSA modeli olmuştur. Bu modelin eğitim sürecindeki doğru sınıflandırma oranı %99.49 ve test sürecindeki doğru sınıflandırma oranı %98'dir. Özellikli verilerin en iyi sınıflandırıldığı ağ modeli ise, 21. katmanda tüm örnekler ağa 21 defa gösterildikten sonra elde edilen YSA modeli olmuştur. Bu modelin eğitim sürecinde doğru sınıflandırma oranı % 98.72 ve test sürecinde doğru sınıflandırma oranına %96'dır.

Bu çalışma ile her iki DVK modeli YSA uygulamasının da yüksek sınıflandırma performansı nedeniyle gerçek zamanlı örüntü tanıma uygulamalarında kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Uygulamada oluşturulan modeller karşılaştırıldığında; ham veri örüntüleriyle oluşturulan YSA modelinin eğitim ve test sürecindeki doğru sınıflandırma oranlarının, özellikli veriler kullanılarak oluşturulan YSA modeline göre daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir. Hata (MSE) grafikleri incelendiğinde her iki modelin de yüksek öğrenme oranına ulaştığı; bununla birlikte özellikli verilerle oluşturulan modelin daha çabuk öğrendiği ve örneklerin ağı her gösterilmesinde (her yineleme sayısında) öğrenme performanslarının birbirine daha yakın değerlerden oluştuğu görülmektedir. Modellerin ROC eğrileri incelendiğinde hem ham veri hem de özellikli veri örüntülerine ilişkin tüm sınıflandırmalar solda ve üstte en yüksek doğruluğa (1) yaklaşmaktadır. Ham veri yaklaşımında en az doğruluğu, bir başka deyişle en düşük sınıflandırma oranını (%96.92) azalan eğilim (AZLEGL) göstermekteyken; özellikli veri yaklaşımında en az doğruluğu, bir başka deyişle en düşük sınıflandırma oranını (%96.92) yukarı ani kayma (YUKAY) göstermektedir.

DVK modeli YSA destekleyici öğrenme biçimine göre öğrenmektedir. Bu öğrenme biçiminde istenen çıkışlar ağı hiç verilmediğinden hata dikkate alınmamakta, öğrenme ve test performanslarına göre değerlendirme yapılmaktadır. Doğru sınıflandırma oranı ağı öğrenme performansını göstermektedir. Bu nedenle, ham verilerle oluşturulan KŞÖT modelinin özellikli verilerle oluşturulan KŞÖT modeline göre daha iyi sonuçlar ürettiği ve örüntü tanımada daha başarılı olduğu ortaya konmuştur.

Uygulamanın son aşamasında, performansları ölçülerek en iyi sonucu verdiği belirlenen YSA modeli bir görsel programlama dili kullanılarak kodlara dönüştürülmüş ve derlenmiştir. Bu amaçla en başarılı olduğu ortaya konan örüntü tanıma modeline ilişkin ağırlık matrisi değerleri kullanılmış ve DVK algoritmasına

göre program yazılmıştır. Ham veri temelli YSA modeli tasarım sürecinde girdi sayısı 35 olarak belirlendiğinden program da verileri her biri 35 veriden oluşan gruplara ayırmakta ve gruplara göre örüntü tiplerini tanımaktadır. Bu program, KŞÖT uygulamasının görsel ifadesi olup modelin daha kolay yorumlanmasını sağlamakta ve YSA modelinin tanıdığı örüntü tipine göre sürecin kontrol altında olup olmadığını, süreç eğer kontrol altında değilse bunun sebeplerini görüntülemektedir.

İşletmeye ait 2013 yılında üretilmiş C30 beton basınç dayanım ortalamaları verileri ve 2014 yılı ilk 3 ayda üretilmiş C30 beton basınç dayanım ortalamaları verileri kullanılarak KŞÖT modelinin kullanılabilirliği denenmiş ve veriler programla analiz edildiğinde, KŞÖT uygulaması gruplara göre sürecin kontrol altında olup olmadığına ilişkin farklı sonuçlar üretmiştir. YSA eğitim aşamasında, basınç dayanımı ortalamasına ilişkin kontrol ölçütlerine uygun sınırlar eğitilmesine karşın görsel programa kontrol şemasına ilişkin  $\pm 3\sigma$  değerleri de eklenerek basınç dayanımı ortalamalarının değerlerinin bu sınırlarla ilişkisi de takip edilebilmiştir. Buna ek olarak süreç ortalamasını gösteren çizgi ile birlikte üretim sonucunda hedeflenen ortalama basınç dayanımının gerçekleşip gerçekleşmediği de kontrol edilebilmiştir.

İşletmenin 2013 yılı verileri analiz edildiğinde; program, verileri 7 gruba ayırmış ve YSA bu grupları tanımlanan örüntü şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmalara göre; 1, 3, 5, 6 ve 7 numaralı gruplarda sürecin kontrol altında olduğunu gösteren “normal” örüntüye uygun sonuç gözlenmekteyken; 2 ve 4 numaralı gruplarda sürecin kontrol dışına çıktığını gösteren “azalan” ve “aşağı ani kayma” örüntülerine uygun sonuç gözlemlenmiştir. Aynı şekilde işletmenin 2014 yılı verileri analiz edildiğinde; program, verileri 2 gruba ayırmış ve YSA bu grupları tanımlanan örüntü şekillerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmalara göre; 1 numaralı grupta sürecin kontrol altında olduğunu gösteren “normal” örüntüye uygun sonuç gözlenmekteyken 2 numaralı grupta sürecin kontrol dışına çıktığını gösteren “aşağı ani kayma” örüntüsüne uygun sonuç gözlemlenmiştir. YSA'nın tanıyabildiği örüntü tipine göre ortaya çıkan bu sonuçlar şöyledir:

YSA'nın sürecin kontrol altında olduğunu gösteren “normal” örüntüye ilişkin şekli tanıdığı grup verilerinde; basınç dayanım ortalaması değerlerinin merkez çizgi etrafında normal dağıldığı, süreç ortalamasının merkez çizginin üzerinde olduğu, bir başka deyişle hedef basınç dayanımının sağlandığı ve kalite standartlarına uygun gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu verilerin grafiklerinde alt dayanım sınırlarının altında bir değer olmadığı, bununla birlikte kontrol sınırları içinde olduğu halde üst dayanım sınırlarını aşan değerlerin ise bir üst sınıftaki beton basınç dayanımına ilişkin değer göz önünde bulundurularak ekonomik üretim açısından değerlendirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

YSA'nın “azalan” örüntüye ilişkin şekli tanıdığı grup verilerinde; basınç dayanım ortalaması değerlerinin belirli bir noktadan sonra düzenli azalmasının süreci bozduğu, süreç ortalamasında önemli bir düşme olduğu ve bu değerlerin merkez çizginin altına indiği gözlemlenmiştir. Bu verilerin grafiğinde; tüm değerlerin kontrol sınırları içerisinde bulunduğu halde ardışık çok noktanın merkez çizginin aynı tarafında yığılma gösterdiği anlaşılmaktadır. Normal olmayan bu örüntü tipi; alet ve makinelerin bozulmuş, yıpranmış ve bakım gerektiriyor olmasından kaynaklanmaktadır. İşletmede deneyimlere ve uygulanan işlemlere göre bu sorunlar tanımlanarak gerekli bakımlar rutin olarak yapılmakta ve önlemler alınmaktadır. Bu sonuç, işletme açısından beton basınç dayanımı kalitesinin düşük olduğunu göstermemekte; rutin bakım işlemlerinin tanımlanmasında yol gösterici olmaktadır.

YSA'nın “aşağı ani kayma” örüntüsüne ilişkin şekli tanıdığı grup verilerinde; basınç dayanım ortalaması değerlerinde ani bir düşme olduğu, bu durumun süreç ortalamasında da düşmeye sebep olduğu ve sürecin kontrol dışına çıktığı gözlemlenmiştir. Bu verilerin grafiklerinde; alt dayanım sınırının altına düşen değerler bulunmaktadır. Normal olmayan bu örüntü tipindeki kaymalar, yeni işçilerin alınması ya da yeni hammadde, malzeme, yöntem, makine kullanımı sonucu oluşmaktadır. Beton basınç dayanımının düşmesi, beton üretiminde kullanılmakta olan çimento, agrega gibi hammaddeler, kimyasal katkı malzemeleri ya da otomasyonda meydana gelen sorun, işçi müdahalesi sebepleriyle su/çimento oranında

meydana gelen değişiklikten kaynaklanmaktadır. TS EN 206-1 üretilen betonun gerçek basınç dayanımının öngörülenden daha düşük olma olasılığını %5 olarak öngörmekte ve olması gereken en az basınç dayanımı değerini  $f_{ck-4}$  olarak belirtmektedir. Beton basınç dayanımı, zaman içerisinde betonun kimyasal reaksiyonu gereği artmaya devam etmektedir; bu nedenle standart deney numunelerinden elde edilen basınç dayanımının uygun olmaması halinde yapısal yeterliliğin değerlendirilmesinde kullanılmakta olan “karot alma” işlemi ile sürece devam edilmek üzere karot alma raporu düzenlenmektedir.

İşletmeye ilişkin tüm veriler incelendiğinde KŞÖT uygulamasının süreç kontrolüne ilişkin doğru sonuçlar ürettiği ortaya konmuştur. Bu uygulama ile işletme açısından elde edilen sonuçlar ve beklenen yararlar şöyle sıralanmaktadır:

YSA modeliyle oluşturulan bir KŞÖT sisteminin işletmelere teknolojik bir ilerleme sağladığı düşünöldüğünde, kalite odaklı günümüz koşullarında işletmelere üstün rekabet avantajı sağlayacaktır. Uygun teknolojik donanımlar sağlandığında, basınç değerlerinin otomatik sistemler aracılığıyla okunarak doğrudan KŞÖT modeline aktarılabilmesi ve kalite problemlerinin bildirilmesi, işletmelere zaman tasarrufu sağlayacak, önceden önlem alınmasını kolaylaştırarak işletme verimliliğini arttıracak ve uzun vadede işletme maliyetlerini de düşürecektir.

Kontrol şemalarındaki örüntüler izlenerek standartlara uygun ve aynı zamanda uygun sınırlar içerisindeki basınç dayanımını sağlamak mümkün olmaktadır. Sınırların üzerindeki üretim bir beton işletmesine gereksiz maliyet getirmektedir. Daha fazla basınç dayanımına sahip bir beton kalitelidir ve tüketici açısından bir sakıncası yoktur. Ancak, çok yüksek basınç dayanımına sahip bir beton, üst dayanım sınıfının içinde olabileceği için beton işletmelerine üretim ve satış sürecinde fazladan maliyet getirmektedir. Bu nedenle, önceden tespit edilmiş standartların üretime uygulanması maliyeti düşürmektedir. Standardizasyona uyan bir beton işletmesinin pazara sunacağı ürünlerde belirli özelliklerin bulunması ve üreteceği ürünün en son hizmetini düşünerek tespit edilmiş standartlardan

ayrılmaması gerekmektedir. Kontrol şemalarındaki örüntüler TS EN 206-1'e uygun olarak gerçekleştirildiğinden bu sistemle üretimin yasal mevzuata uygunluğunun kontrolü de sağlanmakta ve tespit edilmiş standart özelliklere ilişkin değerler sürekli denetim altında bulunmaktadır. Böylece, üretici ve tüketici kuruluşlar arasındaki güvenilirliğin artırılması da mümkün olmaktadır

İstatistiki kalite kontrolünde ne kadar çok ölçüm yapılırsa o kadar hassas kontrol yapılmaktadır; ancak bu durum aşırı maliyet ve zaman kaybı getirmektedir. Bu çalışmada da görüldüğü üzere kontrol şemalarında oluşan normal ya da normal olmayan örüntülerin tanınması için tüm verilerin toplanmasını beklemek yerine, yeterli sayıda örnek ağa sunulmasıyla ağın öğrenmesi ve çözüm üretmesi beklenmektedir. Böylece YSA ile benzer sorunlarla karşılaşıldığında ne yapılacağına bilinmesi bir zaman tasarrufu sağlamış olmaktadır. Örüntü tanıma yoluyla kaliteli üretim için gerekli üst sınırların kontrolü de yapılabildiğinden kaliteli olduğu halde işletme açısından yüksek maliyete sebep olan üretimlerin azaltılmasıyla maliyet tasarrufu da sağlanmış olmaktadır.

KŞÖT uygulaması ile daha önce toplanan bilgilerin hangi koşullarda ve nasıl elde edildiği incelenerek kıyaslama amacı ile kullanılabilir. Beton üretiminde kullanılan en önemli hammaddelerden birisi çimentodur. Beton kalitesini doğrudan etkilediği gibi basınç dayanımı ortalamalarında da değişime neden olmaktadır. KŞÖT uygulamasıyla basınç dayanım ortalamalarının en iyi olduğu dönemler tespit edilerek uygun tedarikçiye yönlendirme yapmak, ürünün teknik özelliklerindeki değişim miktarını azaltmak ve diğer malzemeler, makine, süreç ya da işgören performanslarını kıyaslamak mümkün olmaktadır.

İşletmede veri tutma sistemi olmasına karşın bunların uygunluk kontrolleri dışında sürecin izlenmesine ilişkin ciddi bir değerlendirmeye katkısı bulunmamaktadır. Sürecin kontrolü ile bir süreçten beklenen performansın sağlanıp sağlanmadığını kontrol edilebilmekte ve süreci etkileyen özel faktörler varsa zamanında farkına varılarak düzeltici önlemlerin alınmasını sağlanmaktadır. Bu

düzeltilici önlemlerin üst yönetimin onayına sunulması zorunluluğu gerekebilmekte; bu nedenle bir rapor düzenlenmesine yardımcı olmaktadır.

KŞÖT uygulaması aracılığıyla, basınç dayanımı kayıtlarının yorumlanması kolaylaşmaktadır. Böylece; sürece ilişkin örüntüleri takip ederek normal olmayan örüntüleri bildirebilecek bir personel aracılığıyla kontrol ve üretim arasındaki etkin haberleşme ve işbirliği sağlanabilmekte, üretim sisteminde birbirleriyle ilişkili faaliyetler arasında çıkan uyum sorunlarını en az düzeye indirebilmekte, işletmede üretimden kalite kontrole sorumlu olan uzman personelin iş yükü azaltılabilmektedir. Bununla birlikte, işletme organizasyonu içinde kalite ve kontrol kavramlarını yerleştirilerek personele kaliteli üretim bilincini yerleştirmek mümkün olmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde, bilgisayarlar aracılığıyla, örnekler kullanılarak girdiler ve çıktılar arasında ilişkiler kurup sınıflandırabilme yeteneği nedeniyle YSA'nın kalite kontrol problemlerinde ve kontrol şemalarında örüntü tanıma uygulamalarında başarıyla uygulandığı, performanslarının yüksek olduğu, zaman açısından işletmelere pek çok kazanım sağladığı ve maliyetleri minimize ettiği anlaşılmaktadır. Özellikle gözlemlenen süreç verilerinin herhangi bir istatistiki dağılıma ihtiyaç duymaması ve gürültülü (normal olmayan) verilerin işlenebilmesi nedeniyle YSA başarılı sonuçlar vermektedir. Gerek bu çalışmadan elde edilen sonuçlar gerekse daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; yetersiz veri, aşırı eğitim, mimarinin hatalı seçilmesi gibi sorunları olmayan YSA modellerinin diğer yöntemlerle kurulan modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle verilerin ve problemin yapısına en uygun mimarilerin oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Bu modeller incelendiğinde; KŞÖT uygulamalarında ÇKA temelli YSA modeller ön plana çıkmaktayken, DVK temelli ağlar ÇKA temelli ağlarla karşılaştırıldığında DVK ağının ÇKA'ya göre daha başarılı ve hızlı sonuç ürettiği, bununla birlikte PNN, Modüler YSA ve SOM temelli YSA modellerin de kullanılmış olduğu ve başarılı sonuçlar ürettiği anlaşılmaktadır. Çalışmalar YSA'da eğitilen verilere göre incelendiğinde, kontrol şemalarına ilişkin ham verilerin yanı sıra bu şemalardan elde edilen istatistiki değerlerle de (özellikli

veriler) YSA uygulamalarının gerçekleştirildiği; ayrıca, örüntülerdeki minimum kayma, kayma miktarı, örnek büyüklüğü, kayma yüzdesi gibi parametrelerin YSA üzerinde etkisi olduğu ve bir başka YZ tekniği (GA) kullanılarak eğitim parametreleri grubunun ve yapılandırmasının geliştirilebileceği de yine bu çalışmaların sonuçlarında görülmektedir.

Dünya literatüründe YSA ile daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde hem genel uygulamalarda hem de üretim yönetimi ve kalite kontrol alanlarındaki çalışmalarda farklı YSA modellerinin uygulandığı; ancak ülkemizde yapılan çalışmalarda yaygın olarak, tahmin amaçlı kullanılan ÇKA temelli YSA kullanıldığı görülmektedir. DVK temelli YSA'nın, kalite kontrol problemlerinin çözümünde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılabilmesi ve kontrol şemalarındaki örüntüleri başarıyla sınıflandırabileceği bu araştırmada yapılan denemelerle görülmekte; hem ülkemiz hem de dünya literatürü için araştırmacılara örnek temsil etmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda; farklı sektörlerdeki işletmelerin üretim süreçlerinde değişimlere yol açan faktörlerin izlenmesi amacıyla ilgili kalite karakteristiğine ilişkin KŞÖT uygulaması yapılabileceği, DVK tipi YSA kullanarak ya da farklı mimarilerle karşılaştırılarak performanslarının incelenebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, DVK ağının farklı özellikleri, farklı modelleri göz önünde bulundurularak ya da farklı YZ teknikleriyle iyileştirilmiş YSA uygulamalarının geliştirilebileceği görülmektedir. Böylece hem beton sektöründe hem de diğer sektörlerde, üretim sürecine ve kalite kontrole yönelik parametrelerin incelenmesiyle uygulayıcılar ve karar verme konumunda olan yöneticilerin geleceğe yönelik faaliyetlerine önemli katkılar sağlayacaktır.



## KAYNAKÇA

- ACIR, Şefika (2007), “*Beton Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- ADİYAMAN, Fatih (2007), “*Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKIN, Besim, E. ÖZTÜRK (2005), “İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması”, Erişim Tarihi: 06.05.2010,  
<http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o7s1.pdf>
- AKPOLAT, Veysi (2009), “Osteoporoz Riskinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Saptanması”, *Dicle Tıp Dergisi*, C. 36, S. 2, s. 91-97.
- AKTAŞ, Ramazan, M. Mete DOĞANAY, B. YILDIZ (2003), “Mali Başarısızlığın Öngörülmesi: İstatistiksel Yöntemler ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırması”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, C. 58, S. 4, s.1-24.
- ALTINIŞIK, Mustafa (2014), “Ölçüm Yöntemlerinin Seçimi ve Değerlendirilmesi”, Erişim Tarihi: 25.05.2014,  
[www.mustafaaltinisik.org.uk/34-adsem-01.ppt](http://www.mustafaaltinisik.org.uk/34-adsem-01.ppt)
- ANDERSON, Dave, George McNeill (1992), *Artificial Neural Networks Technology A DACS State of The Art Report*, New York: Rome Laboratory Griffis AFB.
- ANTONY, Jiju, M. KAYE, A. FRANGOU (1998), “A Strategic Methodology to The Use of Advanced Statistical Quality Improvement Techniques”, *The TQM Magazine*, C. 10, S. 3, s. 169-176.

- ARIÇ, Hilmi (2011), “*Bulanık Kümelemeli Yapay Sinir Ağları ile Biyometrik Tanıma*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ARIOĞLU, E. , C GİRĞİN (1998), “Mevhibe İnönü Tünelinde Beton Kalite Kontrol Değerlendirmesi”, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, C. 48, s. 5-11.
- ASILKAN, Özcan, S. IRMAK (2009), “İkinci El Otomobillerin Gelecekteki Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 14, S. 2, s. 375-391.
- ASLANTAŞ, V, R. KURBAN (2007), “Yapay Sinir Ağları ve Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki Uygulamaları”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim-02 Kasım, Trabzon.
- AŞKIN, Dildade, İ. İSKENDER, A. MAMIZADEH (2011), “Farklı Yapay Sinir Ağları Yöntemlerini Kullanarak Kuru Tıp Transformatör Sargısının Termal Analizi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, C. 26, S.4, s. 905-913.
- ATASEVEN, Burçin (2007), “*Satış Öngörü Modellemesi Tekniği Olarak Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı: PETKİM’de Uygulanması*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- ATASOY, Sinem (2012), “*Yapay Sinir Ağları ve Sinirsel Bulanık Ağlar ile İnsan Kaynaklarında Performans Yönetimi Modellenmesi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AYALP, R.Alper (2008), “*Türkiye’de Üretilen Betonun Kalite Tespiti Üzerine Bir Yöntem Önerisi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- BAI, J, S. , WILD, J.A. , WARE, B.B. SABIR (2003), “Using Neural Networks to Predict Workability of Concrete Incorporating Metakaolin and Fly Ash”, *Advances In Engineering Software*, S. 34(2003), s. 663–669.

- BALLIOĞLU, B. (2014), “Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma”, Erişim Tarihi: 26.09.2014,  
[https://www.academia.edu/3075796/Toplam\\_Kalite\\_Yonetimi\\_ve\\_Alti\\_Sigma](https://www.academia.edu/3075796/Toplam_Kalite_Yonetimi_ve_Alti_Sigma)
- BARGASH, Mahmoud A, N. S. SANTARISI (2004), “Pattern Recognition of Control Charts Using Artificial Neural Networks-Analyzing the Effect of The Training Parameters”, *Journal of Manufacturing*, C. 15, s. 635-644.
- BAŞ, Nuray (2006), “Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BAŞTAN, Serhat (2003), “Yapay Zeka, Yeni İletişim Teknolojileri ve Örgütsel Değişim: Akıllı Örgüte Doğru”, *Yönetim Ve Ekonomi*, C. 10, S. 1, s. 187-203.
- BAYIR, Fırat (2006), “Yapay Sinir Ağları ve Tahmin Modellemesi Üzerine Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- BENLİ, Yasemin Keskin (2005), “Bankalarda Mali Başarısızlığın Öngörülmesi Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırması”, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, S. 16, s. 31-46.
- BENNEYAN, James C. (1998), “Use and Interpretation of Statistical Quality Control Charts”, *International Journal for Quality in Health Care*, C. 10, S. 1, s. 69-73.
- BOZKURT, Rıdvan (2003), *Süreç İyileştirme*, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 3. Basım, No: 661.
- BOZKURT, Rıdvan (2010), *Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler)*, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 5. Basım, No: 630.
- BÖLÜKBAŞ, Yakup (2011), “Cam Elyaf Katkılı Beton Numunelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

- BUDAK, Ahmet, İbrahim CAN (2008), “Yapay Sinir Ağları ile Tek Eksenli Bileşik Eğilme Altındaki Betonarme Kolon Kesitlerinin Donatı Hesabı”, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, C. 20, S. 1, s. 135-143.
- BUDAKÇI, M, M. AKKUŞ (2011), “Bazı Ahşap Esaslı Levhalarda Kaplama Yapışma Direncinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi”, *Politeknik Dergisi*, C. 14, S.1, s.63-71.
- BULLINARIA, John A. (2004), “Self Organizing Maps: Fundamentals, Introduction to Neural Networks: Lecture 16”, Erişim Tarihi: 25.10.2013,  
<http://www.cs.bham.ac.uk/~jxb/NN/116.pdf>
- CHEN Long-Hui, T. WANG (2004), “Artificial Neural Networks to Classify Mean Shifts from Multivariate  $\chi^2$  Control Signals”, *Computers and Industrial Engineering*, C. 47, s.195-205.
- CHENG, Chuen-Sheng (1995), “A Multi-Layer Neural Network Model For Detecting Changes in The Process Mean”, *Computers Ind. Engineering*, C. 28, S. I, s. 51-61.
- CHENG, C. S. (1997), “A Neural Network Approach for The Analysis of Control Chart Patterns”, *INT. J. PROD. RES.*, C. 35, S. 3, s. 667-697.
- CHENG, Hui Ping, Chuen-Sheng CHENG (2009), “Control Chart Pattern Recognition using Wavelet Analysis and Neural Networks”, *Journal of Quality*, C. 16, S. 5, s. 311-320.
- COMMURI, Sesh, A. T. MAI, M. ZAMAN (2011), “Neural Network–Based Intelligent Compaction Analyzer for Estimating Compaction Quality of Hot Asphalt Mixes”, *Journal of Construction Engineering and Management*, C. 137, S. 9, s. 634-644.
- COŞKUN, A. (2009), “Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma”, *Bilim Teknik*, C. Eylül, S. 502, s. 70-75.

- COX, M. A. A. (2001), "Towards the Implementation of A Universal Control Chart and Estimation of Its Average Run Length Using A Spreadsheet: An Artificial Neural Network is Employed to Model The Parameters in A Special Case", *Journal of Applied Statistics*, C. 28, S. 3&4, s. 353-364.
- CURA, Tunçhan (2008), *Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- ÇAĞLAR, İrfan, Sabiha KILIÇ (2006), *Kalite Güvence Standartları*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 1. Basım, No: 1020.
- ÇAĞLAR, Naci, H. Serdar KÜYÜK, H. Orhun KÖKSAL (2005), "Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kirişlerin Hasar Analizi", Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, Kocaeli, s. 1345-1347.
- ÇEVİK, Osman, G. ARAN (2009), "Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Piston Üretiminde Bir Uygulama", *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, C. 9, S. 16, s. 241-265.
- ÇINAR, Recai (1990), "Kalite Fonksiyonu ve Pazarlamadaki Yeri", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, C. 8, S. 3-4, s. 187-198.
- ÇUHADAR, Murat (2006), "*Turizm Sektöründe Talep Tahmini için Yapay sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama)*", Yayımlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- ÇUHADAR, Murat, C. KAYACAN (2005), "Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme", *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, C. 16, S. 1, s. 24-30.
- ÇUHADAR, Murat, İ. GÜNGÖR, A. GÖKSU (2009), "Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini Ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 14, S. 1 s. 99-114.

- DE MATAS, Marcel, Q. SHAO, R. SHUKIA (2007), “Artificial Intellegence: The Key to Process Understanding”, *Pharmaceutical Technology Europe*, C. 19, S. 1, s. 44-49.
- Deprem Yönetmeliği (2007), “Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar”, Erişim Tarihi: 28.05.2014,  
<http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Doc/Yonetmelik/DBYBHY-2007.pdf>
- DİPOVA, Nihat, B. CANGİR (2010), “Lagün Kökenli Kil-Silt Zeminde Sıkışabilirlik Özelliklerinin Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri ile Belirlenmesi”, *İMO Teknik Dergi*, Yazı: 332, s. 5069-5086.
- DOĞAN, Abdullah (2002), *Yapay Zeka*, İstanbul: Kariyer Yayıncılık İletişim Eğitim Hiz., No:36.
- DOĞAN, Özlem İpekgil, Mert TOPOYAN (2013), “İstatistiksel Kalite Kontrol”, s.1-93, Erişim Tarihi:12.05.2013,  
<http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/ikk.pdf>
- DOĞMUŞ, Osman, A. ONAT, Ş. YILMAZ, Ş. ERGÜN (2005), “Tekstil Fabrikalarındaki Bağlı Nemin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Kontrolü”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, C. 8, S. 1, s. 53-59.
- DU, Timon Chih-Ting, P. M. WOLFE (1997), “Implementation of Fuzzy Logic Systems and Neural Networks in Industry”, *Computers in Industry*, C. 32, s. 261-272.
- DUMAN, Nihal (2006), “*Yapay Sinir Ağları ve Bir Uygulama*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler, Sivas.
- DURMAN, Burçin M, Fatma PAKDİL, “İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı”, Erişim Tarihi: 31.08.2012,  
<http://www.pdfindir.com/%22proses-kontrol%22-pdf-1.html>

- EFE, Önder, O. KAYNAK (2000), *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, No:696.
- EKİCİ, Betül Bektaş, Bahar DEMİREL (2008), “Öğütülmüş Pomzanın Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Yapay Sinir Ağı ile Belirlenmesi”, *E-Journal of New World Sciences Academy*, C. 3, S. 1, s. 20-29.
- EKİCİ Sami, Selçuk YILDIRIM, Mustafa POYRAZ (2008), “İletim Hatlarında Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ile Arıza Tespiti”, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 26-30 Kasım, Bursa.
- EKİNCİ, Hilal (2011), “*Toplam Kalite Yönetimi ile İşletme Performansı Arasındaki İlişkinin Analizi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze.
- ELMAS, Çetin (2007), *Yapay Zeka Uygulamaları*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 1.Basım.
- ERGÜLEN, Ahmet, D. TOPUZ (2008), “İşletmelerdeki Verimliliğin Tahmin Edilebilmesi ve Bu Verimliliği Etkileyen Faktörlerin MLP Tipi Yapay Sinir Ağları Tekniği ile Belirlenmesi”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C. 5, S. 10, s. 219-231.
- ERGÜN Ali, Veli BAŞARAN (2010), “Afyonkarahisar’da Üretilen Hazır Beton Kalitelerinin Değerlendirilmesi”, *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, S. 2, s. 51-58.
- EROL, Vural, H. BAŞLIGİL (2005), “İşletmelerde Yönetim Bilişim Sistemi Yazılımı Seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Yapay Sinir Ağları Modeli”, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, S. 4, s. 107-120.
- ERPOLAT, Semra (2009), “Akademik Başarımın Sınıflandırılmasında Farklı Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Ankara: 18. İstatistik Araştırma Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- ERTUĞRUL İrfan, N. KARAKASOĞLU (2006), “Kalite Kontrolde Örneklem Büyüklüğünün Değişken Olması Durumunda P Kontrol Semalarının

Oluşturulması”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, C. 2, S. 10, s 65-80.

FENERLİ, Cenk (2013), “*Betonun Kırılmasında Çift-K Yaklaşımının Yapay Sinir Ağlarıyla Modellenmesi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

FIRAT, F.K. (2005), “Antalya Yöresinde Kullanılan Betonun Niteliğinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi”, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 22-24 Eylül, Antalya.

GAURI, Susanta Kumar (2010), “Control Chart Pattern Recognition Using Feature-Based Learning Vector Quantization”, *Int J Adv Manuf Technology*, C. 48, s. 1061-1073.

GAURI, Susanta Kumar, Shankar CHAKRABORTY (2008), “Feature-Based Recognition of Control Chart Patterns: A Generalized Approach”, *Quality Technology & Quantitative Management*, C. 5, S. 3, s. 203-220.

GIBB, Ian, T. Harrison (2010), “Use of Control Charts in The Production of Concrete”, *European Ready Mixed Concrete Organization Publications*, MPA/BRMCA-ERMCO.

GOLDER, Peter N. (2012), “Debenjan Mitra ve Christine Moorman, What is Quality? An Integrative Framework of Processes and States”, *Journal of Marketing*, C. 76, s. 1-23.

GUH, Ruey-Shiang (2004), “Optimizing Feedforward Neural Networks for Control Chart Pattern Recognition Through Genetic Algorithms”, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, C. 18, S. 2, s. 75-99.

GUH, Ruey-Shiang (2010), “Simultaneous Process Mean and Variance Monitoring Using Artificial Neural Networks”, *Computers & Industrial Engineering*, C. 58, s. 739-753.



- GUH, R. S. , J. D. T. TANNOCK (1999), “A Neural Network Approach to Characterize Pattern Parameters in Process Control Charts”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, C. 10, s. 449-462.
- GUH, Ruy-Shaiang, Yeou-Ren SHIUE (2008), “Effective Pattern Recognition of Control Charts Using A Dynamically Trained Learning Vector Quantization Network”, *Journal of The Chinese Institute of Industrial Engineers*, C. 25, S. 1, s. 73-89.
- GÜLERYÜZ, Ayhan (2011), “Van Depremi ve Beton Kalitesi”, Erişim Tarihi: 22.11.2012,  
<http://www.thbb.org/News.aspx?ID=277>
- GÜLERYÜZ, Ayhan (2012), “Başkanın Gözüyle: Beton Değerli Bir Üründür”, *Hazır Beton*, Temmuz-Ağustos 2012, s.14.
- GÜLPINAR, Vildan (2013), “Yapay Sinir Ağları ve Sosyal Ağ Analizi Yardımı ile Türk Telekomünikasyon Piyasasında Müşteri Kaybı Analizi”, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, C. XXXIV, S. I, s. 331-350.
- GÜMÜŞ, Veysel, N. Göksu SOYDAN, Oğuz ŞİMŞEK, M. Sami AKÖZ, M. Salih KIRKGÖZ (2013), “Yağış-Akış İlişkinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, C. 28, S. 1, s. 37-49.
- GÜNERİ, Nuray, A. APAYDIN (2004), “Öğrenci Başarılarının Sınıflandırılmasında Lojistik Regresyon Analizi ve Sinir Ağları Yaklaşımı”, *Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, C. 1, s. 170-188.
- GÜNGÖR, Erhan (2007), “Yapay Sinir Ağları Yardımı ile Makine Arızalarının Önceden Tahmin Edilmesi”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

- HALIM, Justin Yulius (2003), "System Design and Behavior of Pattern Recognition of Control Chart Using Neural Network", *Jurnal Teknik Industri*, C. 5, S. 1, s. 22-31.
- HAMZAÇEBİ, Coşkun (2011), *Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanım MATLAB ve Neurosolutions Uygulamalı*, Bursa: Ekin Basım Yayın ve Dağıtım.
- Harran Üniversitesi (2013), "Beton Basınç Dayanımı Ders Notları", Erişim Tarihi:26.08.2013,  
[http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodldata/55/Beton\\_Basinc\\_Dayanimi.pdf](http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodldata/55/Beton_Basinc_Dayanimi.pdf)
- HASGÜL, Özlem, A. Sermet ANAGÜN (2005), "Deneysel Sonuçların Analizinde Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Beton Dayanım Testi İçin Bir Uygulama", V. *Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 25-27 Kasım, İstanbul, s. 133-139.
- HASSAN, A., M. SHARIFF, Nabi BAKSH, A. M. SHAHAROUN, H. JAMALUDDIN (2003), "Improved SPC Chart Pattern Recognition Using Statistical Features", *Int. J. Prod. Res.*, C. 41, S. 7, s. 1587-1603.
- HE, Hongwen, Chao SUN, Xiaowei ZHANG (2012), "A Method for Identification of Driving Patterns in Hybrid Electric Vehicles Based on A LVQ Neural Network", *Energies*, C. 5, s. 3363-3380.
- İKİZ, Murat, Mehmet AKIN, Bahattin KURT, Hüseyin ACAR (2007), "Wavelet (Dalgacık Dönüşümü) ve Yapay Sinir Ağı Kullanarak Ses Sinyallerinden Konuşmacı Tespiti", *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, C. 5, S. 3, s. 36-38.
- İŞCİL, Necati (1976), *İstatistiksel Kalite Kontrolü*, Ankara: Kalite Matbaası.
- JURAN, Joseph M., A. Blanton GODFREY (1998), *Juran's Quality Handbook*, New York: Mac Graw Hill, 5th Edition.
- JURAN, J. M (1955), *The Quality Improvement Process*, A History of Managing for Quality, Milwaukee: The Juran Foundation Inc.

- KAHRAMAN, Funda, A. Nilgün KAYADELEN (2004), “Örnekleme Büyüklüğünün Shewhart ve CUSUM Kontrol Şemalarının Performanslarına Etkisinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi”, *Ç.Ü. Müh.Mim.Fak.Dergisi*, C. 19, S. 1, s. 217-230.
- KAKICI, Ahmet (2009), “Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi ve Yapı Elemanları”, Erişim Tarihi: 28.03.2013,  
<http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglarinin-mimarisi-ve-yapi-elemanlari/>
- KALFALI, Mehmet Ali (2004), *Hazır Beton Sektör Araştırması*, Ankara: Türkiye Kalkınma Bankası A.S Matbaası.
- KAYA İhsan, A. AĞA (2004), “Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı Ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, S. 11, s. 447-468.
- KAYA, İhsan, O. ENGİN (2005), “Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zeka Tekniklerinin Kullanımı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, C. 11, S. 1, s. 103-114.
- KAYA, İhsan, S. OKTAY, O. ENGİN (2005), “Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C. 21, S. 1-2, s. 92-107.
- KAYA, Serpil (2001), *Konfeksiyonda Kalite Kontrol*, İzmir: E.Ü.Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, 1.Basım.
- KAYA, Serpil, Ç. ERDOĞAN (2008), “Konfeksiyon İşletmelerinde Dikim Bölümündeki Kalite Hatalarına Neden Olan Faktörlerin Araştırılması”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, S. 2, s. 135-141.
- KAYNAK, Okyay, Lokman ÖZÇOBAN (2004), “Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerinde Yapay Sinir Ağları ile Hedef Tanımlama”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, C. 1, S. 4, s. 55-60.

- KELEŞOĞLU, Ömer, C. E. EKİNCİ (2008), “Determination of The Bumping Resistance of The Concrete Adulterated Silica Fume by ANN”, *E-Journal of New World Sciences Academy Natural and Applied Sciences*, C. 3, S. 1, s. 30-38.
- KILIÇ, Musa (2006), “İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Tekstil İşletmelerinde Uygulanması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- KIM, Hyoungkwan, Carl T. HAAS, Alan F. RAUCH (2012), “Intelligent Systems in Manufacturing: Current Developments and Future Prospects”, Erişim Tarihi: 15.11.2012,  
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build02/PDF/b02106.pdf>
- KIRAN, N.V.N. Indra, M.Pramila DEVI, G.Vijaya LAKSHMI (2010), “Effective Control Chart Pattern Recognition Using Artificial Neural Networks”, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, C. 10, S. 3, s. 194-199.
- KIZILKAYA, Oktay (2013), “LDL Kolesterolün Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- KRIETER, J., E. STAMER, W. JUNGE (2005), “Oestrus Detection in Dairy Cows Using Control Charts And Neural Networks”, 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), June 5-8, Uppsala, Session 35 CPh6.6.
- KOBU, Bülent (1981), *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:2763.
- KOBU, Bülent (1999), *Üretim Yönetimi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı, 10.Basım, No:4.

- KUMPAS, Sündüs (2006), “Standart  $X$  -R Diyagramları İle İki Aşamada Örneklemeli  $X$ -R Diyagramlarının Performanslarının ARL (Average Run Length) Yardımı İle Değerlendirilmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- LEE, I. (2007), “Evaluating Artificial Intelligence Heuristics for A Flexible Kanban System: Simultaneous Kanban Controlling and Scheduling”, *International Journal of Production Research*, C. 45, S. 13, s. 2859-2873.
- LIU, James N.K. (1997), “Quality Prediction for Concrete Manufacturing”, *Automation in Construction*, C. 5, s. 491-499.
- LOPEZ, Jose Antonio Vazquez, Susana Goytia ACEVEDO, Ismael Lopez JUAREZ, Armando J.Rios LIRA (2012), “An Approach for Control Chart Pattern Recognition using the Fuzzy ARTMAP Artificial Neural Networks with Improved Efficiency”, 1st LACCEI International Symposium on Software Architecture and Patterns, July 23-27, Panama City.
- MANZAK, O., A. DONDURMACI, Ö. S. KÖYLÜOĞLU, E. ARIOĞLU (1996), “Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş’de Beton Agregası Kalite Denetimi ve Değerlendirmesi”, I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96, 7-8 Ekim, İstanbul, s. 163-178.
- MATLAB Help Menüsü (2011), Matlab2011b, MathWorks.
- MATHWORKS Web Sitesi (2013), Erişim Tarihi: 20.09.2013,  
<http://www.mathworks.com/help/>
- MASOOD İbrahim, Adnan HASSAN (2008), “Application of Full Factorial Experiment in Designing an ANN-Based Control Chart Pattern Recognizer”, Proceedings of the International Graduate on Engineering and Science, December 23-24, Johor Bahru.
- MITRA, Amitava (2008), *Fundamentals of Quality Control and Improvements*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Publications, 3rd Edition.

- MUCUK, İsmet (2003), *Modern İşletmecilik*, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 14.Basım.
- NABIYEV, Vasif Vagifoğlu (2010), *Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 3.Basım.
- NEHZATI, Taravatsadat, N. ISMAIL (2011), “Application of Artificial Intelligent in Production Scheduling: A Critical Evaluation and Comparison of Key Approaches”, Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, January 22-24, Kuala Lumpur.
- NIAKI, S. T. A., B. ABBASI (2008), “Detection and Classification Mean-Shifts in Multi-Attribute Processes by Artificial Neural Networks”, *International Journal of Production Research*, C. 46, S. 11, s. 2945-2963.
- NOSCIEVICOVA, Darja (2013), “Complex Control Chart Interpretation”, *International Journal of Engineering Business Management*, C. 3, S. 13, s. 1-7.
- OLGUN, Mehmet Onur (2011), “*Kalite Kontrol Grafiklerinde Örüntü Tanıma*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ORHUNBİLGE, Neyran (2000), *Tanımsal İstatistik Olasılık ve Olasılık Dağılımları*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No:279.
- OYMAEL, S (2004), “P\* Kalite Kontrol Tekniklerinin Hazır Beton Üretiminde TS EN 206-1 Standardına Göre Geliştirilme Esasları”, *Dumlupınar Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, S. 7, s. 167-180.
- ÖCAL, Cenk (2005), “*Beton Üretim Teknikleri ve Laboratuar Uygulamalarında Kalite Güvenliğinin Sağlanması ve Kontrol Metotlarının Geliştirilmesi*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ÖNER, Erhan (2014), “İstatistiksel Proses Kontrol -Uygulamalar-”, Erişim Tarihi: 30.08.2014,

[http://www.uzaktanegitimplatformu.com/UEP/uep\\_lisans/tek402/tek402\\_downloads/IPKProblemCozumleri.pdf](http://www.uzaktanegitimplatformu.com/UEP/uep_lisans/tek402/tek402_downloads/IPKProblemCozumleri.pdf)

- ÖZCAN, H. Kurtuluş, Ü. ŞAHİN, C. BAYAT, O.Nuri UÇAN (2006), “İstanbul İli Tropsoferik Ozon (O<sub>3</sub>) Konsantrasyonlarının Hücrel Yapay Sinir Ağ Yöntemiyle Modellenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, C. 21, S. 2, s. 239-245.
- ÖZDAMAR, İbrahim Halil (2006), “*Bulanık İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Bir Orman Endüstrisi İşletmesinde Uygulama*”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- ÖZDEMİR, Tayfun (2000), *İstatistiksel Kalite Kontrol*, Ankara: A.Ü.F.F Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, No:62.
- ÖZKAN, Filiz (2011), “Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarıyla Alternatif Yaklaşım”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, C. 6, S. 2, s.185-200.
- ÖZKUL, M. Hulusi, S. UÇAR, Ç. ŞAŞMAZ, H. YANPINAR (2011), “Türkiye’de Hazır Beton Denetimleri”, *Hazır Beton*, Kasım-Aralık 2011, s.77-84.
- ÖZTAŞ, Ahmet, Murat PALA, Erdoğan ÖZBAY, Erdoğan KANCA, Naci ÇAĞLAR, M. Asghar BHATTİ (2006), “Predicting The Compressive Strength and Slump of High Strength Concrete using Neural Network”, *Construction and Building Materials*, S. 20, s. 769-775.
- ÖZTEMEL, Ercan (2012), *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 3.Basım.
- ÖZTEKİN, Erbil (1989), “Kalite, Kalite Kontrol ve Ekonomi”, 1.Ulusal Beton Kongresi, 24-26 Mayıs, İstanbul, s.90-97.
- ÖZTÜRK, Başak Akteke, Gerhard- Wilhelm WEBER, Sinan KAYALIGİL (2007), “Kalite İyileştirmede Veri Kümeleme: Döküm Endüstrisinde Bir Uygulama”,

Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi, 2-4 Temmuz, İzmir, s. 1207-1212.

PAŞAOĞLU, P. (2011), “*Hizmet İşletmelerinde Toplam Kalite Yönetimi*”, Yayınlanmamış Tezsiz Yüksek Lisans Bitirme Projesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

PERRY, Marcus B, Julie K. SPOERRE, T. VELASCO (2001), “Control Chart Pattern Recognition Using Back Propagation Artificial Neural Networks”, *Int. J. Prod. Res.*, C. 39, S. 15, s. 3399- 3418.

PHAM, D.T, E. OZTEMEL (1993), “Control Chart Pattern Recognition Using Combinations of Multi-Layer Perceptrons and Learning-Vector-Quantization Neural Networks”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, S. 207, s. 113-118.

PHAM D. T., M.A. WANI (1997), “Feature-Based Control Chart Pattern Recognition”, *International Journal of Production Research*, C. 35, S. 7, s. 1875-1890.

ROHDE, Jens (2004), “Hierarchical Supply Chain Planning Using Artificial Neural Networks to Anticipate Base-Level Outcomes”, *OR Spectrum*, C. 26, s. 471-492.

ROWEIS, Sam (2014), “Boltzman Machine”, Erişim Tarihi: 30.08.2014,

<http://www.cs.nyu.edu/~roweis/notes/boltz.pdf>

RYAN, Thomas P. (2011), *Statistical Methods for Quality Improvements*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Publications, 3rd Edition.

SAAT, Mesiha (2000), “Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı”, *Gazi Üniv. İ.İ.B.F Dergisi*, C. 3, s. 97-108.

SAĞBAŞ, Aysun, Funda KAHRAMAN, Melik KOYUNCU (2009), “Bir Üretim İşletmesinde Makine Duruşlarının İstatistik Tekniklerle Analizi”, *Ç.Ü. Müh. Mim.Fak. Dergisi*, C. 24, S. 1-2, s. 179-184.



- SAGIROĞLU, Şeref, E. BEŞDOK, Mehmet ERLER (2000), “Control Chart Pattern Recognition Using Artificial Neural Networks”, *Turk J Elec Engin*, C. 8, S. 2, s. 137-147.
- SARIDEMİR, Mustafa (2008), “*Farklı Agregalarla Üretilmiş Beton Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık ile Tahmin Edilmesi*”, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- SARITAŞ, İsmail, İ. Ali ÖZKAN, S. HERDEM (2009), “Manyetik Filtre ve Düzenlerinin Yapay Sinir Ağları İle Kontrolü”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük.
- SHAHIN, Arash, S. Mohammad ARABZAD, M. GHORBANI (2010), “Proposing an Integrated Framework of Seven Basic and New Quality Management Tools and Techniques: A Roadmap”, *Research Journal of International Studies*, C. November, S. 17 s. 183-195.
- SHEWFELT, R.L. (1999), “What is Quality?”, *Postharvest Biology and Technology*, C. 15, s. 197-200.
- SİNECEN, Mahmut, M. MAKİNACI (2010), “Agregaların Temel Şekil Özellikleri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Sınıflandırılması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, C. 16, S. 2, s. 149-153.
- SMITH, Alice E. (1993), “X-Bar and R Control Chart Interpretation Using Neural Computing”, *International Journal of Production Research*, C. March 1997, s. 1-28.
- SUBAŞI, Serkan, A. BEYÇİOĞLU (2008), “Farklı Tahmin Yöntemleri Kullanılarak Kırmataş Kalker Agregalı Betonların Basınç Dayanımının Belirlenmesi”, *E-Journal of New World Sciences Academy*, C. 3, S. 4, s. 580-589.
- SUBAŞI, Serkan, Ahmet BEYÇİOĞLU, Mehmet EMİROĞLU (2008), “Beton Mekanik Özelliklerinin Taze Beton Özelliklerinden Yararlanılarak Yapay Sinir

Ağları ile Tahmini”, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu*, 15-17 Ekim, Eskişehir.

STÜTZLE, Thomas (1995), “A Neural Network Approach to Quality Control Charts”, Proceedings of the International Workshop on Artificial Neural Networks, Torremolinos. (in J. Mira and F. Sandoval (Eds.), Lecture Notes in Computer Science C. 930, Springer Verlag, s. 1135-1141).

ŞAHİN, Savaş (2003), “*Yapay Sinir Ağları Temelli Model Öngörülü Kontrol*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

ŞEN, Zekai (2004), *Yapay Sinir Ağı İlkeleri*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

ŞEVİK, Seyfi, Mustafa AKTAŞ, M. Bahadır ÖZDEMİR, Hikmet DOĞAN (2014), “Güneş Destekli Isı Pompalı Bir Kurutucuda Mantarın Kuruma Davranışlarının Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Modellenmesi”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, C. 20, s. 187-202

TANER, Alper, S. Sinan GÜLTEKİN, K. ÇARMAN (2007), “Yapay Sinir Ağlarıyla Radyal Santrifüj Pompalarda Performans Değerlerinin Tahmini”, *Bitkisel Araştırma Dergisi*, S. 2, s. 22-33.

TAYYAR, Nezih (2010), “Müşteri Memnuniyeti Tahmininde Yapay Sinir Ağları, Lojistik Regresyon Ve Ayırma Analizinin Performanslarının Karşılaştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 15, S. 1, s. 339-355.

TEKİN, Mahmut (2007), *Toplam Kalite Yönetimi*, Konya: Selçuk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Kitap Satış Bürosu, 3.Basım.

TEKİN, Mahmut, Hasan K. GÜLEŞ (1994), “Sanayi İşletmelerinde Kalite Kontrolü ve TÜMOSAN AŞ. 'de Kalite Kontrolü Uygulaması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, S. 3, s. 235-247.

- TEKTAŞ, Arzu, A. KARATAŞ (2004), “Yapay Sinir Ağları ve Finans Alanına Uygulanması: Hisse Senedi Fiyat Tahminlemesi”, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, C. 18, S. 3-4, s. 337-349.
- TOKTAŞ, İhsan, N. AKTÜRK (2004), “Makina Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, S. 2, s. 7-20.
- TOKTAŞ, İhsan, N. AKTÜRK (2007), “Yapay Sinir Ağları Tabanlı Silindirik Düz Dişli Çark Tasarımı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, C. 13, S. 3, s. 387-395.
- TOLON, Metehan, N. Güneri TOSUNOĞLU (2008), “Tüketici Tatmini Verilerinin Analizi: Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi Karşılaştırması”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 10, S. 2, s. 247-259.
- TOPÇU, İlker Bekir, Aytaç ÜNVERDİ, Cenk KARAKURT (2005), “Eskişehir’deki Bir Hazır Beton Firmasının Beton Kalitesinin İstatistiksel Değerlendirilmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi*, C. XVIII, S. II, s. 86-96.
- TOPLAN, Nil (2008), “İstatistiksel Kalite Kontrol, İstatistik 10.Hafta Ders Notları 2008-9”, Erişim Tarihi:12.05.2013,  
<http://web.sakarya.edu.tr/~toplan/istatistik10.pdf>
- TS EN 206-1 (2002), Beton İmalatta Uygunluk Standartı, Erişim Tarihi: 02.12.2013,  
<http://www.fitozoglu.com/dokumanlar/ts-en-206.pdf>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2011), *İstatistiksel Kalite Kontrol Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi-11*, Ankara: TÜİK Yayınları, No:3616.
- TÜRK, Kazım (2011), “*Betonarme I*”, İnşaat Mühendisliği Bölümü Ders Notları, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa.

USTA, Hilal (2005), “Hazır Beton Sektör Araştırması”, Ekim 2005, Erişim Tarihi: 22.11.2012,

<http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-38.pdf>

ÜNVER, Özkan (1977), *İstatistiksel Kalite Kontroluna Giriş*, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, No:98.

WEBBER, Larry, M. Wallace (2007), *Quality Control for Dummies*, Indianapolis: Wiley Publishing Inc.

Wikipedi (2014), “MATLAB”, Erişim Tarihi: 15.05.2014,

<http://tr.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

Wikipedi (2014), “ROC”, Erişim Tarihi: 25.05.2014,

<http://tr.wikipedia.org/wiki/ROC>

Wikipedia (2013), “Boltzmann Machine”, Erişim Tarihi:30.08.2014,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann\\_machine](http://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_machine)

WINSTON, Patrick Henry (1977), *Artificial Intelligence*, United States of America: Addison Wesley Publishing Company, 2nd Printing.

WU, Shaxiong (2010), “Intellegence Statistical Control in Cellular Manufacturing Based on Wavelet Transform and Probablistic Neural Network”, *Journal Of Computattional Information Systems*, C. 6, s. 10, s. 3463-3470.

YALÇINÖZ, Tankut, S. HERDEM, U. EMİNOĞLU (2002), “Yapay Sinir Ağları ile Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini”, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 18-22 Aralık, Bursa, s.25-29.

YANG, Jenn-Hwai, Miin-Shen YANG (2005), “A Control Chart Pattern Recognition System Using A Statistical Correlation Coefficient Method”, *Computers & Industrial Engineering*, C. 48, s. 205-221.

- YAPRAK Hasbi, Abdulkadir KARACI (2009), “Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Polipropilen Lifli Betonların Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük.
- YAVUZ, Selahattin, Muhammet DEVECİ (2012), “İstatistiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı Performansına Etkisi”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. Haziran-Aralık, S. 40, s. 167-187.
- YILDIZ, Birol (1999), “*Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Ampirik Bir Çalışma*”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- YI, Junsub, Victor R. PRYBUTOK, Howard R. CLAYTON (2001), “ARL Comparisons Between Neural Network Models and  $\bar{x}$ -Control Charts for Quality Characteristics That are Nonnormally Distributed”, *Economic Quality Control*, C. 16, S. 1, s. 5-15.
- YURTOĞLU, Hasan (2005), “*Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*”, DPT Uzmanlık Tezleri, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- YÜCEL, Mustafa (2007), “Toplam Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi”, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, 24-25 Mayıs, Malatya.
- ZORRIASSATINE, F., J.D.T. TANNOCK (1998), “A Review of Neural Networks for Statistical Process Control”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, C. 9, s. 209-224.

**EK-1 :  $\bar{X}$ , S ve R Şemalarının Orta Çizgi ve  $3\sigma$  Kontrol Sınırları için Faktörler (Kumpas, 2006)**

| Örnek<br>Büyüküğü | Ortalama ( $\bar{X}$ ) Şeması    |                |                | Standart Sapma (S) Şeması |                                  |                |                |                | Aralık (R) Diyagramı   |                                  |                |                |                |                |
|-------------------|----------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                   | Kontrol Sınırları için Faktörler |                |                | Orta Çizgi İçin Faktör    | Kontrol Sınırları İçin Faktörler |                |                |                | Orta Çizgi İçin Faktör | Kontrol Sınırları İçin Faktörler |                |                |                |                |
|                   | A                                | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | c <sub>4</sub>            | B <sub>3</sub>                   | B <sub>4</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub> | d <sub>2</sub>         | p                                | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> |
| 2                 | 2.121                            | 1.880          | 2.659          | 0.7979                    | 0                                | 3.267          | 0              | 2.606          | 1.128                  | 0.853                            | 0              | 3.686          | 0              | 3.267          |
| 3                 | 1.732                            | 1.023          | 1.954          | 0.8862                    | 0                                | 2.568          | 0              | 2.276          | 1.693                  | 0.888                            | 0              | 4.358          | 0              | 2.574          |
| 4                 | 1.500                            | 0.729          | 1.628          | 0.9213                    | 0                                | 2.266          | 0              | 2.088          | 2.059                  | 0.88                             | 0              | 4.698          | 0              | 2.282          |
| 5                 | 1.342                            | 0.577          | 1.427          | 0.9400                    | 0                                | 2.089          | 0              | 1.964          | 2.326                  | 0.864                            | 0              | 4.918          | 0              | 2.114          |
| 6                 | 1.225                            | 0.483          | 1.287          | 0.9515                    | 0.030                            | 1.970          | 0.029          | 1.874          | 2.534                  | 0.848                            | 0              | 5.078          | 0              | 2.004          |
| 7                 | 1.134                            | 0.419          | 1.182          | 0.9594                    | 0.118                            | 1.882          | 0.113          | 1.806          | 2.704                  | 0.833                            | 0.204          | 5.204          | 0.076          | 1.924          |
| 8                 | 1.061                            | 0.373          | 1.099          | 0.9650                    | 0.185                            | 1.815          | 0.179          | 1.751          | 2.847                  | 0.820                            | 0.388          | 5.306          | 0.136          | 1.864          |
| 9                 | 1.000                            | 0.337          | 1.032          | 0.9693                    | 0.239                            | 1.761          | 0.232          | 1.707          | 2.970                  | 0.808                            | 0.547          | 5.393          | 0.184          | 1.816          |
| 10                | 0.949                            | 0.308          | 0.975          | 0.9727                    | 0.284                            | 1.716          | 0.276          | 1.669          | 3.078                  | 0.797                            | 0.687          | 5.469          | 0.223          | 1.777          |
| 11                | 0.905                            | 0.285          | 0.927          | 0.9754                    | 0.321                            | 1.679          | 0.313          | 1.637          | 3.173                  | 0.787                            | 0.811          | 5.535          | 0.256          | 1.744          |
| 12                | 0.866                            | 0.266          | 0.886          | 0.9776                    | 0.354                            | 1.646          | 0.346          | 1.610          | 3.258                  | 0.778                            | 0.922          | 5.594          | 0.283          | 1.717          |
| 13                | 0.832                            | 0.249          | 0.850          | 0.9794                    | 0.382                            | 1.618          | 0.374          | 1.585          | 3.336                  | 0.770                            | 1.025          | 5.647          | 0.307          | 1.693          |
| 14                | 0.802                            | 0.235          | 0.817          | 0.9810                    | 0.406                            | 1.594          | 0.399          | 1.563          | 3.407                  | 0.7630                           | 1.118          | 5.696          | 0.328          | 1.672          |
| 15                | 0.775                            | 0.223          | 0.789          | 0.9823                    | 0.428                            | 1.572          | 0.421          | 1.544          | 3.472                  | 0.756                            | 1.203          | 5.741          | 0.347          | 1.653          |
| 16                | 0.750                            | 0.212          | 0.763          | 0.9835                    | 0.448                            | 1.552          | 0.440          | 1.526          | 3.532                  | 0.750                            | 1.282          | 5.782          | 0.363          | 1.637          |
| 17                | 0.728                            | 0.203          | 0.739          | 0.9845                    | 0.446                            | 1.534          | 0.458          | 1.511          | 3.588                  | 0.744                            | 1.356          | 5.82           | 0.373          | 1.622          |
| 18                | 0.707                            | 0.194          | 0.718          | 0.9854                    | 0.482                            | 1.518          | 0.475          | 1.496          | 3.640                  | 0.739                            | 1.424          | 5.856          | 0.391          | 1.608          |
| 19                | 0.688                            | 0.187          | 0.698          | 0.9862                    | 0.497                            | 1.503          | 0.490          | 1.483          | 3.689                  | 0.734                            | 1.487          | 5.891          | 0.403          | 1.597          |
| 20                | 0.671                            | 0.180          | 0.680          | 0.9869                    | 0.510                            | 1.490          | 0.504          | 1.470          | 3.735                  | 0.729                            | 1.549          | 5.921          | 0.415          | 1.585          |