

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KALİTE PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASINDA  
ÇOK KRİTERLİ PARETO ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Duygu ÖZGÜVENÇ**

**Anabilim Dalı : İşletme Mühendisliği**

**Programı : İşletme Mühendisliği**

**EKİM 2011**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KALİTE PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASINDA  
ÇOK KRİTERLİ PARETO ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Duygu ÖZGÜVENÇ  
(507081006)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Eylül 2011**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Ekim 2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ (İTÜ)  
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)**

**EKİM 2011**







## ÖNSÖZ

Tüketici ihtiyaçlarının karşılanması için mal ve hizmet üretiminin yeterli olduğu günlerin çok uzakta kaldığı, müşteri beklentilerini en üst düzeyde tatmin etme özelliğinin öne çıktığı mal ve hizmetlerden söz edilen bir dönemde yaşamaktayız. Günümüzde kalite, bu tatminin sağlanmasında bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Kalitenin, dünya pazarlarında rekabet edebilmek ve başarılı olabilmek için temel koşul olarak benimsenmesi ile, bu kavram daha fazla önemli hale gelmiştir.

Bu çalışma, tüketici istek ve beklentilerini karşılamak adına kabul edilebilir bir kalite düzeyine ulaşabilmek için, işletmelerin karşılaştığı kalite problemlerinin önceliklendirilerek sınıflandırılmasını ve bu sayede daha etkin bir kalite iyileştirme sistemi uygulanabilmesini hedeflemiştir.

Çalışma süresince desteğini ve ilgisini esirgemeyen değerli tez danışmanım Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2011

Duygu ÖZGÜVENÇ



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                  | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                           | v    |
| KISALTMALAR .....                                           | vii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                        | ix   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                          | xi   |
| ÖZET.....                                                   | xiii |
| SUMMARY .....                                               | xvi  |
| 1. GİRİŞ .....                                              | 1    |
| 2. KALİTE KAVRAMI VE TOPLAM KALİTE .....                    | 5    |
| 2.1 Kalite Kavramı, Amacı ve Önemi.....                     | 5    |
| 2.2 Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi .....               | 8    |
| 2.3 Kalite Maliyetleri .....                                | 13   |
| 2.3.1 Önleme maliyetleri.....                               | 14   |
| 2.3.2 Değerleme (Ölçme) maliyetleri.....                    | 15   |
| 2.3.3 İç başarısızlık maliyetleri .....                     | 15   |
| 2.3.4 Dış başarısızlık maliyetleri.....                     | 16   |
| 3. İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL .....                        | 17   |
| 3.1 İstatistiksel Süreç Kontrol Kavramı .....               | 17   |
| 3.2 İstatistiksel Süreç Kontrol Teknikleri.....             | 18   |
| 3.2.1 Çetele tablosu .....                                  | 19   |
| 3.2.2 Sınıflandırma.....                                    | 19   |
| 3.2.3 Histogram.....                                        | 20   |
| 3.2.4 Neden-sonuç diyagramı .....                           | 20   |
| 3.2.5 Serpilme diyagramı .....                              | 21   |
| 3.2.6 Kontrol grafikleri .....                              | 22   |
| 3.2.7 Pareto Analizi.....                                   | 23   |
| 4. PARETO/ABC ANALİZİ .....                                 | 25   |
| 4.1 Pareto/ABC Analizi.....                                 | 25   |
| 4.2 Pareto Analizinin Faydaları.....                        | 26   |
| 4.3 Pareto Analizinin Uygulama Alanları .....               | 27   |
| 4.4 Pareto Diyagramı.....                                   | 28   |
| 4.5 Çok Kriterli Pareto Analizi .....                       | 31   |
| 4.6 Çok Kriterli Pareto Analizi Uygulama Alanları.....      | 32   |
| 4.7 Çok Kriterli Pareto Analizi Çözüm Yöntemleri.....       | 32   |
| 4.7.1 Matris temelli metodolojiler.....                     | 32   |
| 4.7.2 Kümeleme analizi.....                                 | 33   |
| 4.7.3 Basit ağırlıklı doğrusal optimizasyon modelleri ..... | 34   |
| 4.7.4 Sezgisel yöntemler .....                              | 35   |
| 4.7.4.1 Genetik algoritmalar .....                          | 35   |
| 4.7.4.2 Yapay sinir ağları .....                            | 36   |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.7.5 Analitik hiyerarşi süreci .....                                | 38        |
| 4.8 Çok Kriterli Pareto Analizi Tarihsel Gelişimi.....               | 41        |
| <b>5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ VE VIKOR .....</b>           | <b>43</b> |
| 5.1 Bulanık Mantık.....                                              | 43        |
| 5.1.1 Bulanık mantık tarihsel gelişimi .....                         | 43        |
| 5.1.2 Bulanık kümeler teorisi .....                                  | 44        |
| 5.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci .....                          | 45        |
| 5.2.1 BAHS tarihsel gelişimi.....                                    | 46        |
| 5.2.2 BAHS metodolojisi .....                                        | 57        |
| 5.3 VIKOR .....                                                      | 61        |
| 5.3.1 VIKOR tarihsel gelişimi.....                                   | 61        |
| 5.3.2 VIKOR metodolojisi .....                                       | 62        |
| <b>6. HATALARIN SINIFLANDIRILMASINA YÖNELİK UYGULAMA.....</b>        | <b>65</b> |
| 6.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi.....                                 | 65        |
| 6.2 Problemin Tanıtımı ve Önemi .....                                | 65        |
| 6.3 Hataların Sınıflandırılmasına Yönelik Hiyerarşik Yapı .....      | 66        |
| 6.4 BAHS ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi .....                | 70        |
| 6.5 VIKOR ile Alternatiflerin Sıralanması.....                       | 77        |
| 6.6 Çok Kriterli Pareto Analizi ile Hataların Sınıflandırılması..... | 80        |
| <b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>                                    | <b>83</b> |
| 7.1 Çalışmanın Uygulama Alanı .....                                  | 83        |
| 7.1.1 Çalışmanın bilimsel katkısı .....                              | 84        |
| 7.1.2 Çalışmanın kuruma katkısı.....                                 | 85        |
| 7.2 Çalışmanın İleriki Çalışmalara Yönelik Uygulama Önerileri .....  | 85        |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                | <b>87</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                    | <b>97</b> |

## KISALTMALAR

|                  |                                                                     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>TS</b>        | : Türk Standardı                                                    |
| <b>ISO</b>       | : International Organization for Standardization                    |
| <b>ASQC</b>      | : American Society for Quality Control                              |
| <b>EOQC</b>      | : European Organization for Quality Control                         |
| <b>M.Ö.</b>      | : Milattan Önce                                                     |
| <b>TKY</b>       | : Toplam Kalite Yönetimi                                            |
| <b>İSK</b>       | : İstatistiksel Süreç Kontrol                                       |
| <b>ABC</b>       | : Always Better Control                                             |
| <b>EEG</b>       | : Elektro-Ensefalografi                                             |
| <b>ECG</b>       | : Electro-Cardiogram                                                |
| <b>AHS</b>       | : Analitik Hiyerarşi Süreci                                         |
| <b>CI</b>        | : Consistency Index                                                 |
| <b>CR</b>        | : Consistency Ratio                                                 |
| <b>RI</b>        | : Random Consistency Index                                          |
| <b>LIFE</b>      | : Laboratory for International Fuzzy Engineering Research           |
| <b>BAHS</b>      | : Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci                                 |
| <b>TOPSIS</b>    | : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution    |
| <b>TFT</b>       | : Thin Film Transistor                                              |
| <b>LCD</b>       | : Liquid Crystal Display                                            |
| <b>VIKOR</b>     | : Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje             |
| <b>PROMETHEE</b> | : Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations |
| <b>ELECTRE</b>   | : Elimination Et Choix Traduisant la Realité                        |
| <b>POS</b>       | : Point of Sale                                                     |
| <b>ATM</b>       | : Automated Teller Machine                                          |
| <b>IP</b>        | : Internet Protocol                                                 |
| <b>GPRS</b>      | : General Packet Radio Service                                      |
| <b>WI-FI</b>     | : Wireless Fidelity                                                 |
| <b>LAN</b>       | : Local Area Network                                                |
| <b>ADSL</b>      | : Asymmetric Digital Subscriber Line                                |
| <b>AT</b>        | : Arıza Tipi                                                        |
| <b>YAT</b>       | : Yazılım Arıza Tipi                                                |
| <b>DAT</b>       | : Donanım Arıza Tipi                                                |
| <b>HAT</b>       | : Hat Arıza Tipi                                                    |
| <b>AS</b>        | : Arıza Süresi                                                      |
| <b>AMS</b>       | : Arıza Müdahale Süresi                                             |
| <b>AGS</b>       | : Arıza Giderim Süresi                                              |
| <b>AM</b>        | : Arıza Maliyeti                                                    |
| <b>İM</b>        | : İçsel Maliyeti                                                    |
| <b>DM</b>        | : Dışsal Maliyeti                                                   |
| <b>ÖM</b>        | : Önleyici Maliyeti                                                 |
| <b>LRC</b>       | : Longitudinal Redundancy Check                                     |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|              |                                                                            |     |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2.1  | : Kalitede kimlik değişimi .....                                           | 12  |
| Çizelge 4.1  | : Temel karşılaştırma ölçeği .....                                         | 40  |
| Çizelge 4.2  | : Tesadüfilik indeksleri .....                                             | 41  |
| Çizelge 5.1  | : Bulanık önem dereceleri.....                                             | 60  |
| Çizelge 6.1  | : Stratejik niteliklere göre ikili karşılaştırma matrisi .....             | 71  |
| Çizelge 6.2  | : Arıza tipine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi .....               | 74  |
| Çizelge 6.3  | : Arıza süresine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi .....             | 75  |
| Çizelge 6.4  | : Arıza maliyetine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi.....            | 76  |
| Çizelge 6.5  | : Alternatiflerin sıralanmasında dikkate alınan kriterler ve ağırlıkları . | 77  |
| Çizelge 6.6  | : Alternatiflere ait değerler .....                                        | 78  |
| Çizelge 6.7  | : Her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler ..... | 78  |
| Çizelge 6.8  | : Alternatiflerin VIKOR yöntemi ile sıralama sonuçları. ....               | 79  |
| Çizelge 6.9  | : Alternatiflerin sınıflandırılmasına ait değer tablosu.....               | 80  |
| Çizelge 6.10 | : Hataların sınıflandırılması.....                                         | 82  |
| Çizelge A.1  | : Stratejik niteliklerin ikili karşılaştırma çizelgesi .....               | 99  |
| Çizelge A.2  | : Arıza tipine göre ikili karşılaştırma çizelgesi .....                    | 100 |
| Çizelge A.3  | : Arıza süresine göre ikili karşılaştırma çizelgesi .....                  | 100 |
| Çizelge A.4  | : Arıza maliyetine göre ikili karşılaştırma çizelgesi .....                | 101 |



## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                              | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1 : Kalitenin tarihi seyri grafiği .....                             | 9            |
| Şekil 2.2 : Kalite maliyetleri .....                                         | 14           |
| Şekil 3.1 : Bir üründe tespit edilen hatalara ait Çetele Tablosu.....        | 19           |
| Şekil 3.2 : Bir ürüne ait hata frekansını gösteren Histogram.....            | 20           |
| Şekil 3.3 : Hataların azaltılması için Neden-Sonuç Diyagramı .....           | 21           |
| Şekil 3.4 : Tüketim-gelir ilişkisini gösteren Serpilme Diyagramı .....       | 22           |
| Şekil 3.5 : Bir ürünün kalite karakteristiğini gösteren Kontrol Grafiği..... | 23           |
| Şekil 4.1 : ABC Analizinin tipik eğrisi.....                                 | 26           |
| Şekil 4.2 : Delme hatası olan vidaya ait kontrol kartı.....                  | 29           |
| Şekil 4.3 : Delme hatası olan vidaya ait hata tablosu .....                  | 29           |
| Şekil 4.4 : Delme hatalı vidanın Pareto diyagramı .....                      | 30           |
| Şekil 4.5 : AHS yapısı .....                                                 | 38           |
| Şekil 5.1 : Üçgensel bulanık sayı $\tilde{M}$ .....                          | 45           |
| Şekil 5.2 : İdeal ve uzlaşık çözümler .....                                  | 63           |
| Şekil 6.1 : Hataların sınıflandırılmasına yönelik hiyerarşik yapı .....      | 67           |
| Şekil 6.2 : Hataları sınıflandırmaya yönelik Pareto diyagramı.....           | 81           |



## **KALİTE PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASINDA ÇOK KRİTERLİ PARETO ANALİZİ**

### **ÖZET**

Kalite, günümüzde rekabette üstün konuma gelmede, pazarlarda kalıcı bir başarı sağlamada ve müşteri tatminini hedefleyerek müşteriyle uzun vadeli ilişkiler geliştirmede anahtar bir kavram haline gelmiştir. Kalitenin bu kilit rolü bir yandan pazarların globalleşmesi, rekabetin biçim ve şiddetinin değişmesi ve teknolojik ilerlemelere dayandırılabilceği gibi, bir yandan da müşteri istek ve beklentilerinin değişerek bu beklentilere en üst düzeyde cevap alabilme istekleri gibi nedenlere de dayandırılabilir.

Bu gelişmeler, işletmeleri kendilerini sürekli geliştirerek ürün ve hizmet kalitesini sürekli iyileştirmeye yönlendirmiştir. Kalite iyileştirme, işletmelerin ürün veya hizmetlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirleyerek bunları ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyet düzeyini arttırmak için yapılan çalışmalardan oluşan bir süreçtir. Bu amaç doğrultusunda kullanılan İstatistiksel Süreç Kontrol, üretimin önceden belirlenmiş kalite özelliklerine uygunluğunu ve hatalı ürün üretiminin en aza indirgenmesini sağlayıcı bir nitelik taşımaktadır.

Bu çalışmada, birden fazla kriterin göz önünde bulundurulması ile Pareto Analizi yaklaşımı temel anılarak, kalite problemlerinin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada faydalanılan İstatistiksel Süreç Kontrol tekniklerinden olan Çok Kriterli Pareto Analizi, kalite kontrol ve kalite iyileştirme süreçlerinde problemin nedenlerini tespit ederek, hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğunu ortaya koyar ve hatalar sınıflandırılır. Bu sınıflandırma işlemi, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR metodolojilerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın uygulama aşamasında, özel bir bankanın üye işyerlerine temin ettiği POS cihazlarında karşılaşılan hatalar ele alınmıştır. Hataların değerlendirilmesinde, sistemi etkileyen faktörlerin hiyerarşik yapısı oluşturularak, kriterlerin görece önemleri hesaplanmış ve bu önemler doğrultusunda hataların sıralaması gerçekleştirilmiştir. Pareto Analizi ile değerlendirilen hatalar sınıflandırılmış, ve önceliklerine göre işletmeye yönelik çözümler öne sürülerek bir iyileştirme programı önerisinde bulunulmuştur.



## **MULTI-CRITERIA PARETO ANALYSIS FOR CLASSIFYING QUALITY PROBLEMS**

### **SUMMARY**

Quality become a key concept for being superior in competition, achieving permanent success in markets and developing long range relations with customers aiming customer satisfaction. This key role of quality base on globalization of markets, changing form and violence of competition, technological progress and also, desiring to receive an answer ultimately to changing desire and expectation of customers.

These developments orientate businesses to develop themselves continuously and improve the quality of products and services. Quality improvement is a process of the actions for removing the factors which affecting the quality of products and services negatively and increasing the level of customer satisfaction. For this purpose, it is used Statistical Process Control which has qualification of convenience for prespecified quality properties of production and provider to minimize of scrap.

In this study, classification of quality problems based Pareto Analysis approach is purposed with consideration of more than one criteria. Multi-Criteria Pareto Analysis which is one of the techniques of Statistical Process Control, sets out the errors that has a larger percentage and also classify them by identifying the causes of the problem in quality control and quality improvement processes. This classification process is carried out by using Fuzzy Analytic Hierarchical Process and VIKOR methodologies which are multiple attribute decision making methods.

In the implementation of the study, it is discussed the errors of POS devices provided by a private bank to its member businesses. In the evaluation of errors, the relative importance of criteria is calculated by creating a hierarchical structure of factors affecting system and in accordance with these, errors are ranked. Then, the errors assessing by Pareto Analysis are classified, and according to their priorities an improvement program is proposed by suggesting business solutions.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde serbest piyasa ekonomisi nedeniyle işletmeler arasında yaşanan katı rekabet şartları, üreticileri minimum maliyetle yüksek kalitede ürün üretmeye zorlamaktadır. Üretimdeki temel amaç, satılabilir nitelikteki kaliteli ürünler olduğundan, ürün kalitesinin tüketicinin veya alıcının kararını etkilemede giderek daha fazla öneme sahip olduğu açıktır. Özellikle, 1980’li yıllardan itibaren bilinçlenen tüketicilerin hatalı ürün veya hizmete karşı tutumları, tüketici isteklerinin karşılanması ve tüketici tatmininin sağlanmasının kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Bu gelişmeler, firmaları "kalite güvence sistemi"ni kurarak rekabet ortamında kendini sürekli geliştirme ve ürün kalitesini sürekli iyileştirme yollarını aramaya zorlamıştır. Böylece, kalite güvence sistemi için standart model olarak kullanılan ISO-9000 serisi yardımıyla, kalitenin uluslararası standartlarda sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çabalar, kaliteli ürünün bir rastlantı değil, sistemli ve bilinçli bir çalışmanın sonucu olduğu gerçeğinin firmalar tarafından kabul edildiğinin birer göstergesidir.

Ürün ve hizmet kalitesinde sürekli iyileştirmeyi hedefleyen firmalar, tüketicilerin beklentilerini, isteklerini, tutumlarını, tepkilerini ve tatmin derecelerini dikkate alarak, daha iyi bir ürün veya hizmetin sunulmasını sağlamaya başlamışlardır. Sürekli iyileştirme felsefesine sahip bir firmada üretilen ürünün miktarı değil, üretilen ürünün ne kadarının uygun veya kullanışlı olduğu birinci derecede önem taşır. Bu düşünce kalite kontrolü literatüründe "kullanım uygunluğu" olarak adlandırılır.

Bir işletmede üretilen tüm ürünlerin özellik (nitelik) ve ölçüm değerleri bakımından birbirinin tamamen aynı olması mümkün değildir. Bu durum, kalite düzeyinin üründen ürüne "farklılık" gösterdiği anlamına gelir. Önemli olan nokta, bu değişimin belirli bir tolerans seviyesinin dışına çıkmaması, ürünün veya hizmetin işlevselliğini etkilememesi ve tüketicilerin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamada kabul edilebilir bir kalite düzeyinde olmasıdır.

Bu çalışmada, müşteri istek ve beklentilerini karşılayacak bir kalite düzeyine ulaşabilmek için, kalite kontrol ve kalite iyileştirme çabalarına yönelik olarak kalite problemlerinin sınıflandırılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda çalışmanın ikinci bölümünde kalitenin tanımları, amacı, önemi, boyutları, tarihsel gelişimi ve kalite maliyetleri konularına değinilerek genel anlamda kalite kavramı tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde, belirlenen kabul edilebilir kalite düzeyine uygunluğun ve kalite problemlerinin en aza indirgenmesini sağlayıcı bir nitelik taşıyan İstatistiksel Süreç Kontrolü kavramından ve tekniklerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, İstatistiksel Süreç Kontrolü tekniklerinden olan Pareto Analizi detaylı olarak ele alınmış ve Çok Kriterli Pareto Analizinin gerekliliği ve uygulama alanları vurgulanarak çözüm yöntemleri açıklanmıştır. Bu çözüm yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci aşamaları ile detaylandırılarak ele alınmıştır.

Beşinci bölümde, bulanık mantık kavramı ve bulanık kümeler teorisi hakkında bilgi verilerek, belirsizlik altında karar verebilmek için Analitik Hiyerarşi Süreci ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ele alınmıştır. Bulanık Analitik Hiyerarşi sürecinin literatürdeki farklı yaklaşımlarından bahsedilmiş, bu yaklaşımlardan Liou ve Wang tarafından geliştirilen ve toplam entegral değer yöntemine dayandırılan sıralama metodu aşamaları detaylandırılmıştır. Diğer bir yandan, birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirleyerek uzlaşık bir çözüme ulaşmayı hedefleyen VIKOR yönteminden bahsedilerek metodolojisinin aşamaları açıklanmıştır.

Altıncı bölümde ise, kalite problemlerinin sınıflandırılmasına yönelik uygulama gerçekleştirilmiştir. Özel bir bankanın üye işyerlerine temin ettiği POS cihazlarında karşılaşılan hatalar ele alınmıştır. Hataların değerlendirilmesinde, öncelikle sistemi etkileyen faktörlerin hiyerarşik gösterimi kullanılarak karar probleminin çözümü için faktörler ikili gruplar halinde karşılaştırılmıştır. Bu ikili karşılaştırmalar, Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin Liou ve Wang tarafından geliştirilen sıralama metodolojisi kullanılarak değerlendirilmiş ve faktörlerin göreceli önemleri diğer bir ifade ile ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar göz önünde bulundurularak, hataların sıralanması VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çok kriterli Pareto

Analizi ile, hataların dağılımını gösteren Pareto diyagramı çizilerek, hatalar sınıflandırılmış ve öncelikleri belirlenmiştir.

Yedinci bölümde ise, kalite kontrol ve kalite iyileştirme çabalarına yönelik olarak kalite problemlerinin sınıflandırılmasının amaçlandığı çalışmanın bulguları, iyileştirmeleri ve önerilerine yer verilmiştir. Çalışmanın uygulama alanı ile ilgili özetlenen sonuçların ardından, çalışmanın bilimsel katkısı ve kuruma katkısından bahsedilerek, ileriki çalışmalara ait önerilerde bulunulmuştur.



## 2. KALİTE KAVRAMI VE TOPLAM KALİTE

### 2.1 Kalite Kavramı, Amacı ve Önemi

Günümüzde kaliteyi, mühendislik olanaklarından çok tüketici gereksinimleri belirlemektedir. Kalite kelimesi Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen “Qualis” kelimesinden türemiş ve “Qualitas” kelimesiyle ifade edilmiştir. “Kalite” sözcüğü kullanım amacına göre değişik anlamlar ifade edebilir. Herkesin genel olarak ulaşacağı bir kalite tanımı yapılması neredeyse olanaksızdır. Değişik kalite tanımlarının yapılması kalitenin çok boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve Odaman, 1996).

Literatür araştırıldığında görülmektedir ki kalite kavramının değişik tanımları bulunmaktadır. Bazı kalite önderlerinin kalite tanımları ve uluslar arası düzeyde kabul görmüş kalite ile ilgili değişik tanımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kalite, ürünün müşteriler tarafından değinilen veya ima edilen istekleri karşılayabilme yeteneğine sahip niteliklerin toplamıdır (Kotler).
- Kalite; tüketicinin istediği estetik, dayanıklılık, güvenilirlik vb. gibi özelliklere sahip ve hatalardan arındırılmış ürünlerin kullanım amacına uygunluğudur (J. Juran).
- Kalite; müşterilerin şikayetlerini önleme değil, müşterileri memnun edebilmenin bir aracı olarak görülebilir (Garvin).
- Kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılayabilme kabiliyetine dayanan özellikler toplamıdır (TS-ISO 9005).
- Kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir gereksinimi karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür (Amerikan Kalite Kontrol Derneği-ASQC).
- Kalite, belirli bir malın ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir (Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu-EOQC).

Yukarıda kalitenin çeşitli araştırmacılar ve uygulamacılar tarafından değişik şekillerde tanımlandığını ve bunun nedeninin kalitenin çok boyutlu olmasından ileri

geldiğini belirtmiştik. Kalitenin çeşitli açılardan incelenmesinde en kapsamlı çalışmalardan birini yapan Garvin, kalitenin sekiz boyuttan meydana geldiğini ifade etmiştir. Bu boyutlar (Garvin, 1987):

- Performans: Performans boyutu, bir ürünün faaliyet karakteristiklerini ifade etmektedir. Ürünün performans özellikleri genellikle ölçülebilen özellikleri içerdiği için benzer ürünler arasında performans açısından nesnel bir sınıflandırma yapılabilmektedir.
- Özellik: Özellik, mal ve hizmetin temel fonksiyonlarına ilave olarak taşıdığı ikincil karakteristiklerdir.
- Güvenilirlik: Güvenilirlik, ürünün kullanım ömrü içerisinde kendisinden beklenen tüm fonksiyonları tam olarak yerine getirip getirmediğinin ölçütüdür. Ölçülebilen bir özellik olan güvenilirlik, ortalama ilk bozulma zamanı, bozulma süreleri arasındaki dönem, vb. olabilir. Kalitenin güvenilirlik boyutu, bozulma sürecinde geçen zaman önem kazandıkça ve bakım/onarım maliyetleri arttıkça daha belirleyici bir faktör olmaktadır.
- Uygunluk: Uygunluk, ürünün tasarımının ve faaliyet karakteristiklerinin önceden belirlenmiş standartlara uyup uymama derecesidir. Uygunluk, kalitenin teknik boyutu hakkında tüketici veya kullanıcıya fikir vermektedir. Aynı zamanda uygunluk, istatistiksel kalite kontrolde ürünle ilgili özelliklerin nominal değerden sapma oranıdır. Bu oran hedeflenen nominal değere ne kadar yakın olursa ürün, tasarım spesifikasyonlarını o derece iyi karşılar ve uygunluk açısından kaliteli bir ürün olarak algılanır.
- Dayanıklılık: Dayanıklılık, bir mal veya hizmetin ekonomik ve teknik olarak ömrünü ifade etmektedir. Genellikle alıcılar ürün dayanıklılığının belli koşullarda test edilerek yazılı olarak onaylanmasını istemektedirler. Teknolojik açıdan dayanıklılık, bir ürünün deformasyona uğrayıncaya kadar olan kullanım süresini ifade etmektedir.
- Servis kabiliyeti: Bu boyut satış sonrası hizmetin niteliği, mal veya hizmetin onarılma kolaylığı, hizmetin hızı, firmanın müşterilerinin şikayetine yaklaşım ve çözüm getirme derecesi gibi konuları kapsamaktadır. Tüketiciler ürünün bozulma olasılığı ile birlikte, ürünün serviste kaldığı süreyi, servisin randevularına ne kadar sürede cevap verdiği, servis personelinin ilgisi ve servisin sorunlara doğru çözümler bulabilme özelliklerine de önem

vermektedirler. Ürünle ilgili problemlere doğru cevaplar ve çözümler bulunamaması, şirketin şikayetleri ele alma süreci, tüketicilerin ürün ve hizmet kalitesini değerlendirmelerini etkilemektedir.

- Estetik: Estetik, kalite boyutları arasında en sübjektif niteliğe sahip olanıdır, tüketicilerin beş duyusuna hitap eden ürün özellikleridir. Başka bir deyişle, ürünün kullanıcının beklentilerine uygun bir estetik yapıyı sağlayabilmesidir. Ürünün görünüşü, tadı, yarattığı duygu, kokusu, vb. özellikler ürünün performansını doğrudan etkilememekle beraber, tüketici beğenilerine yönelik estetik özellikler olarak nitelendirilebilir.
- Algılanan kalite: Müşterinin ürün veya hizmete ilişkin imajı, aldığı bilgiler, reklamlar ve firma imajı bu kapsamda yer almaktadır. Tüketiciler her zaman ürünün tüm özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi sahibi değildirler ve böyle durumlarda dolaylı bir takım ölçütler karar vermelerinde önemli rol oynamaktadır. Reklam faaliyetlerinde yaratılan ürün imajı, marka imajı gibi faktörler ürün kalitesinin tüketici tarafından olumlu veya olumsuz algılanmasında oldukça önemlidir.

Bu sekiz kalite boyutu hizmet işletmelerinde direkt olarak uygulanamadığı için hizmetlerin kalitesi konusunda beş boyut belirlenmiştir. Bunlar (Bumin ve Erkutlu, 2002):

- Hizmetin güvenilirliği: Hizmeti güvenilir, itimat edilir bir biçimde ifa edebilme yeteneğidir ve müşterinin beklentilerinin uygun olarak yerine getirildiğini gösterir.
- Yanıt verebilirlik: Müşterilere yardım etme ya da onlara uygun hizmet sunabilme istekliliğinin bir ölçüsüdür.
- Uygun hizmet güvencesi: Müşteriye uygun bir düzeyde iletişim kurma ve saygılı bir biçimde hizmeti sunma yeteneğidir.
- Empati yeteneği: Müşteri isteklerini anlayabilme ve iletişim kurabilme yeteneğidir.
- İşletmenin sahip olduğu maddi varlıklar: Binaların, alet, ekipman, personel ve iletişim araçlarının bulunmasını ifade eder.

Günümüzde işletmecilikte; yoğun rekabet koşulları sonucunda mal ve hizmetlerin kalitesinin sürekli olarak geliştirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Kalite,

işletmelerin varlıklarını sürdürebilmelerinin, büyüüp gelişebilmelerinin ve belirli bir marka oluşturabilmelerinin temel koşulu olarak görülmektedir.

Günümüz dünyasında küresel boyutta rekabet eden işletmeler müşteri odaklı olmak zorundadır. Müşteri odaklı olmanın yolu kalite odaklı olmaktan geçer. Kalite odaklı olmanın amacı, üretimde kalitesizliği önlemeyi hedefler. İşletme yöneticileri kaliteyle ilgili önlem almaz ve kusurlu ürünleri piyasaya sürerse, başta prestij kaybı ve satışların azalmasından kaynaklanan zararlar olmak üzere birçok kayıpla karşılaşabileceklerdir. İşletmeler açısından kalitenin amacı ve önemi iki başlık altında toplanabilir (Tekin, 2002):

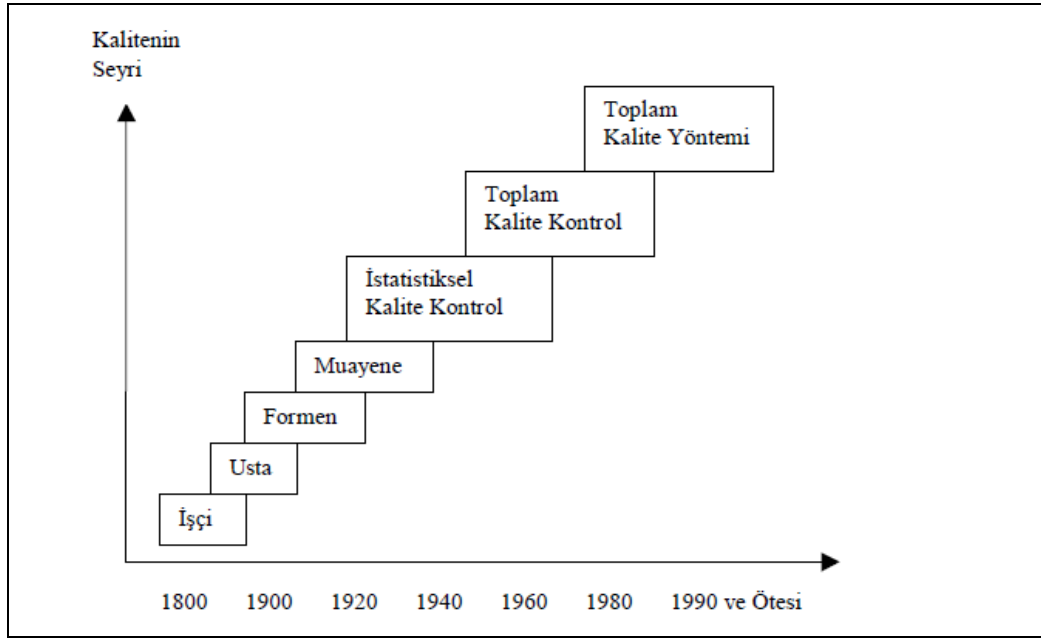
- Hurda, fire ve atık oranı azalacak, ürünler üzerinde yeniden düzeltme işlemleri yapılması ortadan kalkacaktır. Bunun sonucunda üretimde daha az duraklama olacak, daha yüksek bir üretim hızına erişilecek ve çalışanların işlerini daha çok sevmeleri sağlanabilecektir.
- Kaliteli üretimle müşteri beklenti ve taleplerinin tam olarak karşılanması ile müşteri kaybının olmaması sonucu müşteri sayısı, satışların ve karın artması gibi yararlar sayılabilir.

## **2.2 Kalite Kavramının Tarihsel Gelişimi**

İnsanoğlunun kalite konusuna verdiği önem tarihin çok eski çağlarına kadar izlenebilmektedir. Eski Mısır, Roma ve Yunan uygarlıklarından günümüze kadar gelen eserlerin, yapımlarında kullanılan bilgilerin, getirilen standartların bugünkü anlamıyla kalitenin dolaylı olarak da olsa temellerini oluşturduğu kabul edilmektedir.

Kalite ile ilgili ilk kayıtlar M.Ö. 215 yılına kadar uzanır. Hammurabi Kanunları arasında inşaat ustalarına yönelik standartlar vardır; eğer bir inşaat ustası bir ev yapar ve yapılan ev yeterince sağlam olmayıp ev sahibinin üstüne çökerek ölümüne sebep olursa, o inşaat ustasının başı uçurulur. Görüldüğü gibi ilk dönemlerde kalite, özellikle mesleği elinde bulunduran ustaların sorumluluğu altındaydı. Bunlar ürünün üretilmesinden, imalatından, hammaddesinden sorumluydular. Kendi tasarımlarını, kendileri müşteriye sunabiliyorlardı (TSE, 1996). Bu durumda kalitenin ne olması gerektiği adım adım belirlenmektedir. Halbuki, teknolojik ürünlerin gelişmesi ve çok sayıda tüketiciye hitap etmesi ile birlikte üreticiyle alıcı arasında mesafe açılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ve karmaşık hale gelmesi sonucunda üretim süreçleri ve bunların çıktıları olan mal veya hizmetlerde karmaşık bir nitelik kazanmıştır.

Kalitenin bir kavram olarak ortaya çıkması 19. yüzyıla rastlar. Sürekli gelişim kaydeden kalitenin tarihi seyri Şekil 2.1’de özetlenmiştir (Feigebaum, 1986).



Şekil 2.1 : Kalitenin tarihi seyri grafiği (Feigebaum, 1986).

Sanayi devriminin başlangıcından 1920'lere kadar olan zaman aralığında, işletmelerde üretilen ürünlerin kontrolü ve bunların hatalarını tespit etme görevi işçilere verilmiş ve bir "muayeneci-inspektör" grubu ortaya çıkmıştır. Burada amaç tüketiciye hatalı ürün gitmesini önlemektir. Bu yaklaşım tüketiciyi korumuş ancak üreticilerde sıkıntı yaratmıştır. Çünkü bu çalışmalar işletmenin kalitesini arttırmamış, muayene edilerek hatalı ürünlerin ortaya çıkması işletmelerin maliyetlerini arttırmıştır. Günümüzde "Hata Bulma Yaklaşımı" adı verilen bu yöntemde tüm muayene işlemleri ürün üretildikten sonra yapılmakta ve bünyesinde birçok olumsuzluğu taşımaktadır (Şimşek, 2000).

Teknolojik gelişmeler ve ölçek büyümesi ile muayenecilerin yetersiz kalması işletmeleri yeni arayışlara itmiştir. 1920'li yıllara rastlayan bu dönemde, muayene işlemi son kontrolden ara kontrollere ve giriş kontrolüne doğru genişletilmiştir. Bu yapı kalite kontrol çalışmalarının işletmede bağımsız bir bölüm tarafından üstlenilmesini zorunlu kılmıştır.

Kalite kontrol; kalite isteklerini gerçekleştirmek amacıyla kullanılan uygulama tekniklerine ve faaliyetlerine denir. Genel bir ifade ile bir ürünün tüketicisini tatmin etmesi ve onun beklentilerini en iyi biçimde karşılaması amacıyla üretimin her

aşamasında sürdürülen kontrol işlemidir. Kalite kontrol sürecinin temelinde üretimin planlanması aşamasında belirlenen kalite standartlarına üretim işlemleri boyunca, öncesinde ve sonrasında ne ölçüde uyulduğunun incelenmesi ve gözlemlenmesi yatar (Sabuncuoğlu, 1995).

I. Dünya Savaşı seri üretimi ortaya çıkarırken, artan üretim miktarı ve ürün çeşitliliği ile birlikte kalite kontrolde matematiksel yöntemlerin kullanılması bir zorunluluk olmuştur. Bu durum II. Dünya Savaşı'nın başladığı döneme kadar sürmüştür. Savaşın getirdiği yoğun çalışma koşulları muayene teknolojisi ve istatistik yöntemlerin önemini arttırmıştır. Savaştan sonra üretimin sivil sektöre kayması ile birlikte kalite kontrolün yönetimi ve maliyeti devreye girmiştir. 1950'lerde istatistiksel yöntemler büyük ölçüde endüstriye girmiş ve “İstatistiksel Kalite Kontrol” terimi ortaya çıkmıştır. Bu günlerde, İstatistiksel Kalite Kontrol, kalite kontrol ile eşanlamlı olarak kullanılmıştır.

İstatistiksel Kalite Kontrol'ün canlı ve aynı heyecanla uygulanmasından sonra, 1950'lerin sonu ve 1960'ların başında, yeni hareketler dönemi başlamıştır. Bu yeni hareketler kalite kontrole yeni fikirler kazandırmış ve bir ivme vererek istatistiksel yöntemlerin üzerinde önemle durulmasına karşı bir çeşit hareket durumunda olmuşlardır. İstatistiksel Kalite Kontrol tekniklerinin sağladığı sonuçların çoğu zaman karar verme durumundaki insanlar için yeterli olmaması, “Toplam Kalite Kontrolü” anlayışının doğmasına yol açmıştır. 1960'lı yıllarının ortasında ortaya çıkan bu anlayışa kalite kontrolü, tasarım aşamasından başlayarak gelen malzeme, süreç içi ve nihai mamul aşamalarına kadar ayrı olarak yerine getirilmelidir. İstatistiksel Kalite Kontrol tekniklerinin yanında metroloji, güvenilirlik, kalite bilişim teçhizatı, kalite güdülenmesi ve diğer bazı modern teknikler işletmenin genel kalite fonksiyonu çerçevesinde uygulanmaktadır (Yetiş, 1993).

Toplam Kalite Kontrolü'nün gerek yönetim gerekse mühendislik uygulamaları üzerinde derin etkiler meydana getirmesi sonucunda 1980 yılından itibaren “Kalite Kontrol Örgütünde Toplam Kalite Kontrolü”, “Toplam Kalite Yönetimi (TKY)” ve “Yeni İş Stratejisi Olarak Kalite” gibi düşüncelerin temelleri atılmaya başlanmıştır.

Masaaki İmai'ye göre toplam kalite kontrol, yöneticiden işçiye kadar herkesi kapsayan bütün pozisyonlarda performansın iyileştirilmesine yönelik; bütünleşmiş, düzenli ve sürekli iyileştirme faaliyetleridir. Japon endüstri standartları toplam kalite

kontrolü, tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılayan kaliteli ürün veya hizmetleri ekonomik olarak üreten bir üretim yöntemleri sistemi olarak değerlendirir ve istatistiksel tekniklerden yararlanan modern kalite kontrolü, “İstatistiksel Kalite Kontrol” olarak tanımlar. TKY'nin başlıca özelliği, kalitenin geleneksel yaklaşımda olduğu gibi sadece bir bölümün değil, işletmenin bütün bölümlerinin, bütün elemanlarının görevi olduğudur. Bu tepe yöneticilerden aşağıya doğru işletmenin tüm elemanlarını, müşteri ve tedarikçileri içeren bütüncül bir süreçtir. TKY'de kalite, kontrol ile değil, üretim ile elde edilmektedir. Hatalıların kontrol ile ayıklanması yerine “ilk seferinde doğru yap” temel ilkesi ve “hataların çıkmadan önlenmesi” yaklaşımı benimsenmektedir (Yücel, 2007).

Bir evrim ya da bir kimlik değişimi olarak ifade edilebilecek kalite ve kalite kontrol kavramındaki bu değişim Çizelge 2.1’de özetlenmiştir (Doğan, 2000).

**Çizelge 2.1 : Kalitede kimlik değişimi (Doğan, 2000).**

| Belirleyici Özellikler   | Muayene                       | İstatistiksel Kalite Kontrol                                   | Toplam Kalite Kontrol                                               | Toplam Kalite Yönetimi                                 |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Temel prensip            | Meydana çıkarma               | Kontrol                                                        | Koordinasyon, İşletme                                               | İnsan odaklılık, Sürekli gelişme                       |
| Kaliteye bakış açısı     | Çözüm gereken bir problem     | Çözülmesi ve izlenmesi gereken bir problem                     | Ortaya çıkmadan önlenmesi gereken bir problem                       | Koşulsuz müşteri tatmini                               |
| Vurgu                    | Standartlara uygun ürün       | Muayenenin azaltıldığı standartlara uygun ürün                 | Tasarımdan satışa tüm hat ve faaliyetlerde kalitesizliğin önlenmesi | Tüm faaliyetlerde “kalite”nin paylaşılan vizyon olması |
| Metot                    | Örnekleme ve ölçme            | İstatistiksel araç ve teknikler                                | Programlar ve sistemler                                             | Yönetim anlayışı ve sistemi                            |
| Kalite uzmanlarının rolü | Muayene, çeşitleme, hesaplama | Problemin tespit edilip, istatistiksel metotların kullanılması | Kalitenin ölçülmesi, planlaması ve program tasarımı                 | Kalitenin oluşturulmasında sinerjinin sağlanması       |
| Kaliteden kim sorumlu    | Kalite kontrol departmanı     | Üretim ve mühendislik departmanı                               | Üst yönetim, tüm departmanlar                                       | Üst yönetim, tüm departmanlar ve tüm bireyler          |
| Temel yaklaşım           | Kalitede kontrol              | Kalitede kontrol                                               | Kalitede yapılanma                                                  | Yaratılan kalite                                       |

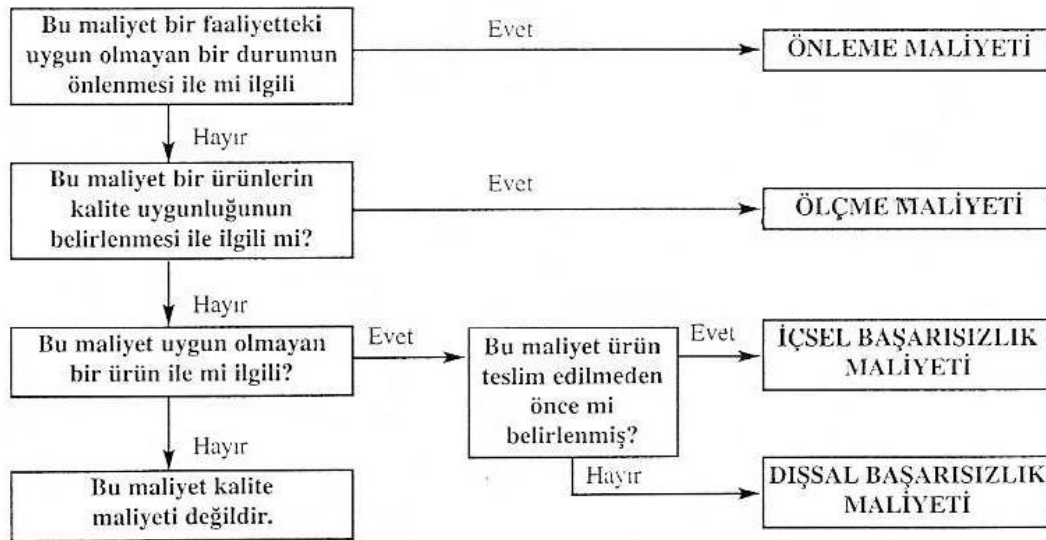
### 2.3 Kalite Maliyetleri

Kalite maliyetleri kalitenin ölçüsüdür (Çabuk, 2005). Kalitedeki gelişme ve değişmeyi gösteren en iyi kıstas, kalite maliyetleridir. Başka bir ifade ile; bir işletmenin kalite hedeflerine ulaşp ulaşmadığının somut ölçüsünü elde etmek için kalite maliyetlerinin hem tutar hem de miktar olarak bilinmesi gerekir. İşletmeler için maliyetli olan kaliteli mal ve hizmet üretmek değil; aksine kalitesiz ya da düşük kaliteli mal üretmektir.

Kalite maliyeti, meydana gelebilecek hataları önlemek amacıyla yürütülen faaliyetlerin, planlı kalite muayenelerinin ve mamulün üretim esnasında veya müşteriye tesliminden sonra görülen hataların sonucunda ortaya çıkan maliyet olarak tanımlanmaktadır (Yükçü, 1999). Kalite maliyetleri kapsamında, işletmelerin hedeflediği kalite düzeyine ulaşabilmesi ve kaliteyi sürekli olarak kontrol altında tutabilmesi için katlanmak zorunda oldukları maliyetler yer almaktadır.

Kalitenin nasıl bir maliyeti varsa, kalitesizliğin de bir maliyeti vardır. Çünkü uygun kalitenin sağlanamaması nedeniyle ortaya çıkan ıskarta mal miktarının artmasıyla sabit giderlerin birim ürün başına değeri artmakta ve mal maliyetleri yükselmektedir (Alkan, 2002). Bu durum, üretilen mamulü girdi olarak kullanan işletmeler açısından da bir engeldir. Çünkü hem üretim maliyetleri artmakta, hem de başarıya ulaşma yüzdeleri düşmektedir. Uzmanlara göre, kalite maliyetlerinin üretim maliyetleri içindeki payı büyüktür ve kaliteli üretim ile kalitesizlik maliyetleri arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

Kalite maliyetleri önleme, değerlendirme (ölçme), iç başarısızlık ve dış başarısızlık olmak üzere dört kategoriden oluşmaktadır. Bir maliyet unsurunun bu dört kategoriden hangisine ait olduğunu belirleyecek kesin kriterler bulunmamaktadır. Bununla birlikte bir maliyetin, kalite maliyetleri ile ilgili olup olmadığı veya hangi kalite maliyet türüne ait olduğu Şekil 2.2’de yer alan diyagram izlenerek belirlenebilir (Karcioğlu, 2000).



**Şekil 2.2 : Kalite maliyetleri (Karcioğlu, 2000).**

### 2.3.1 Önleme maliyetleri

Önleme maliyetleri, hataların ilk defasında ortaya çıkmasını önlemeye yönelik faaliyetlerin maliyetleri olarak tanımlanmaktadır (Akgün, 2005). Önleme maliyetleri işletmelerde toplam kalite yönetim sisteminin tasarımı, kurulumu ve devamlılığına yönelik tüketilen kaynakların maliyetidir. Bunlar ayrıca ürün ve/veya hizmetin tüketici isteklerine uygunsuzluğunu önlemek amacı ile gerçekleştirilen; başarısızlık ve değerlendirme maliyetlerinin en aza düşürülmesi maliyetleridir. Bir başka anlatımla, kalite gereklerine en ekonomik düzeyde uygunluğun sağlanması için kurulacak olan kalite sisteminin planlanması, uygulanması ve uygunluğun sürdürülmesi maliyetleridir. Önleme maliyetleri genel olarak aşağıdaki unsurlardan oluşur (Bozkurt, 2003):

- Kalite planlama
- Kalite ölçme ve test ekipmanının tasarımı ve geliştirilmesi
- Tasarım kalitesi inceleme ve doğrulama
- Kalite ölçme ve test ekipmanının kalibrasyonu ve bakımı
- Kaliteyi değerlendirmek için kullanılan üretim ekipmanının (ürün imalinde kullanılan ekipmanın maliyeti dışında) kalibrasyon ve bakımı
- Tedarikçi güvencesi
- Kalite eğitimi
- Kalite denetimi
- Kalite verilerinin analizi ve değerlendirilmesi

- Kalite iyileştirme programları
- Pazarlama maliyetleri
- Müşteri tarafından yapılan denetimler ve muayeneler

### **2.3.2 Değerleme (Ölçme) maliyetleri**

Değerleme maliyetleri; ürün veya hizmetlerin kalite gereklerine uygunluğunun belirlenmesi için yapılan ölçme, yürütme ve denetleme harcamalarıdır. Ancak, kusur tespiti sonrası yapılan yeniden işleme, bakım, onarım ve yeniden muayene gibi işlemlerin maliyeti bu kapsamda değerlendirilmez. Değerleme maliyetleri genel olarak aşağıda belirtilen unsurlardan oluşmaktadır (Bozkurt, 2003):

- Üretim öncesi doğrulama
- Girdi muayenesi
- Laboratuvar kabul testi
- Muayene ve test
- Muayene ve test ekipmanı
- Muayene ve test sürecinde tüketilen materyaller
- Test ve muayene sonuçlarının analizi ve rapor edilmesi
- Saha performans testi
- Onaylar
- Stok değerlendirme
- Kayıtların saklanması

### **2.3.3 İç başarısızlık maliyetleri**

Ürünün tedarikçiden müşteriye transferinden önce ortaya çıkan ve yetersiz kalite nedeniyle oluşan maliyetlerdir ve işletmeler açısından azımsanamayacak boyutlarda olabileceği tahmin edilmektedir.

Kalite değerlendirmeleri yapıldığında, ihtiyaçları karşılamada her zaman başarısızlığın bulunma ihtimali mevcuttur. Böyle durumlarda, muhtemel olarak bütçelenmiş harcamalarla karşılaşılacaktır. Buna göre; iç başarısızlık maliyetleri, müşterinin ihtiyaçlarına uygun olmayan mamul veya hizmetlerin düzeltme ve iyileştirme çalışmalarının ve uygun olmayan satın alınmış malzemelerin maliyetleridir. Hatalı üretim nedeniyle boşa harcanmış malzeme ve işçilik giderleri

de bu sınıfa dahildir (Ertay, 1996). Bu maliyeti oluşturan genel unsurlar aşağıda açıklanmaktadır (Bozkurt, 2003):

- Hurda
- Yeniden işleme/onarım
- Sorun çözme ya da kusur/eksiklik analizi
- Taşeronun hatası
- Modifikasyon izinleri ve uzlaşmalar
- Ürün derecelendirilmesi

#### **2.3.4 Dış başarısızlık maliyetleri**

Ürünün veya hizmetin beklenen kalite standartlarına uygunsuzluğundan kaynaklanmaktadır (Akgün, 2005). İç başarısızlık maliyetleri tasarlanan kalite standartlarındaki sapmadan oluştuğu halde dış başarısızlık maliyetleri kalite spesifikasyonlarının müşteri beklentilerini karşılayamadığı durumlarda da oluşmaktadır. Ürünün tedarikçiden müşteriye transferinden sonra ortaya çıkan yetersiz kalite nedeniyle oluşan maliyetlerdir. Aşağıda detayları açıklanan unsurlardan oluşur (Bozkurt, 2003):

- şikayetler
- Garanti
- Reddedilen ya da geri gönderilen ürünler
- Uzlaşmalar
- Geri alma maliyetleri
- Ürün sorumluluğu

### 3. İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL

#### 3.1 İstatistiksel Süreç Kontrol Kavramı

İstatistiksel Süreç Kontrol, süreçler hakkında veriler toplayarak, süreçlerin gidişatının incelenmesi ve değişkenliğinin ölçülmesi temeline dayanan kalite kontrol tekniğidir.

Walter Shewhart tarafından 1924 yılında geliştirilen İstatistiksel Süreç Kontrol tekniğinde; istatistik metotlarla, imalat esnasında üründen ya da ürünün kalitesini etkileyen özelliklerden belirli periyotlarla toplanan veriler incelenir ve analiz edilir; önceden belirlenen limitlerin dışına çıkan değerler oluştuğunda süreçteki bu değişkenliğin nedeni araştırılır ve söz konusu nedeni ortadan kaldırmak için incelemeler yapılır.

İstatistiksel Süreç Kontrol tekniğinde amaç; süreçleri kontrol altında tutmak, hataları ortaya çıkmadan önlemektir. Tüm süreç boyunca hedef kaliteden sapmalar ve uygunsuzluklar tespit edilir, uygunsuzluğa yol açan gerçek sebepler ortaya çıkarılır, buna bağlı olarak belirlenen düzeltici/önleyici faaliyetler uygulanır.

Hataların görünür belirtileri (semptomlar) ile kökeninde yatan sebepler genellikle çok farklı olduklarından, uygun “tedaviye” başlanabilmesi için iyi bir “teşhis” kaçınılmazdır. Verimin artırılması için hayati önem taşıyan doğru teşhise varabilmek için ise, objektif verilerin kullanıldığı, bilimsel temellere dayanan yöntemlerden faydalanmak gerekir. İstatistiksel yöntemler bu kriterleri sağladıklarından, süreç kontrolü mekanizmasında yaygın kabul görmektedirler. İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK), istatistik tekniklerinin veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözümler getirmek üzere kalite problemlerine uygulanması olarak tanımlanmaktadır. İSK, üretimin önceden belirlenmiş kalite özelliklerine uygunluğunu ve kusurlu ürün üretiminin en aza indirgenmesini sağlayıcı bir nitelik taşımaktadır. İSK uygulamalarında süreç sürekli gözlemlenerek problemler tespit edilir, problemin sebepleri belirlenir, çözüm geliştirilir, geliştirilen çözüm uygulanır ve süreç tekrar izlenir. Bu döngü sonsuz olup bu sayede sürecin sürekli iyileştirilmesi sağlanır

(Devor ve diğ., 1992). Üretim sürecinde oluşan hataların sonradan telafi edilmesi oldukça zor ve yüksek maliyetlidir. Müşteri istek ve beklentilerini karşılayacak bir kalite düzeyine ulaşmak için, üretim sürecinin ürünleri hatasız olarak üretilmesini sağlamak gereklidir. İSK bir ürünün en ekonomik ve yararlı biçimde üretilmesini sağlamak amacı ile istatistiksel prensip ve tekniklerin, üretimin tüm aşamasında kullanılmasıdır.

İSK'da 4 temel işlev sırasıyla şöyledir:

- Süreç değişkenliği ölçülür.
- Süreç değişkenliği kontrol edilir.
- Süreç yeterli hale getirilir.
- Süreç değişkenliğinin azaltılması sürdürülür.

İSK ile:

- Hatalar kaynağında önlenir, sorunlar yayılmadan durdurulur, böylece birbirlerini besleyen departmanların birbirlerine hatalı ürün vermeleri önlenir.
- Herkes kendi işinin kalitesini denetler.
- Her departman hem bir alıcı, hem de satıcı durumundadır. Bu yüzden herkesin kendi ürününü bir sonraki departmana hatasız sunması söz konusudur.

### **3.2 İstatistiksel Süreç Kontrol Teknikleri**

İstatistiksel tekniklerin kaliteyi iyileştirdiği, geliştirdiği, verimliliği arttırdığı ve maliyetleri düşürdüğü bilinmektedir. İstatistiksel teknikler; karmaşık süreçleri analiz ederek, bunlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmakta ve kalite iyileştirme faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır (Rungtusanatham, 2000).

İstatistiksel teknikler, uygulama sürecinde ortaya çıkan problemlerin belirlenmesinde, çözülmesinde ve gerekli verilerin oluşturulmasında etkin bir kullanıma sahiptir. İstatistiksel süreç kontrolünde, yararlanılan temel araçlar yaygın olarak “Yedi Kalite Aracı” olarak bilinir. Bu yedi araç, verilerin düzgün biçimde belirlenebilmesini kolaylaştırmak ve bu verilerin sistematik bir yaklaşımla değerlendirilmesini sağlamak amacı ile tasarlanmıştır.

Bu Yedi Kalite Aracı aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Çetele Tablosu
- Sınıflandırma
- Histogram
- Neden-Sonuç Diyagramı
- Serpilme Diyagramı
- Kontrol Grafikleri
- Pareto Analizi

Toplam kalite konusunun önde gelen uzmanlarından Kaori Ishikawa'ya göre bu 7 temel istatistiksel teknik ile birlikte, kaliteye ilişkin problemlerin %95'i çözümlenebilir (Akin, 1996).

### 3.2.1 Çetele tablosu

Kontrol çeteleleri, kalite kontrolde verilerin kaydı ve düzenlenmesi için kullanılır. Belirli zaman aralığında meydana gelen hataların ortaya çıkma nedenleri ve kaynaklarını bulmak amacı ile sorunları çetele ile göstererek sıklık derecesinin saptanması için kullanılan bir araçtır (Kartal, 1999).

Bir üründe tespit edilen hata türlerine ait çetele tablosu örneği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

| Kusur Türü   | Çetele               | Frekans |
|--------------|----------------------|---------|
| Çatlak       | XXXXXX               | 12      |
| Kırık        | XX                   | 4       |
| Yanlış Desen | XXXXXXXXXXXXXX       | 26      |
| Sırlama      | XXXXXXX              | 14      |
| Marka        | XX/                  | 5       |
| Çizik        | XXXXXXXXXX/          | 19      |
| Patlak       | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX | 40      |
|              | TOPLAM               | 120     |

Şekil 3.1 : Bir üründe tespit edilen hatalara ait Çetele Tablosu (Kartal, 1999).

### 3.2.2 Sınıflandırma

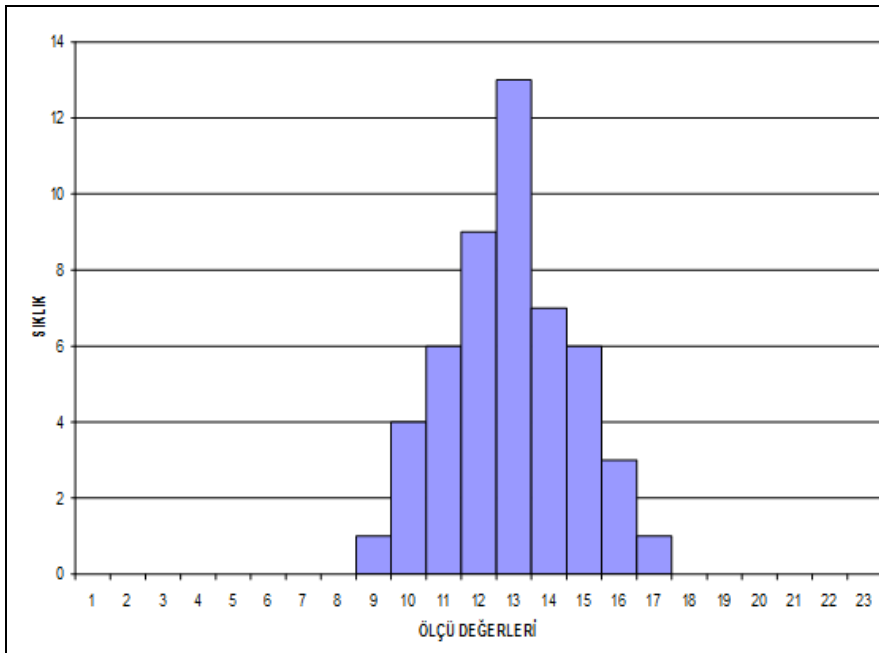
Sınıflandırma, tek başına bir analiz metodu olmayıp, her metot için kullanılabilen genel bir yaklaşımdır. Süreç kontrolünün temelinde değişkenliklerin sebebini bulmak varsa; bu sebeplerin ortaya çıkarılmasında toplam verinin sınıflandırılması kritik rol

oynamaktadır. Sınıflandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesi olarak tarif edilebilir (Kolarik, 1995).

### 3.2.3 Histogram

Histogramlar verilerin görsel olarak incelenmesine ve değerlendirilmesine olanak sağlayan grafik araçlardır. Histogram belirli bir zaman aralığında alınan ölçüm değerlerinin sınıflandırılarak değerlendirilmesine yarar. Başka bir deyişle, alınan örneklerin ortalamasının ne olduğu ve değerlerin nasıl bir dağılım gösterdiği histogram yardımı ile açıklanabilir. Histogramda, yatay eksenle ölçülen değerler tek tek ya da sınıflar halinde, dikey eksenle ise her sınıfın frekansları yer alır. Bir ürüne ait histogram elde edildikten sonra bu değerler, önceden müşteri istek ve ihtiyaçlarının da dikkate alınması ile belirlenen spesifikasyon limitleri ile karşılaştırılıp ilgili değerlendirmeler yapılır (Çetin ve diğ., 2001).

Bir ürüne ait hata frekansını gösteren histogram örneği Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



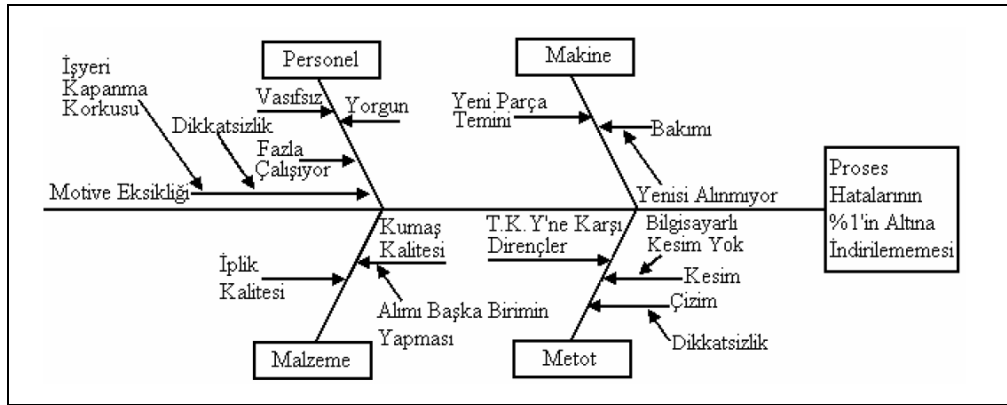
Şekil 3.2 : Bir ürüne ait hata frekansını gösteren Histogram (Çetin ve diğ., 2001).

### 3.2.4 Neden-sonuç diyagramı

Neden-sonuç diyagramı, bir kalite karakteristiği ve faktörleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir diyagram olarak tanımlanmaktadır (Besterfield, 1998).

Neden-sonuç diyagramları problem çözme ve süreç geliştirmede çalışan takımların en çok kullandıkları kalite araçlarından birisidir. Görünüşünden dolayı “Balık Kılıcı” veya 1943 yılında bu aracı ilk geliştiren kişi olan Tokyo Üniversitesi profesörlerinden Kaoru Ishikawa’nın adıyla “Ishikawa Diyagramı” olarak da adlandırılır. Süreçteki her adım için veya her problem için genel sebeplerden yola çıkılarak en ufak detaya inilir ve sebebin ortaya çıkarılması için temel bilginin ortaya konmasına olanak verilir. Diyagram, hangi sebeplerin hangi sonucu meydana getirdiğini açıklamada etkili bir araçtır (Montgomery 2001).

Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilmiş ilk neden-sonuç diyagramı Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



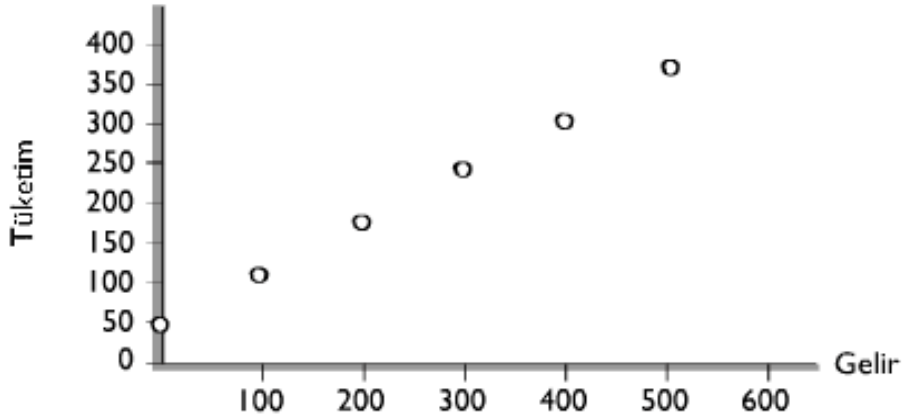
Şekil 3.3 : Hataların azaltılması için Neden-Sonuç Diyagramı (Montgomery 2001).

### 3.2.5 Serpilme diyagramı

Sebeup-sonuç arasındaki ilişkinin kurulmasında değişkenler arasındaki bağıntının doğru biçimde ortaya konabilmesi çok önemlidir. Kalite iyileştirmede kullanılan serpilme diyagramı da; bir kalite karakteristiği ile ona etki eden faktör arasındaki, birbirine bağımlı iki kalite karakteristiği arasındaki, bir kalite karakteristiğini etkileyen birbiriyle ilişkili iki faktör arasındaki bağıntıyı (korelasyonu) bulmaya yarar.

Belirli bir süreçte birbiriyle ilişkili oldukları düşünülen iki veri seti, belirli bir diyagram üzerinde incelenir. Değişkenlerden bağımsız değişken (etki eden faktör) yatay eksen, bağımlı değişken (kalite karakteristiği) dikey eksen yer alır. Yatay eksenindeki değişkenin belirli bir değerine karşılık dikey eksenindeki değişkenin aldığı değerlerin kesişme noktaları belirlenerek bir (x,y) noktalar bulutu elde edilir (Besterfield, 1998).

Tüketim ile gelir arasındaki korelasyonu gösteren serpilme diyagramı örneği Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



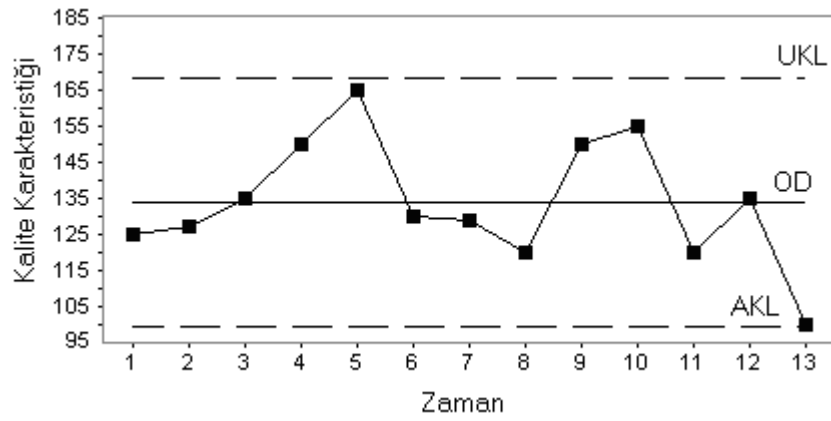
**Şekil 3.4 :** Tüketim-gelir ilişkisini gösteren Serpilme Diyagramı (Besterfield, 1998).

### 3.2.6 Kontrol grafikleri

Kontrol grafikleri, üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir (Kartal, 1999).

Kontrol grafiklerinin amacı, genel değişkenlik faktörlerini özel değişkenlik faktörlerinden ayırarak, değişkenliğin şansa mı bağlı yoksa kontrol edilebilir bir özelliğe mi bağlı olduğunun tespitini yapmak suretiyle, süreçteki anormal değişimlerin önüne geçmektir. Bir süreç kontrol grafiği genel olarak, bir merkezi hat ile bunun altına ve üstüne simetrik olarak çizilen kontrol limitlerinden oluşur. Merkezi hat, karakteristiğin hedef değerini; limitlerle sınırlanmış alan ise müsaade edilen kontrollü alanı gösterir. Süreç değerlerinin kontrol limitleri dışına çıkması, süreçte özel değişkenliğin mevcut olduğunu gösterir. Bu işlem süreç esnasında operatörün denetimine kolaylık sağladığı gibi, aynı zamanda grafik değerlerinin analiziyle sürekli bir süreç iyileştirmesine gidilebilir.

Bir ürüne ait kalite karakteristiğini gösteren kontrol grafiği örneği Şekil 3.5’te gösterilmiştir. Burada merkezi hat (OD), kalite karakteristiği değerlerinin ortalaması olarak belirlenmiş olup tüm değerler belirlenen üst ve alt kontrol limitleri (UKL ve AKL) dahilinde ölçümlenmiştir.



**Şekil 3.5 :** Bir ürünün kalite karakteristiğini gösteren Kontrol Grafiği (Kartal, 1999).

### 3.2.7 Pareto analizi

Pareto Analizi, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır. Bu teknik, bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan hemen her alanda kullanılabilir niteliktedir.

Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken, hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir (Ishikawa, 1982). Pareto analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için kullanılır (Grant ve Leavenworth, 1988). Üretim sürecinin sonunda ortaya çıkan ürünler, bunların performansı ve barındırdıkları hatalar sınıflandırılabilir ve ayrılabilirler. Pareto analizi, bu ayırımın yapılması ve ürünlerdeki sorunların üretimdeki hatalara göre sınıflandırılması işlemidir. Pareto analizi yapılırken hatalar büyükten küçüğe doğru sınıflandırılır ve bu sınıflandırma Pareto diyagramı üzerinde gösterilir (Bircan ve Gedik, 2003). Bu diyagramdan yola çıkılarak çözümler öne sürülür ve önemlerine göre sıralanabilir.



## 4. PARETO / ABC ANALİZİ

### 4.1 Pareto / ABC Analizi

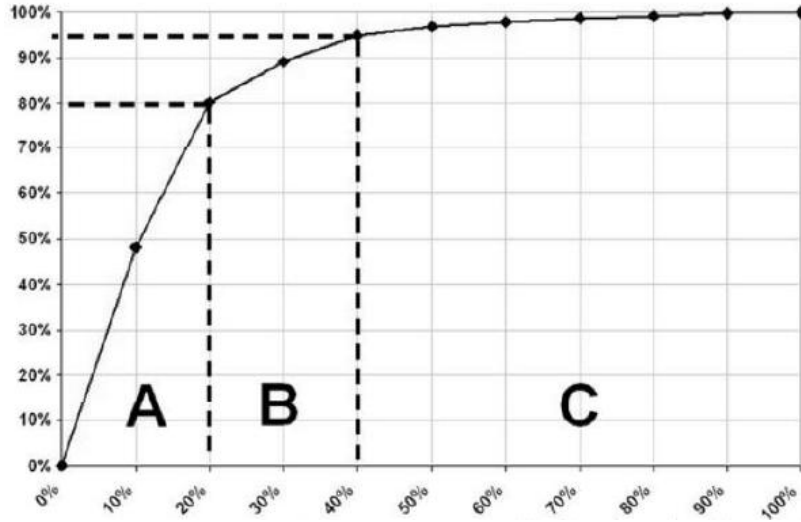
Pareto Analizi 19. yüzyılda yaşamış olan İtalyan Vilfredo Pareto (1848-1923) tarafından geliştirilmiştir. Ünlü bir iktisatçı ve sosyolog olan Pareto; daha sonra kendi adıyla anılmaya başlayacak olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur. Pareto işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve problemlerin büyük bir kısmının genellikle birbiri ile bağlantılı az sayıdaki ancak baskın nedenlerden kaynaklandığını ifade ederek şu şekilde genelleştirmiştir (QCC, 1984):

“Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20’si performansın %80’ini, sonra gelen %30’u performansın %15’ini ve geri kalan %50’si ise performansın sadece %5’ini oluşturmaktadır. Maliyetin yaklaşık %80’inin elemanların sadece %20’sinden kaynaklandığı veya servetin yaklaşık %80’inin nüfusun %20’sinin elinde olduğu gibi durumlar da bu konuya birer örnektir.” Bu oranlar sebebiyle literatürde “80-20 Kuralı” olarak da adlandırılan bu kalite aracına göre, “problemlerin %80’lik kısmına %20’lik aktivitenin neden olması ve bu önemli %20’lik payın üzerinde yoğunlaşılması” sonucuna varılmaktadır. Bir başka ifade ile “görünen çoğunluk, etkili azınlık” felsefesini temsil etmektedir.

Gerçekte önem değeri düşük işlere veya ürünlere değerinin çok üzerinde zaman veya para harcanması sonucunda çok büyük kayıplara uğranmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için işleri, ürünleri veya herhangi başka bir olguyu önem derecelerine göre sınıflandırarak; değerlerine göre yatırım yapıldığı takdirde bu kayıpların da büyük ölçüde önüne geçilebilmesi mümkündür. Bu amaçla işleri “çok önemli”, “orta derecede önemli” ve “az önemli” olmak üzere 3 ana başlık altında toplayarak sınıflandıran Pareto Analizi, aynı zamanda ABC (Always Better Control) Analizi olarak da adlandırılmaktadır. Bu analizde “A grubu” elemanlarını “çok önemli”, “B grubu” elemanlarını “orta derecede önemli” ve “C grubu” elemanlarını da “az önemli” işler oluşturmaktadır. ABC Analizine göre esas olan; sadece A grubundaki işleri yapıp geri kalan işleri bir kenara bırakmak değil, aksine bütün işleri önem

derecelerine göre bir sıraya koyarak hepsini verimli biçimde meydana getirebilmektir.

Şekil 4.1’de tipik bir ABC Analizi eğrisi gösterilmektedir. Pareto prensibi gereği bu diyagramın dikey eksen, analiz ele aldıkları konunun sonuçlarının yüzde değerlerini, yatay eksen ise analiz ele aldıkları konunun nedenlerinin yüzde değerlerini temsil etmektedir (QCC, 1984).



Şekil 4.1 : ABC Analizinin tipik eğrisi (QCC, 1984).

#### 4.2 Pareto Analizinin Faydaları

Pareto Analizinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bozkurt, 1998):

- Problem üzerinde en yüksek önem derecesine sahip faktörün belirlenmesi
- Problemleri listelemek, sebeplerini sıralamak ve her biri için oluşan hata sayılarını saptamak
- Önem sırasına göre tablo oluşturmak
- Listedeki toplam hata sayısını belirlemek
- Her bir problemin gösterdiği % oranlarını hesaplamak
- Herhangi bir takım çalışmasında ortak bir karar almak ya da bir yolda birleşmek.

Görüldüğü gibi Pareto Analizi ile birlikte problemlerin önem dereceleri, hataların gerçekleşme sayıları ve sebepleri net bir şekilde belirlenir. Bu sayede iyileştirmelerin öncelikle hangi alanlara uygulanacağı belirlenir ve çalışmalar yürütülür.

### 4.3 Pareto Analizinin Uygulama Alanları

Pareto Analizi ilk olarak ekonomistler tarafından uygulanmış olsa da, günümüzde artık her türlü süreçte ya da işletmede rahatlıkla uygulanabilir. Analizin uygulanmasının kolay olması tercih edilebilirliğini arttırmıştır. İstatistiksel süreç kontrolünün babası sayılan Kaoru Ishikawa'ya göre, Pareto Analizi en çok zarar veren hatayı veya hataları kolayca tespit etmenin yanında, bir iyileştirme programının vermekte olduğu sonuçların izlenmesinde de kullanılabilir. Mesela ilk Pareto diyagramında tespit edilen hatalara çözüm getirildikçe Pareto diyagramındaki hata sıralaması değişmeye başlar. Böylece kalite kontrol elemanı hataları tespit etmek için oluşturulan diyagrama bakarak iyileşmenin etkilerini gözleme fırsatı bulur.

Pareto Analizi önemli birkaç konu veya sorunun üzerinde yoğunlaşmaya yardımcı olduğundan ve de öncelikleri belirlemeyi sağladığından verimlilik analizi için de önemli bir araçtır. Analizin bu ilkesi; pazarlama, kalite kontrol, stok analizi, satın alma, satış analizi, atık azaltma süreçleri gibi çeşitli üretim ve yönetim alanlarında kullanılmaktadır. Bir fabrikada sürecin duruş nedenleri, üretilen bir ürünün hatalı olmasının nedenleri, satışların neden istenildiği düzeyde olmadığına nedenleri gibi birçok konu Pareto Analizinin konusu olabilmektedir (Kobu, 1996).

Pareto Analizinin bir diğer yaygın kullanım alanı olarak stok kontrolü göze çarpmaktadır. Gerek malzeme stoğu gerek ürün stoğu olsun, iki alanda da çok sık olarak kullanılan bir yöntemdir. Her iki alanda da gruplar oluşturulurken birim maliyet ve miktar temel alınır. Bu yöntem uygulanırken başarılı olunabilmesi için en önemli ölçüt, gruplar belirlenirken son derece homojen biçimde davranılmasıdır. Önem değeri en yüksek olan grup elemanlarının (A sınıfı elemanlarının) çok sıkı bir biçimde kontrol edilmesi ve takip edilmesi gerekmektedir. Bu konuda tedarik stoklarına bakılacak olunursa;

A sınıfı:

- Sıkı kontrol gerekir.
- İhtiyaçlar katı bir biçimde hesaplanmalıdır.
- Dikkatli ve yakından takip edilmelidir.
- Düşük emniyet stoğu bulundurulmalıdır.
- Üst yönetim tarafından yönetilmelidir.

B sınıfı:

- Orta derecede kontrol gerekir.
- Kesin ihtiyaçlara göre satın alınmalıdır.
- Tercihen dikkatli takip edilmelidir.
- Orta derecede emniyet stoğu bulundurulmalıdır.
- Orta dereceli yöneticiler tarafından yönetilmelidir.

C sınıfı:

- Sıradan kontrol ölçütlerine göre kontrol edilebilir.
- Kullanım hesaplarına göre satın alınmalıdır.
- Emniyet stokları yüksek bulundurulabilir.

#### **4.4 Pareto Diyagramı**

Pareto diyagramı, hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerin en verimli sahalarda yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlar (Egermayer, 1988). Hata oranlarına göre yapılan bir Pareto diyagramında önemli olarak ayrılan birkaç çeşit hatanın toplam ıskartanın büyük miktarını meydana getirdiği görülür.

Pareto diyagramı temel olarak 6 adımda oluşturulur (Oakland ve Followell, 1990):

Adım 1: Üretim elemanları listelenir ve hatalar tespit edilir. Bu hatalara yol açan etkenlerin de belirlenmesi önemlidir. Hataların tespitinde; hatanın ne zaman ortaya çıktığı, nerede olduğu, nasıl olduğu, hatanın önemi, boyutu, ciddiyeti, kimleri ilgilendirdiği ve diğer faktörler açıkça belirlenmelidir. Bu çalışmaların dikkatlice yapılması, analizin hedefine daha başarılı bir şekilde varmasını sağlayacaktır.

Adım 2: Önceden belirlenmiş olan bir zaman aralığındaki değerler ölçülür. Bu değerler, bir hatanın hangi sebepten kaç kere oluştuğudur. Belirlenen değerler çetele tablosu olarak hazırlanmış olan kontrol kartına kaydedilir. Kontrol kartına hataya neden olan sebepler sıralanır ve gerçekleşme sıklıkları gösterilir. Böylece, en sık oluşan hatalar gözlemlenebilir.

Şekil 4.2’de görülen kontrol kartı örneğinde, delme hatası olan bir vidanın üretim aşaması gösterilmektedir. Burada hataların azaltılması amacı ile Pareto uygulamasına

başlanmıştır ve yapılan gözlemler sonucunda hatanın azaltılmasına yardımcı olacak sebepler belirlenerek kontrol kartına kaydedilmiştir.

| Delme hatası        | 1.Hafta   | 2.Hafta   | 3.Hafta   | 4.hafta  |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Kötü Numaralandırma | /         | //        | /         | ///      |
| Okunaksız           | //// //   | ////      | //// //   | ///      |
| Yerini değiştirme   | /         |           | //        |          |
| Eksik               | //        | ///       | ////      | //       |
| Diğer               | //        | ////      |           |          |
| <b>Toplam</b>       | <b>11</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>8</b> |

**Şekil 4.2 :** Delme hatası olan vidaya ait kontrol kartı (Oakland ve Followell, 1990).

Adım 3: Bu aşamaya kadar yapılan incelemeler sonucunda belirlenen hatalar, gerçekleşme sıklığına ya da oluşturduğu maliyete göre en büyük değerden en küçük değere doğru sıralanır.

Adım 4: Bir önceki adımda yapılan sıralamadan sonra, her bir değer toplam içindeki yüzde değeri hesaplanır. Ardından bu değerlerin kümülatif toplamı hesaplanır. Bu toplamdan yararlanılarak Pareto diyagramının çizimine başlanabilir.

Şekil 4.2’de gösterilen delme hatasına ait nedenlerin, en büyük değerden en küçük değere doğru tasnif edilişi Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

| Delme hatası kaynakları | Hata adedi (sıklık) | %          | Kümülatif % |
|-------------------------|---------------------|------------|-------------|
| Okunaksız               | 23                  | 46         | 46          |
| Eksik                   | 11                  | 22         | 68          |
| Kötü Numaralandırma     | 7                   | 14         | 82          |
| Yerini Değiştirme       | 3                   | 6          | 88          |
| Diğer                   | 6                   | 7          | 100         |
| <b>Toplam</b>           | <b>50</b>           | <b>100</b> |             |

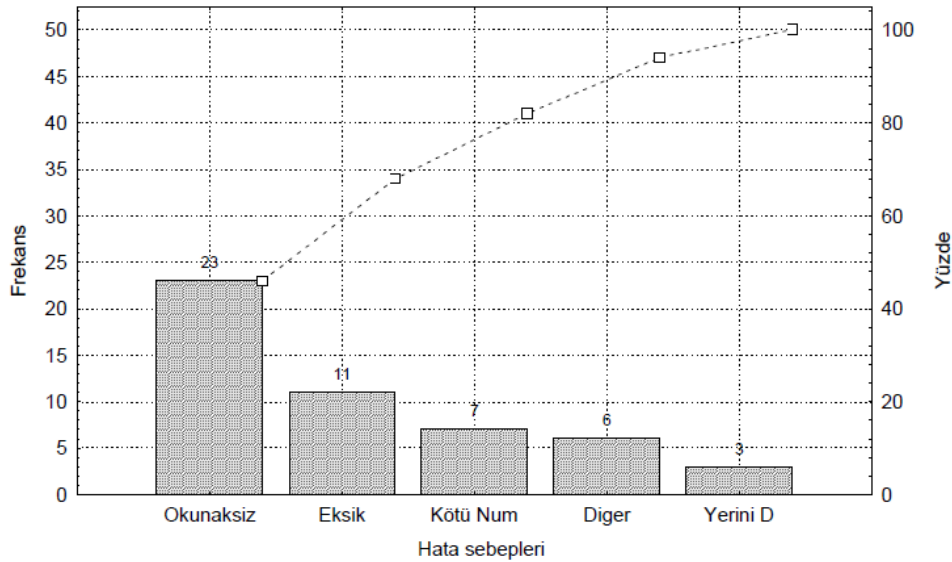
**Şekil 4.3 :** Delme hatası olan vidaya ait hata tablosu (Oakland ve Followell, 1990).

**Adım 5:** Proseslerde belirlenen hatalar ile ilgili nedenler, diyagramda yatay eksene eşit aralıklarla ve önem derecelerine göre sütunlar halinde yerleştirilir. En önemli hata nedenini temsil eden sütun en sola yerleştirilir ve ardından önem dereceleri gittikçe azalan nedenleri temsil eden sütunlar yerleştirilir. Eğer bu aşamada çok fazla hata nedeni var ise, önemsiz ve kısa sütunlar bir grup altında toplanarak “diğerleri” şeklinde ifade edilerek tek sütun halinde diyagrama yerleştirilebilir. Ancak bu birleştirme işlemi yapılırken dikkatli olunmalıdır, çünkü küçük görünen fakat önemli olan bir hatanın diğerleri adı altında sınıflandırılması analizin doğruluğunu azaltacaktır. Ayrıca önemsiz hataların diğerleri adı altında birleştirilmesi önemlidir; çünkü hata sınıf sayısı arttıkça sağlanacak fayda giderek azalır, muayene işlemlerinin yürütülmesi güçleşir.

Hatanın oluşma sıklığı ve hatanın oluşturduğu yüzde değerleri dikey ekseninde gösterilir. Bu yüzde değerleri sütunların boylarını belirler ve bu değerler normal oranlama yöntemi ile aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibi hesaplanabilir:

$$X \text{ hatasının yüzdesi} = (X \text{ hatası oluşma sayısı} / \text{Toplam hata sayısı}) * 100 \quad (4.1)$$

Şekil 4.4’te delme hatası olan vida üretim sürecinde oluşan hata nedenlerini gösteren bir Pareto diyagramı gösterilmektedir.



**Şekil 4.4 :** Delme hatalı vidanın Pareto diyagramı (Oakland ve Followell, 1990).

**Adım 6:** Bu aşamada çizilen Pareto diyagramı yorumlanır. En uzun sütun en çok hatanın olduğu sütundur. Fakat her zaman en uzun sütun en büyük maliyeti

göstermez. Hata oranı esas alındığında önemsiz görülen bir mesele, diyagram maliyet faktörü esas alındığında yeniden düzenlendiğinde bir numaralı problem olarak görülebilir.

En uzun sütundaki hata aynı zamanda çözülmesi için en çok zaman gereken hata olabilir. Bu nedenle onun için ayrı bir Pareto diyagramı oluşturulup oluşma nedenleri incelenebilir. Pareto diyagramı süreç kontrol tekniklerinin en fazla kullanışlı olanlarından olduğu halde, diyagramı analiz eden kalite kontrol elemanının mahareti ile sınırlı kalmaktadır. Bunun nedeni, bazı durumlarda hata sınıflarının etkisini belirlemek için ağırlık faktörü eklenmesidir. Bunun sonucu olarak ise, hata sınıflarının öncelik sıralaması değişebilir (Montgomery, 2001).

Pareto diyagramı çizildikten sonra, önemli olan hata sınıflarının belirlenmesi gerekir. Bunun ardından, bu hata sınıflarının çözümü için gerekli olan maliyetler ve zaman hesaplanır. Optimum çözüm yolu belirlenir. Çünkü belki de en önemli görünen hata düşük maliyet ve zaman gerektirirken, sonraki ikinci önemli hata daha fazla maliyet ve zaman gerektirebilir.

#### **4.5 Çok Kriterli Pareto Analizi**

Sınıflandırılması gereken elemanların yüksek çeşitlilikte olduğu ve miktar olarak da fazla olduğu durumlarda bu elemanları gruplandırmak gittikçe daha zor bir hal almaktadır. Klasik Pareto Analizi uygulamalarında tek bir kriter göz önüne alınarak sınıflandırma yapılır. Ancak bu durumun sağlıklı sonuçlar vermediği ortadadır, göz önünde bulundurulmuş tek bir kriterden başka önemli olabilecek kriterler de mevcuttur. Bu nedenden dolayı da sınıflandırmanın daha fazla kritere dayandırılarak yapılması gerekmektedir.

Çok kriterli karar verme, kendi içlerinde birbirleriyle çatışan amaçları ortak bir noktada toplayabilmek için kullanılır. Bu bağlamda bir amaç grubu ve seçim yapılabilmesi için de bir alternatifler grubu bulunmaktadır. En iyi alternatiflerin seçilebilmesi için sadece kantitatif veriler değil, aynı zamanda yöneticilerin görüşlerini de dikkate alan modeller uygulanmalıdır (Ramanathan, 2006).

#### **4.6 Çok Kriterli Pareto Analizi Uygulama Alanları**

Son yıllarda rekabetin artmasıyla beraber karar verme mekanizmalarının da önemi oldukça artmaktadır. Özellikle de farklı ölçütleri ele alan karar verme yöntemlerinin önemi günden güne artmaktadır. Bu nedenden dolayı, çok kriterli Pareto Analizinin kullanım alanları yaygınlaşmaktadır. Pareto Analizinin kullanıldığı tüm alanlarda kullanılmasının yanı sıra, herhangi bir çok kriterli karar verme durumunda da kullanılabilmektedir.

#### **4.7 Çok Kriterli Pareto Analizi Çözüm Yöntemleri**

Çok kriterli Pareto Analizi problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemler 5 ana başlık altında toplanabilir:

- Matris Temelli Metodolojiler
- Kümeleme Analizi
- Basit Ağırlıklı Doğrusal Optimizasyon Modelleri
- Sezgisel Yöntemler (Genetik Algoritma, Yapay Sinir Ağları)
- Analitik Hiyerarşi Süreci

##### **4.7.1 Matris temelli metodolojiler**

Matris temelli metodolojiler, içeriğinde çok sayıda değişken olan karar verme mekanizmalarında yer alan çok kullanışlı ve güvenilir yöntemlerden biridir ve çok yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır (Leonard, 1999). Matris yöntemi kullanılarak çok sayıda ürün ya da karşılaştırılması gereken eleman, önem dereceleri ve ihtiyaçların bulunduğu bir matrise yerleştirilerek kıyaslanabilmektedir. Matrisin yapılandırılmasında uzman görüşlerinden de yararlanabildiği için, sonuç üzerinde yöneticilerin tecrübeleri de etkindir.

Matris temelli metodolojiler uygulanırken, öncelikle kullanılacak olan amaç doğrultusunda matris oluşturulur. Genellikle bu matrisin sol sütununa ihtiyaçlar, üst satırına ise karşılaştırılacak olan elemanlar yerleştirilir. Bunun dışında ihtiyaçların da kendi aralarında sıralanabilmesi için matrisin ikinci sütununa 1-5'lik veya 1-9'luk ölçek konularak daha gerçekçi bir sıralama yapılmasına olanak sağlanır (Saggiani ve Teodorani, 2004).

#### 4.7.2 Kümeleme analizi

Kümeleme analizi, bir veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen birimleri, değişkenleri ya da birim ve değişkenleri birbirleri ile benzer olan alt kümelere ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur. Kümeleme analizi veri nesnelerini yalnızca nesneleri tanımlayan ve ilişkilerini ortaya koyan verilerden çıkarılacak bilgiler ışığında gruplar. Amaç aynı grup içerisindeki nesnelerin birbirine benzer veya ilişkili olması, farklı gruptakilerin ise birbirinden farklı olması ya da ilişkilerinin bulunmamasıdır. Gruplardaki elemanların birbirleriyle olan benzerlikleri veya ayrı gruptaki elemanların birbirlerinden farklılıkları, kümeleme analizinin iyi ya da kötü yapıldığının göstergesidir.

Kümeleme analizinin uygulama aşamaları şu şekildedir (Özdamar, 1999):

- Birimlerin/değişkenlerin doğal gruplamaları hakkında kesin bilgilerin bulunmadığı popülasyonlardan alınan n sayıda birimin p sayıda değişkenine ilişkin gözlemlerin elde edilmesi, bir başka deyişle veri matrisinin belirlenmesi.
- Birimlerin/değişkenlerin birbirleri ile olan benzerliklerini ya da farklılıklarını gösteren uygun bir benzerlik ölçüsü ile birimlerin/değişkenlerin birbirlerine uzaklıklarının hesaplanması, bir başka deyişle benzerlik ya da farklılık matrisinin belirlenmesi.
- Uygun kümeleme yöntemi yardımı ile benzerlik ya da farklılık matrislerine göre birimlerin/değişkenlerin uygun sayıda kümelere ayrılması.
- Elde edilen kümelerin yorumlanması ve bu kümeleme yapısına dayalı olarak kurulan hipotezlerin doğrulanması için gerekli analitik yöntemlerin uygulanması.

Kümeleme analizi genellikle dört farklı amaç için kullanılmaktadır (Özdamar, 1999):

- Belirli sayıda birimi, belirli sayıda değişkene göre kendi içlerinde homojen ve kendi aralarında farklı gruplara ayırmak.
- Belirli sayıda değişkeni, belirli sayıda birime göre ortak özelliklerine göre alt kümelere ayırmak.
- Değişkenlerle birimleri aynı anda göz önünde bulundurarak buna göre ortak özellikte alt kümelere ayırmak.

- Birimleri, belirli sayıdaki değişkene göre içlerinde bulundukları biyolojik ve tipolojik sınıflara ayırmak.

Kümeleme analizi 3 farklı kümeleme türü ile uygulanabilir:

Hiyerarşik (iç içe) ve bölmesel (iç içe olmayan) kümeleme: Kümeleme analizinde elemanları gruplara ayırırken bakılması gereken önemli kriterlerden birisi onların iç içe olup olmadıklarıdır. Veri elemanlarının birbirleriyle örtüşmeyen yani her bir elemanın sadece bir kümede bulunduğu kümeleme türü bölmesel kümelemedir. Eğer ki kümelerin alt kümeleri bulunuyorsa, bu durumda ise hiyerarşik kümeleme yapılmış olur.

Seçkin ve örtüşen (seçkin olmayan) kümeleme: Seçkin kümeleme, bir veri elemanının yalnızca tek bir kümede bulunduğu kümeleme türüdür. Ancak bazı durumları açıklayabilmek için bir elemanın birden fazla küme içerisinde kullanılması gerekebilmektedir. Bu durumlarda ise seçkin olmayan kümeleme tipinin kullanılması uygun olmaktadır. Bir başka deyişle, bir örtüşen (seçkin olmayan) kümeleme bir nesnenin aynı anda birden fazla gruba ait olmaları gerçeğini ortaya çıkarmada kullanılır. Örtüşen kümeleme aynı zamanda bir nesnenin birden fazla kümeye ait olabilmesi durumunda bunlardan herhangi birine konması için de kullanılabilir.

Bulanık kümeleme: Bu kümeleme türünde bir eleman sadece bir kümeye değil bütün kümelere ait olmaktadır. Bu elemanın her küme içerisinde 0 ile 1 arasında belirli bir ağırlığı bulunmaktadır. Bütün bu kümelerdeki ağırlıkların toplamı 1 olmak durumundadır. Bu sayede bir veri elemanının aslında sadece bir kümeye ait olmadığı ve bütün kümelerde belirli bir ağırlığının bulunduğu açıklanabilmektedir.

#### **4.7.3 Basit ağırlıklı doğrusal optimizasyon modelleri**

Basit ağırlıklı doğrusal optimizasyon, bir diğer adıyla lineer optimizasyon, kaynakların optimal dağılımını elde etmeye, maliyetleri minimize etmeye, karı ise maksimize etmeye yarayan bir tekniktir. Günümüzde işletme, ekonomi ve muhasebe dallarını en yakından ilgilendiren konulardan biri olan lineer optimizasyon, aynı zamanda yöneylem araştırmasında da en önemli konulardan biridir. Bu yöntem optimizasyon problemlerinin çözümünde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. 1947 yılında George Dantzig'in optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan etkin bir yol olan Simpleks Algoritmayı bulması ile, lineer optimizasyon sıklıkla ve hemen her sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle bankacılık, eğitim, askeriye

alanlarında optimizasyon problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Firmalarda karşılaşılabilecek darboğazların giderilmesinde, seçenekli üretim tekniklerinin kullanılmasının getirilerini belirlemede, kısıt kaynakların etkin kullanımında ve bunların gölge fiyatlarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun politikaların belirlenmesinde de kullanılmaktadır.

Yöntem uygulanırken izlenmesi gereken üç aşama şu şekildedir:

- Karar değişkenlerinin oluşturduğu bir optimizasyon problemi, maksimize ya da minimize edilmeye çalışılır. Maksimize ya da minimize edilmeye çalışılan fonksiyona amaç fonksiyonu denir.
- Karar değişkenlerinin değerleri bazı kısıtları sağlamalıdır. Her kısıt bir lineer eşitlik ya da lineer eşitsizlik olmalıdır.
- Her değişkenle ilgili olarak bir işaret sınırı belirlenmelidir.

#### **4.7.4 Sezgisel yöntemler**

##### **4.7.4.1 Genetik algoritmalar**

Temelleri John Holland tarafından atılan genetik algoritmalar, doğal seçim ilkelerine dayanan bir optimizasyon tekniğidir. Temel ilkelerinin ortaya atılmasından sonra üzerinde birçok çalışma yapılan ve geliştirilen genetik algoritmaların, günümüzde fonksiyon optimizasyonundan mekanik öğrenmeye kadar birçok alanda başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar (Goldberg, 1989). Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır.

Genetik algoritmalar işletmelerde özellikle üretim aşamasında sıklıkla kullanılmaktadır. Üretimde montaj hattı dengeleme, çizelgeleme, tesis yerleşimi, atama, hücresel üretim, sistem güvenilirliği, taşıma, araç rotalama problemlerinin çözümünde başarıyla kullanılmaktadır.

Birçok alanda uygulama imkanı ve uygulamaları olan genetik algoritmaların işleme adımları şöyle açıklanabilir (Engin, 2001):

- Arama uzayındaki tüm mümkün çözümler dizi olarak kodlanır.

- Genellikle rastsal bir çözüm kümesi seçilir ve başlangıç popülasyonu olarak kabul edilir.
- Her bir dizi için bir uygunluk değeri hesaplanır, bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir.
- Bir grup dizi belirli bir olasılık değerine göre rastsal olarak seçilip çoğalma işlemi gerçekleştirilir.
- Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulur.
- Önceden belirlenen kuşak sayısı boyunca yukarıdaki işlemler devam ettirilir.
- İterasyon, belirlenen kuşak sayısına ulaşınca işlem sona erdirilir.
- Amaç fonksiyonuna göre en uygun olan dizi seçilir.

Genetik algoritmalar, çözüm kümesindeki bütün noktaları kromozom adı verilen ikili bit dizileri halinde kodlar. Her noktanın bir uygunluk değeri vardır. Her kuşakta genetik algoritma, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak yeni bir popülasyon oluşturur. Birkaç kuşak sonunda, popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip üyeleri içerir. Bu durum, Darwin'in rastsal mutasyona ve doğal seçime dayanan evrim modellerine benzemektedir. Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir (Jang, 1997).

#### **4.7.4.2 Yapay sinir ağları**

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2003). Yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenerek, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi uğraşı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu nedenledir ki, bu konu üzerindeki çalışmalar ilk olarak beyni oluşturan biyolojik üniteler olan nöronların modellenmesi ve bilgisayar sistemlerinde uygulanması ile başlamış, daha sonraları bilgisayar sistemlerinin gelişimine de paralel olarak birçok alanda kullanılır hale gelmiştir.

Yapay sinir ağları, birbirine bağlı ve paralel olarak çalışan birçok işlem elemanından, bir diğer deyişle nöronlardan oluşurlar. Bu nöronlar çeşitli şekilde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki

ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifade ile, yapay sinir ağları normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir.

Yapay sinir ağları 1950'li yıllarda ortaya çıkmalarına rağmen, ancak 1980'li yılların ortalarında genel amaçlı kullanım için yeterli seviyeye gelmişlerdir. Bugün gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde oldukça geniş bir uygulama alanı kazanmış olup birçok endüstride başarılı şekilde kullanılmaktadırlar. Bunlardan bazıları şu şekildedir (Heinemann, 2000):

**Arıza Analizi ve Tespiti:** Bir sistemin, cihazın ya da elemanın düzenli çalışma şeklini öğrenen bir yapay sinir ağı yardımıyla, bu sistemlerde meydana gelebilecek arızaların tanımlanma olanağı vardır. Bu amaçla yapay sinir ağları elektrik makinelerinin, uçakların ya da bileşenlerinin, entegre devrelerin, vs. arıza analizinde kullanılmıştır.

**Tıp:** EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu gibi uygulama alanları bulunmaktadır.

**Savunma Sanayi:** Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesneleri/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme gibi alanlara uygulanmıştır.

**Haberleşme:** Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi, trafik yoğunluğunun kontrolü ve anahtarlama gibi alanlarda uygulama örnekleri vardır.

**Üretim:** Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, iş çizelgeleri hazırlanması, ürünlerin kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi gibi alanlara uygulanmıştır.

**Otomasyon ve Kontrol:** Uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol izleme ve yol koşullarına göre sürüş analizi, robot sistemlerin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü, vs. gibi alanlarda uygulamaları mevcuttur.

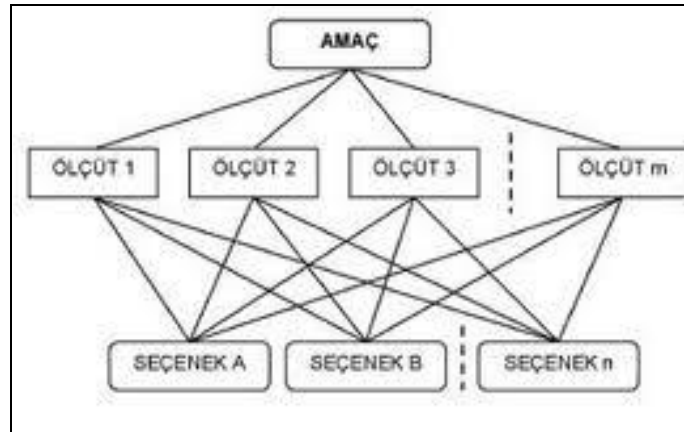
**Finans:** Pazar performans analizi, bütçe yatırım tahminleri, müşteri analizi ve kredi uygulamaları geliştirilmesi gibi alanlarda kullanılmıştır.

Güvenlik: Parmak izi tanıma, retina tarama, yüz eşleştirme gibi kullanım alanları mevcuttur.

#### 4.7.5 Analitik hiyerarşi süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), çok kriterli karmaşık problemleri çözmek amacıyla 1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş bir tekniktir. AHS, kararların analizinde, sayısallaştırılabilen somut veya soyut kriterleri karşılaştırarak ölçen ve kriterlerin birbirlerine göre önceliklerini hesaplayarak önem sıralarını belirleyen bir yaklaşımdır (Güngör ve Büyüker, 2005). AHS karmaşık ve yapısal olmayan bir durumu temel parçalarına ayırma, bu parçaları ya da değişkenleri bir hiyerarşik düzen içine oturtma, her bir değişken için yapılan sübjektif değerlendirmeleri sayısal değerlere çevirme, değişkenlerden hangilerinin söz konusu durumun sonuçlarını etkileyeceğini ve en yüksek önceliğe sahip olduğunu belirlemek için sübjektif değerlendirmeleri inceleme işlevlerini içerir (Saaty, 2001).

Saaty’nin, karar problemlerinde başarılı olmak için karmaşık matematiğe değil sadece doğru matematiğe gereksinim duyulduğunu fark etmesi sonucu karmaşık durumların analizi ve karmaşık kararların verilebilmesi konusundaki çalışmaları sonucu geliştirdiği AHS; karmaşık, çok kişili, çok kriterli ve çok periyotlu problemleri hiyerarşik olarak yapılandırıp görselleştirmektedir. Şekil 4.5’te AHS yapısı görülmektedir.



Şekil 4.5 : AHS yapısı (Saaty, 2001).

Karar problemini en küçük ayrıntıdaki kriterlere kadar ayrıştırabilmesi ve böylece en küçük ayrıntının bile karar üzerindeki etkisini göz önüne alması, AHS’nin yaygın kullanılmasının en önemli nedenlerinden biridir. Ayrıca analizde sağladığı uygulama

kolaylıkları, esneklik ve rahat yorumlanabilmesi, AHS'nin geniş uygulama alanına sahip olmasını sağlar. Yönetim alanında; personel değerlendirmesi, etkin ekip-iş atamaları, yönetim stratejilerinin değerlendirilmesi (Hastings, 1996), finansman alanında; etkin finansman planlaması, en etkin finansman stratejilerinin saptanması, üretim alanında; süreç yönetiminde etkin süreçlerin belirlenmesi, proje yönetimi, atölye çizelgeleme, uzun dönemli stratejik planların oluşturulması konularında AHS yoğun olarak kullanılmaktadır.

AHS yaklaşımının oluştuğu 4 temel aşama şu şekilde özetlenebilir:

Aşama 1: Problemin yapılandırılması ve modelin oluşturulması

İlk aşamada problem açık bir şekilde tanımlanır; amaç, kriterler, alt kriterler, alternatifler, vb. problem bileşenleri belirlenerek hiyerarşik yapıdaki model oluşturulur. Bu yapı beyin fırtınası, anket çalışması, uzman kişilerin görüşleri ya da diğer ayırma metotları vasıtasıyla karar vericilerin fikirlerinden yararlanılarak elde edilebilir.

Aşama 2: İkili karşılaştırma matrislerinin ve öncelik vektörlerinin oluşturulması

Birinci aşamada oluşturulan hiyerarşik yapı göz önünde bulundurarak, her kararı etkileyen faktörlerin ikili karşılaştırmaları karar vericiler tarafından yapılır. Karar vericiler, ikili karşılaştırmalarda seri şekilde bir takım sorulara cevap vererek iki faktörü aynı zamanda karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının nasıl olduğu belirlenir. Sayısal olarak ifade edilebilen faktörler için seçenekleri karşılaştırmada bir sorun yoktur. Ama sayısal olarak ifade edilemeyen faktörler için bir seçeneğin diğerinden ne kadar önemli olduğunu belirlemek kolay değildir. Sayısal olarak ifade edilemeyen faktörlerin karşılaştırılmasında, AHS yaklaşımının öngördüğü temel karşılaştırma ölçeği kullanılmaktadır (Saaty, 1994). Bu ölçek Çizelge 4.1'de gösterildiği gibidir.

İkili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır. Bu matrisin sütunları, her sütundaki elemanlar sütun toplamalarına bölünmek suretiyle normalize edildikten sonra elde edilen satır ortalaması değerleri, her bir bileşenin ağırlığını göstermektedir. Her bir ikili karşılaştırmalar matrisi için elde edilen ağırlıkların oluşturduğu vektör, öncelikler vektörü olarak adlandırılır. Öncelikler vektörü ile ikili karşılaştırmalar matrisi çarpılarak bütün öncelikler matrisi elde edilir.

**Çizelge 4.1 : Temel karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1994).**

| Önem Derecesi | Tanımı                                      | Açıklaması                                                                                                |
|---------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Eşit derecede önemli                        | Her iki faaliyet amaca eşit katkıda bulunur.                                                              |
| 3             | Orta derecede önemli                        | Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.          |
| 5             | Güçlü derecede önemli                       | Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.            |
| 7             | Çok güçlü derecede önemli                   | Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.          |
| 9             | Son derece önemli                           | Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.                                  |
| 2, 4, 6, 8    | Yukarıdaki değerler arasındaki ara değerler | Bir değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa, sayısal değerlerin ortasındaki bir değer verilir. |

#### Aşama 3: Tutarlılığın test edilmesi

Tutarlılık, ikili karşılaştırmalar sonucunda bulunan değerlerin yani önceliklerin birbirleriyle olan mantıksal ve matematiksel ilişkisi olarak tanımlanabilir. Tutarlılığın test edilebilmesi için tutarlılık indeksinin (CI) ve tutarlılık oranının (CR) hesaplanması gerekir.

CI hesaplanabilmesi için öncelikle, elde edilen öncelik vektörü ile ikili karşılaştırmalar matrisi çarpılarak yeni bir vektör elde edilir. Bu son elde edilen vektörün birinci elemanı, öncelik vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye ve n. elemanı n.'ye bölünerek üçüncü bir vektör elde edilir. Bu üçüncü vektörün elemanları toplanarak toplam eleman sayısına bölündüğünde, en büyük öz değer  $\lambda_{max}$  için yaklaşık bir değer elde edilir.  $\lambda_{max}$  değeri n (ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulmasında yer alan kriter sayısı) değerine ne kadar yakınsa, bulunan sonuçlar da o kadar tutarlı olur. Bulunan bu değerlerden yararlanılarak, tutarlılık indeksi CI ve tutarlılıktan ne kadar uzaklaşıldığını gösteren tutarlılık oranı CR şu formüller yardımıyla hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4.1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.2)$$

Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen tutarlılık oranı CR 0,10 ve daha küçükse ikili karşılaştırmalar matrisi tutarlıdır ve her bir elemanın önem düzeyinin anlamlılığının doğru olduğu kabul edilir. Diğer bir ifade ile, tutarlılık oranı CR 0,10'un üzerine çıktığı durumlarda, yargılar arasındaki önem düzeyinin tutarsız olduğu kabul edilir ve ikili karşılaştırma değerleri tekrar gözden geçirilerek hesaplamalar yeniden yapılmalıdır ve tutarlı sonuç elde edilinceye dek devam edilmelidir.

Tutarlılık oranı CR hesaplanırken faydalanan RI değeri tesadüfilik indeksini temsil etmektedir. Tesadüfilik indeks değerleri, 1 ila 10 boyutundaki matrisler için Çizelge 4.2'de gösterildiği gibidir (Saaty ve Tran, 2007).

**Çizelge 4.2 : Tesadüfilik indeksleri (Saaty ve Tran, 2007).**

| Matris Boyutu       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tesadüfilik İndeksi | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

#### Aşama 4: En iyi alternatifin seçilmesi

Tutarlılıkları kontrol edilen ikili karşılaştırmalardan elde edilen öncelik değerleri birleştirilerek amaca ilişkin alternatiflerin öncelikleri elde edilir. Daha sonra, değerlendirilen faktörlerin öncelik değerleri ile alternatiflerin öncelik değerleri çarpılıp toplanarak birleştirme işlemi yapılır. Elde edilen sonuçlardan en yüksek değere sahip alternatif, karar problemi için en iyi alternatif olarak belirlenir.

#### **4.8 Çok Kriterli Pareto Analizi Tarihsel Gelişimi**

Çok Kriterli Pareto Analizi çözüm yöntemleri farklı araştırmacılar tarafından, farklı alanlarda, farklı kriterler göz önünde bulundurularak araştırılmıştır (Çebi ve diğ., 2010).

Flores ve Whybark (1986), çok kriterli Pareto sınıflandırmasını göz önünde bulunduran ilk araştırmacılar olmuşlardır. Matris tabanlı bir metodoloji geliştirilerek, iki kriter söz konusu olduğu durumlarda birleşik kriterli bir matris ile çözüme gidilebileceğini savunmuşlardır. Ancak daha fazla kriterin göz önüne alınması

gereken durumlarda, metodolojiyi uygulamak oldukça zor olmuştur (Ramanathan, 2006).

Cohen ve Ernst (1988), kriterleri bir çok boyuttan gruplayarak kümeleme analizini kullanmışlardır. Yaklaşımlarının ana avantajı, hem stratejik hem de operasyonel amaçlar için önemli kriterlerin çok fazla sayıda kombinasyonunun uzlaştırılabilmesi olmuştur. Ancak zengin veri, faktör analizi kullanımı ve kümeleme prosedürü gerektirdiği için, tipik stok problemlerinde bu metodoloji kullanışsız olmuştur.

Partovi ve Burton (1993) envanter kontrolü probleminde ABC sınıflandırmasına çok kriterli yaklaşım getirmişlerdir. Önerdikleri metodoloji Saaty'nin AHS metodunu temel almıştır ve hem nitel hem nicel kriterler açısından sınıflandırma gerçekleştirmişlerdir.

Güvenir ve Erel (1998), çok kriterli envanter sınıflandırması için kriterlerin sınır değerleriyle birlikte ağırlık vektörleri ile değerlendirildiği bir metodoloji önermişlerdir. Önerilen metodolojide, sınıflandırılan elemanların AB ve BC sınır değeri ile birlikte kriterlerin ağırlıkları genetik algoritma metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Önce kriter ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra AHS yaklaşımında olduğu gibi envanteri oluşturan elemanların ağırlıklı puanları hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra da, AB sınır değerinden büyük puana sahip elemanlar A sınıfı, AB ve BC sınır değeri arasında bir puana sahip elemanlar B sınıfı, kalan elemanlar da C sınıfı olarak sınıflandırılmıştır.

Puente ve arkadaşları (2002), bir firmanın farklı üretken elemanlarının sınıflandırılması için bulanık bir model önermişlerdir. Önerdikleri model, üretken elemanları frekansları ve maliyetleri açısından önemlerine göre sıralayan klasik Pareto (ABC) sınıflandırması ile çalışmaktadır.

Partovi ve Anandaraajan (2002), envanterler için ABC sınıflandırmasında yapay sinir ağları modelini önermişlerdir. Modellerinde, geri yayılım algoritması ve genetik algoritma olmak üzere iki öğrenme yönteminden yararlanmışlardır.

Ramanathan (2006), çok kriter söz konusu olduğu durumlarda envanter sınıflandırması için basit ağırlıklı optimizasyon modeli önerisinde bulunmuştur. Önerilen bu yaklaşımda, bir envanter elemanının farklı kriterler açısından tek bir puan ile toplam envanter performansının değerlendirileceği optimal envanter puanı, ağırlıklı amaç fonksiyonu ile hesaplanmıştır.

## **5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ VE VIKOR**

### **5.1 Bulanık Mantık**

Mühendislik ve diğer bilim dallarının çoğundaki sistemler kesin matematik yöntemler kullanılarak modellenir. Ancak gerçek hayatta karşılaşılan problemler genellikle deterministik değildir. Özellikle karar süreçlerindeki belirsizlik nedeniyle karar problemlerinin çözümünde yeni teknik ve çözüm arayışlarına gidilmiş, bu belirsizlikler olasılık kuramı ve teknikleriyle aşılmaya çalışılmıştır.

Bulanık mantık, belirsizliğin var olduğu ya da tam olmayan bilgilerle en uygun kararlara ulaşılması gereken durumlarda uygulanabilmektedir. Karar süreçlerinde belirsizlik, sözel bilginin bulunmasından da kaynaklanabilir ve sübjektif düşüncelerin yer aldığı modellerde ortaya çıkabilir. Bu durumda belirsizliklerin ortadan kaldırılması ya da belirsizliğin varlığı kabul edilip analizin buna göre uyarlanması daha etkin sonuçlar sağlamaktadır. Analitik çözümlerin bulanık mantık ile yapılması, karar vericiye daha esnek karar ortamı sunmaktadır. Bulanık mantık uygulanarak, sözel olarak sunulmuş olan bilgiler sayısal karşılıkları elde edilerek çözüme dahil edilmektedirler. Uzman görüşleri ve anket sonuçları gibi kişisel görüşlerin modele dahil edilmesi, en iyi çözümün cevaplayıcı grubundaki değişime göre farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu durumda optimal kabul edilen karar, bir sonraki uygulamada değişebilecek, ya da karar verici aynı kalsa bile görüşleri alınan uzmanların yargılarını değiştirmesi optimal kararı etkileyebilecektir.

#### **5.1.1 Bulanık mantık tarihsel gelişimi**

Bulanık mantık, derecelendirme üzerine kurulmuştur. Sayısal modellerdeki taleplerde ve değişkenlerin ölçülebilirliğinde sabit ve kesin kurallar olması nedeniyle alternatif bir yaklaşım olarak, 1965 yılında California Berkeley Üniversitesi'nden Prof. Lofti Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh, belirsizlik mantığını gerçek dünya problemlerine büyük bir hassasiyetle uygulamaya çalışmış ve teorik çalışmasını 1847 yılındaki G. Boolean'in "Mantık İçin Matematiksel Fonksiyonlar"

alışmasından faydalanarak tamamlamıştır. Bu tarihten itibaren önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş bir matematiksel düzen olarak tanımlanmaktadır.

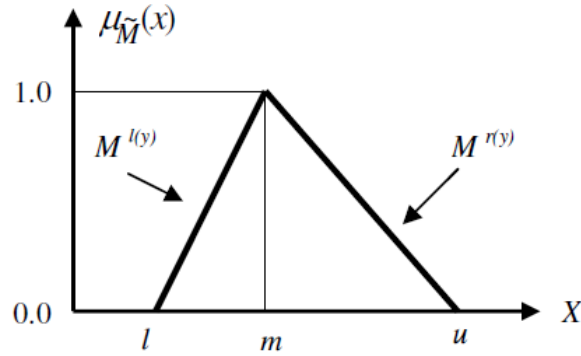
Bir işletme profesörü olan Ebrahim Mamdan, 1973 yılında Queen Mary ve Westlich kolejlerinde bulanık kontrolün temelini oluşturan ve makine kullanımında bulanık mantığı uygulayan ilk işletmeci olmuştur. 1980 yılında Hollandalı bir şirket çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimini uygulamıştır. Daha sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır. 1987 yılında ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Bu denetimler 1984 yılında araştırmalara başlayan Omron şirketinin yaptığı yedi yüzden fazla uygulamayı içermektedir. 1987 yılında ise Hitachi takımının tasarladığı Japon Sendai metrosu denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetimi metroda daha rahat bir seyahat, düzgün bir yavaşlama ve hızlanma sağlamıştır. 1988 yılında, Yamaichi menkul kıymetler firmasının geliştirdiğı bulanık mantık temelli uzman sistem yardımıyla “Kara Pazar” adı verilen büyük çöküş on sekiz gün önceden tahmin edilebilmiştir. Portföyündeki hisse senetlerinin değeri Nikkei ortalamasından genelde %40 fazla olmuştur. 1989 yılında Omron şirketi Japonya’nın Hamuri şehrinde bulunan çalışma merkezinde yapmış olduğı depolama, tekrar etme ve bulanık sonuçlarını elde etmek için kullanılan bulanık mantığa dayanan bilgisayar çalışmalarını tanıtmıştır. Bu kadar başarılı uygulamanın sonucunda bulanık mantığa olan ilgi artmış ve 1989 yılında aralarında dünya devlerinin de bulunduğı elli bir firma tarafında LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering Research) laboratuvarları kurulmuştur. Bulanık mantık uygulamalarının ürünleri Japonya’da 1990 yılında üreticilere sunulmuştur (Okul, 2007).

### **5.1.2 Bulanık kümeler teorisi**

Bulanık küme kuramı veya olabilirlik kuramı, bazı kümelerin kesin olmayan sınırlara sahip olduğı ana fikrine dayanır. Olasılık kuramı olayların gerçekleşmelerine veya gerekleşmemelerine yönelik belirsizliğı rassallık kapsamında ele almakta, bulanık kümeler kuramı ise bir şeyin sınırları kesinlik taşımayan bir kümeye ait olup olmadığı belirsizliğı ile ilgilenmektedir.

Bulanık kümeler teorisi, matematiksel işlemleri ve programlamayı bulanık alanda uygulamaya da elverişlidir. Bir bulanık küme, evrensel kümeye ait her elemana bulanık kümeye ait olma derecesini gösteren birer üyelik derecesi atamak yoluyla matematiksel olarak tanımlanır. Üyelik derecesi, bir elemanın bulanık kümenin temsil ettiği özelliğe ne denli benzer veya uygun olduğunu gösterir. Üyelik dereceleri genellikle 0 ile 1 kapalı aralığındaki gerçel sayılarla temsil edilir. Üyelik derecesi büyüdükçe elemanın bulanık kümeye ait olma derecesi artar.

Bir bulanık kümenin temsili sembolün üstünün çizilmesi ile ifade edilir. Üçgensel bir bulanık sayı Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı “(l/m, m/u)” veya “(l,m,u)” şeklinde gösterilir. “l, m, u” ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade eder (Klir ve Yuan,1995).



**Şekil 5.1 :** Üçgensel bulanık sayı  $\tilde{M}$  (Klir ve Yuan, 1995).

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi şu şekildedir (Klir ve Yuan,1995):

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \left(\frac{x-l}{m-l}\right), & l \leq x \leq m \\ \left(\frac{u-x}{u-m}\right), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (5.1)$$

## 5.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHS belirsizlik durumlarında karar vermeye tam uygun olmadığından, bulanık mantık ile birleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) ortaya konmuştur. Karar vericiler genellikle kesin

değerler içeren değerlendirmeler yapmaktansa, aralıklı değerlendirmeler yapmayı ya da sözel olarak değerlendirmelerde bulunmayı daha güvenilir bulmaktadırlar.

### 5.2.1 BAHS tarihsel gelişimi

Literatürde pek çok BAHS uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalarda da farklı AHS yaklaşımları kullanılmıştır. Çeşitli araştırmacılar tarafından, bulanık kümeler teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kullanılarak çok ölçütlü ortamda en iyi alternatifi belirlemeye veya alternatifleri sıralamaya yönelik çeşitli yöntemler sunulmuştur.

BAHS ile ilgili ilk çalışma Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından, üçgensel üyelik fonksiyonları ile tanımlanan bulanık oranlar karşılaştırılarak yapılmıştır. Birbiri ile çelişen karar kriterleri altında birden çok alternatif arasından seçim yapmak için, Saaty'nin ikili karşılaştırma yönteminin bulanık şekli olan bir yöntem sunmuşlardır. Bu çalışmada, karar vericilerden fikirlerini üçgen bulanık sayılar ile ifade etmeleri istanmıştır. Yöntem iki farklı aşamada uygulanmıştır. İlk olarak karar kriterlerinin bulanık ağırlıkları, ikinci olarak ise her kriter bazında alternatiflerin bulanık ağırlıkları belirlenmiştir. Öncelik değerlerinin bulunmasında logaritmik regresyondan yararlanılmıştır. Karar vericiler, bu sonuçların uygun bir birleşimi ile alternatiflerin bulanık skorlarını elde etmişlerdir. Bu bulanık skorlar kullanılarak alternatifler arasından en iyisi seçilebilecektir. Önerdikleri yöntemi, bir üniversitede profesör seçim probleminin çözümünde kullanmışlardır.

Buckley (1985), karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerinin yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlendiği BAHS yöntemini önermiştir. Bu çalışmada, tam değerlerin yerine bulanık oranlar kullanılarak hiyerarşik analiz genişletilmiştir. Önerilen yöntemde, hiyerarşideki kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu bulanık pozitif karşılıklı matrisler oluşturulur. Her bulanık matris için bulanık ağırlıkların hesaplanmasında geometrik ortalama yöntemi kullanılır ve bunlar alternatiflerin en son bulanık ağırlıklarını belirlemek için birleştirilir. Daha sonra, bulanık ağırlıklar alternatifleri en düşükten en yükseğe sıralamada kullanılır. Bu çalışmada Buckley, Laarhoven ve Pedrycz'in önerdiği yöntemi iki yönden eleştirmektedir. Bu eleştirilerden ilki, Laarhoven ve Pedrycz'in çalışmalarında üçgen bulanık sayıları kullanmasıdır. Buckley, değerlendirmede üçgen bulanık sayıların kullanılması durumunda kayıp verilerin oluşabileceğini ve birden çok sonuç ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. İkinci eleştirisi, üçgen bulanık sayılar ile işlemlerin sonuçlarının her

zaman yine bir üçgen bulanık sayı olmamasıdır. Bu da yaklaşık sonuç kullanmayı zorunlu kılar. Buckley, çalışmasında ele alınan yöntemde ağırlıklar için tek bir bulanık sayı üretmiştir. Bu da veri kaybını önlemektedir.

Mon ve arkadaşları (1994), silah sistemlerinin performans değerlendirilmesinde entropi ağırlığına dayalı BAHS uygulamışlardır. Stam ve arkadaşları (1996) ise, son zamanlarda geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHS yönteminde tercih puanlamalarının belirlenmesi veya yaklaşık olarak elde edilmesinde nasıl kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Chang (1996), BAHS'nin ikili karşılaştırmalar skalası için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmaların sentetik derece değerleri için derece analiz yönteminin kullanılmasını içeren yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Uygulama kısmında, Van Laarhoven ve Pedrycz'in (1983) çalışmasında ele almış olduğu bir üniversiteye profesör seçim problemini çözmüştür. Ayrıca bu yöntem ile logaritmik en küçük kareler yöntemini de kıyaslamıştır.

Cheng (1996), üyelik fonksiyonlarının sınıf değerini baz alan BAHS yöntemini kullanarak deniz taktik füze sistemlerinin değerlendirilmesi için bir algoritma önermiştir. Değerlendirmede, füzelerin genel özellikleri, teknik özellikleri, bakım yapılabilmesi, ekonomiklik ve gelişim kriterleri göz önüne alınarak üyelik fonksiyonunun derecelendirmesi esas alınmıştır. Öncelikle kriterlerin üyelik fonksiyonları oluşturulmakta daha sonra da performans değerlerini göstermesi için üyelik fonksiyonlarının dereceleri bulunmaktadır. Son olarak, BAHS ve entropi ağırlıkları yardımıyla en iyi alternatif belirlenmektedir.

Weck ve arkadaşları (1997), bulanık matematiği klasik AHS'ye uygulayarak farklı üretim çevrim alternatiflerinin değerlendirilmesi için bir metod sunmuşlardır. Bu anlamda değerlendirilen herhangi bir üretim çevrimi bir bulanık kümeyi ortaya çıkarmaktadır. Bu analizin sonucu son olarak bulanık kümenin ağırlık merkezi yüzeyini oluşturarak durulaştırılır ve incelenen alternatif üretim çevrimi ana hedef kümesine göre sıralanmıştır.

Deng (1999), çok kriterli sayısal analiz problemlerini ele almak için bulanık bir yaklaşım sunmuştur. İleri sürülen yaklaşım, bulanık küme teorisi, AHS, bulanık derece analizi,  $\alpha$  kesim kavramı, ideal çözüm kavramlarının sentezine dayanmaktadır. Sonuç olarak, karar vericinin bilişsel ağırlığı azaltılmış olmakta ve

değerlendirme sürecindeki sübjektiflik ve kesin olmama yeterli bir şekilde ele alınabilmektedir.

Cheng ve arkadaşları (1999), dilsel değişken ağırlıklarına dayalı AHS yöntemini kullanarak askeri amaçlı hücum helikopterlerinin değerlendirilmesi için yeni bir metod önermişlerdir. Teknolojik açıdan gelişmişlik, lojistik yeterlilik, elektronik donanım, teçhizat ve bakım kolaylığı kriterleri, sözel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiş, daralma ve genişleme katsayıları göz önünde bulundurularak en iyi silah sistemi seçilmiştir. İnsani düşünce tarzına yakın ve sözel ifadeleri modellemede etkin olması, önerilen yöntemin avantajları arasında sayılabilir.

Zhu ve arkadaşları (1999), bazı derece analiz metodlarını ve BAHS uygulamalarını tartışmışlardır. Üçgen bulanık sayıların temel teorisini kanıtlayarak, üçgen bulanık sayıların büyüklük kıyaslamalarının formülasyonunu geliştirmişlerdir. Bu bağlamda, BAHS yöntemi ile bir petrol araştırma örneği ele almışlardır.

Cvetkovic ve arkadaşları (1999), endüstriyel salonların akustik konfor optimizasyonu için BAHS yöntemini kullanmışlardır. Belirlenen kriterler açısından alternatifler sözel olarak karşılaştırılarak bunların bulanık kümeleri tanımlanmış, akustik değerleri gösteren kriterlerin değerlendirilmesi ise normal AHS ile çözülmüştür. Daha sonra bunların çarpımlarıyla alternatifler arasından en iyi olanına ulaşılmıştır.

Lee ve arkadaşları (1999), AHS'nin arkasındaki ana fikirleri gözden geçirmişlerdir. Bu fikirlere dayanarak, karşılaştırma aralığı kavramını ortaya koyarak global tutarlılığı sağlamak ve karşılaştırma sürecinin bulanıklığını göz önüne almak için stokastik optimizasyona dayalı bir metodoloji önermişlerdir.

Leung ve Cao (2000), BAHS'deki alternatifler için tolerans sapmasını dikkate alan bir bulanık tutarlılık tanımı önermişlerdir. Tolerans sapmalarına izin veren göreceli önemlerin bulanık oranları, yerel önceliklerin üyelik derecelerinde kısıtlar olarak formüle edilmiştir. Bulanık yerel ve genel ağırlıklar genelleme prensibi ile belirlenmiştir. Alternatifler, maksimum-minimum sıralama yöntemi uygulanarak genel ağırlıklara göre sıralanmıştır.

Chou ve Liang (2001), AHS yöntemini ve entropi kavramını kullanarak deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi için bir bulanık çok kriterli karar verme modeli önermişlerdir. Modelde AHS, kriterlerin ve alt kriterlerin öznel ağırlıklarını bulmak için kullanılmıştır ve daha sonra üçgensel bulanık sayılarla

karakterize edilen dilsel değerler kullanılarak alternatiflerin esitli öznel ve nesnel kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Son olarak da en iyi seçimi yapmak için esitli gemi taşımacılığı yapan firmaların bir araya toplanan bulanık değerlendirmeleri sıralanmaktadır.

Sohn ve arkadaşları (2001), karar verme sürecinde yetersiz kalan kamusal algılamının yol açtığı ana hataları çözecek bir metot önermişlerdir. AHS ve çok ltl fayda analizi metodolojide kullanılmıştır. Belirsizliği gidermek için ise bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır. Metod, Kore’de kullanılmış yakıt depolama süreci ile ilgili altı fikrin değerlendirilmesinde kullanılmış ve beklenildiği gibi çalışmanın sonucunda kamusal risk algılaması nükleer ilişkili karar verme sürecinde önemli bir eleman olarak ortaya çıkmıştır.

Tsaur ve arkadaşları (2002), hava yollarının, birçok ölçütün birleşimi olan servis kalitesinin değerlendirilmesi için AHS ve TOPSIS yöntemlerini uygulamışlardır. Servis kalitesi birçok ölçütün bileşkesi olmasından ve de bunların çoğunun soyut ölçütler olmasından dolayı ölçülmesinin zor olduğu belirtilerek performans ölçümünde bulanık kümeler teorisi kullanılmaktadır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için AHS yöntemi ve bunların sıralanması için de TOPSIS tekniği kullanılmıştır.

Kuo ve arkadaşları (2002), yeni mağaza yerleştirmek için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. İlk olarak, ilgili çalışmaların incelenmesi ve perakende sektörü uzmanlarının görüşleri doğrultusunda BAHS’nin hiyerarşik yapısı formüle edilmiştir. Daha sonra resmi yayınlar ve güncel araştırmalardan toplanan veriler aracılığıyla ağırlıkların değerlendirileceği anket hazırlanmış ve son olarak faktörler ile mağaza performansı arasındaki ilişkiyi anlamak için ileri beslemeli hata geri yayılımlı sinir ağı öğrenen algoritması kullanılmıştır. Sonuç olarak önerilen sistemin regresyon modelinden daha doğru sonuçlar sağladığı görülmüştür.

Kwong ve Bai (2002), kalite fonksiyon geriminde müşteri gereksinimlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesinde BAHS yaklaşımından yararlanmışlardır. Müşteri gereksinimlerinin belirsiz olmasından dolayı ikili karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için, çalışmanın sonunda bisiklet amurluğu tasarımında müşteri gereksinimlerinin BAHS ile belirlenmesi ele alınmıştır.

Rong ve arkadaşları (2003), işletme atıklarının değerlendirilmesi ve önemli israfların ortadan kaldırılması için AHS yöntemini ve bulanık küme teorisinin kullanarak bir metod sunmuşlardır. Değerlendirme, kümeleme ve sıralama olmak üzere üç adımdan oluşan modelde, ilk olarak zararlı atık kaynaklarının belirlenmesi ve her bir atık çeşidinin zararlılığını ölçmek için AHS'nin kullanıldığı bir atık değerlendirme indeksi elde edilmektedir. İkinci adımda, daha zararlı atıkların kümelenmesi için bulanık kolerasyona dayalı bulanık kümeleme yapılarak önemli atık kaynakları özetlenmektedir. Son olarak da bulanık geniş kapsamlı değerlendirme kullanılarak ortadan kaldırılacak her bir çeşit önemli atık kaynağının önceliği sıralanmaktadır. Modelin geçerliliği bir saha çalışması ile ortaya konulmuştur.

Murtaza (2003), ülke risk değerlendirmesine BAHS uygulaması önermiştir.

Shamsuzzama ve arkadaşları (2003), esnek imalat sistemleri alternatiflerinin sıralanarak bunlardan en uygun olanının seçilmesi için BAHS yöntemini kullanmışlardır. Bulanık kümeler, on dört tane seçim kriterinin dilsel değişkenler şeklinde belirtilmesinde kullanılmıştır. AHS yöntemi kriterlerin göreceli ağırlıklarını belirlemede kullanılmıştır.

Kahraman ve arkadaşları (2003a), belirlenen kriterleri en iyi karşılayacak tedarikçinin seçiminde BAHS yöntemini kullanmışlardır. Uygulamada, Türkiye’de kurulu beyaz eşya üreticisi bir firmanın yeni bir aspiratör modeli için üç tedarikçi alternatifini üç ana kriter ve on bir alt kriter bazında değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Kahraman ve arkadaşları (2003b), kuruluş yeri seçim problemini, dört farklı bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımı ile ele almışlardır. Bu yaklaşımlardan ilki, Blin tarafından ortaya atılmış bulanık grup karar modelidir. Bu model, bulanık üyelik fonksiyonlarıyla çözüm sağlayan bir yöntemdir. İkincisi bulanık sentez analizidir. Üçüncüsü ise Yager’in ağırlıklı hedefler yöntemidir. Bu yöntemde alternatiflere ait ağırlık değerleri klasik AHS yöntemi yardımıyla bulunmakta ve daha sonra kriterler ile alternatifler arasındaki önem dereceleri bulanık değerlerle ifade edilerek nihai karara ulaşılmaktadır. Dördüncü yöntem ise BAHS’dir. Dört yaklaşım da en iyi kuruluş yeri alternatifini belirlemeyi amaçlasa da farklı teorik altyapılardan gelmektedirler. Bu yaklaşımlar, en iyi kuruluş yeri alternatifinin seçilmesinde nicel ve nitel kriterleri dikkate almaktadır. Çalışmada yaklaşımların karşılaştırmalı analizi yapılarak, her bir yaklaşım için sayısal örnekler verilmiştir.

Chang ve arkadaşları (2003), havaalanı performans değerlendirmesi problemini ele almışlardır ve değerlendirmede kriter ağırlıklarını belirlemek için diğer geleneksel yöntemlerden daha iyi sonuç veren BAHS yöntemini kullanmışlardır. Havaalanlarının performanslarına göre sıralanmasında ise TOPSIS ve bulanık sentez yaklaşımından yararlanmışlardır.

Bozdağ ve arkadaşları (2003), bilgisayar entegrasyonlu üretim sistemi seçiminde, dört farklı bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımını ele almışlardır. Bunlardan ilki, Blin'in bulanık grup karar modeli, ikincisi bulanık sentez analizidir. Üçüncüsü ise Yager'in ağırlıklı hedefler yöntemi ve sonuncusu BAHS'dir. Bu yaklaşımlar, bir Türk motor üreticisinin ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak bilgisayar entegrasyonlu üretim sistemini seçmesine yardımcı olmak üzere ayrı ayrı ele alınmıştır. Çalışmanın sonunda, yaklaşımların karşılaştırmalı analizine de yer verilmiştir.

Enea ve Piezza (2004), birçok olası proje alternatifleri arasında bir tanesinin seçimi problemi için AHS yönteminin bulanık uzantısını kullanmışlardır. Çalışma tüm elverişli bilgilerin hesaba katılması için BAHS'de düşünülmesi gereken kısıtlar üzerinde yoğunlaşmaktadır. BAHS'de derece analizinin eksikliklerinden bahsedilmiş ve bu eksikliği giderecek bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda, bulanık sayıların aralık değerlerinin azaltılmasıyla belirsizliğin azaltılacağı belirtilmiş ve bir örnek üzerinde önerilen yaklaşım ele alınmıştır. Örnekte mevcut projeleri değerlendirirken içerdikleri risk, maliyet, çevresel etki ve projenin süresi olmak üzere dört kriter belirlenmiş ve uzmanlar tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda projeler içinden en iyisi seçilmiştir.

Kahraman ve arkadaşları (2004), en çok müşteri memnuniyetini sağlayan yemek şirketini belirlemek için BAHS yöntemini kullanmışlardır. Müşteri istek ve beklentileri doğrultusunda ve bunlara uzman görüşlerini de dahil ederek yaptıkları anket çalışması ile İstanbul'da faaliyet gösteren üç adet catering firması arasında bir değerlendirme yaparak, en iyi müşteri tatminini sağlayan en iyi firmayı seçmek için Chang'in derece analizini kullanmışlardır.

Mikhailov ve Tsvetinov (2004), servis değerlendirme sürecindeki belirsizliği ve kesin olmamayı ele almak için BAHS yönteminden yararlanmışlardır. Çalışmada, servis değerlendirme süreci, karar vericilerin yargılarının bulanık sayılar ile ifade

edildiği, belirsizlik altında çok kriterli karar verme problemi olarak formüle edilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarını ve servis sağlayıcılarının skorlarını değerlendirmek için yeni bir bulanık programlama yöntemi önerilmiştir. BAHS yönteminden, tüm olası alternatiflerin toplam skorlarının belirlenmesinde yararlanılmıştır.

Büyüközkan (2004), belirsizlik içeren koşullar altında e-pazar yeri seçiminde daha etkin karar verebilmek için bulanık çok kriterli karar vermeye dayanan bir yaklaşım ele almıştır. Bu yaklaşım, BAHS ve bulanık Delphi yöntemlerine dayanmaktadır. Çalışmanın sonunda, günlük hayattan bir uygulama ile önerilen yöntem açıklanmıştır. Ele alınan uygulama, Kütahya'da faaliyet gösteren bir işletmenin e-Pazar yeri seçim problemini içermektedir. Performans, ekonomik değerler ve altyapı olmak üzere üç ana kriter ile dokuz alt kriter göz önünde bulundurularak seçim yapılmıştır.

Büyüközkan ve arkadaşları (2004), yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Bulanık nakit akışı ve BAHS'yi kullanarak ekonomiklik ve kalite faktörlerine göre yazılım geliştirme projesi için alternatif stratejiler değerlendirilmiş ve içlerinden bir tanesi seçilmiştir. Model gerçek bir uygulama üzerinde gösterilmiştir.

Hsieh ve arkadaşları (2004), kamu dairelerinde planlama ve tasarım alternatifleri seçimi için bir bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının karar vericiler tarafından belirlenmesi için BAHS yöntemi kullanılmıştır. Sözel ifadeler için bulanık sayılar kullanılarak, alternatif seçim sürecindeki sübjektiflik ve belirsizliğin üstesinden gelinmektedir. Taiwan'da bir kamu kuruluşunda yapılan bir vaka çalışması ile ileri sürülen yaklaşımın etkinliği gösterilmektedir. Bu çalışmada Buckley (1985) tarafından önerilen BAHS yöntemi ele alınmıştır.

Cheng ve arkadaşları (2004), Telekom şirketlerinin metropollerdeki internet şebeke alanlarının yenilenmesi ve genişletilmesinde kullanacakları alt yapı sistemlerinin belirlenmesi ve geleceğe dair bunların planlanmasında BAHS kullanmışlardır. Belirlenen kriterlerin uzmanlarca değerlendirilmesi klasik AHS ile yapılmış, alternatiflerin kriterler ile değerlendirilmesi dilsel ifadelerle değerlendirilmiş ve birleşik ağırlıklandırma gerçekleştirilmiştir.

Kulak ve Kahraman (2005), nakliye firması seçiminde BAHS yöntemi ve aksiyomlarla tasarım prensiplerini kullanmışlardır. Seçim sırasında maliyet, hasar oranı, esneklik, dokümantasyon yeteneği ve gecikme oranı kriterleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmış ve iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bottani ve Rizzi (2005), internet ortamında tedarikçi seçim problemi için BAHS yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada öncelikle, internet ortamında en uygun tedarikçinin seçilmesine yönelik kriterler belirlenmiştir. Daha sonra bu kriterler dikkate alınarak, e-tedarik programını yeni oluşturmuş ve gıda endüstrisinde faaliyet gösteren bir İtalyan firmasında uygulamaya yer verilmiştir.

Tang ve Beynon (2005), BAHS yöntemi ile sermaye yatırım çalışmasının geliştirilmesi için uygulamada bulunmuşlardır. Bu çalışmada bir araba kiralama şirketi tarafından hangi marka arabaların seçileceğine karar vermek için BAHS yönteminden yararlanılmıştır.

Tang ve arkadaşları (2005), Taiwan dizüstü bilgisayar endüstrisi için dünya çapında çok amaçlı dağıtım modeli önermişlerdir. Önerilen yöntem, karma tamsayılı programlama ve BAHS yöntemlerini içeren iki aşamadan oluşmaktadır. Analitik yöntem, üreticiler ile müşteri servisleri arasındaki ilişkinin nicel olarak ortaya konmasını sağlamıştır.

Tolga ve arkadaşları (2005), işletim sistemi seçiminde bulanık yenileme analizini ve BAHSyöntemini kullanmışlardır. Karar verme sürecinin ekonomik bölümü bulanık yenileme analizi ile geliştirilmiştir. Ekonomik olmayan bölümü ile finansal göstergeler, BAHS yöntemi yardımıyla birleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda, iki işletim sisteminin değerlendirilmesini içeren bir uygulama ele alınmıştır.

Zhang ve arkadaşları (2005), alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde yamuk bulanık sayıların kullanıldığı BAHS yöntemi ile hiyerarşik bulanık integral yöntemine dayanan yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Çalışmada önerilen bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı silah sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda en iyi savaş tankı seçim problemini içeren sayısal bir örnek ele alınmıştır.

Chiou ve arkadaşları (2005), dayanıklı deniz ürünleri gelişimi stratejilerini değerlendirmek için üçgensel sayılar dilsel değişkenleri uygun şekilde ifade etmek

için kullanmışlardır. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemede BAHS, alternatiflerin performans değerlendirilmesinde ise bir integral tekniği kullanılmıştır.

Başlıgil (2005), müşteri memnuniyetini en çok sağlayan yazılımın seçilmesi için BAHS yöntemini önermiştir. Uygulamada ele alınan problem, üç ana kriter ve on bir alt kriter bazında üç yazılım alternatifinin değerlendirilip en iyi yazılımın seçilmesi şeklindeyir. Değerlendirmede kullanılan üçgen bulanık sayıların anlamları, tüm karşılaştırmalar için rassal olarak seçilmiştir.

Bali ve Gencer (2005), Kara Harp Okulu'na öğretim elemanı seçiminde AHS, BAHS ve bulanık mantık algoritmasını uygulamışlardır. BAHS ve bulanık mantık uygulanırken, karar vericilerden sözel ifadeleri kullanarak karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Çalışmanın sonunda, Kara Harp Okulu'na öğretim elemanı seçim probleminde uygulanan yaklaşımlar karşılaştırılmıştır.

Akman ve Alkan (2006), tedarik zinciri yönetimi için BAHS yöntemini önermişlerdir. Çalışmada Kocaeli'de otomotiv yan sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmenin üç tedarikçisinin performansları BAHS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kaptanoğlu ve Özok (2006), akademik performans değerlendirme probleminin belirsizlik içermesi ve öznel değerlendirilebilen kriterlere sahip olması nedeniyle, akademik performans değerlendirmesi için BAHS esaslı bir model önermişlerdir. Ayrıca alışmalarında, Chang'ın (1996) BAHS modelini temel alarak üç ayrı bulanık sıralama yöntemi kullanmışlar ve sonuçları tartışmışlardır.

Chen ve arkadaşları (2006), yeni ürün geliştirme çalışmaları kapsamında BAHS yaklaşımı kullanarak, TFT ve LCD televizyonlarından ürün karmasını oluşturarak firmada en yüksek performansı sağlamak için organizasyon-pazar, imalat kapasitesi ve teknoloji-mühendislik ana ölçütlerine göre iki ürünlü çeşitli ürün karmalarını karşılaştırmıştır.

Tüysüz ve Kahraman (2006), eksik ve belirsiz bilgi altında proje risklerinin değerlendirilmesi için analitik bir araç sunmuşlardır. Proje risklerini değerlendirmede elverişli ve pratik bir yöntem olan BAHS ile bir Türk firmasının bilgi teknolojisi projesinin riskini değerlendirmişlerdir. Her kıyaslama için bilgi teknolojisi uzmanları tarafından oluşturulan üçgen bulanık sayılar, ikili karşılaştırma matrislerinde kullanılmıştır. Bu alışmada Chang'ın (1996) BAHS yönteminden yararlanılmıştır.

Demircan ve arkadaşları (2006), işletim sistemi seçimi için bulanık yineleme analizi ve BAHS yöntemlerine dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmada karar almanın ekonomik yanı bulanık yineleme analizi kullanılarak geliştirilirken, ekonomik olmayan unsurlar ve finansal veriler BAHS yöntemi yardımıyla bir araya getirilmiştir.

Ayağ ve Özdemir (2006), makine seçim problemi için BAHS yöntemini önermişlerdir. Önerilen yöntemde ilk olarak birçok bitelik için alternatif ağırlıklarının belirlenmesinde BAHS yöntemi kullanılmış, daha sonra her alternatifin BAHS ile elde edilen skoru ve tedarik etme maliyeti kullanılarak fayda/maliyet oran analizi yapılmıştır. En yüksek fayda/maliyet oranına sahip alternatif, diğer alternatifler arasından en iyi makine olarak belirlenmiştir. Önerilen BAHS yöntemi, birçok matris hesaplaması gerektirdiği için bilgisayar ortamında bir yazılım geliştirilmiştir.

Erensal ve arkadaşları (2006), teknoloji yönetimi açısından rekabet avantajı, rekabet öncelikleri ve firmanın yeterliliği arasındaki bağlantıyı ortaya koymak için bir model geliştirmişlerdir. Firmaların teknoloji yönetimindeki temel yeterlilikleri, on altı tane Türk firmasının yöneticilerine yapılan anketler sonucu elde edilen veriler kullanılarak BAHS yöntemi yardımıyla karşılaştırılmıştır.

Chan ve Kumar (2007), küresel tedarikçi seçimi için verimli bir sistem geliştirmeye yönelik risk faktörlerini içeren önemli ve kritik karar kriterlerini belirleyerek tartışmışlardır. Maliyet, kalite, servis performansı, tedarikçi profili ve küresel tedarikçi seçiminde yer alan risk faktörleri gibi farklı karar kriterlerini ele almak için derece analizine dayalı bir BAHS yöntemi önermişlerdir. Çalışmalarında önerdikleri yöntem, diğer mevcut karar sistemlerine göre daha basit, az zaman alan ve hesaplama maliyeti düşük bir yöntemdir.

Kang ve Lee (2007) çalışmalarında toplam gelir, döngü zamanı, darboğaz durumu gibi faktörleri gözönüne alarak ürün, ekipman verimliliği ve finans ana ölçütlerine bağlı olarak ürün karmasını BAHS yaklaşımı ile doğru biçimde oluşturmaya çalışmışlardır.

Kreng ve Wu (2007) çalışmalarında BAHS yaklaşımını kullanarak bilgi içeriği, kullanıcı ara yüzü, site yönetimi ve satıcı desteği ana ölçütlerine göre bilgi yönetim araçlarını değerlendirmek için 3 firmayı karşılaştırarak Tayvan çelik endüstrisine ilişkin bir inceleme yapmışlardır.

Wang ve Chen (2007), iş ortağı seçimi için Mikhailov (2002) tarafından önerilen bulanık tercih programlama yöntemine dayanan, tutarlı bulanık tercih ilişkisi yöntemini sunmuşlardır. Çalışmalarında, Mikhailov'un çalışmasında ele aldığı örnekten yararlanarak önermiş oldukları yöntem ile Mikhailov'un yöntemi arasındaki farkları tartışmışlardır.önerilen yöntem ile ulaşılan sonuç, Mikhailov'un elde ettiği sonuçla aynı iken önerilen yöntem ile ikili karşılaştırma sayısı azaltılabilmektedir.

Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2007a), işletmelerin performanslarını ölçmek için BAHS ve TOPSIS yöntemlerinin birarada kullanılmasına dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Karar vericiler tarafından kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde BAHS yönteminden yararlanılırken, değerlendirilen işletmelerin sıralanmasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu amaca yönelik, Türkiye'de çimento sektöründe faaliyet gösteren ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören on beş işletmenin finansal tablolarından yararlanarak performansları ölçülmüş ve bu sonuçlara göre işletmeler arasındaki sıralama belirlenmiştir.

Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2007b), bir bankaya ticari kredi talebinde bulunan müşterilerin taleplerini değerlendirmek amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem, karar vericilerin subjektif yargılarını da dikkate alarak kapsamlı ve tutarlı bir değerlendirme yapabilmelerini sağlayan birçok tekniği ve kavramını birleştiren bir yaklaşıma dayanmaktadır. Önerilen yaklaşım BAHS ve TOPSIS yöntemlerini, güven düzeyi ve risk indeksi kavramlarını içermektedir.

Çanlı ve Kandakoğlu (2007), Delphi ve BAHS yöntemlerini kullanarak bir hava gücü mukayese modeli geliştirmişlerdir. Modeli desteklemek üzere modüler, esnek ve tekrar kullanılabilir özgün bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım ve geliştirilen BAHS modeli harp oyununda gerçek zamanlı bir karar destek sistemi olarak işletilmiştir.

Ertuğrul (2007), makine seçim problemi için BAHS yöntemini önermiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde, bir tekstil işletmesinde üç baskı makinesi alternatifinden işletme için en uygun alternatifin belirlenmesinde BAHS yönteminden yararlanılmıştır.

Lee ve arkadaşları (2008), Taiwan'da imalat sanayinde bilgi teknolojisi bölümlerini değerlendirmek için BAHS yöntemine dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Hiyerarşik yapıda yer alan dört ana kriter belirlendikten sonra BAHS yöntemi ile

değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bilgiler, imalat sanayindeki bilgi teknolojisi bölümlerine performanslarını arttırmada yol gösterici niteliktedir.

Huang ve arkadaşları (2008), devlet tarafından desteklenen teknoloji geliştirme projesinin seçim sürecini incelemişlerdir. Taiwan’da Endüstriyel Teknoloji Geliştirme Programında teknik komitede yer alan uzmanların subjektif değerlendirmelerini ele alırken BAHS yönteminden yararlanmışlardır.

Cheng ve arkadaşları (2008), çalışmalarında BAHS yöntemini yeni ürün geliştirme alanında teknoloji tahmin yöntemlerini değerlendirmek ve en iyisini seçmek için kullanmışlardır. Değerlendirme yaparken, yedi kriter belirlemişler ve bu kriterlerden en yüksek ağırlığa sahip olanlar sırasıyla verilen uygunluğu, yöntemin adapte olma yeteneği, teknoloji tahmin yeteneği olmuştur. Çalışmanın sonucunda, yeni ürün geliştirmede teknoloji tahmin yöntemlerinden uygulanması en uygun olanlar Delphi ve vaka analizi yöntemleri olarak belirlenmiştir.

Vahindia ve arkadaşları (2009) hastane yeri seçimi problemine BAHS yöntemi ile çözüm ararken, Cebeci (2009) ise kurumsal kaynak planlaması seçiminde yine aynı yöntemden yararlanmıştır.

### **5.2.2 BAHS metodolojisi**

Literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen birçok BAHS yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler, bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizini kullanarak, bir alternatifin seçimine ve ağırlandırılmasına yönelik sistematik yaklaşımlardır.

Bulanık mantıkla karar almada, kriterler ve alternatiflerin aldıkları son değerler bulanık sayılar olarak ortaya çıkmaktadır. Karar verebilmek için bu bulanık sayıların sıralanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bulanık sayıların sıralanmasına yönelik birçok araştırma yapılmış ve değişik yöntemler ortaya konmuştur. Bu yöntemlerden biri olan ve Liou ve Wang tarafından 1992 yılında ortaya konulan sıralama metodu, toplam entegral değer yöntemine dayandırılmıştır (Kaptanoğlu, 2005). Bu çalışmada da Liou ve Wang’ın sıralama metodu kullanılarak kriterlerin göreceli önemleri hesaplanmıştır.

Bu metodda, Chang'ın algoritmasının birinci adımından sonra yapay değerler bulunur ve yapay değerler için ağırlık vektörleri bulunur. Daha sonra bu vektörler normalize edilerek en son kriterlerin göreceli önemleri hesaplanmış olur.

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  nesneler kümesi olsun. Nesne; ana amaç açısından bakıldığında ana ölçütleri; ana ölçütler açısından bakıldığında ise alt ölçütleri ifade etmektedir. Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne ele alınarak her hedef için  $g_i$  değerleri oluşturulur. Böylece, her bir nesne için m genişletilmiş analiz değerleri şu şekilde elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

Burada verilen tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgensel bulanık sayılardır.

Liou ve Wang'ın sıralama metoduna dayandırılarak kriterlerin göreceli önemlerinin hesaplanmasına dair aşamalar şu şekildedir (Kaptanoğlu, 2005):

Aşama 1: i. nesneye göre bulanık yapay değerler şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (5.3)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini elde etmek için, aşağıda gösterilen ek bulanık işlemin yapılması gerekmektedir:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (5.4)$$

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$  değerini elde etmek için ise,  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) ile ilgili şu bulanık işlem yapılmalıdır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5.5)$$

Bu işlem tamamlandıktan sonra tersinin alınması şu şekilde ifade edilebilir:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5.6)$$

Buradaki l, m ve u değerleri sırasıyla “en düşük değer”, “en olası değer”, “en yüksek değer” olmak üzere üçlü bulanık sayıları göstermektedir.

Aşama 2: Aşama 1’de hesaplanan  $S_i = (s_1, s_2, \dots, s_n), i = 1, 2, \dots, n$  yapay değerleri kullanılarak ağırlık vektörleri hesaplanır.

Liou ve Wang’ın yöntemine göre, bulanık sayılar üçgensel bulanık sayılar olarak alınacak ve ona göre hesaplamalar yapılacaktır.

$\alpha \in [0,1]$  iyimserlik indeksi ve  $S_{ij} = (s_{ij}), i = 1, 2, \dots, n$  ve  $j = 1, 2, 3$  olmak üzere, toplam entegral değer şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} I_T^\alpha(S_i) &= \frac{1}{2} \alpha (s_{i2} + s_{i3}) + \frac{1}{2} (1 - \alpha) (s_{i1} + s_{i2}) \\ &= \frac{1}{2} [\alpha s_{i3} + s_{i2} + (1 - \alpha) s_{i1}] \\ &= w_i \end{aligned} \quad (5.7)$$

Burada iyimserlik indeksi olarak tanımlanan  $\alpha$   $[0,1]$  kapalı aralığında değer almaktadır.  $\alpha$  büyüdükçe iyimser bir karar verici, küçüldükçe ise kötümser bir karar verici söz konusudur.

Bu denklemlerden elde edilecek olan ağırlık vektörü  $W' = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  normalize edilerek, görelî önem vektörü şu şekilde hesaplanır:

$$W = \left( \frac{w_1}{\sum_{i=1}^n w_i}, \frac{w_2}{\sum_{i=1}^n w_i}, \dots, \frac{w_n}{\sum_{i=1}^n w_i} \right)^T \quad (5.8)$$

Aşama 3: Literatür taraması sonucunda BAHS’de tutarlılık testine dair fazla bilgiye ulaşılamamıştır.

Kwong ve Bai (2003), tutarlılığın hesaplanması için bulanık sayıların durulaştırıldıktan sonra AHS’de olduğu gibi hesaplanabileceğinden bahsetmiştir. Bir üçgensel bulanık sayı  $M=(l,m,u)$  şeklinde verildiğinde durulaştırma işlemi şu şekilde yapılır:

$$M_d = \frac{l + 4m + u}{6} \quad (5.9)$$

Chang tarafından önerilen genişletilmiş analiz yönteminde ise, tutarlılığın hesaplanması bazı durumlarda mümkün görülmemektedir. BAHS sonucunda toplam ağırlık vektöründe bazı kriterlerin ağırlıkları sıfır çıkmaktadır. Tutarlılık indeksi hesaplanırken, durulaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi ile ağırlık vektörü çarpılıp, bulunan vektörün ağırlık vektörünün her bir elemanına tek tek bölünmesi gerekmektedir. Ağırlık vektörünün elemanlarından birisi sıfır olduğu durumlarda sayının sıfıra bölünmesi söz konusu olmamaktadır. Bu durum ise matematikte tanımsızlık belirtmektedir.

Aşama 4: Tutarlılıkları kontrol edilen ikili karşılaştırmalardan elde edilen göreceli önem vektörleri birleştirilerek amaca ilişkin alternatiflerin öncelikleri elde edilir. Değerlendirilen faktörlerin öncelik değerleri ile alternatiflerin öncelik değerleri çarpılıp toplanarak birleştirme işlemi gerçekleştirilir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlerin sıralanması ile, alternatiflerin önem sıralaması da belirlenebilir.

BAHS’de uygulanan metodolojiye göre ölçek çeşitleri değişmektedir. Bu çalışmada ikili karşılaştırmalarda kullanılan bulanık önem dereceleri tablosu Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1 : Bulanık önem dereceleri (Kahraman ve diğ., 2004).**

| Kesin önem derecesi | Tanımı                    | Bulanık önem derecesi | Bulanık karşıt önem derecesi |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                   | Eşit derecede önemli      | (1, 1 ,1)             | (1, 1 ,1)                    |
| 3                   | Orta derecede önemli      | (2/3, 1, 3/2)         | (2/3, 1, 3/2)                |
| 5                   | Güçlü derecede önemli     | (3/2, 2, 5/2)         | (2/5, 1/2, 2/3)              |
| 7                   | Çok güçlü derecede önemli | (5/2, 3, 7/2)         | (2/7, 1/3, 2/5)              |
| 9                   | Son derece önemli         | (7/2, 4, 9/2)         | (2/9, 1/4, 2/7)              |

### 5.3 VIKOR

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje – Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirleyerek en uygununun seçilmesini içerir. VIKOR yöntemi, ideal çözüme yakınlığa dayanan çok kriterli sıralama indeksini ele alır. Birbiri ile çelişen kriterler içeren problemler için uzlaşık çözüm, karar vericilere karara ulaşmada yardımcı olur.

Uzlaşık çözümün temelleri, Yu (1973) tarafından atılmıştır. Uzlaşık çözüm, ideale en yakın uygun çözümdür ve uzlaşma, ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır (Opricovic ve Tzeng, 2004). VIKOR yöntemi, birbiri ile çelişen kriterlerin olması durumunda alternatifler kümesinden birinin seçilmesi ya da alternatiflerin sıralanmasını ele alır (Büyüközkan ve Ruan, 2008). Her alternatifin her kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır (Opricovic ve Tzeng, 2007).

#### 5.3.1 VIKOR tarihsel gelişimi

VIKOR yöntemi, ilk kez Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için önerilmiştir.

Tzeng ve arkadaşları (2005), Taiwan’da toplu taşımada kullanılacak otobüs yakıtlarının değerlendirilmesinde TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinden yararlanmışlardır.

Chu ve arkadaşları (2007), basit ağırlıklı ortalama yöntemi, TOPSIS ve VIKOR olmak üzere üç yöntemi kıyaslamışlar ve bu yöntemlerin bilgi toplumlarında grup karar analizinde uygulanabilirliklerini ele almışlardır. Çalışmalarında bu üç yöntem ile benzer sonuçlar elde etmelerine rağmen, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin basit ağırlıklı ortalama yöntemine göre değerlendirme sonuçlarını açıklamada daha iyi ayırt etme yeteneğine sahip olduklarını ve VIKOR yönteminin TOPSIS yönteminden farklı olarak, karar vericilere daha çok alternatif sunabildiğini belirtmişlerdir.

Opricovic ve Tzeng (2007), genişletilmiş VIKOR yöntemini TOPSIS, PROMETHEE ve ELECTRE yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında, VIKOR yönteminde doğrusal normalizasyon, TOPSIS yönteminde vektör

normalizasyonu kullanıldığını ve VIKOR yönteminin ideal çözüme yakınlığı temsil eden toplama fonksiyonuna dayanırken, TOPSIS yönteminde iki referans noktası tanımlandığını belirtmişlerdir. Ancak TOPSIS yönteminin bu referans noktalarına olan uzaklıklarının göreceli önemlerini dikkate almadığına değinmişlerdir. PROMETHEE yöntemi ile elde edilen sonuçların maksimum grup faydasına dayandığını ve VIKOR yönteminin maksimum grup faydası ile minimum kişisel pişmanlığı birleştirdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, ELECTRE ve VIKOR yöntemlerinin benzer temellere dayandığını belirtmişlerdir.

Tong ve arkadaşları (2007), çok yanıtli süreçlerin optimizasyonu için kalite kayıplarına ilişkin değişimi dikkate alabilen VIKOR yöntemini önermişlerdir.

Liu ve Yan (2007), inşaat projesi tekliflerini değerlendirmek için VIKOR yöntemini ele almışlardır.

Büyüközkan ve Ruan (2008), yazılım geliştirme projelerini değerlendirmek için bulanık VIKOR yöntemini önermişlerdir.

Büyüközkan ve Feyzioğlu (2008), tedarikçilerin performanslarını değerlendirirken çevreye duyarlılıklarını dikkate alan ve VIKOR yöntemine dayanan bir model sunmuşlardır.

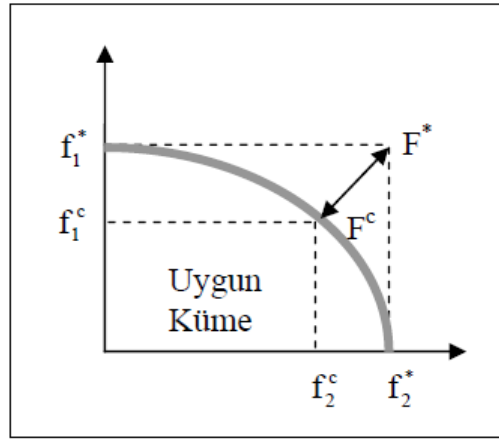
Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2009), VIKOR yöntemiyle bir bankanın şubelerinin performanslarını değerlendirmişler ve şubeler arasında performansa göre bir sıralama yapmışlardır.

### 5.3.2 VIKOR metodolojisi

Çok kriterli ölçüm için uzlaşık sıralamanın temelini, uzlaşık programlamada toplama fonksiyonu olarak kullanılan  $L_p$  ölçütü oluşturur (Yu, 1973). J tane alternatifin  $a_1, a_2, \dots, a_J$  şeklinde ifade edilmesi durumunda  $a_j$  alternatifinin i kriterine göre değerlendirme sonucu  $f_{ij}$  olarak ifade edilir. n kriter sayısı olmak üzere, VIKOR yönteminin temelini  $L_p$  ölçütünün aşağıdaki şekli oluşturmaktadır:

$$L_{pj} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p} \quad 1 \leq p \leq \infty; j = 1, 2, \dots, J \quad (5.10)$$

VIKOR yönteminde,  $L_{ij}$  ve  $L_{\infty j}$  sıralama ölçütünü oluşturmakta kullanılır. Maksimum grup faydasını  $\min_j R_j$ 'den elde edilen sonuç ve karşıt görüştekilerin minimum kişisel pişmanlığını  $\min_j R_j$ 'den elde edilen sonuç gösterir. VIKOR yönteminde verilen alternatif kümesi için bir sıralamaya ulaşılır. Bu alternatif kümesine bir alternatifin eklenmesi ya da çıkarılması sonucu etkileyecektir. Uzlaşık çözüm  $F^c$ , ideal çözüme  $F^*$ 'a en yakın uygun çözümdür. Uzlaşık terimi, anlaşmanın karşılıklı kabulü anlamına gelmektedir ve Şekil 5.2'de görüldüğü gibi  $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$  ve  $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$  ile ifade edilmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004):



Şekil 5.2 : İdeal ve uzlaşık çözümler (Opricovic ve Tzeng, 2004).

VIKOR yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009):

Aşama 1: Her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlenir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.11)$$

Aşama 2: Her alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını ifade eden  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri hesaplanır. Burada  $w_i$  göreceli önemleri gösteren kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (5.12)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (5.13)$$

Aşama 3: Her alternatif için  $Q_j$  değerleri hesaplanır. Bu hesaplamadaki değerler  $S^* = \min_j S_j$ ,  $S^- = \max_j S_j$ ,  $R^* = \min_j R_j$ ,  $R^- = \max_j R_j$  ve “v” ise kriterlerin

çoğunluğunun ağırlığını (maksimum grup faydasını) göstermektedir. Bir başka deyişle, “v” değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, “1-v” karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. (Opricovic ve Tzeng, 2007). Uzlaşma, çoğunluk oyu (v>0.5) ile, konsensus (v=0.5) ile veya veto (v<0.5) ile sağlanabilir. Genellikle hesaplamalarda v=0.5 alınmaktadır.

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - v) \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (5.14)$$

Aşama 4: S, R ve Q değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Sonuçlar, üç sıralama listesi oluşturur. En küçük Q değerine sahip alternatif, en iyi seçenek olarak ifade edilir.

Aşama 5: Elde edilen sonucun geçerli olması için iki koşul sağlanmalıdır. Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanırsa, en iyi Q değerlerine göre sıralayan alternatif a' uzlaştırıcı çözüm olarak önerilir.

Koşul.1 Kabul edilebilir avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.  $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$  Burada a'' değeri, Q değerine göre sıralamada ikinci sırayı alan alternatiftir.  $DQ=1/(J-1)$ , J alternatif sayısını gösterir.

Koşul.2 Karar vermede kabul edilebilir istikrar: Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur. Alternatif a', S ve/veya R değerlerine göre sıralanan en iyi alternatiftir. Bir başka deyişle, en iyi Q değerine sahip a' alternatifi, S ve R değerlerinin de en az birinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Bu uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Belirtilen iki durumdan bir tanesi sağlanmazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer Koşul.2 sağlanmıyorsa a' ve a'' alternatifleri
- Eğer Koşul.1 sağlanmıyorsa a', a'',...,a<sup>m</sup> alternatifleri dikkate alınarak eşitsizlik  $Q(a^m) - Q(a') < DQ$  şeklinde ifade edilir.

Uzlaşık çözüm kümesi dahilinde, Q değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir.

## **6. HATALARIN SINIFLANDIRILMASINA YÖNELİK UYGULAMA**

### **6.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılarak kalite problemlerinin sınıflandırılmasında çok kriterli bir model önerilmiştir. Kalite kontrolünün yanı sıra, çok farklı alanlarda da uygulaması bulunan bir sınıflandırma yöntemi olan Pareto Analizi, çok kriterli bir analiz olarak ele alınmıştır. Belirlenen amaç doğrultusunda çalışmanın örnek olay incelemesinde, özel bir bankanın üye işyerlerine temin ettiği POS cihazlarında karşılaşılan hatalar ele alınmıştır. Hata çeşitlerinin tespiti ile kaynakların en etkin şekilde kullanılması ve gerekli tedbirlerin alınabilmesi için en uygun kararların verilmesine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Çalışmada hataların sınıflandırılmasında Çok Kriterli Pareto Analizi yaklaşımı için, BAHS ve VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir model çalışması yürütülmüştür. Önerilen modelde hataların sınıflandırılmasına yönelik oluşturulan hiyerarşik yapıdaki kriterlerin ağırlıkları, toplam entegral değer yöntemine dayandırılan sıralama metodu yaklaşımının temel alındığı BAHS metodolojisinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıkları altında, alternatifleri oluşturan hataların sıralaması ise VIKOR yöntemi uygulanarak belirlenmiştir.

Bu aşamadan sonra kalite problemlerine yol açan hataların önem derecelerine göre sınıflandırılması, Pareto Analizi ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikler belirlenerek, bu öncelikler doğrultusunda işletmeye yönelik iyileştirme çalışmaları belirlenmiştir. Daha kaliteli hizmet verebilmek için gerekli tedbirlerin alınmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

### **6.2 Problemin Tanıtımı ve Önemi**

Çalışmanın örnek olay incelemesinde ele alınan problem, özel bir bankanın üye işyerlerine temin ettiği POS cihazlarında karşılaşılan hatalardır. POS cihazlarında karşılaşılan ve kalite problemlerine yol açan bu hatalar, hem üye işyerlerini hem de

söz konusu bankayı müşterilerine karşı gerek maliyet, gerek zaman, gerekse prestij ve güven gibi önemli konularda olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durumun önüne geçebilmek ve daha kaliteli hizmet verebilmek için, söz konusu banka kuruluşunda tespit edilen hatalar sınıflandırılarak işletmeye yönelik bir iyileştirme çalışması önerisinde bulunulmuştur.

POS cihazı, kredi kartı ve banka kartlarının işlem yapabilmesini sağlayan, noktadan noktaya ATM iletişimi kuran bir cihaz olup, “satış noktası” anlamına gelmektedir. Dial up, IP, GPRS, WI-FI, LAN ve ADSL üzerinden iletişim gerçekleştirmektedir. Kredi kartı ve banka kartı üreten her bankanın müşterilerine kolaylık sağlayabilmesi amacıyla, üye işyerleri aracılığıyla POS cihazı ile hizmet vermesi gerekmektedir.

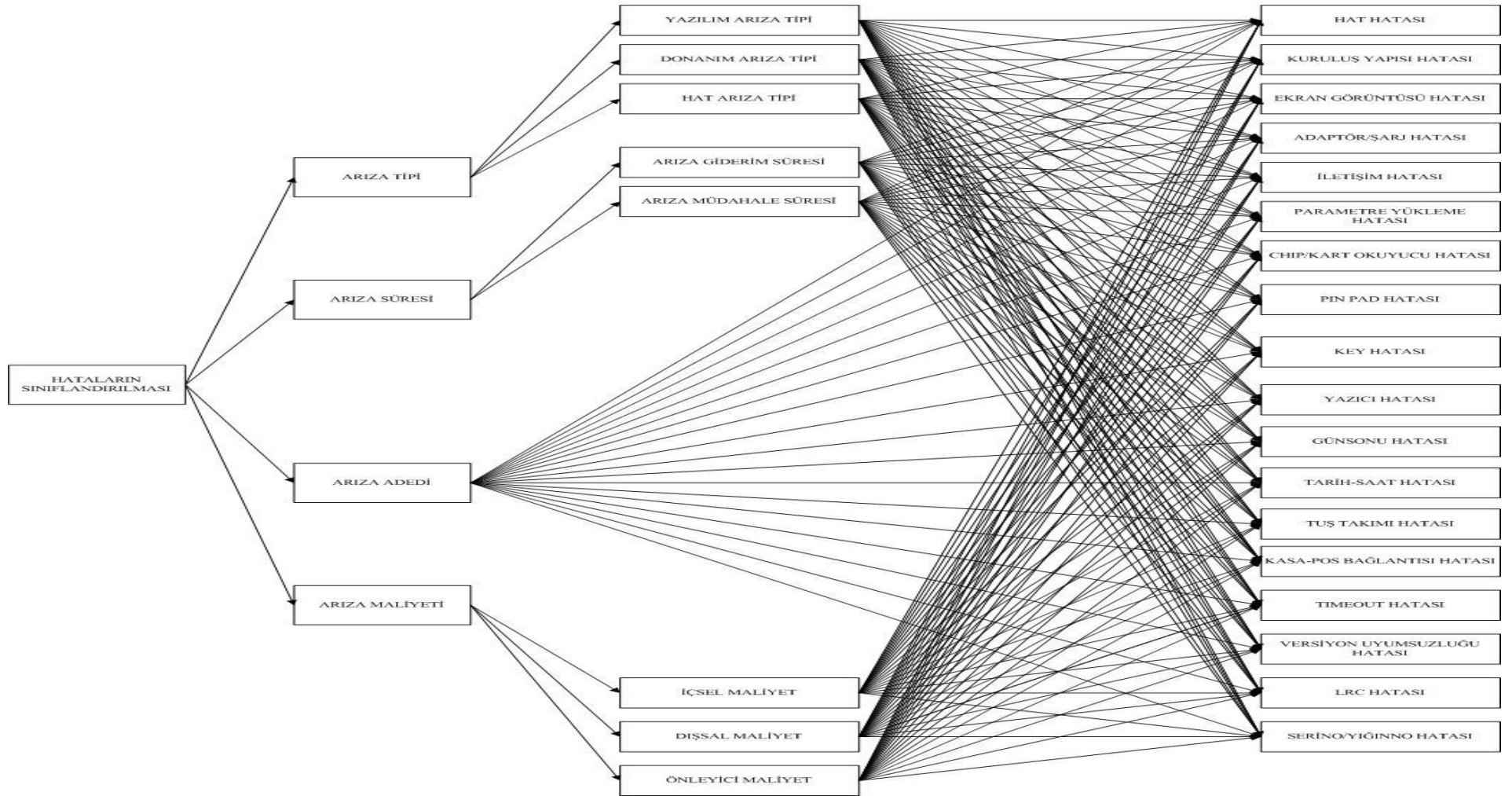
İşletmede kurulan yerel ağ aracılığı ile sabit terminaller, mobil terminaller ve üretim noktalarındaki yazıcılar arasındaki haberleşme sağlanır. Satış bilgileri işletmede gerek yerel olarak gerekse herhangi bir uzak noktadan raporlama programı ile toplanır. Bu raporlar sayesinde işletme sahibi, işletme işleyişine ait tüm verilere ulaşma imkanına sahip olur. Kontrol işlemlerini kısa sürede ve kolayca gerçekleştirebilir.

Bu nedenle, POS cihazlarında yaşanan problemler işletme açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada ele alınan POS cihazlarında karşılaşılan hataların tespiti ve analizi ile, işletmelere yönelik çözümler öne sürülerek, daha kaliteli hizmet verebilmek için gerekli tedbirlerin alınması amaçlanmıştır.

### **6.3 Hataların Sınıflandırılmasına Yönelik Hiyerarşik Yapı**

Kalite problemlerini sınıflandırabilmek için öncelikle sınıflandırma kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriterler işletmelerin uyguladıkları stratejilere, özelliklerine ve ihtiyaçlarına uygun olarak seçilerek farklı sınıflandırmalar gerçekleştirilebilir.

Bu kapsamda yapılan değerlendirmeler sonucunda oluşturulan hiyerarşik yapı 4 ana kriter, 8 ikinci düzey kriter ve 18 alternatif arıza konusundan oluşmaktadır. Oluşturulan hiyerarşik yapı elemanları, POS cihazı arızalarını karşılayan ve giderilmesi için gerekli çalışmaları yürüten ilgili departman sorumluları ile fikir alışverişinde bulunularak oluşturulmuştur. Hataların sınıflandırılmasına yönelik hiyerarşik yapı Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Hataların sınıflandırılmasına yönelik hiyerarşik yapı.

Hiyerarşik yapıdaki kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin açıklamaları ise aşğıdaki gibi ifade edilmiştir:

Arıza tipi (AT): Cihazda gerçekleşen arızanın hangi bağlantı nedeniyle gerçekleştiğini ifade eden tiptir.

Yazılım arıza tipi (YAT): Cihazda gerçekleşen arızanın, cihaz üzerinde yüklü olan yazılımdan kaynaklandığını ifade eden arıza tipidir.

Donanım arıza tipi (DAT): Cihazda gerçekleşen arızanın, cihazın donanımsal bağlantılarından kaynaklandığını ifade eden arıza tipidir.

Hat arıza tipi (HAT): Cihazda gerçekleşen arızanın, cihazın iletişim kurduğu hattan kaynaklandığını ifade eden arıza tipidir.

Arıza süresi (AS): Cihazda arıza gerçekleştiği andan itibaren, cihazın tekrar kullanılabilir olduğu ana kadar geçen süredir.

Arıza müdahale süresi (AMS): Cihazda arıza gerçekleştiği andan itibaren, arızanın giderilmesi için müdahale edilmeye başlandığı ana kadar geçen süredir.

Arıza giderim süresi (AGS): Cihazda gerçekleşen arızanın giderilmesi için müdahale edilmeye başlandığı andan itibaren, cihazın tekrar kullanılabilir olduğu ana kadar geçen süredir.

Arıza adedi (AA): Cihazın belirli bir periyotta kaç defa arızalandığını ifade eden adettir.

Arıza maliyeti (AM): Cihazda gerçekleşen arızanın giderilerek, cihazın tekrar kullanılabilir olabilmesi için gereken tüm maliyettir.

İşsel maliyet (İM): Yeterli kalitede olmayan ya da müşteri ihtiyaçlarına uygun olmayan cihazları/hizmetleri düzeltme ve iyileştirme çalışmalarından kaynaklanan maliyettir. Cihazdaki arızayı gidermek için harcanan işgücü maliyetini ifade eden işçilik maliyeti ile cihazdaki arızayı gidermek için kullanılan malzeme maliyetini ifade eden altyapı ve donanım maliyeti, bu maliyet kalemine örnek maliyetlerdir.

Dışsal maliyet (DM): Yeterli kalitede olmayan ya da müşteri ihtiyaçlarına uygun olmayan cihazların/hizmetlerin beklenen kalite standartlarında yaşanan sapmadan kaynaklanan maliyettir. Cihazdaki arızanın müşterinin beklentilerini karşılayamaması sonucu oluşabilecek çeşitli maliyetleri ifade eden müşteri

memnuniyetsizliği ile cihazın arızasının ürün sorumluluğu ile garanti kapsamında giderilmesini ifade eden garanti maliyeti, bu maliyet kalemine örnek maliyetlerdir.

Önleyici maliyet (ÖM): Yeterli kalitede olmayan ya da müşteri ihtiyaçlarına uygun olmayan cihazın/hizmetin uygunsuzluğunu önlemek amacıyla gerçekleştirilen faaliyetlerin maliyetidir. Cihaza/Hizmete yönelik her türlü danışmanlık hizmetlerinin maliyetini ifade eden danışmanlık ve eğitim maliyeti ile toplam kalite sisteminin tasarımı, kurulumu, uygulanması ve devamlılığının sağlanması için gerekli faaliyetlerin maliyetlerini ifade eden performans takip sistemi maliyeti, bu maliyet kalemine örnek maliyetlerdir.

Hat hatası ( $A_1$ ): Cihazın iletişim kurduğu bağlantı hattından (dial up, IP, GPRS, WI-FI, LAN, ADSL) kaynaklanan hata tipidir.

Kuruluş yapısı hatası ( $A_2$ ): Cihazın kurulumu sırasında gerçekleştirilen işlemlerden kaynaklanan hata tipidir.

Ekran görüntüsü hatası ( $A_3$ ): Cihazın ekranına veri gelmemesinden kaynaklanan hata tipidir.

Adaptör/Şarj hatası ( $A_4$ ): Cihazın adaptöründen/şarjından kaynaklanan hata tipidir.

İletişim hatası ( $A_5$ ): Cihazın bağlı olduğu hat ile iletişim kuramamasından kaynaklanan hata tipidir.

Parametre yükleme hatası ( $A_6$ ): Cihazın işlem gerçekleştirdiği sırada, yüklenen parametrelerin tanımlanmasında oluşan hata tipidir.

Chip/Kart okuyucu hatası ( $A_7$ ): Cihazın chip/kart okuyucusundan kaynaklanan hata tipidir.

Pin pad hatası ( $A_8$ ): Cihazın pin pad'inden kaynaklanan hata tipidir.

Key hatası ( $A_9$ ): Cihazın işlem gerçekleştirebilmesi için tanımlanan şifreden kaynaklanan hata tipidir.

Yazıcı hatası ( $A_{10}$ ): İşlem dökümünün alımı sırasında, cihazın yazıcısından kaynaklanan hata tipidir.

Günsonu hatası ( $A_{11}$ ): Cihazın günsonu işlem dökümün alınması sırasında oluşan hata tipidir.

Tarih-Saat hatası ( $A_{12}$ ): Cihazın tarihi/saati doğru olarak göstermemesinden kaynaklanan hata tipidir.

Tuş takımı hatası ( $A_{13}$ ): Cihazın tuş takımından kaynaklanan hata tipidir.

Kasa-POS bağlantısı hatası ( $A_{14}$ ): Cihazın bağlı olduğu yazarkasa ile bağlantısının gerçekleşmemesinden kaynaklanan hata tipidir.

Timeout hatası ( $A_{15}$ ): Cihazın işlem gerçekleştirdiği sırada, zaman aşımına uğrayarak işlemi tamamlayamamasından kaynaklanan hata tipidir.

Versiyon uyumsuzluğu hatası ( $A_{16}$ ): Cihaza yuklenen yazılımın cihaz ile uyumsuzluğundan kaynaklanan hata tipidir.

LRC hatası ( $A_{17}$ ): Cihazın LRC tanımlamasından kaynaklanan hata tipidir.

Serino/Yığınno hatası ( $A_{18}$ ): Cihazın Serino/Yığınno numarasından kaynaklanan hata tipidir.

#### **6.4 BAHS ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Daha önce de belirtildiği gibi bu çalışmada, Liou ve Wang tarafından geliştirilmiş olan toplam integral değer yöntemine dayandırılan sıralama metodu yaklaşımının temel alındığı BAHS metodolojisinden (Kaptanoğlu, 2005) yararlanılarak, hataların sınıflandırılmasına yönelik oluşturulan hiyerarşık yapı esas alınarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır.

Ek-A’da yer alan anket, izelge 5.1’de gösterilen bulanık önem dereceleri tablosundan yararlanılarak, söz konusu bankada POS cihazlarının kalite performans değerlendirmesi konusunda çalışan uzman kişiler ve POS cihazlarının arızalarının giderilmesinden sorumlu uzman kişilerden oluşan bir grup tarafından yanıtlanmıştır. Gupta yer alan uzmanların görüş birliğine vararak yaptıkları değerlendirmeye göre, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Çizelge 6.1’de hiyerarşık yapının dört ana kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi yer almaktadır.

**Çizelge 6.1** Stratejik niteliklere göre ikili karşılaştırma matrisi.

| Stratejik Nitelikler | AT          | AS            | AA          | AM            |
|----------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| AT                   | (1,1,1)     | (2/7,1/3,2/5) | (2/3,1,3/2) | (2/9,1/4,2/7) |
| AS                   | (5/2,3,7/2) | (1,1,1)       | (3/2,2,5/2) | (2/5,1/2,2/3) |
| AA                   | (2/3,1,3/2) | (2/5,1/2,2/3) | (1,1,1)     | (2/7,1/3,2/5) |
| AM                   | (7/2,4,9/2) | (3/2,2,5/2)   | (5/2,3,7/2) | (1,1,1)       |

Arıza tipi (AT) için l, m ve u değerleri o satırdaki l, m ve u değerlerinin toplamından elde edilir. Bu işlem arıza süresi (AS), arıza adedi (AA) ve arıza maliyeti (AM) için de yapılacaktır.

$$l_{AT} = 1 + 2/7 + 2/3 + 2/9 = 2.175 \quad (6.1)$$

$$m_{AT} = 1 + 1/3 + 1 + 1/4 = 2.583 \quad (6.2)$$

$$u_{AT} = 1 + 2/5 + 3/2 + 2/7 = 3.186 \quad (6.3)$$

$$l_{AS} = 5/2 + 1 + 3/2 + 2/5 = 5.4 \quad (6.4)$$

$$m_{AS} = 3 + 1 + 2 + 1/2 = 6.5 \quad (6.5)$$

$$u_{AS} = 7/2 + 1 + 5/2 + 2/3 = 7.667 \quad (6.6)$$

$$l_{AA} = 2/3 + 2/5 + 1 + 2/7 = 2.352 \quad (6.7)$$

$$m_{AA} = 1 + 1/2 + 1 + 1/3 = 2.833 \quad (6.8)$$

$$u_{AA} = 3/2 + 2/3 + 1 + 2/5 = 3.567 \quad (6.9)$$

$$l_{AM} = 7/2 + 3/2 + 5/2 + 1 = 8.5 \quad (6.10)$$

$$m_{AM} = 4 + 2 + 3 + 1 = 10 \quad (6.11)$$

$$u_{AM} = 9/2 + 5/2 + 7/2 + 1 = 11.5 \quad (6.12)$$

Bu aşamadan sonra l,m ve u değerlerinin genel toplamı elde edilir.

$$l = l_{AT} + l_{AS} + l_{AA} + l_{AM} = 18.427 \quad (6.13)$$

$$m = m_{AT} + m_{AS} + m_{AA} + m_{AM} = 21.916 \quad (6.14)$$

$$u = u_{AT} + u_{AS} + u_{AA} + u_{AM} = 25.920 \quad (6.15)$$

Bu işlem tamamlandıktan sonra, alt kriterlere ilişkin l, m ve u değerleri denklem (5.3) kullanılarak genel toplama bölünür.

$$\begin{aligned} S_{AT} &= (2.175, 2.583, 3.186) \otimes (1/25.920, 1/21.916, 1/18.427) \\ &= (0.084, 0.118, 0.173) \end{aligned} \quad (6.16)$$

$$\begin{aligned} S_{AS} &= (5.4, 6.5, 7.667) \otimes (1/25.920, 1/21.916, 1/18.427) \\ &= (0.208, 0.297, 0.416) \end{aligned} \quad (6.17)$$

$$\begin{aligned} S_{AA} &= (2.352, 2.833, 3.567) \otimes (1/25.920, 1/21.916, 1/18.427) \\ &= (0.091, 0.129, 0.194) \end{aligned} \quad (6.18)$$

$$\begin{aligned} S_{AM} &= (8.5, 10, 11.5) \otimes (1/25.920, 1/21.916, 1/18.427) \\ &= (0.328, 0.456, 0.624) \end{aligned} \quad (6.19)$$

Elde edilen yapay vektörler denklem (5.7) kullanılarak ve iyimserlik indeksi  $\alpha=0,8$  olmak üzere, toplam entegral değerler şu şekilde elde edilmiştir:

$$I_T^\alpha(S_{AT}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.173 + 0.118 + (1 - 0.8) \times 0.084] = 0.137 \quad (6.20)$$

$$I_T^\alpha(S_{AS}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.416 + 0.297 + (1 - 0.8) \times 0.208] = 0.336 \quad (6.21)$$

$$I_T^\alpha(S_{AA}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.194 + 0.129 + (1 - 0.8) \times 0.091] = 0.151 \quad (6.22)$$

$$I_T^\alpha(S_{AM}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.624 + 0.456 + (1 - 0.8) \times 0.328] = 0.510 \quad (6.23)$$

Elde edilen değerlere göre ağırlık vektörü  $W'_S = (0.137, 0.336, 0.151, 0.510)^T$  olarak bulunur ve bu vektör normalize edildiğinde ise görelî önem vektörü, bir başka deyişle kriterlerin ağırlıkları denklem (5.8)'den yararlanılarak  $W_S = (0.121, 0.296, 0.133, 0.450)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Bulunan değerlerin tutarlı olup olmadığını tespit edebilmek için tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için öncelikle ikili karşılaştırma matrisini oluşturan bulanık sayıların durulaştırılması gerekmektedir. Durulaştırma işlemi için denklem (5.9) kullanılır ve elde edilen bu matrise AHS'de uygulanan tutarlılık kontrolü hesapları uygulanarak, değerlerin tutarlılıkları incelenir.

Buna göre tutarlılık kontrolü için öncelikle, stratejik niteliklere göre ikili karşılaştırma matrisi durulaştırılarak görelî önem vektörü ile çarpılır.

$$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.337 & 1.028 & 0.251 \\ 3.000 & 1.000 & 2.000 & 0.511 \\ 1.028 & 0.511 & 1.000 & 0.337 \\ 4.000 & 2.000 & 3.000 & 1.000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.121 \\ 0.296 \\ 0.133 \\ 0.450 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.470 \\ 1.155 \\ 0.560 \\ 1.925 \end{bmatrix} \quad (6.24)$$

Bu çarpımdan elde edilen vektör, görelî önem vektörünün elemanlarına bölünerek elde edilen değerler toplanır ve  $\lambda_{max}$  değeri elde edilir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{4} \left( \frac{0.470}{0.121} + \frac{1.155}{0.296} + \frac{0.560}{0.133} + \frac{1.925}{0.450} \right) = 4.069 \quad (6.25)$$

$\lambda_{max}$  ve matris boyutu göz önünde bulundurularak tutarlılık indeksi hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.069 - 4}{4 - 1} = 0.023 \quad (6.26)$$

Elde edilen tutarlılık indeksi ve matris boyutuna bağılı olarak belirlenen tesadüfîlik indeksi göz önünde bulundurularak tutarlılık oranı hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.023}{0.89} = 0.026 \quad (6.27)$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen tutarlılık oranı 0,10 değerinden daha küçük bir değer olarak hesaplanmıştır, dolayısıyla stratejik niteliklere göre ikili karşılaştırmalar matrisi tutarlıdır ve her bir elemanın önem düzeyinin anlamlılığının doğru olduğu kabul edilir.

Temel stratejik nitelikler dikkate alınarak, alt nitelikler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda her bir alt nitelik için ağırlık vektörü elde edilmiştir.

Çizelge 6.2’de hiyerarşik yapının ikinci düzey kriterlerinden olan arıza tipine ait ikili karşılaştırma matrisi yer almaktadır.

**Çizelge 6.2** Arıza tipine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi.

| Arıza Tipi | YAT           | HAT           | DAT         |
|------------|---------------|---------------|-------------|
| YAT        | (1,1,1)       | (2/3,1,3/2)   | (5/2,3,7/2) |
| HAT        | (2/3,1,3/2)   | (1,1,1)       | (5/2,3,5/2) |
| DAT        | (2/7,1/3,2/5) | (2/5,1/3,2/5) | (1,1,1)     |

$$\begin{aligned} S_{YAT} &= (4.167, 5, 6) \otimes (1/12.8, 1/11.667, 1/10.02) \\ &= (0.326, 0.429, 0.599) \end{aligned} \quad (6.28)$$

$$\begin{aligned} S_{HAT} &= (4.167, 5, 5) \otimes (1/12.8, 1/11.667, 1/10.02) \\ &= (0.326, 0.429, 0.499) \end{aligned} \quad (6.29)$$

$$\begin{aligned} S_{DAT} &= (1.686, 1.667, 1.8) \otimes (1/12.8, 1/11.667, 1/10.02) \\ &= (0.132, 0.143, 0.180) \end{aligned} \quad (6.30)$$

Denklem (5.3) kullanılarak elde edilen yapay vektörler, denklem (5.7) kullanılarak ve iyimserlik indeksi  $\alpha=0,8$  olmak üzere, toplam entegral değerler şu şekilde elde edilmiştir:

$$I_T^\alpha(S_{YAT}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.599 + 0.429 + (1 - 0.8) \times 0.326] = 0.487 \quad (6.31)$$

$$I_T^\alpha(S_{HAT}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.499 + 0.429 + (1 - 0.8) \times 0.326] = 0.447 \quad (6.32)$$

$$I_T^\alpha(S_{DAT}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.180 + 0.143 + (1 - 0.8) \times 0.132] = 0.157 \quad (6.33)$$

Elde edilen değerlere göre ağırlık vektörü  $W'_{AT} = (0.487, 0.447, 0.157)^T$  olarak bulunur ve bu vektör normalize edildiğinde ise göreceli önem vektörü denklem (5.8)'den yararlanılarak  $W_{AT} = (0.446, 0.410, 0.144)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Bulunan değerlerin tutarlı olup olmadığını tespit edebilmek için tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı değerleri hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.027 - 3}{3 - 1} = 0.014 \quad (6.34)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.014}{0.52} = 0.027 \quad (6.35)$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen tutarlılık oranı 0,10 değerinden daha küçük bir değer olarak hesaplanmıştır, dolayısıyla arıza tipine göre alt niteliklerin ikili karşılaştırmalar matrisi tutarlıdır ve her bir elemanın önem düzeyinin anlamlılığının doğru olduğu kabul edilir.

Çizelge 6.3'te hiyerarşik yapının ikinci düzey kriterlerinden olan arıza süresine ait ikili karşılaştırma matrisi yer almaktadır.

**Çizelge 6.3** Arıza süresine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi.

| Arıza Süresi | AGS           | AMS         |
|--------------|---------------|-------------|
| AGS          | (1,1,1)       | (5/2,3,7/2) |
| AMS          | (2/7,1/3,2/5) | (1,1,1)     |

$$\begin{aligned}
 S_{AGS} &= (3.5, 4, 4.5) \otimes (1/5.9, 1/5.333, 1/4.786) \\
 &= (0.593, 0.750, 0.940)
 \end{aligned} \tag{6.36}$$

$$\begin{aligned}
 S_{AMS} &= (1.286, 1.333, 1.4) \otimes (1/5.9, 1/5.333, 1/4.786) \\
 &= (0.218, 0.250, 0.293)
 \end{aligned} \tag{6.37}$$

Denklem (5.3) kullanılarak elde edilen yapay vektörler, denklem (5.7) kullanılarak ve iyimserlik indeksi  $\alpha=0,8$  olmak üzere, toplam entegral değerler şu şekilde elde edilmiştir:

$$I_T^\alpha(S_{AGS}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.940 + 0.750 + (1 - 0.8) \times 0.593] = 0.810 \tag{6.38}$$

$$I_T^\alpha(S_{AMS}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.293 + 0.250 + (1 - 0.8) \times 0.218] = 0.264 \tag{6.39}$$

Elde edilen değerlere göre ağırlık vektörü  $W'_{AS} = (0.810, 0.264)^T$  olarak bulunur ve bu vektör normalize edildiğinde ise görelî önem vektörü denklem (5.8)'den yararlanılarak  $W_{AS} = (0.754, 0.246)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.4'te hiyerarşik yapının ikinci düzey kriterlerinden olan arıza maliyetine ait ikili karşılaştırma matrisi yer almaktadır.

**Çizelge 6.4** Arıza maliyetine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi.

| Arıza Maliyeti | İM            | DM            | ÖM          |
|----------------|---------------|---------------|-------------|
| İM             | (1,1,1)       | (2/3,1,3/2)   | (3/2,2,5/2) |
| DM             | (2/3,1,3/2)   | (1,1,1)       | (5/2,3,7/2) |
| ÖM             | (2/5,1/2,2/3) | (2/7,1/3,2/5) | (1,1,1)     |

$$\begin{aligned} S_{İM} &= (3.167, 4, 5) \otimes (1/13.067, 1/10.833, 1/9.02) \\ &= (0.242, 0.369, 0.554) \end{aligned} \quad (6.40)$$

$$\begin{aligned} S_{DM} &= (4.167, 5, 6) \otimes (1/13.067, 1/10.833, 1/9.02) \\ &= (0.319, 0.462, 0.665) \end{aligned} \quad (6.41)$$

$$\begin{aligned} S_{ÖM} &= (1.686, 1.833, 2.067) \otimes (1/13.067, 1/10.833, 1/9.02) \\ &= (0.129, 0.169, 0.229) \end{aligned} \quad (6.42)$$

Denklem (5.3) kullanılarak elde edilen yapay vektörler, denklem (5.7) kullanılarak ve iyimserlik indeksi  $\alpha=0,8$  olmak üzere, toplam entegral değerler şu şekilde elde edilmiştir:

$$I_T^\alpha(S_{İM}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.554 + 0.369 + (1 - 0.8) \times 0.242] = 0.430 \quad (6.43)$$

$$I_T^\alpha(S_{DM}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.665 + 0.462 + (1 - 0.8) \times 0.319] = 0.529 \quad (6.44)$$

$$I_T^\alpha(S_{ÖM}) = \frac{1}{2} \times [0.8 \times 0.229 + 0.169 + (1 - 0.8) \times 0.129] = 0.189 \quad (6.45)$$

Elde edilen değerlere göre ağırlık vektörü  $W'_{AM} = (0.430, 0.529, 0.189)^T$  olarak bulunur ve bu vektör normalize edildiğinde ise göreceli önem vektörü denklem (5.8)'den yararlanılarak  $W_{AM} = (0.375, 0.460, 0.165)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Bulunan değerlerin tutarlı olup olmadığını tespit edebilmek için tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı değerleri hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.053 - 3}{3 - 1} = 0.027 \quad (6.46)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.027}{0.52} = 0.052 \quad (6.47)$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen tutarlılık oranı 0,10 değerinden daha küçük bir değer olarak hesaplanmıştır, dolayısıyla arıza maliyetine göre alt niteliklerin ikili karşılaştırmalar matrisi tutarlıdır ve her bir elemanın önem düzeyinin anlamlılığının doğru olduğu kabul edilir.

Böylelikle, hataların sınıflandırılmasına yönelik oluşturulan hiyerarşik yapıdaki alternatiflerin sıralanabilmesi için dikkate alınan kriterlerin ağırlıkları Çizelge 6.5'te özetlenmiştir.

**Çizelge 6.5 :** Alternatiflerin sıralanmasında dikkate alınan kriterler ve ağırlıkları.

|     | Kriterler             | Ağırlıklar |
|-----|-----------------------|------------|
| YAT | Yazılım Arıza Tipi    | 0.054      |
| DAT | Donanım Arıza Tipi    | 0.017      |
| HAT | Hat Arıza Tipi        | 0.050      |
| AGS | Arıza Giderim Süresi  | 0.223      |
| AMS | Arıza Müdahale Süresi | 0.073      |
| AA  | Arıza Adedi           | 0.133      |
| İM  | İçsel Maliyet         | 0.169      |
| DM  | Dışsal Maliyet        | 0.207      |
| ÖM  | Önleyici Maliyet      | 0.074      |

## 6.5 VIKOR ile Alternatiflerin Sıralanması

BAHS ile hataların sınıflandırılmasına yönelik oluşturulan hiyerarşik yapıdaki kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasının ardından, bu ağırlıklar göz önünde bulundurularak, alternatifleri oluşturan hataların sıralanması VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.6'da, alternatiflerin sıralanmasında dikkate alınacak olan her bir kriter için, alternatiflerin değerleri yer almaktadır. Bu değerler, söz konusu bankanın POS cihazlarında tespit edilen hataların, oluşturulan hiyerarşik yapıda yer alan kriterler için bir aylık ortalama değerleridir. Ortalamanın aylık olarak belirlenmesindeki amaç, performans değerlendirmesinde aylık bazda değerlendirilmeler yapılmasıdır.

**Çizelge 6.6 :** Alternatiflere ait değerler.

|               |          | Kriterler |      |      |     |      |      |     |    |    |
|---------------|----------|-----------|------|------|-----|------|------|-----|----|----|
| Alternatifler |          | YAT       | DAT  | HAT  | AGS | AMS  | AA   | İM  | DM | ÖM |
|               | $A_1$    | 3         | 5    | 2160 | 1   | 15.5 | 2168 | 60  | 40 | 25 |
|               | $A_2$    | 1298      | 784  | 82   | 1   | 15.5 | 2164 | 100 | 90 | 50 |
|               | $A_3$    | 8         | 1234 | 328  | 3   | 19.2 | 1570 | 50  | 30 | 10 |
|               | $A_4$    | 4         | 1108 | 69   | 5   | 20   | 1181 | 40  | 30 | 10 |
|               | $A_5$    | 888       | 2    | 201  | 2   | 18.5 | 1091 | 95  | 80 | 80 |
|               | $A_6$    | 103       | 789  | 21   | 5   | 20   | 913  | 65  | 60 | 50 |
|               | $A_7$    | 251       | 560  | 73   | 2   | 18.5 | 884  | 90  | 85 | 30 |
|               | $A_8$    | 6         | 793  | 4    | 5   | 20   | 803  | 30  | 30 | 5  |
|               | $A_9$    | 592       | 10   | 122  | 3   | 18.5 | 724  | 60  | 75 | 30 |
|               | $A_{10}$ | 6         | 605  | 41   | 5   | 20   | 652  | 65  | 70 | 20 |
|               | $A_{11}$ | 499       | 10   | 2    | 2   | 18.5 | 511  | 95  | 95 | 70 |
|               | $A_{12}$ | 268       | 67   | 3    | 3   | 20   | 338  | 50  | 60 | 40 |
|               | $A_{13}$ | 14        | 123  | 3    | 5   | 20   | 140  | 40  | 30 | 5  |
|               | $A_{14}$ | 2         | 95   | 40   | 3   | 19.2 | 137  | 50  | 40 | 25 |
|               | $A_{15}$ | 11        | 1    | 93   | 2   | 19.2 | 105  | 80  | 90 | 60 |
|               | $A_{16}$ | 61        | 2    | 4    | 3   | 20   | 67   | 60  | 90 | 65 |
|               | $A_{17}$ | 78        | 4    | 17   | 3   | 20   | 99   | 80  | 70 | 65 |
|               | $A_{18}$ | 306       | 87   | 3    | 3   | 19.2 | 396  | 75  | 50 | 50 |

VIKOR yöntemine göre, öncelikle Çizelge 6.6’da yer alan değerlerden yararlanılarak, her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlenir. Bu değerler Çizelge 6.7’de görülmektedir.

**Çizelge 6.7 :** Her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler.

| Kriterler | $f_i^*$ | $f_i^-$ |
|-----------|---------|---------|
| YAT       | 1298    | 2       |
| DAT       | 1234    | 1       |
| HAT       | 2160    | 2       |
| AGS       | 5       | 1       |
| AMS       | 20      | 15.5    |
| AA        | 2168    | 67      |
| İM        | 100     | 30      |
| DM        | 95      | 30      |
| ÖM        | 80      | 5       |

Her kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlendikten sonra, 18 hata tipi için  $S_j$  ve  $R_j$  ( $j=1,2,\dots,18$ ) değerleri denklem (5.12) ve (5.13) yardımıyla hesaplanır. Daha sonra denklem (5.14) yardımıyla da  $Q_j$  ( $j=1,2,\dots,18$ ) değerleri belirlenir. Burada  $v=0.5$  olarak alınmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları ile  $S$ ,  $R$  ve  $Q$  değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla hata tipleri için oluşturulan üç farklı sıralama listesi Çizelge 6.8’de görülmektedir.

VIKOR yöntemine uzlaşık çözüm kümesi dahilinde  $Q$  değerlerine göre sıralama yapılmaktadır. Çözümün kabul edilebilmesi için sağlanması gereken koşullar da kontrol edilerek, alternatiflerin sıralaması belirlenmiştir.

**Çizelge 6.8 :** Alternatiflerin VIKOR yöntemi ile sıralama sonuçları.

| Alternatifler | $S_j$ | $R_j$ | $Q_j$ | $S_j$<br>değerine<br>göre<br>sıralama | $R_j$<br>değerine<br>göre<br>sıralama | $Q_j$<br>değerine<br>göre<br>sıralama |
|---------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| $A_1$         | 0.693 | 0.223 | 0.956 | $A_2$                                 | $A_{10}$                              | $A_{10}$                              |
| $A_2$         | 0.396 | 0.223 | 0.500 | $A_5$                                 | $A_6$                                 | $A_6$                                 |
| $A_3$         | 0.655 | 0.207 | 0.834 | $A_6$                                 | $A_9$                                 | $A_9$                                 |
| $A_4$         | 0.588 | 0.207 | 0.731 | $A_{11}$                              | $A_{12}$                              | $A_5$                                 |
| $A_5$         | 0.399 | 0.167 | 0.284 | $A_{10}$                              | $A_{17}$                              | $A_{16}$                              |
| $A_6$         | 0.410 | 0.111 | 0.081 | $A_7$                                 | $A_{16}$                              | $A_{17}$                              |
| $A_7$         | 0.479 | 0.167 | 0.407 | $A_{16}$                              | $A_{18}$                              | $A_{11}$                              |
| $A_8$         | 0.646 | 0.207 | 0.820 | $A_{17}$                              | $A_7$                                 | $A_7$                                 |
| $A_9$         | 0.530 | 0.112 | 0.269 | $A_{15}$                              | $A_5$                                 | $A_{12}$                              |
| $A_{10}$      | 0.431 | 0.096 | 0.054 | $A_9$                                 | $A_{15}$                              | $A_{15}$                              |
| $A_{11}$      | 0.419 | 0.167 | 0.315 | $A_{18}$                              | $A_{11}$                              | $A_{18}$                              |
| $A_{12}$      | 0.608 | 0.121 | 0.424 | $A_4$                                 | $A_{14}$                              | $A_2$                                 |
| $A_{13}$      | 0.673 | 0.207 | 0.862 | $A_{12}$                              | $A_4$                                 | $A_4$                                 |
| $A_{14}$      | 0.722 | 0.175 | 0.811 | $A_8$                                 | $A_3$                                 | $A_{14}$                              |
| $A_{15}$      | 0.513 | 0.167 | 0.459 | $A_3$                                 | $A_8$                                 | $A_8$                                 |
| $A_{16}$      | 0.490 | 0.133 | 0.290 | $A_{13}$                              | $A_{13}$                              | $A_3$                                 |
| $A_{17}$      | 0.503 | 0.131 | 0.302 | $A_1$                                 | $A_2$                                 | $A_{13}$                              |
| $A_{18}$      | 0.577 | 0.143 | 0.463 | $A_{14}$                              | $A_1$                                 | $A_1$                                 |

## 6.6 Çok Kriterli Pareto Analizi ile Hataların Sınıflandırılması

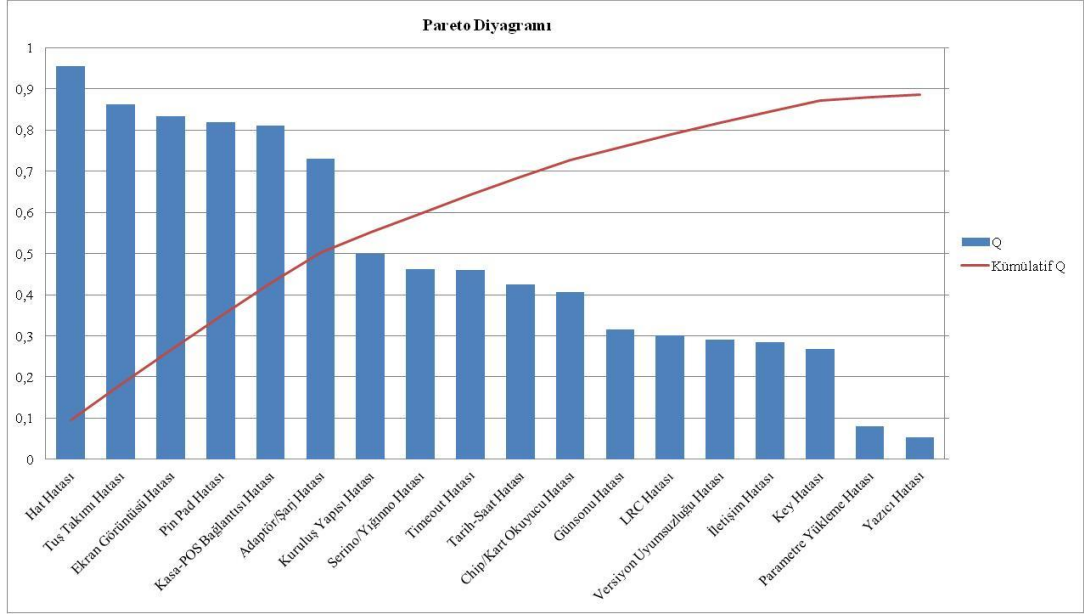
Alternatiflerin sıralanması VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu sıralama, VIKOR yönteminin gerektirdiği şekilde, en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru bir sıralamadır. Çok kriterli Pareto analizi ile, bu sıralamayı oluşturan hatalar sınıflandırılarak, karşılaşılan tüm hatalar içinde en önemli hatalar tespit edilmiş ve öncelikleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.9’da hataları oluşturan alternatiflerin, en büyük değerden en küçük değere doğru sıralanışı, her birinin toplam içindeki yüzde değerleri ve bu değerlerin kümülatif toplamı görülmektedir. Bu sıralama, VIKOR yönteminde hesaplanan Q değerleri ve bu değerlere göre yapılan sıralama dikkate alınarak yapılmıştır.

**Çizelge 6.9 :** Alternatiflerin sınıflandırılmasına ait değer tablosu.

| Alternatifler | Q     | %    | Kümülatif Q | Kümülatif % |
|---------------|-------|------|-------------|-------------|
| $A_1$         | 0.956 | 10.8 | 0.956       | 10.8        |
| $A_{13}$      | 0.862 | 9.7  | 1.818       | 20.5        |
| $A_3$         | 0.834 | 9.4  | 2.652       | 29.9        |
| $A_8$         | 0.820 | 9.3  | 3.472       | 39.2        |
| $A_{14}$      | 0.811 | 9.2  | 4.283       | 48.4        |
| $A_4$         | 0.731 | 8.2  | 5.014       | 56.6        |
| $A_2$         | 0.500 | 5.6  | 5.514       | 62.2        |
| $A_{18}$      | 0.463 | 5.2  | 5.977       | 67.4        |
| $A_{15}$      | 0.459 | 5.2  | 6.436       | 72.6        |
| $A_{12}$      | 0.424 | 4.8  | 6.860       | 77.4        |
| $A_7$         | 0.407 | 4.6  | 7.267       | 82.0        |
| $A_{11}$      | 0.315 | 3.6  | 7.582       | 85.6        |
| $A_{17}$      | 0.302 | 3.4  | 7.884       | 89.0        |
| $A_{16}$      | 0.290 | 3.3  | 8.174       | 92.3        |
| $A_5$         | 0.284 | 3.2  | 8.458       | 95.5        |
| $A_9$         | 0.269 | 3.0  | 8.727       | 98.5        |
| $A_6$         | 0.081 | 0.9  | 8.808       | 99.4        |
| $A_{10}$      | 0.054 | 0.6  | 8.862       | 100.0       |

Çizelge 6.9’dan yararlanılarak, hataları sınıflandırmaya yönelik dağılımı gösteren Pareto diyagramı Şekil 6.2’de görülmektedir.



**Şekil 6.2 :** Hataları sınıflandırmaya yönelik Pareto diyagramı.

Pareto diyagramı, hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerin en verimli şekilde yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlar (Egermayer, 1988). Buradan yola çıkılarak, hataların önem derecelerine göre sınıflandırılıp değerlerine göre yatırım yapılması ile verimliliğin artırılabilceği sonucuna varılabilir.

Sınıflandırmada kullanılacak olan oranlar, Pareto Analizinde öngörülen prensipler göz önünde bulundurularak, literatürde yer alan çeşitli sınıflandırma yaklaşımları incelenerek tespit edilmiştir. Liu ve Huang'ın (2006) envanter sınıflandırması için çok kriterli ABC Analizi çalışmasında da kullanılan oranlar temel alınarak; toplam hatalar içinde sıralamadaki yaklaşık ilk %15'i oluşturan hatalar çok önemli hataları temsil eden "A" grubu hatalar, sonraki %35'i oluşturan hatalar orta derecede önemli hataları temsil eden "B" grubu hatalar, ve son %50'yi oluşturan hatalar da az önemli hataları temsil eden "C" grubu hatalar olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Şekil 6.2'de görülen hataların sınıflandırılmasına yönelik Pareto diyagramında, öncesinde hesaplanan değerler ve kümülatif değerler ile yukarıda bahsedilen Pareto prensibinin öngördüğü oranlar dikkate alınarak, hataların sınıflandırılması gerçekleştirilir. Bu sınıflandırmanın doğruluğu, diyagramın çiziminde faydalanan değerleri kullanarak yapılacak hesaplamalar ile de kontrol edilebilir. Hataların sınıflandırılması Çizelge 6.10'da görülmektedir.

**Çizelge 6.10 : Hataların sınıflandırılması.**

| Hatalar                     | Sınıflandırma |
|-----------------------------|---------------|
| Hat Hatası                  | A             |
| Tuş Takımı Hatası           | A             |
| Ekran Görüntüsü Hatası      | A             |
| Pin Pad Hatası              | B             |
| Kasa-POS Bağlantısı Hatası  | B             |
| Adaptör/Şarj Hatası         | B             |
| Kuruluş Yapısı Hatası       | B             |
| Serino/Yığınno Hatası       | B             |
| Timeout Hatası              | B             |
| Tarih-Saat Hatası           | C             |
| Chip/Kart Okuyucu Hatası    | C             |
| Günsonu Hatası              | C             |
| LRC Hatası                  | C             |
| Versiyon Uyumsuzluğu Hatası | C             |
| İletişim Hatası             | C             |
| Key Hatası                  | C             |
| Parametre Yükleme Hatası    | C             |
| Yazıcı Hatası               | C             |

ABC Analizine göre esas olan; öncelikleri belirleyerek önemli birkaç hatanın üzerinde yoğunlaşmak ve bu sayede öncelikle hangi hatalarda iyileştirme çalışmaları yürütüleceğinin tespitidir. Verimlilik analizi için de önemli bir araç olan ABC Analizinde, sadece A grubundaki hataların giderilip geri kalan hataların bir kenara bırakılması değil, aksine tüm hataların önem derecelerine göre sıralanarak her birinin verimliliği arttırıcı yönde giderilmesi söz konusudur.

ABC Analizi esas alınarak hataların sınıflandırılması sonucunda hat hatası, tuş takımı hatası ve ekran görüntüsü hatası öncelikle ele alınması gereken grup olan A grubunda yer almıştır. İkincil öncelikli incelenmesi gerekli olan B grubundaki hatalar ise pin pad hatası, kasa-POS bağlantısı hatası, adaptör/şarj hatası, kuruluş yapısı hatası, serino/yığınno hatası ve timeout hatası olarak tespit edilmiştir. Bu iki öncelikli gruptan sonra değerlendirilmesi gereken grup olan C grubunda ise geri kalan 9 hata tipi yer almaktadır. Bu öncelik sırası gözetilerek hatalar ele alınmalı ve verimliliği arttırıcı yönde iyileştirmeler yapılmalıdır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, kalite kontrol ve kalite iyileştirme çabalarına yönelik olarak kalite problemlerinin sınıflandırılmasının amaçlandığı çalışmanın bulguları, iyileştirmeleri ve önerilerine yer verilmiştir. Çalışmanın uygulama alanı ile ilgili özetlenen sonuçların ardından ileriki dönemlere ait öneriler değerlendirmeye sunulacaktır.

### 7.1 Çalışmanın Uygulama Alanı

Çalışmada kalite problemleri olarak hata çeşitleri ele alınmış ve hata çeşitlerinin sınıflandırılmasına yönelik Çok Kriterli Pareto Analizi çözüm yöntemlerinden yararlanılarak, BAHS ve VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir model çalışması yürütülmüştür.

Hata çeşitlerini sınıflandırabilmek için öncelikle sınıflandırma kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterler, POS cihazı arızalarını karşılayan ve giderilmesi için gerekli çalışmaları yürüten ilgili departman sorumluları ile belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan değerlendirmeler sonucunda oluşturulan hiyerarşik yapı 4 ana kriter, 8 alt kriter ve 18 alternatiften oluşmaktadır. Arıza tipi ana kriterinin alt kriterleri yazılım arıza tipi, donanım arıza tipi ve hat arıza tipi; arıza süresi ana kriterinin alt kriterleri arıza giderim süresi ve arıza müdahale süresi; arıza maliyeti ana kriterinin alt kriterleri ise içsel maliyet, dışsal maliyet ve önleyici maliyettir. Ayrıca alt kriteri bulunmayan bir diğer ana kriter de arıza adedi kriteridir. Arızaya sebep olan 18 hata çeşidi de alternatifleri oluşturmaktadır. Hataların sınıflandırılmasına yönelik olarak oluşturulan bu hiyerarşik yapı esas alınarak, ana kriterlerin ve alt kriterlerin göreceli önemleri bir diğer ifadeyle ağırlıkları hesaplanmıştır. Bunun için öncelikle, bu amaca yönelik hazırlanmış anket çalışmasına, söz konusu bankada POS cihazlarının kalite performans değerlendirmesi konusunda çalışan uzman kişiler ve POS cihazlarının arızalarının giderilmesinden sorumlu uzman kişilerden oluşan bir grubun ortak kararı ile verilen yanıtlar doğrultusunda, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Bu matrisler, BAHS metodolojilerinden Liou ve Wang tarafından geliştirilmiş olan ve toplam entegral değer yöntemine dayandırılan sıralama metodu yaklaşımı temel alınarak, tüm ana ve alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve tutarlılık analizi ile tutarlılıkları test edilmiştir.

Belirlenen kriter ağırlıklarının ardından alternatiflerin sıralanması, birbiriyle çelişen kriterler içeren problemler için uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan VIKOR metodu kullanılarak, en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru gerçekleştirilmiştir. Alternatifleri oluşturan hataların en büyük değerden en küçük değere doğru sıralanışının yanısıra, her birinin toplam içindeki yüzde değerleri ve bu değerlerin kümülatif toplamaları da belirlenmiştir.

Bu aşamadan sonra kalite problemlerine yol açan hataların VIKOR ile belirlenen değerlerinden yararlanılarak, hataları sınıflandırmaya yönelik dağılımı gösteren Pareto diyagramı çizilmiştir. Bu diyagram Pareto prensibi göz önünde bulundurularak yorumlanmış, hatalar çok önemli hataları temsil eden “A” grubu hatalar, orta derecede önemli hataları temsil eden “B” grubu hatalar ve az önemli hataları temsil eden “C” grubu hatalar olmak üzere önceliklendirilerek sınıflandırılmıştır.

ABC Analizinin sonucunda hat hatası, tuş takımı hatası ve ekran görüntüsü hatasının toplam hatalar içinde sıralamadaki ilk %15’i oluşturan A grubu hatalar olduğu sonucuna varılmıştır. Pin pad hatası, kasa-POS bağlantısı hatası, adaptör/şarj hatası, kuruluş yapısı hatası, serino/yığınno hatası ve timeout hatasının toplam hatalar içinde sıralamada sonraki %35’i oluşturan B grubu hatalar olduğu sonucuna varılmıştır. Geriye kalan diğer 9 hatanın ise, toplam hatalar içinde sıralamada geri kalan %50’yi oluşturan C grubu hatalar olduğu sonucuna varılmıştır.

Verimlilik analizi için önemli bir araç olan ABC Analizinde esas olan, sadece A grubu hatalarında iyileştirme çalışmaları yürütülmesi değil, öncelikler gözetilerek tüm hatalar için önem derecelerine göre gerekli tedbirlerin alınması ve verimliliği arttırıcı yönde iyileştirmeler yapılmasıdır.

#### **7.1.1 Çalışmanın bilimsel katkısı**

Birden fazla bilimsel yöntemin anlam bütünlüğü içerisinde bir arada kullanılabilirliğinin de vurgulandığı bu çalışmada, literatürde yaygın olarak ve farklı

amaçlar için kullanılmakta olan yöntemlerin hata analizine yönelik uygulanabilirliği gösterilmiştir. Çalışmada Çok Kriterli Pareto Analizi için mevcut uygulamalarından farklı olarak BAHS ve VIKOR yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bütünlük bir yaklaşım önerilerek, literatüre katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Sınıflandırılması gereken elemanların çok çeşitli olduğu ve kendi içlerinde birbiriyle çatışan amaçlara bağlı oldukları halde ortak bir noktada gruplandırmanın da sağlandığı bu çalışmanın, kalite kontrol ve kalite iyileştirme çalışmalarına katkı sağlaması düşünülmektedir.

#### **7.1.2 Çalışmanın kuruma katkısı**

Kalite problemlerinin önceliklendirilerek sınıflandırılması doğrultusunda gerçekleştirilen hata analizi, gerek bu hataların muhatabı olan özel banka kuruluşları gerekse bu hatalara maruz kalan işletmeler açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada ele alınan POS cihazlarında karşılaşılan hataların tespiti ve analizi ile, özel banka kuruluşlarına ve onların üye işyerlerine yönelik çözümler getirilerek, daha kaliteli hizmet verebilmek/alabilmek için gerekli iyileştirmelerin temelleri atılmıştır. Ayrıca, işletmeler bu çalışmada uygulanan metodolojinin algoritmasını çıkartarak yazılımını uygulanabilir hale getirebilirler ve böylece daha sistematik sonuçlar elde edebilirler.

#### **7.2 Çalışmanın İleriki Çalışmalara Yönelik Uygulama Önerileri**

Çalışmada, kalite problemlerini sınıflandırabilmek amacıyla, sınıflandırma kriterleri belirlenmiş ve bu doğrultuda oluşturulan hiyerarşik yapı üzerinden sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. İlerleyen çalışmalarda, incelenen işletmelerin uyguladıkları stratejilere, özelliklerine ve ihtiyaçlarına bağlı olarak, oluşturulan hiyerarşik yapıdaki kriterler ve alternatifler çeşitlendirilerek farklı sınıflandırmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca hiyerarşik yapıda bulunan kriter ve alt kriterler çoğaltılıp detaylandırılarak analizin hassasiyeti de arttırılabileceği gibi, farklı çok kriterli karar verme metodları kullanılarak da sonuçlar karşılaştırılabilir.



## KAYNAKLAR

- Akgün, M.**, 2005: Kalite Maliyetlerinin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemine Entegrasyonu. *Muhasebe ve Denetime Bakış Dergisi*.
- Akın, B.**, 1996: ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol İPK Teknikleri. Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul. s. 9-11.
- Akman, G., ve Alkan, A.**, 2006: Tedarik Zinciri Yönetiminde BAHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. Cilt: 9, s. 23-46.
- Alkan, H.**, 2002: Kalitesizliğin Önemli Bir Boyutu: Maliyet Artışı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. Seri: A, Sayı: 2.
- Ayağ, Z., and Özdemir, R. G.**, 2006: A Fuzzy AHP Approach to Evaluating Machine Tool Alternatives. *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. 17, pp. 179-190.
- Bali, Ö., ve Gencer, C.**, 2005: AHP, BAHP ve Bulanık Mantık'la Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*. Cilt: 4, sayı: 1, s. 24-43.
- Başlıgil, H.**, 2005: The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Software Selection Problems. *Journal of Engineering and Natural Sciences*. Vol. 3, pp. 24-33.
- Besterfield, D. H.**, 1998: Quality Control. Prentice Hall, New Jersey.
- Bircan, G., ve Gedik, H.**, 2003: Tekstil sektöründe İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. Cilt: 4, sayı: 2.
- Bottani, E., and Rizzi, A.**, 2005: A Fuzzy Multi-Attribute Framework for Supplier Selection in an E-Procurement Environment. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. Vol. 8, no. 3, pp. 249-266.
- Bozdağ, C. E., Kahraman, C., and Ruan, D.**, 2003: Fuzzy Group Decision Making for Selection Among Computers Integrated Manufacturing Systems. *Computers in Industry*. Vol. 51, no. 1, pp. 13-29.
- Bozkurt, R.**, 1998: Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri. *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*. No. 630, Ankara.
- Bozkurt, R.**, 2003: Kalite Maliyetleri. 8. Baskı, MPM Yayınları, No. 6413.
- Bozkurt, R., and Odaman, A.**, 1996: ISO 9000 Kalite Güvence Sitemleri. *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*. No. 549, Ankara.
- Buckley, J. J.**, 1985: Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 17, pp. 233-247.

- Bumin, B., ve Erkutlu, H.,** 2002: Toplam Kalite Yönetimi ve Kıyaslama Benchmarking İlişkileri. *Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi*. No. 1.
- Büyüközkan, G.,** 2004: Multi Criteria Decision Making for E-Market Selection. *Internet Research*. Vol. **14**, no. 2, pp. 138-154.
- Büyüközkan, G., and Feyzioğlu, O.,** 2008: Evaluation of Suppliers' Environmental Management Performances by a Fuzzy Compromise Ranking Technique. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*. Vol. **14**, no. 3-5, pp. 309-324.
- Büyüközkan, G., Kahraman, C., and Ruan, D.,** 2004: A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection. *International Journal of General Systems*. Vol. **33**, no. 2-3, pp. 259-280.
- Büyüközkan, G., and Ruan, D.,** 2008: Evaluation of Software Development Projects Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach. *Mathematics and Computers in Simulations*. Vol. **77**, no. 5-6, pp. 464-475.
- Cebeci, U.,** 2009: Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. *Expert Systems with Applications*. Vol. **36**, pp. 8900-8909.
- Chan, F. T. S., and Kumar, N.,** 2007: Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach. *Omega International Journal of Management Science*. Vol. **35**, pp. 417-431.
- Chang, D. Y.,** 1996: Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. Vol. **95**, no. 3, pp. 649-655.
- Chang, Y. H., Cheng C. H., and Wang, T. C.,** 2003: Performance Evaluation of International Airports in the Region of East Asia. *Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Vol. **4**, pp. 213-230.
- Chen, E., and Lee, L. H.,** 2008: A Multi Objective Selection Procedure of Determining a Pareto set. *Computers and Operations Research*. Vol. **36**.
- Cheng, A. C., Chen, C. J., and Chen C. Y.,** 2008: A Fuzzy Multiple Criteria Comparison of Technology Forecasting Methods for Predicting the New Materials Development. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. **75**, pp. 131-141.
- Cheng, C. H.,** 1996: Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Membership Function. *European Journal of Operational Research*. Vol. **96**, no. 2, pp. 343-350.
- Cheng, C. H., Yang, K. L., and Hwang, C. L.,** 1999: Evaluating Attack Helicopters by AHP Based on Linguistic Variable Weight. *European Journal of Operational Research*. Vol. **116**, no. 2, pp. 423-235.
- Cheng, E. W. L.,** 2000: Analytic Hierarchy Process, A Defective Toll When Used Improperly. *Measuring Business Excellence*. Vol. **6**, no. 4, ABI/FORM Global.

- Cheng, J. Z., Chen, P. T., and Yu, H. C. D.,** 2004: Establishing A MAN Access Strategy for Future Broadband Service: a Fuzzy MCDM Analysis of SONET/SDH and Gigabit Ethernet. *Science Direct*.
- Chiou, H. K., Tzeng, G. H., and Cheng, D. C.,** 2005: Evaluating Sustainable Fishing Development Strategies Using Fuzzy MCDM Approach. *Omega*. Vol. **33**, pp. 223-234.
- Chou, T. Y., and Liang, G. S.,** 2001: Application of A Fuzzy Multicriteria Decision Making Model for Shipping Company Performance Evaluation. *Maritime Policy and Management*. Vol. **28**, no. 4, pp. 375-392.
- Chu, M. T., Shyu, J., Tzeng, G. H., and Khosla, R.,** 2007: Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group-Decision Analysis. *Expert Systems with Applications*. Vol. **33**, pp. 1011-1024.
- Cohen, M. A., and Ernst, R.,** 1988: Multi Item Classification and Genetic Inventory Stock Control Policies. *Production and Inventory Management Journal*. Vol. **29**, no. 3, pp. 6-8.
- Cvetkovic, D., Manic, M., Prascevic, M., and Milutinovic, S.,** 1999: Acoustic Comfort Optimization of Industrial Hale Using Intelligent Technology. *Working and Living Environmental Protection*. Vol. **1**, no. 4, pp. 9-18.
- Çabuk, Y.** 2005: Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerini Ölçmede Kullanılan Yöntemler. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. Cilt: 1.
- Çanlı, H., ve Kandakoğlu, A.,** 2007: Hava Gücü Mukayesesi için BAHP Modeli. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. Cilt: **3**, sayı: 1, s. 71-82.
- Çebi, F., Kahraman, C., and Bolat, B.,** 2010: A Multiattribute ABC Classification Model Using Fuzzy AHP. 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering (CIE40), Awaji Island, Japan.
- Çetin, C., Akın, B., ve Erol, V.,** 2001: Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi. Beta Yayın, İstanbul. No. **2**, s. 418.
- Demircan, M. L., Tolga, E., ve Kahraman, C.,** 2006: Bulanık Yenileme Analizi ve AHS Yardımı ile Çok Ölçütlü İşletim Sistemi Seçimi. *İTÜ Mühendislik Dergisi/d*. Cilt: **5**, sayı: 1, kısım: 2, s. 205-216.
- Deng, H.,** 1999: Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*. Vol. **21**, pp. 215-231.
- Devor, R. E., Chang, T., and Sutherland, J. W.,** 1992: Statistical Quality Design and Control. Macmillanel.
- Doğan, Ö.,** 2000: Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Cilt: **2** Sayı: 1, ss: 1-155.
- Egermayer, F.,** 1988: Pareto Analysis in Incoming Inspection At Verdor. *Eurepan Organization for Quality Control*.

- Enea, M, and Piezza, T.,** 2004: Project Selection by Constrained Fuzzy AHP. *Fuzzy Optimization and Decision Making*. Vol. 3, pp. 39-62.
- Engin, O.,** 2001: Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Arttırılmasında Parametre Optimizasyonu. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erensal, Y. C., Öncan, T., and Demircan, M. L.,** 2006: Determining Key Capabilities in Technology Management Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Turkey. *Information Sciences*. Vol. 176, pp. 2755-2770.
- Ertaş, F. Ç.,** 1996: Kalite Maliyetleri ve Analizi. *Verimlilik Dergisi*. MPM Yayını.
- Ertuğrul, İ.,** 2007: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makina Seçim Problemine Uygulanması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Cilt: 25, sayı: 1, s. 171-192.
- Ertuğrul, İ., and Karakaşoğlu, N.,** 2007a: Performance Evaluation of Turkish Cement Firms with Fuzzy Analytic Hierarchy Process and TOPSIS Methods. *Expert Systems with Applications*. Doi: 10.1016/j.eswa.2007.10.014.
- Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N.,** 2007b: Finans Sektöründe Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı. *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*. Cilt: 22, sayı: 255, s. 95-114.
- Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N.,** 2009: Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*. Cilt: 20, sayı: 1, s. 19-28.
- Feigebaum, A. V.,** 1986: Total Quality Control. Mc Graw-Hill Book Company, Singapore. Vol. 3, pp. 16.
- Flores, B. E., and Whybark, D. C.,** 1986: Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 6, no. 3, pp. 38-46.
- Garvin, D. A.,** 1987: Competing on the Eight Dimensions of Quality. *Harvard Business Review*. November, pp. 23-35.
- Golldberg, D. E.,** 1989: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, USA.
- Grant, E. L., and Leavenworth, R. S.,** 1988: Statistical Quality Control. Mc Graw-Hill Com. Vol. 6. New York.
- Güngör, İ., ve Büyüker, İ. D.,** 2005: Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Zonguldak.
- Güvenir, H. A., and Erel, E.,** 1998: Multicriteria Inventory Classification Using a Genetic Algorithm. *European Journal of Operational Research*. Vol. 105, no. 1, pp. 29-37.
- Hastings, S.,** 1996: A strategy evaluation model for management. *Management Decision*. Vol. 34, no. 1, pp. 25-34.

- Heinemann, M.**, 2000: Adaptive Learning of Rational Expectations Using Neural Networks. *Journal of Economic Dynamics & Control*. Vol. **24**, pp. 1007-1026.
- Huang, C. C., Chu, P. Y., and Chiang, Y. H.**, 2008: A Fuzzy AHP Application in Government-Sponsored R&D Project Selection. *Omega the International Journal of Management Science*. Vol. **36**, no. 6, pp. 1038-1052.
- Ishikawa, K.**, 1982: Guide Quality Control. *Asian Productivity Organization*. Vol. **2**.
- Jang, J. S. R.**, 1997: Toplam Kalite Kontrol. KalDer Yayınları. İstanbul, Türkiye.
- Juran, J. M.**, 1992: Juran on Quality by Design. The Free Press, New York. pp. 12.
- Kahraman, C., Cebeci, U., and Ruan, D.**, 2004: Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey. *International Journal of Production Economics*. Vol. **87**, pp. 171–184.
- Kahraman, C., Cebeci, U., and Ulukan, Z.**, 2003a: Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP. *Logistics Information Management*. Vol. **16**, no. 6, pp. 382-394.
- Kahraman, C., Ruan, D., and Doğan, İ.**, 2003b: Fuzzy Group Decision Making for Facility Location Selection. *Information Sciences*. Vol. **157**, pp. 135-153.
- Kang, H. Y., and Lee, A. H. I.**, 2007: Priority Mix Planning For Semiconductor Fabrication By Fuzzy AHP Ranking. *Expert Systems With Applications*. Vol. **32**, pp. 560–570.
- Kaptanoğlu, D.**, 2005: Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Bir Çok Ölçütlü Bulanık Karar Verme Modeli. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaptanoğlu, D., ve Özok, A. F.**, 2006: Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model. *İTÜ Dergisi / d Mühendislik*. Cilt: **5**, sayı: **1**, kısım: **2**, s. 193-204.
- Karcioğlu, R.**, 2000: Stratejik Maliyet Yönetimi, Maliyet ve Yönetim Muhasebesinde Yeni Yaklaşımlar. Aktif Yayınevi, Erzurum.
- Kartal, M.**, 1999: İstatistiksel Proses Kontrolü. Kariyer Matbaası, Ankara.
- Klir, G. L., and Yuan, B.**, 1995: Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Prentice Hall, USA.
- Kobu, B.**, 1996: Üretim Yönetimi. Avcıol Basım. No.9, İstanbul.
- Kolarik, W. J.**, 1995: Creating Quality-Concepts, Systems, Strategis, and Tools. McGraw-HILL.
- Kotler, P.**, 1996: Marketing Management. Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N.J. Vol. **8**, pp.56.
- Kreng, V. B., and Wu, C. Y.**, 2007: Decision Support Evaluation Of Knowledge Portal Development Tools Using A Fuzzy AHP Approach: The Case Of Taiwanese Stone Industry. *European Journal Of Operational Research*. Vol. **176**, pp. 1795–1810.

- Kulak, O., and Kahraman, C.,** 2005: Fuzzy Multi-Attribute Selection among Transportation Companies Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process. *Information Sciences*. Vol. **170**, pp. 191-210.
- Kuo, R. J., Chi, S. C., and Kao, S. S.,** 2002: A Decision Support System for Selecting Convenience Store Location Through Integration of Fuzzy AHP and Artificial Neural Network. *Computers in Industry*. Vol. **47**, no. 2, pp. 199-214.
- Kwong, C. K., and Bai, H.,** 2002: A Fuzzy AHP Approach to the Determination of Importance Weights of Customer Requirements in Quality Function Deployment. *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. **13**, pp. 367-377.
- Lee, A. H. I., Chen, W. C., and Chang, C. J.,** 2008: A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert Systems with Applications*. Vol. **34**, pp. 96-107.
- Lee, M., Pham, H., and Zhang, X.,** 1999: A Methodology for Priority Setting with Application to Software Development Process. *European Journal of Operational Research*. Vol. **118**, pp. 375-389.
- Leonard, J.,** 1999: Systems Engineering Fundamentals. Defense Systems Management College Press. Fort Belvoir, Virginia.
- Leung, L. C., and Cao, D.,** 2000: On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. Vol. **124**, pp. 102-113.
- Liu, H., and Yan, T.,** 2007: Bidding-Evaluation of Construction Projects Based on VIKOR Method. Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, Jinan, China.
- Liu, Q., and Huang, D.,** 2006: Classifying ABC Inventory with Multicriteria Using a Data Envelopment Analysis Approach. Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Jinan, China.
- Mikhailov, L., and Tsvetinov, P.,** 2004: Evaluation of Services Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Applied Soft Computing*. Vol. **5**, pp. 23-33.
- Mon, D. L., Cheng, C. H., and Lin, J. C.,** 1994: Evaluating Weapon System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based on Entropy Weight. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. **62**, no. 2, pp. 127-134.
- Montgomery, D. C.,** 2001: Introduction to Statistical Quality Control. Vol. **4**, New York: John Willey Sons.
- Murtaza, M. B.,** 2003: Fuzzy AHP Application to country Risk Assessment. *American Business Review*. Vol. **21**, no. 2, pp. 109.
- Oakland, J. S., and Followell, R. F.,** 1990: Statistical Process Control. Butterworth Heinemann, New York.

- Okul, D., 2007:** Analitik Ağ Süreci ve Bulanık Mantık Kullanımıyla Kalite Fonksiyon Yayılımının Mobilya Sektörüne Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Opricovic, S., and Tzeng, G. H., 2004:** Compromise Solution by MCDM Methods: a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. Vol. **156**, pp. 445-455.
- Opricovic, S., and Tzeng, G. H., 2007:** Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods. *European Journal of Operational Research*. Vol. **178**, pp. 514-529.
- Özdamar, K., 1999:** Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-2. Kaan Kitabevi, Eskişehir. Vol. **2**, s. 257.
- Öztemel, E., 2003:** Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul. s. 29.
- Partovi, F. Y., and Anandarajan, M., 2002:** Classifying Inventory Using an Artificial Neural Network Approach. *Computers & Industrial Engineering*. Vol. **41**, pp. 389-404.
- Partovi, F. Y., and Burton, J., 1993:** Using the Analytical Hierarchy Process for ABC Analysis. *International Journal of Production and Operations Management*. Vol. **13**, no. 9, pp. 29-44.
- Puente, J. D., Fuente, D. L., Priore, P., and Pino, R., 2002:** ABC Classification with Uncertain Data: A Fuzzy Model vs. A Probabilistic Model. *Applied Artificial Intelligence*. Vol. **16**, no. 6, pp. 443-456.
- Quality Control Circles (QCC), 1984.** Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları, İstanbul.
- Ramanathan, R., 2006:** ABC Inventory Classification with Multiple-Criteria Using Weighted Linear Optimization. *Computers & Operations Research*. Vol. **33**, pp. 695-700.
- Rong, C., Takashi, K., and Wang, J., 2003:** Enterprise Waste Evaluation Using the Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory. *Production Planning and Control*. Vol. **14**, no. 1, pp. 90-103.
- Rungtusanatham, M., 2001:** Beyond Improved Quality: The Motivational Effects of Statistical Process Control. *Journal of Operations Management*. Vol. **19**.
- Saaty, T. L., 1994:** How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*. Vol. **24**, no. 6, pp. 19-43.
- Saaty, T. L., 2001:** The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback. RWS Publications, Pittsburg.
- Saaty, T. L., and Tran, L.T., 2007:** On The Invalidity Of Fuzzifying Numerical Judgments in The Analytic Hierarchy Process. *Mathematical And Computer Modelling*. Vol. **46**, pp. 962-975.
- Sabuncuoğlu, Z., ve Tokol, T., 1995:** İşletme-2 Fonksiyonel Analiz, Rota baskı, Bursa.

- Saggiani, G. M., and Teodorani, B.,** 2004: Rotary Wing UAV Potential Applications: An Analytical Study through A Matrix Method. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. Vol. **76**, no. 1, pp. 6-14.
- Shamsuzzaman, M., Ullah, A. M. M. U., and Bohez, E. L. J.,** 2003: Applying Linguistic Criteria in FMS Selection: Fuzzy Set-AHP Approach. *Integrated Manufacturing Systems*. Vol. **14**, no. 3, pp. 247-254.
- Sohn, K. Y., Yang, J. W., and Kang, C. S.,** 2001: Assimilation of Public Opinions in Nuclear Decision Making Using Risk Perception. *Annals of Nuclear Energy*. Vol. **28**, pp. 553-563.
- Stam, A., Minghe, S., and Haines, M.,** 1996: Artificial Neural Network Representations for Hierarchical Preference Structures. *Computers and Operations Research*. Vol. **23**, no. 12, pp. 119-1201.
- Şimşek, M.,** 2000: Kalite Kavramının Tanımı ve Tarihsel Gelişimi. *Standard Dergisi*. No. **465**, s. 35-37.
- Tang, L. L., Kuo, Y. C., and Lee, E. S.,** 2005: A Multi-Objective Model for Taiwan Notebook Computer Distribution Problem. *Global Integrated Supply Chain Systems*. Pp. 171-182.
- Tang, L. L., and Beynon, M. J.,** 2005: Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study. *Journal of Economics and Management*. Vol. **1**, no. 2, pp. 207-230.
- Tekin, M.,** 2002: Toplam Kalite Yönetimi. Günay Ofset, Konya.
- Tolga, E., Demircan, M., and Kahraman, C.,** 2005: Operating System Selection Using Fuzzy Replacement Analysis and Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Production Economics*. Vol. **97**, pp. 89-117.
- Tong, L. I., Chen, C. C., and Wang, C. H.,** 2007: Optimization of Multi-Response Processes Using the VIKOR Method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. **31**, pp. 1049-1057.
- Tsaur, S. H., Cbang, T. Y., and Yen, C. H.,** 2002: The Evaluation of Airline Service Quality by Fuzzy MCDM. *Tourism Management*. Vol. **23**, pp. 107-115.
- TSE,** 1996: TSE ISO 9000 Kalite Broşürü. Ankara. s. 3.
- Tüysüz, F., and Kahraman, C.,** 2006: Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects. *International Journal of Intelligent Systems*. Vol. **21**, pp. 559-584.
- Tzeng, G. H., Lin, C. W., and Opricovic, S.,** 2005: Multi- Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation. *Energy Policy*. Vol. **33**, pp. 1373-1383.
- Vahindia, M. H., Alesheikh, A. A., and Alimohammadi, A.,** 2009: Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*. Vol. **90**, pp. 3048-3056.
- Van Laarhoven, P. J. M., and Pedrycz, W.,** 1983: A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. **11**, pp. 229-241.

- Wang, T. C., and Chen, Y. H.,** 2007: Applying Consistent Fuzzy Preference Relations to Partnership Selection. *Omega the International Journal of Management Science*. Vol. **35**, pp. 384-388.
- Weck, M., Klocke, F., Schell, H. R., and Rüenauber, E.,** 1997: Evaluating Alternative Production Cycles Using the Extended Fuzzy AHP Method. *European Journal of Operational Research*. Vol. **100**, no. 2, pp. 351-366.
- Yetiş, N.,** 1993: Kalite Kontrol ve TKY: Kalite Organizasyonu, Eğitim ve İnsan Gücü Geliştirme. I.S.O. ISO 9000 ve Kalite Seminerleri, İstanbul. No. **13**, s. 27.
- Yu, P. L.,** 1973: A Class of Solutions for Group Decision Problems. *Management Science*. Vol. **19**, no. 8, pp. 936-946.
- Yücel, M.,** 2007: 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi. İnönü Üniversitesi, Malatya. Mayıs 24-25.
- Yükçü, S.,** 1999: Kalite Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir.
- Zhang, C., Ma, C. B., and Xu, J. D.,** 2005: A New Fuzzy MCDM Method Based on Trapezoidal Fuzzy AHP and Hierarchical Fuzzy Integral. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Zhu, K. J., Jing, Y., and Chang, D. Y.,** 1999: A Discussion of Extend Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. Vol. **116**, pp. 450-456.



## **EKLER**

**EK A.1 : Kriterlerin Görelî Önemlerini Belirlemeye Yönelik Anket Çalışması**



## EK A.1

### Kriterlerin Görelî Önemlerini Belirlemeye Yönelik Anket Çalışması

Aşağıdaki soruları okuyarak ikili karşılaştırma matrisi üzerindeki gerekli işaretlemeleri yapınız. Eğer sol tarafta yer alan bir nitelik sağ taraftaki nitelikten daha önemli ise, işaretlemenizi “Eşit derecede önemli” değerinin sol tarafına yapınız. Eğer sol tarafta yer alan bir nitelik sağ taraftaki nitelikten daha az önemli ise, işaretlemenizi “Eşit derecede önemli” değerinin sağ tarafına yapınız.

**Çizelge A.1 : Stratejik niteliklerin ikili karşılaştırma çizelgesi.**

| Stratejik Nitelikler |            | Bir niteliğin diğerine göre önem veya tercih değeri |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    |            |
|----------------------|------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Sorular              | Nitelikler | Son derece önemli<br>(7/2,4,9/2)                    | Çok güçlü derecede önemli<br>(5/2,3,7/2) | Güçlü derecede önemli<br>(3/2,2,5/2) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Eşit derecede önemli<br>(1,1,1) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Güçlü derecede önemli<br>(2/5,1/2,2/3) | Çok güçlü derecede önemli<br>(2/7,1/3,2/5) | Son derece önemli<br>(2/9,1/4,2/7) | Nitelikler |
| S1                   | AT         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        | X                                          |                                    | AS         |
| S2                   | AT         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 | X                                   |                                        |                                            |                                    | AA         |
| S3                   | AT         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            | X                                  | AM         |
| S4                   | AS         |                                                     |                                          | X                                    |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | AA         |
| S5                   | AS         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     | X                                      |                                            |                                    | AM         |
| S6                   | AA         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        | X                                          |                                    | AM         |

**S1.** Arıza tipi (AT), arıza süresine (AS) göre ne kadar önemlidir?

**S2.** Arıza tipi (AT), arıza adedine (AA) göre ne kadar önemlidir?

**S3.** Arıza tipi (AT), arıza maliyetine (AM) göre ne kadar önemlidir?

**S4.** Arıza süresi (AS), arıza adedine (AA) göre ne kadar önemlidir?

**S5.** Arıza süresi (AS), arıza maliyetine (AM) göre ne kadar önemlidir?

**S6.** Arıza adedi (AA), arıza maliyetine (AM) göre ne kadar önemlidir?

**Çizelge A.2 : Arıza tipine göre ikili karşılaştırma çizelgesi.**

| Arıza Tipi |            | Bir niteliğin diğerine göre önem veya tercih değeri |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    |            |
|------------|------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Sorular    | Nitelikler | Son derece önemli<br>(7/2,4,9/2)                    | Çok güçlü derecede önemli<br>(5/2,3,7/2) | Güçlü derecede önemli<br>(3/2,2,5/2) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Eşir derecede önemli<br>(1,1,1) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Güçlü derecede önemli<br>(2/5,1/2,2/3) | Çok güçlü derecede önemli<br>(2/7,1/3,2/5) | Son derece önemli<br>(2/9,1/4,2/7) | Nitelikler |
| S7         | YAT        |                                                     | X                                        |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | DAT        |
| S8         | YAT        |                                                     |                                          |                                      | X                                   |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | HAT        |
| S9         | DAT        |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     | X                                      |                                            |                                    | HAT        |

**S7.** Yazılım arıza tipi (YAT), donanım arıza tipine (DAT) göre ne kadar önemlidir?

**S8.** Yazılım arıza tipi (YAT), hat arıza tipine (HAT) göre ne kadar önemlidir?

**S9.** Donanım arıza tipi (DAT), hat arıza tipine (HAT) göre ne kadar önemlidir?

**Çizelge A.3 : Arıza süresine göre ikili karşılaştırma çizelgesi.**

| Arıza süresi |            | Bir niteliğin diğerine göre önem veya tercih değeri |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    |            |
|--------------|------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Sorular      | Nitelikler | Son derece önemli<br>(7/2,4,9/2)                    | Çok güçlü derecede önemli<br>(5/2,3,7/2) | Güçlü derecede önemli<br>(3/2,2,5/2) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Eşir derecede önemli<br>(1,1,1) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Güçlü derecede önemli<br>(2/5,1/2,2/3) | Çok güçlü derecede önemli<br>(2/7,1/3,2/5) | Son derece önemli<br>(2/9,1/4,2/7) | Nitelikler |
| S10          | AGS        |                                                     | X                                        |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | AMS        |

**S10.** Arıza giderim süresi (AGS), arıza müdahale süresine (AMS) göre ne kadar önemlidir?

**Çizelge A.4 : Arıza maliyetine göre ikili karşılaştırma çizelgesi.**

| Arıza Maliyeti |            | Bir niteliğin diğerine göre önem veya tercih değeri |                                          |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    |            |
|----------------|------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Sorular        | Nitelikler | Son derece önemli<br>(7/2,4,9/2)                    | Çok güçlü derecede önemli<br>(5/2,3,7/2) | Güçlü derecede önemli<br>(3/2,2,5/2) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Eşir derecede önemli<br>(1,1,1) | Orta derecede önemli<br>(2/3,1,3/2) | Güçlü derecede önemli<br>(2/5,1/2,2/3) | Çok güçlü derecede önemli<br>(2/7,1/3,2/5) | Son derece önemli<br>(2/9,1/4,2/7) | Nitelikler |
| S11            | İM         |                                                     |                                          |                                      |                                     |                                 | X                                   |                                        |                                            |                                    | DM         |
| S12            | İM         |                                                     |                                          | X                                    |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | ÖM         |
| S13            | DM         |                                                     | X                                        |                                      |                                     |                                 |                                     |                                        |                                            |                                    | ÖM         |

**S11.** İçsel maliyet (İM), dışsal maliyete (DM) göre ne kadar önemlidir?

**S12.** İçsel maliyet (İM), önleyici maliyete (ÖM) göre ne kadar önemlidir?

**S13.** Dışsal maliyet (DM), önleyici maliyete (ÖM) göre ne kadar önemlidir?



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad** : Duygu ÖZGÜVENÇ

**Doğum Tarihi** : 24.02.1986

**Lisans** : Matematik Mühendisliği

**İş Tecrübeleri** : İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş.  
Bilgi Teknolojileri

AKBANK T.A.Ş.

Bilgi Teknolojileri

