



**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
İŞL-DR-2015-0001**

**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME  
YÖNTEMLERİNİN ALTI SİGMA PROJELERİ  
SEÇİMİNDE UYGULANMASI**

**HAZIRLAYAN**

**Engin ÇAKIR**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Muhsin ÖZDEMİR**

**AYDIN - 2015**

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
İŞL-DR-2015-0001**

**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME  
YÖNTEMLERİNİN ALTI SİGMA PROJELERİ  
SEÇİMİNDE UYGULANMASI**

**HAZIRLAYAN**

**Engin ÇAKIR**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Muhsin ÖZDEMİR**

**AYDIN - 2015**

**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

İşletme Ana Bilim Dalı İşletme Doktora Programı öğrencisi Engin ÇAKIR tarafından hazırlanan “**Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması**” başlıklı tez, 27 Mayıs 2015 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

<b><u>Unvanı, Adı ve Soyadı:</u></b>	<b><u>Kurumu:</u></b>	<b><u>İmzası:</u></b>
Doç. Dr. Muhsin ÖZDEMİR (Başkan)	Adnan Menderes Üniversitesi	
Prof. Dr. Mehmet Erdemir GÜNDOĞMUŞ	Adnan Menderes Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS	Adnan Menderes Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI	Pamukkale Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Algin OKURSOY	Adnan Menderes Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun ..... sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Recep TEKELİ  
Enstitü Müdürü

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Adı Soyadı : Engin ÇAKIR

İmza :

**YAZAR ADI-SOYADI:** ENGİN ÇAKIR

**BAŞLIK:** BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN ALTI SİGMA PROJELERİ SEÇİMİNDE UYGULANMASI

## ÖZET

Üretim ve hizmet sektörlerinde yaygın bir kullanım alanına sahip olan altı sigma yöntemi, proje odaklı bir yöntem olarak bilinmektedir. Altı sigma yönteminde projeler arasından öncelikli projenin seçimi çok kriterli bir karar verme problemi olarak düşünülebilir. Yapılan literatür araştırması altı sigma projelerinin seçimi ile ilgili çok sayıda yöntemin olduğunu göstermiştir. Altı sigma proje değerlendirme kriterlerinin belirsizlik içermesinden dolayı proje seçiminde bulanık mantık yöntemlerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Bu çalışmada bulanıklaştırılmış çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS ile projelerin değerlendirilmesi ve her bir yöntemden elde edilen sıralama skorlarının Copeland yöntemi ile bütünleştirilmesi sonucu en uygun projenin seçilmesi amaçlanmıştır. Önerilen yöntem Aydın ASTİM Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren büyük ölçekli bir üretim işletmesinde uygulanmıştır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Altı Sigma Projeleri, Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS, Bulanık COPRAS, Bulanık AHP, Copeland Yöntemi

**NAME and SURNAME:** Engin ÇAKIR

**TITLE:** APPLICATION OF FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS ON SIX SIGMA PROJECTS SELECTION

### **ABSTRACT**

Six sigma method, which has a widespread area of use in production and service sectors, is known as a project-oriented method. In six sigma method, selection of the prior project among others can be considered as a multi-criteria decision-making problem. The conducted literature review has showed that there are a large number of methods for the selection of six sigma projects. It would be more appropriate to use fuzzy logic methods in project selection since evaluation criteria of six sigma projects include uncertainties. In this study, it is aimed to select the most appropriate project as a result of evaluating the projects by Fuzzy VIKOR, Fuzzy TOPSIS and Fuzzy COPRAS as methods of fuzzy multi-criteria decision-making and integrating the ranking scores obtained from each method by Copeland method. The proposed method has been implemented in a large scale production company, operating in Aydın ASTİM Organized Industrial Zone.

**KEYWORDS:** Six Sigma Projects, Fuzzy VIKOR, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy COPRAS, Fuzzy AHP, Copeland Method

## ÖNSÖZ

Dünyadaki en mükemmel varlık olan insan, akli ve zekâsıyla günlük yaşamında karşılaştığı problemlere karşı sürekli olarak çözüm yolları aramaktadır. Özellikle belirsizlik durumlarında akıl yürütme ile tarih boyunca birçok problemin üstesinden gelmiştir. Karar verme sürecinde de olası çözümleri değerlendirerek, en etkili gördüğü çözümü tercih etmiştir.

Sanayi devriminin ardından işletmelerin verimliliği ile ilgili doğru karar alınabilmesi en çok tartışılan konulardan biri olmuştur. Literatürde karşılaşılan birçok karar alma yöntem ve tekniklerinin işletmelerin karar organları tarafından kullanıldığını; akademik düzeyde de bu konular üzerine çalışmaların yapıldığını görmek mümkündür. İşletmecilikte en önemli unsurlardan biri de hızlı ve doğru karar alma olduğu düşünülürse, karar vericilerin karar verme yöntemlerini dikkatli seçmeleri gerekmektedir.

1980'lerden sonra kalite iyileştirme çalışmalarında istatistik yöntem ve uygulamalarının yaygınlaşması sonucunda ortaya çıkan altı sigma yöntemi, günümüze kadar birçok işletme tarafından etkin biçimde kullanılmıştır. Ancak altı sigmanın proje odaklı olması, beraberinde öncelikli projelerin seçimi konusunda bir karar alma problemini getirmiştir. Altı sigma projelerinin seçimi noktasında literatürdeki akademik çalışmalar da dahil olmak üzere işletme uygulamalarına bakıldığında birçok yöntemin denendiği görülebilmektedir. Bu çalışmada da altı sigma projelerinin seçiminde bulanık çok kriterli karar verme tekniklerine yer verilmiştir. En son aşamada ise bulanık çok kriterli yöntemlerinin Copeland sıralama yöntemiyle bütünleştirilmesi sağlanarak, ele alınan uygulama çalışmasında öncelikli projenin seçimi sağlanmıştır.

Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından İİBF-14003 no.lu proje kodu ile desteklenen bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın danışman hocam Doç. Dr. Muhsin ÖZDEMİR'e, görüş ve katkıları ile tez çalışmamı

zenginleştiren tez izleme komitesi üyesi hocalarım sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Şenkayas ve Yrd. Doç. Dr. Algin OKURSOY'a, tez savunma jüri üyesi sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Erdemir GÜNDOĞMUŞ'a, tezin planlama aşamasında fikirleri ile tezin oluşumuna ışık tutan sayın hocalarım Prof. Dr. Onur ÖZVERİ, Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI'ya, alan araştırması sırasında kapılarını sonuna kadar açan HAUS firmasına ve burada yardımlarını esirgemeyen tüm HAUS çalışanlarına, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi sevgili anne ve rahmetli babama, her zaman fedakârca yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Refika'ya, motivasyon kaynağım kızım Zeynep Bade ve oğlum Enver Kaan'a çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ .....	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xiii
EKLER LİSTESİ .....	xvi
GİRİŞ .....	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
ALTI SİGMAYA GENEL BİR BAKIŞ	
1.1. ALTI SİGMANIN TANIMI.....	6
1.2. ALTI SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	8
1.3. ALTI SİGMANIN İSTATİSTİKSEL ANLAMI.....	10
1.4. ALTI SİGMA ORGANİZASYONU .....	15
1.4.1. Üst Kalite Konseyi .....	16
1.4.2. Şampiyon.....	17
1.4.3. Uygulama Lideri .....	18
1.4.4. Uzman Kara Kuşaklar .....	18
1.4.5. Kara Kuşaklar.....	19
1.4.6. Yeşil Kuşaklar .....	21
1.5. ALTI SİGMA KALİTE İYİLEŞTİRME MODELİNDE PROJELER.....	23
1.5.1. Tanımlama Aşaması.....	24
1.5.2. Ölçme Aşaması .....	26
1.5.3. Analiz Aşaması .....	27

1.5.4. İyileştirme Aşaması.....	28
1.5.5. Kontrol Aşaması.....	29
1.6. ALTI SİGMA PROJELERİ VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	31
1.6.1. Proje Kavramı ve Altı Sigma – Proje İlişkisi .....	31
1.6.2. Altı Sigma Proje Değerlendirme Literatür Taraması .....	34

## İKİNCİ BÖLÜM

### BULANIK MANTIK VE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

2.1. BULANIK MANTIK KAVRAMI .....	42
2.1.1. Bulanıklık ve Bulanıklaştırma Kavramı.....	45
2.1.2. Belirsizlik Kavramı .....	46
2.1.3. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulamaları .....	47
2.1.4. Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları .....	49
2.2. BULANIK KÜMELER .....	50
2.2.1. Sözel Değişkenler.....	51
2.2.2. Üyelik Fonksiyonları.....	52
2.2.3. Bulanık Küme Özellikleri .....	56
2.2.4. Bulanık Küme İşlemleri .....	58
2.3. DURULAŞTIRMA.....	65
2.3.1. En Büyük Üyelik Yöntemi.....	66
2.3.2. Sentroid Yöntemi .....	67
2.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi .....	68
2.3.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi .....	70
2.3.5. En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi Yöntemi.....	69
2.4. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME.....	70
2.4.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi.....	71
2.4.2. Bulanık VIKOR Yöntemi .....	78

2.4.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi.....	82
2.4.4. Bulanık COPRAS Yöntemi.....	86
2.5. COPELAND YÖNTEMİ İLE BULANIK ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ.....	90
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA	
3.1. BİR ÜRETİM İŞLETMESİ OLAN HAUS SANTRİFÜJ TEKNOLOJİLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLENDİRME .....	95
3.1.1. Firmanın Tanıtılması .....	95
3.1.2. Ürünlerin Tanıtılması .....	96
3.2. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE ALTI SİGMA PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	99
3.2.1. Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kısıtları .....	99
3.2.2. Çalışmanın Yöntemi.....	100
3.2.3. Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Proje Seçimine İlişkin Uygulama .....	102
3.2.4. Copeland Yöntemi ile Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS Yöntemlerinin Bütünleştirilmesi .....	139
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	144
KAYNAKÇA.....	148
EKLER.....	160
ÖZGEÇMİŞ .....	169

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<b>(a,b)</b>	Açık aralık
<b>[a,b]</b>	Kapalı aralık
<b>&lt;</b>	Küçük
<b>&gt;</b>	Büyüktür
<b>∀</b>	Tümü İçin
<b>∈</b>	Elemanıdır
<b>∉</b>	Elemanı Değildir
<b>≤</b>	Küçük Eşittir
<b>≥</b>	Büyük Eşittir
<b>μ</b>	Anakütle Ortalaması = mu
<b>AHP</b>	Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>ANP</b>	Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
<b>bkz</b>	Bakınız
<b>BNP</b>	En İyi Gerçek Sayı Değeri (Best Nonfuzzy Performance Value)
<b>C&amp;E</b>	Sebep – Sonuç (Cause and Effect)
<b>COPRAS</b>	Karmaşık Nisbi Değerlendirme (COMplex PROportional ASsesment)
<b>ÇKKV</b>	Çok Kriterli Karar Verme
<b>DEMATEL</b>	Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory
<b>HTEA</b>	Hata Türü Etkileri Analizi
<b>KKK</b>	Kritik Kalite Karakteristikleri
<b>kv</b>	Karar Verici
<b>KVDK</b>	Karar Verici Değerlendirme Komitesi
<b>Max</b>	Maksimum
<b>min</b>	Minimum
<b>MOHS</b>	Milyon Olasılıkta Hata Sayısı
<b>PPI</b>	Pareto Önceliklendirme İndeksi (Pareto Priority Index)
<b>QFD</b>	Kalite Fonksiyonu Yayılımı (Quality Function Deployment)
<b>R&amp;R</b>	Tekrarlanabilirlik ve Yinelenebilirlik (Repeatability and Reproducibility)
<b>s</b>	Örneklem Standart Sapması
<b>sup</b>	Supremum (En Küçük Üst Sınır)
<b>TOC</b>	Kısıtlar Teorisi (Theory of Constraints)
<b>TOPSIS</b>	İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Yöntemi (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution)

<b>TÖAİK</b>	Tanımlama – Ölçme – Analiz – İyileştirme – Kontrol
<b>VIKOR</b>	Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
<b>VZA</b>	Veri Zarflama Analizi
<b><math>\sigma</math></b>	Anakütle Standart Sapması = Sigma
<b><math>\Sigma</math></b>	Toplam

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çeşitli Aralıklarda Normal Eğri Alanları.....	11
Şekil 1.2 İstatistiksel Ölçüm Aracı Olarak Altı Sigma (Üç Sigma Prosesi) .....	1
Şekil 1.3 1,5 Sigmalık Kayma Sonrası Normal Dağılım .....	13
Şekil 1.4 Altı Sigma Organizasyonundaki Roller .....	15
Şekil 1.5 Altı Sigma Başarısına Ulaşmada İzlenen Yol Haritası.....	24
Şekil 1.6 Tanımlama Aşaması Faaliyet Süreci .....	25
Şekil 1.7 Ölçüm Örnekleri .....	26
Şekil 1.8 Ölçme Aşaması Faaliyet Süreci .....	27
Şekil 1.9 Analiz Aşaması Faaliyet Süreci .....	28
Şekil 1.10 İyileştirme Aşaması Faaliyet Süreci .....	28
Şekil 1.11 Kontrol Aşaması Faaliyet Süreci .....	29
Şekil 2.1 Bulanık Mantık Karar Sistemi .....	43
Şekil 2.2 Klasik Kümeler, Klasik Mantık, Bulanık Kümeler, Sonsuz Değerli Mantık ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişkiler .....	44
Şekil 2.3 Bulanıklaştırma İşlemi .....	46
Şekil 2.4 Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi .....	54
Şekil 2.5 Üyelik Fonksiyonu Kısımları.....	55
Şekil 2.6 (a) Normal Bulanık Küme (b) Normal Olmayan Bulanık Küme .....	56
Şekil 2.7 Dışbükey Bulanık Küme.....	58
Şekil 2.8 Bulanık Kümelerde Birleşim .....	60

Şekil 2.9 Bulanık Kümelerde Kesişim .....	61
Şekil 2.10 Bulanık Kümelerde Tümleyen .....	62
Şekil 2.11 Bulanık Kümelerde Alt Kümeler .....	63
Şekil 2.12 Bulanık Mantık Değerlendirme Süreci .....	64
Şekil 2.13 Durulaştırma İşlemi .....	65
Şekil 2.14 En Büyük Üyelik Derecesi Yöntemi ile Durulaştırma .....	67
Şekil 2.15 Sentroid Yöntemi ile Durulaştırma .....	67
Şekil 2.16 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma .....	68
Şekil 2.17 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi ile Durulaştırma .....	69
Şekil 2.18 En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri ile Durulaştırma .....	70
Şekil 2.19 Karar Verme Süreci .....	71
Şekil 2.20 Analitik Hiyerarşi Prosesi Aşamaları .....	72
Şekil 2.21 $M_2$ ve $M_1$ Arasındaki Kesişim Noktası .....	77
Şekil 3.1 Santrifüj Dekantör Teknik Çizimi .....	97
Şekil 3.2 Kesitli Dekantör Örneği .....	98
Şekil 3.3 Çalışma İş Akış Planı .....	102
Şekil 3.4 Sözel Değişkenlerin Bulanık Üyelik Fonksiyonları ile Gösterimi (Karar Verici İçin) .....	104
Şekil 3.5 Altı Sigma Proje Seçimi Hiyerarşik Yapısı .....	120
Şekil 3.6 Proje Seçiminde Kullanılan Sözel Değişkenlerinin Bulanık Üyelik Fonksiyonları ile Gösterimi .....	122

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1 Sigma Seviyesi.....	8
Çizelge 1.2 Sigma Dönüşüm Çizelgesi.....	11
Çizelge 1.3 1,5 Sigmalık Kaymalı DPMO'daki Değişim .....	13
Çizelge 1.4 Kara Kuşak Eğitim Süreci .....	21
Çizelge 1.5 Altı Sigma Proje Seçim Yöntem ve Araçları .....	40
Çizelge 2.1 Bulanık Küme İşlemlerinin Özeti .....	64
Çizelge 2.2 Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi .....	92
Çizelge 2.3 Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları.....	92
Çizelge 2.4 Galibiyet – Yenilgi ve Beraberlik Matrisi .....	93
Çizelge 2.5 Galibiyet – Yenilgi ve Copeland Puanları .....	94
Çizelge 2.6 Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması .....	94
Çizelge 3.1 HAUS Dekantör Çeşitleri .....	98
Çizelge 3.2 HAUS Yetkili Personel Listesi .....	103
Çizelge 3.3 Karar Vericiler için Kullanılan Sözel Değişkenler ve Bulanık Karşılıklar	104
Çizelge 3.4 Karar Verici Değerlendirme Çizelgesi.....	105
Çizelge 3.5 Karar Vericilerin Üçgensel Üyelik Fonksiyonları .....	106
Çizelge 3.6 Birleştirilmiş Bulanık Üyelik Fonksiyonunun Bulunması.....	107
Çizelge 3.7 Birleştirilmiş Bulanık Değerler .....	108



Çizelge 3.8 Karar Verici Gerçek Sayı Değerleri.....	109
Çizelge 3.9 Karar Verici Ağırlıkları.....	110
Çizelge 3.10 Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri.....	112
Çizelge 3.11 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Sözel Değişkenleri ve Üyelik Fonksiyonları .....	113
Çizelge 3.12 Birleştirilmiş Bulanık Üyelik Fonksiyonları.....	114
Çizelge 3.13 Hesaplama Sonucuna Göre Sentez Değerleri .....	116
Çizelge 3.14 Kriterler için Ağırlık Vektörünün Hesaplanması.....	117
Çizelge 3.15 Kriterlerin Ağırlık Vektörü .....	118
Çizelge 3.16 Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları.....	118
Çizelge 3.17 Belirlenen Altı Sigma Projeleri.....	119
Çizelge 3.18 Proje Seçimi için Kullanılan Sözel Değişkenler ve Bulanık Karşılıklar .	121
Çizelge 3.19 Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi .....	123
Çizelge 3.20 Kriterlerin En İyi ve En Kötü Bulanık Değerleri.....	124
Çizelge 3.21 $w_j \times dij$ sonuçları ile $S_i$ ve $R_i$ Değerleri .....	126
Çizelge 3.22 Grup Fayda ve Minimum Pişmanlık Değerleri.....	126
Çizelge 3.23 Bulanık VIKOR - Bulanık İndeks Değerleri .....	127
Çizelge 3.24 Bulanık VIKOR - Durulaştırılmış İndeks Değerleri.....	128
Çizelge 3.25 Bulanık Normalize Karar Matrisi .....	130
Çizelge 3.26 Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi.....	131

Çizelge 3.27 BPİÇ ve BNİÇ Bulanık Değerleri.....	132
Çizelge 3.28 BPİÇ VE BNİS'ten Olan Uzaklıklar .....	133
Çizelge 3.29 Yakınlık İndeksleri .....	133
Çizelge 3.30 Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi .....	134
Çizelge 3.31 Durulaştırılmış Karar Matrisi.....	135
Çizelge 3.32 Normalizasyon Değerleri .....	136
Çizelge 3.33 Faydalı ve Faydasız Kriterlerin Gösterimi.....	136
Çizelge 3.34 $S_{i+}$ ve $S_{i-}$ Değerleri .....	137
Çizelge 3.35 $Q_i$ Değerleri.....	137
Çizelge 3.36 $P_i$ Değerleri ve Proje Sıralama.....	138
Çizelge 3.37 Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS Proje Değerlendirme Sonuçları .....	139
Çizelge 3.38 Yöntemlere Göre İkili Karşılaştırma Matrisi.....	140
Çizelge 3.39 Oylama Sonuçları .....	140
Çizelge 3.40 Projelerin Galibiyet ve Yenilgi Puanları.....	141
Çizelge 3.41 Copeland Yöntemine Göre Proje Sıralamaları .....	142
Çizelge 3.42 Projelerin Nihai Sıralama Sonuçları .....	142
Çizelge 3.43 Proje Değerlendirme Yöntemleri ve Copeland Yöntemine Göre Proje Sıralamaları .....	143

## EKLER LİSTESİ

Ek 1 Sigma Dönüşüm Tablosu ( $\pm 1.5\sigma$ Düzeltme ile) .....	160
Ek 2 Karar Verici Değerlendirme Anketi .....	161
Ek 3 Kriter Değerlendirme Anketi .....	162
Ek 4 Her Bir Karar Verici için İkili Karşılaştırma Matrisi .....	164
Ek 5 Proje Değerlendirme Anketi .....	166
Ek 6 Proje Değerlendirmede Üçgensel Bulanık Sayılar .....	167

## GİRİŞ

İnsan toplum içerisinde yaşamını sürdürürken belirsizlik içeren durumlarla karşılaşmakta ve sezgi ya da deneyimlerine dayalı olarak karar almak zorunda kalmaktadır. Karar verme sürecinde insan beyni işlevini tamamlarken öznel değerlerden faydalanmaktadır. Toplum bilimci Aristo'nun ortaya koyduğu gibi "bilgi doğuştan akılda yoktur, ama akıl bilgiyi üretecek kapasitedir". Dolayısıyla akıl ve düşünce sisteminin ilk aşamaları bulanıktır. Bu aşamada Aristo'nun insan doğası gereği, klasik işlevsel yapısının aksine bulanık mantık, içinde bulunulan belirsizliğe çözüm önerileri sunmaktadır.

Karar verme süreci insanlığın varoluşundan bugüne kadar, seçeneklerin çoğalması sebebiyle daha da karmaşık bir yapıya dönüşmüştür. Bu doğrultuda çok kriterli karar verme tekniklerinin katkı sağlayıcı unsurlarını maksimize etmeye yönelik olarak bulanık mantık ile bütünleştirilmesi karar vermede etkinliği daha da arttırmaktadır. Bunlar "bulanık çok kriterli karar verme teknikleri" olarak literatürde yer almış ve birçok çalışmada da kullanılmıştır.

Bu çalışmada, altı sigma projeleri içerisinde, bulanık çok kriterli karar verme teknikleri arasında yer alan bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinin Copeland sıralama yöntemi kullanılarak bütünleştirilmesi ile en uygun projenin seçilmesi amaçlanmıştır. Projelerin değerlendirilmesi, yöntemlerin dayanağı olan kriterler ve bu kriterlerin ağırlıkları yardımıyla mümkün olabilmektedir. Literatürde, kriterlerin ağırlıklarını bulanık mantık çerçevesinde ortaya koyan çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu çalışmada bulanık AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları tespit edilmiş ve projelerin değerlendirilmesi safhasında bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS'ta kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde altı sigma yöntemi ile ilgili temel kavramlar ele alınmış ve bu temel kavramlar hakkında geniş bir bilgi verilmiştir. Altı sigma projeleri, Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol (TÖAİK) aşamalarından geçerek yürütülür. Bu bölümde, TÖAİK aşamaları hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Tez

çalışmasının temelini oluşturan proje seçimi ise, bu aşamalardan önce yapılması gereken ve projenin verimliliğini doğrudan etkileyen bir konudur. Bölümün sonunda literatürde yer bulan altı sigma proje seçim yöntemlerine yer verilmiştir.

Altı sigma projelerinin seçiminde belirsizliklerin çok olması, literatürde kullanılmakta olan mevcut proje seçim yöntemlerinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple altı sigma projelerinin seçiminde belirsizlik ortamında karar vermede etkili olan bulanık mantık yöntemi tercih edilmiştir. Zadeh (1965)'in öncülüğü yaptığı bulanık mantık, bugüne kadar birçok çalışmada ve uygulamada kullanılmış, özellikle mühendislik alanında başarılı sonuçlar vermiştir. Son yıllarda sosyal bilimler alanında da uygulamalara yer verilmesi; o alandaki araştırmacıları bulanık mantık konusunda çalışma yapmaya yönlendirmiştir. Bulanık mantık ve onun türevi bulanık çok kriterli karar verme teknikleri konusunda uygulama yapabilmek, bulanık mantık konusuna hâkim olmayı gerektirmektedir. Bu kapsamda ikinci bölümde bulanık mantık yöntemi ile ilgili kavram ve tanımlara yer verilmiştir. Bölümün son kısmında ise tezin uygulamasında kullanılan bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık AHP, bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemleri hakkında literatür aktarılmıştır. Ayrıca bölümün sonunda, bu çalışmada geliştirilen bulanık çok kriterli karar verme tekniklerini Copeland sıralama yöntemi ile bütünleştiren yöntem yer verilmiştir. Geliştirilen yöntem Aydın ASTİM organize sanayi bölgesinde santrifüj ürünleri üreten HAUS firmasında uygulanmış ve çalışmanın üçüncü bölümünde ayrıntılarıyla aktarılmıştır.

HAUS firması 11 çeşit ürün üretmektedir. Elde edilen veriler ışığında en çok satış yapılan ürünün 353 serisi dekantörler olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Çalışmada, firmadaki potansiyeli görme ve daha çok müşteri memnuniyetini kazanma ilkesi doğrultusunda sadece 353 serisi dekantörlere odaklanılmıştır. Tez çalışmasının uygulama bölümü aşağıdaki sıra izlenerek yürütülmüştür:

1. Karar vericilerin kararlardaki ağırlıklarının bulanık mantık ile belirlenmesi şu şekildedir:
  - Öncelikle fabrika müdürü tarafından Karar Verici Değerlendirme Komitesi (KVVK) oluşturulmuştur. Karar vericilerin, hangi üst düzey yöneticilerden

oluşacağı ve kararlardaki etki düzeyleri KVVK tarafından belirlenmiştir. Karar vericilerin, kararlardaki etkilerini belirlemek üzere KVVK üyelerine bulanık mantık ilkeleri doğrultusunda anket düzenlenmiştir. Her bir KVVK üyesine ait bulanık karar matrisleri birleştirilerek, tek bir bulanık karar matrisi haline dönüştürülmüştür. Ardından En İyi Sayı Değeri yöntemi ile durulaştırma işlemi uygulanarak, kesin değerler elde edilmiştir. Son olarak kesin değerlerin normalizasyon işleminin ardından, her bir karar verici için ağırlıklar ortaya konulmuştur.

2. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecindeki aşamalar aşağıdaki sıralama ile sürdürülmüştür:

- Öncelikle literatürdeki kriterler ortaya konulmuş ve bu doğrultuda 353 serisi dekantörle ilgili projeleri değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Kriterlerin belirsizlik içermesi nedeniyle tercih edilen bulanık AHP yöntemine ait sözel değişkenler ortaya konmuştur. Karar vericiler hazırlanan anket yardımıyla kriterleri sözel ifadelerle değerlendirmişlerdir. Sözel ifadeler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş; karar vericilerin ağırlıkları da dikkate alınarak, tek bir karar matrisi olacak şekilde birleştirilmiştir. Son olarak, Chang (1996)'in genişletilmiş sentetik analiz yöntemi yardımıyla, kriter ağırlıkları tespit edilmiştir.

3. Projelerin seçilmesi sürecindeki aşamalar ise şu sırada sürdürülmüştür:

- Karar vericilerle görüşme sağlanarak, 353 serisi dekantörler ve ona bağlı üretim sahası ile ilgili projeler belirlenmiştir. Bu projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin belirsizlik içermesi nedeniyle, bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinin kullanılması uygun görülmüş ve bu yöntemler için sözel değişkenler literatüre sadık kalınarak ortaya konulmuştur. Her bir proje, karar vericiler tarafından kriterler de dikkate alınarak sözel değişkenler ile değerlendirilmiştir. Her bir karar vericiye ait sözel değişkenler bulanık üçgensel sayılara dönüştürülmüş, daha sonra tek bir karar matrisi oluşturulabilmesi için karar verici ağırlıkları da dikkate alınarak birleştirme işlemi yapılmıştır. Böylece tüm karar vericilere ait tek bir bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS

yöntemi ile değerlendirilmiş, her bir yöntem için ayrı ayrı proje sıralamaları elde edilmiştir. Her üç yöntemden elde edilen sıralamaların Copeland yöntemi ile bütünleştirilmesi sağlanmış ve yeni sıralamadaki en iyi skora sahip olan altı sigma projesinin öncelikle hayata geçirilmesi gerektiği üst yönetime bildirilmiştir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ALTI SİGMAYA GENEL BİR BAKIŞ

Üretim ve hizmet sektöründe yer alan işletmelerin; sektörde süreklilik sağlayabilmesi ve ilerleyebilmesi için tüm süreçlerini kalite standartlarına uygun hale getirerek iyileştirme sağlamaları gerekmektedir. İşletmelerin bulunduğu sektörde rekabet avantajı kazanabilmesi için ürün ve/veya hizmetleri daha kaliteli, daha verimli, daha hızlı ve daha esnek sunması önemlidir. Rekabetin bu denli yoğun yaşandığı bir ortamda, geleneksel kalite anlayışıyla yönetilen işletmelerin süreklilik göstermesi mümkün görünmemektedir.

Kalite ve süreç iyileştirmede özellikle 1990’larda en çok tercih edilen modern kalite yöntemlerinden biri olan altı sigma yöntemi, günümüze kadar kendini yenilemiş ve geliştirmiştir. Kaliteyi amaç edinmiş birçok küresel işletmede, altı sigma yöntemine ya da altı sigma yönteminden esinlenerek geliştirilmiş yöntemlere rastlamak mümkündür. Altı sigma için, ‘kalite iyileştirme’ merkezli bir yöntemdir denilebilir. Kalite iyileştirme kavramı ise genel olarak, müşteri memnuniyetini arttırabilmek için, ürün veya hizmet üstündeki faydanın arttırılmasıdır. Bu fayda, müşteriyi ön planda tutan işletmeler tarafından gerçekleştirilen küçük değişim projeleri ile olabildiği gibi; ürün ve/veya hizmetin tam anlamıyla değiştirebilmesi için geliştirilen büyük çaplı projeler ile de olabilmektedir (Demirci, 2008: 15).

Proje odaklı yapıya sahip olan altı sigma yöntemi ile geliştirilen küçük ve büyük çaplı projelerin kalite iyileştirmelerde başarılı olduğu ve bu sebeple altı sigmanın işletmeler tarafından tercih edildiği söylenebilir. Ancak işletmelerin altı sigma projelerinin seçimi konusunda herhangi bir yöntem benimsemedikleri; proje liderlerinin karşılaştığı her soruna ilişkin proje geliştirerek hayata geçirdiği ve birçoğunun başarısız olduğu gözlenebilmektedir. Bu başarısızlık işletmeye maliyet, çalışanlara da motivasyon kaybı olarak yansımaktadır. Altı sigma projelerinin başarısında kilit nokta, doğru ve zamanında projenin seçimi ve uygulanmasıdır.



Yapılan bu çalışmada amaç, kalite iyileştirme yöntemi olan altı sigma projelerinin insan yargılarını en iyi yansıtan bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirilmesi ve en iyi projenin seçilmesidir.

## 1.1. ALTI SİGMANIN TANIMI

“Sigma” yunan alfabesinde kullanılan bir harf olarak bilinmektedir. Büyük harf sigma ( $\Sigma$ ) matematik biliminde toplam simgesi olarak kullanılırken, küçük harf sigma ( $\sigma$ ) ise standart sapmanın simgesi olarak kullanılır ve istatistik - istatistiksel süreç kontrolünde önemli bir ölçü birimidir.

Standart sapma bir dağılma, yayılma, sapma, farklılaşma ölçütüdür. Belirli şartlar altında oluşan değerler arasında farklılaşma büyüdükçe standart sapma büyür ve farklılaşma azaldıkça da küçülür. Ayrıca sigma değeri hataların hangi sıklıkta oluştuğunu gösterdiği gibi daha yüksek sigma değeri daha az hata olasılığını açıklar. Dolayısıyla sigma seviyesi artarken maliyet ve çevrim zamanı azalmakta, aynı zamanda müşteri memnuniyeti de artmaktadır (Öztürk, 2009: 449–450).

Altı sigmada kullanılan sigma, süreçte meydana gelen değişimlerin müşteri gereksinimlerini ne kadar karşıladığını göstermede kullanılmaktadır (Keller, 2005: 3). Burada kullanılan sigma, süreçle ilgili ölçülebilir gözlem değişkenliğini ortalama bazda ölçen bir istatistik araçtır.

Altı sigma, basit olarak birçok organizasyonda mükemmelliği yakalamada kullanılan bir kalite ölçüm tekniğini ifade eder. Altı sigma veri bazlı bir disiplin olmasının yanında; üretimden lojistiğe, üründen servise, her türlü proseste kusurları azaltmayı amaç edinmiş bir yöntemdir (Turan, Şenkayas ve Başaloğlu, 2008: 58; “What Is Six Sigma?”, 2013).

Pande ve diğerleri (2004: 13) altı sigmayı, işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst seviyeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistem olarak tanımlamaktadır. Altı sigmayı işleten benzersiz mekanizma, müşteri gereksinimlerini derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde ele alma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir.

Bir diğerk tanımda ise, “Altı sigma, bir ürün veya hizmet üreten süreçte sıfır hataya yaklaşan, optimize edilmiş bir performans düzeyidir. Dünya ölçeğinde bir performansa ulaşılmasını ve bu düzeyin sürdürülmesini gösterir. Altı sigma bir yöntem veya bir araç değil, bir sonuçtur” (Wilson, 1999: 181).

Robert T. Dirgo, altı sigmayı şu şekilde tanımlamıştır: “Altı sigma müşteriler için kritik önem taşıyan unsurlara odaklanarak, iş süreçlerinde meydana gelen hata ve kusurların nedenlerini bulmayı ve bunları ortadan kaldırmayı amaç edinmiş iş iyileştirme yaklaşımıdır” (Dirgo, 2006: 58).

Bir diğerk tanım ise, “yüksek performans, güvenilirlik ve müşteri değeri temin etmek için tasarlanmış, herhangi bir süreçteki kusurları ortadan kaldırmakla ilgilenen disiplinli ve veriye dayalı bir yöntemdir” (McDonald, 2013: 25).

Kapsamlı bir şekilde altı sigma tanımlanacak olursa; altı sigma üretim ve hizmet süreçlerinde hataların nedenlerini bulmaya ve ortadan kaldırmaya, işlemlerin maliyetini azaltmaya, verimliliği arttırmaya, müşteri beklentilerini daha iyi şekilde karşılamaya ve daha yüksek işletme aktif kullanımı ve yatırımların geri dönüşünün kazanılmasına odaklanan iyileştirme yaklaşımıdır (Evans ve Lindsay, 2005: 3).

Bir ürün veya hizmette müşteri isteklerini karşılamayan her durum ya da olay hatadır (Pande ve diğerkleri, 2004: 59); ve altı sigma organizasyonları da bu hataları sıfıra indirme amacı ile hareket ederler. Çizelge 1.1 incelendiğinde, 6 sigma seviyesine karşılık gelen milyonda 3,4 hata oranının şirketlerin hedef değeri olması, altı sigma yönteminin temelini oluşturmaktadır.

Altı sigma yaklaşımı işletmede uygun alt yapının olması, tepe yönetiminin isteği ve sistemde yer alan tüm bireylerin katkısıyla başarılı bir uygulamaya dönüşebilir (Özveri ve Çakır, 2012: 19). Altı sigma, her türlü süreçte kusur ve hataları azaltmayı amaç edinmiş disiplinli ve veri odaklı bir yöntemdir. Altı sigma yönteminin en temel amacı; altı sigma projeleri ile değişkenliklerin azaltılması ve süreçlerin müşteri isteklerine göre iyileştirilmesidir.

**Çizelge 1.1. Sigma Seviyesi**

<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>Verim</b>	<b>MOHS*</b>
1 $\sigma$	% 31,00	690000
2 $\sigma$	% 69,20	308000
3 $\sigma$	% 93,32	66800
4 $\sigma$	% 99,379	6210
5 $\sigma$	% 99,977	230
6 $\sigma$	% 99,99970	3,4

Son yıllarda literatürde sıkça karşımıza çıkan altı sigma; ilk kez Jack Welch ve arkadaşları tarafından ortaya çıkarılmış bir kalite tekniğidir (Dirgo, 2006: 57). 1980’lerde Motorola firmasında altı sigmanın öncülüğünü üstlenmiş olan Mikel J. Harry ve Richard R.Schroeder, kitabında altı sigmanın tanımını şu şekilde vermiştir: “Altı sigma; işletmenin israf ve fazla kaynak kullanımını azaltmasının yanında, müşterilerin tatmin düzeyini arttıran bir iş sürecidir” (Harry ve Schroeder, 2000: VII). Altı sigmayı derinlemesine anlamak için tarihsel gelişimine bakmak gerekir. Bir sonraki alt başlıkta altı sigmanın günümüze kadar olan gelişimine yer verilmiştir.

## **1.2. ALTI SİGMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ**

İnsanoğlunun ilk kalite çalışmaları bir nesneyi çoğaltma isteği ile başlamıştır. İlk uygulamalar bir çekicin, bir bıçağın veya mızrağın ucundaki sivri taşın benzerini yapabilmek amacı ile gerçekleştirilirken, bu uygulamalarda daha çok kullanım kolaylığı ve boyutsal yakınlık hedefleniyordu. Bu bağlamda, insanoğlunun değişkenliklere ve kalitesizliğe karşı savaşının kendi tarihi kadar eski olduğu söylenmektedir (Gürsakal ve Oğuzlar, 2003:22).

Bir ölçüm standardı olarak sigmanın kökleri ise normal eğri veya dağılım kavramını ortaya koyan Carl Fredrick Gauss’a (1777-1855) dayanır. 1922 yılında Walter Shewhart çıktı değişim ölçüsü olarak üç sigmayı tanıtmıştır. Çıktı bu sınırı aştığında ise sürece müdahalenin gerekliliğinden bahsetmiştir. Üç sigma kavramı %

---

\* MOHS: Milyon Olasılıkta Hata Sayısı

99,973'lük bir süreç getirisine eşit iken milyonda 2600 hata oranını göstermesi nedeniyle 1980'lerin başlarına doğru çoğu imalat şirketleri için yeterli görülmüştür (Raisinghani, Ette, Pierce, Cannon ve Daripaly, 2005: 491–492).

1980'lerde ve 1990'ların başlarında Motorola firması pek çok Amerikalı ve Avrupalı kuruluş gibi piyasayı Japon rakiplerine kaptırmıştı. O dönemdeki birçok şirket gibi Motorola da birden fazla "kalite" programı yürütüyordu. Ancak 1987'de George Fisher tarafından yönetilen Motorola yeni bir düşünceyle, bir iyileştirme uygulamaya başladı (Pande ve diğerleri, 2004: 35). "Altı sigma" adını verdikleri bu iyileştirme yöntemi, ürünün üretildiği sürecin kalitesinin artırılması ile müşteri beklentilerini karşılama temeline dayanıyordu.

Bazı kaynaklarda, Motorola'nın altı sigma kalite girişimine 1960'ların ortalarında başladıklarını söylemesine karşın, Motorola'da altı sigma sürecinin uygulanması ilk olarak 1980'lerde başlamıştır. Motorola'nın altı sigmaya katılımı ise 1982'de, üretim odaklı bir kalite iyileştirme programının uygulanması ile başlamıştır (Henderson ve Evans, 2000: 260).

Motorola bu kalite ölçümünü somutlaştırmak için Milyonda Hata Olasılığı (bir milyon işlem basamağında hata yapma olasılığı) kavramını geliştirerek, 1985 yılından itibaren bu ölçütü uygulamaya koymuştur. 1987 yılında üst yönetimin kalite iyileştirme gayretlerinin etkisi ile altı sigma hedefi, bir diğer ifadeyle bir milyon olasılıkta 3,4 hata hedefi belirlemiştir. Bu hedef, aynı zamanda müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın karşılamıştır (Baş, 2003: 15). Motorola 1980'lerde başlayan ve günümüze kadar süren altı sigma çalışmaları sonucunda 1988 yılında Malcolm Baldrige National Quality ödülünü kazanmıştır (Pyzdek, 2000a: 1).

1990'ların başlarındaki altı sigma uygulamalarına bakıldığında, yöntemin bir yönetim stratejisi olmaktan çok, teknik araçlar bütünü olarak uygulandığı görülür. İlk uygulamalar için "Ölçme – Analiz – İyileştirme – Kontrol" aşamaları kullanılırken, uygulama alanları ağırlıklı olarak seri üretim firmalarında yoğunlaşmıştır. İlerleyen yıllarda müşteri sesinin daha detaylı ve kapsamlı belirlenmesi ihtiyacına yanıt arayan yöntem, değişime uğrayarak TÖAİK olarak bilinen "Tanımlama – Ölçme – Analiz – İyileştirme – Kontrol" halini almıştır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005: 19).

Motorola haricinde altı sigma yöntemini uygulayan General Electrics'in CEO'su Jack Welch, firmanın tüm birimlerinde iyileştirmelerin yaşandığını görmüştür. General Electrics firması altı sigmaya 1995 yılında uygulamaya başlamış ve 1999 yılına gelindiğinde 2,2 milyar dolar kar elde etmiştir (Işığışok, 2011a: 109; Pande ve diğerleri, 2004: 33–36).

Türkiye'de ilk altı sigma uygulamalarına 1995'te Eskişehir'de savunma sanayi alanında faaliyet gösteren General Electrics'e ait TEI (Tusaş Engine Industry) firmasında rastlanmıştır. İkinci olarak 1999 yılında uygulamaya başlayan firma ise Arçelik olmuştur. Ülkemizde altı sigma uygulayıp, başarı sağlamış firmalar şunlardır: Aksa, Borusan, Bosch – TR, BSH – Profilo, Çimtaş, Dow, DuPontSa, EGO, Ford Otosan, Hugo Boss – TR, Kale, Kordsa, Marshall, Sasa, Teba, Vestel ve Vitra (Capital, 2003; Işığışok, 2011b: 76).

Altı sigma yöntemi kalite yolculuğunda son nokta değildir. Kalite evrimi devam etmektedir (Polat ve diğerleri, 2005: 20). Günümüzde yaygın olarak kullanılan Yalın Üretim, Süreç Yönetimi gibi yöntemlerle entegre olmuş altı sigma yöntemini başarılı bir şekilde uygulayan birçok işletme bulunmaktadır. İleride de altı sigma yönteminin potansiyeli gereği farklı yöntemlerle entegre olma durumu her zaman bulunmaktadır.

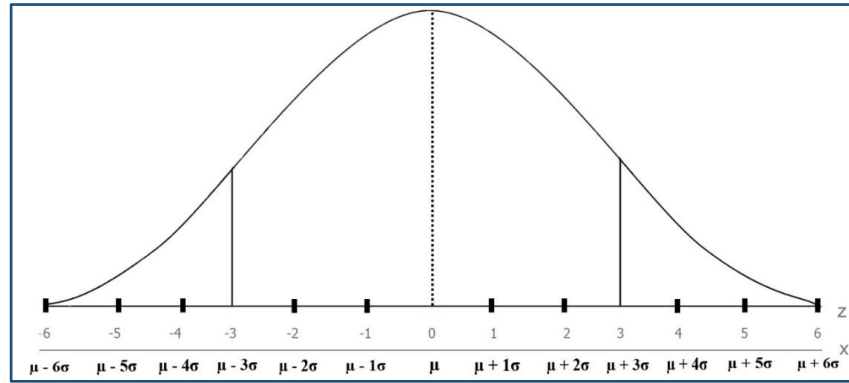
### **1.3. ALTI SİGMANIN İSTATİSTİKSEL ANLAMI**

Sigma, hatasız ürün üretmek için süreç yeterliliğine ilişkin istatistiksel bir ölçü olup, genellikle istatistikte herhangi bir veri kümesinin standart sapmasını gösterir. İstatistiksel bir dağılımda, tüm verilerin ortalama değerden nasıl değiştiğini gösteren bir değişkenlik ölçüsü olan sigma, aynı zamanda bir süreç değişkenlik ölçüsüdür (Öztürk, 2009: 452).

Normal dağılım eğrisinin şeklini, dağılım ortalaması ( $\mu$ ) ile standart sapma ( $\sigma$ ) belirlemektedir. Verilerin ortalama ve standart sapması değiştikçe normal dağılım şekli değişmektedir. Veriler Eşitlik 0.1'deki formüle göre dönüşüme uğraması sonucu  $X$  tesadüfi değişkeni,  $z$  standart normal değişkeni haline getirilmektedir.  $z$  standart normal dağılımın ortalaması sıfır, standart sapması ise birdir. Şekil 1.1, belli standart sapma değerlerine göre  $z$  değerinin değişimini göstermektedir.

$$z = (X - \mu) / \sigma$$

0.1



**Şekil 1.1. Çeşitli Aralıklarda Normal Eğri Alanları**

Şekil 1.1 incelendiğinde, normal dağılımda verinin % 95.44'ünü içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 45.400 hata sayısından söz ediliyorsa, verinin ortalamadan  $\pm 2$  standart sapma ile; verinin % 99.73'ünü içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 2.700 hata sayısından söz ediliyorsa verinin ortalamadan  $\pm 3$  standart sapma ile; verinin % 99.999998'ini içine alan bir aralıktan ya da bir milyon veri içinden 2 hata sayısından söz ediliyorsa verinin ortalamadan  $\pm 6$  standart sapma ile dağıldığını söyleyebiliriz (Levine ve Gitlow, 2005: 15). Çizelge 1.2, sigma seviyelerine göre dönüşümleri göstermektedir.

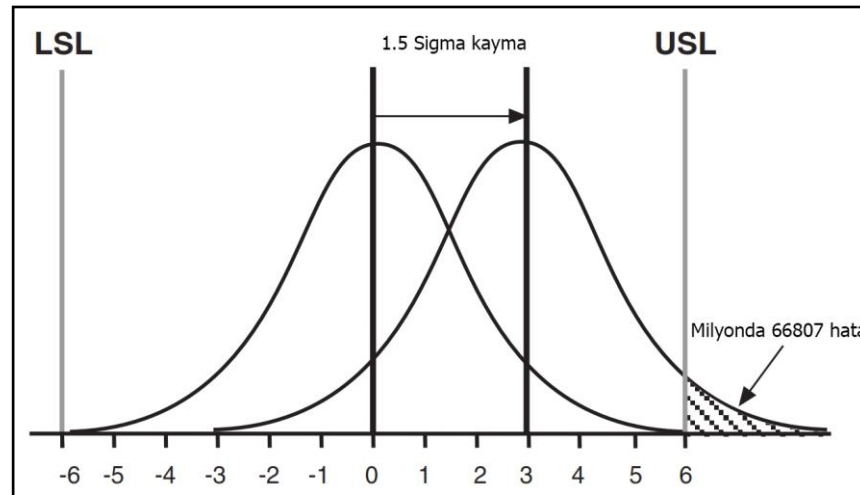
**Çizelge 1.2. Sigma Dönüşüm Çizelgesi**

Aralık Ölçütü ( $\mu$ )	Hatasız Üretim (%)	Hatalı Üretim (%)	Bir Milyonda Hatalı Sayısı
-1 $\sigma$ 'den + 1 $\sigma$ 'ya	68,26	31,74	317400
-2 $\sigma$ 'den + 2 $\sigma$ 'ya	95,46	4,54	45400
-3 $\sigma$ 'den + 3 $\sigma$ 'ya	99,73	0,27	2700
-4 $\sigma$ 'den + 4 $\sigma$ 'ya	99,9937	0,0063	63
-5 $\sigma$ 'den + 5 $\sigma$ 'ya	99,999943	0,000057	0,57
-6 $\sigma$ 'den + 6 $\sigma$ 'ya	99,9999998	0,00000002	0,002

**Kaynak:** Bass, 2007: 20

Literatürde çokça karşılaşılan ve birçok çalışmada kullanılan normal dağılım, altı sigma yöntemine göre gerçeklikten uzaktır. Ancak ortalamadan 1,5 sigma kayma, modelin gerçekliğine dâhil olmayan faktörler için bir düzeltme olarak düşünülür. Bir diğer ifadeyle, işletmenin içindeki performans ölçümleri, problemleri müşterilerin

gördüklerine göre, gerçekte olduğundan daha düşük gösterebilir. Bu nedenle 1,5 sigmalık kayma bir anlamda işletmelerin problemleri müşterileri gibi görmelerine yardımcı olur ve uzun dönemli düşünülebilecek bir düzeltme faktörü olarak kullanılır (Firuzan ve Kuvvetli, 2012: 5; Gürsakal, 2005: 62; Sheehy ve diğerleri, 2002: 46–47). Eşitlik 0.2, uzun dönem z değerini vermektedir.



**Kaynak:** Sheehy ve diğerleri, 2002: 47

### Şekil 1.2. İstatistiksel Ölçüm Aracı Olarak Altı Sigma (Üç Sigma Prosesi)

Uzun dönemde z değerini bulabilmek için kısa dönem z değerinden 1,5 değerinin çıkartılması gerekir. Böylece,

$$z_{UD} = z_{KD} - 1,5$$

0.2

eşitliği elde edilir.

**Kaynak:** Sheehy ve diğerleri, 2002: 47

Şekil 1.2’de gösterildiği haliyle standart sapmanın 2 alındığı bir normal dağılımda, ortalamanın merkezden  $1.5\sigma$  kaydığı düşünülürse, bir  $3\sigma$  süreci merkezden  $1.5\sigma$  sağa ve sola kayacaktır. Böylece normal eğrinin % 93,32’si kontrol limitleri arasında kalacak, spesifikasyon dışındaki ürün veya hizmetlerin olasılığı  $(1 - 0,933193$  işlemi sonrası) 0,066807 olacaktır. Bu, aynı zamanda milyonda 66807 hatalı ürün veya hizmet demektir. Diğer taraftan, bir süreç  $6\sigma$  yeterliliğine sahip olduğunda ve yine

ortalamadan  $1.5\sigma$  kaydığını varsaydığımızda süreç sadece 3,4 hatalı ürün veya hizmet üretecektir (Şekil: 1.3) (Gürsakal ve Oğuzlar, 2003: 43; Hahn, Hill, Hoerl ve Zinkgraf, 1999: 208). Şekil 1.3 1,5 sigmalık kayma durumunda, 6 sigma seviyesinde spesifikasyon limitleri dışında kalan hatalı ürün / hizmet sayısını görsel olarak sunmaktadır.



**Kaynak:** Behara, Fontenot ve Gresham, 1995: 10

### Şekil 1.3. 1,5 Sigmalık Kayma Sonrası Normal Dağılım

1,5 sigmalık bir kayma sadece endüstriyel süreç ve tasarımlarda değil ticari süreçlerde de kaliteyi iyileştirmede güçlü bir avantaj sağlar. Ayrıca süreç, bileşen ve malzemelerdeki değişkenliğe neden olan unsurlara karşı nispeten dayanıklı olacak ürün ve hizmetlerin tasarlanmasına imkân sağlar. Çizelge 1.3, 1,5 sigmalık bir kaymanın sigma seviyelerine göre MOHS'a bağlı değişimini göstermektedir (Harry ve Schroeder, 2000: 144). Ara değerlerin de gösterildiği 1,5 sigma düzeltmeli sigma dönüşüm tablosuna Ek 1'de yer verilmiştir.

### Çizelge 1.3. 1,5 Sigmalık Kaymalı DPMO'daki Değişim

Sigma Seviyeleri	MOHS	
	Kayma Olmadan	1,5 Sigma Kaymalı
1	317400	697700
2	45400	308537
3	2700	66807
4	63	6210
5	0,57	233
6	0,002	3,4

**Kaynak:** Harry ve Schroeder, 2000: 145



Hatalı ürün sayısının belirlenmesi yerine altı sigma çalışmalarında aşağıdaki oranın kullanılması, değerleri standartlaştırarak karmaşık ya da basit her türlü ürünün kusurluluk değerinin karşılaştırılmasında pratiklik sağlamaktadır. Bir milyon olasılıkta hata sayısı aşağıdaki gibi bulunur,

$$MOHS = \frac{1.000.000 \times \text{Hatalı Ürün Sayısı}}{\text{Üretim Miktarı}} \quad 0.3$$

Örneğin bir havalimanı firması, bagaj taşıma sisteminin etkinliğini ölçmek istesin. Her bir müşteride ünite başına hata sayısının ölçümü kayıp çantalar olsun. Müşterilerin ortalama çanta sayısının 1.6 olduğu ve aylık 8000 yolcunun 3 çanta kaybettiği daha önceki kayıtlardan çıkarılmıştır. Bu durumda Eşitlik 0.3 ile hesaplanan  $MOHS = \frac{1.000.000 \times 3}{(8000 \times 1,6)} = 234375$  olmaktadır (Evans ve Lindsay, 2005: 35–36). Ek 1’de verilen sigma dönüşüm tablosuna göre bu süreç sigma değerinin yaklaşık olarak 2,22 olduğunu söyleyebiliriz.

Ayrıca Breyfogle (2003: 189) eserinde, MOHS değeri kullanılarak doğrudan sigma seviyesini hesaplayabilmek için aşağıdaki eşitliğin kullanılabileceğini belirtmiştir. Eşitlik yardımıyla gerçek sigma seviyesi hesaplanabilmektedir. Böylece yaklaşık sigma seviyesi yerine gerçek sigma seviyesine çok yakın bir değere ulaşılabilir.

$$\text{Sigma Seviyesi} = 0.8406 + \sqrt{29,37 - (2.221 \times \ln(MOHS))} \quad 0.4$$

Yukarıda örnekte 234375 olan milyon olasılıkta hata sayısına sahip sürecin yaklaşık sigma seviyesinin 2,22 olduğu belirtilmişti. Eşitlik 0.4 yardımıyla gerçek sigma seviyesi hesaplanacak olursa;

$$\text{Sigma Seviyesi} = 0.8406 + \sqrt{29,37 - (2.221 \times \ln(234375))} = 2,221922$$

sonucuna ulaşılmaktadır.

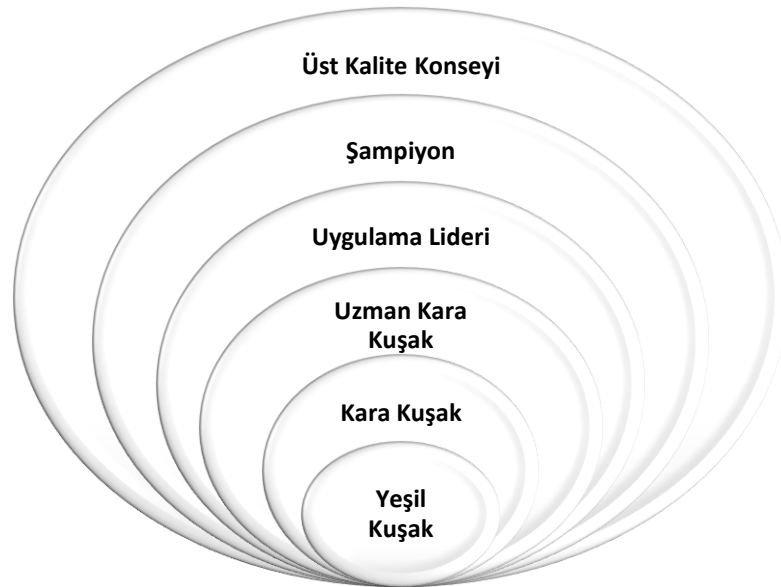
Altı sigmanın istatistiksel anlamı kısaca özetlenecek olursa; yüksek sigma seviyesi daha az hata, daha az kalite maliyeti veya daha fazla kar payı ve daha az tatmin olmayan müşteriyi belirtir. Bir anlamda sayılar, bir şirkette tedarikçilerden elde edilen

değişkenlikler olmak üzere tüm anahtar temel ve destek süreçlerde değişkenliğin azaltılmasının önemini kanıtlamaktadır (Öztürk, 2009: 456).

#### 1.4. ALTI SİGMA ORGANİZASYONU

Altı sigma yaklaşımı, süreç gücünü ve insan gücünü çok iyi bir şekilde bir araya getirerek bir sinerji sağlamaktadır. Altı sigma yönteminin başarısı, herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Altı sigma uygulayan işletmelerde tüm personele aldıkları eğitimin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir (Baş, 2003: 23). Şekil 1.4’te de gösterildiği şekliyle, projelerde yer alan görevlilerin görev ve sorumlulukları uzakdoğu sporlarında kullanılan kuşak renkleri ile belirlenmiş ve ast-üst ilişkisi ile belirli bir düzene konulmuştur.

Işığışık (2011c), işletmelerde ortaya çıkan verimsizlik, uygunsuzluk, maliyet, hatalar gibi problemler ile mücadele eden ekip üyelerine “problem savaşçıları” demektedir. Altı sigma yöntemini benimsemiş her bir problem savaşçısına belirli kuşak adları verilmiştir.



**Kaynak:** Çakır, 2011: 45

**Şekil 1.4. Altı Sigma Organizasyonundaki Roller**

### 1.4.1. Üst Kalite Konseyi

Altı sigma projelerinin başarılı olabilmesi, üst yönetimin desteğiyle mümkündür. Özellikle büyük ölçekli işletmelerde üst kalite konseyinin oluşturulması önemlidir. Altı sigmada projeler, organizasyonun orta kademesinde yer alan kara kuşaklar tarafından yerine getirilir. Eğer üst yönetim bu projelere yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir ifade ile eğer üst yönetim altı sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa kara kuşakların başarı şansı olmayacaktır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır. Bu konseyin başlıca görevleri aşağıdaki gibidir (Baş, 2003: 24; Pande ve diğerleri, 2004: 153):

- Altı sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
- Altı sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,
- En iyi uygulama örneklerini çalışanlarla ve gerektiği durumlarda önemli tedarikçilerle ve müşterilerle paylaşmak,
- Çeşitli projelerde sağlanan ilerlemeyi düzenli olarak değerlendirmek, fikir ve destek vermek,
- Altı sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin altı sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,
- Altı sigma projelerini seçmek ve bunlar için gerekli kaynakları sağlamak, proje ekiplerinin karşılaştıkları büyük problemleri çözmek,
- Altı sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak, elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm şirkette yaygınlaşmasını sağlamaktır.

Özetle; altı sigmada başarıya üst yönetimin açık ve katılımcı liderliği ile ulaşılabilir. Altı sigmanın işletme içinde başarılı olabilmesi için gerekli olan yönlendirme ve koordinasyonun üst yönetim tarafından sağlanması gerekmektedir (Levine ve Gitlow, 2005: 26).

### 1.4.2. Şampiyon

Şampiyonlar herhangi bir altı sigma projesinde başarı veya başarısızlıkta önemli rol oynamaktadır. “Şampiyon” kavramı Ortaçağ dönemine kadar gitmekte ve savaşta kullanılan bir kelime olarak kullanılmaktadır. Bir şampiyon, bir hedef ulaşmak için savaş alanını hazırlayan kişidir. Ayrıca şampiyon kara kuşakların hedeflerine ulaşmasında destekleyici rol oynar ve kara kuşakların karşısına çıkan işlemsel, finansal, kişisel ve diğer engelleri ortadan kaldırır. Böylece kara kuşaklar işlerini kolaylıkla yapabilirler (Brue, 2002: 83).

Şampiyonlar, altı sigma projelerinin yürütülmesinden ve uygulanmasından çok, aktif sponsorluk ve liderlik görevi alırlar. Şampiyon, yürütme komitesi üyesi ya da en azından yürütme komitesinin bir üyesine doğrudan rapor veren güvenilir bir kişi olmalıdır. Şampiyon, kaynakları sağlamada veya sınırları kaldırmada, organizasyonda daha yukarıya gitmesine gerek kalmayacak etkiye sahip olmalıdır. Şampiyonlar, projelerin seyrinde yürütme komitesiyle, projelere atanan proje liderleriyle (kara kuşaklarla) ve uzman kara kuşaklarla (kara kuşakların danışmanlarıyla) daha yakın çalışırlar. Şampiyonun sorumlulukları ve görevleri aşağıdaki gibidir (Işığışık(a), 2011: 114; Levine ve Gitlow, 2005: 27; Pande ve diğerleri, 2004: 153):

- Proje ekibine önderlik etmesi için kara kuşağı seçmek (veya basit projeler için yeşil kuşağı seçmek),
- Altı sigma projesine engel olan politik sınırları veya kaynak kısıtlarını kaldırmak,
- Proje ekipleri ve yürütme komitesi arasındaki iletişim bağlantılarının gelişmesini sağlamak,
- Ekibi, liderlik ekibi yönünde temsil etmek ve ekibin savunuculuğunu yapmak,
- Ekipler arasında ya da ekiplerle ekip-dışı kişiler arasında oluşan sorunların ve mükerrer çalışmaların ortadan kaldırılmasına yardımcı olmak,
- Ekip üyelerine kaynaklarını yönetmesinde ve bütçe içinde kalmasında yardımcı olmak,
- Zaman çizelgesine uyulması hakkında proje sürecini gözden geçirmek,
- Yön göstererek ve rehberlik ederek, ekibin proje üzerine odaklanmasını sağlamak,

- Süreç iyileştirme konusunda kazandıkları deneyimi, kendi yönetim süreçlerinde uygulamak,
- Altı sigma metotlarının ve araçlarının projede kullanılmasını sağlamak,
- Altı sigma projeleri için aşama aşama gözden geçirme sürecine katılmak.

### **1.4.3. Uygulama Lideri**

Üst düzey yöneticilerin sorumluluklarının yanında bir de altı sigma çalışmalarının idari yükünün verilmesi onların verimsiz olmasına yol açabilmektedir. Bu yükü ortadan kaldırmak, günlük ilerlemeyi ve lojistiği yönetmek üzere bir kişi görevlendirilebilir. Altı sigma terminolojisinde bu kişiye uygulama lideri adı verilir.

Bu idari görevin gerektirdiği beceri ve enerji oldukça fazladır. Bu kişi altı sigma uzmanı olmamasına karşın, genel başarı üzerinde diğer bireylere kıyasla daha büyük bir etkisi olabilir. Uygulama liderinin görevlerini (Pande ve diğerleri, 2004: 154);

- Üst kalite konseyinin çalışmalarına iletişim, proje seçimi ve proje değerlendirmesini de kapsayacak biçimde yardımcı olmak,
- Kaydedilen tüm ilerlemeyi, ortaya çıkan ve çözülmesi gereken konuları belgelemek,
- Kilit rolleri üstlenecek bireyleri belirlemek/tavsiye etmek,
- Sponsorların ve ekiplerin görevlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak,
- Müfredat seçimi, zamanlama ve lojistiği de kapsayacak biçimde eğitim planlarını hazırlamak ve hayata geçirmek

şeklinde sıralamak mümkündür.

### **1.4.4. Uzman Kara Kuşaklar**

Altı sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip uzmandır (Patır, 2008: 74). Kara kuşakların daha deneyimlileri olarak tasvir edilir. Bir uzman kara kuşak tam zamanlı çalışır (McCarty, Bremer, Daniels ve Gupta, 2004: 65). Uzman kara kuşaklar bir danışman gibi diğer ekip üyelerine öncülük etmektedir. Uzman kara kuşaklar, temel kara kuşak eğitimlerini tamamlamış ve birçok kez projeler içinde yer

almıştır. Böylece projelerin yönünü saptamada ve sonuçların ortaya konmasında uzmanlaşmışlardır (Brue, 2006: 54). Ancak bu görev, altı sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından da yürütülebilir (Patır, 2008: 74). Sürdürülebilir bir yayılıma sahip olan firmalar iki yıl içinde kendi uzman kara kuşaklarını yetiştirerek dışa bağımlılıklarından kurtulabilirler (Polat ve diğerleri, 2005: 63).

Uzman kara kuşak olabilmek için gerekli şartlar ise şu şekilde özetlenmiştir (Betsi, 2002: 27; Öztürk, 2009: 465; Thomsett, 2005: 26):

- Kara kuşak eğitimini tam olarak almak ve kara kuşak olarak tecrübe sahibi olmak
- Kara kuşaklara altı sigma konusunda eğitim verebilecek düzeyde olmak,
- Teknik ve karmaşık projelerde, işleyişle ilgili sorulara cevap verebilmek ve teknik konularda çözümleyici rol üstlenebilmek,
- Bir organizasyonda kalite ve verimliliğin iyileştirilmesinde istatistiksel araçları etkin bir şekilde kullanabiliyor olmak,
- Şampiyonlara altı sigma projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemede yardımcı olmaktır.

Uzman kara kuşaklar ileri istatistik, liderlik, sunuş teknikleri, eğitmenlik, iletişim yönetimi, motivasyon teknikleri ve zaman yönetimi gibi eğitimler alırlar.

#### **1.4.5. Kara Kuşaklar**

Kara kuşak teriminin ilk kez 1990'ların başlarında Motorola'da ortaya çıktığı, istatistik ve teknik ürün/süreç iyileştirmesi konularında özel uzmanlığa sahip bireyleri ifade ettiğini söylemek mümkündür. Kara kuşak etiketi, zirveye ulaşmış beceri ve disiplini ifade etmek üzere Uzakdoğu savaş sanatlarından esinlenerek verilmiştir (Pande ve diğerleri, 2004: 157,158).

Kara kuşaklar iyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumlu olan ekip liderleridir. Kara kuşak görevini yürüten kişi asli görevini, proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Proje bitiminde

ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. (Kansoy ve Dirgar, 2008: 21).

Bir şirketin nominal üç sigmadan, altı sigmaya ilerlemesi çok büyük örgütsel ve kültürel değişimi gerektirir. Dolayısıyla kara kuşakların sadece analitik, istatistiksel ve problem çözme tekniklerinde uzman olmaları yetmez, onlar aynı zamanda değişim temsilciliği görevini yürütmelidirler. Bunun yanında, işletme bilgi sistemleri ve kültürü sıkça bir şirkette başarılı değişim yönetimini gerektirir (Öztürk, 2009: 463).

Kara kuşak unvanlı personel bir altı sigma projesinde istatistiksel yöntemleri en iyi biçimde uygulayan tam zamanlı altı sigma uygulayıcısıdır (McCarty ve diğerleri, 2004: 65). Kara kuşakların başlıca görevleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Patır, 2008: 75; Sheehy ve diğerleri, 2002: 9):

- Ekip üyelerine altı sigma yöntemini ve araçlarını öğretmek,
- Altı sigma projelerinin liderliğinden, yürütmesinden ve tamamlanmasından sorumlu olmak,
- Proje fırsatlarının belirlenmesine, proje ayrıntılarının ve kapsamının ortaya konulmasına yardımcı olmak,
- İyileştirme projesini belirleyerek, sponsora teklif etmek,
- İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini Sponsora teklif etmek,
- Ekip üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde Sponsora yardımcı olmak,
- Ekip üyeleri arasında iş/görev dağılımını yapmak,
- İyileştirme projesini yönetmek ve projenin zamanında tamamlanmasını sağlamak,
- Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri Sponsora bildirmek,
- Ekip üyelerine altı sigma araçlarını kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak, şeklinde özetlenebilir.

Kara kuşak adayları Çizelge 1.4'te gösterildiği üzere belli bir eğitimden geçmektedir.

**Çizelge 1.4. Kara Kuşak Eğitim Süreci**

<b>1. Hafta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altı sigmanın Özü ve MAIC Yol Haritası</li> <li>• Süreç Haritalama</li> <li>• Kalite Fonksiyonu Yayılımı</li> <li>• Hata Türü ve Etkileri Analizi</li> <li>• İstatistiksel Paket Programlarını Kullanabilme</li> <li>• Süreç Yeterliliği Analizi</li> <li>• Ölçme Sistemi Analizi</li> </ul>
<b>2. Hafta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birinci Haftanın Özeti</li> <li>• İstatistiksel Düşünme</li> <li>• Hipotez Testleri ve Güven Aralıkları</li> <li>• Çoklu Değişken Analizi ve Regresyon</li> <li>• Korelasyon</li> <li>• Ekip Değerlendirme</li> </ul>
<b>3. Hafta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varyans Analizi</li> <li>• Çoklu Regresyon</li> <li>• İşlem Hızlandırıcı Araçlar</li> <li>• Deney Tasarımı <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Faktöriyel Deneyler</li> <li>○ Dengeli Blok Tasarımı</li> <li>○ Tepki Düzeyi Tasarımı</li> </ul> </li> </ul>
<b>4. Hafta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hata Doğrulama</li> <li>• Kontrol Planları</li> <li>• Ekip Geliştirme</li> <li>• Paralel Özel Kesikli ve Sürekli Süreçler</li> <li>• Son Alıştırmalar</li> </ul>

**Kaynak:** Hahn ve diğerleri, 1999: 210

Güçlü bir kişiliğe sahip olan kara kuşaklar olmadan, altı sigma ekipleri genellikle etkili değildir. Kara kuşaklar; problem çözmeyi, verileri toplama ve analiz etme yeteneğini, liderlik, koçluk ve yöneticilik vasıflarını içeren becerilere sahip olmalıdır. Dahası, proje yönetimi konusunda da deneyimli olmalıdır (Holpp ve Pande, 2002: 22).

#### **1.4.6. Yeşil Kuşaklar**

Yeşil kuşaklar, altı sigma ekipleri kurma, ekip üyelerine yardım etme ve altı sigma projelerinin fikir aşamasından tamamlanma aşamasına kadar yönetme yeteneğine sahip proje liderleridir (Pyzdek ve Keller, 2010: 30). Altı sigma araçlarından çok, ölçüm araçlarını iyi bilen ve diğer araçlar konusunda da temel bilgileri olan yeşil kuşaklar, projelerde ekip elemanı olarak çalışırlar. Yeşil kuşağın rolü, ekibe yerel süreç bilgisi



sağlamak ve ekibin veri elde etme faaliyetlerini ve beyin fırtınasını kolaylaştırmaktır. Yeşil kuşaklar günlük işlerini yaparken, altı sigma projelerinde de çalışanlar ve işlemsel görevlerini geride bırakan kara kuşaklara benzemezler (Öztürk, 2009: 464).

Yeşil kuşak, karmaşık projelerde proje üyesi olarak veya daha basit projelerde proje lideri olarak yarı zamanlı çalışan kişidir. Yeşil kuşaklar, bir anlamda altı sigma projelerinin “yük beygirleri”dir. Olgunlaşmış altı sigma organizasyonlarındaki çoğu yönetici yeşil kuşaktır. Yeşil kuşak sertifikasyonu, altı sigma organizasyonunda daha üst yönetime gelebilmek için kritik ön koşuldur. Yeşil kuşaklar, daha basit projelere önderlik ederken aşağıdaki sorumlulukları bulunur (Levine ve Gitlow, 2005: 29):

- Proje amacının tanımlanması,
- Proje amacının projenin şampiyonu ile birlikte gözden geçirilmesi,
- Proje için ekip üyelerinin seçilmesi,
- Projenin bütün aşamalarında, şampiyon, uzman kara kuşak, kara kuşak ve süreç sahibiyle iletişim kurma,
- Ekip üyelerine, projenin her aşamasında kolaylık sağlama,
- Toplantılar düzenleme ve lojistiği koordine etme,
- Projenin bütün aşamalarında verileri analiz etme,
- Projenin her aşamasında altı sigma araçlarının ve metotlarının kullanılmasında ekip üyelerini yetiştirme.

Yeşil kuşak eğitimleri genel olarak ifade edilirse günde 7-8 saat olmak üzere 9 günlük bir süreyi kapsar. Yeşil kuşak adayına 4 tam gün Tanımlama ve Ölçme eğitimi, 3 gün Analiz ve İyileştirme eğitimi ve 2 gün Kontrol eğitimi verilir (Işığışok, 2011b: 94).

## 1.5. ALTI SİGMA KALİTE İYİLEŞTİRME MODELİNDE PROJELER

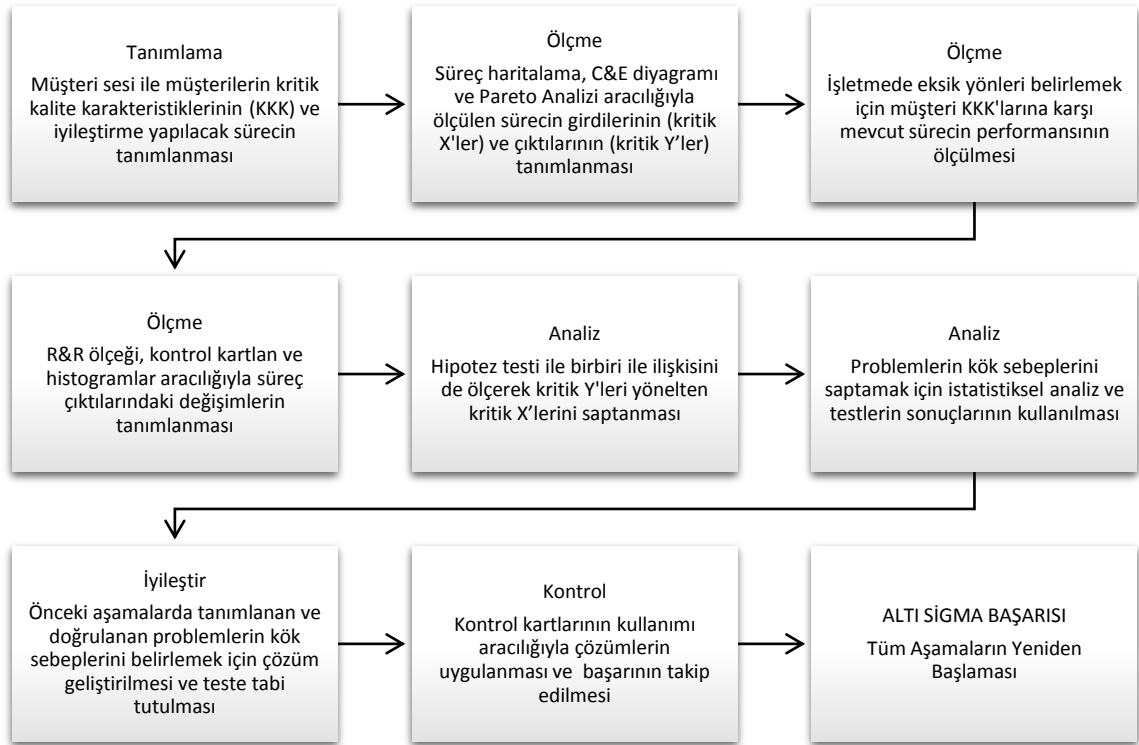
Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle işletmenin stratejik ve kritik başarı faktörlerine yönelik doğru projeler ile kendisini bu projeye adayacak kişilerden oluşan bir ekip seçilir. Söz konusu ekipte bulunanlar, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilir. Daha sonra, altı sigma iyileştirme planı, “Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol” aşamalarının baş harfleri ile TÖAİK olarak adlandırılır ve uygulanır (Işığışok, 2011a: 117).

TÖAİK adımları işletmenin liderlik düzeyinden süreç düzeyine doğru uygulanabildiği gibi, proje ister iş düzeyinde ister süreç düzeyinde başlasın, yöntem aynıdır. Altı sigma uygulanmaya karar verildiğinde işletmenin kara kuşakları, alternatif yöntemleri değerlendirerek işletmeye en uygun olanını seçerler. Problem çözme ve süreç iyileştirmede izlenecek yol aşağıdaki gibidir (Öztürk, 2009: 459),

- Problemi tanımlama,
- Problemin boyutunu ölçme,
- Değişim kaynaklarının analizi,
- Süreci iyileştirme,
- Sürekli iyileştirme için süreci kontrol etme.

Şekil 1.5’te TÖAİK’in temel adımlarına ve her bir adımda gerçekleşen faaliyetlere yer verilmiştir. Altı sigma projeleri, bu beş adımdan oluşan yol haritası izlenerek yürütülür ve müşterilerin isteklerini karşılayacak süreçlere ulaşmada hedefler ortaya koyar. Ancak bu hedeflere ulaşabilmek için, tekniklerin ve araçların her bir aşamada yerinde ve doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

TÖAİK yol haritasındaki ilk aşama olan tanımlama aşaması bir sonraki aşamaya; ölçme, analiz, iyileştirme aşamalarının her biri bir önceki ve bir sonraki aşamaya; kontrol aşaması ise bir önceki aşamaya bağlıdır. Şekil 1.5 incelendiğinde bu bağlantıları görebilmek mümkündür.



**Kaynak:** Betsi, 2002: 62

### Şekil 1.5. Altı Sigma Başarısına Ulaşmada İzlenen Yol Haritası

Beş ana basamaktan oluşan altı sigma yol haritasının her bir basamağında çok sayıda alt basamak bulunmaktadır (Aslan ve Demir, 2005: 273). Ele alınan projelerde, detaylı çalışmalar alt basamaklarda yürütülür ve bu alt basamaklardaki süreç iyileştirici tüm faaliyetlerin yürütülmesi, çalışanların hep birlikte katılımı ile mümkündür (Lowenthal, 2002: 34). Altı sigma projelerinin yürütüldüğü her bir adım, alt başlıklarda detaylı olarak anlatılmıştır.

#### 1.5.1. Tanımlama Aşaması

TÖAİK olarak adlandırılan altı sigma iyileştirme planının ilk adımı olan tanımlama aşaması, potansiyel problemi tanımlamak ve bu problemin müşteri tatminine, paydaşlara, çalışanlara ve karlılığa etkisini belirlemek amacıyla yürütülür. Bu aşamada, kritik müşteri istekleri, proje amaç ve hedefleri, ekibin rolleri ve sorumlulukları, süreç haritası ve performans kriterleri tanımlanır (Gupta, 2004: 24–25).

Ayrıca proje ekipleri aşağıda belirtilen bir dizi soruyla da meşgul olur (Holpp ve Pande, 2002: 31–32; Pande ve diğerleri, 2004: 286):

- Hangi sorun ya da fırsat üzerinde yoğunlaşılacak?
- Çalışma yaptığımız konu nedir?
- Sorun ve problemlerle ilgili hedefler nelerdir?
- Müşteriler kimlerdir?
- Bu süreç ve sorunlardan etkilenen müşteriler kimlerdir?
- Araştırılan süreç nedir?

Sorular cevaplandırıldıktan sonra sıra yapılacak tanımlara gelir. Problemin tanımına geçmeden önce bütüncül olarak şu tanımların da yapılması gerekmektedir (Gupta, 2004: 24–25; Top, 2009: 397):

- Kritik kalite karakteristiklerinin tanımlanması
- Proje şemasının tanımlanması
- Müşteri sesinin tanımlanması
- Ekibin rol ve sorumluluklarının tanımlanması
- Sürecin belgelenmesi ve tanımlanması
- Yapılacakların ve yapılmaması gerekenlerin tanımlanması
- Sorunların ve fırsatların tanımlanması

Tanımlama aşamasında faaliyet süreci, Şekil 1.6'da gösterilmiştir (Polat ve diğerleri, 2005: 85).



**Şekil 1.6. Tanımlama Aşaması Faaliyet Süreci**

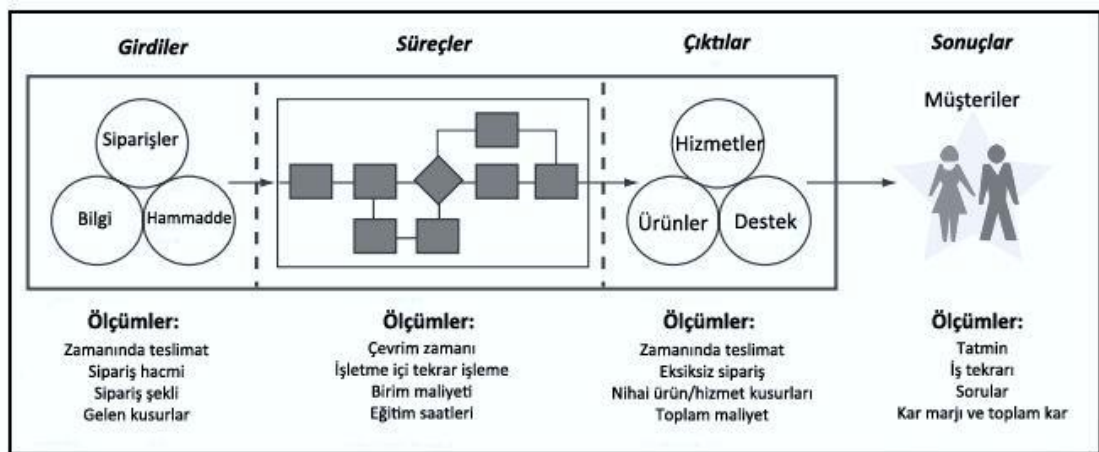
Kimlerin müşteri olduğu, bir firmanın iç ve dış müşterilerinin ürün ve hizmetlerden beklentilerinin neler olduğu, projenin sınırları ve ne zaman başlayıp ne zaman bitecekleri, kritik kalite değişkenleri belirlenip, süreç haritaları çizilerek geliştirilecek temel süreçlerin tanımlanması bu aşamada gerçekleştirilir. Yine tanımlama

aşamasında sorunların öncelik sırası belirlenir. Daha sonra öncelik sırası belirlenmiş sorunlara ilişkin projelerin tanımlanması ve uygun bir kişiye atanması sağlanır (Kansoy ve Dirgar, 2008:18).

### 1.5.2. Ölçme Aşaması

Ölçme aşamasında, ölçüm sisteminin geçerliliğini doğrulamak ve süreci tanımlamak için araçlar kullanılmaktadır (Işığışık, 2011a: 117). Bu aşamada öncelikle proje durum raporu doldurularak hedefler belirlenmektedir. Ardından proje ekibi seçilir ve bu ekipte süreçten, tedarikçilerden ve müşterilerden temsilcilerin bulunmasına dikkat edilir. Sürecin akış diyagramı çizilirken, girdiler ve çıktılar işaretlenir (Gürsakal, 2005: 120).

Bu aşamada temel amaç, projenin girdi ve çıktılarının doğru olduğundan emin olmak ve mevcut durumu değişik görsel analizler yardımı ile ortaya koymaktır. Süreç performans göstergelerinin ne kadar doğru ölçülüp ölçülmediğinin belirlenmesi çalışmaları bu aşamada yürütülür (Polat ve diğerleri, 2005: 87). Şekil 1.7, ölçüm aşamasındaki girdi, süreç ve çıktı adımlarında kullanılan performans ölçümleri örneklerini göstermektedir (Holpp ve Pande, 2002: 34).



**Kaynak:** Holpp ve Pande, 2002: 34

**Şekil 1.7. Ölçüm Örnekleri**

Ölçme aşamasındaki faaliyet süreci ise Şekil 1.8'deki gibidir (Polat ve diğerleri, 2005: 89).



**Şekil 1.8. Ölme Aşaması Faaliyet Süreci**

Bir süreç ölçülebiliyorsa, o süreç hakkında bilgi sahibi olunabilir ve analizler yapılabilir. Bu doğrultuda proje için tanımlanan çıktılar ve potansiyel süreç girdilerin doğru olarak ölçülebilmesi gerekmektedir. Proje ekibi, ölçme aşaması süresince problemler için kritik olan değişkenleri tanımlamak için süreci etkileyen tüm değişkenleri gözden geçirir. Kritik değişkenleri doğru ve kesin bir şekilde ölçebilmek için, mevcut ölçüm sisteminin yeterliliği analiz edilir ve gerekirse, süreç performansını görüntülemek ve izlemek için yeni bir ölçüm sistemi tasarlanır. Yapılan ölçümler sürecin kapasitesi, istikrarı, yenilenebilirliği ve yeniden üretilebilirliği gibi karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılır (Sharma, 2003: 45).

### 1.5.3. Analiz Aşaması

TÖAİK'in üçüncü adımı, analiz aşamasıdır. Analiz aşaması; sorunların oluşma nedenleri ile iyileştirme fırsatlarını gösteren verinin, süreçlerin ve olguların incelenmesi olarak tanımlanır. Bu aşama, girdi değişkeni  $X$  ile sonuç değişkeni  $Y$  arasındaki ilişkiyi anlamaya yardımcı olur. Bu ilişki  $Y = f(X)$  ile gösterilir ve sonuçları etkileyen en kritik faktörleri belirtmede kullanılır (Evans ve Lindsay, 2005: 132).

Sistemin ya da sürecin mevcut performansı ile arzu edilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldırmak için yöntemleri saptamak adına sistem analiz edilir. Mevcut ana hatlar belirlenerek işe başlanır. Veriyi anlamaya yardımcı olması için keşifçi ve betimsel veri analizleri kullanılır. Analizlere rehberlik etmesi için istatistik araçlar kullanılır (Pyzdek, 2003: 238). Analiz aşamasındaki faaliyet süreci, Şekil 1.9'da gösterilmiştir (Polat ve diğerleri, 2005: 103).



**Şekil 1.9. Analiz Aşaması Faaliyet Süreci**

Analiz aşamasının amacı, ölçme aşamasında toplanan tüm bilgi ve verilerden anlam çıkarmak ve bu verileri gecikme, israf ve düşük kalitenin kaynağını doğrulamak için kullanmaktır. Altı sigma ekipleri bu aşamada bazı zorluklarla karşılaşabilmektedir. Ekip üyeleri sorunların esas kaynaklarına ulaşmak için kendi deneyim ve fikirlerini kullanması gerekmektedir (George, Rowlands ve Kastle, 2005: 72).

Toplanan veriler ve süreçlerin süreç haritalarını, hataların temel nedenlerini ve geliştirme fırsatlarını belirlemek için; cari performansla hedef performans arasındaki farkı, iyileştirme fırsatlarının önceliklerini ve değişkenlik kaynaklarını belirlemek için çeşitli analizler yapılır. Ortalama, standart sapma, medyan veya oran gibi özetleyici istatistiksel değerler kullanılarak ana kütle parametreleri için güven aralıkları hesaplanır ve anlamlılık testleri yapılır (Gürsakal, 2005: 122).

#### 1.5.4. İyileştirme Aşaması

Bu aşamada amaç, süreçte değişkenliğe neden olan girdilerin hangi düzeylerde ayarlanacağını belirlenmesi ve test edilmesidir. Altı Sigma yönteminin en önemli amacı, süreç girdileri ile çıktıları arasındaki matematiksel modellerin oluşturulmasıdır. Bu modeller yüzde yüz doğru modeller olmamasına karşın, işi doğru yapabilmek için kullanabilecek faydalı modeller olacaktır (Polat ve diğerleri, 2005: 113). Şekil 1.10'da iyileştirme aşamasının faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğerleri, 2005: 113).



**Şekil 1.10. İyileştirme Aşaması Faaliyet Süreci**

Bu aşamada sistem sürekli iyileştirilir. Bir şeyleri daha iyi, daha ucuz ya da daha hızlı yapmak için yeni yollar bulmak konusunda keşfedici çalışmalar yapılır. Yeni

yaklaşım için proje yönetimini ve diğer planlama ve yönetim araçları kullanılır. Gelişimi geçerli ve devamlı kılmak için istatistik yöntemler kullanılır (Pyzdek, 2003: 238). İyileştirme aşamasının ana konsepti çözüm geliştirmedir. Çözüm geliştirirken en iyi çözümleri bulmak ve sonucunda oluşacak en güçlü performansı yakalamak hedef olmalıdır (Gupta, 2004: 36).

### 1.5.5. Kontrol Aşaması

Süreç iyileştirmesi başarılı ise, bu doğrulanmalı ve zaman içinde yapılan iyileştirmenin süreceğinden emin olunmalıdır. Yeni sürecin kontrolünü sağlamak için süreç öncelikle belgelendirilir. Yapılacak işlem; insana dayalı yanlışların giderilmesi, güncel eğitimin sağlanması, kontrol prosedürlerini güncelleştirerek ve değişimin özel nedenlerini yok ederek yeni sürecin istatistiksel süreç kontrolü altına alınmasıdır. Yeni süreç kararlı olduğunda elde edilen gerçek iş değerleri belgelendirilir. Eğer hedefler karşılanmaz ise düzeltici faaliyet olarak TÖAİK döngüsü tekrar başlatılır (Öztürk, 2009: 461).

Yeni sistem kontrol edilir. Tazmin ve teşvik sistemlerini, politikaları, prosedürleri, bütçeleri uyarlayarak, yönergeleri ve diğer yönetim sistemlerini işleterek geliştirilen sistemler kurumsallaştırılır. Dokümantasyonun doğru olduğundan emin olmak için ISO 9000 gibi kalite yönetim sistemlerinden istifade edilebilir. Yeni sistemlerin kararlı ve düzenli biçimde işlediğini izlemek için istatistik araçları kullanılır (Pyzdek, 2003: 238). Şekil 1.11’de kontrol aşamasının faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğerleri, 2005: 124).



**Şekil 1.11. Kontrol Aşaması Faaliyet Süreci**

Bu aşama, uygulamanın sadece kâğıt üzerinde kalmaması, sürekliliğinin sağlanması ve standartlaştırma için en kritik adımdır. Süreç sahibi ve alt kademede çalışanlar, problemin varlığının yanında çözüm yolunu da kabul etmeleri ve uygulamaları gerekmektedir. Problemin tanımlanmasından, çözümün bulunmasına



kadar olan aşamalarda süreç sahibi ve alt kademe çalışanlardan mümkün olduğunca çok kişinin katılımının sağlanması ile çözüme çok kolay ulaşılmaktadır (Roth ve Chen, 2005: 17).

Kontrol aşamasının amacı, ekibin elde ettiği getirilerin kalıcı olmasını sağlamaktır. Bu da çalışanların, bundan sonraki işlerini farklı şekillerde yapabilmelerine yardımcı olacak prosedürler ve iş talimatlarını oluşturmak anlamına gelir. Ekip, öğrendiklerini süreç sahibine aktarmalı ve süreçte çalışan herkesin yeni, belgelenmiş prosedürleri uygulama konusunda eğitilmiş olmasını sağlamalıdır. Kontrol aşamasında yapılması gerekenler aşağıdaki gibidir (George ve diğerleri, 2005: 19):

- Yeni, iyileştirilmiş prosedürleri belgelendirmek,
- Herkesi eğitmek,
- Anahtar “hayat belirtilerini” izlemek için prosedürler geliştirmek,
- Sürmekte olan yönetim işlerini süreç sahibine aktarmak,
- Projenin belgelendirilmesini sağlamak.

Bu aşamada, gelecekteki süreç performansı kontrol edilir. Bu, projede elde edilen kazançların bir süre sonra kaybolmamasını sağlamak amacıyla performans izleme mekanizmaları ve ölçümleri ile yapılır. İyileştirmeler ayrıca sistemlerin modifikasyonu ve yapılar (personel, eğitim, teşvik) üzerinden kurumsallaştırılır. Bu çaba, izleme ve kontrol mekanizmalarının tanımlanması ve geçerli kılınmasını, standartların ve prosedürlerin geliştirilmesini ve faydaların, maliyet tasarruflarının, öğrenilen derslerin doğrulanmasını içerir. Altı sigma yaklaşımı ile organizasyonun bir kısmındaki fikirler ve projeler, çok hızlı bir şekilde organizasyonun başka bir kısmında uygulamaya dönüştürülür (Hong ve Goh, 2003: 370).

Kontrol aşamasında ayrıca, proses kontrolü yerine getirilir ve tamamlanır. Bu amaçla; hata kanıtlama, standart prosedürler, sorumlu denetimleri, proje sahibinin projeye son şeklini vermesi, HTEA, önleyici bakım, ölçüm ayar planı vb. faaliyetlerden veya araçlardan yararlanır. Hata veya uyumsuzluk seviyesinin azalması durumunda, temel değişkenlik nedenleri belirlenmiş, yapılan iyileştirmenin nasıl korunacağı anlaşılmış olur. Kuşkusuz, projeye ilişkin kazanımlar ile finansal doğrulama yapıldıktan

ve müşterilere yönelik takım toplantısı düzenlendikten sonra proje kapatılır (Işığışok, 2011a: 121,122).

## **1.6. ALTI SİGMA PROJELERİ VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ**

Günümüzde günlük işler “proje” olarak tanımlanan görevlerden oluşmakta, yöneticiler her defasında yeni bir sorunu çeşitli kısıtlamalar altında projeler geliştirerek en iyi şekilde çözmek durumunda kalmaktadırlar (Barutçugil, 2008: 9–11). Geliştirilen büyük ya da küçük çaplı projelerin başarılı olması üst yöneticiler kadar, projenin iç ve dış müşterileri tarafından da istenmektedir.

Bu alt başlıkta ilk olarak projenin kısaca tanımına, özelliklerine, altı sigma yöntemi içerisindeki önemine değinilmiş; sonunda ise literatürde yer alan altı sigma proje değerlendirme yöntemlerine yer verilmiştir.

### **1.6.1. Proje Kavramı ve Altı Sigma – Proje İlişkisi**

Proje bir plan çerçevesinde, belli bir zaman döneminde, belirli kaynaklarla diğerlerinden bağımsız olarak yürütülen, belirtilen bir işin tamamlanabilmesi için yapılması gereken ilişkili faaliyetler kombinasyonudur (Almak, 2011: 7; Gümüsoğlu ve Tütek, 2008: 311). Diğer bir ifadede proje; tasarım ve mühendislik uygulamaları gerektiren, belirli bir müşteri ihtiyacını ya da kullanıcı talebini karşılamak amacıyla üstlenilen ve bir ürün ya da hizmetin ortaya konulmasını konu alan sözleşme veya iş programıdır (Barutçugil, 2008: 14). Bir anlamda projelerin bir amacı olduğu gibi, sonuçlara yönelik hedefleri de bulunmaktadır (Yıldız, 2014: 7). Başka bir tanımda ise; proje, açıkça belirtilen zaman, maliyet ve kalite kısıtları gözetilerek ortaya bir ürün çıkartmak için yürütülen benzersiz bir çabadır (Westland, 2003: 4).

Bir proje ürün, hizmet ya da sonuç için sergilenen geçici bir faaliyettir (Jain, 2008: 15). Büyük veya küçük, her projede “*belirli bir kapsam (istenen sonuçlar veya ürünler)*”, “*takvim (projenin başlangıç ve bitiş tarihi)*” ve “*gerekli kaynaklar (insan, fon ve diğer kaynaklar)*” şeklinde üç bileşen bulunmaktadır (Portny, 2012: 10). Projeler aşağıda belirtilen özellikleri ile işletmenin standart iş faaliyetlerinden ayrılmaktadır

(Albayrak, 2009: 9; Barutçugil, 2008: 14; Doğruer, 2007: 17; Jain, 2008: 15–16; Westland, 2003: 4; Young, 2007: 11):

- Projeler verimlilik ve karlılığın artırılmasına yardımcı olur.
- Projelerin belirlenmiş başlangıç ve bitiş noktaları vardır.
- Proje uzun süreli bir çaba gerektirir.
- Projelerin açık bir şekilde tanımlanmış amaçları vardır.
- Proje çıktısı ölçülebilir olmalıdır.
- Projeler birbirini izleyen ve paralel giden faaliyetlerden oluşur.
- Bilgisayar kullanımını zorunlu kılar.
- Projenin yürütülmesi esnasında bir kısım değişiklikler yapılabilir.
- Sağlayacağı yararların etkilerini uzun yıllar hissettirir.
- Projeler, belirsizlikler nedeniyle risklidir.
- Projeler yeni yetenekler öğrenmede benzersiz fırsatlar sunmaktadır.
- Projeler birden daha fazla sayıda alt projeden oluşabilir.
- Projeler benzersizdir. Her bir proje birbirinden farklıdır ve daha önceden ele alınmış başka bir projenin devamı değildir.
- Projeler genel olarak rutin olmasa da, projeler için geliştirilen alt görevler rutin özelliklere sahiptir.
- Projelerin kabul edilmiş bir bütçesi vardır. Ölçeği ve nitelikleri ile bir projenin yürütülebilmesi için büyük parasal kaynaklar gerekmektedir.

Altı sigma yaklaşımının gücü, temelinde yatan “süreçlerle düşünme” kavramından gelmektedir. İşletmeler süreçlerden oluşmaktadır. Bu süreçlerin çıktıları da iç ve dış müşterilere iletilmektedir. Bu nedenle süreçler devamlı olarak gözden geçirilerek, müşteri memnuniyetini sağlamak için gereken iyileştirmeler yapılmalıdır. Altı sigma projeleri, bu düşünce şeklini hayata geçirmek için altı sigma ekiplerinin kullandığı bir araçtır (Akpolat, 2004: 43).

Proje odaklı yapısının etkili kullanılmasıyla bir işletmenin stratejik hedeflerine ulaşmasını sağlar. Altı sigma projeleri iş stratejisi ile bağlantılı olmalıdır ve müşterinin gereksinimlerini karşılamalıdır (Coronado ve Antony, 2002: 92). Ayrıca projelerin kritik operasyon hedefleri veya stratejik hedeflerle de uyumlu olması gerekir. Altı sigma

projelerin başarılı bir şekilde uygulanması ile işletmenin elde edebileceği kazanımlar ise şu şekildedir (Gotro, 2013: 5; Işığışok, 2011b: 99–104; Jain, 2008: 21–26; Mawby, 2007: 9):

- Kar elde etmek,
- Firmadaki potansiyeli gerçekleştirmek,
- Üretimi arttırmak,
- Verimliliği arttırmak,
- Ürün ya da hizmet kalitesini arttırmak,
- Pazar payını arttırmak,
- Müşteri memnuniyetini arttırmak,
- Çalışanların yetkinliklerini arttırmak,
- Maliyetleri düşürmek,
- Değişkenlikleri azaltmak,
- Kalite problemlerini azaltmak,
- Hata oranını düşürmek,
- Ürün çevrim süresini düşürmek,
- Müşteri şikâyetlerini azaltmak,
- İş kazalarını düşürmek,
- Devamsızlıkları düşürmek,
- Müşteri sürekliliğini sağlamak,
- Süreçleri ve iş sonuçlarını iyileştirmek,
- Fırsatları fark etmek,
- Kayıpları ve savurganlığı önlemek,
- Sistemi iyileştirmek,
- Öğrenilen bilginin yayılımını sağlamak,
- Kalıcı başarıyı sağlamak,
- Verilere dayalı olarak doğru karar vermek,
- Temel kalite ilkelerine bağlı kalmak,
- Kültür değişimini sağlamaktır.

Tüm bu kazanımlara aynı anda ulaşmak mümkün olmayabilir. Ancak seçilen altı sigma projesinin yukarıda sıralanan temel hedeflerden birine ya da birkaçına odaklanması gerekmektedir. Özellikle altı sigma TÖAİK adımlarına geçmeden önce, işletme verimliliğine ve karlılığına etkisi olabilecek projenin seçilmesi altı sigma projesinin başarısı için önemlidir. Çünkü projelerin başarısız olması organizasyonlara doğrudan ve dolaylı olarak çok büyük maliyet yüklemektedir. Bu başarısızlık aynı zamanda kaynakların gereksiz ve aşırı kullanımı, müşteri beklentilerinin karşılanmaması, çalışanların cesaretinin ve moralinin düşmesi ile sonuçlanmaktadır (Barutçugil, 2008: 10–11).

Altı sigma projelerinin doğru hedeflere odaklanması gerekmektedir. Genel olarak müşteri düşünülmeden hayata geçirilen projeler, başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir (Pyzdek, 2003: 165–166). Altı sigma proje başarısızlıklarının en büyük nedenlerinden biri sayılan yanlış proje seçimi konusu, üst düzey yöneticiler için hep sorun olmaktadır. Projeler seçilirken, onların amacını ve kısıtlarını tanımlamak, ekiplerin neler üzerinde çalışması veya çalışmaması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca, proje amaçları ve hedefleri müşterilerden gelen kritik kalite gereksinimlerini yansıtmalıdır. Genellikle seçilen proje tipleri kalite, işlem hacmi, çevrim zamanı ve kazanç gibi rekabet avantajı üzerinde büyük etkiler yaratacak olan projelerdir. Diğer önemli projeler geleneksel anlayışla çözülemeyen problemlerin çözümlerini içerir (Roe ve Ingle, 2001: 278).

Altı sigma projeleri ve buna bağlı proje seçimleri ile ilgili literatürde birçok yayına rastlamak mümkündür. Bu çalışmanın amacı da en uygun altı sigma projesinin seçimi olması nedeniyle aşağıda literatür taramasına yer verilerek, altı sigma proje seçimi ile ilgili daha önce yapılmış çalışmaların içeriği hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

### **1.6.2. Altı Sigma Proje Değerlendirme Literatür Taraması**

Bu alt başlıkta altı sigma proje değerlendirmede kullanılan kriterler, yöntemler ve faktörler hakkında literatür taramasına yer verilmiştir. Buradaki yazarların bir kısmı altı sigma projelerinin değerlendirilebilmesi için belirledikleri kriterleri yazılarına

aktarıırken; bir kısmı da proje değerlendirmede kullanılmasını uygun buldukları ya da kullandıkları yöntemleri aktarmışlardır.

Harry ve Schroeder (2000), kaynak niteliğindeki eserinde altı sigma projelerinin müşteri memnuniyeti ve karlılık için çok önemli olduğundan bahsetmişlerdir. Eserde öncelikli altı sigma projelerinin seçiminde üç faktörün çok önemli olduğundan söz edilmiştir. Bunlar; "*seçilen proje işletmeye değer katmalıdır*", "*süreç sigma seviyesini arttıran kaynak ihtiyacını dikkate almalıdır*" ve "*satış kaybına neden olan uzun süreçleri ortadan kaldırmayı amaç edinmelidir*" şeklinde sıralanmıştır.

Pyzdek (2000b; 2003; 2010), altı sigma projelerini 3 çeşit olarak belirlemiştir. Bunlar "*müşteriye değer katan projeler*", "*paydaşlara değer katan projeler*" ve "*diğer projeler*" şeklinde verilmiştir. Proje seçiminde ise "Pareto Öncelik İndeksi", "Fizibilite Analizi", "Yatırımın Geri Dönüş Oranı" ve "Kalite Fonksiyon Yayılımı" yöntemlerini kitaplarında ele almıştır. Proje seçiminde, bu yöntemlerin aşamaları anlatılmıştır.

Coronado ve Antony (2002), altı sigma projelerinin işletme için etkili olacak kritik başarı faktörlerinden bahsetmektedirler. Çalışmada yer alan faktörler birçok makale, kitap ve vaka analizi çalışmalarından derlenerek elde edilmiştir. Tüm bu faktörlerin gerekli olduğunu belirten yazarlar, altı sigma proje uygulamalarında bu faktörlerden birinin kullanılmaması durumunda başarısız sonuçlar alınacağını; boşa zaman, para ve emek harcanacağını söylemektedirler.

Johnson ve Swisher (2003), altı sigma proje uygulamalarında gerekli araçların kullanılması durumunda başarının kaçınılmaz olduğundan bahsetmişlerdir. Altı sigma uygulamalarında başarının, işletme için en önemli projelerin seçilerek en iyi şekilde uygulanması ile mümkün olacağını söylemişlerdir.

Anbari (2004), altı sigma proje seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurlara yer vermiştir. Çalışmada ayrıca altı sigma projelerinin başarılı olabilmesi için; projelerin özenle seçilmesi, planlanması, tartışılması ve uygulanması sonucunda elde edilecek faydanın en yüksek olması için çaba sarf edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada altı sigma projelerinin seçiminde Pande ve diğerleri (2000)'in geliştirdiği Maliyet / Fayda analiz yöntemi ön planda tutulmuştur.

Kazemi, Kazemi ve Bahri (2005), altı sigma proje seçiminde çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmışlardır. Uygulamanın yapıldığı şirkette, öncelikle projeleri değerlendirmede kullanılacak kriterler AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış, daha sonra kriterler ve kriter ağırlıkları yardımıyla projelerin değerlendirilmesi ise TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır.

Bañuelas, Tennant, Tuersley ve Tang (2006), altı sigma proje seçimi için birçok yöntemin olduğundan bahsetmektedirler. Bununla ilgili olarak İngiltere'deki işletmelerde yapmış oldukları anket sonucunda elde ettikleri verilerden yola çıkarak, söz konusu işletmelerdeki karar vericilerin proje seçimi için en fazla tercih ettikleri yöntemler tespit edilmiştir. Altı sigma proje seçiminde kullandıkları kriterler ise şu şekildedir: "*Müşteri Etkisi*", "*Finansal Etki*", "*Üst Yönetim Taahhüdü*", "*Ölçülebilir Olma ve Uygunluk*", "*Öğrenme ve Gelişme*" ve "*İşletme Stratejisine ve Temel Yetkinliğe Bağlılık*" şeklindedir.

Doğu (2006), çalışmasında müşteri tatminini maksimum düzeyde tutacak projenin seçiminde "*Kalite Fonksiyonu Yayılımı*" yöntemini kullanmıştır. Uygulamada üç altı sigma projesi değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Kumar ve diğerleri. (2007), altı sigma projelerinden maksimum faydayı sağlayacak sonuçları görebilmek için Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemini kullanmışlardır. Girdi kısıtları olarak, beklenen proje maliyeti, beklenen proje süresi, Kara ve Yeşil Kuşak sayısı; çıktı kısıtları olarak müşteri tatmin düzeyinin yüzdeler olarak artışı, iş stratejileri üzerindeki etki, finansal etki, sigma kalite düzeyinde beklenen artış, verimlilikte beklenen yüzdeler artış olarak seçilmiştir. Çalışmada kısıtlar göz önünde bulundurularak 20 altı sigma projesinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

David ve Saaty (2007), altı sigma, yalın altı sigma ya da diğer iş süreçlerini iyileştirici yöntemlerde analitik hiyerarşi süreci yönetiminin proje seçimindeki etkinliğinden söz etmişlerdir. Ayrıca altı sigma projelerinin değerlendirmesinde kullanılacak genel kriterleri "*Uygunluk*", "*Finansal Etki*", "*Müşteri üzerinde Etki*", "*Operasyonel Amaçlara Etki*" ve "*Çalışanlar üzerine Etki*" olarak sıralamışlardır.

Su ve Chou (2008)'nin altı sigma projelerinin seçimi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında; ilk olarak organizasyonun iş stratejilerine ve müşterinin sesine uygun projeler belirlenmiş, daha sonra belirlenen bu projelerin sağlayacağı faydaların AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir. Son olarak, HTEA yöntemi ile her bir projenin riski ortaya konulmuştur. Uygulamada ise yarı iletken dökümhanenin ampirik durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Yang ve Hsieh (2008), Tayvan Ulusal Kalite Ödülü kriterleri olan 8 temel kriter ve bunlara bağlı 33 alt kriteri altı sigma proje seçiminde kullanmışlardır. 8 temel kriteri ise şu şekilde sıralamışlardır: “Liderlik”, “Stratejik Yönetim”, “Araştırma ve İnovasyon”, “Müşteri/Pazar İyileştirme”, “İnsan Kaynakları ve Bilgi Yönetimi”, “Bilgi Stratejisi Uygulaması ve Yönetimi”, “Süreç Yönetimi” ve “İş Sonuçları”.

Kahraman ve Büyüközkan (2008), altı sigma projelerinin seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Hedef Programlamadan yararlanmışlardır. Altı sigma projelerinin seçiminde, "*finansal faydanın maksimizasyonu*", "*süreç yeterliliğinin maksimizasyonu*", "*müşteri tatmininin maksimizasyonu*", "*maliyetin minimizasyonu*", "*proje tamamlanma süresinin minimizasyonu*" ve "*riskinin minimizasyonu*" olmak üzere altı öncelikli amaç belirlenmiş ve değerlendirme bu kriterlere göre yapılmıştır.

İkiz (2009), projelerin değerlendirilmesi için, reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın teorik düzeydeki başarılarının tüm faydalarını içeren kavramsal bir değerlendirme modeli geliştirmiştir. Yazar, riskleri ve faydaları en önemli boyutlar olarak dikkate alan bu kavramsal model yardımıyla, altı sigma projelerinden beklenen maliyet tasarruflarında değişkenliğe yol açan belirsizlik kaynaklarını tanımlamakta ve bunların proje değeri üzerindeki etkisini tam olarak analiz etmenin yolunu göstermektedir.

Büyüközkan ve Öztürkcan (2010), firmalara maksimum finansal yarar sağlayacak altı sigma projesinin seçilmesi gerektiğinden bahsetmişlerdir. DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) ve ANP (Analytic Network Process - Analitik Ağ Süreci) yöntemleri ile lojistik sektörü için ampirik bir uygulama yapılarak altı sigma projelerinin değerlendirilmesi sağlanmıştır.



Saghaei ve Didekhani (2011), altı sigma projelerini değerlendirmede kullandıkları üç ana kriter ve bu kriterlere bağlı sekiz alt kriter belirlemişlerdir. Kriterler de dikkate alınarak, projelerin ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System – Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi) ve Bulanık Hedef Programlama ile değerlendirilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen model İran'da öncü bir firmada uygulanmıştır.

Bilgen ve Şen (2012), bir otomotiv yan sanayi işletmesinde malzeme transferindeki ısı kaybını optimize ederek enerji maliyetlerini azaltacak altı sigma projeleri arasındaki değerlendirmede bulanık analitik hiyerarşi sürecinden yararlanmışlardır. Değerlendirme için “Maliyet”, “Zaman”, “İşçilik”, “Tasarruf”, “Verimlilik”, “Hurda Sayısında Azalma”, “Kalite”, “Kapasite” ve “Enerji” kriterlerini kullanmışlardır.

Yüksel (2012), proje seçiminde Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemini tercih etmiştir. Uygulamanın yapıldığı firmada beş projenin seçilebilmesi için VZA'da kullanılmak üzere 'işçilik saati' ve 'proje maliyeti' şeklinde iki girdi ile 'finansal kazanç', 'sigma seviyesinde yüzdeler artışı' ve 'müşteri tatmininde yüzdeler artışı' olmak üzere üç çıktı kullanılmıştır. Değerlendirme sonunda, etkin ve etkin olmayan projeler ortaya konulmuştur.

Özveri ve Dinçel (2012), altı sigma proje seçim yöntemlerinden üçünü ele almışlardır. Özel bir hastanede ortaya konulan üç proje için, üç proje seçim yöntemi ile değerlendirme yapmışlardır. Her üç yöntemde de aynı projenin seçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kazemi, Karbasian, Homayouni ve Vasili (2012), en uygun altı sigma projesinin seçilmesinde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan bu yaklaşımın organizasyonun hedeflerine etkisine yer verilmiştir.

Kornfeld ve Kara (2013), altı sigma uygulayan şirketler ile yapmış oldukları anket çalışmasına yer vermişlerdir. Ankette, 49 şirketin altı sigma proje seçim yöntemi olarak tercihleri sorulmuştur. Anket sonucunda şirketlerin en fazla tercih ettikleri yöntemin "Beyin Fırtınası" ve "Maliyet/Fayda Analizi" yöntemleri olduğu sonucuna

ulaşmıştır. Diğer yöntemlerin ise şirketler tarafından çok fazla tercih edilmediği bilgisi aktarılmıştır.

Şentürk (2013), Türkiye’de 5 farklı gıda tesisinde altı sigma projelerini bulanık mantık yöntemi ile değerlendirmiştir. Bu değerlendirme için 8 kriter ortaya koymuştur. Bunlar; “*Ürün Transferi*”, “*İnsan Kaynakları Yeterliliği*”, “*Coğrafik Konum*”, “*İşgücü Kalitesi*”, “*Arazi Maliyeti*”, “*Altı Sigma için Ayarlanabilir Teknoloji*”, “*Müşterilere Yakın Olma*”, “*Altı Sigma Eğitimli İnsanlar*”, “*Rakip Sayısı*” ve “*Altı Sigma Süreç Yeterlilikleri*” şeklindedir.

Ray, Das, Bhattacharyay ve Antony (2013), altı sigma proje uygulamalarında, tamamlanmış projelerin etkinliklerinin ölçülebileceğini söylemişlerdir. Altı sigma proje etkinliğini ölçmek için bulanık mantık yönteminden yararlanmışlardır. Bunun için öncelikle kritik başarı faktörleri seçilmiş, daha sonra seçilen kritik başarı faktörlerine bulanık sözel değişkenler atanmıştır. Çalışma için geliştirilen bulanık ölçüm indeksi yardımıyla da 10 adet altı sigma projesi için değerlendirme yapılmıştır.

Yukarıda yer alan literatür kaynakları da dahil olmak üzere, karşılaşılan tüm altı sigma proje seçim yöntem ve araçları Çizelge 1.5’te özet halde sunulmuştur. Literatürde altı sigma projelerinin seçimi için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak bu yöntemlerden hangisinin proje seçiminde daha iyi sonuç verdiğini söylemek zordur. Karar vericilerin altı sigma projelerinin seçiminde zorlandıkları kadar; proje seçim yöntemlerinin seçiminde de zorlandıkları söylenebilir.

Bazı çalışmalarda alternatiflerin değerlendirilmesi farklı yöntemler ile yapıp, yöntemler arasında kıyaslama da yapılabilmektedir. Farklı yöntemler ile yapılan bu değerlendirmeler her ne kadar para ve zaman kaybı gibi görünse de; karar vericilerin aldıkları kararlarda elini güçlendirmekte, daha da kararlı olmalarını sağlamaktadır. Örneğin; Kazemi ve diğerleri (2005) yaptıkları uygulama çalışmasında proje değerlendirme kriterlerini AHP yöntemi ile ağırlıklandırmış, projeleri ise TOPSIS yöntemi ile değerlendirmiştir. Buna benzer literatürde birçok yayına rastlamak mümkündür.

**Çizelge 1.5. Altı Sigma Proje Seçim Yöntem ve Araçları**

YAZAR	YÖNTEM VE ARAÇLAR
Pyzdek (2000b; 2003; 2010)	Pareto Önceliklendirme İndeksi (Pareto Priority Index - PPI), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Kalite Fonksiyonu Yayılımı (Quality Function Deployment -QFD), Kısıtlar Teorisi (Theory of Constraints - TOC), Fizibilite Analizi, Yatırımın Geri Dönüş Oranı
Pande vd. (2000)	Maliyet/Fayda Analizi
Breyfogle, Cupello ve Meadows (2001)	Proje Değerlendirme Matrisi
Kelly (2002)	Proje Seçim Matrisi
Adams, Gupta ve Wilson (2003)	Proje Sıralama Matrisi
Larson (2003)	Pareto Analizi
De Feo ve Bernard (2004)	Belirli Kriterlere Göre Potansiyel Projelerdeki Verileri Gözden Geçirme
Kazemi, Kazemi ve Bahri (2005)	AHP ve TOPSIS
Kumar, Crocker, Chitra ve Saranga (2006)	AHP
Doğu (2006)	QFD
Kumar, Saranga, Ramirez-Marquez ve Nowicki (2007)	Veri Zarflama Analizi (VZA)
David ve Saaty (2007)	AHP
Su ve Chou (2008)	AHP ile Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)
Kahraman ve Büyüközkan (2008)	Bulanık AHP ve Bulanık Hedef Programlama
İkiz (2009)	Reel Opsiyonlar Yaklaşımı
Büyüközkan ve Öztürkcan (2010)	DEMATEL ve Analitik Ağ Prosesi (Analytic Network Process-ANP)
Saghaei ve Didekhani (2011)	ANFIS ve Bulanık Hedef Programlama
Kazemi, Karbasian, Homayouni ve Vasili (2012)	Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
Bilgen ve Şen (2012)	Bulanık AHP
Yüksel (2012)	VZA
Şentürk (2013)	Bulanık Yaklaşım
Ray, Das, Bhattacharyay ve Antony (2013)	Bulanık Yaklaşım

**Kaynak:** Bañuelas ve diğerleri, 2006; Breyfogle ve diğerleri, 2001; Kazemi ve diğerleri, 2012

Çizelge 1.5'e bakıldığında son yıllarda, birden fazla kriteri dikkate alarak en iyi alternatifin seçilmesine odaklanan çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) ile

insani düşünüş tarzına en yakın yöntem olan bulanık mantık uygulamalarının proje seçimlerinde daha sık kullanıldığını söyleyebiliriz. Bu çalışmada ele alınan altı sigma projelerinin değerlendirilmesinde de çok kriterli karar verme yöntemleri ile bulanık yaklaşımın bütünleştirildiği bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bu çerçevede çalışmanın ikinci bölümünde uygulamada kullanılan bulanık mantık ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### BULANIK MANTIK VE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Klasik mantık kuramında kesin sınırlı küme kavramından söz edilir. Bu kavram ile bir nesne için bir kümenin elemanı olması ya da olmaması şeklinde ikili seçeneğe sahip bir mantık düşünülmektedir. 1960'ların ortasında Lotfi A. Zadeh tarafından klasik mantığın gerçek dünyadaki karmaşık sistemlere yetersizliği sebebiyle, nesneye ait niteliklerin dereceli üyelik fonksiyonu ile ifade edilmesi gerektiğini ve bunun için de bulanık kümelerin kullanılabilmesine dair önerilerde bulunmuştur.

#### 2.1. BULANIK MANTIK KAVRAMI

Bulanık mantık kuramı, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan “Bulanık Kümeler” adı altındaki makalede ilk kez ortaya çıkmıştır. Zadeh, makalesinde insan düşüncesinin birçok kararda bulanık olduğunu; kesin olmadığını belirtmiştir. Bulanık mantık, klasik mantık gibi iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır (Alavala, 2008: 1; Elmas, 2011: 186).

“Bulanıklık” kavramı, ilk olarak Amerikalı filozof Black tarafından 1937 yılında ortaya atılmıştır (Pehlivan ve Apaydın, 2005: 19) ve bu tarihten yaklaşık 30 yıl sonra Zadeh bulanıklık durumundan söz etmiştir. Bu bulanıklık ve belirsizlik durumu Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık küme teorisi ile sözel olarak ifade edilebilir hale gelmiştir (Paksoy, Pehlivan ve Özceylan, 2013: 1).

1975 yılında Mamdani ve Assilian'in buhar makinesinin kontrolünü bulanık sistem ile yapması sonucunda bulanık kavram ve sistemleri araştırma merkezleri tarafından önemli hale gelmiştir. Daha sonraki yıllarda bulanık sistem uygulaması bir çimento fabrikasının işletilmesi ve kontrolü için yapılırken bulanık kavramlar dünyanın birçok yerinde kullanılmaya başlamıştır (Şen, 2009: 16). Ülkemizde özellikle 2000'li yıllarda birçok çalışmada bulanık mantık uygulamalarına rastlamak mümkündür. Bulanık mantık uygulamasının hem sosyal bilimlere hem de fen bilimlerine uygun yapısından dolayı çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.



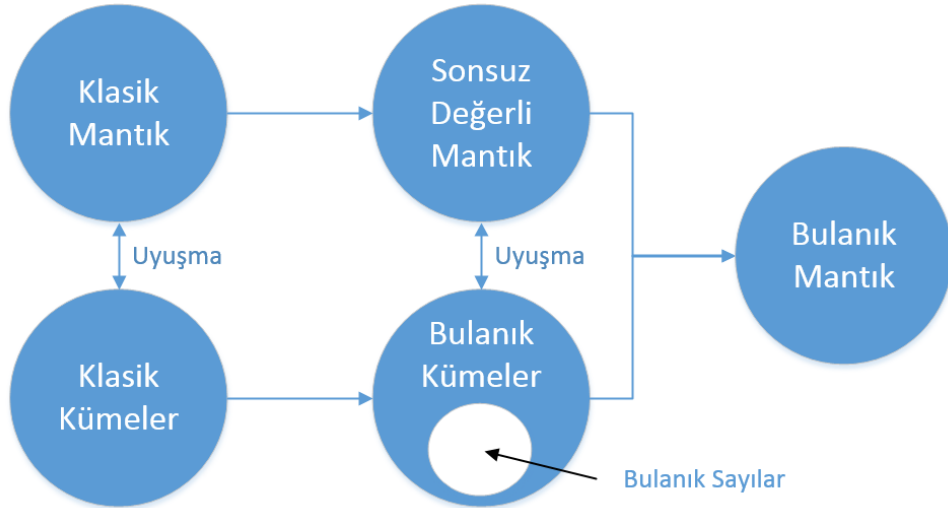
**Şekil 2.1. Bulanık Mantık Karar Sistemi**

Bulanık mantık, değişik türlerdeki bulanıklık ve belirsizliklerin modellenmesine yardımcı olmakla birlikte; kesin karar verme biçimleri yerine yaklaşık karar verme biçimleri ile de ilişkilidir. Bulanık mantığın önemi, bireysel olarak verilen kararların yaklaşıklık üzerine kurulu olmasından kaynaklanmaktadır. Bulanık mantığın temel bir takım özellikleri aşağıdaki verilmiştir (Alavala, 2008: 9,94; Başkaya, 2011: 15,17,18; Zadeh, 1988: 84,85):

- Bulanık mantıkta her bir ifade  $[0,1]$  aralığında belirli bir derece ile ifade edilmektedir.
- Bulanık mantıkta her şey derecelendirilebilir.
- Herhangi bir mantıksal sistem, bulanık hale getirilebilir.
- Bulanık mantıkta kesin verilerle karar verme yerine, yaklaşık karar verme durumu söz konusudur.
- Bulanık mantıkta az, yaşlı, büyük gibi sözel ifadeler bulunmaktadır.
- Bulanık çıkarımlar, sözel ifadeler arasında tanımlanan kurallar çerçevesinde yapılmaktadır (Şekil 2.1).
- Bulanık mantık esnek bir yapıya sahiptir.
- Bulanık mantık kavramsal olarak anlaşılması kolay bir sistemdir.
- Bulanık mantık matematiksel model olarak zor elde edilebilecek sistemler için uygundur.
- Bulanık mantık uzmanların deneyimlerini dikkate alır.

Bulanık mantık geleneksel yöntemler ile harmanlanmış; geleneksel yöntemlerin uygulamalarını basitleştirmiştir (**Kaynak:** Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44

- Şekil 2.2).
- Konuşma dili bulanık mantığın aracı olmuştur.
- Bulanık mantık, gereksiz detaylarla ilgilenmez.



**Kaynak:** Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44

### Şekil 2.2 Klasik Kümeler, Klasik Mantık, Bulanık Kümeler, Sonsuz Değerli Mantık ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişkiler

Bulanık mantık, sözel olarak değişik sıfat dereceleri ile ifade edilen doğruluk değerlerine sahip ve geçerliliği kesin olmayan, ancak yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip bir akıl yürütme mantığıdır. İki değerli mantıkta her şey ya doğru ya da yanlıştır. Bulanık mantık uygulamalarında sözel değişken kavramı merkezi bir role sahiptir (Baykal ve Beyan, 2004a: 102–127). Bulanık mantıkta çok az – az – biraz – fazla – çok fazla, çok yavaş – yavaş – hızlı – çok hızlı, genç – yaşlı, kısa – uzun, soğuk – ılık – sıcak gibi daha pek çok sözel değişken bulanıklığı ifade eder. Sözel değişkenleri girdi olarak değerlendirdiğimizde, bunların bulanık mantık sistemi sürecinden geçmesi sonucu çıktı olarak kararlara ulaşılmaktadır.

### 2.1.1. Bulanıklık ve Bulanıklaştırma Kavramı

Bulanık kelimesi genel olarak puslu, dumanlı, kesinlikle ayırt edilemeyen, kesin olmayan, belirsiz, kafa karıştıran, müphem gibi kelimeler ile ifade edilebilmektedir. Bulanıklık, incelenen konunun inceleyen kişi tarafından kesinlikle veya tam olarak bilinmemesi durumunda sahip olunan eksik ve belirsiz bilgilerin tümünden oluşmaktadır (Başkaya, 2011: 21; Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 35; Şen, 2009: 26). Bulanıklık ile günlük yaşamın birçok alanında özellikle, insanların görüşlerinin, değerlendirmelerinin ve kararlarının önemli olduğu tüm alanlarda sıklıkla karşılaşılmaktadır (Zimmermann, 2001: 4).

Beyan ve Baykal (2004a) çalışmalarında, bulanıklığı gereken belirsizlik derecesinin temsil edileceğinde kullanılan bir ifade olarak tanımlamışlardır. Diğer bir ifadeyle bir olayın olup olmadığını değil de, hangi dereceye kadar olduğunu ölçer. Bir olayın olup olmayışı olasılık, ancak hangi dereceye kadar olduğu ise bulanıklık olarak nitelendirilir (Kabalıcı, 2013: 6). Bulanıklığın gerekli ve faydalı olduğu beş tür sistem bulunmaktadır (McNeill ve Thro, 1994: 15–16):

- Model kurmanın zor veya imkânsız olduğu karmaşık sistemler,
- İnsanın kontrolünde olan sistemler,
- Karmaşık ve süreklilik arzeden girdi ve çıktılara sahip olan sistemler,
- İnsan gözlemlerinin girdi olarak kullanıldığı ya da kuralların temel alındığı sistemler,
- Davranışsal ya da sosyal bilimler alanları gibi doğal olarak belirsiz olan sistemler.

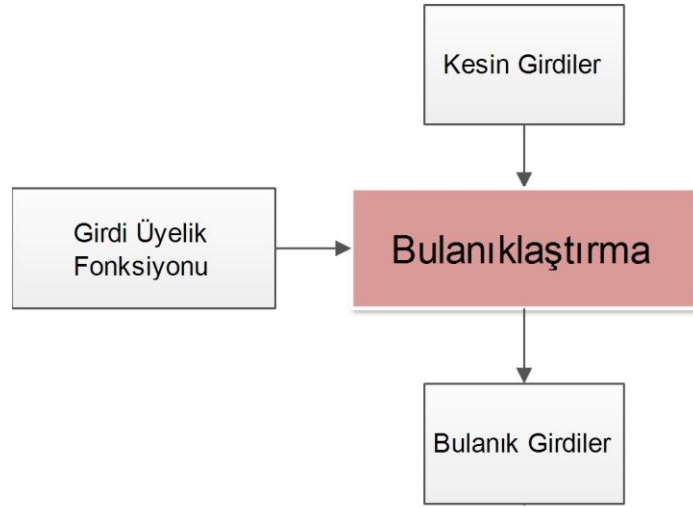
Ayrıca herhangi bir  $X$  kümesinin içerdiği klasik kümeler, bulanık kümelerle değiştirilerek bulanıklaştırılabilir. Diğer bir ifadeyle bulanıklaştırma yardımı ile aritmetik, bulanık aritmetiğe; topoloji, bulanık topolojiye; denetim kuramı, bulanık denetim kuramına genelleştirilebilir (Baykal ve Beyan, 2004a: 102). Bulanıklaştırma, klasik bir kümeyi bulanık küme ya da bulanık bir kümeyi daha bulanık bir kümeye dönüştürme işlemidir. İşlem klasik veriyi veya ölçülen bir değeri sözel kavramlara dönüştürür (İbrahim, 2004: 34). Diğer bir ifadeyle, bulanıklaştırma işleminde girdi



değişken aralığı, uygun evrensel kümeye dönüştürülür ve böylece girdi değişkenler ile uygun sözel değişkenler elde edilmiş olur (Akıllı, Atıl ve Kesenkaş, 2014: 225).

**Kaynak:** Robometricschool, 2012

Şekil 2.3, bulanıklaştırma işlemini göstermektedir. Bulanıklaştırma sonucunda elde edilen bulanık girdilerden kuralsal değerlendirmeler sonucunda bulanık çıktılar elde edilmektedir (Robometricschool, 2012).



**Kaynak:** Robometricschool, 2012

### Şekil 2.3 Bulanıklaştırma İşlemi

Bulanıklık matematiksel olarak çok - değerlilik anlamına da gelmektedir ve geçmişi Heisenberg'in konum - momentum belirsizliği ilkesine dayanır. Üç değerli bulanıklık, doğruluk, yanlışlık ve belirlenemezlik ya da varlık, yokluk ve belirsizlik olarak nitelendirilir. Çok - değerli bulanıklık ise; belirsizliğin derecesine, olay ya da ilişkilerin kısmi oluşlarına göre anlam kazanır (İnan, 2008: 16).

#### 2.1.2. Belirsizlik Kavramı

19. yy'de ve 20. yüzyılın başlarında fen, matematik ve mühendislik bilimlerinde belirsizlik konusuna hemen hemen hiç ilgi gösterilmemiştir. Ancak belirsizlik, istenmeyen ve ortadan kaldırılması gereken bir olgu olarak kabul edilmiştir.

Belirsizliğin ortadan kaldırılması, ilerlemenin belirtisi olarak görülmüştür (Klir, 2001: 92–93).

20. yüzyılın ortalarına doğru belirsizlik ile ilgili önemli çalışmalar yapılmıştır. Klasik Newton fiziği yerine ortaya atılan Kuantum fiziği ile fizik belirgin ortamdan belirsizlik ortamına taşınmıştır. 1927 yılında Heisenberg isimli fizikçi, belirli niceliklerin net şekilde bilinemeyeceğini ve bunlarla ilgili kısıtlamalar olduğunu; kesin sonuçların değil, ortalama değer civarında dalgalanan değerlerin varolduğundan söz ederek kuantum fiziğini şekillendirmiştir (Şen, 2003: 114; Taşkın, 2013).

Belirsizliğin en güncel konusu olan ve Zadeh (1965) tarafından literatüre kazandırılan “bulanık ilkeler” konusu ise batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve yoğun eleştirilere maruz kalmıştır. Ancak 1970 yıllarından itibaren Doğu dünyasında ve özellikle Japonya’da bulanık mantık ve sistem kavramları önem kazanabilmiştir (Şen, 2009: 21). Belirsizlik altında kararların verildiği ve aynı zamanda amaç ve kısıtların kesin olmadığı ortam, bulanık olarak adlandırılmaktadır. Verilen kararların çoğu amaçlar ve kısıtların yer aldığı ortamda gerçekleşir. Bulanık ortamda, amaç ve kısıtlar belirgin değildir (Bellman ve Zadeh, 1970: 141–151).

2000 yıllık geçmişe sahip Aristo mantığı yerine, günümüzde belirsizlik içeren bulanık mantık birçok alanda kullanılır hale gelmiştir. Günlük konuşma dilinde geçen sözel belirsizliklerin modelleme ve hesaplamalarda kullanılması sonucunda, günümüz teknolojisinin çamaşır makinesi, elektrikli süpürge, araba, asansör, yapay zekâ gibi uygulamalarında bulanık mantık çözüm önerileri sunmuştur (Paksoy ve diğerleri, 2013: 16; Şen, 2009: 21–22).

### **2.1.3. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulamaları**

Bulanık mantıkta herhangi bir  $X$  klasik kümesi, bulanık  $X$ 'e dönüştürülebilir. Bunun aritmetik, olasılık teorisi, sistem teorisi, sinir ağı teorisi, matematiksel programlama ve benzeri alanların bulanık sistemlere dönüşümü ile bulanık aritmetik, bulanık olasılık teorisi, bulanık sistem teorisi, bulanık sinir ağı teorisi, bulanık matematiksel programlama gibi alanların oluşmasını sağlamıştır. Bulanık mantık en yaygın olarak yapay zekâ, sistem analizi, karar analizi, nümerik analiz, veri işleme,

mühendislik, genetik algoritmalar, ekonomi, robotik gibi alanlarda karşımıza çıkmaktadır (Tektaş, 2014).

Bulanık mantık matematiksel modeli belirsiz olan ve çok fazla karmaşık modellere sahip sistemler için kullanılır. Bulanık mantık uygulamalarına endüstriyel proses kontrol sistemlerinde, tahmin etmede, karar vermede, iklimlendirmede, araç kontrol sistemlerinde ve akıllı yapılarda rastlamak mümkündür. Bulanık mantık Japonya'daki binlerce proses kontrol sistemlerinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Japonya'da bulanık mantık uygulamalarına özellikle çamaşır makinelerinde, elektrik süpürgelerinde, bulaşık makinelerinde ve video kameralarda en etkin şekilde kullanılmıştır (McNeill ve Thro, 1994: 13; Paksoy ve diğerleri, 2013: 17).

Bulanık mantık ilk kez 1970'lerin başlarında İngiltere'de Ebrahim H. Mamdani ve Sedrad Assilian (1975) tarafından bir buhar makinasında bulanık denetleyici ile uygulanmıştır. Bulanık mantıkta ticari ilk uygulamalar ise 1970'lerin sonlarında Danimarkalı iki mühendis tarafından bir çimento fabrikasında fırın kontrolünde kullanılmıştır. Bilgisayarların desteğinde bulanık mantık yöntemi ile hazırlanan bu sistem, sensörler yardımıyla ısı ve maddelere ait verileri toplayarak ve geri besleme yöntemiyle değişkenleri kontrol ederek, bu ayarlama işini çok hassas ölçümlerle gerçekleştirmiş ve büyük oranda enerji tasarrufu sağlamıştır (Mamdani ve Assilian, 1975: 1-13; McNeill ve Thro, 1994: 14; Tektaş, 2014).

1979 yılında düzenlenen dünya tavla turnuvasında bulanık mantık yöntemi ile geliştirilen Hans Berliner'in BKG 9.8 yazılımı, 7-1'lik skorla şampiyonayı kazanmıştır. 1987 yılında Japonya'nın Sendai şehrindeki metrolarda Hitachi firması tarafından geliştirilen bulanık kontrol yöntemi ile sarsıntısız ve düzgün bir yavaşlama ve hızlanma ile yolcuların seyahatlerinde konfor sağlanmıştır (Haupt, Pasini ve Marzban, 2008: 129). 1984 yılında bulanık mantık yönteminin teori ve uygulamalarının ele alındığı ilk akademik organizasyon olan IFSA\* kurulmuştur. IFSA takip eden yıllarda

---

\* IFSA: The International Fuzzy System Association

düzenlenmeye devam etmiştir. 1989 yılında Hitachi, Thomson, Toshiba, NCR, Omron, IBM ve Matsuhita gibi dünyada söz sahibi 51 şirket tarafından LIFE (Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering) adıyla laboratuvarlar kurulmuştur (Tanaka, 1997: 1).

#### **2.1.4. Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları**

Günlük yaşantımızda, kesin olarak bilinemeyen durumlarla karşılaşılır. Karmaşık ve içinden çıkılamayacak belirsizlik hallerinde bulanık mantık uygulamaları ile çözüm aranır. Bulanık mantık kullanımında literatürde sayılan birçok avantaj bulunmasına karşın dezavantajları da söz konusudur. Ülkemizde de yoğunlukla kullanılan bulanık mantığın avantajları ve dezavantajları aşağıda ele alınmıştır.

Bulanık mantığın avantajları şu şekilde sıralanmaktadır (Elmas, 2011: 198; McNeill ve Thro, 1994: 16; Paksoy ve diğerleri, 2013: 20; Sala ve Albertos, 1998: 833–844; Yaralıoğlu, 2015):

- Bulanık mantık insan düşünüş tarzına çok yakın bir kuramdır. Denetim işlemlerinin birçoğu sözel değişkenler kullanılarak yapılır.
- Az miktarda değer, az sayıda kural ve karar gereklidir.
- Gözlemlenen çok miktarda değişken değerlendirilebilir.
- Çıktı ile girdi arasında, bütün değişkenlerin anlaşılmasına gerek kalmadan bağlantı kurar, geleneksel kontrol sistemlerine göre daha hassas ve stabil sistemler tasarımılanmasına olanak verir.
- Basitliği, daha önceden çözülememiş problemlerin çözümüne olanak sağlar.
- Sistem tasarımcısının, çalışmaya başlamadan önce sistem hakkında her şeyi öğrenmesine gerek olmadığı için prototip oluşturmayı çabuklaştırır.
- Tasarımılanması kolay olduğu için geleneksel kontrol sistemlerine göre daha ucuzdur.
- Zamanla değişiklik gösteren ve karmaşık sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- İnsan düşünce yapısına uygun sözel, nümerik olmayan değişkenler kullanılır.
- Bilgi kazanımını ve gösterimini kolaylaştırır.
- Karmaşık durumlar için az sayıda kurallar vardır.

- Bulanık mantık bir anlamda kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlar.

Bulanık mantığın dezavantajları ise şu şekilde sıralanmaktadır (Elmas, 2011: 198; McNeill ve Thro, 1994: 16; Sala ve Albertos, 1998; Yaralıoğlu, 2015):

- Bulanık mantık uygulamalarında kuralların mutlaka uzman deneyimlerine bağlı kalarak tanımlanması gerekir.
- Bir bulanık sistemden model geliştirmek zordur.
- Geleneksel sistemlerden daha kolay ve hızlı prototip oluşturulur, ancak bulanık sistemler kullanılmadan önce ince ayarlar ve benzetimler yapılması gerekir.
- Üyelik fonksiyonlarının seçimi belirli bir yöntemle göre yapılmaz, en uygun olanı deneme ile bulunur. Bu durum oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Kararlılık analizi, sistem için yapılamaz ve bu durumda sistemin vereceği yanıt önceden bilinemez. Bunun için yapılacak tek şey simülasyon çalışmasıdır.

## 2.2. BULANIK KÜMELER

Klasik mantıkta bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir; hiçbir zaman kısmi üyelikten söz edilmez. Diğer bir ifadeyle klasik kümelerinde elemanların üyelikleri  $\{0,1\}$  değerlerini alır (Elmas, 2011: 189). Bulanık küme, değişik üyelik derecelerine sahip bir topluluktur. Klasik küme teorisindeki ikili üyelik kavramını kısmi üyelik kavramına genelleştirir (Baykal ve Beyan, 2004b: 74). Bulanık küme sisteminde; “0” değeri kesinlikle üye olmamayı, “1” değeri tam üye olmayı,  $(0,1)$  arası değerler ise kısmi üyeliği simgeler (Buckley ve Eslami, 2002: 17; Zadeh, 1965: 339).

Klasik mantık,  $\{0,1\}$  gibi kesin değerlerle elemanların belirli bir kümede olup olmadığına bakarken; bulanık mantık  $[0,1]$  aralığındaki değerler yardımıyla, o elemanın kümede tam üye, üye olmayan ya da kısmi üye sıfatları almasını sağlamaktadır. Klasik küme ile bulanık küme arasındaki en önemli fark, üyelik fonksiyonlarıdır. Klasik bir küme, sadece bir üyelik fonksiyonu ile nitelenebilirken; bulanık bir küme, teorik olarak

sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilmektedir (Özkan, 2003: 182). Klasik küme teorisinde üyelik önemli bir kavramdır. Bir  $x$  elemanı  $A$  kümesine ait ise;  $x \in A$ , ait değil ise;  $x \notin A$ 'dır. Yani  $x$  elemanının iki olasılığı bulunmaktadır: Ya  $A$  kümesine aittir ya da değildir (Meier ve Donze, 2012: 2).

### 2.2.1. Sözel Değişkenler

Bulanık mantıkta esas amaç, belirsizlik içeren yargı ve fikirlerin ifade edilmesini teorik bir temele dayandırabilmektir. Bulanık mantık teorisinde, bulanık küme sözel terimlerle ifade edilerek değişime uğratıldığında, sözel değişkenler elde edilmektedir. Bu değişim, bulanık mantık kullanılarak insan muhakemesinin formüle edilmesinde fonksiyonel bir yaklaşım sağlamaktadır (Aplak, 2010: 27).

Sözel değişkenler, değeri doğal veya yapay konuşma dili içerisindeki kelimeler ya da cümlelerdir (Zadeh, 1994: 49). Özellikle bulanık kontrol ve bulanık uzman sistemler gibi birçok alan uygulamasında anahtar bir role sahip olan bulanık mantığın temel aldığı ilke, sözel değişkenlerdir (Zadeh, 1988: 90).

Bulanık mantıkta sözel değişken olan atomik kelimelerin önlerine bazı sıfatların getirilmesi ile o atomik kelimelerin alt parçaları elde edilir. Örneğin, sıcaklık kelimesinin alt kelimeleri arasında 'soğuk', 'serin', 'ılık' ve 'yakıcı' gibi niteleyicilerin getirilmesi ile sıcaklık değişkeninin sözel alt kısımları oluşturulabilmektedir (Şen, 2003: 124–125–126). Bu sözel değişkenlerin bir alt katmanına inmek de mümkündür. Yine sıcaklık kelimesinin altında yer alan 'soğuk' kelimesinin alt katmanları 'çok soğuk' ve 'biraz soğuk' şeklinde sözel değişkenler olabilir.

Sözel değişkenlerin terimler kümesi üç bileşenden meydana gelir. Bunlar sırasıyla asıl terimler, bağlaçlar ve uyarlayıcılardır. Klasik mantıkta da karşımıza çıkan bu bağlaçlar 've', 'veya', 'değil', 'ise', 'ancak ve ancak' kelimeleridir. Asıl terimlerden yeni terimlerin elde edilişi 'çok az', 'az', 'hemen hemen', 'oldukça' gibi uyarlayıcılar ile mümkündür. Literatürde sıkça kullanılan uyarlayıcılar şunlardır (Özkan, 2003: 129-130; Şen, 2009: 95,96):

- **Daralma:** Bu uyarlayıcı ile bulanık bir kümedeki elemanların üyelik derecelerinin büyüklüğü indirgenir. Bir başka ifadeyle, bulanık kümedeki elemanların üyelik derecelerinin 0'a doğru yaklaştırılması sağlanır.
- **Genişletme:** Bu uyarlayıcı yardımıyla bulanık bir kümedeki elemanların üyelik derecelerinin 1'e doğru yaklaştırılması amaçlanır.
- **Yoğunlaştırma:** Bu uyarlayıcı ile üyelik derecesi 0,50'den küçük olan elemanların üyelik derecelerinin 0'a; üyelik derecesi 0,50'den büyük olan elemanların üyelik derecelerinin ise 1'e yaklaştırılması sağlanır.

### 2.2.2. Üyelik Fonksiyonları

Bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer verebilen ilgili karakteristik fonksiyona üyelik fonksiyonu denilmektedir (Şen, 2009: 40). Bulanık kümede üyelik dereceleri [0-1] aralığında gerçel değerler ile ifade edilir. Daha büyük değerler, daha yüksek dereceli üyeliğe karşılık gelirken, daha düşük değerler ise üyelik derecesinin küçük olduğunu gösterir. Bulanık kümelerde üyelik dereceleri arasındaki geçiş yumuşak ve sürekli bir şekildedir. Elemanlar bulanık kümeye kısmen ait olmaktadır. Klasik kümelerdeki üyelik fonksiyonu  $\mu_A = U \rightarrow \{0,1\}$  iken; bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}} = U \rightarrow [0,1]$ 'dir (Baykal ve Beyan, 2004b: 76).

$U$  evrensel kümesinde yer alan  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$\tilde{A} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_n)}{x_n} = \sum \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i}, \quad \forall x \in U \quad 2.1$$

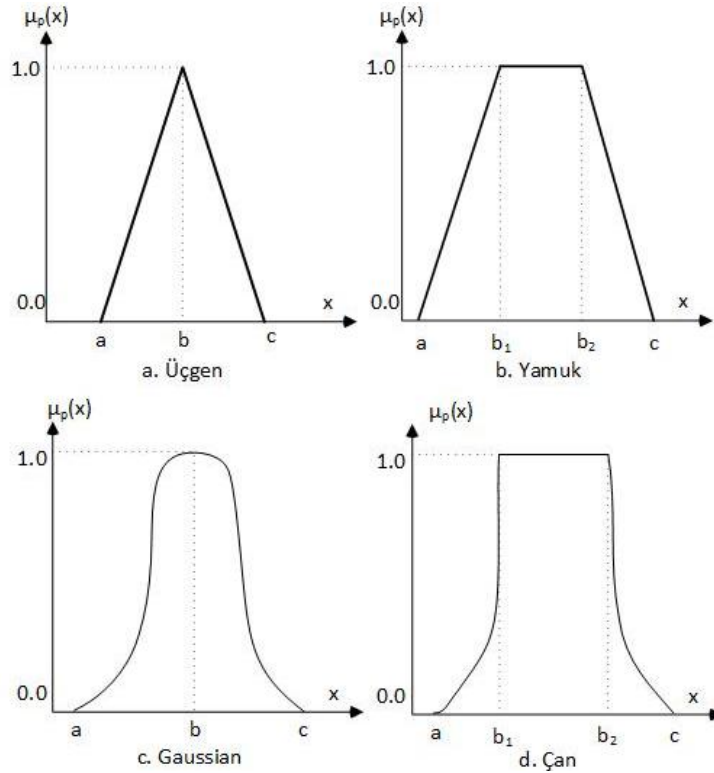
Burada verilen toplama işareti, bildiğimiz türden toplama işlemi değil; küme elemanlarının topluluğunu ifade etmektedir (Dubois ve Prade, 1980: 10). Bulanık kümenin sürekli veya sayılamaz olması durumunda matematiksel ifade ise şöyledir:

$$\tilde{A} = \int \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i}, \quad \forall x \in U \quad 2.2$$

Burada kullanılan integral işareti, matematikten bildiğimiz integral anlamına gelmemekte, yine topluluğu gösteren bir işaret olarak algılanması gerekmektedir (Zadeh, 1975: 222).

Üyelik fonksiyonları oluşturmada birçok seçenek bulunmaktadır (Nabiyev, 2012: 637). Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alındığında istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur. Birçok durumda, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları işimizi görecektir niteliklere sahiptir. Bulanık kümeler üzerine kurulan matematiksel yapı, klasik matematikten daha fazla açıklayıcı bir güce sahip olmasına rağmen kullanılabilirliği uygulama alanlarında karşımıza çıkan kavramlar için uygun üyelik fonksiyonlarının inşa edilmesine bağlıdır (Aktaş ve Çağman, 2005: 15). Literatürde üçgensel, yamuksal, Gaussian, çan eğrisi, sigmodial, S,  $\pi$  gibi farklı üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır (Aytaç, 2011: 79). Şekil 2.4'te ve aşağıdaki açıklamalarda en yaygın kullanım alanına sahip üçgensel, yamuksal, Gaussian ve çan eğrisi üyelik fonksiyonlarına yer verilmiştir (Başkaya, 2011: 112–120; Baykal ve Beyan, 2004b: 79; Nabiyev, 2012: 637–638–639).





**Şekil 2.4 Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi**

Bu üyelik fonksiyonlarından üçgen için genel üyelik fonksiyonu ifadesi şu şekildedir:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b), & b \leq x \leq c \\ 0, & x < a \text{ veya } x > c \end{cases} \quad 2.3$$

Yamuk için genel üyelik fonksiyonu ise şu şekildedir:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} (x-a)/(b_1-a) & a \leq x \leq b_1 \\ 1 & b_1 \leq x \leq b_2 \\ (c-x)/(c-b_2) & b_2 \leq x \leq c \\ 0 & x < a \text{ veya } x > c \end{cases} \quad 2.4$$

Gaussian için üyelik fonksiyonu ( $\bar{x}$  parametresi fonksiyonun merkezini ve  $\sigma$  parametresi fonksiyonun genişliğini göstermek üzere) aşağıdaki gibidir:

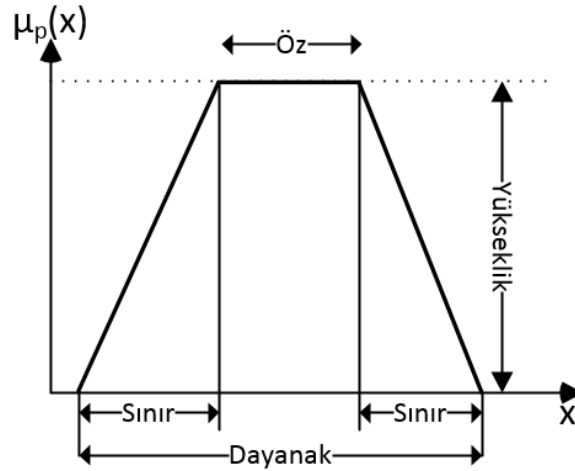
$$\mu_{\bar{A}}(x) = \exp\left(-\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2\right) \quad 2.5$$

Çan eğrisi üyelik fonksiyonu ise ( $x_1$  parametresi fonksiyonun genişliğini,  $x_2$  parametresi fonksiyonun merkezini ve  $m$  parametresi fonksiyonun eğimini göstermek üzere) şu şekildedir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - x_2}{x_1} \right|^{2m}} \quad 2.6$$

Bir bulanık alt kümede üyelik derecesi 1'e eşit olan elemanlara **öz**, bir alt kümenin tüm elemanlarını içeren aralığa **dayanak**, üyelik derecesinin 1 olmadığı normal olmayan bir bulanık kümede üyelik derecesinin en büyük olduğu aralığa **yükseklik**, üyelik dereceleri 1 veya 0'a eşit olmayanların oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun **sınırları** ya da **geçiş bölgeleri** ve üyelik derecesinin 0,5 olduğu noktaya **geçiş noktası** adı verilir (Baykal ve Beyan, 2004a: 106; Ross, 2010: 92; Şen, 2009: 43) (**Kaynak:** Şen, 2009: 41

Şekil 2.5).



**Kaynak:** Şen, 2009: 41

### Şekil 2.5 Üyelik Fonksiyonu Kısımları

Bulanık mantıkta kullanılan üyelik değerlerinin ya da fonksiyonlarının atanabilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanları “Sezgisel Yaklaşım”, “Çıkarım Yöntemi”, “Sıralama”, “Açısal Bulanık Kümeler”, “Yapay Sinir Ağları”, “Genetik Algoritma” ve “Tümevarımsal Akıl Yürütme” şeklindedir (Ross, 2010: 175; Sivanandam, Sumathi ve Deepa, 2007: 77).

### 2.2.3. Bulanık Küme Özellikleri

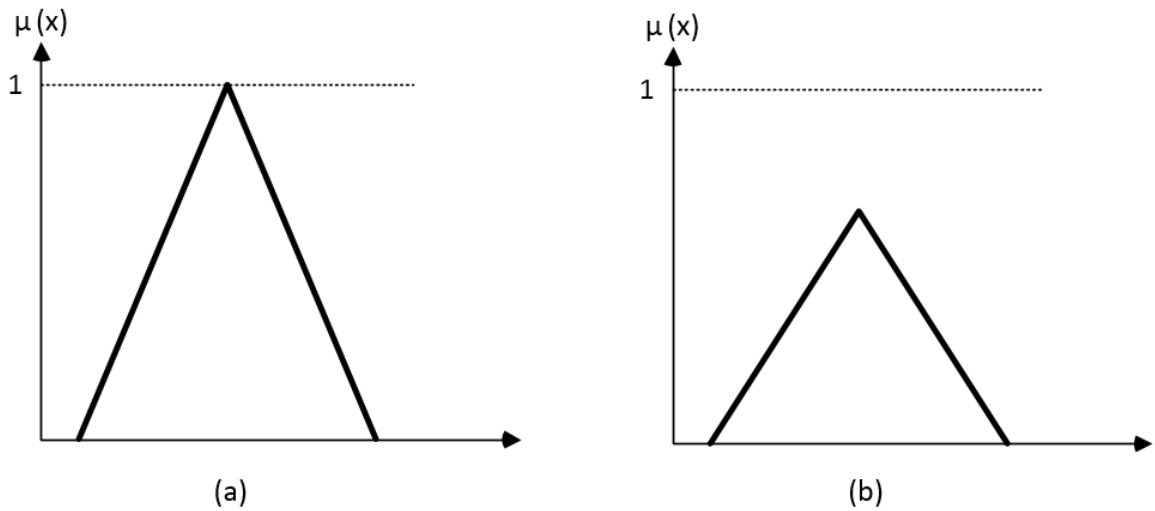
Burada bulanık kümelerin özelliklerine yer verilmiştir.

#### 2.2.3.1. Normallik

Yükseklik değeri 1'e eşit bulanık kümeler, normallik özelliğine sahiptir. Bu özellik matematiksel olarak, aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Işık, 2011: 57):

$$\text{yükseklik}(\tilde{A}) = \sup|\mu_{\tilde{A}}(x)| = 1, \quad \forall x \in U \quad 2.7$$

Normal bulanık  $\tilde{A}$  kümesinin maksimum üyelik derecelerine bakıldığında, 1 değerine sahip üyelik derecesi bulunması gerekmektedir (Şekil 2.6a). Ancak maksimum üyelik derecesi 1'e ulaşamamış yani yüksekliği 1'den küçük olan bulanık kümelere ise normal altı bulanık kümeler adı verilmektedir.



**Şekil 2.6 (a) Normal Bulanık Küme (b) Normal Olmayan Bulanık Küme**

$U$  evrensel kümesinde  $\tilde{A}$  normal olmayan bulanık küme dışbükey özelliğine sahip ise normal bulanık kümeye dönüştürülebilmektedir. Maksimum üyelik derecesi  $\mu_{\tilde{A}}(x) < 1$  olan normal olmayan  $\tilde{A}$  bulanık kümenin üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi ile normal bulanık küme elde edilir.  $\tilde{A}$  bulanık kümesini normallik özelliğini kazanması için aşağıdaki matematiksel işlem uygulanmaktadır (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 10):

$$\tilde{A}_{norm} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{\max(\mu_{\tilde{A}}(x))}, \quad \forall x \in U \quad 2.8$$

### 2.2.3.2. Yükseklik

Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunun en büyük üyelik derecesi, bu kümenin yüksekliğini vermektedir. Eğer  $\tilde{A}$  bulanık kümesi  $U$  evrensel kümesinde tanımlı olduğunda en küçük üst sınırı gösteren *sup* (supremum) terimi yerine maksimum terimi kullanılmaktadır. Bulanık  $\tilde{A}$  kümesinin yüksekliği, matematiksel olarak şu şekilde tanımlanmaktadır (Özkan, 2003: 39)

$$yükseklik(\tilde{A}) = \sup\{\mu_{\tilde{A}}(x)\}, \quad \forall x \in U \quad 2.9$$

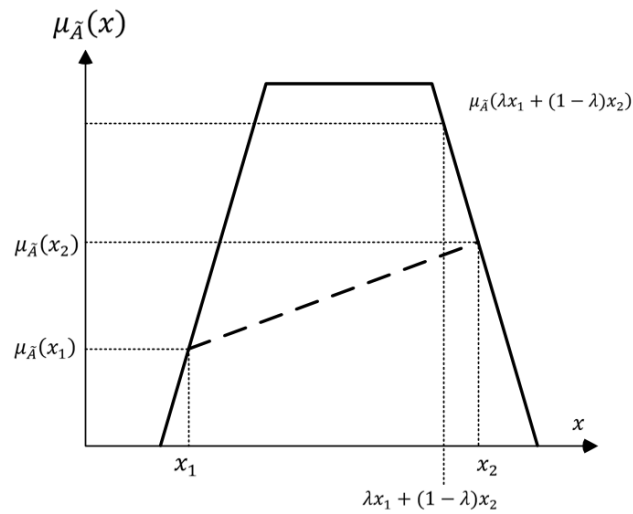
### 2.2.3.3. Dış bükeylik

Dış bükey olan bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu, kümenin dayanağı üzerinde sürekli artmakta, sürekli azalmakta veya üçgenel üyelik fonksiyonunda olduğu gibi önce sürekli olarak, üyelik derecesi 1'e eşit oluncaya kadar artmakta ve ondan sonraki dayanağa düşen elemanlar için sürekli azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, bir kümedeki herhangi iki noktayı birleştiren çizgideki her nokta, bu kümenin elemanı ise, küme, dış bükeydir (Alavala, 2008: 11; Işık, 2011: 58).

Dış bükey bulanık küme, Kaynak: Özkan, 2003: 44

Şekil 2.7'de gösterilmektedir. Dış bükeylik matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir denilir (Zadeh, 1965: 347):

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min[\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)], \quad \forall x \in U \text{ ve } \forall \lambda \in [0,1] \quad 2.10$$



**Kaynak:** Özkan, 2003: 44

**Şekil 2.7 Dışbükey Bulanık Küme**

#### 2.2.3.4. Simetriklik

Üyelik derecesi 1'e eşit olan elemandan sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiğinde elemanların üyelik derecelerinin birbirine eşit olması durumuna simetriklik denmektedir (Şen, 2009: 15). Diğer bir ifadeyle, bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu belirli bir  $x = c$  noktası için simetrik ise, bulanık küme simetrik olarak tanımlanmakta ve bu durum matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Işık, 2011: 58; Klir, 2001: 106):

$$\mu_{\bar{A}}(x + c) = \mu_{\bar{A}}(c - x), \quad \forall x \in U \quad 2.11$$

#### 2.2.4. Bulanık Küme İşlemleri

Bulanık kümenin her bir elemanı, küme içerisinde bir üyelik değerine sahiptir ve A olarak simgelenen bulanık kümesinin bu değerleri  $[0,1]$  aralığında değişmektedir (Nabiyev, 2012: 541). Matematikte yer alan toplama, çıkarma, bölme veya çarpma gibi işlemler bulanık küme teorisinde de geçerlidir. Zadeh (1965) tarafından tanımlanan ve literatüre kazandırılan bulanık küme teorisinin temel işlemleri aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.

### 2.2.4.5. Birleşim

Mantık bağlaçlarından VEYA'lama iki farklı bulanık küme arasında yapılır ve buna birleşim işlemi adı verilir. Diğer bir ifadeyle, iki kümenin de kapsadığı dayanak değişkeninin değerlerinin tümünün çıkarımında bulunmasıdır. İki bulanık kümenin birleşim işleminde elemanların üyelik derecelerinin maksimizasyonu ilkesi geçerlidir.  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  gibi iki bulanık kümenin üyelik fonksiyonları sırasıyla  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ve  $\mu_{\tilde{B}}(x)$  olsun. Şekil 2.8,  $U$  evrensel kümesinde yer alan iki bulanık kümenin birleşim işlemini göstermektedir.  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinin birleşim üyelik fonksiyonu ise aşağıdaki gibi bulunur (Alavala, 2008: 16; Paksoy ve diğerleri, 2013: 37; Tanaka, 1997: 23–26):

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \quad \forall x \in U \quad 2.12$$

$\tilde{A} \cup \tilde{B}$  kümesinin, herhangi bir  $x \in U$  için elemanlarının üyelik derecesi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinden üyelik derecesi büyük olana eşit olmaktadır. Buradan hareketle her bir  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümesi,  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  kümesinin alt kümesidir (Elmas, 2003: 60; Ross, 2010: 35; Zimmermann, 2001: 17). Herhangi bir bulanık birleşim işlemi aşağıdaki aksiyomlara uymalıdır (Baykal ve Beyan, 2004b: 98):

**Aksiyom 1:**  $U(0, 0) = 0$ ,  $U(0, 1) = 1$ ,  $U(1, 0) = 1$ ,  $U(1, 1) = 1$ . Böylece bu birleşme fonksiyonu klasik kümelerin birleşme işleminin özelliklerini takip eder.

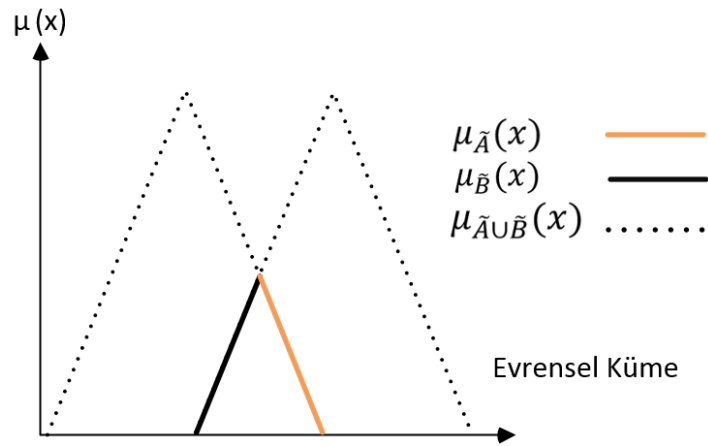
**Aksiyom 2:**  $U(a, b) = U(b, a)$  (Değişme özelliği)

**Aksiyom 3:** Eğer  $a \leq a'$  ve  $b \leq b'$  ise,  $X(a, b) \leq X(a', b')$  fonksiyonu monotoniktir.

**Aksiyom 4:**  $U(U(a, b), c) = U(a, U(b, c))$  (Birleşme özelliği).

**Aksiyom 5:**  $U$  fonksiyonu süreklidir.

**Aksiyom 6:**  $U(a, a) = a$  (Tek kuvvet özelliği).



**Şekil 2.8 Bulanık Kümelerde Birleşim**

$U$  evrensel kümeyi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerini göstermek üzere; bulanık birleşim ile ilgili aşağıdaki işlem örnek olarak gösterilebilir.

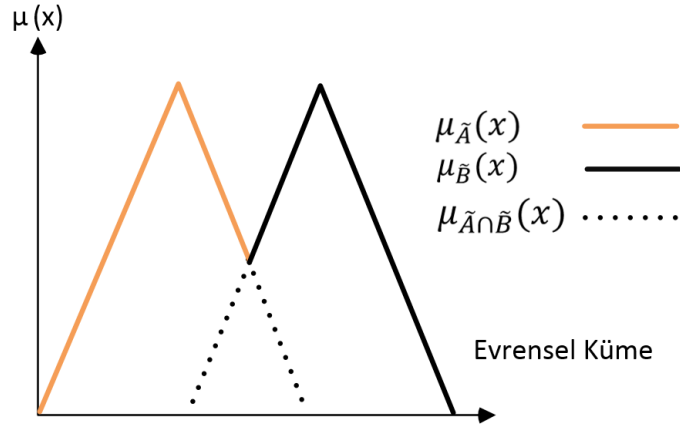
$$\begin{aligned}
 U &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \\
 \tilde{A} &= \{0.5/1 + 0.3/2 + 0.6/3 + 1.0/4 + 0.4/5 + 0.4/6 + 0.0/7\} \\
 \tilde{B} &= \{0.2/1 + 0.7/2 + 0.9/3 + 0.8/4 + 0.9/5 + 0.4/6 + 0.3/7\} \\
 \tilde{A} \cup \tilde{B} &= \{0.5/1 + 0.7/2 + 0.9/3 + 1.0/4 + 0.9/5 + 0.4/6 + 0.3/7\}
 \end{aligned}$$

#### 2.2.4.6. Kesişim

Bulanık mantıkta kesişim işlemi mantık işlemlerinde VE'leme işlemi olarak bilinir.  $U$  evrensel kümesi üzerinde tanımlanan  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  gibi iki bulanık kümenin kesişim işleminde, elemanların üyelik derecelerinin minimizasyon ilkesi geçerlidir.  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ve  $\mu_{\tilde{B}}(x)$  olmak üzere, kesişim mantıksal işlemi aşağıdaki gibi olmaktadır (Başkaya, 2011: 80; Zimmermann, 2001: 16):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \quad \forall x \in U \quad 2.13$$

Şekil 2.9'da çizgilerle belirtilen alan iki bulanık kümenin kesişimini vermektedir.



**Şekil 2.9 Bulanık Kümelerde Kesişim**

$U$  evrensel kümeyi,  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık kümelerini göstermek üzere; bulanık kesişim ile ilgili aşağıdaki işlem örnek olarak gösterilebilir.

$$\begin{aligned}
 U &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \\
 \tilde{A} &= \{0.5/1 + 0.3/2 + 0.6/3 + 1.0/4 + 0.4/5 + 0.4/6 + 0.0/7\} \\
 \tilde{B} &= \{0.2/1 + 0.7/2 + 0.9/3 + 0.8/4 + 0.9/5 + 0.4/6 + 0.3/7\} \\
 \tilde{A} \cap \tilde{B} &= \{0.2/1 + 0.3/2 + 0.6/3 + 0.8/4 + 0.4/5 + 0.4/6 + 0.0/7\}
 \end{aligned}$$

Herhangi bir bulanık kesişim işlemi aşağıdaki aksiyomlara uymalıdır (Baykal ve Beyan, 2004b: 101; Paksoy ve diğerleri, 2013: 39):

**Aksiyom 1:**  $I(0, 0) = 0$ ,  $I(0, 1) = 1$ ,  $I(1, 0) = 1$ ,  $I(1, 1) = 1$ . Böylece bu birleşme fonksiyonu klasik kümelerin birleşme işleminin özelliklerini takip eder.

**Aksiyom 2:**  $I(a, b) = I(b, a)$  (Değişme özelliği)

**Aksiyom 3:** Eğer  $a \leq a'$  ve  $b \leq b'$  ise,  $X(a, b) \leq X(a', b')$  fonksiyonu monotoniktir.

**Aksiyom 4:**  $I(I(a, b), c) = I(a, I(b, c))$  (Birleşme özelliği)

**Aksiyom 5:**  $I$  sürekli bir fonksiyondur.

**Aksiyom 6:**  $I(a, a) = a$  (Tek kuvvet özelliği).

#### 2.2.4.7. Tümleyen

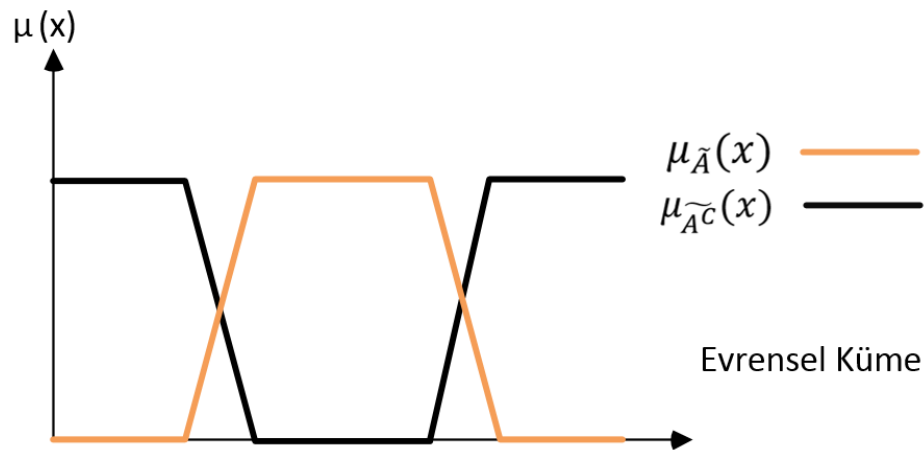
$U$  evrensel kümesinde üyelik dereceleri göz önünde tutulduğunda bir bulanık kümenin tümleyenini bulabilmek için elemanlarının üyelik derecelerinin 1'den



çıkarılması gerekir. Şekil 2.10,  $\tilde{A}$  bulanık kümesini ve onun tümleyeni olan  $\tilde{A}^c$  bulanık kümesini göstermektedir (Alavala, 2008: 17; Şen, 2003: 131; Tanaka, 1997: 23–26).

Aşağıda  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin tümleyeni şu şekilde bulunmaktadır:

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \quad \forall x \in U \quad 2.14$$



**Şekil 2.10 Bulanık Kümelerde Tümleyen**

$U$  evrensel,  $\tilde{A}$  bulanık kümeyi,  $\tilde{A}^c$  ise  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin tümleyeni göstermek üzere; bulanık tümleyen ile ilgili aşağıdaki işlem örnek olarak gösterilebilir.

$$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$$

$$\tilde{A} = \{0.5/1 + 0.3/2 + 0.6/3 + 1.0/4 + 0.4/5 + 0.4/6 + 0.0/7\}$$

$$\tilde{A}^c = \{0.5/1 + 0.7/2 + 0.4/3 + 0.0/4 + 0.6/5 + 0.6/6 + 1.0/7\}$$

#### 2.2.4.8. Destek Kümesi

$U$  evrensel kümesindeki bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin destek kümesi,  $\tilde{A}$  bulanık kümesinde 0'dan farklı üyelik derecesine sahip olan elemanlarının tamamını içermektedir.  $U$  evrensel kümesindeki bulanık kümelerinin destekleyicileri aşağıdaki eşitlikte ifade edilmiştir (Elmas, 2003: 63):

$$SuppA = \{\mu_{\tilde{A}}(x) > 0\}, \quad \forall x \in U \quad 2.15$$

$U$  evrensel kümeyi,  $\tilde{A}$  bulanık kümeyi göstermek üzere; destek kümesi ile ilgili aşağıda yer alan işlem örnek olarak gösterilebilir.

$$\begin{aligned}
 U &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \\
 \tilde{A} &= \{0.5/1 + 0.3/2 + 0.6/3 + 1.0/4 + 0.4/5 + 0.4/6 + 0.0/7\} \\
 \text{Supp}A &= \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}
 \end{aligned}$$

### 2.2.4.9. Alt Kümeler

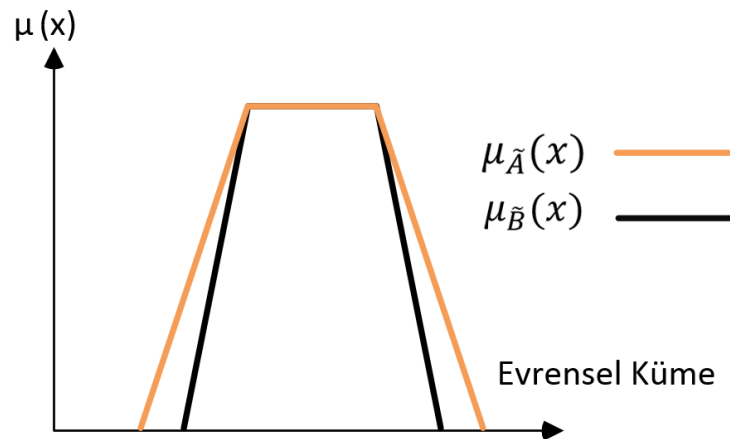
$U$  evrensel kümesinin her bir elemanının bulanık  $\tilde{B}$  kümesindeki üyelik derecesi, bulanık  $\tilde{A}$  kümesindeki üyelik derecesinden küçük veya eşitse  $\tilde{B}$  kümesi  $\tilde{A}$  kümesinin alt kümesidir (Elmas, 2011: 219). Şekil 2.11’de  $\tilde{B}$  kümesinin  $\tilde{A}$  kümesinin alt kümesi olduğunu, diğer bir ifadeyle  $\tilde{A}$  kümesinin  $\tilde{B}$  kümesini kapsadığını göstermektedir.

$$\mu_{\tilde{B}}(x) \leq \mu_{\tilde{A}}(x), \forall x \in U \text{ ise;}$$

$$\tilde{B} \subseteq \tilde{A} \text{ (}\tilde{B} \text{ kümesi } \tilde{A} \text{ kümesinin alt kümesidir) ya da}$$

2.16

$$\tilde{A} \supseteq \tilde{B} \text{ (}\tilde{A} \text{ kümesi } \tilde{B} \text{ kümesini kapsar)}$$



Şekil 2.11 Bulanık Kümelerde Alt Kümeler

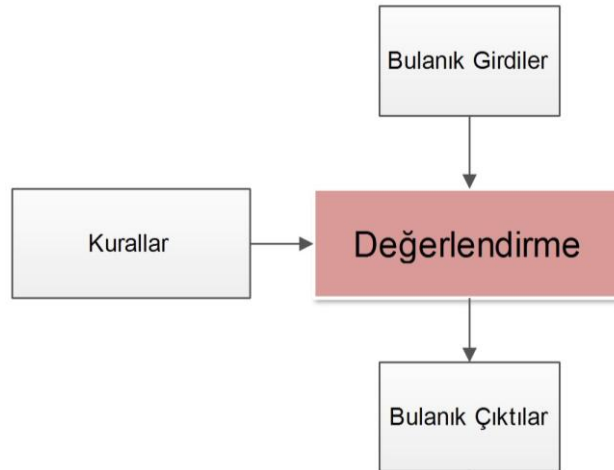
### Diğer Bulanık Küme İşlemleri:

Bulanık kümelerde çok sayıda matematiksel işlem söz konusudur. Bu çalışmada bulanık küme işlemlerinin tamamına yer verilmemiştir. Bu sebeple Çizelge 2.1, bulanık küme işlemlerinin özetini vermektedir.

Çizelge 2.1 Bulanık Küme İşlemlerinin Özeti

Bulanık Küme İşlemi	İşlem İfadesi	
Birleşme	$\mu_{\bar{A} \cup \bar{B}}(x) = \max(\mu_{\bar{A}}(x), \mu_{\bar{B}}(x))$	$\forall x \in U$
Kesişme	$\mu_{\bar{A} \cap \bar{B}}(x) = \min(\mu_{\bar{A}}(x), \mu_{\bar{B}}(x))$	$\forall x \in U$
Tümeleme	$\mu_{\bar{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\bar{A}}(x)$	$x \in U$
Eşitlik	$\mu_{\bar{A}}(x) = \mu_{\bar{B}}(x)$	$x \in U$
Normalizasyon	$\mu_{NORM_{\bar{A}}}(x) = \mu_{\bar{A}}(x) / \max(\mu_{\bar{A}}(x))$	$x \in U$
Konsantrasyon	$\mu_{CON_{\bar{A}}}(x) = (\mu_{\bar{A}}(x))^2$	$x \in U$
Genişletme	$\mu_{DIL_{\bar{A}}}(x) = (\mu_{\bar{A}}(x))^{0.5}$	$x \in U$
Şiddetlendirme	$\mu_{DIL_{\bar{A}}}(x) = \begin{cases} 2(\mu_{\bar{A}}(x))^2 \\ 1 - 2(1 - \mu_{\bar{A}}(x))^2 \end{cases}$	$0 \leq \mu_{\bar{A}}(x) \leq 0.5$ $0.5 \leq \mu_{\bar{A}}(x) \leq 1$
Aritmetik Çarpım	$\mu_{\bar{A} \otimes \bar{B}}(x) = \mu_{\bar{A}}(x) \otimes \mu_{\bar{B}}(x)$	$\forall x \in U$
Sınırlı Toplam	$\mu_{\bar{A} \oplus \bar{B}}(x) = \min\{1, \mu_{\bar{A}}(x) + \mu_{\bar{B}}(x)\}$	$\forall x \in U$
Sınırlı Çarpım	$\mu_{\bar{A} \oplus \bar{B}}(x) = \max\{0, \mu_{\bar{A}}(x) + \mu_{\bar{B}}(x) - 1\}$	$\forall x \in U$
Şiddetli Çarpım	$\mu_{\bar{A} \otimes \bar{B}}(x) = \begin{cases} \mu_{\bar{A}}(x) \\ \mu_{\bar{B}}(x) \\ 0 \end{cases}$	$\mu_{\bar{B}}(x) = 1$ için $\mu_{\bar{A}}(x) = 1$ için $\mu_{\bar{A}}(x), \mu_{\bar{B}}(x) < 1$ için

**Kaynak:** Elmas, 2003: 65



**Kaynak:** Robometricschool, 2012

Şekil 2.12 Bulanık Mantık Değerlendirme Süreci

Bulanıklaştırma süreci sonucunda elde edilen bulanık girdiler bulanık kurallar çerçevesinde değerlendirmeye alınır ve bulanık çıktılar elde edilir (**Kaynak:**

Robometricschool, 2012

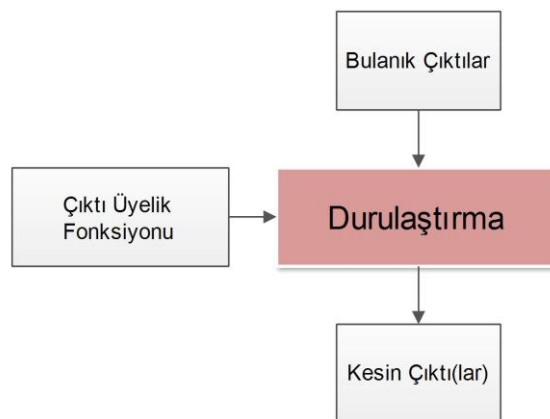
Şekil 2.12). Buradan elde edilen bulanık çıktılar ise anlamlı hale gelebilmesi için, bir sonraki alt başlıkta ele alınacak olan durulaştırma işlemine tabi tutularak kesin değerlere ulaşılır.

### 2.3. DURULAŞTIRMA

Bulanık süreçten elde edilen çıktılar anlamlı olmadıkları için uygulamalarda kullanılamazlar. Bu yüzden bulanık niceliklerin kesin niceliklere dönüştürülmesi gerekir. Bulanık niceliği kesin niceliğe dönüştürme işlemine durulaştırma denilmektedir (Fouladgar, Yazdani-Chamzini, Lashgari, Zavadskas ve Turskis, 2012: 90; Nabiye, 2012: 653; Sivanandam ve diğerleri, 2007: 95). **Kaynak:** Robometricschool, 2012

Şekil 2.12 ile elde edilen bulanık çıktılar durulaştırma ile tek sayı haline dönüştürülmesi ile kesin çıktılar elde edilir (**Kaynak:** Robometricschool, 2012

Şekil 2.13). Durulaştırma bir anlamda bulanıklaştırmanın tersi bir işlemdir (Şen, 2009: 260).



**Kaynak:** Robometricschool, 2012

**Şekil 2.13 Durulaştırma İşlemi**

Bulanık mantık tasarımı geliştirenler, ya elde etmek istediği sonuca uygun gördüğü durulaştırma yöntemini ya da literatür kaynaklarında uzmanlar tarafından tavsiye edilen yöntemi tercih ederler (Nguyen, Prasad, Walker ve Walker, 2003: 120). Bu sebeple iyi bir durulaştırma stratejisi seçmek için sistematik bir işlem yoktur ve bulanık uygulamasının özelliklerini dikkate alan bir yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Durulaştırma yöntemlerinin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir (Baykal ve Beyan, 2004a: 221, 2004b: 383):

- Durulaştırma sonunda kesin bir değere ulaşılır,
- Üyelik fonksiyonu durulanmış değeri belirler,
- İki bulanık sayının işleme alınıp durulaştırılmasından elde edilen değer, bireysel olarak işleme alınarak durulaştırılan değerlerin arasında yer alır.

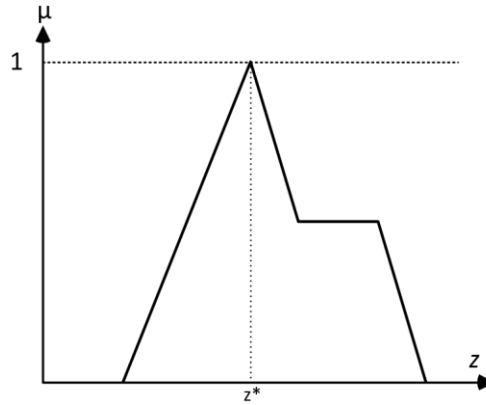
Bu başlığa ait alt başlıklarda ise literatürde sıklıkla kullanılan beş durulaştırma yöntemine yer verilmiştir. Birçok kaynakta durulaştırma yöntemleri için kullanılan matematiksel ifadeler ve notasyon farklılık göstermektedir. Bu çalışmada ele alınacak durulaştırma yöntemleri, birlik olması bakımından Paksoy, Pehlivan ve Özceylan (2013) ile Şen (2003, 2009)'in eserlerinde belirttiği şekilde aktarılacaktır.

### 2.3.1. En Büyük Üyelik Yöntemi

Diğer bir adı da 'yükseklik yöntemi' olan en büyük üyelik yöntemi, bulanık çıkarım kümesindeki en yüksek üyelik derecesine sahip olan elemanın değerini verir. Bu durulaştırma yönteminin kullanılabilmesi için tepeleri olan bir bulanık çıkarım kümesi bulunmalıdır. Eğer bulanık çıkarım kümesinin tek bir tepe üyelik fonksiyonu var ise en ideal ve hızlı durulaştırma yöntemlerinden biridir (Şen, 2009: 260). En büyük üyelik yönteminin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\mu(z^*) \geq \max\{\mu(z), \quad z \in Z\} \quad 2.17$$

Şekil 2.14'de en büyük üyelik yöntemi ile durulaştırma gösterilmektedir.

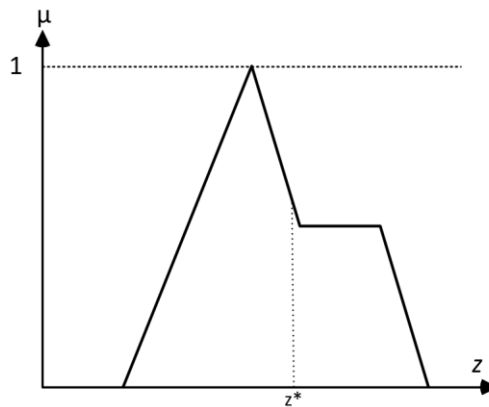


**Şekil 2.14 En Büyük Üyelik Derecesi Yöntemi ile Durulaştırma**

### 2.3.2. Sentroid Yöntemi

Sentroid yönteminin kaynaklarda kullanılan diğer bir adı 'ağırlık merkezi'dir. Sentroid, paralel kuvvetlerden ortaya çıkan geometrik bir kavram olarak nitelendirilmektedir. Sentroid, parçacıklar sisteminin tüm ağırlığının toplandığı noktadır. Düzgün geometrik cisimlerde simetri eksenini var ise sentroid bu simetri eksenini üzerinde yer alır (Gören, 2013: 1). Bulanık sonuçların durulaştırma işlemlerinde en yaygın kullanım alanına sahip olan sentroid yönteminin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir (Alavala, 2008: 87; Tanaka, 1997: 88):

$$z^* = \frac{\int \mu(z) \cdot z dz}{\int \mu(z) dz} \quad 2.18$$



**Şekil 2.15 Sentroid Yöntemi ile Durulaştırma**

### 2.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

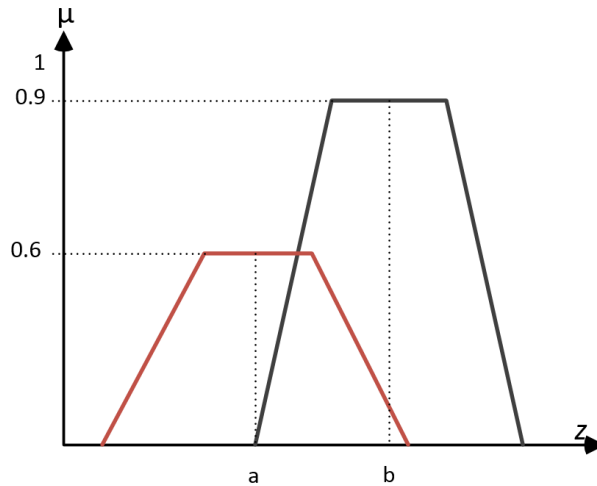
Bu yöntem ile bulanık çıkarım kümesindeki maksimum üyelik derecesine sahip bulanık çıktı değişkeni için durulaştırılmış değer bulunur. Eğer birden çok maksimum dereceye sahip değer var ise, bu değerlerin ortalamaları alınarak durulaştırılmış değere ulaşılır (Elmas, 2003: 98; Kasabov, 1998: 202). Ağırlıklı ortalama yönteminde matematiksel işlem şu şekildedir:

$$z^* = \frac{\sum_i \mu_i z_i}{\sum_i \mu_i} \quad 2.19$$

Formülde yer alan  $\mu_i$ ,  $i$ . bulanık kümenin en büyük üyelik fonksiyon değerini gösterirken;  $z_i$  değeri  $i$ . bulanık kümenin yatay ekseninde oluşturduğu alanın orta değeridir. Şekil 2.16'da iki bulanık kümenin ağırlıklı ortalama ile durulaştırılmış değeri (Ross, 2010: 100; Şen, 2003: 162–163):

$$z^* = \frac{a(0.6)+b(0.9)}{0.6+0.9}$$

olarak bulunur.



**Şekil 2.16 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma**

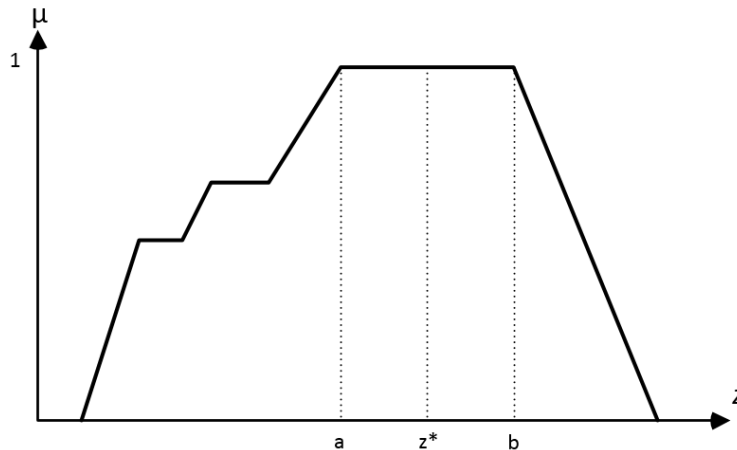
Ağırlıklı ortalama durulaştırma yöntemi sadece simetrik olan üyelik fonksiyonları için geçerlidir.  $a$  ve  $b$  değerleri temsil ettikleri şekillerin ortalamalarıdır (Şen, 2003: 163).

### 2.3.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

Bu yöntem, en büyük üyelik yöntemi ile benzerlik göstermektedir. En büyük üyelik yönteminde tek bir maksimum üyelik değeri vardır. Birden fazla maksimum üyelik değerinin düz bir plato oluşturduğu durumlarda ise ortalama en büyük üyelik yöntemi kullanılır (Ross, 2010: 100). Ortalama en büyük üyelik yöntemi ile durulaştırma aşağıdaki işlem ile yapılır,

$$z^* = \frac{a + b}{2} \quad 2.20$$

Şekil 2.17’de bulanık çıkarım kümesinde, birden daha fazla sayıda maksimum üyelik değeri bulunmaktadır. Şekil incelendiğinde, a ve b değerleri bulanık çıkarım kümesinin iki uç noktasını ve  $z^*$  ise ortalama değeri göstermektedir.



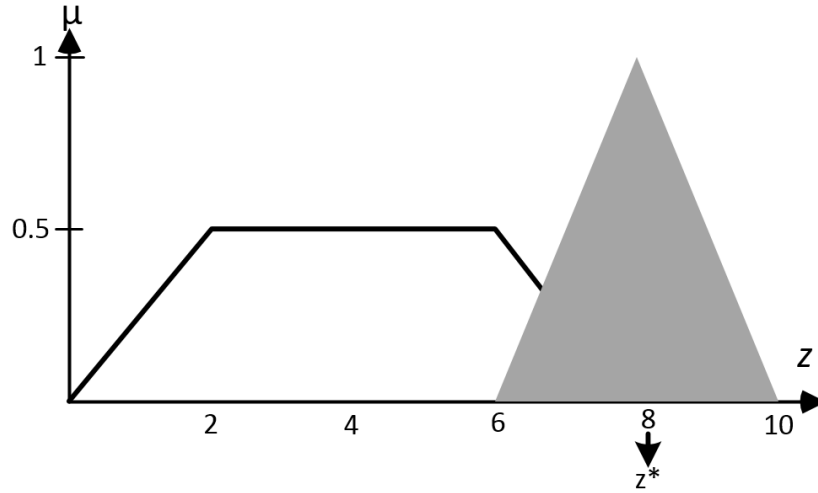
Şekil 2.17 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi ile Durulaştırma

### 2.3.5. En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi Yöntemi

Bu yöntemde, tüm çıktıların birleşiminden meydana gelen bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan ilk veya son değer durulaştırılmış bulanık küme değeridir. Bu yöntemde ilk yapılacak işlem, bulanık çıkarım kümesinin en büyük üyelik fonksiyon değerini bulmaktır. Şekil 2.18’deki gibi bulanık çıkarım kümesindeki gibi sadece tek bir maksimum üyelik değeri var ise; durulaştırılmış değer, bu üyelik değerine sahip olan değerdir (Ross, 2010: 106–107).



Eğer bulanık çıkarım kümesinde birden fazla en büyük üyelik fonksiyon değeri varsa; en büyük ilk yöntemine göre bu değerden birincisi, en büyük son yöntemine göre de bu değerlerden sonuncusu durulaştırılmış değer olarak kabul edilir (Paksoy ve diğerleri, 2013: 72).



**Şekil 2.18 En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri ile Durulaştırma**

Durulaştırma yukarıda da belirtildiği üzere bulanıklaştırmanın tersi bir işlemdir. Durulaştırmada amaç elde edilen bulanık çıkarım kümesinin onu temsil edecek tek bir sayıya dönüştürülmesidir (Şen, 2009: 264). Literatürde yaklaşık 302a yakın durulaştırma yöntemi bulunmaktadır. Yukarıda uygulamalarda en sık kullanılan beş durulaştırma yöntemine yer verilmiştir.

## 2.4. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Yöneticilerin en temel problemi, doğru ve zamanında karar vermektir. İşletmelerde alt, orta ve üst kademe yöneticileri, kısa, orta ve uzun dönemde stratejik, taktik ve operasyonel birçok karar vermek durumundadır. Doğru ve zamanında karar verebilmek işletmeye önemli avantajlar sağlar. Ancak bu kararların alınması o kadar kolay olmayabilir. Bu konuda yöneticilerin eğitim, tecrübe ve danıştığı çevrelerinin yanında karar vermede kullandıkları yöntemleri doğru seçmesi ve uygulaması da oldukça önemlidir (Gavcar ve diğerleri, 2011: 14–15).

Karar verme, karar organının değişik seçeneklerle karşı karşıya bulunduğu durumlarda bu seçenekler arasından kendi amaçlarına en uygun olanını seçmedir (Tekin, 2008: 20). Bir kararın iyi veya kötü olması, erişilebilen verilere, muhtemel alternatiflere ve karar vermek için kullanılan yol/yöntem/kriterlere bağlıdır (Timor, 2010: 1). Karar verme süreci ise Şekil 2.19'da özetlenen adımlar izlenerek yürütülür (Erdem, 2013: 18; Hillier ve Lieberman, 2001: 749–752):



**Şekil 2.19 Karar Verme Süreci**

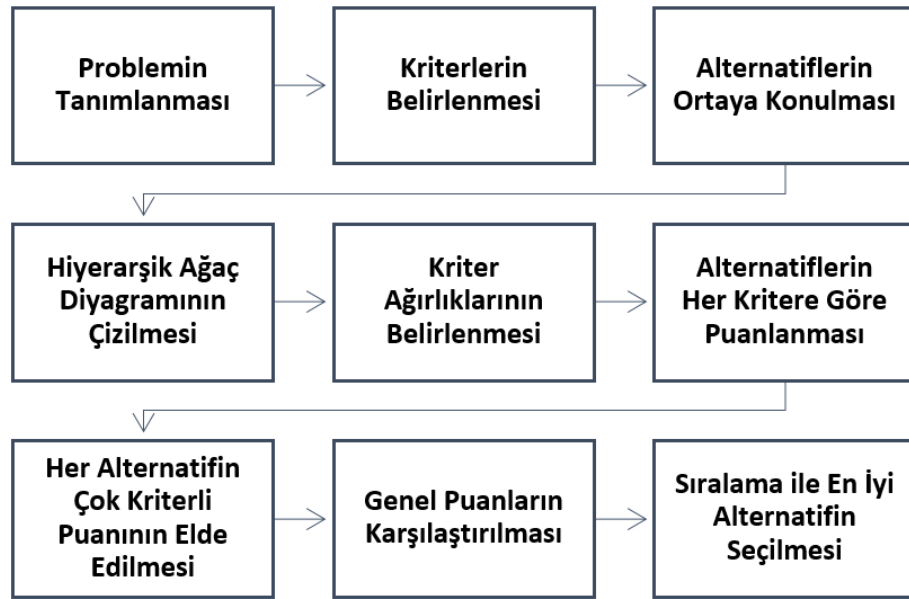
Günümüzde gerek bireysel, gerekse daha büyük ölçekli kararlar almak zorunda olan insanlar aldıkları kararlarda birden fazla kriteri dikkate alarak hareket etmek durumundadır. Çok kriterli karar verme yönetim, matematik, psikoloji, enformatik, ekonomi ve sosyal bilimler gibi birden çok disiplinin bir araya gelip karar alıcıya birden fazla boyutla karar problemini değerlendirme ve karar alma imkânı sağlayan yöntemlerin bir araya getirildiği bir yapıdır (Yıldırım ve Önder, 2014: 15).

Çok kriterli karar verme tekniklerinin, belirsizlik durumlarına çözüm olan bulanık mantık ilkeleri ile bütünleştirilmesi sonucu karar almada yeni yöntemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Literatürde çok sayıda bulanık çok kriterli karar verme yöntemine rastlamak mümkündür. Bu çalışmada bunlardan sadece dört tanesine yer verilmiştir. Bunlar; bulanık AHP, bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemleridir.

#### **2.4.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi**

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karmaşık karar problemlerinde, karar alternatiflerine ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan bir karar verme işlemidir (Saaty ve Vargas, 2012: 1; Timor, 2010: 302, 2011: 29). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP, ilk olarak Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir (Teknomo, 2014: 8). AHP, karar seçeneklerini derecelendiren ve karar vericinin birden fazla hedef ya da

kriteri olduğunda, en iyi olanı seçmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu özelliklerinden dolayı AHP, kantitatif ve kalitatif bilginin birlikte değerlendirilmesini gerektiren çeşitli disiplinlerde geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Erdem ve Kavrukkoca, 2002: 2). AHP yönteminin uygulama aşamaları Şekil 2.20'deki gibi özetlenebilir (Ulucan, 2004: 332–333);



**Şekil 2.20 Analitik Hiyerarşi Prosesi Aşamaları**

Çok kriterli karar verme problemlerinde sayısal ve sayısal olmayan ölçütleri ele almada AHP'nin tutarlılığına rağmen, karar vericinin yargıları, bulanıklığı ve belirsizliği, geleneksel AHP yönteminde karar vericinin kesin olmayan yargılarını da değerlendirmeye katmaktadır (Sheu, 2004: 45). Bu sebeple bulanık AHP yöntemi AHP yöntemine nazaran çok daha başarılı sonuçlar elde etmektedir.

Bu çalışmada, bulanık AHP yöntemi uygulamalarında sıklıkla kullanılan Chang (1996)'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Genişletilmiş Analiz Yönteminin adımları ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Chang, 1996: 650–651):

**Adım 1:**  $n$  sayıda kriter ( $K$ ) ve karar vericiler ( $kv$ ) belirlenir.

**Adım 2:** Kriterler için sözel değişkenler ve bulanık karşılıklar tanımlanır. Tüm karar vericilerin sözel değişkenleri kullanarak, kriterleri ikili karşılaştırma yöntemi ile

değerlendirme yapması sağlanır. Daha sonra bu sözel değişkenler her bir karar verici için ayrı ayrı bulanık üçgensel ya da yamuk sayılara dönüştürülerek matrislere ulaşılır.  $\tilde{a}_{ij}^s$ ,  $s$ . karar vericinin  $i$  kriteri ile  $j$ . kriterinin ikili karşılaştırma değerini göstermek üzere;

$$\tilde{A}^s = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ K_1 & \tilde{a}_{11}^s & \tilde{a}_{12}^s & \dots & \tilde{a}_{1n}^s \\ K_2 & \tilde{a}_{21}^s & \tilde{a}_{22}^s & \dots & \tilde{a}_{2n}^s \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_n & \tilde{a}_{n1}^s & \tilde{a}_{n2}^s & \dots & \tilde{a}_{nn}^s \end{matrix} \quad 2.21$$

**Adım 3:** Karar vericilerin önem düzeyleri eşit tutulursa karar vericilerin ikili karşılaştırma matrisleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla birleştirilir.  $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ , birleştirilmiş üyelik fonksiyonu ve  $\tilde{a}_{ij}^s = (l_{ij}^s, m_{ij}^s, u_{ij}^s)$ ,  $s$ . karar vericinin ikili karşılaştırma sonucu elde edilen bulanık üçgensel sayılar olmak üzere;

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{s} [\tilde{a}_{ij}^1 + \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + \tilde{a}_{ij}^s] = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad 2.22$$

$$l_{ij} = \frac{1}{s} [l_{ij}^1 + l_{ij}^2 + \dots + l_{ij}^s],$$

$$m_{ij} = \frac{1}{s} [m_{ij}^1 + m_{ij}^2 + \dots + m_{ij}^s], \quad 2.23$$

$$u_{ij} = \frac{1}{s} [u_{ij}^1 + u_{ij}^2 + \dots + u_{ij}^s]$$

Her bir karar vericinin ( $kv$ ) bulunduğu pozisyon gereği kararlarda farklı etkide olması istenebilir. Farklı önem düzeyindeki karar vericilerin ikili karşılaştırma matrislerinin birleştirilmesi için öncelikle her bir karar vericinin ağırlığının belirlenmesi gerekmektedir.

Bunun için karar vericileri değerlendiren bir komisyon ( $C$ ) oluşturulur. Komisyondan her bir karar verici için bulanık mantık çerçevesinde değerlendirme yapması istenir. Elde edilen sözel değişkenlere karşılık, bulanık değerlere ulaşılır.

$$\tilde{W} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_r \\ kv_1 & \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \dots & \tilde{w}_{1r} \\ kv_2 & \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \dots & \tilde{w}_{2r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ kv_p & \tilde{w}_{p1} & \tilde{w}_{p2} & \dots & \tilde{w}_{pr} \end{matrix} \quad 2.24$$

Matriste yer alan  $\tilde{w}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ ,  $j$ . komite üyesinin  $i$ . karar verici için belirlediği sözel değişkenin bulanık karşılığını;  $p$ , karar verici sayısını;  $r$ , komitede yer alan üye sayısını;  $\tilde{W}$ , bulanık karar matrisini göstermektedir.

Bu aşamadan sonra yapılacak işlem, satırlarda yer alan karar verici vektörlerinin her bir karar verici için ayrı ayrı birleştirilmesidir. Örneğin ilk karar verici için bulanık vektör,  $\tilde{w}_1 = \tilde{w}_{11}, \tilde{w}_{12}, \dots, \tilde{w}_{1r}$  şeklindedir. Üçgensel bulanık üyelik fonksiyonuna göre (Guiping, Lizhi, Bidanda ve Fetch, 2007: 238);

$$\begin{aligned} \tilde{w}_s &= (l_s, m_s, u_s) \\ l_s &= \min\{l_{sj}\}, \quad m_s = \frac{1}{r} \sum_{c=1}^r m_{sj}, \quad u_s = \max\{u_{sj}\} \end{aligned} \quad 2.25$$

eşitliği yardımıyla birleştirme işlemi yapılır. Eşitlikte yer alan  $\tilde{w}_s$ ,  $s$ . karar vericinin bulanık ağırlığını göstermektedir. Elde edilen birleştirilmiş üyelik fonksiyonlarının anlamlı sonuçlar verebilmesi için durulaştırılma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bunun için de Hsieh ve diğerleri (2004) tarafından önerilen En İyi Gerçek Sayı Değeri (Best Nonfuzzy Performance Value - BNP) durulaştırma yöntemi uygulanabilmektedir.

$$d'(BNP_s) = \frac{(u_s - l_s) + (m_s - l_s)}{3} + l_s \quad 2.26$$

eşitliği ile her bir karar verici için gerçek sayı değerlerine ulaşılmaktadır. Elde edilen gerçek sayı değerlerinin normalizasyona tabi tutulması sonucunda ise karar vericilerin kararlardaki etkileri ortaya konulmaktadır. Normalizasyon,

$$w_s = d(BNP_s) = \frac{d'(BNP_s)}{\sum_{j=1}^m d'(BNP)} \quad 2.27$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır. Böylece karar vericilerin kararlardaki önem ağırlıkları ortaya konulmaktadır.

Böylece önem ağırlıkları farklı olan karar vericilerin oluşturduğu grupta, ikili karşılaştırma matrisleri ise,

$$\tilde{a}_{ij} = [w_1 \otimes \tilde{a}_{ij}^1 + w_2 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + w_p \otimes \tilde{a}_{ij}^n] \quad 2.28$$

eşitliği ile birleştirilir. Adım 3 kullanılarak, tüm karar vericilerin kararlarının birleştirildiği bulanık karar matrisi,

$$\tilde{A} = \begin{matrix} & \begin{matrix} K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad 2.29$$

şeklinde olmaktadır.  $(\tilde{a}_{ij}) = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  birleştirilmiş bulanık üçgensel sayıyı göstermek üzere hesaplama işleme şu şekildedir,

$$\left( l_{ij} = \sum_{i=1}^s \{w_s \otimes l_{ijs}\} \right), \left( m_{ij} = \sum_{i=1}^s \{w_s \otimes m_{ijs}\} \right), \left( u_{ij} = \sum_{i=1}^s \{w_s \otimes u_{ijs}\} \right) \quad 2.30$$

**Adım 4:** Sentetik analiz yöntemine göre her bir nesne  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  alınarak, her bir hedef  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  için genişletme analizi yapılır. Böylece, her bir nesne için  $m$  sayısı kadar genişletilmiş analiz değeri  $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  elde edilir. Tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgensel bulanık sayılardır ve  $M_{g_i} = (l_i, m_i, u_i)$  şeklinde gösterilir. Chang (1996: 650–651)'in genişletilmiş sentetik analiz yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

**Adım 5:**  $i$ . hedefe göre bulanık sentetik genişletme değeri,

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad 2.31$$

eşitliği ile bulunur.

Eşitlikteki  $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerine ulaşılabilmesi için  $m$  sayıda genişletilmiş analiz değerine bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad 2.32$$

Eşitlikte yer alan  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$  değerine ulaşmak için,  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerlerinin bulanık toplama işlemi  $(\sum_{j=1}^n l_j, \sum_{j=1}^n m_j, \sum_{j=1}^n u_j)$  biçiminde yapılır ve Eşitlik 2.33'te gösterildiği şekilde tersi hesaplanır.

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^n u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n l_j} \right) \quad 2.33$$

Bu aşamadan itibaren bulanık sayıların karşılaştırılması için, bulanık sentetik değerlerinin kullanılmasıyla, hiyerarşinin her bir seviyesi için tüm elemanlarının ağırlık vektörlerine ulaşılmaktadır (Paksoy ve diğerleri, 2013: 124).

**Adım 6:**  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  iki üçgensel bulanık sayı ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olasılık değeri şu şekilde bulunmaktadır:

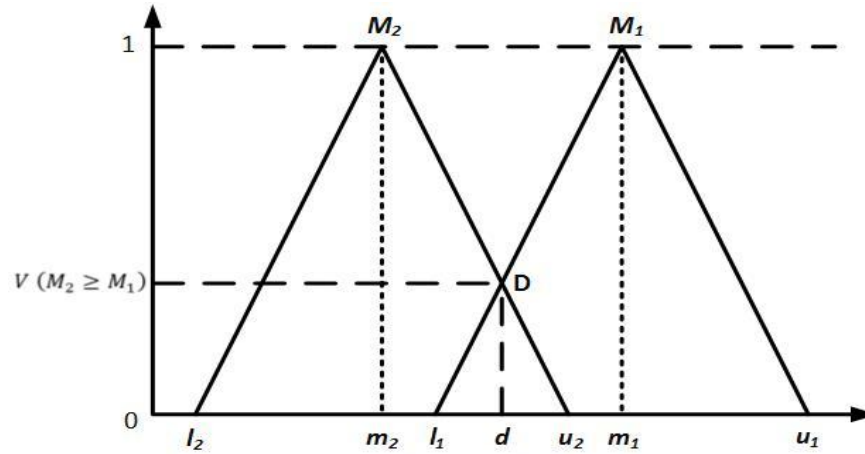
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[ \min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad 2.34$$

Diğer bir ifadeyle;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad 2.35$$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1, \\ 0, & l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda.} \end{cases} \quad 2.36$$

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  karşılaştırması için hem  $V(M_1 \geq M_2)$ ; hem de  $V(M_2 \geq M_1)$  değerlerine ihtiyaç vardır.  $V(M_2 \geq M_1)$ 'de  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı (düşey eksen) olan  $d$  değeri Şekil 2.21'de gösterilmektedir.



Şekil 2.21  $M_2$  ve  $M_1$  Arasındaki Kesişim Noktası

**Adım 7:** Konveks bir bulanık sayının,  $k$  tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) büyük olma olasılığı;

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V[(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k] \end{aligned} \quad 2.37$$

eşitlikleri yardımıyla bulunur. Bu durumda;

$$d'(S_1) = \min V(S_i \geq S_k), \quad i = 1, 2, \dots, n; k \neq i \quad 2.38$$

varsayımı yapılır.

Ağırlık vektörü ise:

$$W' = (d'(S_1), d'(S_2), \dots, d'(S_n))^T \quad 2.39$$

olarak gösterilir. Burada  $S_i, (i=1, 2, \dots, n)$   $n$  sayıda elemandır.

**Adım 8:**  $W$  değerinin normalizasyonu ile normalize edilmiş ağırlık vektörleri,

$$W = (d(S_1), d(S_2), \dots, d(S_n))^T \quad 2.40$$



eşitliği ile bulunur. Burada  $W$  değeri bulanık sayı değildir ve ağırlık vektörleri de aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur:

$$d(S_i) = \frac{d'(S_i)}{\sum_{i=1}^n d'(S_i)} \quad 2.41$$

#### 2.4.2. Bulanık VIKOR Yöntemi

Çok kriterli karar vermede sıklıkla kullanılan VIKOR'un açılımı sırpça ViseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje'dir ve Türkçeye "Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm" olarak geçmiştir. 1998 yılında Opricovic tarafından önerilen yöntem, birbiri ile çelişen kriterler altında alternatifleri sıralayarak en uygun alternatifin seçimine odaklanmaktadır (Akyüz, 2012: 202). Opricovic ve Tzeng (2004: 447) eserlerinde, VIKOR yöntemini ideal çözüme yakınlık ölçümü temeline dayanan çok kriterli karar sıralama indeksi olarak tanıtmışlardır.

Diğer ÇKKV tekniklerinde olduğu gibi VIKOR yönteminde de alternatif ve kriter ağırlıklarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır. Gerçek hayata bakıldığında kesin olmayan, belirsiz bilgilerin de var olduğunu görmek mümkündür. Bu şekildeki belirsizlik durumlarına çözümler sunan bulanık mantık, klasik VIKOR yöntemi ile harmanlanarak, bulanık VIKOR yöntemi elde edilmiştir (Paksoy ve diğerleri, 2013: 169). Bulanık VIKOR yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi sürecine ait adımlar ise aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Alternatiflerin ( $i$ ) üretilerek değerlendirme kriterlerinin ( $j$ ) ve  $s$  sayıda karar vericinin ( $kv$ ) belirlenmesi.

**Adım 2:** Bulanık VIKOR yönteminde kullanılacak olan sözel ifadelerin ve onlara karşılık gelen bulanık üçgen ya da yamuk sayıların belirlenmesi.

**Adım 3:** Eşit önem düzeyindeki karar vericilerin tercihleri aşağıdaki eşitlik ile birleştirilir.

$\tilde{x}_{ij}^s$ ,  $s$ . karar vericinin  $j$ . kritere göre  $i$ . alternatifi değerlendirdiği sözel ifadenin bulanık karşılık değerini göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{s} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.42$$

Önem ağırlıkları farklı olan  $s$  tane karar vericinin oluşturduğu grupta, alternatiflerin kriter değeri ise,

$\tilde{x}_{ij}^s$ ,  $s$ . karar verici için  $i$ . alternatifin  $j$ . kriter değerini;  $w_{kv}^s$ ,  $s$ . karar vericinin karardaki ağırlığını göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = [w_{kv}^1 \otimes \tilde{x}_{ij}^1 + w_{kv}^2 \otimes \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + w_{kv}^s \otimes \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.43$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

**Adım 4:** Böylece bulanık çok amaçlı karar verme probleminin matris olarak gösterimi her bir karar verici için aşağıdaki gibidir,

$\tilde{x}_{ij}$  bulanık sözel değişkenler,  $n$  kriter sayısı ve  $m$  alternatif sayısı olmak üzere; bulanık karar matrisi,

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & \begin{matrix} K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad 2.44$$

şeklinde oluşturulacaktır. Kriter ağırlıklarının bulanık ( $\tilde{w}_j$ ) ve bulanık olmadığı ( $w_j$ ) durumlarda ağırlık matrisleri sırasıyla,

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad 2.45$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

şeklindedir.

**Adım 5:** Her bir kriter için en iyi bulanık ( $\tilde{f}_j^* = l_j^*, m_j^*, u_j^*$ ) ve en kötü bulanık ( $\tilde{f}_j^- = l_j^-, m_j^-, u_j^-$ ) değerler belirlenir. Kriter  $j$  “fayda” anlamında kullanılan bir değerlendirme kriteri ise;  $j= 1, 2, \dots, n$  için,

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{f}_{ij}, \quad \tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{f}_{ij} \quad 2.46$$

Eğer  $j$  kriteri “maliyet” bazlı bir değerlendirme kriteri ise;  $j= 1, 2, \dots, n$  için,

$$\tilde{f}_j^* = \min_i \tilde{f}_{ij}, \quad \tilde{f}_j^- = \max_i \tilde{f}_{ij} \quad 2.47$$

eşitlikleri ile bulunmaktadır.

**Adım 6:** Bulanık farkların hesaplanması,

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-); j \text{ kriteri fayda kriteri ise,} \quad 2.48$$

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{x}_{ij} - \tilde{f}_j^*) / (\tilde{f}_j^- - \tilde{f}_j^*); j \text{ kriteri maliyet kriteri ise,} \quad 2.49$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

**Adım 7:** Her bir alternatif için kriter değerlerinin bulanık en iyi değere uzaklıklarının toplam değerleri ( $\tilde{S}_i = S_i^l, S_i^m, S_i^u$ ) ile  $j$ . kritere göre her bir alternatifin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklık değerleri ( $\tilde{R}_i = R_i^l, R_i^m, R_i^u$ ) hesaplanır.  $\tilde{w}_j$  kriter ağırlıklarını göstermek üzere  $\tilde{S}_i$  ve  $\tilde{R}_i$  değerleri,

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \times \tilde{d}_{ij} \quad 2.50$$

$$\tilde{R}_i = \max_i [\tilde{w}_j \times \tilde{d}_{ij}] \quad 2.51$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Kriter ağırlıklarının bulanık olmadığı durumlarda,  $\tilde{w}_j$  yerine  $w_j$  kullanılır ve eşitlikler,

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n w_j \times \tilde{d}_{ij} \quad 2.52$$

$$\tilde{R}_i = \max_i [w_j \times \tilde{d}_{ij}] \quad 2.53$$

şeklinde değişir.

**Adım 8:** Bu adımda  $\tilde{S}^*$ ,  $\tilde{S}^-$ ,  $\tilde{R}^*$ ,  $\tilde{R}^-$  ve  $\tilde{Q}_i(Q_i^l, Q_i^m, Q_i^u)$  değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i \quad , \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad 2.54$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i \quad , \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad 2.55$$

$\tilde{S}^*$ , maksimum grup çoğunluk kuralını gösteren  $\tilde{S}_i$  değerinin minimum değerini gösterirken;  $\tilde{R}^*$  ise karşıt görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını göstermektedir. Grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle  $\tilde{Q}_i$  indeksi hesaplanır.

$$\tilde{Q}_i = v \frac{(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*)}{(\tilde{S}^- - \tilde{S}^*)} + (1 - v) \frac{(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*)}{(\tilde{R}^- - \tilde{R}^*)} \quad 2.56$$

$v$  değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade ederken;  $(1 - v)$  değeri bireysel pişmanlık değerini göstermek için kullanılır. Uzlaşmacı çoğunluk için  $v \approx 0.5$  alınabilir. Diğer taraftan  $n$  kriter sayısını göstermek üzere;  $v$  değeri için  $v = (n + 1)/2n$  işlemi ile de ağırlık belirlenebilir (Opricovic, 2011: 12984).

**Adım 9:** Üçgensel bulanık sayılar  $\tilde{S}_i = S_i^l, S_i^m, S_i^u$ ,  $\tilde{R}_i = R_i^l, R_i^m, R_i^u$  ve  $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^u)$  durulaştırılarak sırasıyla  $S_i, R_i$  ve  $Q_i$  indeks değerlerine ulaşılır. Elde edilen indeks değerleri küçükten büyüğe sıralanır. En küçük  $Q_i$  indeks değerine sahip olan alternatif ya da değerlendirme birimi, en iyi seçenek olarak kabul edilir.

**Adım 10:** Aşağıda belirtilen koşulların sağlanması durumunda, en iyi  $Q_i$  minimum indeks değerine sahip alternatifin en iyi seçenek olduğuna karar verilir,

**Koşul 1 - Kabul edilebilir avantaj:**  $Q$  sıralamasında en iyi ve en iyi ikinci alternatif arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını gerektiren koşuldur.

$$Q(a'') - Q(a') \geq D(Q) \quad 2.57$$

Eşitlikte yer alan  $a''$  değeri  $Q$  tarafından sıralanan listede en iyi ikinci alternatif iken,  $a'$  en iyi alternatiftir.  $i$  alternatif sayısını göstermek üzere,

$$D(Q) = 1/(j - 1)$$

2.58

eşitliği kullanılarak hesaplanır.

**Koşul 2 - Kabul edilebilir istikrar:**  $a'$  alternatifi  $S$  ve  $R$  indeks değerlerinden en az bir tanesinde en iyi seçenek olmalıdır. Bu durumun uzlaştırıcı çözümün istikrarlı olduğunu kanıtlar.

Eğer  $Q(a^m) - Q(a') < D(Q)$  ise ve *Koşul 1* sağlanmıyorsa,  $a^m$  ve  $a'$  benzer uzlaştırıcı çözümlerdir.  $a', a'', \dots, a^m$  uzlaştırıcı çözümleri benzer olması nedeniyle,  $a'$  karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip değildir. Eğer *Koşul 2* sağlanmıyorsa,  $a'$  karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olmasına karşın karar vermede istikrar yoktur. Bu sebeple  $a'$  ve  $a''$  'nin uzlaştırıcı çözümü aynı olmaktadır (Akyüz, 2012: 205).

#### 2.4.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi ile pozitif ideal çözüme en yakın uzaklığa ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklığa göre alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda sıralaması yapılmaktadır (Chen, 2000: 1; Paksoy ve diğerleri, 2013: 152; Timor, 2011: 20). Yöntemde ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık, hem de negatif ideal çözüme uzaklık birlikte değerlendirilir. Sonuçta yapılacak tercih sıralaması, uzaklıkların karşılaştırılması sonucu elde edilir (Eleren ve Ersoy, 2007: 14).

Farklı nicel ve nitel kriterleri birlikte değerlendirebilmek ve bunlara ait ağırlıklar yardımıyla sıralama yapılmak istendiğinde bulanık bir model kurma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Chen, 2000: 2000). İnsan yargılarının belirsizliği nedeniyle klasik TOPSIS yerine bulanık TOPSIS yönteminin kullanımı değerlendirmelerde daha iyi sonuçlar alınmasını sağlayabilmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde son yıllarda sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan bulanık TOPSIS yöntemi, birden fazla kriter ve karar karar vericiye dayalı değerlendirmelerde başarılı bir yöntemdir. Bunun yanında dilsel değişkenlerin kullanılabilmesi, nitel bir yöntem olmasına imkân

vermektedir (Eleren ve Ersoy, 2007: 18). Bulanık TOPSIS yöntemi adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Alternatiflerin ( $i$ ) üretilerek değerlendirme kriterlerinin ( $j$ ) ve  $s$  sayıda karar vericinin ( $kv$ ) belirlenmesi.

**Adım 2:** Bulanık TOPSIS yönteminde kullanılacak olan sözel ifadelerin ve onlara karşılık gelen bulanık üçgen ya da yamuk sayıların belirlenmesi.

**Adım 3:** Eşit önemdeki  $s$  tane karar vericinin oluşturduğu grupta, alternatiflerin kriter değeri,

$\tilde{x}_{ij}^s$ ,  $s$ . karar vericinin  $j$ . kritere göre  $i$ . alternatifi değerlendirdiği sözel ifadenin bulanık karşılık değerini göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{s} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.59$$

eşitliği; önem ağırlıkları farklı olan  $s$  tane karar vericinin oluşturduğu grupta, alternatiflerin kriter değeri ise,

$w_{kv}^s$ ,  $s$ . karar vericinin karardaki ağırlığını göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = [w_{kv}^1 \otimes \tilde{x}_{ij}^1 + w_{kv}^2 \otimes \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + w_{kv}^s \otimes \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.60$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır.

**Adım 4:** Böylece bulanık çok amaçlı karar verme probleminin matris olarak gösterimi her bir karar verici için aşağıdaki gibidir,

$\tilde{x}_{ij}$  bulanık sözel değişkenler olmak üzere; bulanık karar matrisi,

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad 2.61$$

şeklinde oluşturulacaktır. Kriter ağırlıklarının bulanık ( $\tilde{w}_j$ ) ve bulanık olmadığı ( $w_j$ ) durumlarda ağırlık matrisleri sırasıyla,

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]$$

2.62

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

şeklindedir.

$A_1, A_2, \dots, A_m$  alternatifleri,  $K_1, K_2, \dots, K_n$  karar kriterlerini,  $\tilde{x}_{ij} = K_j$  kriterlerine göre  $A_i$  alternatifinin bulanık kriter değerini ve  $\tilde{w}_j = K_j$  kriterinin bulanık önem ağırlığını göstermektedir. Bu sözel değişkenler  $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (l_{j1}, m_{j2}, u_{j3})$  şeklinde üçgen bulanık sayılar ile ifade edilebilir.  $\tilde{D}$  matrisi bulanık karar matrisi,  $\tilde{W}$  matrisi ise bulanık ağırlıklar matrisi olarak adlandırılabilir (Paksoy ve diğerleri, 2013: 158).

**Adım 5:** Bu adımda amaç, bulanık karar matrisinin normalize edilmesidir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi ise,

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$$

2.63

olarak ifade edilir ve elemanları  $B$  (fayda) ve  $C$  (maliyet) kriterleri olmak üzere,

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^*}, \frac{m_{ij}}{u_j^*}, \frac{u_{ij}}{u_j^*} \right), \quad j \in B, \quad u_j^* = \max_i u_{ij} \quad \text{ya da} \quad 2.$$

64

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad j \in C, \quad l_j^- = \min_i l_{ij}$$

2.

65

eşitliklerinden hesaplanmaktadır. Elde edilen her bir  $\tilde{r}_{ij}$  değeri normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

**Adım 6:** Her bir kriter için farklı ağırlıklar göz önünde bulundurularak, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi,

$$\tilde{V} = [\tilde{V}_{ij}]_{m \times n} \quad 2.66$$

şeklinde oluşturulur. Böylece,

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad 2.67$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Burada normalize edilmiş bulanık karar matrisi ( $\tilde{r}_{ij}$ ) ile bulanık ağırlıklar matrisinin ( $\tilde{w}_j$ ) çarpımı, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisini ( $\tilde{V}_{ij}$ ) vermektedir.

Ağırlık matrisinin bulanık olmadığı durumda ise; normalize edilmiş bulanık karar matrisi ( $\tilde{r}_{ij}$ ) ile ağırlık matrisinin ( $w_j$ ) çarpımı yardımıyla ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine ( $\tilde{V}_{ij}$ ) ulaşılmaktadır.

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j \quad 2.68$$

Her bir  $\tilde{V}_{ij}$  değeri, normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır ve  $[0, 1]$  aralığında yer almaktadır.

**Adım 7:** Normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmesinin ardından bulanık pozitif ideal çözüm (BPİÇ,  $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm (BNİÇ,  $A^-$ ) şu şekilde bulunmaktadır:

$$A^* = \tilde{V}_1^*, \tilde{V}_2^*, \dots, \tilde{V}_n^* \quad 2.69$$

$$A^- = \tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^- \quad 2.70$$

Burada verilen  $\tilde{V}_j^* = \max_i \{V_{ij3}\}$  ve  $\tilde{V}_j^- = \min_i \{V_{ij1}\}$ 'dir.

Her bir alternatifin BPİÇ ve BNİÇ'ten uzaklıkları sırasıyla,

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_{ij}^*) \quad i=1, 2, \dots, m \quad 2.71$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_{ij}^-) \quad i=1, 2, \dots, m \quad 2.72$$



eşitliklerinden hesaplanır. Burada  $d_v(...)$ ,  $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$  ve  $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$  gibi iki üçgensel bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir ve şu şekilde hesaplanır:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad 2.73$$

**Adım 8:** Alternatiflerin sıralamasını belirlemek adına yakınlık katsayısı,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad 2.74$$

eşitliği ile bulunur ve alternatifler yakınlık katsayılarına göre en yüksek puandan en düşük puana doğru sıralanır. Yakınlık katsayıları 0 ile 1 arasında değerler alır.

#### 2.4.4. Bulanık COPRAS Yöntemi

Bir projenin genel verimliliğini değerlendirmek amacıyla, öncelikle seçim kriterlerini belirlemek, bu kriterlere ilişkin bilgiye ulaşmak ve son olarak bunları değerlendirmek için yöntem geliştirmek gerekmektedir. Karar analizleri, karar vericilerin bir kısım kriterleri dikkate alarak çeşitli alternatifler arasından seçim yapma durumları ile ilişkilidir. Bu sebeple COPRAS yöntemi, alternatiflerin seçiminde etkili bir yöntem olarak literatüre kazandırılmıştır. Literatür incelendiğinde çeşitli problemlerin çözümünde COPRAS yönteminin kullanıldığını görebiliriz (Özdağoğlu, 2013a, 2013b).

İyileştirme odaklı alternatiflerin birçoğu gelecek ile ilgilenir ve kriterlerin değerleri tam olarak belirlenmemektedir. Bu sebeple belirsizlik durumlarına çözümler sunan bulanık mantık, klasik COPRAS yöntemi ile birleştirilerek bulanık COPRAS yöntemi elde edilmiştir (Antucheviciene, Zavadskas ve Zakarevicius, 2012; Yazdani, Alidoosti ve Zavadskas, 2011; Zavadskas, Kaklauskas, Turskis ve Tamosaitiene, 2009).

Literatürde yer alan çeşitli kaynaklardan yararlanarak bu çalışma için yeniden tasarlanan bulanık COPRAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Alternatifler ( $i$ ) üretilerek değerlendirme kriterleri ( $j$ ) ve  $s$  sayıda karar verici (kv) belirlenir.

**Adım 2:** Bulanık COPRAS yönteminde kullanılacak olan sözel ifadeler ve onlara karşılık gelen bulanık üçgen ya da yamuk sayılar belirlenir.

**Adım 3:** Eşit önem düzeyindeki karar vericilerin tercihleri Eşitlik 2.75 ile birleştirilir.

$\tilde{x}_{ij}^s$ ,  $s$ . karar vericinin  $j$ . kritere göre  $i$ . alternatifi değerlendirdiği sözel ifadenin bulanık karşılık değerini göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{s} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.75$$

Önem ağırlıkları farklı olan  $s$  tane karar vericinin oluşturduğu grupta, alternatiflerin kriter değeri ise,

$w_{kv}^s$ ,  $s$ . karar vericinin karardaki ağırlığını göstermek üzere;

$$\tilde{x}_{ij} = [w_{kv}^1 \otimes \tilde{x}_{ij}^1 + w_{kv}^2 \otimes \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + w_{kv}^s \otimes \tilde{x}_{ij}^s] \quad 2.76$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

**Adım 4:** Bulanık karar matrisi oluşturulur,

$\tilde{x}_{ij}$  bulanık sözel değişkenler olmak üzere; bulanık karar matrisi,

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & \begin{matrix} K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad 2.77$$

şeklinde oluşturulacaktır.

**Adım 5:** Bu adımda her bir kriter için farklı ağırlıklar göz önünde bulundurularak, ağırlıklı bulanık karar matrisi oluşturulur. Kriter ağırlıklarının bulanık ( $\tilde{w}_j$ ) ve bulanık olmadığı ( $w_j$ ) durumlarda matrisleri sırasıyla,

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad 2.78$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

şeklindedir. Ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi  $\tilde{aD}$  olarak gösterilecek olursa,

$$\tilde{aD} = [\tilde{a}x_{ij}]_{m \times n} \quad 2.79$$

şeklinde oluşturulur. Burada her bir  $\tilde{a}x_{ij}$  değeri,

$$\tilde{a}x_{ij} = \tilde{x}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad 2.80$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Burada bulanık karar matrisi ( $\tilde{x}_{ij}$ ) ile bulanık ağırlıklar matrisinin ( $\tilde{w}_j$ ) çarpımı, ağırlıklı bulanık karar matrisini ( $\tilde{aD}$ ) vermektedir.

Ağırlık matrisinin bulanık olmadığı durumda ise; bulanık karar matrisi ( $\tilde{x}_{ij}$ ) ile ağırlık matrisinin ( $w_j$ ) çarpımı yardımıyla ağırlıklı bulanık karar matrisine ( $\tilde{aD}$ ) ulaşılmaktadır.

$$\tilde{a}x_{ij} = \tilde{x}_{ij} \times w_j \quad 2.81$$

Her bir  $\tilde{a}x_{ij}$  değeri, ağırlıklandırılmış bulanık üçgen sayılardır.

$$\tilde{aD} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} \tilde{a}x_{11} & \tilde{a}x_{12} & \dots & \tilde{a}x_{1n} \\ \tilde{a}x_{21} & \tilde{a}x_{22} & \dots & \tilde{a}x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}x_{m1} & \tilde{a}x_{m2} & \dots & \tilde{a}x_{mn} \end{array} \right. \\ A_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ A_m & & & & \end{matrix} \quad 2.82$$

**Adım 6:** Bu adımda ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisinin durulaştırma işlemi gerçekleştirilir. Durulaştırma sonrasında elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi  $D$  ise şu şekilde gösterilmektedir,

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad 2.83$$

**Adım 7:** Ağırlıklandırılmış karar matrisi  $D$ 'nin normalizasyon işlemi,

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i=1,2, \dots, m \text{ ve } j=1, 2, \dots, n \quad 2.84$$

eşitliği yardımıyla yapılmaktadır. Böylece ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi  $\bar{D}$ 'ye ulaşılır.

$$\bar{D} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad i=1,2, \dots, m \text{ ve } j=1, 2, \dots, n \quad 2.85$$

**Adım 8:** Bu adımda kriterlerin faydalı ve faydasız olarak nitelendirilmesi yapılır. Ağırlıklı normalize karar matrisindeki faydalı kriterler, sütunlarda öne çekilir.  $k$ . kriter kadar faydalı kriterler sütunlara yerleştirilir.  $(k+1)$ . kriter ilk faydasız kriter olmak üzere;  $n$ . kriter kadar tüm faydasız kriterler de sütunlarda gösterilir.  $(n - k)$  minimize etmeyi arzuladığımız faydasız kriter sayısını verecektir (Das, Sarkar ve Ray, 2012: 237).

$$\bar{D} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_k & K_{k+1} & \dots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccccc} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1k} & \bar{x}_{1(k+1)} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2k} & \bar{x}_{2(k+1)} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mk} & \bar{x}_{m(k+1)} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad 2.86$$

**Adım 9:** Faydalı kriterler için ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki değerlerin toplamı ( $S_{i+}$ ) ile faydasız kriterler için ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki değerlerin toplamı ( $S_{i-}$ ) bulunur.  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  değerlerinin hesaplama adımları,

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k \bar{x}_{ij} \quad j=1,2, \dots, k \text{ (faydalı kriterler)} \quad 2.87$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n \bar{x}_{ij}; \quad j=k+1, k+2, \dots, n \text{ (faydasız kriterler)} \quad 2.88$$

şeklindedir.

**Adım 10:** Her bir alternatife ait görelî önem ağırlığı ( $Q_i$ ) aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} \oplus \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \otimes \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad 2.89$$

**Adım 11:** Alternatifler arasında en yüksek görelî öneme sahip olan alternatif, en iyisi olarak seçilecektir.

$$Q_{max} = \max_i Q_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad 2.90$$

**Adım 12:** Her bir alternatifin  $P_i$  olarak simgelenen performans indeksi hesaplanır. Performans indeksi değeri 100 olan alternatif en iyi alternatiftir (Özdağoğlu, 2013a: 7). Tüm alternatifler performans indeksi değeri göre sıralanarak, tercih sıralamasına ulaşılır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \otimes \% 100 \quad 2.91$$

## 2.5. COPELAND YÖNTEMİ İLE BULANIK ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ

Bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinin değerlendirme şekli ve elde ettiği sonuçlar farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık karar vericileri çıkmaza sürüklemekte; yöntem tercihi konusunda kararsız bırakabilmektedir. Bu olumsuz durumu giderebilmek adına, bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile elde edilen alternatif sıralamalarını bütünleştirici bir yöntemin olması karar vericilerin daha rahat karar verebilmelerini sağlayabilecektir. Bunun için Copeland yöntemi tercih edilmiştir.

Alternatifler arasından seçim yapmada Condorcet ilkelerini (Sanver, 2000: 133–144) kullanan Copeland yönteminde bir alternatifin diğer alternatiflere galip gelme ve mağlup olma sayılarının farkı alınır ve elde edilen skorlar ile alternatifler en iyiden

başlamak üzere sıralanır. Bu çalışmada ele alınan Copeland yöntemi için kullanılacak notasyon ve adımlar şu şekildedir (Browne, 2013; Fishburn, 1977; Klamler, 2003),

$m$ : Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin toplam sayısı

$k$ : ÇKKV Yönteminin sıra değeri

$n$ : Alternatiflerin toplam sayısı

$i$ : Satırda yer alan alternatifin sıra değeri

$j$ : Sütunda yer alan alternatifin sıra değeri

$r_k(A_i)$ :  $A_i$ . alternatifin  $k$ . yöneme göre sıralamadaki yeri

$f_k(i, j)$ : Alternatifler arasındaki karşılaştırmada sıralamadaki üstünlüğü

$S(i, j)$ :  $A_i$  alternatifinin  $A_j$  alternatifine göre elde ettiği toplam oy sayısı

$G(i, j)$ :  $A_i$  alternatifinin  $A_j$  alternatifine göre galip, berabere ya da yenik olma durumu

$GP_i$ :  $A_i$  alternatifinin galibiyet puanı

$YP_i$ :  $A_i$  alternatifinin yenilgi puanı

$CP_i$ :  $A_i$  alternatifinin Copeland Puanı

**Adım 1:** Copeland yönteminde ilk adım alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapmaktır. Çizelge 2.2'deki her bir  $f_k(i, j)$  değerine,  $A_i$  ve  $A_j$  alternatifleri karşılaştırmasında  $A_i$  alternatifi galip gelmiş ise (diğer ifadeyle sıralamada üstte ise) '1';  $A_j$  alternatifi galip gelmiş ise '0' vermektir. Bu ifadeler,

$f_k(i, j) = \{0, 1\}$  olmak üzere

$$f_k(i, j) = \begin{cases} 1 & r_k(A_i) < r_k(A_j) & \text{ve } i \neq j \\ 0 & r_k(A_i) > r_k(A_j) & \text{ve } i \neq j \\ \text{boş } (-) & r_k(A_i) = r_k(A_j) & \text{veya } i = j \end{cases} \quad 2.92$$

eşitliği ile de gösterilebilir.

Çizelge 2.2 Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatif	$A_1$			$A_2$			...	$A_j$			...	$A_n$					
Yöntem	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	
Alternatif	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	MCDM 1	MCDM 2	...	MCDM m	
$A_1$	-			$f_1(1,2)$	$f_2(1,2)$	...	$f_m(1,2)$	...	$f_1(1,j)$	$f_2(1,j)$	...	$f_m(1,j)$	...	$f_1(1,n)$	$f_2(1,n)$	...	$f_m(1,n)$
$A_2$	$f_1(2,1)$	$f_2(2,1)$	...	$f_m(2,1)$	-			...	$f_1(2,j)$	$f_2(2,j)$	...	$f_m(2,j)$	...	$f_1(2,n)$	$f_2(2,n)$	...	$f_m(2,n)$
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮
$A_j$	$f_1(i,1)$	$f_2(i,1)$	...	$f_m(i,1)$	$f_1(i,2)$	$f_2(i,2)$	...	$f_m(i,2)$	-			...	$f_1(i,n)$	$f_2(i,n)$	...	$f_m(i,n)$	
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮
$A_n$	$f_1(n,1)$	$f_2(n,1)$	...	$f_m(n,1)$	$f_1(n,2)$	$f_2(n,2)$	...	$f_m(n,2)$	$f_1(n,j)$	$f_2(n,j)$	...	$f_m(n,j)$	...	-			

**Adım 2:** Bu adımda yöntem bazında skorlar hesaplanmalıdır.  $S(i,j)$ ,  $A_i$  alternatifinin  $A_j$  alternatifine göre her bir ÇKKV yönteminden elde ettiği toplam oy sayısını göstermektedir (Çizelge 2.3). Böylece,

$$S(i,j) = \sum_{k=1}^m f_k(i,j) \text{ ve } i \neq j \quad 2.93$$

eşitliği ile  $i$ . alternatifin  $j$ . alternatifine göre aldığı oy sayısı bulunur.

Çizelge 2.3 Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları

Alternatif	$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_n$
$A_1$	-	$S(1,2)$	...	$S(1,j)$	...	$S(1,n)$
$A_2$	$S(2,1)$	-	...	$S(2,j)$	...	$S(2,n)$
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
$A_j$	$S(i,1)$	$S(i,2)$	...	-	...	$S(i,n)$
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
$A_n$	$S(n,1)$	$S(n,2)$	...	$S(n,j)$	...	-

**Adım 3:** Elde edilen  $S(i,j)$  yardımıyla alternatifler arasındaki karşılaştırmada galipler bulunacaktır. Bunun için;

$$G(i,j) = \begin{cases} 1 & S(i,j) > (m - S(i,j)) & i \neq j \\ 1/2 & S(i,j) = (m - S(i,j)) & i \neq j \\ -1 & S(i,j) < (m - S(i,j)) & i \neq j \end{cases} \quad 2.94$$

eşitliğinden yararlanılacaktır. Eşitliğe bakıldığında galip gelen taraf “1” puan, yenilen taraf “-1” puan almaktadır. Eşitlik durumunda ise “1/2” puan verilmektedir. Çizelge 2.4, alternatifler arasındaki galibiyet, yenilgi ve beraberlik durumunu gösteren matrisi vermektedir.

**Çizelge 2.4 Galibiyet – Yenilgi ve Beraberlik Matrisi**

Alternatif	$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_n$
$A_1$	-	$G(1,2)$	...	$G(1,j)$	...	$G(1,n)$
$A_2$	$G(2,1)$	-	...	$G(2,j)$	...	$G(2,n)$
....	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
$A_i$	$G(i,1)$	$G(i,2)$	...	-	...	$G(i,n)$
....	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
$A_n$	$G(n,1)$	$G(n,2)$	...	$G(n,j)$	...	-

**Adım 4:** Elde edilen 1 ve 1/2 puanlarına sahip  $G(i,j)$  değerleri alternatifler bazında toplanarak galibiyet puanına ( $GP_i$ ); -1 puana sahip  $G(i,j)$  değerlerinin de toplanması ile alternatifin yenilgi puanına ( $YP_i$ ) ulaşılır. Bunun için,

$$GP_i = \sum_{i=1}^n G(i,j) \quad G(i,j) > 0 \text{ olması durumunda,} \quad 2.95$$

$$YP_i = \sum_{i=1}^n G(i,j) \quad G_i(i,j) < 0 \text{ olması durumunda} \quad 2.96$$

eşitliklerinden yararlanılır.

Elde edilen  $GP_i$  ve  $YP_i$  değerlerinin toplanması sonucu Copeland Puanına ( $CP_i$ ) ulaşılır. Çizelge 2.5, alternatiflerin  $GP_i$ ,  $YP_i$  ve  $CP_i$  değerlerini göstermektedir.



$$CP_i = GP_i + YP_i$$

2.97

**Çizelge 2.5 Galibiyet – Yenilgi ve Copeland Puanları**

	<b>Galibiyet Puanı</b>	<b>Yenilgi Puanı</b>	<b>Copeland Puanı</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	$GP_1$	$YP_1$	$CP_1$
<b>A<sub>2</sub></b>	$GP_2$	$YP_2$	$CP_2$
....	....	....	....
<b>A<sub>i</sub></b>	$GP_i$	$YP_i$	$CP_i$
....	....	....	....
<b>A<sub>n</sub></b>	$GP_n$	$YP_n$	$CP_n$

**Adım 5:** Copeland puanı yüksek olanın en iyi olduğu sonucundan hareketle; alternatifler, elde edilen Copeland puanlarına göre sıralanır. Copeland puanları arasında eşitlik söz konusu olursa,  $i$  değeri küçük olan sıralamada üstte yer alacaktır.

**Çizelge 2.6 Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması**

	<b>Copeland Puanı</b>	<b>Sıralama</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	$CP_1$	$r_1$
<b>A<sub>2</sub></b>	$CP_2$	$r_2$
....	....	
<b>A<sub>i</sub></b>	$CP_i$	$r_i$
....	....	
<b>A<sub>n</sub></b>	$CP_n$	$r_n$

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### BİR ÜRETİM İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Bu bölümde, bir önceki bölümde geliştirilen Copeland sıralama tekniği ile bütünleştirilmiş bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yönteminin uygulanmasına yönelik yapılan çalışmaya yer verilmiştir. Bu bölümde öncelikle uygulamanın yapıldığı HAUS Santrifüj Teknolojileri firması hakkında genel bilgiler verilmiş, daha sonra firmanın üretim sahası ile ilgili bulanık mantık ilkeleri doğrultusunda önerilen yöntemin uygulama süreci ele alınmıştır.

#### 3.1. BİR ÜRETİM İŞLETMESİ OLAN HAUS SANTRİFÜJ TEKNOLOJİLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLENDİRME

Bu çalışmada önerilen yöntemin uygulaması için büyük bir firmanın kullanılması, çalışmanın güvenilirliği için önem arz etmekte idi. Bu sebeple Aydın'da yer alan HAUS santrifüj teknolojileri firmasının köklü geçmişi, kurumsal yapısı ve finansal yapısı bu çalışma için uygun bulunmuştur. Ayrıca kalite çalışmalarına önem vermesi, altı sigma felsefesine yatkınlığı da HAUS firmasını tercih etmede etken olmuştur. Bu alt başlık altında HAUS santrifüj teknolojileri firması hakkında bilgiler verilmiştir.

##### 3.1.1. Firmanın Tanıtılması

HAKKI USTA firması 1954 yılında Aydın'da kurulmuştur. Faaliyetlerine çeşitli tipteki su motoru, zeytinyağı ve pamuk presleri tamirata ve yenilemesiyle başlayan firma, 1962 yılında bölgesinde ilk zeytinyağı presinin imalatına başlamıştır. 1989 yılında Türkiye'de çalışan ilk sürekli sistem zeytinyağı tesisini imal etmişlerdir. 2006'da tambur ve helezon arasındaki hız farkı, dekantöre giren katı madde oranına bağlı olarak PLC sistemi ile insan müdahalesine gerek kalmadan ayarlanabilir sistem geliştirilmiştir. 2008'de TÜPRAŞ Aliğa Tesislerinde yağlı çamurun susuzlaştırılması projesi uygulanmıştır. 2010 yılında HAKKI USTA markası yerine HAUS kullanılmaya başlanmıştır.

Hollanda'da 2012'de HAUS Europe B.V. adıyla şube açılmıştır. 2012'den itibaren ise Kanada, Arjantin, İngiltere ve İrlanda, Avusturya, Tunus, Fas, Mısır, Endonezya, Vietnam, Filipinler, Malezya ve Singapur distribütörlükleri ile devam etmiştir. Başta Almanya, Avustralya, İspanya, İtalya, Yunanistan, Tunus, Fas, Libya, Suriye, Ürdün, Filistin, İsrail, KKTC, Azerbaycan, Suudi Arabistan, Pakistan olmak üzere 28 ülkeye ihracat yapmaktadır.

Bugün 32.000 metrekare alana kurulu, 335 çalışanı ile yıllık 300'ün üzerinde dekantör üretme ve kurma gücüne sahip olan firma ISO 9001:2008 ve TSEK belgelerine sahiptir. Makinelerin çalışması sırasında alınan emniyet tedbirlerinin CE direktiflerine uygunluğu TÜV kurumundan onaylıdır. HAUS misyonunu “modern teknolojiye dayalı kaliteli üretimle müşteri memnuniyetini yüksek düzeyde karşılayan makineleri üretmek ve kurmak olarak” belirlemiştir.

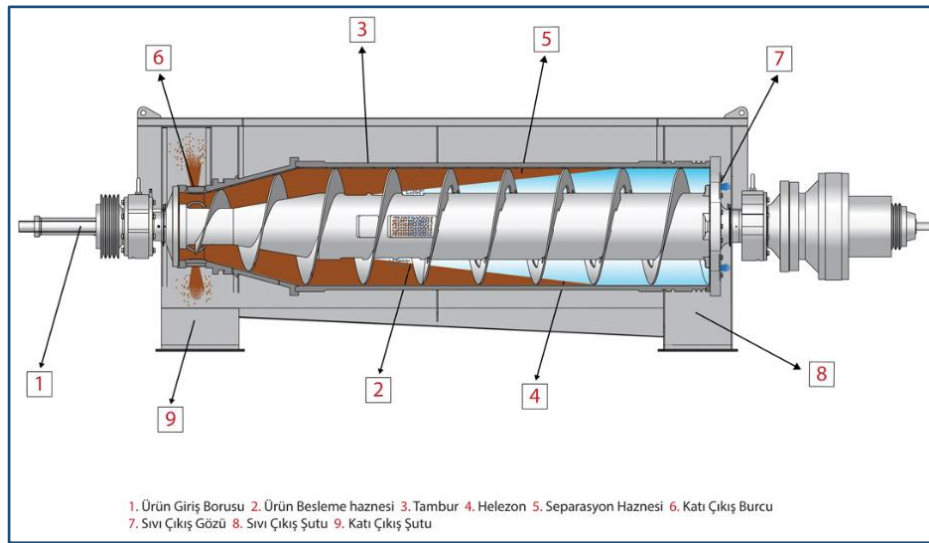
Satış sonrası hizmetlerde de Türkiye'nin her bölgesine 7 gün / 24 saat kesintisiz servis desteği sağlayan firma, olası arıza ya da aksaklıklara en kısa sürede müdahale ederek makinelerin veya tesislerin sürekli çalışır halde tutulmasını sağlamaktadır. Üretilen makinelerdeki verimi yükseltmek amacıyla Ar-Ge çalışmalarına ağırlık veren firma, inovatif çalışmalarla farklı tiplerde santrifüj dekantörler tasarlamakta ve üretmektedir. Ayrıca kurduğu tesisleri kendi geliştirdiği bilgisayar otomasyonlarıyla desteklemektedir.

### **3.1.2. Ürünlerin Tanıtılması**

HAUS firması atık su ve içme suyu arıtma tesislerinde, petrol alanlarında, sondaj endüstrisinde, içecek endüstrisinde, hayvansal ve bitkisel yağların işlenmesi ve elde edilmesinde, nişasta endüstrisinde, kimya ve eczacılık endüstrisinde ihtiyaç duyulan santrifüj dekantörleri ve separatörleri üretmektedir. Bu çalışmada zaman kısıtından ötürü sadece dekantör üzerine uygulama yapılmıştır. Bu sebeple dekantör hakkında detaylı bilginin verilmesi, onunla ilgili geliştirilen projelerin anlaşılmasında kolaylık sağlayacaktır. Firmada üretilen diğer ürünler ise; Separatör, Taşıma Bandı, Yıkama Makinası, Kırıcı, Malaksör, Kazan, Hamur Pompası, Pirina Çekirdek Ayırıcı, Zeytin Çekirdek Ayırıcı'dır

## Dekantör

Dekantör, santrifüj katı-sıvı veya katı-sıvı-sıvı karışımların birbirinden ayrılmasında kullanılır. Makine; yüksek hızda dönen tambur ve tamburla aynı eksenle farklı hızda dönen helezon; hız farkını ayarlayan tahrik grubu ile dönen elemanları taşıyan gövdeden meydana gelir. Ayrılacak olan ürün dekantöre ait dönerli besleme haznesine besleme borusuyla girer. Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle hamur helezon besleme haznesinden tambura girer ve tambur yüzeyine doğru özgül ağırlıklar farkıyla katmanlaşır. Çöken çamur helezon vasıtasıyla konik kısımdan dışarıya taşınırken, ayrılan katı ve su tamburun silindirik bölümünün bitiminden seviyesi ayarlanabilir plakalardan boşalır. Tambur ve helezon arasındaki hız farkı diferansiyel hız olarak tanımlanır (www.haus.com.tr, 2014). Dekantöre ait teknik resim Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



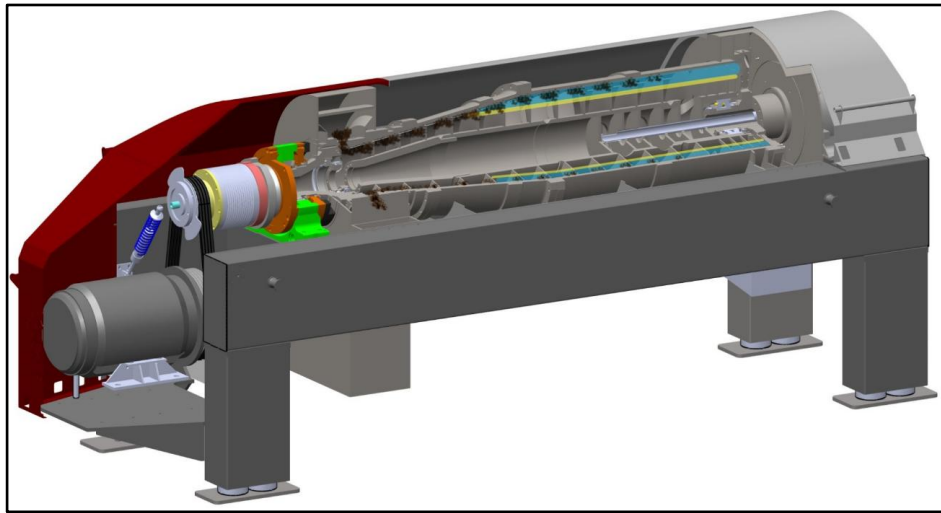
**Şekil 3.1 Santrifüj Dekantör Teknik Çizimi**

Dekantörler birçok alanda kullanılabilir (bkz: Çizelge 3.1). Dekantörler, sıvı karışımların birbirinden ayrılmasında, katı - sıvı karışımlarının ayrıştırılmasında, katıların susuzlaştırılmasında, konsantre edilmesinde, sınıflandırılmasında ve bileşenlerin sıvıdan ayrıştırılmasında kullanılmaktadır. Dekantörler genel olarak 250 metreküp kapasiteye kadar kullanılabilen, 238 mm’den 820 mm’ye kadar farklı çaplarda, farklı tambur uzunluklarında üretilmektedir.

**Çizelge 3.1 HAUS Dekantör Çeşitleri**

Çevre Uygulamaları Dekantörleri	Gıda Uygulamaları Dekantörleri	Endüstriyel Dekantörler
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İçme Suyu Arıtma Tesisleri</li> <li>• Kentsel Atık Su Arıtma Tesisleri</li> <li>• Endüstriyel Atık Su Arıtma Tesisleri</li> <li>• Demir-Çelik Endüstrisi Arıtma Tesisleri</li> <li>• Deri Fabrikası Atık İşleme Tesisleri</li> <li>• Enerji Santrali Arıtma Tesisi</li> <li>• Kağıt Fabrikası Arıtma Tesisi</li> <li>• Kesimhane Fabrikası Arıtma Tesisi</li> <li>• Biogaz Tesisleri</li> <li>• Çamur Yoğunlaştırma Uygulaması</li> <li>• Mobil Üniteler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meyve Suları</li> <li>• Alkollü İçecekler</li> <li>• Susam Yağı</li> <li>• Palm Yağı</li> <li>• Kakao Yağı</li> <li>• Yemeklik Yağlar</li> <li>• Tank Dibi Temizliği</li> <li>• Sebze Suları</li> <li>• Şarap</li> <li>• Üzüm Suyu</li> <li>• Balık Yağı</li> <li>• Avokado Yağı</li> <li>• Maya ve Nişasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tank Dibi Temizliği</li> <li>• Sondaj Çamuru</li> <li>• Deri Sanayi Tesisleri</li> <li>• Tünel Kazma</li> </ul>

Şekil 3.2 kesitli dekantör örneğini göstermektedir.



**Şekil 3.2 Kesitli Dekantör Örneği**

## **3.2. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE ALTI SİGMA PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu başlık altında, HAUS firmasında yapılan uygulamaya yer verilmiştir. Öncelikle çalışmanın amacı, önemi ve kısıtları ile çalışmanın yöntemi ve uygulama şekli hakkında bilgi verilmiş, daha sonra uygulamaya geçilmiştir.

### **3.2.1. Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kısıtları**

Altı sigma TÖAİK aşamalarına geçmeden önce yapılması gereken ilk iş, doğru projenin seçimidir. Altı sigma uygulayan birçok işletmede, altı sigma projelerinin başarısızlığından söz edilir ve bu durum üst yönetimi altı sigma felsefesinden vazgeçmeye kadar götürebilir. Hâlbuki doğru yöntemlerle seçilmiş ve zamanında hayata geçirilmiş altı sigma projeleri başarının en önemli ayağıdır. Bu çalışmada işte bu problemi ortadan kaldırabilme adına, Copeland yöntemi yardımıyla bütünleştirilmiş bulanık çok kriterli karar verme teknikleri ile projelerin değerlendirilerek işletmeye en yüksek katkıyı sağlayacak projenin seçilmesi amaçlanmıştır. Altı sigma uygulayan işletmeler, en uygun projenin seçimi için çeşitli yöntemlerden faydalanmaktadır. Uygulamanın yapıldığı HAUS firmasında, üst düzey yönetici ve çalışanlarla birlikte ortaya konulan projeler arasından işletmeye en yüksek kazanç ve fayda sağlayacak projenin seçilebilmesi için Copeland sıralama yöntemiyle bütünleştirilen bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu yöntemler için belirlenen kriterlerin bulanıklık içermesi nedeniyle literatürde sıklıkla kullanılan bulanık AHP'den yararlanılmış ve Chang (1996)'in genişletilmiş analiz yöntemi ile ağırlıklar belirlenmiştir.

Literatür kaynaklarında bulanık VIKOR ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile projelerin değerlendirildiği çalışmalara rastlamak mümkündür. Ancak üçüncü değerlendirme yöntemi olarak ele alınan bulanık COPRAS yöntemi konusunda, Türkiye'de bilimsel yayına rastlanmamıştır. Yabancı kaynaklarda ise, yayın sayısı oldukça az sayıdadır. Bulanık COPRAS yönteminin bu çalışmaya uygun olması için bir kısım eklentiler yapılarak literatüre katkıda bulunulmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan

bulanık ÇKKV tekniklerinin Copeland yöntemi ile bütünleştirilerek değerlendirme ile ilgili literatürde sadece 4 çalışma (H. Naderi, Shahosseini ve Jafari, 2013; S. H. Naderi, Shams ve Shahhoseini, 2012; Purjavad ve Shirouyehzad, 2011) bulunmuştur. Ancak ele aldıkları ÇKKV teknikleri farklı olmakla birlikte, bu çalışmaya uygun olmayan notasyona sahiptir. Bu çalışmaya özgü olabilmesi için çok farklı bir notasyon geliştirilmiştir.

Firmada 11 çeşit ürünün üretimi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen bilgiler ışığında en çok satış yapılan ürünün 353 serisi dekantörler olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Firmadaki potansiyeli görme ve müşteri memnuniyetini sağlama ilkesi doğrultusunda çalışmada sadece 353 serisi dekantörlerle ilgili çalışmaya yer verilmiştir.

### 3.2.2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmanın temeli olan “*işletmeye en yüksek katkıyı sağlayacak altı sigma projesinin seçilebilmesi*” için aşamalar ve yöntemler aşağıda sıralanmıştır. Öncelikle tüm kararlarda gerekli olacak karar verici ağırlıklarının belirlenmesi süreci, aşağıdaki sıra izlenerek yürütülmüştür:

#### *Aşama 1 – Karar Verici Ağırlıklarının Belirlenmesi*

- Karar Verici Değerlendirme Komitesi (KVVK) fabrika müdürü tarafından oluşturulacak,
- Karar vericiler KVVK tarafından belirlenecek,
- KVVK üyelerine karar vericilerin kararlardaki etki düzeylerini belirlemek için Ek 2’deki anket formu birebir uygulanarak; bulanık üyelik fonksiyonlarına ulaşılabilecek,
- Her bir KVVK üyesinin karar matrisi birleştirilerek, tek bir karar matrisi haline getirilecek,
- Ardından En İyi Sayı Değeri yöntemi ile durulaştırma işlemi uygulanarak, kesin değerler elde edilecek,
- Kesin değerlerin normalizasyon işleminin ardından her bir karar verici için ağırlıklar ortaya konulacaktır.

### *Aşama 2 – Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi*

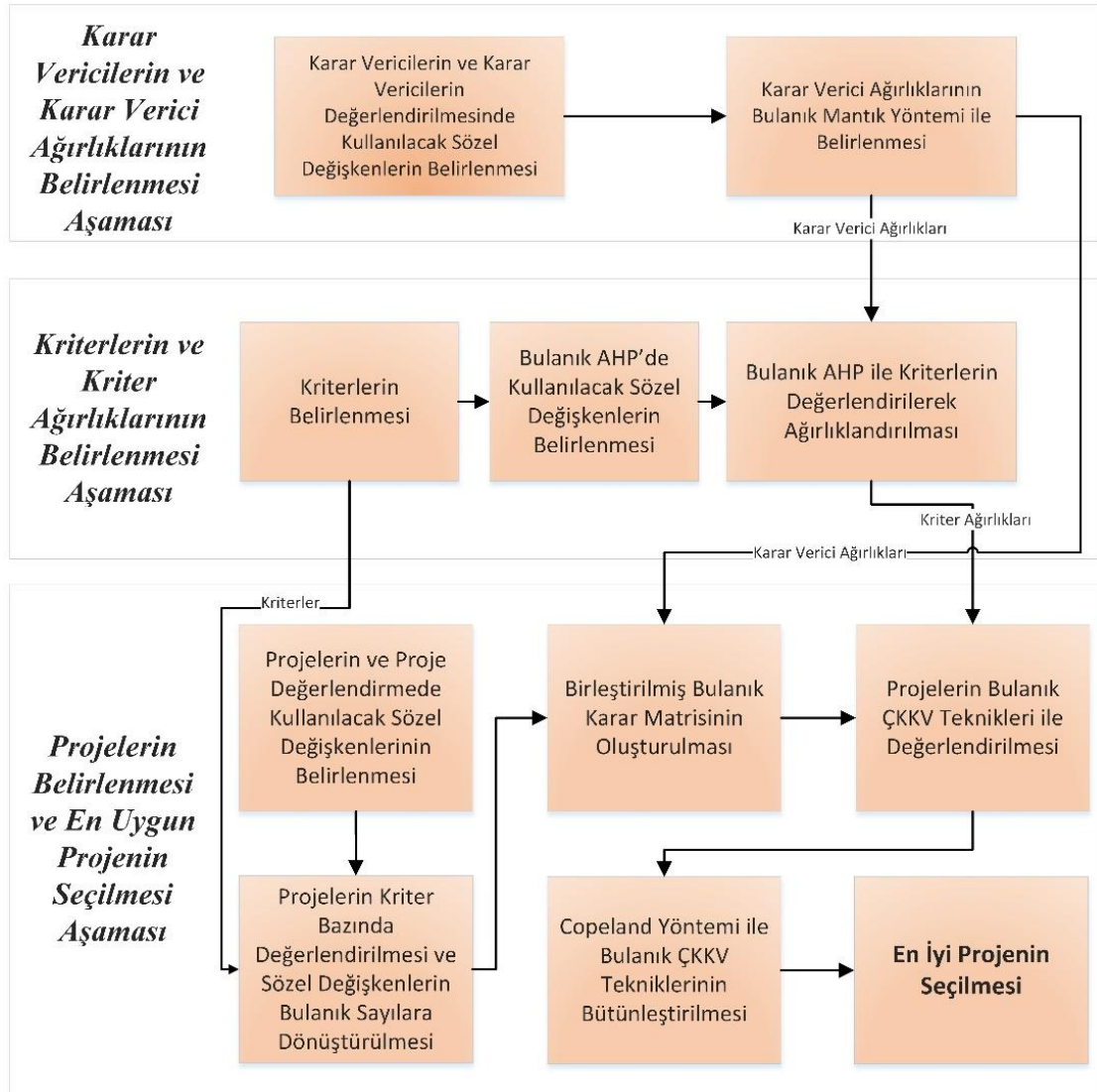
- Öncelikle literatürdeki kriterler ortaya konulacak ve bu doğrultuda 353 serisi dekantörle ilgili projeleri değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenecek,
- Bulanık AHP yöntemine ait sözel değişkenler belirlenecek,
- Anket yardımıyla her bir karar vericinin kriterleri değerlendirmeleri sağlanacak,
- Karar vericilerin vermiş oldukları cevaplar üçgensel bulanık sayılara dönüştürülecek,
- Karar vericilerin ağırlıkları da göz önünde bulundurularak, tek bir karar matrisi olacak şekilde birleştirilecek,
- Chang (1996)'in genişletilmiş sentetik analizi yöntemi uygulanarak, kriter ağırlıkları tespit edilecektir.

### *Aşama 3 – Projelerin Değerlendirilmesi*

- Karar vericilerle görüşme sağlanarak, 353 serisi dekantörler ve ona bağlı üretim sahası ile ilgili projeler ortaya koymaları sağlanacak,
- Bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS için kullanılacak sözel değişkenler belirlenecek,
- Karar vericilere, her bir proje için kriterlere göre değerlendirme yapmaları için anket uygulanacak,
- Her bir karar verici için elde edilen bulanık üçgensel sayılardan tek bir karar matrisi elde edilebilmesi için, karar verici ağırlıkları da dikkate alınarak birleştirme işlemi uygulanacak,
- Bulanık VIKOR yöntemi ile değerlendirme yapılarak, öncelikli proje belirlenecek,
- Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirme yapılarak, öncelikli proje belirlenecek,
- Bulanık COPRAS yöntemi ile değerlendirme yapılarak, öncelikli proje belirlenecek,
- Her üç yöntemin Copeland yöntemi ile bütünleştirilmesi yapılacak,
- En iyi proje önerisinde bulunulacaktır.



Yukarıda yer alan uygulama süreci, Şekil 3.3’de sunulmuştur.



Şekil 3.3 Çalışma İş Akış Planı

### 3.2.3. Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Proje Seçimine İlişkin Uygulama

Bir önceki alt başlıkta verilen çalışma yönteminde belirtilen adımlar uygulanarak, en iyi altı sigma projenin seçimi yapılacaktır.

### 3.2.3.1. Karar Vericilerin ve Karar Verici Ağırlıklarının Belirlenmesi

En uygun projenin seçilebilmesi için öncelikle karar vericilerin belirlenmesi ve her bir karar vericinin kararlardaki ağırlıklarının ortaya konulması gerekmektedir. Karar vericilerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması için Karar Verici Değerlendirme Komitesi (KVVK) oluşturulmuştur. Fabrika müdürü tarafından belirlenen komite üyeleri “Fabrika Müdürü”, “Üretim Planlama Müdürü” ve “İnsan Kaynakları Müdürü” şeklindedir. KVVK üyeleri ile yapılan görüşmeler sonrasında, kararlara katkı sağlayacak 13 karar verici (Çizelge 3.2) belirlenmiştir.

**Çizelge 3.2 HAUS Yetkili Personel Listesi**

Karar Verici	Unvanı	Karar Verici	Unvanı
kv <sup>1</sup>	Fabrika Müdürü	kv <sup>8</sup>	Kalite Kontrol Mühendisi
kv <sup>2</sup>	Üretim Planlama Müdürü	kv <sup>9</sup>	Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu
kv <sup>3</sup>	Satın Alma Müdürü	kv <sup>10</sup>	Helezon Bölümü Sorumlusu
kv <sup>4</sup>	İnsan Kaynakları Müdürü	kv <sup>11</sup>	Metot Bölümü Sorumlusu
kv <sup>5</sup>	Metot Müdürü	kv <sup>12</sup>	Montaj Bölümü Sorumlusu
kv <sup>6</sup>	Kalite Kontrol Müdürü	kv <sup>13</sup>	Depo Bölümü Sorumlusu
kv <sup>7</sup>	Dekantör Üretim Sahası Mühendisi		

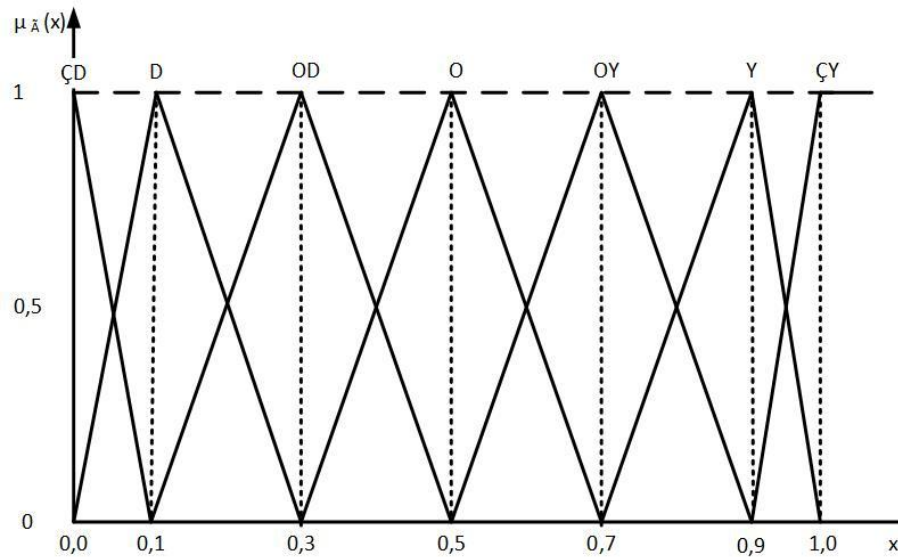
KVVK'dan kendileri de dâhil olmak üzere, Çizelge 3.2'deki her bir karar vericinin kararlardaki etki düzeylerini sözel değişkenlerle belirlemeleri istenmiştir. Bunun için Çizelge 3.3'de yer alan sözel değişkenler kullanılmıştır.

**Çizelge 3.3 Karar Vericiler için Kullanılan Sözel Değişkenler ve Bulanık Karşılıklar**

Sözel Değişkenler	Bulanık Karşılık		
Çok Düşük (ÇD)	0,0	0,0	0,1
Düşük (D)	0,0	0,1	0,3
Orta Düşük (OD)	0,1	0,3	0,5
Orta (O)	0,3	0,5	0,7
Orta Yüksek (OY)	0,5	0,7	0,9
Yüksek (Y)	0,7	0,9	1,0
Çok Yüksek (ÇY)	0,9	1,0	1,0

**Kaynak:** Chen, 2000: 5

Şekil 3.4'te karar vericiler için kullanılan sözel değişkenler ve sözel değişkenlere karşılık gelen bulanık sayıların üyelik fonksiyon grafiğine yer verilmiştir.



**Şekil 3.4 Sözel Değişkenlerin Bulanık Üyelik Fonksiyonları ile Gösterimi (Karar Verici İçin)**

Ek 2'deki anket yardımıyla, KVDK'nın her bir karar verici için atadığı sözel değişkenler, Çizelge 3.4'teki gibi şekillenmiştir.

**Çizelge 3.4 Karar Verici Değerlendirme Çizelgesi**

KVDK Karar Vericiler	Fabrika Müdürü	Planlama Müdürü	İnsan Kaynakları Müdürü
kv <sup>1</sup>	ÇY	ÇY	ÇY
kv <sup>2</sup>	ÇY	ÇY	Y
kv <sup>3</sup>	O	O	OY
kv <sup>4</sup>	OY	OD	OY
kv <sup>5</sup>	Y	OY	Y
kv <sup>6</sup>	ÇY	Y	Y
kv <sup>7</sup>	Y	O	OY
kv <sup>8</sup>	ÇY	Y	Y
kv <sup>9</sup>	Y	O	Y
kv <sup>10</sup>	OY	OY	O
kv <sup>11</sup>	Y	OY	Y
kv <sup>12</sup>	OY	Y	O
kv <sup>13</sup>	O	ÇD	OD

"Çok Düşük (ÇD)", "Orta Düşük (OD)", "Düşük (D)", "Orta (O)", "Orta Yüksek (OY)", "Yüksek (Y)" ve "Çok Yüksek (ÇY)"

KVDK tarafından belirlenen sözel değişkenler, Çizelge 3.5'teki gibi üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Çizelge 3.5 Karar Vericilerin Üçgensel Üyelik Fonksiyonları

KVVK Karar Vericiler	Fabrika Müdürü	Planlama Müdürü	İnsan Kaynakları Müdürü
kv <sup>1</sup>	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)
kv <sup>2</sup>	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>3</sup>	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
kv <sup>4</sup>	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.5, 0.7, 0.9)
kv <sup>5</sup>	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>6</sup>	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>7</sup>	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
kv <sup>8</sup>	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>9</sup>	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>10</sup>	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
kv <sup>11</sup>	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
kv <sup>12</sup>	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)
kv <sup>13</sup>	(0.3, 0.5, 0.7)	(0, 0, 0.1)	(0.1, 0.3, 0.5)

KVVK tarafından her bir karar verici için belirlenen üyelik fonksiyonlarının ardından; belirlenen bu bulanık sayıların birleştirilerek, birleştirilmiş üçgensel bulanık karar matrisinin oluşturulması ve daha sonra bunların durulaştırılması gerekmektedir. Bunun için KVVK'da yer alan üç komite üyesinin her bir karar verici için atadıkları bulanık sayılardan, Eşitlik 2.25 (Guiping ve diğerleri, 2007: 238) yardımıyla, birleştirilmiş üyelik fonksiyonları hesaplanmış ve Çizelge 3.7'de birleştirilmiş üyelik fonksiyonlarına yer verilmiştir. Ayrıca örnek teşkil etmesi adına; tüm üyelik değerleri farklı olan en son karar verici (kv<sup>13</sup>) için hesaplama adımları, Çizelge 3.6'da özet halinde gösterilmiştir.

**Çizelge 3.6 Birleştirilmiş Bulanık Üyelik Fonksiyonunun Bulunması**

	$l_{13}$	$m_{13}$	$u_{13}$
Fabrika Müdürü	0,3	0,5	<b>0,7</b>
Planlama Müdürü	<b>0</b>	0	0,1
İ.K. Müdürü	0,1	0,3	0,5
<b>kv<sup>13</sup> için Birleştirilmiş Bulanık Sayılar</b>	$\min\{l_{ij}\} = \mathbf{0}$	$\frac{1}{s} \sum_{kv=1}^s m_{ij}$ $= \frac{1}{3} (0,5 + 0 + 0,3)$ $= \mathbf{0,267}$	$\max\{u_{ij}\} = \mathbf{0,7}$

Çizelge 3.6 incelendiğinde;

- $l_{13}$ 'ün hesaplama işlemi: Her bir komite üyesinin karar verici için belirlediği bulanık kümelerin alt bulanık sayı değerlerinin en küçüğü, birleştirilmiş üyelik fonksiyonunun alt bulanık sayı değeri,
- $m_{13}$ 'ün hesaplama işlemi: Komite üyelerinin karar verici için belirlediği bulanık kümelerin orta bulanık sayı değerlerinin ortalaması, birleştirilmiş üyelik fonksiyonunun orta bulanık sayı değeri,
- $u_{13}$ 'ün hesaplama işlemi: Komite üyelerinin karar verici için belirledikleri bulanık kümelerin üst bulanık sayı değerlerinin en büyüğü, birleştirilmiş üyelik fonksiyonunun üst değeri olmaktadır.

Çizelge 3.6'da yer alan işlemler her bir karar verici için hesaplandığında elde edilen bulanık değerler Çizelge 3.7'deki gibi olmaktadır. Yukarıdaki örnekten yola çıkarak; kv<sup>13</sup>'ün bulanık üçgen sayı değerleri  $\tilde{w}_{13} = (l_{13}, m_{13}, u_{13}) = (0,000, 0,267, 0,700)$  şeklindedir.

Çizelge 3.7 Birleştirilmiş Bulanık Değerler

Karar Vericiler	En Düşük Skor ( <i>l</i> )	Ortalama Skor ( <i>m</i> )	En Yüksek Skor ( <i>u</i> )
kv <sup>1</sup>	0,900	1,000	1,000
kv <sup>2</sup>	0,700	0,967	1,000
kv <sup>3</sup>	0,300	0,567	0,900
kv <sup>4</sup>	0,100	0,567	0,900
kv <sup>5</sup>	0,500	0,833	1,000
kv <sup>6</sup>	0,700	0,933	1,000
kv <sup>7</sup>	0,300	0,700	1,000
kv <sup>8</sup>	0,700	0,933	1,000
kv <sup>9</sup>	0,300	0,767	1,000
kv <sup>10</sup>	0,300	0,633	0,900
kv <sup>11</sup>	0,500	0,833	1,000
kv <sup>12</sup>	0,300	0,700	1,000
kv <sup>13</sup>	0,000	0,267	0,700

Elde edilen birleştirilmiş üyelik fonksiyonlarının anlamlı sonuçlar verebilmesi için durulaştırılma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bunun için de Hsieh ve diğerleri (2004) tarafından önerilen ve Eşitlik 2.26'nın kullanıldığı En İyi Gerçek Sayı Değeri (Best Nonfuzzy Performance Value - BNP) durulaştırma yönteminden yararlanılmış ve sonuçlar Çizelge 3.8'e çıkarılmıştır.

kv<sup>13</sup> için hesaplama yapılacak olursa;

$$d'(BNP_{13}) = \frac{(u_{13}-l_{13})+(m_{13}-l_{13})}{3} + l_{13} = \frac{(0,700-0,000)+(0,267-0,000)}{3} + 0,000 = 0,322$$

şeklinde sonuca ulaşılabacaktır.

Çizelge 3.8 Karar Verici Gerçek Sayı Değerleri

Karar Vericiler	Fabrika Müdürü	Üretim Planlama Müdürü	Satın Alma Müdürü	İnsan Kaynakları Müdürü	Metot Müdürü	Kalite Kontrol Müdürü	Dekantör Üretim Sahası Mühendisi	Kalite Kontrol Mühendisi	Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu	Helezon Bölümü Sorumlusu	Metot Bölümü Sorumlusu	Montaj Bölümü Sorumlusu	Depo Bölümü Sorumlusu
	kv <sup>1</sup>	kv <sup>2</sup>	kv <sup>3</sup>	kv <sup>4</sup>	kv <sup>5</sup>	kv <sup>6</sup>	kv <sup>7</sup>	kv <sup>8</sup>	kv <sup>9</sup>	kv <sup>10</sup>	kv <sup>11</sup>	kv <sup>12</sup>	kv <sup>13</sup>
Kesin Değerler	0,967	0,889	0,589	0,522	0,778	0,878	0,667	0,878	0,689	0,611	0,778	0,667	0,322

Elde edilen gerçek sayı değerlerinin Eşitlik 2.27 ile normalizasyona tabi tutulması sonucunda karar vericilerin kararlardaki etkileri ortaya çıkacaktır.

kv<sup>13</sup> için normalizasyon hesaplaması yapılacak olursa;

$$w_{kv} = d(BNP_{13}) = \frac{d'(BNP_{13})}{\sum_{j=1}^m d'(BNP)} = \frac{0,322}{9,233} = 0,035$$

sonucuna ulaşılabacaktır. Bu durumda kv<sup>13</sup>'ün (depo bölümü sorumlusu) kararlardaki etki düzeyi 0,035'tir. Her bir karar verici için normalizasyon sonucundaki ağırlıkları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde kararlardaki en yüksek etkiye sahip karar vericinin 0,105 ağırlık değeri ile Fabrika Müdürü olduğu; en düşük etkiye sahip karar vericinin ise 0,035 ağırlık değeriyle Depo Bölümü Sorumlusu olduğunu görebiliriz.



Çizelge 3.9 Karar Verici Ağırlıkları

Karar Vericiler	Fabrika Müdürü	Üretim Planlama Müdürü	Satın Alma Müdürü	İnsan Kaynakları Müdürü	Metot Müdürü	Kalite Kontrol Müdürü	Dekantör Üretim Sahası Mühendisi	Kalite Kontrol Mühendisi	Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu	Helezon Bölümü Sorumlusu	Metot Bölümü Sorumlusu	Montaj Bölümü Sorumlusu	Depo Bölümü Sorumlusu
Karar Verici Ağırlıkları	$W_{kv}^1$	$W_{kv}^2$	$W_{kv}^3$	$W_{kv}^4$	$W_{kv}^5$	$W_{kv}^6$	$W_{kv}^7$	$W_{kv}^8$	$W_{kv}^9$	$W_{kv}^{10}$	$W_{kv}^{11}$	$W_{kv}^{12}$	$W_{kv}^{13}$
	0,105	0,096	0,064	0,057	0,084	0,095	0,072	0,095	0,075	0,066	0,084	0,072	0,035
Sıralama	1	2	11	12	5	3	9	3	7	10	5	8	13

Kriter ağırlıklarının bulanık AHP yöntemiyle belirlenmesi aşamasında ve ayrıca alternatiflerin (projelerin) seçilmesi safhasındaki tüm bulanık işlemlerde KVVK'nin karar vericiler için belirlemiş oldukları Çizelge 3.9'da özet halinde sunulan ağırlıklar kullanılmıştır.

### 3.2.3.2. Kriterlerin ve Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bu çalışmada altı sigma projelerinin seçimi için Copeland yöntemiyle bütünleştirilen bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Projelerin değerlendirilmesi belirlenen kriterler yardımıyla yapılmıştır.

Altı sigma projelerini değerlendirmede birçok kriter kullanılmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde, işletmelerin sektörlerine uygun olarak kriterleri seçtiği gözlenmiştir. Burada öncelikle altı sigma projelerini değerlendirmede kullanılan kriterlere yer verilmiş; daha sonra bu çalışma için seçilen ve uygun görülen kriterlere açıklık getirilerek, işletme için öneminden bahsedilmiştir.

Harry ve Schroeder (2000: 243–248) “Milyon Fırsatta Hata Sayısı”, “Net Maliyet Tasarrufu”, “Kalitesizlik Maliyeti”, “Çevrim Zamani”, “Müşteri Tatmini”, “Kapasite”, “İç Performans”, “Tedarikçi Kalitesi” ve “Tasarım için Altı Sigma” kriterlerinin proje seçiminde kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Pande ve diğeri (2004: 181) proje seçimi için üç kriterin yeterli olduğunu belirtmiştir. Bu kriterler, “Sonuçlar ve İş Kazançları”, “Yapılabilirlik” ve “Kurumsal Etki”dir.

Kazemi, Bahri ve Kazemi (2005: 505) ise altı sigma proje seçimi için; “Proje Maliyeti”, “Proje Süresi”, “Bilgi Elde Edebilme”, “Sigma Seviyesi”, “Üst Yönetim Taahhüdü”, “Ekip Üyeleri Motivasyonu”, “Proje Başarı Olasılığı”, “Müşteri Tatmini”, “Yatırımın Geri Dönüşü” ve “Maliyet Azaltma” kriterlerini kullanmışlardır.

Banuelas ve diğeri (2006: 520–521) altı sigma proje seçiminde altı kriter kullanmışlardır. Bunlar “Müşteri Etkisi”, “Finansal Etki”, “Üst Yönetim Taahhüdü”, “Ölçülebilir Olma ve Uygunluk”, “Öğrenme ve Gelişme” ve “İşletme Stratejisine ve Temel Yetkinliğe Bağlılık” şeklindedir.

Yang ve Hsieh (2008: 7595), Tayvan Ulusal Kalite Ödülü kriterleri olan 8 temel kriter ve bunlara bağlı 33 alt kriteri altı sigma proje seçiminde kullanmışlardır. 8 temel kriteri ise şu şekilde sıralamışlardır: “Liderlik”, “Stratejik Yönetim”, “Araştırma ve İnovasyon”, “Müşteri/Pazar İyileştirme”, “İnsan Kaynakları ve Bilgi Yönetimi”, “Bilgi Stratejisi Uygulaması ve Yönetimi”, “Süreç Yönetimi” ve “İş Sonuçları”.

Bilgen ve Şen (2012: 8) “Maliyet”, “Zaman”, “İşçilik”, “Tasarruf”, “Verimlilik”, “Hurda Sayısında Azalma”, “Kalite”, “Kapasite” ve “Enerji” kriterlerini altı sigma proje seçiminde kullanmışlardır.

Şentürk (2013: 42) Türkiye’de 5 farklı gıda tesisinde altı sigma proje değerlendirmesi yapmak üzere 8 kriter ortaya koymuştur. Bunlar; “Ürün Transferi”, “İnsan Kaynakları Yeterliliği”, “Coğrafik Konum”, “İşgücü Kalitesi”, “Arazi Maliyeti”, “Altı Sigma için Ayarlanabilir Teknoloji”, “Müşterilere Yakın Olma”, “Altı Sigma Eğitimi Almış Personel”, “Rakip Sayısı” ve “Altı Sigma Süreç Yeterlilikleri” şeklindedir.

Bu çalışmada altı sigma projelerinin seçimi için “Bilgiye Ulaşım”, “Değer Etkisi”, “Finansal Getiri”, “Maliyet Azaltma”, “Çalışan Motivasyonu”, “Müşteri Tatmini”, “Öğrenme ve Gelişme”, “Ölçülebilirlik”, “Proje Maliyeti”, “Proje Süresi”, “Sigma Seviyesi”, “Uygunluk”, “Verimlilik” ve “Yapılabilirlik” kriterleri seçilmiştir.

Çizelge 3.2'deki karar vericiler, işletme için uygun buldukları bu kriterleri literatürü de dikkate alarak belirlemişlerdir. Ayrıca Çizelge 3.10'da kriterlerin proje üzerindeki etkilerine ve kaynakçasına yer verilmiştir.

**Çizelge 3.10 Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Kriterleri**

KRİTERLER		KRİTER AÇIKLAMASI	KAYNAK
<i>K1</i>	<i>Başarı Olasılığı</i>	Projenin bitiminde başarılı olma olasılığına göre değerlendirilen yapıldığı kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K2</i>	<i>Bilgiye Ulaşım</i>	Proje ile ilgili olarak çalışanların bilgiye sahip olma durumlarının değerlendirildiği kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K3</i>	<i>Değer Etkisi</i>	Projenin katma değer yaratmayan işleri ortadan kaldırma ve tasarruf sağlama özelliğinin değerlendirildiği kriterdir.	İşletme Üst Yönetimi
<i>K4</i>	<i>Finansal Getiri</i>	Proje bitiminde finansal kazanç sağlama durumunun değerlendirildiği kriterdir.	Banuelas vd. (2006)
<i>K5</i>	<i>Maliyet Azaltma</i>	Projenin maliyetleri azaltma etkisinin ölçüldüğü kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K6</i>	<i>Çalışan Motivasyonu</i>	Projenin çalışan motivasyonunu artırma durumunu değerlendiren kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K7</i>	<i>Müşteri Tatmini</i>	Projenin, müşteri memnuniyeti arttırmadaki etkinliğini ölçen kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K8</i>	<i>Öğrenme ve Gelişme</i>	Proje ile çalışanların kişisel gelişim durumunu değerlendirme kriteridir.	Banuelas vd. (2006)
<i>K9</i>	<i>Ölçülebilirlik</i>	Proje ile ilgili nicel verilere ulaşım durumunun değerlendirildiği kriterdir.	Banuelas vd. (2006)
<i>K10</i>	<i>Proje Maliyeti</i>	Proje maliyetinin değerlendirildiği kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K11</i>	<i>Proje Süresi</i>	Projenin tamamlanma süresinin değerlendirildiği kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K12</i>	<i>Sigma Seviyesi</i>	Proje bitiminde sigma seviyesinde yükselme olma durumunun değerlendirildiği kriterdir.	Kazemi vd. (2005)
<i>K13</i>	<i>Uygunluk</i>	Projenin ekip çalışmasına uygunluğu ile ilgili değerlendirilen yapıldığı kriterdir.	Banuelas vd. (2006)
<i>K14</i>	<i>Verimlilik</i>	Projenin kapasite ve verimlilik artışının değerlendirildiği kriterdir.	Bilgen ve Şen (2012)
<i>K15</i>	<i>Yapılabilirlik</i>	Projenin uygulanabilirliğinin değerlendirildiği kriterdir.	Pande vd (2004)

Kriterlerin belirlenmesinin ardından, bu kriterlerin belirlenen bir yöntem vasıtasıyla ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. İnsani düşünce tarzını yansıtması, sözel ifadeleri sayısallaştırması ve farklı düşüncelerin ortak bir paydada birleştirmesi özelliği (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010: 25) ile ***Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi*** kriter ağırlıklarını belirlemek için seçilmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinde kullanılacak olan sözel değişkenler ve bulanık üyelik fonksiyonları Çizelge 3.11’de verilmiştir.

**Çizelge 3.11 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Sözel Değişkenleri ve Üyelik Fonksiyonları**

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Önemde	1, 1, 1	1/1, 1/1, 1/1
Biraz Daha Fazla Önemli	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Kuvvetli Derecede Önemli	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3
Çok Kuvvetli Derece Önemli	5, 7, 9	1/9, 1/7, 1/5
Aşırı Derecede Önemli	7, 9, 9	1/9, 1/9, 1/7

**Kaynak:** Kaptanoğlu ve Özok, 2010: 201

Bunun için öncelikle Ek 3’te yer alan “Kriter Değerlendirme Anketi”, karar vericilere birebir uygulanmıştır. Bu ankette karar vericilerden kriterler arası ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Karar vericilerin Ek 3’teki ankete “*Eşit Önemde*”, “*Biraz Daha Fazla Önemli*”, “*Kuvvetli Derecede Önemli*”, “*Çok Kuvvetli Derece Önemli*” ve “*Aşırı Derecede Önemli*” şeklindeki cevapları Çizelge 3.11 kullanılarak üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş ve sonuçlar Ek 4’te sunulmuştur. Kriterlerin nihai ağırlıklarını belirleyebilmek adına, tüm karar vericilerin Ek 4’te yer alan bulanık üçgensel üyelik fonksiyonlarının birleştirilerek tek bir bulanık üçgensel fonksiyona dönüştürülmesi gerekmektedir. Eşitlik 2.30 yardımıyla her bir karar vericinin Çizelge 3.9’deki ağırlıklarının, kriterler için vermiş oldukları bulanık önem düzeyleri ile çarpılarak toplanması sonucu birleştirilmiş bulanık sayılara ulaşılmıştır (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 Birleştirilmiş Bulanık Üyelik Fonksiyonları

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	<i>l</i>	1,00	1,28	0,53	0,52	0,40	2,19	0,60	1,36	0,46	1,30	0,81	0,64	0,50	0,25	0,16
	<i>m</i>	1,00	2,10	1,14	0,80	0,83	4,00	1,29	3,17	0,91	2,13	1,66	1,47	1,33	0,52	0,23
	<i>u</i>	1,00	3,15	1,93	1,38	1,61	5,74	2,15	4,98	1,57	3,04	2,77	2,59	2,46	1,24	0,52
K2	<i>l</i>	0,68	1,00	0,51	0,43	0,43	1,41	0,48	1,71	0,44	0,84	0,89	0,76	0,90	0,45	0,17
	<i>m</i>	1,60	1,00	0,74	1,12	0,67	3,41	1,17	3,57	1,16	1,56	2,22	2,08	2,23	1,01	0,27
	<i>u</i>	2,60	1,00	1,08	2,00	1,10	5,41	2,03	5,42	2,10	2,61	3,60	3,45	3,67	1,75	0,70
K3	<i>l</i>	1,42	1,95	1,00	0,49	0,57	2,66	1,27	1,78	1,01	1,20	1,33	1,11	0,76	0,68	0,47
	<i>m</i>	2,58	3,11	1,00	1,19	1,12	4,66	1,82	3,71	2,23	2,17	3,26	2,55	2,22	1,22	0,96
	<i>u</i>	3,89	4,33	1,00	2,06	1,95	6,66	2,73	5,64	3,61	3,31	5,21	4,05	3,78	1,87	1,55
K4	<i>l</i>	1,61	2,36	1,62	1,00	1,58	2,64	0,62	2,05	0,88	2,13	2,05	1,38	1,56	1,36	0,59
	<i>m</i>	3,26	3,76	2,89	1,00	3,00	4,45	1,47	3,86	2,27	3,94	3,70	2,65	2,79	2,27	0,92
	<i>u</i>	4,91	5,13	4,33	1,00	4,41	6,06	2,47	5,53	3,78	5,76	5,20	4,08	4,08	3,29	1,43
K5	<i>l</i>	1,08	2,41	0,81	0,42	1,00	2,96	0,60	0,92	0,64	0,69	0,54	0,88	1,15	0,18	0,37
	<i>m</i>	2,59	3,78	1,92	0,49	1,00	4,77	1,13	2,60	1,52	1,75	1,39	2,03	2,01	0,28	0,43
	<i>u</i>	4,19	5,06	3,15	0,85	1,00	6,58	2,00	4,30	2,64	2,98	2,50	3,32	2,93	0,76	0,71
K6	<i>l</i>	0,25	0,19	0,16	0,43	0,61	1,00	0,28	0,58	0,16	0,16	0,45	0,17	0,17	0,36	0,14
	<i>m</i>	0,33	0,31	0,24	0,69	0,87	1,00	0,66	0,64	0,23	0,23	0,73	0,26	0,27	0,91	0,20
	<i>u</i>	0,68	0,86	0,58	1,18	1,29	1,00	1,12	0,94	0,52	0,52	1,30	0,67	0,72	1,54	0,44
K7	<i>l</i>	1,83	1,89	1,01	1,09	1,20	3,20	1,00	2,28	1,94	0,95	1,47	1,54	2,13	1,47	0,75
	<i>m</i>	3,22	3,16	2,57	2,05	2,77	4,89	1,00	3,67	3,20	2,51	3,03	2,94	3,57	2,51	1,54
	<i>u</i>	4,75	4,46	4,13	3,24	4,44	6,37	1,00	5,04	4,45	4,09	4,61	4,52	5,12	3,62	2,51
K8	<i>l</i>	0,27	0,24	0,21	0,45	0,52	1,19	0,42	1,00	0,18	0,47	0,46	0,44	0,29	0,49	0,14
	<i>m</i>	0,37	0,34	0,31	0,73	0,83	2,22	0,92	1,00	0,30	0,82	0,75	0,72	0,64	1,04	0,19
	<i>u</i>	0,88	0,76	0,78	1,33	1,58	3,25	1,53	1,00	0,81	1,45	1,42	1,31	1,34	1,72	0,38
K9	<i>l</i>	1,50	1,51	0,52	0,84	0,67	2,82	0,65	1,57	1,00	1,02	1,86	1,43	0,77	0,69	0,33
	<i>m</i>	2,82	2,91	1,12	1,57	1,62	4,82	1,34	3,57	1,00	2,14	3,67	2,73	2,23	1,49	0,49
	<i>u</i>	4,25	4,47	2,00	2,62	2,80	6,67	2,19	5,57	1,00	3,40	5,48	4,09	3,82	2,39	0,72
K10	<i>l</i>	0,69	1,03	1,10	0,44	0,78	2,67	0,83	1,80	0,56	1,00	1,05	0,78	0,39	0,39	0,33
	<i>m</i>	1,77	2,42	2,08	0,71	1,62	4,67	1,37	3,55	1,22	1,00	2,78	1,41	0,98	0,98	0,36
	<i>u</i>	2,98	3,94	3,17	1,21	2,73	6,67	2,30	5,32	2,10	1,00	4,53	2,12	1,86	1,88	0,44
K11	<i>l</i>	0,68	1,03	0,22	0,51	0,89	1,75	0,81	1,39	0,25	0,88	1,00	0,63	0,23	0,20	0,33
	<i>m</i>	1,68	1,82	0,40	0,78	2,09	3,56	1,34	3,20	0,34	1,18	1,00	1,78	0,34	0,28	0,36
	<i>u</i>	2,84	2,90	1,02	1,28	3,50	5,38	2,13	5,02	0,71	1,73	1,00	3,07	0,82	0,58	0,44
K12	<i>l</i>	0,85	1,17	0,70	0,68	0,98	2,37	0,43	2,11	0,60	1,16	0,96	1,00	0,93	0,65	0,24
	<i>m</i>	2,14	1,81	1,22	1,52	1,94	4,37	1,14	3,92	0,99	1,88	1,93	1,00	2,32	1,39	0,35
	<i>u</i>	3,60	2,80	2,08	2,55	3,17	6,37	2,02	5,74	1,65	2,75	3,20	1,00	3,89	2,45	0,81
K13	<i>l</i>	0,84	0,91	0,64	0,49	0,72	2,26	0,40	1,72	0,50	1,27	1,75	0,46	1,00	0,88	0,35
	<i>m</i>	2,14	1,70	1,31	0,75	1,04	4,26	0,91	3,48	1,17	2,79	3,62	1,19	1,00	1,45	0,41
	<i>u</i>	3,64	2,78	2,35	1,21	1,54	6,12	1,55	5,30	2,23	4,46	5,50	2,24	1,00	2,17	0,68
K14	<i>l</i>	1,13	1,99	1,41	1,38	1,96	2,73	1,02	2,63	1,52	1,20	3,08	1,02	1,85	1,00	0,56
	<i>m</i>	2,99	3,33	2,21	2,19	3,96	4,26	1,71	4,15	2,61	2,73	4,96	2,40	3,36	1,00	0,61
	<i>u</i>	4,89	4,80	3,14	2,91	5,96	5,92	2,52	5,78	3,87	4,39	6,83	3,91	4,88	1,00	0,81
K15	<i>l</i>	2,84	2,14	2,49	1,61	2,59	3,82	0,84	3,89	2,90	3,28	3,31	1,56	2,25	1,58	1,00
	<i>m</i>	4,84	4,14	3,75	2,63	4,08	5,82	1,68	5,89	4,46	4,83	4,86	3,41	3,80	2,64	1,00
	<i>u</i>	6,69	6,14	4,92	3,52	5,22	7,32	2,70	7,32	6,05	6,12	6,20	5,26	5,35	3,71	1,00

Birleştirilmiş bulanık üyelik fonksiyonlarından yararlanarak, kriter ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, birçok bulanık AHP uygulamalarında kullanılmış olan Chang (1996: 650–651)'in genişletilmiş analiz yöntemi tercih edilmiştir. Chang'ın genişletilmiş analiz yönteminin bu çalışmada uygulanışı ise aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir:

Öncelikle Eşitlik 2.31 yardımıyla her bir kriter için bulanık sentetik genişletilmiş değeri bulunmuştur.  $S_i$  formülünde yer alan  $\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j$  değerini elde etmek için  $m$  genişletilmiş analiz değerine Eşitlik 2.32'deki bulanık toplama işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.12'de  $i=1$  için hesaplama adımları örnek olması bağlamında şu şekilde yapılmıştır.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{15} \tilde{M}_{g_i}^j = & (1, 1, 1) \oplus (1.285, 2.097, 3.147) \oplus (0.533, 1.139, 1.927) \oplus (0.519, 0.798, 1.382) \\ & \oplus (0.398, 0.831, 1.612) \oplus (2.187, 3.996, 5.736) \oplus (0.597, 1.294, 2.147) \oplus (1.363, 3.173, 4.983) \oplus \\ & (0.462, 0.909, 1.567) \oplus (1.304, 2.128, 3.041) \oplus (0.811, 1.662, 2.767) \oplus (0.640, 1.466, 2.592) \oplus (0.497, \\ & 1.328, 2.458) \oplus (0.254, 0.520, 1.235) \oplus (0.156, 0.231, 0.521) \end{aligned}$$

Böylece;  $\sum_{j=1}^{15} \tilde{M}_{g_i}^j = (12.007, 22.571, 36.116)$  olarak hesaplanmaktadır. Diğer kriterler için de aynı hesaplama yöntemi uygulanmıştır.

$S_i$ 'ye ulaşmada kullanılan diğer çarpan olan  $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$ 'i elde edebilmek için Eşitlik 2.33'ten yararlanılmaktadır.

Örnek olarak  $i=1$  için yapılan hesaplamalar sonucunda;

$$[\sum_{i=1}^1 \sum_{j=1}^{15} \tilde{M}_{g_i}^j]^{-1} = (0.0015, 0.0022, 0.0041) \text{ şeklinde bulunmuştur.}$$

Eşitlik 2.31 yardımıyla, tüm kriterler için hesaplanan sentez değerleri Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.13 Hesaplama Sonucuna Göre Sentez Değerleri

Kriterler	$\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j$			$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \right]^{-1}$			Sentez Değerler			
	$\sum_{j=1}^n l_j$	$\sum_{j=1}^n m_j$	$\sum_{j=1}^n u_j$	$\frac{1}{\sum_{j=1}^n u_j}$	$\frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j}$	$\frac{1}{\sum_{j=1}^n l_j}$				
<b>K1</b>	12,007	22,571	36,116	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S1</b>	0,018	0,092	0,147
<b>K2</b>	11,112	23,813	38,526	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S2</b>	0,016	0,053	0,157
<b>K3</b>	17,689	33,803	51,657	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S3</b>	0,026	0,076	0,210
<b>K4</b>	23,425	42,216	61,462	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S4</b>	0,035	0,094	0,250
<b>K5</b>	14,631	27,706	42,959	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S5</b>	0,022	0,062	0,175
<b>K6</b>	5,103	7,575	13,359	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S6</b>	0,008	0,017	0,054
<b>K7</b>	23,738	42,637	62,345	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S7</b>	0,035	0,095	0,253
<b>K8</b>	6,762	11,172	19,533	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S8</b>	0,010	0,025	0,079
<b>K9</b>	17,179	33,511	51,470	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S9</b>	0,025	0,075	0,209
<b>K10</b>	13,847	26,939	42,260	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S10</b>	0,020	0,060	0,172
<b>K11</b>	10,808	20,138	32,439	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S11</b>	0,016	0,045	0,132
<b>K12</b>	14,837	27,918	44,070	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S12</b>	0,022	0,062	0,179
<b>K13</b>	14,208	27,217	42,765	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S13</b>	0,021	0,061	0,174
<b>K14</b>	24,492	42,451	61,617	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S14</b>	0,036	0,095	0,251
<b>K15</b>	36,103	57,828	77,516	0,0015	0,0022	0,0041	<b>S15</b>	0,053	0,129	0,315

Sentez değerlerinin elde edilmesinden sonra, her ikili sentetik değer için;  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi olan  $V(M_2 \geq M_1)$  hesaplanmıştır. Bunun için Çizelge 3.14'te verilen her bir olabilirlik derecesi Eşitlik 2.36 kullanılmıştır.

Örneğin,

$M_1 = S_{K1} = (0.018, 0.092, 0.147)$  ve  $M_2 = S_{K2} = (0.016, 0.053, 0.157)$  olmak üzere;  $V(S_{K2} \geq S_{K1})$  değeri,  $m_2 \leq m_1$  ( $0.053 \leq 0.092$ ) ve  $l_1 \leq u_2$  ( $0.018 \leq 0.157$ ) olması nedeniyle  $\frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}$  formülü yardımıyla;  $\frac{0.018 - 0.157}{(0.053 - 0.157) - (0.092 - 0.018)} = 0.783$  olarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan her bir olabilirlik derecesi Çizelge 3.14'te tablo halinde sunulmuştur.

**Çizelge 3.14 Kriterler için Ağırlık Vektörünün Hesaplanması**

$i = 1,2,3,\dots,15$	$S_{K1}$	$S_{K2}$	$S_{K3}$	$S_{K4}$	$S_{K5}$	$S_{K6}$	$S_{K7}$	$S_{K8}$	$S_{K9}$	$S_{K10}$	$S_{K11}$	$S_{K12}$	$S_{K13}$	$S_{K14}$	$S_{K15}$	MIN
$V(S_{K1} \geq S_{Ki})$		1,000	1,000	0,978	1,000	1,000	0,970	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,973	0,714	0,714
$V(S_{K2} \geq S_{Ki})$	0,783		0,854	0,748	0,939	1,000	0,743	1,000	0,858	0,951	1,000	0,936	0,947	0,743	0,576	0,576
$V(S_{K3} \geq S_{Ki})$	0,922	1,000		0,903	1,000	1,000	0,899	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,745	0,745
$V(S_{K4} \geq S_{Ki})$	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,849	0,849
$V(S_{K5} \geq S_{Ki})$	0,840	1,000	0,916	0,812		1,000	0,807	1,000	0,920	1,000	1,000	0,997	1,000	0,808	0,643	0,643
$V(S_{K6} \geq S_{Ki})$	0,328	0,511	0,325	0,203	0,421		0,198	0,847	0,333	0,439	0,578	0,416	0,432	0,189	0,009	0,009
$V(S_{K7} \geq S_{Ki})$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,855	0,855
$V(S_{K8} \geq S_{Ki})$	0,480	0,691	0,513	0,393	0,610	1,000	0,387		0,520	0,626	0,760	0,606	0,620	0,383	0,201	0,201
$V(S_{K9} \geq S_{Ki})$	0,919	1,000	0,996	0,900	1,000	1,000	0,895	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	0,897	0,742	0,742
$V(S_{K10} \geq S_{Ki})$	0,830	1,000	0,905	0,801	0,989	1,000	0,796	1,000	0,909		1,000	0,986	0,996	0,797	0,632	0,632
$V(S_{K11} \geq S_{Ki})$	0,709	0,934	0,776	0,664	0,867	1,000	0,658	1,000	0,781	0,880		0,864	0,875	0,658	0,483	0,483
$V(S_{K12} \geq S_{Ki})$	0,846	1,000	0,921	0,819	1,000	1,000	0,814	1,000	0,925	1,000	1,000		1,000	0,815	0,653	0,653
$V(S_{K13} \geq S_{Ki})$	0,835	1,000	0,909	0,806	0,993	1,000	0,801	1,000	0,914	1,000	1,000	0,990		0,802	0,638	0,638
$V(S_{K14} \geq S_{Ki})$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,852	0,852
$V(S_{K15} \geq S_{Ki})$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000

Eşitlik 2.37 yardımıyla her bir olabilirlik derecesinin minimum değerleri bulunarak ağırlık vektörü (Eşitlik 2.39) hesaplanmaktadır. Örnek olarak, Çizelge 3.14'teki ilk satırda yer alan  $V(S_{K2} \geq S_{Ki})$ 'nin minimum olabilirlik derecesi;

$d'(S_{K1}) = \min V(S_{K1} \geq S_{K2}, S_{K3}, S_{K4}, S_{K5}, S_{K6}, S_{K7}, S_{K8}, S_{K9}, S_{K10}, S_{K11}, S_{K12}, S_{K13}, S_{K14}, S_{K15}) = 0,714$  olarak bulunmaktadır. Her bir minimum olabilirlik derecesi Çizelge 3.14'teki son sütunda gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlar kriterlerin ağırlık vektörünü  $(W' = (d'(S_{K1}), d'(S_{K2}), \dots, d'(S_{K_n}))^T)$  oluşturmaktadır. Çizelge 3.15 ağırlık vektörü  $W'$ 'yi özet halde göstermektedir.



**Çizelge 3.15 Kriterlerin Ağırlık Vektörü**

$d'(S_{K1})$	$d'(S_{K2})$	$d'(S_{K3})$	$d'(S_{K4})$	$d'(S_{K5})$	$d'(S_{K6})$	$d'(S_{K7})$	$d'(S_{K8})$	$d'(S_{K9})$	$d'(S_{K10})$	$d'(S_{K11})$	$d'(S_{K12})$	$d'(S_{K13})$	$d'(S_{K14})$	$d'(S_{K15})$
0,714	0,576	0,745	0,849	0,643	0,009	0,855	0,201	0,742	0,632	0,483	0,653	0,638	0,852	1,000

Çizelge 3.15'teki ağırlık vektörlerinin anlamlı hale gelebilmesi için normalize edilmesi gerekmektedir. Bunun için de Eşitlik 2.40 kullanılarak, normalize edilmiş kriterler ağırlıklarına ulaşılmıştır (Çizelge 3.16).

**Çizelge 3.16 Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları**

$d(S_{K1})$	$d(S_{K2})$	$d(S_{K3})$	$d(S_{K4})$	$d(S_{K5})$	$d(S_{K6})$	$d(S_{K7})$	$d(S_{K8})$	$d(S_{K9})$	$d(S_{K10})$	$d(S_{K11})$	$d(S_{K12})$	$d(S_{K13})$	$d(S_{K14})$	$d(S_{K15})$
0,07445	0,06008	0,07765	0,08853	0,06706	0,00099	0,08913	0,02092	0,07731	0,06589	0,05034	0,06810	0,06652	0,08878	0,10424

Elde edilen bu değerler, bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık COPRAS yöntemlerinde projelerin değerlendirme aşamasında kriter ağırlıkları olarak kullanılmıştır.

### 3.2.3.3. Projelerin Bulanık Yöntemler ile Değerlendirilmesi

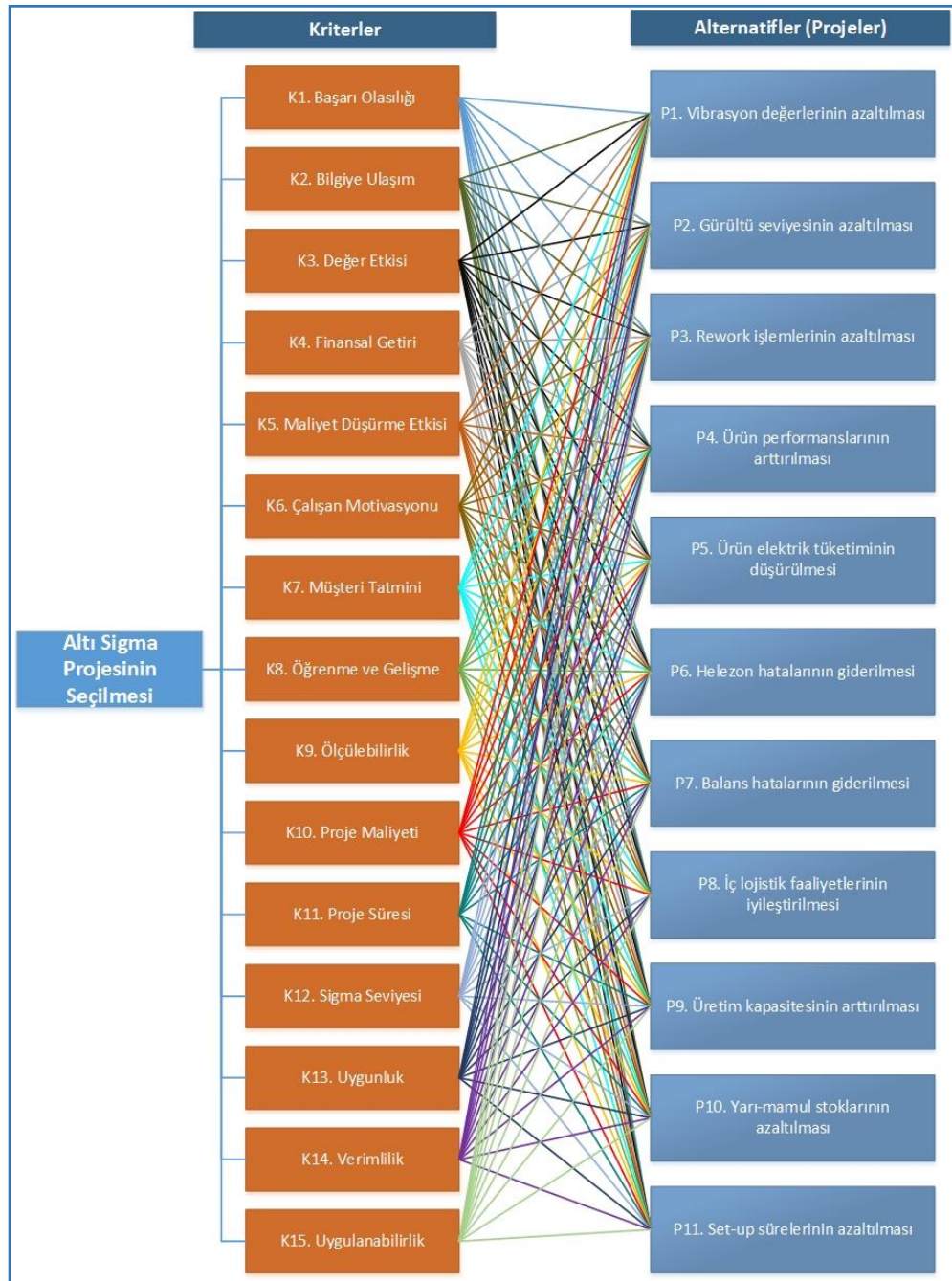
Karar vericilerden işletme içerisinde yaşanan problemler ve iyileştirme ihtiyacı görülen alanlarla ilgili projeler ortaya koymaları istenmiştir. Projelerin belirlenmesindeki temel faktör olarak; dekantör ile bağlantılı olması ve işletmeye yüksek katkılar sağlaması olarak belirlenmiştir. Karar vericiler ile yapılan görüşmeler sonunda, dekantör ve onunla ilişkili olan üretim sahası ile ilgili karşılaşılan temel problemleri ortadan kaldıracak 11 projenin hayata geçirilmesi gerektiği fikrine ulaşılmıştır.

Düşük katkıya sahip olduğu düşünülen projeler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Çizelge 3.17, karar vericiler tarafından ortaya konulan altı sigma projelerini ve işletmeye ne şekilde katkı sağlayacağını göstermektedir. Ayrıca çalışmada kolaylık sağlaması bakımından her bir proje ( $P_1$ ) ile simgelenmiştir.

Çizelge 3.17 Belirlenen Altı Sigma Projeleri

PROJELER		PROJE AÇIKLAMASI
P1	<i>Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması</i>	Dekantörde oluşan vibrasyon değerlerinin yüksek olduğu ve bu durumun müşteri memnuniyetsizliğine yol açtığı görüşü ortaya konmuştur. Burada yapılabilecek iyileştirmelerin müşteri tatmini sağlamanın yanında, sektördeki vibrasyon ortalamasının daha da altına inilmesi gerektiği belirtilmiştir
P2	<i>Gürültü Seviyesinin Azaltılması</i>	Dekantör, saatlerce hatta günlerce çalıştırılan bir ürün olması nedeniyle, dekantördeki ses seviyesinin müşteri sağlığına olumsuz etkide bulunacağı ve müşteri tatmini sağlamak için dekantördeki gürültü seviyesini azaltmaya yönelik iyileştirici faaliyet yapılması gerektiği belirtilmiştir
P3	<i>Rework İşlemlerinin Azaltılması</i>	Yarı mamul üretim sürecinde çok fazla sayıda rework işleminin olduğundan söz edilmiştir. Bu durumun finansal olarak işletmeye yüksek maliyet getirdiği ve çalışan motivasyonunu azalttığı görüşünden hareketle rework işlemlerinin azaltılması gerektiği belirtilmiştir
P4	<i>Ürün Performanslarının Arttırılması</i>	Dekantörden elde edilen mahsulün artışı için üründe iyileştirme yapılabileceği, bunun da müşteri memnuniyeti sağlayacağı belirtilmiştir
P5	<i>Ürün Elektrik Tüketiminin Düşürülmesi</i>	Dekantör doğası gereği uzun süre çalışan bir makine olduğundan, elektrik tüketimini azaltabilecek iyileştirme faaliyeti yapılmalıdır
P6	<i>Helezon Hatalarının Giderilmesi</i>	Dekantörde en çok hatanın meydana geldiği kısmın helezon olduğu; burada yapılacak bir iyileştirmenin finansal kazanç sağlayacağı düşüncesi ortaya atılmıştır
P7	<i>Balans Hatalarının Giderilmesi</i>	Dekantörde en çok ikinci hatanın balans kısmında meydana geldiği belirtilmiştir. Burada iyileştirme yapılması gerektiği fikri ortaya atılmıştır
P8	<i>İç Lojistik Faaliyetlerinin İyileştirilmesi</i>	Yarı-mamullerin işletme içerisinde çok fazla birime uğrayarak işleme ya da kontrole tabi tutulması nedeniyle işletme yerleşim planının tekrar gözden geçirilerek iyileştirilme faaliyeti yapılması gerektiği belirtilmiştir
P9	<i>Üretim Kapasitesinin Arttırılması</i>	Günlük dekantör üretiminin 1,5 olduğu işletmede, kapasite artışı için iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır
P10	<i>Yarı-Mamul Stoklarının Azaltılması</i>	İşletme içerisinde bazı kısımlarda yarı-mamüller beklemektedir. Söz konusu bu stokların azaltılması için iyileştirme çalışmasına ihtiyaç vardır
P11	<i>Set-Up Sürelerinin Azaltılması</i>	Set-up süreleri azaltılarak, tezgâhtan daha çok verim alınması gerektiği fikri ortaya atılmıştır

Kriter ve projelerin belirlenmesi sonrası en iyi projeyi seçebilmek için kurulacak hiyerarşik yapı ise Şekil 3.5'teki gibi olacaktır.



**Şekil 3.5 Altı Sigma Proje Seçimi Hiyerarşik Yapısı**

Bu aşamadan itibaren projeler arasından en uygun projenin seçimi yapılacaktır. Bunun için de çalışmada ele alınan bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık

COPRAS yöntemlerinin Copeland sıralama yöntemi ile bütünleştirilmesi ile elde edilen skorlar en iyi projenin seçimini sağlayacaktır.

Bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinin aşamaları bölüm 2.4'te anlatılmış, her bir yöntemde benzer notasyon kullanılarak karmaşıklığa izin verilmemiştir. Bölüm 2.4'te üç yöntem için de ilk dört adımın aynı olduğu; 5. adımdan itibaren farklılık gösterdiği görülebilmektedir. O sebeple çalışmada öncelikle ilk dört adım ele alınacak; daha sonra diğer adımların uygulamalarına yöntem başlıkları altında devam edilmiştir.

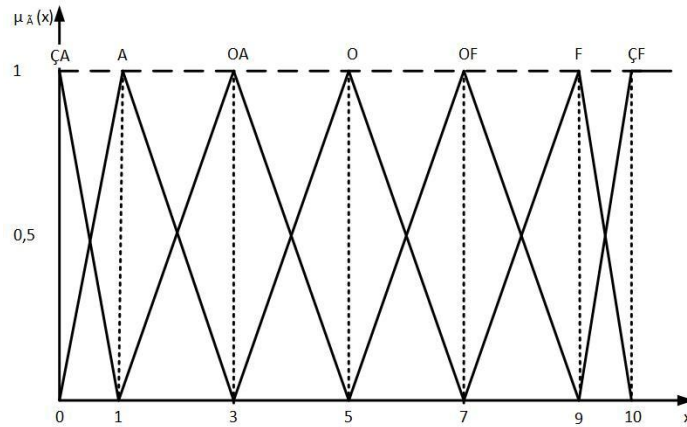
Öncelikle her üç yöntem için de kullanılacak sözel ifadeler ve bulanık karşılıkları Çizelge 3.18'deki gibi belirlenmiştir. Şekil 3.6 proje seçimi için kullanılan sözel değişken ve sözel değişkenlerin bulanık karşılığını görsel olarak vermektedir. Karar vericilerden, her bir projeyi kriterlere göre değerlendirmeleri istenmiştir. Bunun için Ek 5'teki anket formu, tüm karar vericilerle birebir görüşme yapılarak doldurulmuştur. Karar vericilerden elde edilen değerlendirmeler sözel ifadelerdir. Sözel ifadeler, bulanık üçgen sayılara dönüştürülerek, her bir karar vericiye ait proje bazlı değerlendirmeler

Ek 6'da sunulmuştur..

**Çizelge 3.18 Proje Seçimi için Kullanılan Sözel Değişkenler ve Bulanık Karşılıklar**

Sözel Değişkenler	Bulanık Karşılık		
Çok Az (ÇA)	0	0	1
Az (A)	0	1	3
Orta Az (OA)	1	3	5
Orta (O)	3	5	7
Orta Fazla (OF)	5	7	9
Fazla (F)	7	9	10
Çok Fazla (ÇF)	9	10	10

**Kaynak:** Chen, 2000: 5



**Şekil 3.6 Proje Seçiminde Kullanılan Sözel Değişkenlerinin Bulanık Üyelik Fonksiyonları ile Gösterimi**

Ek 6'daki karar vericilere ait değerlendirmeler bireyseldir. Grup kararının söz konusu olması için, Eşitlik 2.43 yardımıyla tek bir karar matrisi olacak şekilde tüm bireysel karar matrisleri birleştirilmiştir. Örnek teşkil etmesi bakımından, Kriter 1'e göre Proje 1 için ( $\tilde{x}_{11}$ ) birleştirme işlemi ele alınacak olursa;

$w_{kv}^s$ ,  $s$ . karar vericinin ağırlığını göstermek üzere,

$\tilde{x}_{ij} = [w_{kv}^1 \otimes \tilde{x}_{ij}^1 + w_{kv}^2 \otimes \tilde{x}_{ij}^2 + \dots \dots + w_{kv}^s \otimes \tilde{x}_{ij}^s]$  eşitliğinden,

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{11} = & [(0,105 \otimes (3,5,7)) + (0,096 \otimes (5,7,9)) + (0,064 \otimes (5,7,9)) \\ & + (0,057 \otimes (5,7,9)) + (0,084 \otimes (5,7,9)) + (0,095 \otimes (5,7,9)) \\ & + (0,072 \otimes (5,7,9)) + (0,095 \otimes (7,9,10)) + (0,075 \otimes (7,9,10)) \\ & + (0,066 \otimes (7,9,10)) + (0,084 \otimes (5,7,9)) + (0,072 \otimes (5,7,9)) \\ & + (0,035 \otimes (3,5,7))] \end{aligned}$$

$\tilde{x}_{11} = (5.193, 7.193, 8.957)$  sonucuna ulaşılmaktadır. Tüm  $\tilde{x}_{ij}$  hesaplama işlemleri MS Excel programı kullanılarak yapılmış ve Çizelge 3.19'da verilmiştir. Böylece karar vericilerin bireysel tutumları, tek bir karar matrisi olacak şekilde birleştirilmiştir.

Çizelge 3.19 Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriterler:		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Kriter Ağırlıkları		0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,050	0,068	0,067	0,089	0,104
Projeler																
Proje 1 (P1)	l	5.193	4.261	4.942	6.403	5.212	5.113	7.082	5.465	5.994	3.845	5.424	5.806	5.753	6.227	6.742
	m	7.193	6.165	6.732	8.118	7.137	7.041	8.788	7.318	7.854	5.845	7.277	7.653	7.681	7.946	8.395
	u	8.957	7.954	8.026	9.128	8.767	8.587	9.663	8.718	9.177	7.641	8.709	9.039	8.992	9.131	9.422
Proje 2 (P2)	l	5.426	5.469	4.221	5.120	3.934	4.812	6.167	3.919	6.078	5.710	3.862	5.936	6.217	4.372	5.087
	m	7.351	7.469	5.919	7.036	5.763	6.557	7.988	5.845	8.004	7.474	5.770	7.797	7.928	6.276	7.087
	u	8.738	8.940	7.421	8.534	7.341	8.078	9.057	7.448	9.208	8.685	7.528	8.994	9.096	8.005	8.602
Proje 3 (P3)	l	4.945	3.826	6.183	6.685	6.495	5.691	3.798	4.433	5.258	2.201	4.588	6.620	4.105	6.105	4.047
	m	6.910	5.826	7.827	8.566	8.271	7.616	5.584	6.264	7.201	4.030	6.588	8.297	5.958	7.710	6.047
	u	8.514	7.444	8.998	9.723	9.375	8.948	7.211	7.805	8.640	5.946	8.347	9.279	7.650	8.791	7.716
Proje 4 (P4)	l	5.055	3.141	4.496	8.872	3.357	4.314	5.958	3.451	3.752	5.237	3.830	5.217	4.887	5.273	3.942
	m	6.924	4.961	6.244	9.936	5.190	6.099	7.554	5.141	5.622	7.046	5.563	7.004	6.887	6.856	5.773
	u	8.398	6.676	7.584	10.000	6.870	7.550	8.479	6.615	7.339	8.385	7.161	8.300	8.431	8.030	7.375
Proje 5 (P5)	l	4.218	4.042	1.889	5.884	1.817	2.527	6.297	2.465	5.142	5.939	4.396	2.066	3.286	1.918	3.592
	m	6.143	5.986	2.764	7.161	3.150	4.432	8.041	4.285	7.067	7.673	6.225	4.066	5.058	2.960	5.508
	u	7.674	7.681	4.066	8.054	4.815	6.266	9.075	6.211	8.489	8.810	7.852	6.031	6.761	4.320	7.344
Proje 6 (P6)	l	5.347	3.715	7.378	6.786	6.403	5.455	5.484	4.006	5.303	6.564	3.881	8.153	6.131	7.116	3.910
	m	7.143	5.568	9.020	8.514	7.887	7.324	7.224	5.803	7.303	8.298	5.750	9.492	8.075	8.856	5.818
	u	8.354	7.176	9.747	9.410	8.677	8.639	8.473	7.361	8.888	9.444	7.331	9.916	9.276	9.734	7.407
Proje 7 (P7)	l	5.144	4.882	6.492	6.755	6.860	5.840	6.706	5.101	4.357	5.688	6.261	6.290	5.354	6.901	5.619
	m	7.070	6.735	8.079	8.392	8.622	7.693	8.504	6.813	6.323	7.688	8.187	8.126	7.279	8.738	7.448
	u	8.566	8.248	9.006	9.356	9.628	8.946	9.483	8.034	8.040	9.100	9.428	9.217	8.653	9.712	8.606
Proje 8 (P8)	l	6.321	1.964	7.067	6.427	6.288	5.289	3.401	5.761	3.854	3.596	4.622	5.153	6.187	5.818	3.715
	m	8.162	3.698	8.469	8.116	7.671	7.232	5.039	7.495	5.780	5.330	6.622	6.877	8.090	7.603	5.605
	u	9.259	5.663	9.164	9.035	8.497	8.647	6.655	8.651	7.360	6.983	8.181	8.110	9.289	8.755	7.226
Proje 9 (P9)	l	5.402	3.933	5.697	7.529	5.538	5.270	3.421	4.781	6.514	6.264	4.439	4.681	6.049	7.397	4.957
	m	7.150	5.733	7.336	9.137	7.167	7.099	5.007	6.505	8.335	7.995	6.292	6.511	7.667	8.750	6.817
	u	8.338	7.264	8.420	9.809	8.244	8.493	6.507	7.870	9.398	9.036	7.714	7.948	8.745	9.307	8.253
Proje 10 (P10)	l	2.716	1.262	6.909	4.980	4.469	2.443	1.982	2.579	2.680	0.694	2.402	3.632	4.341	5.341	2.988
	m	4.485	2.596	8.333	6.599	6.181	4.264	3.208	4.495	4.533	2.037	3.907	5.282	6.256	7.046	4.841
	u	6.232	4.449	9.051	7.799	7.568	6.105	4.826	6.336	6.280	4.037	5.620	6.846	7.838	8.237	6.554
Proje 11 (P11)	l	5.751	1.782	7.438	7.308	7.368	5.656	2.022	4.865	4.172	3.722	3.479	4.606	5.755	7.031	6.071
	m	7.351	3.537	8.860	9.020	8.690	7.359	3.126	6.662	6.023	5.647	5.308	6.431	7.436	8.359	7.975
	u	8.496	5.390	9.477	9.832	9.176	8.544	4.641	8.002	7.515	7.422	7.052	7.897	8.602	8.942	9.136

**Not:** Kriter ağırlıkları virgülden sonra üç hane olacak şekilde yuvarlatılmıştır.

Bu aşamadan itibaren elde edilen birleştirilmiş bulanık karar matrisi; bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinde projelerin değerlendirilmesinde veri niteliği taşıyacaktır.

### ***Bulanık VIKOR Yöntemi Kullanılarak Projelerin Değerlendirilmesi***

İlk dört adım sonrası elde edilen birleştirilmiş bulanık karar matrisi ile en uygun projenin seçimi için bulanık VIKOR adımları kullanılmaya devam edilmiştir. Bulanık VIKOR'da öncelikle yapılması gereken işlem her bir kriter için en iyi bulanık ve en kötü bulanık değerlerin bulunmasıdır. Eşitlik 2.46 ile fayda bazlı değerlendirme

kriterlerinin; Eşitlik 2.47 ile de maliyet bazlı değerlendirme kriterlerinin hesaplanması sonrası en iyi bulanık ve en kötü bulanık değerlere ulaşılabacaktır.

Kriterler incelendiğinde, “K10 - Proje Maliyeti” ve “K11 - Proje Süresi” kriterlerinin maliyet bazlı olduğu; diğer kriterlerin fayda bazlı kriterler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. K10 ve K11 kriterlerinde, Eşitlik 2.47 dikkate alınarak işlemler yapılmıştır. Diğer kriterlerde ise Eşitlik 2.46 kullanılmıştır. Örnek teşkil etmesi bakımından fayda kriteri olarak K1’i ve maliyet kriteri olarak da K10’u ele alacak olursak,

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{f}_{ij} \text{ ve } \tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{f}_{ij} \text{ eşitliği K1 fayda kriterinde kullanılmak üzere;}$$

En iyi bulanık değer  $\tilde{f}_1^* = (l_j^*, m_j^*, u_j^*) = 6.321, 8.162, 9.259$  olduğu ve en kötü bulanık değer  $\tilde{f}_1^- = (l_j^-, m_j^-, u_j^-) = 2.716, 4.485, 6.232$  olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

$\tilde{f}_j^* = \min_i \tilde{f}_{ij}$  ve  $\tilde{f}_j^- = \max_i \tilde{f}_{ij}$  eşitliği K10 maliyet kriterinde kullanılmak üzere;

En iyi bulanık değer  $\tilde{f}_1^* = (l_j^*, m_j^*, u_j^*) = 0.694, 2.037, 4.037$  olduğu ve en kötü bulanık değer  $\tilde{f}_1^- = (l_j^-, m_j^-, u_j^-) = 6.564, 8.298, 9.444$  olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer kriterler için de yapılan hesaplamalar sonucunda en iyi bulanık ve en kötü bulanık değerleri Çizelge 3.20’de verilmiştir.

**Çizelge 3.20 Kriterlerin En İyi ve En Kötü Bulanık Değerleri**

Kriterler		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
F/M		Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda
Kriter Ağırlık		0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,050	0,068	0,067	0,089	0,104
$\tilde{f}_j^*$	$l_j$	6,321	5,469	7,438	8,872	7,368	5,840	7,082	5,761	6,514	<b>0,694</b>	<b>2,402</b>	8,153	6,217	7,397	6,742
	$m_j$	8,162	7,469	9,020	9,936	8,690	7,693	8,788	7,495	8,335	<b>2,037</b>	<b>3,907</b>	9,492	8,090	8,856	8,395
	$u_j$	9,259	8,940	9,747	10,000	9,628	8,948	9,663	8,718	9,398	<b>4,037</b>	<b>5,620</b>	9,916	9,289	9,734	9,422
$\tilde{f}_j^-$	$l_j$	2,716	1,262	1,889	4,980	1,817	2,443	1,982	2,465	2,680	<b>6,564</b>	<b>6,261</b>	2,066	3,286	1,918	2,988
	$m_j$	4,485	2,596	2,764	6,599	3,150	4,264	3,126	4,285	4,533	<b>8,298</b>	<b>8,187</b>	4,066	5,058	2,960	4,841
	$u_j$	6,232	4,449	4,066	7,799	4,815	6,105	4,641	6,211	6,280	<b>9,444</b>	<b>9,428</b>	6,031	6,761	4,320	6,554

Eşitlik 2.50 kullanılarak, her bir alternatifte kriter değerlerinin bulanık en iyi değere uzaklıkların toplam değerleri ( $\tilde{S}_i$ ); Eşitlik 2.51 ile de alternatifte bağlı kriterde

bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklık değerleri ( $\tilde{R}_i$ ) hesaplanır. İlk proje için  $\tilde{S}_1$ 'deki sol değer olan  $S_1^l$  değeri,

$$S_i^l = \sum_{j=1}^n w_j \times \tilde{d}_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij})}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} = \left[ 0,07445 \times \frac{(6,321-5,193)}{(6,321-2,716)} \right] + \left[ 0,06008 \times \frac{(5,469-4,261)}{(5,469-1,262)} \right] + \dots + \left[ 0,10424 \times \frac{(6,742-6,742)}{(6,742-2,988)} \right] = 0,023 + 0,017 + \dots + 0,000 = 0,301$$

şeklinde bulunur.

$\tilde{R}_1$ 'deki sol değer olan  $R_1^l$  değeri ise,

$$R_i^l = \max_i [w_j \times \tilde{d}_{ij}] = \max_i \left[ \frac{w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij})}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \right] =$$

$$R_1^l = \max_1 \left[ 0,07445 \times \frac{(6,321-5,193)}{(6,321-2,716)} \right]; \left[ 0,06008 \times \frac{(5,469-4,261)}{(5,469-1,262)} \right]; \dots; \left[ 0,10424 \times \frac{(6,742-6,742)}{(6,742-2,988)} \right] = \max_1 [0,023; 0,017; \dots; 0,000] = 0,056 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$

$w_j \times \tilde{d}_{ij}$  sonuçları ile  $\tilde{S}_i$  ve  $\tilde{R}_i$ 'lerin tüm değerleri Çizelge 3.21'de verilmiştir.



Çizelge 3.21  $w_j \times \tilde{d}_{ij}$  sonuçları ile  $\tilde{S}_i$  ve  $\tilde{R}_i$  Değerleri

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	$\tilde{S}_i$	$\tilde{R}_i$
0,023	0,017	0,035	0,056	0,026	0,000	0,000	0,002	0,010	0,035	0,039	0,026	0,011	0,019	0,000	0,301	0,056
0,020	0,016	0,028	0,048	0,019	0,000	0,000	0,001	0,010	0,040	0,040	0,023	0,009	0,014	0,000	0,268	0,048
0,007	0,013	0,024	0,035	0,012	0,000	0,000	0,000	0,005	0,044	0,041	0,015	0,008	0,010	0,000	0,215	0,044
0,018	0,000	0,045	0,085	0,041	0,000	0,016	0,012	0,009	0,056	0,019	0,025	0,000	0,049	0,046	0,422	0,085
0,016	0,000	0,038	0,077	0,035	0,000	0,013	0,011	0,007	0,057	0,022	0,021	0,004	0,039	0,038	0,379	0,077
0,013	0,000	0,032	0,059	0,032	0,000	0,011	0,011	0,005	0,057	0,025	0,016	0,005	0,028	0,030	0,323	0,059
0,028	0,023	0,018	0,050	0,011	0,000	0,057	0,008	0,025	0,017	0,029	0,017	0,048	0,021	0,075	0,427	0,075
0,025	0,020	0,015	0,036	0,005	0,000	0,050	0,008	0,023	0,021	0,032	0,015	0,047	0,017	0,069	0,384	0,069
0,018	0,020	0,010	0,011	0,004	0,000	0,044	0,008	0,019	0,023	0,036	0,011	0,043	0,015	0,062	0,324	0,062
0,026	0,033	0,041	0,000	0,048	0,000	0,020	0,015	0,056	0,051	0,019	0,033	0,030	0,034	0,078	0,484	0,078
0,025	0,031	0,034	0,000	0,042	0,000	0,019	0,015	0,055	0,053	0,019	0,031	0,026	0,030	0,077	0,460	0,077
0,021	0,030	0,030	0,000	0,038	0,000	0,021	0,018	0,051	0,053	0,020	0,028	0,023	0,028	0,074	0,436	0,074
0,043	0,020	0,078	0,068	0,067	0,001	0,014	0,021	0,028	0,059	0,026	0,068	0,067	0,089	0,087	0,735	0,089
0,041	0,018	0,078	0,074	0,067	0,001	0,012	0,021	0,026	0,059	0,027	0,068	0,067	0,089	0,085	0,732	0,089
0,039	0,017	0,078	0,078	0,067	0,001	0,010	0,021	0,023	0,058	0,030	0,068	0,067	0,089	0,076	0,720	0,089
0,020	0,025	0,001	0,047	0,012	0,000	0,028	0,011	0,024	0,066	0,019	0,000	0,002	0,005	0,079	0,339	0,079
0,021	0,023	0,000	0,038	0,010	0,000	0,025	0,011	0,021	0,066	0,022	0,000	0,000	0,000	0,076	0,312	0,076
0,022	0,024	0,000	0,024	0,013	0,000	0,021	0,011	0,013	0,066	0,023	0,000	0,000	0,000	0,073	0,290	0,073
0,024	0,008	0,013	0,048	0,006	0,000	0,007	0,004	0,043	0,056	0,050	0,021	0,020	0,008	0,031	0,341	0,056
0,022	0,009	0,012	0,041	0,001	0,000	0,004	0,004	0,041	0,059	0,050	0,017	0,018	0,002	0,028	0,309	0,059
0,017	0,009	0,010	0,026	0,000	0,000	0,003	0,006	0,034	0,062	0,050	0,012	0,017	0,000	0,030	0,276	0,062
0,000	0,050	0,005	0,056	0,013	0,000	0,064	0,000	0,054	0,033	0,029	0,034	0,001	0,026	0,084	0,447	0,084
0,000	0,046	0,007	0,048	0,012	0,000	0,059	0,000	0,052	0,035	0,032	0,033	0,000	0,019	0,082	0,425	0,082
0,000	0,044	0,008	0,039	0,016	0,000	0,053	0,001	0,051	0,036	0,034	0,032	0,000	0,016	0,080	0,408	0,080
0,019	0,022	0,024	0,031	0,022	0,000	0,064	0,006	0,000	0,063	0,027	0,039	0,004	0,000	0,050	0,370	0,064
0,020	0,021	0,021	0,021	0,018	0,000	0,060	0,006	0,000	0,063	0,028	0,037	0,009	0,002	0,046	0,354	0,063
0,023	0,022	0,018	0,008	0,019	0,000	0,056	0,007	0,000	0,061	0,028	0,034	0,014	0,007	0,043	0,340	0,061
0,074	0,060	0,007	0,089	0,035	0,001	0,089	0,020	0,077	0,000	0,000	0,051	0,043	0,033	0,104	0,684	0,104
0,074	0,060	0,009	0,089	0,030	0,001	0,088	0,020	0,077	0,000	0,000	0,053	0,040	0,027	0,104	0,672	0,104
0,074	0,060	0,010	0,089	0,029	0,001	0,086	0,020	0,077	0,000	0,000	0,054	0,038	0,025	0,104	0,666	0,104
0,012	0,053	0,000	0,036	0,000	0,000	0,088	0,006	0,047	0,034	0,014	0,040	0,010	0,006	0,019	0,364	0,088
0,016	0,048	0,002	0,024	0,000	0,000	0,089	0,005	0,047	0,038	0,016	0,038	0,014	0,007	0,012	0,360	0,089
0,019	0,047	0,004	0,007	0,006	0,000	0,089	0,006	0,047	0,041	0,019	0,035	0,018	0,013	0,010	0,362	0,089

Eşitlik 2.54 ve Eşitlik 2.55 yardımıyla Çizelge 3.22’de gösterilen grup fayda ve minimum pişmanlık değerlerine ulaşılır.

Çizelge 3.22 Grup Fayda ve Minimum Pişmanlık Değerleri

	$l$	$m$	$u$
$\tilde{S}^*$	0,301	0,268	0,215
$\tilde{S}^-$	0,735	0,732	0,720
$\tilde{R}^*$	0,056	0,048	0,044
$\tilde{R}^-$	0,104	0,104	0,104

Çizelge 3.22'deki değerlerden yararlanarak Eşitlik 2.56 ile  $\tilde{Q}_i$  indeks değerleri hesaplanır. Eşitlikte yer alan  $\nu$  değeri maksimum grup çoğunluğunu sağlayan stratejinin ağırlığını göstermektedir. Bu çalışmada uzlaşmacı çoğunluğu ifade etmesi bakımından  $\nu = 0,5$  olarak alınmıştır. Örnek olarak ikinci projede  $\tilde{Q}_2$ 'nin sol değeri olan  $\tilde{Q}_2^l$  ele alınacak olursa,

$$\begin{aligned}\tilde{Q}_i^l &= \nu \frac{(\tilde{S}_i^l - \tilde{S}^{*l})}{(\tilde{S}^{-l} - \tilde{S}^{*l})} + (1 - \nu) \frac{(\tilde{R}_i^l - \tilde{R}^{*l})}{(\tilde{R}^{-l} - \tilde{R}^{*l})} \\ &= 0,5 \times \frac{(0,422 - 0,301)}{(0,735 - 0,301)} + (1 - 0,5) \times \frac{(0,085 - 0,056)}{(0,104 - 0,056)} = 0,443\end{aligned}$$

sonucuna ulaşılmıştır. Tüm hesaplama işlemleri sonunda bulunan  $\tilde{Q}_i$  indeks değerleri ile diğer indeks değerleri Çizelge 3.23'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.23 Bulanık VIKOR - Bulanık İndeks Değerleri**

Projeler	İndeks Değerleri			$\tilde{S}_i$			$\tilde{R}_i$			$\tilde{Q}_i$		
Proje 1 (P1)	0,301	0,268	0,215	0,056	0,048	0,044	0,001	0,000	0,000			
Proje 2 (P2)	0,422	0,379	0,323	0,085	0,077	0,059	0,443	0,376	0,232			
Proje 3 (P3)	0,427	0,384	0,324	0,075	0,069	0,062	0,340	0,309	0,258			
Proje 4 (P4)	0,484	0,460	0,436	0,078	0,077	0,074	0,436	0,463	0,471			
Proje 5 (P5)	0,735	0,732	0,720	0,089	0,089	0,089	0,840	0,862	0,872			
Proje 6 (P6)	0,339	0,312	0,290	0,079	0,076	0,073	0,278	0,292	0,318			
Proje 7 (P7)	0,341	0,309	0,276	0,056	0,059	0,062	0,046	0,144	0,208			
Proje 8 (P8)	0,447	0,425	0,408	0,084	0,082	0,080	0,459	0,470	0,489			
Proje 9 (P9)	0,370	0,354	0,340	0,064	0,063	0,061	0,161	0,222	0,265			
Proje 10 (P10)	0,684	0,672	0,666	0,104	0,104	0,104	0,941	0,936	0,946			
Proje 11 (P11)	0,364	0,360	0,362	0,088	0,089	0,089	0,409	0,464	0,520			

Elde edilen indeks değerleri bulanık sayılar olduğundan bu değerlerin durulaştırılması gerekmektedir. Durulaştırma yöntemi olarak En İyi Gerçek Sayı Yöntemi seçilmiştir. Eşitlik 2.26, durulaştırma işlemi için kullanılmaktadır. Durulaştırma sonucu elde edilen skorlar Çizelge 3.24'te verilmiştir.

Çizelge 3.24 Bulanık VIKOR - Durulaştırılmış İndeks Değerleri

<i>İndeks Değerleri</i> <i>Projeler</i>	$S_i$	$R_i$	$Q_i$
Proje 1 (P1)	0,2611	0,0494	0,0004
Proje 2 (P2)	0,3747	0,0737	0,3505
Proje 3 (P3)	0,3785	0,0686	0,3027
Proje 4 (P4)	0,4602	0,0763	0,4570
Proje 5 (P5)	0,7291	0,0888	0,8578
Proje 6 (P6)	0,3136	0,0758	0,2959
Proje 7 (P7)	0,3084	0,0591	0,1327
Proje 8 (P8)	0,4270	0,0819	0,4726
Proje 9 (P9)	0,3546	0,0625	0,2162
Proje 10 (P10)	0,6741	0,1042	0,9410
Proje 11 (P11)	0,3620	0,0889	0,4646

$Q$  değerleri ile ilgili koşul sağlama durumları incelenmelidir.

*Koşul 1:*  $Q$  sıralamasındaki en iyi ikinci ile en iyi proje arasında farkın  $D(Q) = 1/(j - 1)$  değerinden büyük olma koşuluna bakılır. Bu çalışmada kriter sayısı 15 olması nedeniyle  $D(Q) = \frac{1}{15-1} = 0,0714$  olarak bulunmuştur. Çizelge 3.24 incelendiğinde, en iyi ikinci projenin ( $Q(a'')$ ) 7. proje, en iyi projenin de ( $Q(a')$ ) 1. proje olduğu gözlenmektedir.

$Q(a'') - Q(a') \geq D(Q)$  koşuluna göre,  $0,1327 - 0,0004 > 0,0714$  olması nedeniyle koşul 1 sağlanmıştır.

*Koşul 2:*  $a'$  projesi olan 1. proje,  $S$  ve  $R$  indeks değerlerinden her ikisinde de en iyi seçenek olması nedeniyle koşul 2 de sağlanmıştır.

Bu durumda bulanık VIKOR ile 1. projenin seçilmesi uygundur. Sıralama ise şu şekilde olmaktadır,

$$P1 > P7 > P9 > P3 > P2 > P6 > P4 > P8 > P5 > P11 > P10$$

Diğer bir ifadeyle “P1 – Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması” projesi öncelikli olarak hayata geçirilmelidir.

### ***Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Projelerin Değerlendirilmesi***

Her üç yöntem için de ele alınan ilk dört adım sonrası elde edilen birleştirilmiş karar matrisi Çizelge 3.19’da verilmişti. Beşinci adım ve sonrası için bulanık TOPSIS’te kullanılan adımlara burada devam edilecektir.

**Adım 5:** Burada Çizelge 3.19’da verilen birleştirilmiş karar matrisinin normalizasyon işlemi yapılmıştır. Bunun için fayda ve maliyet bazlı kriterler, bulanık VIKOR yöntemi uygulama aşamasında da ele alındığı şekliyle belirlenmiştir. Fayda kriterleri Eşitlik 2.64 ve maliyet kriterleri Eşitlik 2.65 kullanılarak normalize edilmektedir. Örnek teşkil etmesi bakımından *Proje 1* için fayda kriteri olarak *K1* ve maliyet kriteri olarak da *K10* ele alınmıştır.

*K1* fayda kriteri için hesaplama işlemi yapılırken, bulanık üçgensel sayılardan en sağdaki değerlerin en büyüğünün ( $u_j^* = \max_i u_{ij}$ ) 9.259 değeri olduğu görülebilir.

Buradan hareketle *Proje 1*’de *K1*’in normalizasyon değerleri,

$$\tilde{r}_{11} = \left( \frac{l_{11}}{u_1^*}, \frac{m_{11}}{u_1^*}, \frac{u_{11}}{u_1^*} \right) = \left( \frac{5.193}{9.259}, \frac{7.193}{9.259}, \frac{8.957}{9.259} \right) = (0.561, 0.777, 0.967)$$

olarak bulunur.

*K10* maliyet kriteri için hesaplama işlemi yapılırken, eşitlikte yer alan  $l_j^-$ ’yi tespit etmek gerekmektedir. Bu değer ilgili kriterde bulanık üçgensel sayılardan en soldaki değerlerin en küçüğüdür ( $l_j^- = \min_i l_{ij}$ ) ve *K10* kriterinde bu değer 0.700’dir. *Proje 1* için, *K10*’un bulanık normalizasyon değerleri,

$$\tilde{r}_{110} = \left( \frac{l_{10}^-}{u_{110}}, \frac{l_{10}^-}{m_{110}}, \frac{l_{10}^-}{l_{110}} \right) = \left( \frac{0.700}{7.641}, \frac{0.700}{5.845}, \frac{0.700}{3.845} \right) = (0.091, 0.119, 0.182)$$

şeklinde bulunur.

MS Excel programıyla hesaplanan tüm normalize edilmiş bulanık üçgen sayı değerleri Çizelge 3.25’de verilmiştir.

Çizelge 3.25 Bulanık Normalize Karar Matrisi

Kriterler:		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Kriter Ağırlıkları		0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,050	0,068	0,067	0,089	0,104
Projeler																
Proje 1 (P1)	l	0,561	0,477	0,507	0,640	0,541	0,571	0,733	0,627	0,638	0,091	0,276	0,586	0,619	0,640	0,716
	m	0,777	0,690	0,691	0,812	0,741	0,787	0,909	0,839	0,836	0,119	0,330	0,772	0,827	0,816	0,891
	u	0,967	0,890	0,823	0,913	0,911	0,960	1,000	1,000	0,976	0,182	0,443	0,912	0,968	0,938	1,000
Proje 2 (P2)	l	0,586	0,612	0,433	0,512	0,409	0,538	0,638	0,450	0,647	0,080	0,319	0,599	0,669	0,449	0,540
	m	0,794	0,836	0,607	0,704	0,599	0,733	0,827	0,670	0,852	0,093	0,416	0,786	0,853	0,645	0,752
	u	0,944	1,000	0,761	0,853	0,762	0,903	0,937	0,854	0,980	0,122	0,622	0,907	0,979	0,822	0,913
Proje 3 (P3)	l	0,534	0,428	0,634	0,668	0,675	0,636	0,393	0,508	0,559	0,117	0,288	0,668	0,442	0,627	0,430
	m	0,746	0,652	0,803	0,857	0,859	0,851	0,578	0,718	0,766	0,172	0,365	0,837	0,641	0,792	0,642
	u	0,920	0,833	0,923	0,972	0,974	1,000	0,746	0,895	0,919	0,315	0,523	0,936	0,824	0,903	0,819
Proje 4 (P4)	l	0,546	0,351	0,461	0,887	0,349	0,482	0,617	0,396	0,399	0,083	0,335	0,526	0,526	0,542	0,418
	m	0,748	0,555	0,641	0,994	0,539	0,682	0,782	0,590	0,598	0,099	0,432	0,706	0,741	0,704	0,613
	u	0,907	0,747	0,778	1,000	0,714	0,844	0,877	0,759	0,781	0,133	0,627	0,837	0,908	0,825	0,783
Proje 5 (P5)	l	0,456	0,452	0,194	0,588	0,189	0,282	0,652	0,283	0,547	0,079	0,306	0,208	0,354	0,197	0,381
	m	0,664	0,670	0,284	0,716	0,327	0,495	0,832	0,492	0,752	0,090	0,386	0,410	0,545	0,304	0,585
	u	0,829	0,859	0,417	0,805	0,500	0,700	0,939	0,712	0,903	0,117	0,546	0,608	0,728	0,444	0,779
Proje 6 (P6)	l	0,577	0,416	0,757	0,679	0,665	0,610	0,567	0,459	0,564	0,074	0,328	0,822	0,660	0,731	0,415
	m	0,772	0,623	0,925	0,851	0,819	0,818	0,748	0,666	0,777	0,084	0,418	0,957	0,869	0,910	0,617
	u	0,902	0,803	1,000	0,941	0,901	0,965	0,877	0,844	0,946	0,106	0,619	1,000	0,999	1,000	0,786
Proje 7 (P7)	l	0,556	0,546	0,666	0,675	0,713	0,653	0,694	0,585	0,464	0,076	0,255	0,634	0,576	0,709	0,596
	m	0,764	0,753	0,829	0,839	0,896	0,860	0,880	0,782	0,673	0,090	0,293	0,820	0,784	0,898	0,790
	u	0,925	0,923	0,924	0,936	1,000	1,000	0,981	0,921	0,855	0,122	0,384	0,929	0,932	0,998	0,913
Proje 8 (P8)	l	0,683	0,220	0,725	0,643	0,653	0,591	0,352	0,661	0,410	0,099	0,294	0,520	0,666	0,598	0,394
	m	0,882	0,414	0,869	0,812	0,797	0,808	0,521	0,860	0,615	0,130	0,363	0,694	0,871	0,781	0,595
	u	1,000	0,633	0,940	0,903	0,883	0,966	0,689	0,992	0,783	0,193	0,520	0,818	1,000	0,899	0,767
Proje 9 (P9)	l	0,583	0,440	0,584	0,753	0,575	0,589	0,354	0,548	0,693	0,077	0,311	0,472	0,651	0,760	0,526
	m	0,772	0,641	0,753	0,914	0,744	0,793	0,518	0,746	0,887	0,087	0,382	0,657	0,825	0,899	0,723
	u	0,901	0,812	0,864	0,981	0,856	0,949	0,673	0,903	1,000	0,111	0,541	0,802	0,941	0,956	0,876
Proje 10 (P10)	l	0,293	0,141	0,709	0,498	0,464	0,273	0,205	0,296	0,285	0,172	0,427	0,366	0,467	0,549	0,317
	m	0,484	0,290	0,855	0,660	0,642	0,476	0,332	0,516	0,482	0,341	0,615	0,533	0,674	0,724	0,514
	u	0,673	0,498	0,929	0,780	0,786	0,682	0,499	0,727	0,668	1,000	1,000	0,690	0,844	0,846	0,696
Proje 11 (P11)	l	0,621	0,199	0,763	0,731	0,765	0,632	0,209	0,558	0,444	0,094	0,341	0,465	0,620	0,722	0,644
	m	0,794	0,396	0,909	0,902	0,903	0,822	0,324	0,764	0,641	0,123	0,453	0,649	0,800	0,859	0,846
	u	0,918	0,603	0,972	0,983	0,953	0,955	0,480	0,918	0,800	0,187	0,690	0,796	0,926	0,919	0,970

**Adım 6:** Eşitlik 2.68'de de gösterildiği üzere normalize edilmiş bulanık karar matrisi ( $\tilde{r}_{ij}$ ) ile kriter ağırlıklarının çarpımı ( $w_j$ ), bize ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisini ( $\tilde{V}_{ij}$ ) vermiştir. *Proje 1*'de *K1* için hesaplama yapılacak olursa,

$$\tilde{V}_{11} = \tilde{r}_{11} \times w_1 = (0.561, 0.777, 0.967) \times 0.07445 = (0.042, 0.058, 0.072)$$

olarak bulunur. Diğer hesaplamaların yapılması ile elde edilen ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi Çizelge 3.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.26 Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi

Kriterler:		Projeler														
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Proje 1 (P1)	l	0,042	0,029	0,039	0,057	0,036	0,001	0,065	0,013	0,049	0,006	0,014	0,040	0,041	0,057	0,075
	m	0,058	0,041	0,054	0,072	0,050	0,001	0,081	0,018	0,065	0,008	0,017	0,053	0,055	0,072	0,093
	u	0,072	0,053	0,064	0,081	0,061	0,001	0,089	0,021	0,075	0,012	0,022	0,062	0,064	0,083	0,104
Proje 2 (P2)	l	0,044	0,037	0,034	0,045	0,027	0,001	0,057	0,009	0,050	0,005	0,016	0,041	0,045	0,040	0,056
	m	0,059	0,050	0,047	0,062	0,040	0,001	0,074	0,014	0,066	0,006	0,021	0,054	0,057	0,057	0,078
	u	0,070	0,060	0,059	0,076	0,051	0,001	0,084	0,018	0,076	0,008	0,031	0,062	0,065	0,073	0,095
Proje 3 (P3)	l	0,040	0,026	0,049	0,059	0,045	0,001	0,035	0,011	0,043	0,008	0,014	0,045	0,029	0,056	0,045
	m	0,056	0,039	0,062	0,076	0,058	0,001	0,052	0,015	0,059	0,011	0,018	0,057	0,043	0,070	0,067
	u	0,068	0,050	0,072	0,086	0,065	0,001	0,067	0,019	0,071	0,021	0,026	0,064	0,055	0,080	0,085
Proje 4 (P4)	l	0,041	0,021	0,036	0,079	0,023	0,000	0,055	0,008	0,031	0,005	0,017	0,036	0,035	0,048	0,044
	m	0,056	0,033	0,050	0,088	0,036	0,001	0,070	0,012	0,046	0,006	0,022	0,048	0,049	0,063	0,064
	u	0,068	0,045	0,060	0,089	0,048	0,001	0,078	0,016	0,060	0,009	0,032	0,057	0,060	0,073	0,082
Proje 5 (P5)	l	0,034	0,027	0,015	0,052	0,013	0,000	0,058	0,006	0,042	0,005	0,015	0,014	0,024	0,017	0,040
	m	0,049	0,040	0,022	0,063	0,022	0,000	0,074	0,010	0,058	0,006	0,019	0,028	0,036	0,027	0,061
	u	0,062	0,052	0,032	0,071	0,034	0,001	0,084	0,015	0,070	0,008	0,028	0,041	0,048	0,039	0,081
Proje 6 (P6)	l	0,043	0,025	0,059	0,060	0,045	0,001	0,051	0,010	0,044	0,005	0,016	0,056	0,044	0,065	0,043
	m	0,057	0,037	0,072	0,075	0,055	0,001	0,067	0,014	0,060	0,006	0,021	0,065	0,058	0,081	0,064
	u	0,067	0,048	0,078	0,083	0,060	0,001	0,078	0,018	0,073	0,007	0,031	0,068	0,066	0,089	0,082
Proje 7 (P7)	l	0,041	0,033	0,052	0,060	0,048	0,001	0,062	0,012	0,036	0,005	0,013	0,043	0,038	0,063	0,062
	m	0,057	0,045	0,064	0,074	0,060	0,001	0,078	0,016	0,052	0,006	0,015	0,056	0,052	0,080	0,082
	u	0,069	0,055	0,072	0,083	0,067	0,001	0,087	0,019	0,066	0,008	0,019	0,063	0,062	0,089	0,095
Proje 8 (P8)	l	0,051	0,013	0,056	0,057	0,044	0,001	0,031	0,014	0,032	0,007	0,015	0,035	0,044	0,053	0,041
	m	0,066	0,025	0,067	0,072	0,053	0,001	0,046	0,018	0,048	0,009	0,018	0,047	0,058	0,069	0,062
	u	0,074	0,038	0,073	0,080	0,059	0,001	0,061	0,021	0,061	0,013	0,026	0,056	0,067	0,080	0,080
Proje 9 (P9)	l	0,043	0,026	0,045	0,067	0,039	0,001	0,032	0,011	0,054	0,005	0,016	0,032	0,043	0,067	0,055
	m	0,057	0,039	0,058	0,081	0,050	0,001	0,046	0,016	0,069	0,006	0,019	0,045	0,055	0,080	0,075
	u	0,067	0,049	0,067	0,087	0,057	0,001	0,060	0,019	0,077	0,007	0,027	0,055	0,063	0,085	0,091
Proje 10 (P10)	l	0,022	0,008	0,055	0,044	0,031	0,000	0,018	0,006	0,022	0,011	0,022	0,025	0,031	0,049	0,033
	m	0,036	0,017	0,066	0,058	0,043	0,000	0,030	0,011	0,037	0,022	0,031	0,036	0,045	0,064	0,054
	u	0,050	0,030	0,072	0,069	0,053	0,001	0,045	0,015	0,052	0,066	0,050	0,047	0,056	0,075	0,073
Proje 11 (P11)	l	0,046	0,012	0,059	0,065	0,051	0,001	0,019	0,012	0,034	0,006	0,017	0,032	0,041	0,064	0,067
	m	0,059	0,024	0,071	0,080	0,061	0,001	0,029	0,016	0,050	0,008	0,023	0,044	0,053	0,076	0,088
	u	0,068	0,036	0,075	0,087	0,064	0,001	0,043	0,019	0,062	0,012	0,035	0,054	0,062	0,082	0,101

**Adım 7:** Bu adımda normalize edilmiş ağırlıklı karar matrisi kullanılarak bulanık pozitif ideal çözüm (BPİÇ,  $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm (BNİÇ,  $A^-$ ) bulunmuştur.

BPİÇ bulunurken, her bir projede kriterlere bağlı tüm bulanık sayılardan en sağdaki değerlerin en büyüğü dikkate alınarak  $\tilde{V}_n^*$ 'e ulaşılır. BNİÇ bulunurken ise, her bir projede kriterlere bağlı tüm bulanık sayılardan en soldaki değerlerin en küçüğü dikkate alınarak  $\tilde{V}_n^-$ 'ye ulaşılır.

Örnek olarak *K1* için BPİÇ ve BNİÇ değerleri,

$\tilde{V}_1^* = (0.074, 0.074, 0.074)$  ve  $\tilde{V}_1^- = (0.022, 0.022, 0.022)$  olarak bulunmaktadır. Tüm BPİÇ ve BNİÇ değerleri Çizelge 3.27’de verilmiştir.

**Çizelge 3.27 BPİÇ ve BNİÇ Bulanık Değerleri**

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
$A^*$	<i>l</i>	0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,050	0,068	0,067	0,089	0,104
	<i>m</i>	0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,077	0,068	0,067	0,089	0,104
	<i>u</i>	0,074	0,060	0,078	0,089	0,067	0,001	0,089	0,021	0,077	0,066	0,077	0,068	0,067	0,089	0,104
$A^-$	<i>l</i>	0,022	0,008	0,015	0,044	0,013	0,000	0,018	0,006	0,022	0,005	0,013	0,014	0,024	0,017	0,033
	<i>m</i>	0,022	0,008	0,015	0,044	0,013	0,000	0,018	0,006	0,022	0,005	0,013	0,014	0,024	0,017	0,033
	<i>u</i>	0,022	0,008	0,015	0,044	0,013	0,000	0,018	0,006	0,022	0,005	0,013	0,014	0,024	0,017	0,033

Her bir projenin Eşitlik 2.71, Eşitlik 2.72 ve Eşitlik 2.73 yardımıyla, projelerin BPİÇ ve BNİÇ bulanık değerlerinden olan uzaklıkları ( $d_i^*$  ve  $d_i^-$ ) verteks yöntemiyle hesaplanmıştır. Örnek olarak *Proje 1* için bu uzaklıklar sırasıyla,

$$d_1^* =$$

$$\sqrt{\frac{1}{3}[(0.074 - 0.042)^2 + (0.074 - 0.058)^2 + (0.074 - 0.072)^2]} +$$

$$\sqrt{\frac{1}{3}[(0.060 - 0.044)^2 + (0.060 - 0.059)^2 + (0.060 - 0.070)^2]} + \dots +$$

$$\sqrt{\frac{1}{3}[(0.104 - 0.046)^2 + (0.104 - 0.059)^2 + (0.104 - 0.068)^2]} = 0,333$$

$$d_1^- = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.022 - 0.042)^2 + (0.022 - 0.058)^2 + (0.022 - 0.072)^2]} +$$

$$\sqrt{\frac{1}{3}[(0.008 - 0.044)^2 + (0.008 - 0.059)^2 + (0.008 - 0.070)^2]} + \dots +$$

$$\sqrt{\frac{1}{3}[(0.033 - 0.046)^2 + (0.033 - 0.059)^2 + (0.033 - 0.068)^2]} = 0,485$$

olarak hesaplanır.

Diğer projeler için de aynı hesaplamalar yapıldığında, BPİÇ VE BNİS'ten olan tüm uzaklıklar ( $d_i^*$  ve  $d_i^-$ ) Çizelge 3.28’deki gibi olmaktadır.

Çizelge 3.28 BPİÇ VE BNİS'ten Olan Uzaklıklar

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
$d_i^*$	0,333	0,378	0,376	0,410	0,524	0,334	0,331	0,398	0,364	0,485	0,374
$d_i^-$	0,485	0,442	0,442	0,401	0,294	0,480	0,485	0,415	0,444	0,351	0,435

**Adım 8:** Elde edilen BPİÇ VE BNİS'ten olan uzaklık değerlerine göre her bir proje için Eşitlik 2.74 yardımıyla yakınlık indeksleri hesaplanmıştır. Proje 1 için örnek hesaplama işlemi yapılırsa,

Proje 1 için yakınlık indeksi ( $CC_1$ );

$$CC_1 = \frac{d_1^-}{d_1^* + d_1^-} = \frac{0,485}{0,333 + 0,485} = 0,593 \text{ olarak bulunur.}$$

Diğer projeler için de yakınlık indeksleri hesaplandığında Çizelge 3.29'da verilen değerlere ulaşılır.

Çizelge 3.29 Yakınlık İndeksleri

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
$CC_i$	0,593	0,539	0,540	0,495	0,359	0,589	0,594	0,511	0,550	0,420	0,538

Bulanık TOPSIS yöntemi sonucu projeler **P7 > P1 > P6 > P9 > P3 > P2 > P11 > P8 > P4 > P10 > P5** şeklinde sıralanmaktadır. Diğer bir ifadeyle “P7 - Balans Hatalarının Giderilmesi” projesi öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

#### ***Bulanık COPRAS Yöntemi Kullanılarak Projelerin Değerlendirilmesi***

Her üç yöntem için de ele alınan ilk dört adım sonrası elde edilen birleştirilmiş karar matrisi Çizelge 3.19'da verilmiştir. Bulanık COPRAS konu başlığında ele alınan beşinci adım ve sonrası uygulamalar burada ele alınmıştır.

**Adım 5:** Bu adımda öncelikle Çizelge 3.19'da verilen birleştirilmiş karar matrisi yardımıyla kriterlerin önem ağırlıklarına göre ağırlıklandırma işlemi yapılacaktır. Eşitlik



2.81 yardımıyla ağırlıklı bulanık karar matrisine ulaşılmaktadır. *Proje 1*'de *K1* için örnek vermek gerekirse,

$$\tilde{a}_{x_{11}} = \tilde{x}_{11} \times w_1 = (5.193, 7.193, 8.957) \times 0.07445 = (0.387, 0.536, 0.667)$$

sonucuna ulaşmak mümkündür. Diğer hesaplamalar sonucunda elde edilen ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisine Çizelge 3.30'da yer verilmiştir.

**Çizelge 3.30 Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi**

Projeler	Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Proje 1 (P1)	<i>l</i>	0,387	0,256	0,384	0,567	0,350	0,005	0,631	0,114	0,463	0,253	0,273	0,395	0,383	0,553	0,703
	<i>m</i>	0,536	0,370	0,523	0,719	0,479	0,007	0,783	0,153	0,607	0,385	0,366	0,521	0,511	0,705	0,875
	<i>u</i>	0,667	0,478	0,623	0,808	0,588	0,008	0,861	0,182	0,710	0,503	0,438	0,616	0,598	0,811	0,982
Proje 2 (P2)	<i>l</i>	0,404	0,329	0,328	0,453	0,264	0,005	0,550	0,082	0,470	0,376	0,194	0,404	0,414	0,388	0,530
	<i>m</i>	0,547	0,449	0,460	0,623	0,386	0,006	0,712	0,122	0,619	0,492	0,290	0,531	0,527	0,557	0,739
	<i>u</i>	0,651	0,537	0,576	0,756	0,492	0,008	0,807	0,156	0,712	0,572	0,379	0,612	0,605	0,711	0,897
Proje 3 (P3)	<i>l</i>	0,368	0,230	0,480	0,592	0,436	0,006	0,339	0,093	0,406	0,145	0,231	0,451	0,273	0,542	0,422
	<i>m</i>	0,514	0,350	0,608	0,758	0,555	0,008	0,498	0,131	0,557	0,266	0,332	0,565	0,396	0,684	0,630
	<i>u</i>	0,634	0,447	0,699	0,861	0,629	0,009	0,643	0,163	0,668	0,392	0,420	0,632	0,509	0,780	0,804
Proje 4 (P4)	<i>l</i>	0,376	0,189	0,349	0,786	0,225	0,004	0,531	0,072	0,290	0,345	0,193	0,355	0,325	0,468	0,411
	<i>m</i>	0,516	0,298	0,485	0,880	0,348	0,006	0,673	0,108	0,435	0,464	0,280	0,477	0,458	0,609	0,602
	<i>u</i>	0,625	0,401	0,589	0,885	0,461	0,007	0,756	0,138	0,567	0,552	0,360	0,565	0,561	0,713	0,769
Proje 5 (P5)	<i>l</i>	0,314	0,243	0,147	0,521	0,122	0,003	0,561	0,052	0,398	0,391	0,221	0,141	0,219	0,170	0,374
	<i>m</i>	0,457	0,360	0,215	0,634	0,211	0,004	0,717	0,090	0,546	0,506	0,313	0,277	0,336	0,263	0,574
	<i>u</i>	0,571	0,461	0,316	0,713	0,323	0,006	0,809	0,130	0,656	0,580	0,395	0,411	0,450	0,384	0,766
Proje 6 (P6)	<i>l</i>	0,398	0,223	0,573	0,601	0,429	0,005	0,489	0,084	0,410	0,433	0,195	0,555	0,408	0,632	0,408
	<i>m</i>	0,532	0,335	0,700	0,754	0,529	0,007	0,644	0,121	0,565	0,547	0,289	0,646	0,537	0,786	0,606
	<i>u</i>	0,622	0,431	0,757	0,833	0,582	0,009	0,755	0,154	0,687	0,622	0,369	0,675	0,617	0,864	0,772
Proje 7 (P7)	<i>l</i>	0,383	0,293	0,504	0,598	0,460	0,006	0,598	0,107	0,337	0,375	0,315	0,428	0,356	0,613	0,586
	<i>m</i>	0,526	0,405	0,627	0,743	0,578	0,008	0,758	0,143	0,489	0,507	0,412	0,553	0,484	0,776	0,776
	<i>u</i>	0,638	0,496	0,699	0,828	0,646	0,009	0,845	0,168	0,622	0,600	0,475	0,628	0,576	0,862	0,897
Proje 8 (P8)	<i>l</i>	0,471	0,118	0,549	0,569	0,422	0,005	0,303	0,121	0,298	0,237	0,233	0,351	0,412	0,517	0,387
	<i>m</i>	0,608	0,222	0,658	0,719	0,514	0,007	0,449	0,157	0,447	0,351	0,333	0,468	0,538	0,675	0,584
	<i>u</i>	0,689	0,340	0,712	0,800	0,570	0,009	0,593	0,181	0,569	0,460	0,412	0,552	0,618	0,777	0,753
Proje 9 (P9)	<i>l</i>	0,402	0,236	0,442	0,667	0,371	0,005	0,305	0,100	0,504	0,413	0,223	0,319	0,402	0,657	0,517
	<i>m</i>	0,532	0,344	0,570	0,809	0,481	0,007	0,446	0,136	0,644	0,527	0,317	0,443	0,510	0,777	0,711
	<i>u</i>	0,621	0,436	0,654	0,868	0,553	0,008	0,580	0,165	0,727	0,595	0,388	0,541	0,582	0,826	0,860
Proje 10 (P10)	<i>l</i>	0,202	0,076	0,536	0,441	0,300	0,002	0,177	0,054	0,207	0,046	0,121	0,247	0,289	0,474	0,311
	<i>m</i>	0,334	0,156	0,647	0,584	0,414	0,004	0,286	0,094	0,350	0,134	0,197	0,360	0,416	0,626	0,505
	<i>u</i>	0,464	0,267	0,703	0,690	0,508	0,006	0,430	0,133	0,486	0,266	0,283	0,466	0,521	0,731	0,683
Proje 11 (P11)	<i>l</i>	0,428	0,107	0,578	0,647	0,494	0,006	0,180	0,102	0,323	0,245	0,175	0,314	0,383	0,624	0,633
	<i>m</i>	0,547	0,212	0,688	0,799	0,583	0,007	0,279	0,139	0,466	0,372	0,267	0,438	0,495	0,742	0,831
	<i>u</i>	0,633	0,324	0,736	0,870	0,615	0,008	0,414	0,167	0,581	0,489	0,355	0,538	0,572	0,794	0,952

**Adım 6:** Bu adımda ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisinin durulaştırma işlemi yapılmıştır. Bunun için, diğer değerlendirme yöntemlerinde de ele alınan En İyi Gerçek Sayı Değeri Yöntemi kullanılmıştır. Örnek olarak,  $\tilde{a}_{x_{11}}$ 'in durulaştırılmış değeri Eşitlik 2.26 ile şu şekilde bulunmuştur;

$$BNP_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \text{ eşitliğinden,}$$

$$\frac{(0.667 - 0.387) + (0.536 - 0.387)}{3} + 0.387 = 0.530 \text{ değerine ulaşılır. Diğer}$$

hesaplamaların da yapılması ile elde edilen durulaştırılmış karar matrisine Çizelge 3.31'de verilmiştir.

**Çizelge 3.31 Durulaştırılmış Karar Matrisi**

Kriterler Projeler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Proje 1 (P1)	0,530	0,368	0,510	0,698	0,472	0,007	0,759	0,150	0,593	0,381	0,359	0,511	0,497	0,690	0,853
Proje 2 (P2)	0,534	0,438	0,455	0,611	0,381	0,006	0,690	0,120	0,600	0,480	0,288	0,516	0,515	0,552	0,722
Proje 3 (P3)	0,505	0,342	0,596	0,737	0,540	0,007	0,493	0,129	0,544	0,267	0,328	0,549	0,393	0,669	0,619
Proje 4 (P4)	0,506	0,296	0,474	0,850	0,345	0,006	0,653	0,106	0,431	0,454	0,278	0,466	0,448	0,597	0,594
Proje 5 (P5)	0,448	0,355	0,226	0,623	0,219	0,004	0,696	0,090	0,533	0,492	0,310	0,276	0,335	0,272	0,571
Proje 6 (P6)	0,517	0,330	0,677	0,729	0,513	0,007	0,629	0,120	0,554	0,534	0,285	0,626	0,521	0,761	0,595
Proje 7 (P7)	0,516	0,398	0,610	0,723	0,561	0,007	0,734	0,139	0,482	0,494	0,401	0,536	0,472	0,750	0,753
Proje 8 (P8)	0,589	0,227	0,639	0,696	0,502	0,007	0,448	0,153	0,438	0,349	0,326	0,457	0,523	0,656	0,575
Proje 9 (P9)	0,518	0,339	0,555	0,781	0,468	0,007	0,444	0,134	0,625	0,512	0,310	0,434	0,498	0,753	0,696
Proje 10 (P10)	0,333	0,166	0,629	0,572	0,407	0,004	0,298	0,094	0,348	0,149	0,200	0,358	0,409	0,610	0,500
Proje 11 (P11)	0,536	0,214	0,667	0,772	0,564	0,007	0,291	0,136	0,456	0,369	0,266	0,430	0,483	0,720	0,805

**Adım 7:** Burada durulaştırılmış karar matrisinden yararlanarak Eşitlik 2.84 yardımıyla normalizasyon değerlerine ulaşılmıştır. Böylece her bir kriter için projelerin önemleri, net bir şekilde ortaya çıkacaktır. Örnek olması bakımından *K1* kriterine bağlı *Proje 1*'in normalizasyon işlemi yapılırsa

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} = \frac{0.530}{(0.530+0.534+\dots+0.536)} = 0.096 \text{ değerine ulaşılır. Bu değer, } K1$$

kriterini göz önüne alan tüm karar vericilerin *Proje 1* için verdikleri önemin yüzde değeridir. Diğer normalizasyon hesaplamalarının ardından elde edilen sonuçlara Çizelge 3.32'de yer verilmiştir.

Çizelge 3.32 Normalizasyon Değerleri

Kriterler Projeler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Proje 1 (P1)	0,096	0,067	0,092	0,126	0,085	0,001	0,137	0,027	0,107	0,069	0,065	0,092	0,090	0,125	0,154
Proje 2 (P2)	0,097	0,079	0,082	0,110	0,069	0,001	0,125	0,022	0,108	0,087	0,052	0,093	0,093	0,100	0,130
Proje 3 (P3)	0,091	0,062	0,108	0,133	0,098	0,001	0,089	0,023	0,098	0,048	0,059	0,099	0,071	0,121	0,112
Proje 4 (P4)	0,091	0,053	0,086	0,154	0,062	0,001	0,118	0,019	0,078	0,082	0,050	0,084	0,081	0,108	0,107
Proje 5 (P5)	0,081	0,064	0,041	0,113	0,040	0,001	0,126	0,016	0,096	0,089	0,056	0,050	0,061	0,049	0,103
Proje 6 (P6)	0,094	0,060	0,122	0,132	0,093	0,001	0,114	0,022	0,100	0,096	0,051	0,113	0,094	0,137	0,108
Proje 7 (P7)	0,093	0,072	0,110	0,131	0,101	0,001	0,133	0,025	0,087	0,089	0,072	0,097	0,085	0,136	0,136
Proje 8 (P8)	0,107	0,041	0,116	0,126	0,091	0,001	0,081	0,028	0,079	0,063	0,059	0,083	0,094	0,119	0,104
Proje 9 (P9)	0,094	0,061	0,100	0,141	0,085	0,001	0,080	0,024	0,113	0,092	0,056	0,079	0,090	0,136	0,126
Proje 10 (P10)	0,060	0,030	0,114	0,103	0,074	0,001	0,054	0,017	0,063	0,027	0,036	0,065	0,074	0,110	0,090
Proje 11 (P11)	0,097	0,039	0,121	0,140	0,102	0,001	0,053	0,025	0,082	0,067	0,048	0,078	0,087	0,130	0,146

**Adım 8:** Bu adımda faydalı ve faydasız kriterler belirlenecek; daha sonra faydalı kriterler sütunlarda en solda ve faydasız kriterler de sütunlarda en sağda olacak şekilde yerleştirme yapılacaktır. Eşitlik 2.86 yardımıyla, *K10 (Proje Maliyeti)* ve *K11 (Proje Süresi Kriteri)* kriterlerinin faydasız, diğer kriterlerin faydalı olması nedeniyle; faydasız kriterler çizelgede en sağda olacak şekilde kaydırma yapılarak Çizelge 3.33 elde edilmiştir.

Çizelge 3.33 Faydalı ve Faydasız Kriterlerin Gösterimi

Kriterler Projeler	Faydalı Kriterler														Faydasız Kriterler	
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K12	K13	K14	K15	K10	K11	
Proje 1 (P1)	0,096	0,067	0,092	0,126	0,085	0,001	0,137	0,027	0,107	0,092	0,090	0,125	0,154	0,069	0,065	
Proje 2 (P2)	0,097	0,079	0,082	0,110	0,069	0,001	0,125	0,022	0,108	0,093	0,093	0,100	0,130	0,087	0,052	
Proje 3 (P3)	0,091	0,062	0,108	0,133	0,098	0,001	0,089	0,023	0,098	0,099	0,071	0,121	0,112	0,048	0,059	
Proje 4 (P4)	0,091	0,053	0,086	0,154	0,062	0,001	0,118	0,019	0,078	0,084	0,081	0,108	0,107	0,082	0,050	
Proje 5 (P5)	0,081	0,064	0,041	0,113	0,040	0,001	0,126	0,016	0,096	0,050	0,061	0,049	0,103	0,089	0,056	
Proje 6 (P6)	0,094	0,060	0,122	0,132	0,093	0,001	0,114	0,022	0,100	0,113	0,094	0,137	0,108	0,096	0,051	
Proje 7 (P7)	0,093	0,072	0,110	0,131	0,101	0,001	0,133	0,025	0,087	0,097	0,085	0,136	0,136	0,089	0,072	
Proje 8 (P8)	0,107	0,041	0,116	0,126	0,091	0,001	0,081	0,028	0,079	0,083	0,094	0,119	0,104	0,063	0,059	
Proje 9 (P9)	0,094	0,061	0,100	0,141	0,085	0,001	0,080	0,024	0,113	0,079	0,090	0,136	0,126	0,092	0,056	
Proje 10 (P10)	0,060	0,030	0,114	0,103	0,074	0,001	0,054	0,017	0,063	0,065	0,074	0,110	0,090	0,027	0,036	
Proje 11 (P11)	0,097	0,039	0,121	0,140	0,102	0,001	0,053	0,025	0,082	0,078	0,087	0,130	0,146	0,067	0,048	

**Adım 9:** Bu adımda Eşitlik 2.87 kullanılarak projelere bağlı faydalı kriterlerin tüm değerleri toplanarak  $S_{i+}$  değeri bulunur. Eşitlik 2.88 ile de projelere bağlı faydasız

kriterlerin tüm değerleri toplanarak  $S_{i-}$  değeri bulunur. Örnek olarak *Proje 1* için  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  değerleri,

$$S_{1+} = 0.096 + 0.067 + 0.092 + \dots + 0.125 + 0.154 = 1.200 \text{ ve}$$

$$S_{1-} = 0.069 + 0.065 = 0.134 \text{ olarak bulunur.}$$

Diğer projelere ait  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  değerleri Çizelge 3.34'te gösterildiği gibi bulunmuştur.

**Çizelge 3.34  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  Değerleri**

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
$S_{i+}$	1,200	1,110	1,107	1,043	0,840	1,189	1,208	1,068	1,130	0,854	1,099
$S_{i-}$	0,134	0,139	0,108	0,132	0,145	0,148	0,162	0,122	0,148	0,063	0,115

**Adım 10:** Her bir projeye ait göreceli önem ağırlığı ( $Q_i$ ) Eşitlik 2.89 yardımıyla belirlenmiştir. Örnek olarak *Proje 1* için göreceli önem ağırlığı hesaplanacak olursa,

$$Q_i = S_{i+} \oplus \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \otimes \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \text{ eşitliğinden,}$$

$$= 1.200 + \frac{(0.134+0.139+0.108+\dots+0.063+0.115)}{0.134 \times (\frac{1}{0.134} + \frac{1}{0.139} + \frac{1}{0.108} + \dots + \frac{1}{0.063} + \frac{1}{0.115})}$$

= 1.316 sonucuna ulaşılır. Diğer projelerin göreceli önem ağırlıklarının da hesaplanması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.35'te verilmiştir.

**Çizelge 3.35  $Q_i$  Değerleri**

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
$Q_i$	1,316	1,222	1,251	1,161	0,947	1,294	1,304	1,196	1,235	1,101	1,235

**Adım 11:** Eşitlik 2.90 ile projeler arasından en yüksek göreceli öneme sahip olan projenin ( $Q_{maks}$ ) 1.316 değeriyle "*Proje 1 – Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması Projesi*"

olduğunu söylemek mümkündür. Bir anlamda bulanık COPRAS yönteminde en iyi proje “*Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması Projesi*” dir.

En iyi projenin diğer projelerden farklılığını ölçen, performans indeks değerine de bakmak gerekmektedir.

**Adım 12:** En iyi projenin performans indeks değeri 100 olarak kabul edilir. Diğer projelerin performans indeks değerleri Eşitlik 2.91 yardımıyla hesaplanarak projelerin tercih sıralaması ortaya konulur.

*Proje 1 (P1)*’in en iyi proje olması ( $Q_{max}$ ) nedeniyle performans indeks değeri 100’dür. Buna bağlı olarak P2’nin performans indeks değeri,

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \otimes \%100 \text{ eşitliğinden,}$$

$P_2 = \frac{1.222}{1.316} \otimes \%100 = 92.84$  sonucuna ulaşılır. Çizelge 3.36 tüm hesaplama sonuçlarını ve projelerin tercih sıralamalarını göstermektedir.

**Çizelge 3.36  $P_i$  Değerleri ve Proje Sıralama**

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
$P_i$	100,00	92,84	95,09	88,20	71,99	98,34	99,09	90,86	93,85	83,69	93,85
Sıra	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

Bulanık COPRAS yöntemi sonucu projeler;

**P1 > P7 > P6 > P3 > P11 > P9 > P2 > P8 > P4 > P10 > P5** şeklinde sıralanmaktadır. Diğer bir ifadeyle “*Proje 1 – Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması*” projesi öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

Böylece her üç yöntemden elde edilen değerler ve sıralamalar ise Çizelge 3.37’deki gibi olmaktadır. Yöntemlerden elde edilen sıralamalara bakıldığında farklı sonuçlar

**Çizelge 3.37 Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS Proje Değerlendirme Sonuçları**

<i>Yöntemler</i>	Bulanık VIKOR		Bulanık TOPSIS		Bulanık COPRAS	
	$Q_i$	Sıra	$CC_i$	Sıra	$P_i$	Sıra
<b>Projeler</b>						
Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması	0,0004	1	0,5930	2	100,00	1
Gürültü Seviyesinin Azaltılması	0,3505	6	0,5390	6	92,84	7
Rework İşlemlerinin Azaltılması	0,3027	5	0,5400	5	95,09	4
Ürün Performanslarının Arttırılması	0,4570	7	0,4950	9	88,20	9
Ürün Elekt. Tüketiminin Düşürülmesi	0,8578	10	0,3590	11	71,99	11
Helezon Hatalarının Giderilmesi	0,2959	4	0,5890	3	98,34	3
Balans Hatalarının Giderilmesi	0,1327	2	0,5940	1	99,09	2
İç Lojistiğin İyileştirilmesi	0,4726	9	0,5110	8	90,86	8
Üretim Kapasitesinin Arttırılması	0,2162	3	0,5500	4	93,85	6
Yarı-Mamul Stoklarının Azaltılması	0,9410	11	0,4200	10	83,69	10
Set-Up Sürelerinin Azaltılması	0,4646	8	0,5380	7	93,85	5

#### 3.2.4. Copeland Yöntemi ile Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS ve Bulanık COPRAS Yöntemlerinin Bütünleştirilmesi

Her üç yöntemden elde edilen sıralamaların tek bir sıralama olacak şekilde bütünleştirilebilmesi için oylama yöntemleri içerisinde yer alan Copeland yöntemi kullanılmıştır. Uygulamada izlenen sıra ise aşağıdaki gibidir,

**Adım 1:** Bu adımda her bir projenin yöntemler bazında karşılaştırılması yapılmıştır. Eşitlik 2.92'nin kullanılması sonucu; ele alınan proje, sıralamada diğer projeden daha üstte ise '1' oy, daha altta ise '0' oy almıştır. Örnek olarak, P1 projesinin P7 projesi ile karşılaştırmasını yaptığımızda, P1 projesinin bulanık VIKOR ve bulanık COPRAS yöntemlerinde sıralamada üstte olması nedeniyle '1' oy aldığını, bulanık TOPSIS yönteminde ise altta olması nedeniyle de '0' oy aldığını söyleyebiliriz. Tüm karşılaştırmalar yapıldığında karşımıza Çizelge 3.38'deki gibi bir durum ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.38 Yöntemlere Göre İkili Karşılaştırma Matrisi

Projeler	P1			P2			P3			P4			P5			P6			P7			P8			P9			P10			P11		
	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS	B. VIKOR	B. TOPSIS	B. COPRAS			
P1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	0	0	0				0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
P3	0	0	0	1	1	1				1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
P4	0	0	0	0	0	0	0	0	0				1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
P7	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0				1	1	1	0	0	0
P9	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1				1	1	1	1	1	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0
P11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1			

**Adım 2:** Eşitlik 2.93 yardımıyla ikili karşılaştırmalardaki oylar sayılarak, bir projenin diğer projeye kıyasla kaç oy aldığı ortaya konulmaktadır. Örneğin P1 projesi P7 projesi ile karşılaştırıldığında; iki yöntemde sıralamalarda daha önde olması nedeniyle 2 oya sahiptir. Diğer taraftan P7 projesi P1 projesine göre sadece bir yöntemde daha iyi sonuç verdiği için 1 oya sahiptir. Tüm karşılaştırma sonucunda elde edilen oylama sonuçlarına Çizelge 3.39’de verilmiştir.

Çizelge 3.39 Oylama Sonuçları

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
P1		3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
P2	0		0	3	3	0	0	3	0	3	2
P3	0	3		3	3	0	0	3	1	3	3
P4	0	0	0		3	0	0	1	0	3	1
P5	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0
P6	0	3	3	3	3		0	3	2	3	3
P7	1	3	3	3	3	3		3	3	3	3
P8	0	0	0	2	3	0	0		0	3	0
P9	0	3	2	3	3	1	0	3		3	2
P10	0	0	0	0	2	0	0	0	0		0
P11	0	1	0	2	3	0	0	3	1	3	

**Adım 3:** Eşitlik 2.94 yardımıyla her bir projenin  $G_i(i, j)$  değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 3.39’deki oylama sonuçlarına göre bir projenin diğer projeye olan üstünlüğüne bakılmıştır. Proje, karşılaştırma yapılan projeye kıyasla daha fazla sayıda oya sahipse ‘1’ değerini, daha az oya sahipse ‘-1’ değerini almıştır. Bu çalışmada sadece üç ÇKKV yöntemi ele alındığından eşitlik söz konusu değildir.

Her bir proje için ikili karşılaştırmalar yapılmış, galibiyet ve yenilgi puanları Çizelge 3.40'a çıkarılmıştır.

**Çizelge 3.40 Projelerin Galibiyet ve Yenilgi Puanları**

Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
P1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	-1		-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1
P3	-1	1		1	1	-1	-1	1	-1	1	1
P4	-1	-1	-1		1	-1	-1	-1	-1	1	-1
P5	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1
P6	-1	1	1	1	1		-1	1	1	1	1
P7	-1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
P8	-1	-1	-1	1	1	-1	-1		-1	1	-1
P9	-1	1	1	1	1	-1	-1	1		1	1
P10	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1		-1
P11	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	

**Adım 4:** Eşitlik 2.95 yardımıyla projelerin galibiyet puanı toplamalarına, Eşitlik 2.96 ile de yenilgi puan toplamalarına ulaşılmıştır. Eşitlik 2.97 yardımıyla ise Copeland puanı hesaplanmıştır.

P2 örneğine devam edilecek olursa,

Toplam galibiyet puanı ( $GP_2 = 5$ ) ile toplam yenilgi puanının ( $YP_2 = -5$ ) toplanması sonucu Copeland Puanı, ( $CP_2 = GP_2 + YP_2 = 5 + (-5) = 0$ ) olarak hesaplanmaktadır. Her bir proje için hesaplanan  $GP_i$ ,  $YP_i$  ve  $CP_i$  değerleri Çizelge 3.41'deki gibi olmaktadır.



**Çizelge 3.41 Copeland Yöntemine Göre Proje Sıralamaları**

Projeler	$GP_i$	$YP_i$	$CP_i$
<i>P1</i>	10	0	10
<i>P2</i>	5	-5	0
<i>P3</i>	6	-4	2
<i>P4</i>	2	-8	-6
<i>P5</i>	0	-10	-10
<i>P6</i>	8	-2	6
<i>P7</i>	9	-1	8
<i>P8</i>	3	-7	-4
<i>P9</i>	7	-3	4
<i>P10</i>	1	-9	-8
<i>P11</i>	4	-6	-2

**Adım 5:**  $CP_i$  değerlerinin sıralama işlemi bu adımda gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.42'deki sıralamada en iyi projenin ( $CP_1 = 10$ ) *P1* olduğu, en kötüsünün ise ( $CP_5 = -10$ ) *P5* olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.42 Projelerin Nihai Sıralama Sonuçları**

Projeler	Sıralama $r_i$
<i>P1</i>	1
<i>P2</i>	6
<i>P3</i>	5
<i>P4</i>	9
<i>P5</i>	11
<i>P6</i>	3
<i>P7</i>	2
<i>P8</i>	8
<i>P9</i>	4
<i>P10</i>	10
<i>P11</i>	7

Böylece çalışmada ele alınan bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinin, Copeland yöntemi ile bütünleştirilmesi sonucunda elde edilen yeni sıralama şu şekilde olmuştur:

$$P1 > P7 > P6 > P9 > P3 > P2 > P11 > P8 > P4 > P10 > P5$$

**Çizelge 3.43 Proje Değerlendirme Yöntemleri ve Copeland Yöntemine Göre Proje Sıralamaları**

Sıralama	BULANIK VIKOR	BULANIK TOPSIS	BULANIK COPRAS	COPELAND YÖNTEMİ
1	<i>P1</i>	<i>P7</i>	<i>P1</i>	<i>P1</i>
2	<i>P7</i>	<i>P1</i>	<i>P7</i>	<i>P7</i>
3	<i>P9</i>	<i>P6</i>	<i>P6</i>	<i>P6</i>
4	<i>P6</i>	<i>P9</i>	<i>P3</i>	<i>P9</i>
5	<i>P3</i>	<i>P3</i>	<i>P11</i>	<i>P3</i>
6	<i>P2</i>	<i>P2</i>	<i>P9</i>	<i>P2</i>
7	<i>P4</i>	<i>P11</i>	<i>P2</i>	<i>P11</i>
8	<i>P11</i>	<i>P8</i>	<i>P8</i>	<i>P8</i>
9	<i>P8</i>	<i>P4</i>	<i>P4</i>	<i>P4</i>
10	<i>P5</i>	<i>P10</i>	<i>P10</i>	<i>P10</i>
11	<i>P10</i>	<i>P5</i>	<i>P5</i>	<i>P5</i>

Çizelge 3.43 her üç yöntemden elde edilen sıralamalar ile Copeland ile bu üç yöntemin bütünleştirilmesi ile elde edilen proje sıralamalarını vermektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Üretim ve hizmet sektöründe yer alan birçok büyük ölçekli işletme, süreç iyileştirme yöntemi olarak altı sigmayı kullanmaktadır. Altı sigma, proje esaslı bir yöntemdir. Bu nedenle tek bir süreç için iyileştirmelere odaklanarak başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak, her altı sigma projesi istenilen başarıyı sağlayamamaktadır ve bu başarısızlıkta birçok faktör söz konusudur. Bunlardan en önemlisi de yanlış zamanda ve öncelik sırası dikkate alınmadan seçilen altı sigma projeleridir. İhtiyaç duyulmadığı halde bir projenin hayata geçirilmesi, büyük maliyetlere ve çalışanların motivasyon kaybına neden olduğundan, olası projeler arasından öncelikli olarak ele alınacak projenin seçilmesi başarıda kilit rol üstlenmektedir.

Literatürde çok sayıda altı sigma proje değerlendirme ve seçim yöntemi bulunmaktadır. Bunların hemen hemen tamamı kesin bilgiye ulaşıldığı varsayımıyla altı sigma projelerini değerlendirmektedir. Ancak, proje değerlendirme kriterlerinin bulanık olduğu durumlar için bir çözüm önerisi getirememektedir. Zadeh (1965)'in ortaya attığı bulanık mantık, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünüş tarzına daha yakın olduğu bilindiğinden projelerin değerlendirme safhalarında kullanılması çok daha uygun olabilmektedir. Ayrıca, birçok çalışmada projelerin bulanık mantık çerçevesinde değerlendirildiği ve olumlu sonuçların alındığı da gözlenmiştir. Bu çalışmada da altı sigma proje değerlendirme kriterlerinin belirsizlik içermesi nedeniyle, proje seçiminde insani düşünüş tarzına en yakın yöntem olan bulanık mantık ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması uygun görülmüştür.

Uygulama çalışmasında, büyük ölçekli bir firmanın seçilmesi çalışmanın güvenilirliği için önemli idi. Bu sebeple, Aydın ASTİM Organize Sanayi Bölgesinde yer alan HAUS santrifüj teknolojileri firması tercih edilmiştir. Firmanın köklü geçmişi, kurumsal ve finansal yapısı, kalite çalışmalarına önem vermesi ve en önemlisi altı sigma felsefesine yatkınlığı da HAUS firmasını tercih etmede etken olmuştur. HAUS firması 11 çeşit ürün üretmektedir. Çalışma ise, firmanın en çok satış yaptığı 353 serisi dekantörler üzerine yapılmıştır. Uygulama çalışması üç aşamalı bir süreç takip edilerek yürütülmüştür.

○ ***Karar Vericilerin ve Karar Verici Ağırlıklıklarının Belirlenmesi Aşaması:***

Çalışmada karar vericilerin ağırlıkları bulanık mantık ile belirlenmiştir. Öncelikle karar vericilerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılabilmesi için Karar Verici Değerlendirme Komitesi (KVVK) oluşturulmuştur. Fabrika müdürü tarafından belirlenen komite üyeleri “Fabrika Müdürü”, “Üretim Planlama Müdürü” ve “İnsan Kaynakları Müdürü” şeklinde belirlenmiştir. KVVK’dan, her bir karar vericinin kararlardaki etki düzeylerini sözel değişkenlerle belirlemeleri istenmiştir. KVVK tarafından her bir karar verici için belirlenen üyelik fonksiyonlarından birleştirilmiş üçgensel bulanık karar matrisi elde edilmiş; durulaştırma ve normalizasyon işlemlerinin ardından karar verici ağırlıklarına ulaşılmıştır. Çizelge 3.9’da verilen her bir karar vericiye ait ağırlıklar bu aşamadan sonraki kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve proje değerlendirme aşamalarında kullanılmıştır.

○ ***Kriterlerin ve Kriter Ağırlıklıklarının Belirlenmesi Aşaması:***

Bu çalışmada altı sigma projelerinin seçimi için “Bilgiye Ulaşım”, “Değer Etkisi”, “Finansal Getiri”, “Maliyet Azaltma”, “Çalışan Motivasyonu”, “Müşteri Tatmini”, “Öğrenme ve Gelişme”, “Ölçülebilirlik”, “Proje Maliyeti”, “Proje Süresi”, “Sigma Seviyesi”, “Uygunluk”, “Verimlilik” ve “Yapılabilirlik” şeklinde 15 kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler belirsizlik içerdiğinden bulanık çözümlerin etkili olacağı düşüncesiyle, sıklıkla kullanılan bulanık AHP yönteminden yararlanılmıştır. Bulanık AHP’nin gelişmesine büyük katkısı olan Chang (1996)’in genişletilmiş analiz yöntemi kullanılarak, karar vericilerin de ağırlıkları dikkate alınarak 15 kriterin değerlendirilmesi yapılmıştır (Çizelge 3.16). Elde edilen bu değerler, bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık COPRAS yöntemleri ile projelerin değerlendirilmesinde kriter ağırlıkları olarak kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

○ ***Projelerin Değerlendirilmesi Aşaması:***

13 karar verici ile yapılan görüşmelerin ardından, 353 serisi dekantörde karşılaşılan temel problemleri ortadan kaldıracak 11 projenin hayata geçirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Katkısı düşük olduğu düşünülen projeler çalışmaya dahil edilmemiştir. Projeler “Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması”, “Gürültü Seviyesinin

Azaltılması”, “Rework İşlemlerinin Azaltılması”, “Ürün Performanslarının Arttırılması”, “Ürün Elektrik Tüketiminin Düşürülmesi”, “Helezon Hatalarının Giderilmesi”, “Balans Hatalarının Giderilmesi”, “İç Lojistik Faaliyetlerinin İyileştirilmesi”, “Üretim Kapasitesinin Arttırılması”, “Yarı-Mamul Stoklarının Azaltılması” ve “Set-Up Sürelerinin Azaltılması” şeklinde belirlenmiştir. Belirlenen projelerin kriterlere göre değerlendirilebilmesi, yine sözel değişkenler yardımıyla yapılmıştır. Bunun için her bir karar verici, projelerin kriterlere olan etkilerini “çok az”, “az”, “orta az”, “orta”, “orta fazla”, “fazla” ve “çok fazla” sözel değişkenler ile ifade etmiş; daha sonra her bir karar vericiye ait bulanık karar matrisleri tek bir bulanık matris olacak şekilde birleştirilmiştir. Elde edilen birleştirilmiş bulanık karar matrisi bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinde değerlendirilmiş ve her bir yöntemde farklı sıralamalar elde edilmiştir. Her üç yöntemden elde edilen sıralamaların tek bir sıralama olacak şekilde bütünleştirilebilmesi için oylama yöntemleri içerisinde yer alan Copeland sıralama yöntemi kullanılmıştır. Böylece, çalışmada ele alınan bulanık VIKOR, bulanık TOPSIS ve bulanık COPRAS yöntemlerinin, Copeland yöntemi ile bütünleştirilmesi sonucunda elde edilen yeni sıralamada “*Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması*” projesi, öncelikli olarak ele alınması gereken proje olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde yer bulan bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin farklı hesaplama tekniklerinin olması, farklı sonuçlar elde edilmesine neden olabilmektedir. Çalışmada ele alınan yöntemlerden bulanık VIKOR, ideal alternatife yakınlık ölçüsüne göre karşılaştırma yaparak alternatifleri sıralamaktadır. Bulanık TOPSIS yöntemi, bulanık pozitif ideal çözüme en yakın ve bulanık negatif ideal çözüme en uzak noktaların sıralamasını yapmaktadır. Bulanık COPRAS yöntemi ise, önem ve fayda dereceleri açısından alternatiflerin adım adım sıralamasını yaparak alternatifleri değerlendirmektedir.

Çizelge 3.37’ye bakıldığında, her üç yönteme ait proje sıralamalarının farklı olduğu görülebilmektedir. Çizelge incelendiğinde; bulanık VIKOR veya bulanık COPRAS yöntemlerini tercih etmiş bir karar verici, sıralamada ilk sırada yer alan “*Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması*” projesini seçerken; bulanık TOPSIS yöntemini tercih etmiş bir karar verici, sıralamada ilk sırada yer alan “*Balans Hatalarının*

*Giderilmesi*” projesini seçecektir. Yöntemler arasında farklı sıralamaların olması, karar vericilerin yöntemlere karşı güvensizlik duymalarına neden olmaktadır. Bu durum, karar vericiyi “hangi projeyi seçmeliyim?” sorusuna ilave olarak, “hangi projeyi hangi yöntem ile seçmeliyim?” sorusunu sormaya itmektir. Bu kaygıyı giderebilmek için, bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları, Copeland sıralama yöntemi ile harmanlanarak, tek bir sıralama olacak şekilde bütünleştirilmiştir (bkz: Çizelge 3.43). Böylece, yöntemlerin Copeland ile bütünleştirilmesi ile elde edilen sıralamalar, karar vericilere daha fazla güven vermiştir.

Bu çalışmada zaman kısıtından ötürü sadece üç bulanık çok kriterli karar verme yöntemi ele alınmış ve bunların Copeland sıralama yöntemiyle bütünleştirilmesi sağlanmıştır. Araştırmacılar, ileriki çalışmalarda daha fazla sayıda bulanık çok kriterli karar verme yöntemini Copeland sıralama yöntemi ile bütünleştirerek, daha farklı bilgi ve sonuçlar elde edebilecektir.

## KAYNAKÇA

- Adams, C. W., Gupta, P. ve Wilson, C. E. (2003) *Six Sigma Deployment, Six Sigma Deployment*, Elsevier: ABD.
- Akıllı, A., Atıl, H. ve Kesenkaş, H. (2014) Çiğ Süt Kalite Değerlendirmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, c. 20, s. 2, ss. 223–229.
- Akpolat, H. (2004) *Six Sigma in Transactional and Service Environments*, Gower Publishing Limited: Burlington.
- Aktaş, H. ve Çağman, N. (2005) Bulanık ve Yaklaşımlı Kümeler, *Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi - Journal of Arts and Sciences*, c. 3, s. 1, ss. 13–25.
- Akyüz, G. (2012) Bulanık VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, c. 26, s. 1, ss. 197–215.
- Alavala, C. R. (2008) *Fuzzy Logic and Neural Networks - Basic Concepts and Applications*, New Age International Publishers: India.
- Albayrak, B. (2009) *Proje Yönetimi ve Analizi*, Nobel Yayın Dağıtım: Ankara.
- Alniak, M. O. (2011) *Proje Yönetimi*, Beta Basım-Yayım Dağıtım A.Ş.: İstanbul.
- Anbari, F. (2004) Success Factors in Managing Six Sigma Projects, *Proceedings of PMI Research*, ss. 1–14.
- Antucheviciene, J., Zavadskas, E. K. ve Zakarevicius, A. (2012) Ranking Redevelopment Decisions of Derelict Buildings and Analysis of Ranking Results, *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, c. 46, s. 2.
- Aplak, H. S. (2010) *Karar Verme Sürecinde Bulanık Mantık Bazlı Oyun Teorisi Uygulamaları*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.
- Aslan, D. ve Demir, S. (2005) Laboratuvar Tıbbında Altı-Sigma Kalite Yönetimi, *Türk Biyokimya Dergisi*, c. 30, s. 4, ss. 272–278.
- Aytaç, E. (2011) *Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Aydın.
- Bañuelas, R., Tennant, C., Tuersley, I. ve Tang, S. (2006) Selection of Six Sigma Projects in the UK, *The TQM Magazine*, c. 18, s. 5, ss. 514–527.

- Barutçugil, İ. (2008) *Proje Yönetimi*, Kariyer Developer: İstanbul.
- Bass, I. (2007) *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*, The McGraw-Hill Companies: New York.
- Baş, T. (2003) *Altı Sigma*, Kaliteofisi Yayınları: Ankara.
- Başkaya, Z. (2011) *Bulanık Doğrusal Programlama*, Ekin Yayınevi: Bursa.
- Baykal, N. ve Beyan, T. (2004a) *Bulanık Mantık - Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*, Bıçaklar Kitabevi: Ankara.
- Baykal, N. ve Beyan, T. (2004b) *Bulanık Mantık - İlke ve Temelleri*, Bıçaklar Kitabevi: Ankara.
- Behara, R. S., Fontenot, G. F. ve Gresham, A. (1995) Customer Satisfaction Measurement and Analysis Using Six Sigma, *International Journal of Quality & Reliability Management*, c. 12, s. 3, ss. 9–18.
- Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A. (1970) Decision-Making in a Fuzzy Environment, *Management Science*, c. 17, s. 4, ss. 141–164.
- Betsi, H. E. (2002) *Transactional Six Sigma and Lean Servicing - Leveraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class Service*, ST. Lucie Press: Florida.
- Bilgen, B. ve Şen, M. (2012) Project Selection Through Fuzzy Analytic Hierarchy Process and a Case Study on Six Sigma Implementation in an Automotive Industry, *Production Planning & Control*, c. 23, s. 1, ss. 2–25.
- Bojadziev, G. ve Bojadziev, M. (2007) *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, World Scientific Publishing Company: Singapore.
- Breyfogle, F. W. (2003) *Implementing Six Sigma - Smarter Solutions Using Statistical Methods*, John Wiley & Sons: New York.
- Breyfogle, F. W., Cupello, J. M. ve Meadows, B. (2001) *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*, John Wiley & Sons, Inc.: ABD.
- Browne, C. (2013) *Pairwise Analysis*, <http://www.youtube.com/watch?v=dhv6o9ubHC0>, Erişim Tarihi: 18.10.2014.
- Brue, G. (2002) *Six Sigma for Managers*, McGraw-Hill: New York.
- Brue, G. (2006) *Six Sigma for Small Business*, Entrepreneur Media: Wisconsin.



- Buckley, J. J. ve Eslami, E. (2002) *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets (Advances in Intelligent and Soft Computing)*, Springer-Verlag: Heidelberg.
- Büyüközkan, G. ve Öztürkcan, D. (2010) An Integrated Analytic Approach for Six Sigma Project Selection, *Expert Systems with Applications*, c. 37, s. 8, ss. 5835–5847.
- Capital. (2003) *Six Sigma Zamani*, <http://www.capital.com.tr/liderlik/six-sigma-zamani-haberdetay-1338>, Erişim Tarihi: 31.10.2014.
- Chang, D. (1996) Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, c. 2217, s. 95, ss. 649–655.
- Chen, C.-T. (2000) Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, c. 114, s. 1, ss. 1–9.
- Coronado, R. B. ve Antony, J. (2002) Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects in Organizations, *The TQM Magazine*, c. 14, s. 2, ss. 92–99.
- Çakır, E. (2011) *Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
- Das, M. C., Sarkar, B. ve Ray, S. (2012) A Framework to Measure Relative Performance of Indian Technical Institutions Using Integrated Fuzzy AHP and COPRAS Methodology, *Socio-Economic Planning Sciences*, c. 46, s. 3, ss. 230–241.
- David, J. ve Saaty, D. (2007) Use Analytic Hierarchy Process for Project Selection, *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, c. August, ss. 22–29.
- De Feo, J. ve Barnard, W. (2004) *Juran Institute's Six Sigma Breakthrough and Beyond- Quality Performance Methods*, McGraw-Hill: New York.
- Demirci, H. (2008) *Toplam Kalite Yönetimi*, Kumsaati Yayın Dağıtım: İstanbul.
- Dirgo, R. T. (2006) *Look Forward?: Beyond Lean and Six Sigma*, Aircraft Braking Systems Corporation.: ABD.
- Doğruer, İ. M. (2007) *Proje Yönetimi*, Açılım Kitap: İstanbul.
- Doğu, E. (2006) *Quality Function Deployment (QFD) And Using QFD in Six Sigma Projects*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
- Dubois, D. ve Prade, H. (1980) *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Academic Press, Inc: ABD.

- Eleren, A. ve Ersoy, M. (2007) Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *Madencilik*, c. 46, s. 3, ss. 9–22.
- Elmas, Ç. (2003) *Bulanık Mantık Denetleyiciler - Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık*, Seçkin Yayıncılık: Ankara.
- Elmas, Ç. (2011) *Yapay Zeka Uygulamaları Yapay Sinir Ağları - Bulanık Mantık - Genetik Algoritma*, Seçkin Yayıncılık: Ankara.
- Erdem, İ. (2013) *Yöneylem Araştırması ve WinQSB Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık: Ankara.
- Erdem, S. ve Kavrukkoca, G. (2002) *Sürekli İyileştirme Projelerinin Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Kullanımı*, <http://www.deu.edu.tr/userweb/sabri.erdem/dosyalar/AHP.pdf>, Erişim Tarihi: 17.08.2014.
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2010) Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme için Bilgisayar Seçimi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c. 25, s. 2, ss. 23–41.
- Evans, J. R. ve Lindsay, W. M. (2005) *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*, Thomson/South-Western: ABD.
- Firuzan, A. R. ve Kuvvetli, Ü. (2012) 1.5 Sigma Kaymanın İstatistiksel Nedenleri Üzerine Bir Araştırma, *Ekonometri ve İstatistik*, c. 16, ss. 1–11.
- Fishburn, P. (1977) Condorcet Social Choice Functions, *SIAM Journal of Applied Mathematics*, c. 33, ss. 469–489.
- Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, A., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2012) Maintenance Strategy Selection Using AHP and COPRAS Under Fuzzy Environment, *International Journal of Strategic Property Management*, c. 16, s. 1, ss. 85–104.
- Gavcar, E., Coşkun, E., Paksoy, T., Eleren, A., Sulak, H., Özdemir, M., ... Keskin, R. (2011) *Yöneylem Araştırması*, (V. Tecim, Ed.), Lisans Yayıncılık: İstanbul.
- George, M. L., Rowlands, D. ve Kastle, B. (2005) *Yalın Altı Sigma Nedir?*, SPAC Yayınları: Ankara.
- Gotro, J. (2013) *The Two Key Criteria for Successful Six Sigma Project Selection*, <http://www.innocentrix.com/files/wpsuccessfulsixsigmaprojectselection.pdf>, Erişim Tarihi: 10.10.2014.
- Gören, B. (2013) *Ağırlık Merkezi ve Alan Atalet Momenti*, İzmir.

- Guiping, H., Lizhi, W., Bidanda, B. ve Fetch, S. (2007) Project Portfolio Selection for Implementing Lean and Six Sigma Concepts, *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings* içinde , (ss. 1581–1586), ABD.
- Gupta, P. (2004) *Six Sigma Business Scorecard, Perspectives on Performance*, The McGraw-Hill Companies: New York.
- Gümüšoğlu, Ş. ve Tütek, H. H. (2008) *Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım*, Beta Basım-Yayım Dağıtım A.Ş.: İstanbul.
- Gürsakal, N. (2005) *Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim*, Nobel Yayın Dağıtım: Bursa.
- Gürsakal, N. ve Oğuzlar, A. (2003) *Altı Sigma*, Vipaş Yayınları: Bursa.
- Hahn, G. J., Hill, W. J., Hoerl, R. W. ve Zinkgraf, S. A. (1999) The Impact of Six Sigma Improvement-A Glimpse Into the Future of Statistics, *American Statistical Association*, c. 53, s. 3, ss. 208–215.
- Harry, M. ve Schroeder, R. (2000) *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, Doubleday: New York.
- Haupt, S. E., Pasini, A. ve Marzban, C. (2008) *Artificial Intelligence Methods in the Environmental Sciences*, Springer Science+Business Media B.V: ABD.
- Henderson, K. ve Evans, J. (2000) Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company, *Benchmarking: An International Journal*, c. 7, s. 4, ss. 260–281.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (2001) *Introduction to Operational Research*, McGraw-Hill: New York.
- Holpp, L. ve Pande, P. (2002) *What is Six Sigma?*, McGraw-Hill: ABD.
- Hong, G. Y. ve Goh, T. N. (2003) Six Sigma in Software Quality, *The TQM Magazine*, c. 15, s. 6, ss. 364–373.
- Hsieh, T.-Y., Lu, S.-T. ve Tzeng, G.-H. (2004) Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings, *International Journal of Project Management*, c. 22, s. 7, ss. 573–584.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer-Verlag: Berlin.
- Ibrahim, A. M. (2004) *Endüstriye Dönük Uygulamalı: Gömülü Sistemlerle Bulanık Mantık*, Bileşim Yayınevi: Ankara.

- İkiz, A. K. (2009) *Altı Sigma Projelerinin Değerlemesine Yeni Bir Yaklaşım: Reel Opsiyonlar*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
- İnan, U. H. (2008) *Kalite Yönetim Sistemlerinde Tetkik Performansının Bulanık Mantık ile Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Ağ Süreci Kullanılarak Ölçülmesi*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü: İstanbul.
- Işığışık, E. (2011a) *Altı Sigma Kara Kuşaklar İçin Hipotez Testleri Yol Haritası*, Marmara Kitabevi: Bursa.
- Işığışık, E. (2011b) *100 Soruda Altı Sigma*, Marmara Kitabevi: Bursa.
- Işığışık, E. (2011c) *Ekonomiye - İş Dünyasına - Siyasete İstatistiksel Bakış*, Marmara Kitabevi: Bursa.
- Işık, A. T. (2011) *Bütünleşik Üretim Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Aydın.
- Jain, M. (2008) *Delivering Successful Projects with TSP(SM) and Six Sigma*, Auerbach Publications.
- Johnson, A. ve Swisher, B. (2003) How Six Sigma Improves R&D, *Research Technology Management*, c. 46, s. 2, ss. 12–15.
- Kabalıcı, E. (2013) *Bulanık Mantığa Giriş*, Nevşehir.
- Kahraman, C. ve Büyüközkan, G. (2008) A Combined Fuzzy AHP and Fuzzy Goal Programming Approach for Effective Six-Sigma Project Selection, *J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing*, c. 14, ss. 599–615.
- Kansoy, O. ve Dirgar, E. (2008) Altı Sigma Nedir, *e-Journal of New World Sciences Academy Qualitative Studies*, c. 4, s. 1, ss. 14–23.
- Kaptanoğlu, D. ve Özok, A. F. (2010) Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model, *İTÜ Dergisi/d*, c. 5, s. 1, ss. 193–204.
- Kasabov, N. K. (1998) *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*, The MIT Press: London.
- Kazemi, S. M., Karmasian, M., Homayouni, S. M. ve Vasili, M. R. (2012) Six Sigma Project Selections By Using A Fuzzy Multi Criteria Decision Making Approach: A Case Study In Poly Acryl Corp, *CIE42 Proceedings* içinde , (ss. 306–1 – 306–9), CIE & SAIIE: Cape Town, South Africa.

- Kazemi, S. M., Kazemi, S. M. M. ve Bahri, M. (2005) Six Sigma Project Selections by Using a Multi Criteria Decision Making Approach: A Case Study in Poly Acryl Corp., *Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering* içinde , (ss. 502–507), ABD.
- Keller, P. (2005) *Six Sigma Demystified*, McGraw-Hill: ABD.
- Kelly, M. (2002) Three Steps to Project Selection, *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, c. 2, s. 1, ss. 29–33.
- Klamler, C. (2003) A Comparison of the Dodgson Method and the Copeland Rule, *Economics Bulletin*, c. 4, s. 8, ss. 1–7.
- Klir, G. J. (2001) Foundations of Fuzzy Set Theory and Fuzzy Logic: a Historical Overview, *International Journal of General Systems*, c. 30, s. 2, ss. 91–132.
- Kornfeld, B. ve Kara, S. (2013) Selection of Lean and Six Sigma Projects in Industry, *International Journal of Lean Six Sigma*, c. 4, s. 1, ss. 4–16.
- Kumar, U. D., Crocker, J., Chitra, T. ve Saranga, H. (2006) *Reliability and Six Sigma*, *Reliability and Six Sigma*, Springer: New Jersey.
- Kumar, U. D., Saranga, H., Ramírez-Márquez, J. E. ve Nowicki, D. (2007) Six Sigma Project Selection Using Data Envelopment Analysis, *The TQM Magazine*, c. 19, s. 5, ss. 419–441.
- Larson, A. (2003) *Demystifying Six Sigma: A Company-Wide Approach to Continuous Improvement*, American Management Association: New York.
- Levine, D. M. ve Gitlow, H. S. (2005) *Six Sigma for Green Belts and Champions*, Prentice Hall: ABD.
- Lowenthal, J. N. (2002) *Six Sigma Project Management: A Pocket Guide*, ASQ Quality Press: Milwaukee.
- Mamdani, E. H. ve Assilian, S. (1975) An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller, *International Journal of Man-Machine Studies*, c. 7, ss. 1–13.
- Mawby, W. D. (2007) *Project Portfolio Selection for Six Sigma*, ASQ Quality Press: ABD.
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L. ve Gupta, P. (2004) *The Six Sigma Black Belt Handbook*, McGraw-Hill: New York.
- McDonald, M. (2013) *İş Süreçlerini İyileştirmek*, Optimist: İstanbul.

- McNeill, F. M. ve Thro, E. (1994) *Fuzzy Logic: A Practical Approach*, Academic Press, Inc: London.
- Meier, A. ve Donze, L. (2012) *Fuzzy Methods for Customer Relationship Management and Marketing: Applications and Classifications*, IGI Global: ABD.
- Nabiyev, V. V. (2012) *Yapay Zeka*, Seçkin Yayıncılık: Ankara.
- Naderi, H., Shahosseini, H. ve Jafari, A. (2013) Evaluation MCDM Multi-Disjoint Paths Selection Algorithms Using Fuzzy-Copeland Ranking Method, *International Journal of Communication Networks and Information Security*, c. 5, s. 1, ss. 59–67.
- Naderi, S. H., Shams, P. ve Shahhoseini, H. S. (2012) Fuzzy-Copeland Ranking Method to Evaluate Multi-Disjoint Paths Selection Algorithms, *2012 IEEE 3rd International Conference* içinde , (ss. 761–764), Software Engineering and Service Science (ICSESS): Beijing.
- Nguyen, H. T., Prasad, N. R., Walker, C. L. ve Walker, E. A. (2003) *A First Course in Fuzzy and Neural Control*, Chapman and Hall/CRC: Florida.
- Opricovic, S. (2011) Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning, *Expert Systems with Applications*, c. 38, s. 10, ss. 12983–12990.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H. (2004) Compromise Solution by MCDM Methods a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, c. 156, s. 2, ss. 445–455.
- Özdağoğlu, A. (2013a) İmalat İşletmeleri için Eksantrik Pres Alternatiflerinin COPRAS Yöntemi ile Karşılaştırılması, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, c. 8, s. Haziran, ss. 1–22.
- Özdağoğlu, A. (2013b) Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi : COPRAS Örneği, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, c. 8, s. 2, ss. 229–252.
- Özkan, M. M. (2003) *Bulanık Hedef Programlama*, Ekin Kitabevi: Bursa.
- Öztürk, A. (2009) *Kalite Yönetimi ve Planlaması*, Ekin Kitabevi: Bursa.
- Özveri, O. ve Çakır, E. (2012) Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi*, c. 14, s. 2, ss. 17–36.
- Özveri, O. ve Dinçel, D. (2012) Altı Sigma Proje Seçim Yöntemleri ve Bir Hastanede Uygulanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c. 27, s. 2, ss. 55–78.

- Paksoy, T., Pehlivan, N. Y. ve Özceylan, E. (2013) *Bulanık Küme Teorisi*, Nobel Yayın: Ankara.
- Pande, P., Neuman, R. ve Cavanagh, R. (2000) *The Six Sigma Way How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance*, McGraw-Hill: New York.
- Pande, P., Neuman, R. ve Cavanagh, R. (2004) *Six Sigma Yolu Ge, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*, Klan Yayınları: İstanbul.
- Patır, S. (2008) Kalite Anlayışında Altı Sigma Yaklaşımı, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 7, s. 24, ss. 63–83.
- Pehlivan, N. Y. ve Apaydın, A. (2005) Bulanık k-En Yakın Komşuluk Tahmin Edicisi ve Bulanık Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları, *S.Ü Fen Ed. Fak. Fen Dergisi*, c. 26, ss. 19–32.
- Polat, A., Cömert, B. ve Arıtürk, T. (2005) *Altı Sigma Vizyonu*, S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık Ltd.Şti.: Ankara.
- Portny, S. E. (2012) *Proje Yönetimi for Dummies*, Doğan Egmont Yayıncılık ve Yapımcılık Tic. A.Ş.: İstanbul.
- Purjavad, E. ve Shirouyehzad, H. (2011) A MCDM Approach for Prioritizing Production Lines: A Case Study, *International Journal of Business and Management*, c. 6, s. 10, ss. 221–229.
- Pyzdek, T. (2000a) *The Six Sigma Revolution*, Quality America Inc, ABD.
- Pyzdek, T. (2000b, Eylül) Selecting Six Sigma Projects, *Quality Digest Magazine*, ss. 1–2.
- Pyzdek, T. (2003) *The Six Sigma Project Planner: a Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC*, McGraw-Hill: New York.
- Pyzdek, T. ve Keller, P. A. (2010) *The Six Sigma Handbook A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*, McGraw-Hill: New York.
- Raisinghani, M. S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G. ve Daripaly, P. (2005) Six Sigma: Concepts, Tools, and Applications, *Industrial Management & Data Systems*, c. 105, s. 4, ss. 491–505.
- Ray, S., Das, P., Bhattacharyay, B. K. ve Antony, J. (2013) Measuring Six Sigma Project Effectiveness using Fuzzy Approach, *Quality and Reliability Engineering International*, c. 29, s. 3, ss. 417–430.

- Robometricschool. (2012) *The Basic Concepts of Fuzzy Logic*, Robometricschool, <http://www.robometricschool.com/2012/12/the-basic-concepts-of-fuzzy-logic.html>, Erişim Tarihi: 03.01.2015.
- Roe, S. I. ve Ingle, S. (2001) Six Sigma Black Belt Implementation, *The TQM Magazine*, c. 13, s. 4, ss. 273–280.
- Ross, T. J. (2010) *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Wiley Publishing: ABD.
- Roth, H. ve Chen, C. (2005) *The Big Book of Six Sigma Training Games: Proven Ways to Teach Basic DMAIC Principles and Quality Improvement Tools*, McGraw-Hill Professional: ABD.
- Saaty, T. ve Vargas, L. (2012) *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Springer: New York.
- Saghaei, A. ve Didekhani, H. (2011) Developing An Integrated Model for the Evaluation and Selection of Six Sigma Projects Based on ANFIS and Fuzzy Goal Programming, *Expert Systems with Applications*, c. 38, s. 1, ss. 721–728.
- Sala, A. ve Albertos, P. (1998) Fuzzy Logic Controllers: Advantages and Drawbacks, R. Perez, M. Duarte ve G. Lefranc (Ed.), *Anales Volumen III* içinde , (ss. 833–844), IFAC: Valencia.
- Sanver, M. R. (2000) Çoğunluk Yöntemi ve Condorcet Galipleri, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, c. 55, s. 3, ss. 133–144.
- Sharma, U. (2003) Implementing Lean Principles With The Six Sigma Advantage: How A Battery Company Realized Significant Improvements, *Journal of Organizational Excellence*, c. 22, s. 3, ss. 43–52.
- Sheehy, P., Navarro, D., Silvers, R., Keyes, V., Dixon, D. ve Picard, D. (2002) *The Black Belt Memory Jogger - A Pocket Guide for Six Sigma Success*, Six Sigma Academy: ABD.
- Sheu, J.-B. (2004) A Hybrid Fuzzy-based Approach for Identifying Global Logistics Strategies, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, c. 40, s. 1, ss. 39–61.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S. ve Deepa, S. N. (2007) *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*, Springer Berlin: Berlin.
- Su, C. ve Chou, C. (2008) A Systematic Methodology for the Creation of Six Sigma Projects: A Case Study of Semiconductor Foundry, *Expert Systems with Applications*, c. 34, s. 4, ss. 2693–2703.
- Şen, Z. (2003) *Modern Mantık*, Bilge Kültür Sanat: İstanbul.



- Şen, Z. (2009) *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*, Su Vakfı Yayınları: İstanbul.
- Şentürk, Ö. (2013) *Six Sigma Project Evaluation Under Fuzziness in Food Industry*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Kadir Has Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.
- Tanaka, K. (1997) *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*, Springer: New York.
- Taşkın, S. (2013) *Fizik Makaleleri: Heisenberg Belirsizlik İlkesi*, <http://www.fizikmakaleleri.com/2013/02/heisenberg-belirsizlik-ilkesi.html>, Erişim Tarihi: 21.08.2014.
- Tekin, M. (2008) *Sayısal Yöntemler*, Selçuk Üniversitesi İİBF: Konya.
- Teknomo, K. (2014) *Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial*, [http://web.cjcu.edu.tw/~lcc/Courses/TUTORIAL/AHP Tutorial.doc](http://web.cjcu.edu.tw/~lcc/Courses/TUTORIAL/AHP%20Tutorial.doc), Erişim Tarihi: 28.11.2014.
- Tektaş, M. (2014) *Bulanık Mantık*, <http://tektasi.net/wp-content/uploads/2014/01/Bulanik-Kumeler.pdf>, Erişim Tarihi: 01.02.2015.
- Thomsett, M. (2005) *Getting Started in Six Sigma*, John Wiley & Sons, Inc.: New Jersey.
- Timor, M. (2010) *Yöneylem Araştırması*, Türkmen Kitabevi: İstanbul.
- Timor, M. (2011) *Analitik Hiyerarşi Prosesi*, Türkmen Kitabevi: İstanbul.
- Top, S. (2009) *Toplam Kalite Yönetimi Bağlamında Sürekli İyileştirme Anlayışı*, Beta Basım-Yayım Dağıtım A.Ş.: İstanbul.
- Turan, A. H., Şenkayas, H. ve Başaloğlu, C. (2008) Altı Sigmanın Kobilerde Farkındalılığı, Ayırt Edici Faktörler ve Uygulama Karakteristikleri: Aydın İlinde Ampirik Bir Değerlendirme, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, c. X, s. II, ss. 57–78.
- Ulucan, A. (2004) *Yöneylem Araştırması*, Siyasal Kitabevi: Ankara.
- Westland, J. (2003) *Project Management Guideline*, Method123 Ltd.: ABD.
- What Is Six Sigma? (2013)<http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/getting-started/what-six-sigma>, Erişim Tarihi: 18.11.2014.
- Wilson, M. P. (1999) *Six Sigma: Understanding the Concept, Implications and Challenges*, *Advanced System Consultants*, Advanced Systems Consultants: ABD.

- www.haus.com.tr. (2014) HAUS Tanıtımı, Aydın.
- Yang, T. Y. T. ve Hsieh, C. (2008) Six-Sigma Project Selection Using National Quality Award Criteria and Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Method, *Expert Systems with Applications*, c. 36, ss. 7594–7603.
- Yaralıoğlu, K. (2015) *Bulanık Mantık*, [http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul\\_man.doc](http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc), Erişim Tarihi: 04.01.2015.
- Yazdani, M., Alidoosti, A. ve Zavadskas, E. K. (2011) Risk Analysis of Critical Infrastructures Using Fuzzy COPRAS, *Ekonomiska Istrazivanja*, c. 24, s. 4, ss. 27–40.
- Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (2014) *İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları: Bursa.
- Yıldız, A. (2014) *Proje Geliştirme/Planlama*, Avrupa Birliği Genel Sekreterliği, <http://www.ua.gov.tr/docs/default-source/erasmus-/proje-planlama-ve-proje-yonetim-surecleri-1.pdf?sfvrsn=0>, Erişim Tarihi: 26.12.2014.
- Young, T. L. (2007) *The Handbook of Project Management: A Practical Guide to Effective Policies, Techniques and Processes*, Kogan Page Publishers: ABD.
- Yüksel, H. (2012) Evaluation of the Success of Six Sigma Projects by Data Envelopment Analysis, *International Journal of Business and Management*, c. 7, s. 13, ss. 75–84.
- Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy Sets, *Information and Control*, c. 8, ss. 338–353.
- Zadeh, L. A. (1975) The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, c. 8, ss. 199–249.
- Zadeh, L. A. (1988) Fuzzy Logic, *Computer*, c. 21, s. 4, ss. 83–93.
- Zadeh, L. A. (1994) Soft Computing and Fuzzy Logic, *Software, IEEE*, c. 48, s. November, ss. 48–56.
- Zavadskas, E., Kaklauskas, A., Turskis, Z. ve Tamosaitiene, J. (2009) Multi-Attribute Decision-Making Model by Applying Grey Numbers, *Informatica*, c. 20, s. 2, ss. 305–320.
- Zimmermann, H. J. (2001) *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Springer: Delhi.

## EKLER

Ek 1 Sigma Dönüşüm Tablosu ( $\pm 1.5\sigma$  Düzeltme ile)

$z_{UD}^*$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,0	308537,5	305025,7	301531,8	298056,0	294598,5	291159,7	287739,7	284338,8	280957,3	277595,3
2,1	274253,1	270930,9	267628,9	264347,3	261086,3	257846,1	254626,9	251428,9	248252,2	245097,1
2,2	241963,7	238852,1	235762,5	232695,1	229650,0	226627,4	223627,3	220649,9	217695,4	214763,9
2,3	211855,4	208970,1	206108,1	203269,4	200454,2	197662,5	194894,5	192150,2	189429,7	186732,9
2,4	184060,1	181411,3	178786,4	176185,5	173608,8	171056,1	168527,6	166023,2	163543,1	161087,1
2,5	158655,3	156247,6	153864,2	151505,0	149170,0	146859,1	144572,3	142309,7	140071,1	137856,6
2,6	135666,1	133499,5	131356,9	129238,1	127143,2	125071,9	123024,4	121000,5	119000,1	117023,2
2,7	115069,7	113139,4	111232,4	109348,6	107487,7	105649,8	103834,7	102042,3	100272,6	98525,3
2,8	96800,5	95097,9	93417,5	91759,1	90122,7	88508,0	86915,0	85343,5	83793,3	82264,4
2,9	80756,7	79269,8	77803,8	76358,5	74933,7	73529,3	72145,0	70780,9	69436,6	68112,1
3,0	66807,2	65521,7	64255,5	63008,4	61780,2	60570,8	59379,9	58207,6	57053,4	55917,4
3,1	54799,3	53698,9	52616,1	51550,7	50502,6	49471,5	48457,2	47459,7	46478,7	45514,0
3,2	44565,5	43632,9	42716,2	41815,1	40929,5	40059,2	39203,9	38363,6	37538,0	36727,0
3,3	35930,3	35147,9	34379,5	33625,0	32884,1	32156,8	31442,8	30741,9	30054,0	29379,0
3,4	28716,6	28066,6	27428,9	26803,4	26189,8	25588,1	24997,9	24419,2	23851,8	23295,5
3,5	22750,1	22215,6	21691,7	21178,3	20675,2	20182,2	19699,3	19226,2	18762,8	18308,9
3,6	17864,4	17429,2	17003,0	16585,8	16177,4	15777,6	15386,3	15003,4	14628,7	14262,1
3,7	13903,4	13552,6	13209,4	12873,7	12545,5	12224,5	11910,6	11603,8	11303,8	11010,7
3,8	10724,1	10444,1	10170,4	9903,1	9641,9	9386,7	9137,5	8894,0	8656,3	8424,2
3,9	8197,5	7976,3	7760,3	7549,4	7343,6	7142,8	6946,9	6755,7	6569,1	6387,2
4,0	6209,7	6036,6	5867,7	5703,1	5542,6	5386,1	5233,6	5084,9	4940,0	4798,8
4,1	4661,2	4527,1	4396,5	4269,2	4145,3	4024,6	3907,0	3792,6	3681,1	3572,6
4,2	3467,0	3364,2	3264,1	3166,7	3072,0	2979,8	2890,1	2802,8	2717,9	2635,4
4,3	2555,1	2477,1	2401,2	2327,4	2255,7	2186,0	2118,2	2052,4	1988,4	1926,2
4,4	1865,8	1807,1	1750,2	1694,8	1641,1	1588,9	1538,2	1489,0	1441,2	1394,9
4,5	1349,9	1306,2	1263,9	1222,8	1182,9	1144,2	1106,7	1070,3	1035,0	1000,8
4,6	967,6	935,4	904,3	874,0	844,7	816,4	788,8	762,2	736,4	711,4
4,7	687,1	663,7	641,0	619,0	597,6	577,0	557,1	537,7	519,0	500,9
4,8	483,4	466,5	450,1	434,2	418,9	404,1	389,7	375,8	362,4	349,5
4,9	336,9	324,8	313,1	301,8	290,9	280,3	270,1	260,2	250,7	241,5
5,0	232,6	224,1	215,8	207,8	200,1	192,6	185,4	178,5	171,8	165,3
5,1	159,1	153,1	147,3	141,7	136,3	131,1	126,1	121,3	116,6	112,1
5,2	107,8	103,6	99,6	95,7	92,0	88,4	85,0	81,6	78,4	75,3
5,3	72,3	69,5	66,7	64,1	61,5	59,1	56,7	54,4	52,2	50,1
5,4	48,1	46,1	44,3	42,5	40,7	39,1	37,5	35,9	34,5	33,0
5,5	31,7	30,4	29,1	27,9	26,7	25,6	24,5	23,5	22,5	21,6
5,6	20,7	19,8	18,9	18,1	17,4	16,6	15,9	15,2	14,6	13,9
5,7	13,3	12,8	12,2	11,7	11,2	10,7	10,2	9,8	9,3	8,9
5,8	8,5	8,2	7,8	7,5	7,1	6,8	6,5	6,2	5,9	5,7
5,9	5,4	5,2	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,6
6,0	3,4									

\*  $z_{UD}$ : Uzun Dönem z değeri ( $Z_{UD} = Z_{KD} - 1,5$ )

## Ek 2 Karar Verici Değerlendirme Anketi



### KARAR VERİCİ DEĞERLENDİRME ANKETİ



Karar Verici		Proje Seçiminde Karar Vericinin Etki Düzeyi
KV1	Fabrika Müdürü	
KV2	Üretim Planlama Müdürü	
KV3	Satın Alma Müdürü	
KV4	İnsan Kaynakları Müdürü	
KV5	Metot Müdürü	
KV6	Kalite Kontrol Müdürü	
KV7	Dekantör Üretim Sahası Mühendisi	
KV8	Kalite Kontrol Mühendisi	
KV9	Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu	
KV10	Helezon Bölümü Sorumlusu	
KV11	Metot Bölümü Sorumlusu	
KV12	Montaj Bölümü Sorumlusu	
KV13	Depo Bölümü Sorumlusu	

**AÇIKLAMA:** Bu anket yardımıyla karar vericilerin, kararlardaki etkileri tespit edilecektir. Ankette; satırlarda karar vericiler yer almaktadır. Her bir karar vericinin karardaki etki düzeyi "Çok Yüksek (ÇY)", "Yüksek (Y)", "Orta Yüksek (OY)", "Orta (O)", "Orta Düşük (OD)", "Düşük (D)" ve "Çok Düşük (ÇD)" şeklinde belirtilmelidir.

*Katkınızdan ötürü teşekkür ederim... Engin ÇAKIR*

## Ek 3 Kriter Değerlendirme Anketi

## KRİTER DEĞERLENDİRME ANKETİ

Kriterlerin Karşılaştırılması													
I. Bölüm						II. Bölüm							
Soldaki Kriter Daha Önemli ise Bu Kısımda İşaretleme Yapılır			Eşit Önemde			Sağdaki Kriter Daha Önemli ise Bu Kısımda İşaretleme Yapılır			Eşit Önemde			Sağdaki Kriter Daha Önemli ise Bu Kısımda İşaretleme Yapılır	
Önem Düzeyleri	Çok Kuvvetli Derece	Kuvvetli Derece	Biraz Daha Fazla	Önemli	Çok Kuvvetli Derece	Kuvvetli Derece	Biraz Daha Fazla	Önem Düzeyleri	Çok Kuvvetli Derece	Kuvvetli Derece	Biraz Daha Fazla	Önem Düzeyleri	Sağ Kısım Kriterleri
Sol Kısım Kriterleri								Sol Kısım Kriterleri					
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Motivasyon
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Müşteri Tatmini
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Öğrenme ve Gelişme
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Ölçülebilirlik
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Proje Süresi
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Sigma seviyesi
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Uyumluk
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Verimlilik
Başarı Olasılığı								Maliyet Düşürme					Yapılabilirlik
Başarı Olasılığı								Motivasyon					Müşteri Tatmini
Başarı Olasılığı								Motivasyon					Öğrenme ve Gelişme
Başarı Olasılığı								Motivasyon					Ölçülebilirlik
Başarı Olasılığı								Motivasyon					Proje Süresi
Bilgiye Ulaşım								Motivasyon					Sigma seviyesi
Bilgiye Ulaşım								Motivasyon					Uyumluk
Bilgiye Ulaşım								Motivasyon					Verimlilik
Bilgiye Ulaşım								Motivasyon					Yapılabilirlik
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Öğrenme ve Gelişme
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Ölçülebilirlik
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Proje Süresi
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Sigma seviyesi
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Uyumluk
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Verimlilik
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Yapılabilirlik
Bilgiye Ulaşım								Müşteri Tatmini					Sonraki sayfaya geçiniz.

**Açıklama:** Ankette kriter ağırlıklı bulanlık şeklinde tespit edilecektir. Bunun için sol kısımlarda yer alan her bir kriter için, sağ kısımlarda yer alan kriterlere göre önem dereceleri belirlenecektir. Örneğin; sol kısımda yer alan kriter, sağ kısımda yer alan kriterden daha önemli ise; sol kısımda yer alan kriterden daha önemli ise; sol kısımda yer alan önem düzeylerinden biri için "x" ile, diğer ki sağ kısımda yer alan kriter daha önemli ise sağ kısımda yer alan önem düzeylerinden biri için "x" ile işaretleme yapılır. Her iki kriterin de eşit öneme sahip olduğu düşünüldürse; "Eşit Önemde" sütununda "x" işaretlenir.



### Ek 4 Her Bir Karar Verici için İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Kriterler														
	Başarı Olanlığı	Bilgiye Ulaşım	Değer Etkisi	Finansal Getiri	Maliyet Düşürme	Motivasyon	Müşteri Tatmini	Öğrenme ve Gelişme	Ölçülebilirlik	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Sigma seviyesi	Uygunluk	Verimlilik	Yapılabilirlik
<b>Fabrika Müdürü (kv2)</b>															
<b>Karar Verici Ağırlığı</b>	<b>0,105</b>														
Başarı Olanlığı	1, 1, 1	3, 5, 7	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/9, 1/7, 1/5	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Bilgiye Ulaşım	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7	1/9, 1/7, 1/5	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1
Değer Etkisi	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	5, 7, 9	1/7, 1/5, 1/3	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1
Finansal Getiri	3, 5, 7	7, 9, 9	3, 5, 7	1, 1, 1	3, 5, 7	7, 9, 9	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5
Maliyet Düşürme	1, 3, 5	5, 7, 9	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7
Motivasyon	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7	1/9, 1/9, 1/7	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7
Müşteri Tatmini	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5
Öğrenme ve Gelişme	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3
Ölçülebilirlik	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1/9, 1/9, 1/7	1, 3, 5	3, 5, 7	1/9, 1/9, 1/7	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1/9, 1/9, 1/7
Proje Maliyeti	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	5, 7, 9	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7
Proje Süresi	1, 3, 5	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7
Sigma seviyesi	1/5, 1/3, 1	5, 7, 9	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	5, 7, 9	1/5, 1/3, 1	5, 7, 9	1, 1, 1	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3
Uygunluk	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	5, 7, 9	1/7, 1/5, 1/3	5, 7, 9	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1
Verimlilik	1, 3, 5	5, 7, 9	7, 9, 9	1, 1, 1	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 1, 1	5, 7, 9	1, 3, 5	1, 3, 5	5, 7, 9	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1
Yapılabilirlik	3, 5, 7	3, 5, 7	7, 9, 9	1/5, 1/3, 1	7, 9, 9	7, 9, 9	3, 5, 7	7, 9, 9	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 1, 1
<b>Üretim Planlama Müdürü (kv2)</b>															
<b>Karar Verici Ağırlığı</b>	<b>0,096</b>														
Başarı Olanlığı	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	7, 9, 9	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1
Bilgiye Ulaşım	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	5, 7, 9	3, 5, 7	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1
Değer Etkisi	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7
Finansal Getiri	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7	1/9, 1/9, 1/7	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7	1/9, 1/9, 1/7
Maliyet Düşürme	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/9, 1/9, 1/7	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3
Motivasyon	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1
Müşteri Tatmini	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Öğrenme ve Gelişme	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3
Ölçülebilirlik	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1, 3, 5	5, 7, 9	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 1, 1	3, 5, 7	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7
Proje Maliyeti	1/9, 1/9, 1/7	1/9, 1/9, 1/7	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1, 3, 5	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/9, 1/9, 1/7	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/9, 1/9, 1/7
Proje Süresi	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	7, 9, 9	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7
Sigma seviyesi	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Uygunluk	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3
Verimlilik	1, 3, 5	1, 1, 1	3, 5, 7	7, 9, 9	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 1, 1
Yapılabilirlik	1, 3, 5	1, 3, 5	5, 7, 9	7, 9, 9	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 1, 1
<b>Satın Alma Müdürü (kv3)</b>															
<b>Karar Verici Ağırlığı</b>	<b>0,064</b>														
Başarı Olanlığı	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3
Bilgiye Ulaşım	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Değer Etkisi	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 1, 1
Finansal Getiri	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	5, 7, 9	5, 7, 9	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1
Maliyet Düşürme	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3
Motivasyon	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3
Müşteri Tatmini	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1
Öğrenme ve Gelişme	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1
Ölçülebilirlik	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3
Proje Maliyeti	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3
Proje Süresi	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3
Sigma seviyesi	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7	3, 5, 7	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Uygunluk	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7	3, 5, 7	1/9, 1/9, 1/7	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1
Verimlilik	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/9, 1/9, 1/7	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 1, 1	1/7, 1/5, 1/3
Yapılabilirlik	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	3, 5, 7	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	3, 5, 7	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 1, 1	1, 1, 1
<b>İnsan Kaynakları Müdürü (kv4)</b>															
<b>Karar Verici Ağırlığı</b>	<b>0,057</b>														
Başarı Olanlığı	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1/7, 1/5, 1/3	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1	1/5, 1/3, 1
Bilgiye Ulaşım	1, 3, 5	1, 1, 1	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5	1/5, 1/3, 1
Değer Etkisi	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 1, 1	1, 3, 5	1, 1, 1	3, 5, 7	5, 7, 9	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1, 3, 5	1, 3, 5	1		

## Ek 4 (Devam)

Kriterler	Kriterler														
	Başarı Olanlığı	Bilgiye Ulaşım	Değer Etkisi	Finansal Getiri	Maliyet Düşürme	Motivasyon	Müşteri Tatmini	Öğrenme ve Gelişme	Ölçülebilirlik	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Sigma seviyesi	Uygunluk	Verimlilik	Yapılabilirlik
<b>Kalite Kontrol Mühendisi (kv8)</b>															
<b>0,095</b>															
Karar Verici Ağırlığı	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5
Başarı Olanlığı	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Bilgiye Ulaşım	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Değer Etkisi	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Finansal Getiri	1,3,5	1,3,5	5,7,9	1,1,1	1,3,5	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5	3,5,7	1,1,1
Maliyet Düşürme	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1
Motivasyon	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3
Müşteri Tatmini	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,3,5	3,5,7	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	3,5,7	1,3,5
Öğrenme ve Gelişme	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1,1,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1
Ölçülebilirlik	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3
Proje Maliyeti	1,1,1	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1/7,1/5,1/3
Proje Süresi	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3
Sigma seviyesi	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5
Uygunluk	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1,3,5	1,1,1	3,5,7
Verimlilik	3,5,7	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3
Yapılabilirlik	5,7,9	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1,1,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	3,5,7	3,5,7	1,3,5	1,3,5	3,5,7	1,1,1
<b>Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu (kv9)</b>															
<b>0,075</b>															
Karar Verici Ağırlığı	1,1,1	5,7,9	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	5,7,9	1/7,1/5,1/3	3,5,7	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1,3,5	1/7,1/5,1/3
Başarı Olanlığı	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Bilgiye Ulaşım	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Değer Etkisi	1,1,1	5,7,9	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	5,7,9	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3
Finansal Getiri	3,5,7	5,7,9	3,5,7	1,1,1	5,7,9	5,7,9	1,1,1	7,9,9	1,3,5	5,7,9	7,9,9	1,3,5	5,7,9	5,7,9	1,1,1
Maliyet Düşürme	1/5,1/3,1	5,7,9	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1,1,1	5,7,9	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Motivasyon	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Müşteri Tatmini	3,5,7	5,7,9	1,3,5	1,1,1	1,3,5	7,9,9	1,1,1	5,7,9	7,9,9	1,3,5	3,5,7	1,3,5	3,5,7	3,5,7	1,3,5
Öğrenme ve Gelişme	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Ölçülebilirlik	1,3,5	5,7,9	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,3,5	5,7,9	1/9,1/7,1/5	3,5,7	1,1,1	1,3,5	5,7,9	1,3,5	5,7,9	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Proje Maliyeti	1/7,1/5,1/3	5,7,9	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	5,7,9	1/5,1/3,1	5,7,9	1/5,1/3,1	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3
Proje Süresi	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1,3,5	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3
Sigma seviyesi	3,5,7	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	3,5,7	5,7,9	1/7,1/5,1/3	3,5,7	1/9,1/7,1/5	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1,3,5	1,3,5	1,1,1
Uygunluk	1/5,1/3,1	3,5,7	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1,1,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Verimlilik	1/5,1/3,1	5,7,9	1,3,5	1/9,1/7,1/5	1,3,5	5,7,9	1/7,1/5,1/3	5,7,9	3,5,7	1,3,5	5,7,9	1/5,1/3,1	3,5,7	1,1,1	1,1,1
Yapılabilirlik	3,5,7	5,7,9	3,5,7	1,1,1	1,3,5	7,9,9	1/5,1/3,1	7,9,9	1,3,5	3,5,7	3,5,7	1,1,1	5,7,9	1,1,1	1,1,1
<b>Helezon Bölümü Sorumlusu (kv10)</b>															
<b>0,066</b>															
Karar Verici Ağırlığı	1,1,1	3,5,7	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1/5,1/3,1	3,5,7	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3
Başarı Olanlığı	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	3,5,7	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3
Bilgiye Ulaşım	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5	3,5,7	1/7,1/5,1/3	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3
Değer Etkisi	1,1,1	3,5,7	1,1,1	1,1,1	1,3,5	3,5,7	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1/5,1/3,1
Finansal Getiri	5,7,9	5,7,9	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5
Maliyet Düşürme	1,3,5	5,7,9	1/5,1/3,1	1,1,1	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Motivasyon	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Müşteri Tatmini	3,5,7	3,5,7	1,3,5	1,1,1	1,3,5	5,7,9	1,1,1	7,9,9	1,1,1	1,3,5	3,5,7	1,3,5	3,5,7	1,1,1	1,1,1
Öğrenme ve Gelişme	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,1,1	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/9,1/7,1/5	1/9,1/7,1/5
Ölçülebilirlik	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	5,7,9	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3
Proje Maliyeti	1/5,1/3,1	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1,1,1	3,5,7	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3
Proje Süresi	1,3,5	3,5,7	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	1/7,1/5,1/3	3,5,7	1/7,1/5,1/3	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1/7,1/5,1/3
Sigma seviyesi	1/5,1/3,1	5,7,9	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	5,7,9	1/5,1/3,1	5,7,9	1/9,1/7,1/5	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3
Uygunluk	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/5,1/3,1	3,5,7	1/7,1/5,1/3	3,5,7	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Verimlilik	1,3,5	5,7,9	1,1,1	1,3,5	5,7,9	5,7,9	1,1,1	5,7,9	3,5,7	1,3,5	5,7,9	1,3,5	3,5,7	1,1,1	1,1,1
Yapılabilirlik	3,5,7	3,5,7	1,3,5	1,3,5	5,7,9	5,7,9	1,1,1	7,9,9	3,5,7	3,5,7	3,5,7	1,3,5	3,5,7	1,3,5	1,1,1
<b>Metot Bölümü Sorumlusu (kv11)</b>															
<b>0,084</b>															
Karar Verici Ağırlığı	1,1,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Başarı Olanlığı	1,1,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Bilgiye Ulaşım	1,1,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,3,5	3,5,7	1,3,5	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Değer Etkisi	3,5,7	3,5,7	1,1,1	1,3,5	1,1,1	3,5,7	5,7,9	1,3,5	1/5,1/3,1	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1,3,5
Finansal Getiri	1,3,5	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1,1,1	1,1,1	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1/5,1/3,1	3,5,7	1,1,1	1/5,1/3,1	1,1,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1
Maliyet Düşürme	1,3,5	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	5,7,9	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1,3,5	1,3,5	1,3,5	1,1,1	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1
Motivasyon	1/5,1/3,1	1/5,1/3,1	1/7,1/5,1/3	1/5,1/3,1	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1,3,5	1/5,1/3,1							



## Ek 5 Proje Değerlendirme Anketi

## PROJE DEĞERLENDİRME ANKETİ

## Projelerin Kriterlere Göre Değerlendirilmesi

Projeler	Kriterler	Başarı Olasılığı	Bilgiye Ulaşım	Değer Etkisi	Finansal Getiri	Maliyet Düşürme	Çalışan Motivasyonu	Müşteri Tatmini	Öğrenme ve Gelişime	Ölçülebilirlik	Proje Maliyeti	Proje Süresi	Sigma seviyesi	Uygunluk	Verimlilik	Uygulanabilirlik	
Vibrasyon değerlerinin azaltılması																	
Gürültü seviyesinin azaltılması																	
Rework işlemlerinin azaltılması																	
Ürün performanslarının artırılması																	
Ürün elektrik tüketiminin düşürülmesi																	
Helicon hatalarının giderilmesi																	
Balans hatalarının giderilmesi																	
İç lojistik faaliyetlerinin iyileştirilmesi																	
Üretim kapasitesinin artırılması																	
Yarı-Mamul stoklarının azaltılması																	
Set-up sürelerinin azaltılması																	

**AÇIKLAMA:** Bu anketteki veriler yardımıyla en iyi altı sigma projesi seçilecektir. Ankette; satırarda altı sigma projeleri ve sütunlarda kriterler yer almaktadır. Her bir projenin kriterlerden etkilenme düzeyi "Çok fazla (CF)", "Fazla (F)", "Orta Fazla (OF)", "Orta (O)", "Orta az (OA)", "Az (A)" ve "Çok az (ÇA)" şeklinde yazılmalıdır. Örneğin; "Vibrasyon Değerlerinin Azaltılması" projesi "Çalışanların motivasyonu"nu çok az etkiler şeklinde düşünürsek; ilgili hücreye "ÇA" yazılır.

Katkılarınızdan dolayı teşekkür ederim...  
Engin ÇAKIR

## Ek 6 Proje Değerlendirmede Üçgenel Bulanık Sayılar

Kriterler:	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>Kriter Ağırlıkları:</b>	<b>0,084</b>	<b>0,056</b>	<b>0,065</b>	<b>0,093</b>	<b>0,056</b>	<b>0,028</b>	<b>0,075</b>	<b>0,028</b>	<b>0,056</b>	<b>0,056</b>	<b>0,028</b>	<b>0,056</b>	<b>0,047</b>	<b>0,075</b>	<b>0,084</b>
<b>Karar Verici</b>															<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>
<b>Projeler</b>	<b>Fabrika Müdürü (kv1)</b>														<b>0,105</b>
Proje 1 (P1)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
Proje 2 (P2)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Proje 3 (P3)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Proje 4 (P4)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Proje 5 (P5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
Proje 6 (P6)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Proje 7 (P7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Proje 8 (P8)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Proje 9 (P9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Proje 10 (P10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Proje 11 (P11)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
<b>Karar Verici</b>															<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>
<b>Projeler</b>	<b>Üretim Planlama Müdürü (kv2)</b>														<b>0,096</b>
Proje 1 (P1)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
Proje 2 (P2)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)
Proje 3 (P3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Proje 4 (P4)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
Proje 5 (P5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
Proje 6 (P6)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Proje 7 (P7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Proje 8 (P8)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 9 (P9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Proje 10 (P10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Proje 11 (P11)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
<b>Karar Verici</b>															<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>
<b>Projeler</b>	<b>Satın Alma Müdürü (kv3)</b>														<b>0,064</b>
Proje 1 (P1)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
Proje 2 (P2)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Proje 3 (P3)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
Proje 4 (P4)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
Proje 5 (P5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
Proje 6 (P6)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
Proje 7 (P7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
Proje 8 (P8)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
Proje 9 (P9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
Proje 10 (P10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
Proje 11 (P11)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
<b>Karar Verici</b>															<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>
<b>Projeler</b>	<b>İnsan Kaynakları Müdürü (kv4)</b>														<b>0,057</b>
Proje 1 (P1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 2 (P2)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Proje 3 (P3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 4 (P4)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 5 (P5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Proje 6 (P6)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Proje 7 (P7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 8 (P8)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Proje 9 (P9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 10 (P10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
Proje 11 (P11)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
<b>Karar Verici</b>															<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>
<b>Projeler</b>	<b>Metot Müdürü (kv5)</b>														<b>0,084</b>
Proje 1 (P1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Proje 2 (P2)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Proje 3 (P3)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
Proje 4 (P4)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Proje 5 (P5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
Proje 6 (P6)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
Proje 7 (P7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5,						

## Ek 6 (Devam)

Kriterler:	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
<b>Kriter Ağırlıkları:</b>	<b>0,084</b>	<b>0,056</b>	<b>0,065</b>	<b>0,093</b>	<b>0,056</b>	<b>0,028</b>	<b>0,075</b>	<b>0,028</b>	<b>0,056</b>	<b>0,056</b>	<b>0,028</b>	<b>0,056</b>	<b>0,047</b>	<b>0,075</b>	<b>0,084</b>
<b>Karar Verici</b>	<b>Kalite Kontrol Mühendisi (kv8)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,095</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
Proje 2 (P2)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(9,10,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
Proje 3 (P3)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 4 (P4)	(3,5,7)	(0,1,3)	(0,1,3)	(9,10,10)	(0,1,3)	(1,3,5)	(7,9,10)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(0,1,3)	(0,1,3)
Proje 5 (P5)	(3,5,7)	(1,3,5)	(0,0,1)	(9,10,10)	(0,0,1)	(0,1,3)	(7,9,10)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(0,1,3)	(5,7,9)
Proje 6 (P6)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(5,7,9)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)
Proje 7 (P7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
Proje 8 (P8)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)
Proje 9 (P9)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,0,1)	(7,9,10)	(0,0,1)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(0,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)
Proje 10 (P10)	(3,5,7)	(0,1,3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(0,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)
Proje 11 (P11)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
<b>Karar Verici</b>	<b>Dekantör Üretim Sahası Sorumlusu (kv9)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,075</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)
Proje 2 (P2)	(9,10,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(5,7,9)	(5,7,9)
Proje 3 (P3)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)
Proje 4 (P4)	(9,10,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(0,1,3)	(9,10,10)
Proje 5 (P5)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,0,1)	(7,9,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(9,10,10)	(3,5,7)
Proje 6 (P6)	(9,10,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)
Proje 7 (P7)	(9,10,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)
Proje 8 (P8)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(3,5,7)	(0,1,3)
Proje 9 (P9)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(3,5,7)
Proje 10 (P10)	(0,1,3)	(0,0,1)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(0,0,1)	(7,9,10)	(0,1,3)	(0,1,3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,1,3)
Proje 11 (P11)	(9,10,10)	(0,0,1)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,0,1)	(9,10,10)	(0,0,1)	(0,1,3)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(0,1,3)	(1,3,5)
<b>Karar Verici</b>	<b>Helezon Bölümü Sorumlusu (kv10)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,066</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(7,9,10)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)
Proje 2 (P2)	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(3,5,7)
Proje 3 (P3)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(1,3,5)	(7,9,10)	(1,3,5)	(5,7,9)	(7,9,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(3,5,7)
Proje 4 (P4)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)
Proje 5 (P5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,0,1)	(3,5,7)
Proje 6 (P6)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(9,10,10)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)
Proje 7 (P7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)
Proje 8 (P8)	(7,9,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(1,3,5)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)
Proje 9 (P9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(0,1,3)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(9,10,10)	(3,5,7)
Proje 10 (P10)	(1,3,5)	(0,1,3)	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(3,5,7)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)
Proje 11 (P11)	(3,5,7)	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,0,1)	(3,5,7)	(7,9,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)
<b>Karar Verici</b>	<b>Metot Bölümü Sorumlusu (kv11)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,084</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)
Proje 2 (P2)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
Proje 3 (P3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)
Proje 4 (P4)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 5 (P5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(7,9,10)	(0,1,3)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,3,5)	(3,5,7)	(0,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)
Proje 6 (P6)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)
Proje 7 (P7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)
Proje 8 (P8)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 9 (P9)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 10 (P10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 11 (P11)	(9,10,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
<b>Karar Verici</b>	<b>Montaj Bölümü Sorumlusu (kv12)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,072</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
Proje 2 (P2)	(7,9,10)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(7,9,10)
Proje 3 (P3)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)
Proje 4 (P4)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 5 (P5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(0,1,3)	(1,3,5)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(0,0,1)	(7,9,10)	(7,9,10)
Proje 6 (P6)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 7 (P7)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 8 (P8)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)
Proje 9 (P9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
Proje 10 (P10)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,0,1)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,0,1)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)
Proje 11 (P11)	(9,10,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)
<b>Karar Verici</b>	<b>Depo Bölümü Sorumlusu (kv13)</b>											<b>Karar Verici Ağırlıklandırma Değeri</b>			<b>0,035</b>
<b>Projeler</b>															
Proje 1 (P1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)
Proje 2 (P2)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(7,9,10)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	(3,5,7)	(0,1,3)	(9,10,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(3,5,7)</

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Engin ÇAKIR

Doğum Yeri ve Tarihi : Almanya / 1980

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : DEÜ SBE İşletme - Yönetim Bilimi ABD

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Almanca

### İş Deneyimi

Çalıştığı Kurum : Adnan Menderes Üniversitesi

### İletişim

e-posta Adresi : cakirengin@hotmail.com

Tarih : 27.05.2015