

İZMİR KÂTİP CELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR MERMER FABRİKASINDAKİ MAKİNEİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME METOTLARI KULLANILARAK SEÇİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ece Yağmur ÇAKIL

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği

Tez Danışman: Doç. Dr. Femin Yalçın

Haziran 2017

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR MERMER FABRİKASINDAKİ MAKİNEİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME METOTLARI KULLANILARAK SEÇİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ece Yağmur ÇAKIL
(600113005)**

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği

Tez Danışman: Doç. Dr. Femin YALÇIN

Haziran 2017

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 600113005 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ece Yağmur ÇAKIL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "BİR MERMER FABRİKASINDAKİ MAKİNENİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME METOTLARI KULLANILARAK SEÇİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :

Doç. Dr. Femin YALÇIN
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



Jüri Üyeleri :

Prof. Dr. Gözde Yazgı TÛTÛNCÛ
İzmir Ekonomi Üniversitesi



Doç. Dr. Femin YALÇIN
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Halis Can KOYUNCUOĞLU
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



Teslim Tarihi : 26 Mayıs 2017
Savunma Tarihi : 19 Haziran 2017

ÖNSÖZ

Çalışmam süresince, çalışmam ile ilgili bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Femin Yalçın'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın uygulama aşamasında her türlü kolaylığı sağlayan, yardımlarını esirgemeyen tüm değerli ER-GA Mermer LTD. ŞTİ. Çalışanlarına ve MKS Firması temsilcilerine teşekkür ederim.

Son olarak, bana her zaman inanan, sevgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ailem ve Erdi Ertuğrul'a sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Ece Yağmur ÇAKIL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Literatür Araştırması	1
2. KARAR VERME KAVRAMI	7
2.1. Karar Verme Tanımı	7
2.2. Karar Verme Süreci.....	8
2.2.1. Problemin Tanımlanması	9
2.2.2. Alternatif Geliştirme ve Değerlendirme	10
2.2.3. Kararın Verilmesi.....	11
2.2.4. Kararın Uygulanması	11
2.2.5. Uygulanan Kararın Değerlendirilmesi.....	11
2.3. Karar Verme Sürecinde Etkili Faktörler	12
2.4. Karar Verme Çeşitleri	12
2.4.1. Mevcut Bilgiler Açısından Karar Verme	12
2.4.1.1. Belirlilikte Karar Verme.....	13
2.4.1.2. Belirsizlikte Karar Verme	13
2.4.2. Karar Verici/Vericiler Açısından Karar Verme	13
2.4.2.1. Bireysel Karar Verme.....	13
2.4.2.2. Grup Kararı Verme.....	13
2.4.3. Kriterler Açısından Karar Verme	14
2.4.3.1. Tek Kriterli Karar Verme	14
2.4.3.2. Çok Kriterli Karar Verme	14
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME METOTLARI	15
3.1. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Tanımı	15

3.2. Çok Kriterli Karar Verme Çeşitleri	17
3.2.1. Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV).....	18
3.2.2. Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV)	18
3.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Karar Verme Süreci.....	19
3.3.1. Problemin Tanımlanması.....	21
3.3.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması.....	21
3.3.3. İkili Karşılaştırmalarla Önceliklerin Belirlenmesi ve Karar Matrislerinin Elde Edilmesi.....	22
3.3.4. Kriterlerin ve Alternatiflerin Önem Değerlerinin Belirlenmesi	24
3.3.5. Tutarlılık Oranının Hesaplanması	25
3.3.6. Alternatiflerin Sıralanması	26
3.4. AHP Metodunun Avantaj ve Dezavantajları	27
3.5. TOPSIS Metodu ile Karar Verme Süreci	27
3.5.1. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.....	29
3.5.2. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.....	30
3.5.3. İdeal ve Negatif-İdeal Çözümlerin Belirlenmesi.....	30
3.5.4. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması	31
3.5.5. İdeal Çözüme Olan Uzaklık ve Yakınlığın Hesaplanması	31
3.5.6. Alternatiflerin Sıralanması	32
3.6. TOPSIS Metodunun Avantaj ve Dezavantajları.....	32
4. BİR MERMER FABRİKASINDA TOPSIS VE AHP KULLANILARAK MAKİNE SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA	33
4.1. Problem Tanımı	33
4.2. Kriterler ve Alternatifler	34
4.3. Bulgular	41
4.3.1. AHP Metoduna İlişkin Bulgular.....	41
4.3.2. TOPSIS Metoduna İlişkin Bulgular	70
4.3.3. AHP ve TOPSIS Metodlarının Sonuçlarının Karşılaştırılması	75
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CI	: Tutarlılık İndeksi
CR	: Tutarlılık Oranı
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination and Choice Translating Reality
PO	: Pareto Optimallik
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
RI	: Rastgelelik İndeksi
TOPSIS	: Technique for Order Prefence by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözümüne Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği)

SEMBOLLER LİSTESİ

λ_{max}	: Bir Matrisin En Büyük Özdeğeri
A	: Karar Matrisi
A^*	: Pozitif İdeal
A^-	: Negatif İdeal
W	: Kriter Ağırlığı
n	: Kriter Sayısı
m	: Alternatif Sayısı
a_{ij}	: i. Kriterin j. Kriteria Göre Karşılaştırma Değeri
R_{ij}	: TOPSIS Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi
S^*	: Pozitif İdeal Ayırım Ölçüsü
S^-	: Negatif İdeal Ayırım Ölçüsü
C^*	: İdeal Çözüme Göre Yakınlığının Değeri

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1 İkili Karşılaştırmalar İçin Temel Ölçek	23
Tablo 3.2 İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	24
Tablo 3.3 Rastgele İndeks Değerleri (RI).....	26
Tablo 4.1 Karar Verme Sürecinde Bulunan Makine Alternatifleri	35
Tablo 4.2 Seçim Kriterleri.....	36
Tablo 4.3 Makinelerin Teknik Özellikleri.....	41
Tablo 4.4 Kriter Karşılaştırma Matrisi	44
Tablo 4.5 Kriterler İçin Normalize Matris	44
Tablo 4.6 Kriterler İçin Öncelik Vektörü (W).....	44
Tablo 4.7 Kriterler İçin D Sütun Vektörü	45
Tablo 4.8 Kriterler İçin E Sütun Vektörü.....	45
Tablo 4.9 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırmalar Matrisi.....	46
Tablo 4.10 Maliyet Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris	46
Tablo 4.11 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü (W)	46
Tablo 4.12 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin D ve E Sütun Vektörleri	46
Tablo 4.13 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	46
Tablo 4.14 Servis açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi.....	47
Tablo 4.15 Servis açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris.....	47
Tablo 4.16 Servis açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü.....	47
Tablo 4.17 Servis açısından Alt Kriterlerin D ve E Sütun Vektörleri.....	47
Tablo 4.18 Servis açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri	47
Tablo 4.19 Kalite Açısında Alt kriterlerin Karşılaştırma Matrisi	48
Tablo 4.20 Kalite Açısından Alt kriterlere Göre Normalize Matris.....	48
Tablo 4.21 Kalite Açısından Alt kriterlerin Öncelik Vektörü.....	48
Tablo 4.22 Kalite Açısından Alt Kriterlerin D ve E Sütun Vektörleri.....	48
Tablo 4.23 Kalite Açısından Alt kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri	48
Tablo 4.24 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi	49
Tablo 4.25 Esneklik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris	49
Tablo 4.26 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü.....	49
Tablo 4.27 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin D ve E Sütun Vektörleri.....	49
Tablo 4.28 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri	49
Tablo 4.29 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırmalar Matrisi.....	49
Tablo 4.30 Verimlilik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris.....	50

Tablo 4.31 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü	50
Tablo 4.32 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörü	50
Tablo 4.33 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} değeri	50
Tablo 4.34 Performans Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi	50
Tablo 4.35 Performans Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris	50
Tablo 4.36 Performans Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü	50
Tablo 4.37 Performans Açısından Alt Kriterlerin <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri	51
Tablo 4.38 Performans Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri	51
Tablo 4.39 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi	51
Tablo 4.40 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris.....	52
Tablo 4.41 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü.....	53
Tablo 4.42 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri.....	53
Tablo 4.43 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI, CR değerleri.....	53
Tablo 4.44. Makinelerin Satın Alma Maliyeti, Bakım Maliyeti, Kurma Maliyeti Değerleri.....	54
Tablo 4.45 Satın Alma Maliyeti, Bakım Maliyeti ve Kurma Maliyetine Göre Normalize Matris.....	54
Tablo 4.46 İşletme Maliyeti Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	54
Tablo 4.47 İşletme Maliyetine Göre Normalize Matris	54
Tablo 4.48 İşletme Maliyetine Göre Öncelik Vektörü	54
Tablo 4.49 İşletme Maliyetine göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri.....	55
Tablo 4.50 İşletme Maliyetine göre λ_{max} , CI ve CR değerleri	55
Tablo 4.51 Makinelerin Garanti ve Servis Süreleri.....	55
Tablo 4.52 Makinelerin Garanti ve Servis Sürelerine Göre Normalize Matris.....	55
Tablo 4.53 Yedek Parça Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	55
Tablo 4.54 Yedek Parçaya Göre Normalize Matris	55
Tablo 4.55 Yedek Parçaya Göre Öncelik Vektörü (<i>W</i>).....	56
Tablo 4.56 Yedek Parçaya Göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri.....	56
Tablo 4.57 Yedek Parçaya Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri	56
Tablo 4.58 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Değiştirilebilmesi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	56
Tablo 4.59 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Değiştirilebilmesine Göre Normalize Matris.....	56
Tablo 4.60 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Değiştirilebilmesine Göre Öncelik Vektörü (<i>W</i>).....	56
Tablo 4.61 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Değiştirilebilmesine Göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri	57

Tablo 4.62 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Değiştirilebilmesine Göre λ_{max} , CI ve CR değerleri	57
Tablo 4.63 Hurda-Yeniden İşleme Oranı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	57
Tablo 4.64 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre Normalize Matris	57
Tablo 4.65 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre Öncelik Vektörü.....	57
Tablo 4.66 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre D ve E Sütun Vektörleri	58
Tablo 4.67 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri	58
Tablo 4.68 Tutarlık-Güvenirlilik ve Makinenin Ortalama Aşınma Yılı Öncelik Vektörü.....	58
Tablo 4.69 Makinenin Hurda Fiyatı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi .	58
Tablo 4.70 Makinenin Hurda Fiyatına Göre Normalize Matris	58
Tablo 4.71 Makinenin Hurda Fiyatına Göre Öncelik Vektörü	59
Tablo 4.72 Makinenin Hurda Fiyatına Göre D ve E Sütun Vektörleri	59
Tablo 4.73 Makinenin Hurda Fiyatına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	59
Tablo 4.74 Ürün Kalitesine Uygunluk Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	59
Tablo 4.75 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre Normalize Matris	59
Tablo 4.76 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre Öncelik Vektörü.....	59
Tablo 4.77 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre D ve E Sütun Vektörleri.....	60
Tablo 4.78 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	60
Tablo 4.79 Ürün Hacmi Esneliği, Ürün Çeşidi Esnekliği ve Proses Esnekliğine Göre Öncelik Vektörleri.....	60
Tablo 4.80 Kapasite Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	60
Tablo 4.81 Kapasiteye Göre Normalize Matris.....	60
Tablo 4.82 Kapasiteye Göre Öncelik Vektörü	61
Tablo 4.83 Kapasiteye Göre D ve E Sütun Vektörleri	61
Tablo 4.84 Kapasiteye Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	61
Tablo 4.85 Kullanım Kolaylığı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	61
Tablo 4.86 Kullanım Kolaylığına Göre Normalize Matris	61
Tablo 4.87 Kullanım Kolaylığına Göre Öncelik Vektörü	61
Tablo 4.88 Kullanım Kolaylığına Göre D ve E Sütun Vektörleri.....	62
Tablo 4.89 Kullanım Kolaylığına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri	62
Tablo 4.90 Güvenlik Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	62
Tablo 4.91 Güvenliğe Göre Normalize Matris.....	62
Tablo 4.92 Güvenliğe Göre Öncelik Vektörleri	62
Tablo 4.93 Güvenliğe Göre D ve E Sütun Vektörleri	62

Tablo 4.94 Güvenliğe Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	63
Tablo 4.95 Otomasyon Seviyesi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	63
Tablo 4.96 Otomasyon Seviyesine Göre Normalize Matris.....	63
Tablo 4.97 Otomasyon Seviyesine Göre Öncelik Vektörü	63
Tablo 4.98 Otomasyon Seviyesine Göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri	63
Tablo 4.99 Otomasyon Seviyesine Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	63
Tablo 4.100 Ayar Süresi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	64
Tablo 4.101 Ayar Süresine Göre Normalize Matris.....	64
Tablo 4.102 Ayar Süresine Göre Öncelik Vektörü	64
Tablo 4.103 Ayar Süresine Göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri	64
Tablo 4.104 Ayar Süresine Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri	64
Tablo 4.105 Üretkenlik- Hız Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi.....	64
Tablo 4.106 Üretkenlik-Hıza Göre Normalize Matris.....	65
Tablo 4.107 Üretkenlik-Hıza Göre Öncelik Matris.....	65
Tablo 4.108 Üretkenlik-Hıza Göre <i>D</i> ve <i>E</i> Sütun Vektörleri	65
Tablo 4.109 Üretkenlik-Hıza Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri	65
Tablo 4.110 Arıza Oranı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi	65
Tablo 4.111 Arıza Oranına Göre Normalize Matris.....	65
Tablo 4.112 Arıza Oranına Göre Öncelik Vektörleri	66
Tablo 4.113 Arıza Oranına Göre <i>D</i> ve <i>E</i> sütun Vektörleri.....	66
Tablo 4.114 Arıza Oranına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri.....	66
Tablo 4.115 Makinelerin Teknik Özellikleri.....	66
Tablo 4.116 Teknik Özelliğe Göre Normalize Matris.....	67
Tablo 4.117 Kriter ve Alternatif Ağırlıklarının Özet Tablosu.....	68
Tablo 4.118 Önem Ağırlıkları Çarpımı	69
Tablo 4.119 Alternatiflerin Önem Ağırlıkları	69
Tablo 4.120 TOPSIS Analizi İçin Karar Matrisi	70
Tablo 4.121 Kriter Ağırlıkları	72
Tablo 4.122 Normalize Karar Matrisi	73
Tablo 4.123 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi	73
Tablo 4.124 Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Setleri	74
Tablo 4.125 Ayırım Ölçüleri	75
Tablo 4.126 İdeal Çözüm Tablosu	75
Tablo 4.127 AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması	76

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	17
Şekil 3.2 Analitik Hiyerarşi Yapısının Unsurları.....	22
Şekil 3.3 TOPSIS Diyagramı.....	29
Şekil 4.1 Mermer Makinesi Seçiminin Analitik Hiyerarşi Yapısı.....	43

BİR MERMER FABRİKASINDAKİ MAKİNEİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME METOTLARI KULLANILARAK SEÇİLMESİ

ÖZET

Dünya genelinde yoğunlaşan rekabet ortamının çeşitli sektörlerde ve işletmelere önemli etkileri olmuş ve işletmeler stratejilerini, örgütsel ve fonksiyonel yapılanmalarını değiştirmek zorunda kalmışlardır. Ön planda olan maliyet kriteri yanı sıra yüksek kalite, verimlilik, çeşitlilik, esneklik ve hız gibi faktörler de rekabet gücü yaratmak amacıyla önemli birer unsur haline gelmiştir. Örnek olarak bir makine seçiminde alternatif makineler arasından yüksek kalitede üretim yapan, en verimli ve esnek olan ancak aynı zamanda en ucuz olan makinenin seçimine odaklanılmaktadır. Bu nedenle karar verici kişilerin karar sürecinde işletme çıkarları ve kısıtları göz önünde bulundurularak en uygun kararı vermeleri beklenmektedir.

Karar verme, uygun alternatifler arasından en iyi seçimin bulunması amacını gerçekleştirmeye ilişkin bir süreçtir. Konu alınan probleme ait pek çok kriter göz önünde bulundurularak alternatiflerin karşılaştırılması yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bir probleme ilişkin amaç, kriterler ve alternatiflerin tanımlanmış olması durumunda problemi çözmeye yönelik birçok yöntemin kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan ikisi Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS yöntemleridir.

Bu çalışmada bir mermer fabrikasında kullanılması planlanan “Mermer Blok Kesme Makinesi”, “Yarı Süper Mermer Blok Kesme Makinesi”, “Süper Mermer Blok Kesme Makinesi” ve “Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi” olmak üzere dört farklı makine arasından seçim yapılması hedeflenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri bu işletmeye en uygun özelliklerdeki makinenin seçilmesi amacıyla uygulanmıştır. Çalışmada, ilgili literatür incelenerek en yaygın olarak kullanıldığı tespit edilen maliyet, servis, kalite, esneklik, verimlilik, performans ve teknik özellik kriterleri ana kriterler olarak belirlenmiştir ve bunların alt kriterleri tanımlanmıştır. İki yöntemin uygulanması sonucundaki bulgular karşılaştırılarak işletme için en uygun makinenin seçilmesine karar verilmiştir. AHP ve TOPSIS yönteminin adımları için Microsoft Excel 2013 hesaplamalarından yararlanılmıştır.

Çalışma bulgularına göre en önemli kriterin “maliyet” olduğu belirlenmiş ve hem TOPSIS hem de AHP yöntemlerinin kullanılması sonucunda işletmenin gereksinim duyduğu “Süper S Mermer Blok Kesme” makinesinin en uygun makine olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karar Verme, Çok Kriterli Karar Verme, Makine Seçimi, AHP, TOPSIS

MACHINE SELECTION IN A MARBLE FACTORY BY USING MULTI CRITERIA DECISION METHODS

SUMMARY

The competitive environment around the world has been a major influence on various sectors and firms that has had to change business strategies, organizational and functional structures. Factors such as high quality, productivity, diversity, flexibility, and speed as well as cost have become important elements to provide competitiveness. For example, in a machine selection decision making process, the focus is on choosing the most efficient and flexible machine, but also the cheapest machine, which produces high quality products among the alternatives. Therefore, decision-makers are expected to make the most appropriate decision in the decision-making process, taking into account business interests and constraints.

Decision-making is a process of defining the goal of finding the best choice among the appropriate alternatives. The comparison of the alternatives is a widely used method considering many criteria of problems. When the purpose, criteria, and alternatives for a problem have been defined, it has been proven that there are many ways to solve the problem. Two of the most commonly used methods are Analytic Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS methods.

In this study, the selection of four different machines, namely "Marble Block Cutting Machine", "Semi Super Marble Block Cutting Machine", "Super Marble Block Cutting Machine", and "Super S Marble Block Cutting Machine", which are planned to be used in the marble factory, has been focused. The AHP and TOPSIS methods of multi-criteria decision making have been applied to select the most suitable machine for this operation. In the study, the criteria of cost, service, quality, flexibility, efficiency, performance, and technical features, which are the most commonly used by examining the related literature, have been determined as main criteria and their sub criteria also have been defined. It was decided to select the most suitable machine for the operation by a comparison of the findings related to the application of these two methods. The steps for the AHP and TOPSIS methods are based on Microsoft Excel 2013 calculations.

According to the findings, the most important criterion was determined as "cost" and it was seen that the "Super S Marble Block Cutting Machine" is the most appropriate one according to the results of TOPSIS and AHP methods.

Key Words: Decision Making, Multi Criteria Decision Making, Machine Selection, AHP, TOPSIS.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada bir mermer fabrikası işletmesinde kullanılacak olan makinelerin optimum verimlilik ve maliyet açısından incelenmesi amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemlerin sonuçları ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

Literatürde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerinin önemli bir yer tuttuğu ve pek çok alanda tercih edildikleri görülmektedir.

Demiray (2007) yaptığı çalışmada otomotiv yan sanayi sektöründe çalışmalarını sürdüren bir üretim şirketinde yapılan makine yatırımı seçim probleminde Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile çözüm önerisinde bulunmuştur. ÇKKV problemlerine örnek olan bu makine seçim probleminde, 5 ana grupta 27 faktör açısından 3 alternatif makine karşılaştırılmış, böylece firma ihtiyaçlarına en uygun makinenin seçilmesi sağlanmıştır.

Eleren (2007) beyaz eşya sektörü kapsamında elektrikli ev araçlarının üretimini ve pazarlamasını yapan ve en çok bilinen markalar üzerinde bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada markalar alt gruplara ayrılarak tüketicilerin yaptıkları tercihler doğrultusunda puanlandırılmış ve sıralanmıştır. Çalışmanın uygulama aşaması, belirlenen alt gruplar ve toplamaların, kriterler ve önem düzeylerinin istatistiksel olarak tespit edilmesi ve Analitik Hiyerarşi Prosesine (AHP) tabi tutulması ile oluşturulmuştur. Markalara verilen puanlar, tüm alt gruplar için ayrı ayrı tekrarlanarak bu puanların ortalamaları aracılığıyla genel puanların hesaplanması şeklinde bulunmuştur.

Ustasüleyman (2009) yaptığı çalışmada bankalarda ürün ve hizmet kalitesini etkileyen başlıca faktörleri ve bu faktörler aracılığıyla bankaların performanslarını belirlemeyi hedeflemiştir. Bu amaçla öncelikle bankacılık sektöründe ürün ve hizmet

kalitesinin değerlendirilmesi için sıklıkla kullanılan hizmet kalitesi boyutları olan güven, fiziksel özellikler, empati ve güvenilirlik boyutlarının önem dereceleri AHP ile tespit edilmiştir. Önem derecelerinin tespit edilmesinin ardından TOPSIS yöntemi aracılığıyla üç farklı bankanın hizmet performansları değerlendirilmiştir.

Akkaya ve Demireli (2010) yaptıkları çalışmada finans alanında ÇKKV problemlerine ilişkin uygulamaları ortaya koymayı hedeflemişlerdir. Bu doğrultuda yöntem olarak PROMETHEE sıralama yöntemini tercih etmişlerdir. Çalışmaların uygulama aşamasında, halka açılmaya karar veren bir işletmede bu açılma sürecinin hangi araçlar ile yapılması gerektiğine ilişkin maliyet, imaj, etkinlik ve ulaşılabilirlik kriterleri değerlendirilmiştir.

Çınar (2010) yaptığı çalışmada bir işletme kuruluş yerinin seçilmesi problemini ele alarak bankacılık sektöründe bulunan bir bankanın herhangi bir şubeye sahip olmadığı bir bölgede yer alan beş adet şehir arasından doğru seçim yapabilmeyi sağlayan bir karar verme modeli oluşturmuştur. Değerlendirme sürecinin bulanık olması nedeniyle çalışmada bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Demireli (2010) yaptığı çalışmada Türkiye’de yaygın şekilde faaliyette bulunan kamu bankalarına ilişkin performansların ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemini kullanarak belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda literatürde çoğunlukla kullanılagelen 10 adet kriterlerden yararlanarak bu kriterlerin her birine eşit ağırlıklar verip, performans puanları belirlemiştir.

Okul (2012) yaptığı çalışmada Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMMA) yönteminin TOPSIS yöntemiyle bütünleştirmesini yaparak TOPSIS yönteminin belirsiz, kesin olmayan ve stokastik veriler içeren problemlere de uygulanabilmesini sağlamıştır. Ortaya konulan SMAA-TOPSIS modeli, makineli tüfek seçimi problemine uygulanmıştır.

Pesen (2012) yaptığı çalışmada seçim sürecine yardımcı olacak ÇKKV ve modern karar destek yöntemleri arasında yer alan AHP yöntemini inceleyip bir sanayi işletmesinin Ar-Ge projesi seçiminde nasıl uygulanacağını göstermeyi hedeflemiştir. Belirlenen hedef proje adaylarının seçim kriterleri literatürden ve şirket çalışanlarıyla yapılan ikili görüşmelerden belirlenmiştir. Problemin modellenmesinde kullanılacak hiyerarşik modele ait karar ağacı hazırlanmıştır. Hiyerarşinin değerlendirme

aşamasında kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulup işletmenin projeleri değerlendirmeye alınmış ve çalışma sonuçlandırılmıştır.

Uygurtürk ve Korkmaz (2012) yaptıkları çalışmada İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda (İMKB) işlem gören 13 temel metal endüstrisi işletmesine ait 2006-2010 dönemlerine ilişkin finansal tablolar aracılığıyla bu metal işletmelerinin finansal performanslarını TOPSIS yöntemiyle analiz etmişlerdir. İlk olarak işletmelerin finansal güçlülüklerini belirlemek gayesiyle finansal oranları hesaplanmış, ardından hesaplanan oranlar TOPSIS yöntemiyle genel şirket performansını gösteren tek bir puana dönüştürülmüştür. Yapılan hesaplama sonucunda ortaya çıkan performans puanlarına göre işletmeler sıralandırılmıştır. Sonuç olarak, ana metal sanayi sektöründe çalışmalarını sürdüren işletmelerin, analiz döneminde, performans puanlarının, genel olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Acıpayamoğlu (2013) ahşap sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin yatırımlarını daha bilinçli yapabilmesi için, makine seçimi sırasında rakamsal veriler ve karşılaştırma tabloları yardımıyla, işletmelerin gereksinimlerine uyan makinelerin seçilmesini amaçlamışlardır. CNC makinelerin seçilmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi uygulanmıştır. AHP yöntemi uygulanması için makineler kategorilendirilerek karşılaştırma tabloları hazırlanmış ve bu tablolar rakamsal ifadelerle dönüştürülmüştür. Hesaplamalar neticesinde ortaya çıkan sonuç tablosunda, yüzdesel ifadeyle işe en uygun olan makine belirlenmiştir.

Pala (2013) yaptığı çalışmada AHP yöntemi ile Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü öğrencilerinin meslek seçimi probleminin çözümünü amaçlamıştır. ÇKKV analizlerine getirilen en büyük eleştiri olan kriterleri ve alternatifleri değerlendirirken verilen yargıların öznel olma ve kesinlik arz etmeme durumu nedeniyle problem bulanık mantık kullanılarak oluşturulan melez bir yöntem olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile tekrardan çözülmüş ve bu iki yöntemle elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Urfalıoğlu ve Genç (2013) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin Avrupa Birliği sürecinde ekonomik yönden pozisyonunun belirlenmesini ve ÇKKV yöntemlerinin ekonomik verilerle uygulanabilirliğinin ortaya konulmasını amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada ikili karşılaştırmalar yapılarak işletmelerin kriterler bazında puanlarını belirlemek için ELECTRE yöntemi, daha önce belirlenen tercih

fonksiyonları ile ikili karşılaştırmaları sağlayan PROMETHEE yöntemi ve işletmelerin performanslarını pozitif ideal çözüme yakınlık açısından sıralayan TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Belirtilen üç yöntemle göre, Avrupa Birliği'ne üye ve aday ülkeler ile Türkiye'nin ekonomik performans karşılaştırması yapılmıştır.

Ertuğrul ve Özçil (2014) yaptıkları çalışmada klimaların seçim kararına etki eden faktörleri belirlemek ve bu klima tercihleri arasından bir sıralama yapmak amacıyla A enerji sınıfı ve eşdeğer ısıtma-soğutma kapasiteli klimaları seçmişlerdir. Bu kriterlere sahip klimalar arasından seçim yapabilmek amacıyla TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmış ve elde ettikleri sonuçları analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda klima seçimine karar verme sürecinde ürünün cinsi, fiyatı ve teknik özellikleri göz önünde bulundurularak klima seçim önerilerinde bulunulmuştur.

Görmez (2014) Pareto Optimallik (PO) ile AHP yöntemlerini bir araya getiren yeni bir karma metot önermiştir. Bu yöntemi kullanmasının amacı, biyolojik verilerin analizinde farklı bir biyo-işaretçi seçim yöntemi kullanılmasını sağlamaktır. Çalışmada önerilen çok kriterli yaklaşımların biyolojik veriler kullanılarak test edildiği belirtilmiş ve elde edilen sonuçlara göre PO yönteminin probleme ilişkin öznelikleri başarıyla seçebildiği görülmüştür. Bunun dışında AHP yöntemi, az sayıdaki seçilen biyo-işaretçilerin aralarında önceliklendirilmesi açısından kullanılabilir bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

Koçak (2014) yaptığı çalışmada tedarikçi seçimi problemi için en uygun ÇKKV yöntemini belirleyerek bu yöntemle tedarikçi seçimi yapmıştır. Öncelikle seçilen problemin kriter ve alternatifleri belirlenmiş, ardından veriler toplanmış ve problemin iskeleti oluşturulmuştur. Tedarikçi seçimi için literatürde en fazla kullanılan yöntemler; AHP, Analitik Ağ Süreci, TOPSIS, Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (ELECTRE) ve Basit Ağırlıklandırılmış Toplam Yöntemi (SAW) yöntemleridir. Uygunluk indeksi sistematikliği yaklaşımıyla, bu beş farklı yöntem incelenmiş ve uygulama problemine olan uygunluğun maksimum seviyede olmasına dikkat edilmiştir. Araştırma sonucunda uygulama problemine en uygun çok kriterli karar verme yöntemi belirlenerek tedarikçiler seçilmiştir.

Tüysüz (2014) beş adet savaş uçağı seçimi üzerine ÇKKV ile belli kriterler çerçevesinde karşılaştırma yapmıştır. Belirlenen kriterler açısından en uygun olan uçak AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir.

Ağaç ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmalarında Doğu Anadolu Bölgesi şehirlerinde kurulacak olası bir serbest bölge için yer seçim uygulaması yapmışlardır. Bu uygulamayı gerçekleştirmek doğrultusunda AHP, TOPSIS, VIKOR ve ELECTRE yöntemlerini kullanmışlardır. Serbest bölge yer seçiminde, AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarından yararlanılarak, TOPSIS, VIKOR ve ELECTRE yöntemleri ile alternatifler arasında sıralama yapılmıştır. Sonuç olarak; serbest bölgenin yerinin seçilmesinde en önemli üç kriterin ülkelere yakın olma, ihracat miktarı ve devlet desteği olduğu belirlenmiş, ayrıca serbest bölgenin kurulması en olası ilk üç şehrin sırasıyla Iğdır, Hakkâri ve Van şeklinde sıralandığı belirtilmiştir.

Ömürbek ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmada bir üniversite bünyesinde bulunan Bilgi İşlem Daire Başkanlığı tarafından uygulanmakta olan Kurumsal Proje Yönetimi kapsamında yazılım geliştirme sürecinde kullanılacak bir programın seçilmesini amaçlamışlardır. Bu doğrultuda, AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle tedarikçi işletme ve satın alma, kullanım kolaylığı, uyarlama ve teknik altyapı ile destek ana kriterleri oluşturulmuş, sonrasında ise oluşturulan bu üç temel kritere ilişkin alt kriterler tanımlanmıştır. AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, TOPSIS yöntemi kullanılarak da IBM, HP, Microsoft ve Atlasian işletmelerinin yazılım programları değerlendirilmiştir.

2. KARAR VERME KAVRAMI

2.1. Karar Verme Tanımı

Karar, kişinin hareket bekleyen bir durum karşısında verdiği uygun tepki olarak tanımlanmaktadır. Karar verme kavramı ise, birçok alternatiften uygun olanı seçme işlemi şeklinde ifade edilmektedir. Hayat, insanların önlerine çıkan seçenekler karşısında verdikleri kararların toplamıdır. İnsanlar yaşamları boyunca bireysel, çevresel ya da toplumsal konularda önlerine çıkan birçok seçenektan birisini seçmek zorunda kalmaktadırlar (Chankong ve Haimes, 2008, s.3; Cengiz, 2012, s.5). Yaşamlarını sürdürebilmek amacıyla sürekli olarak karar vermek zorunda olan insanlar, daha iyi kararların verilebilmesi amacıyla bu süreci bir bilim olarak ele almayı uygun görmüşlerdir (Saaty, 2000).

Karar, ayrıca, bireylerin her an karşılaştıkları alternatifler arasından gerçekleştirdikleri seçimlerin genel bir ifadesi olarak da tanımlanmaktadır. Karar ile ilgili, günlük yaşamda insanların bir probleme ilişkin ellerinde mevcut kıt kaynakların kalıcı olarak tahsis edilmesi şeklinde de bir tanımlama yapılmıştır (Ersöz ve Kabak, 2010, s.98). Karar vermenin temel sorunu, birbiriyle çelişen ölçütler arasından değerlendirilen alternatiflerin en uygun olanını seçmektir (Saaty, 1986, s.841).

Karar verme, belirlenen amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesine ilişkin alternatif eylem planları arasından seçim yapma süreci olarak tanımlanmaktadır. Karar verme, tüm yönetim fonksiyonlarının temelini oluşturmaktadır. Örnek olarak işletmelerde planlama fonksiyonu; ne yapılması gerektiğine, ne zaman, nasıl, nerede ve kim tarafından yapılacağına karar verilmesini içermektedir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001, s.84).

İnsanların günlük yaşamlarında sıkça karşılaştıkları seçenekler arasından gereksinimleri doğrultusunda karar verme süreçleri, sürecin unsurları ve karşılaşılan karar probleminin çeşidine göre zorlaşabilmektedir. Alternatifler arasından seçim yapma sırasında karar vericinin sağlayacağı yararlar, elinde bulundurduğu bilgiler ve seçimi etkileyen faktörlerin değişebilme durumları karar verme sürecini dinamik hale getirmektedir (Pala, 2013, s.25). Karar sürecinde alternatifler arasında seçim yapılırken olası tüm alternatiflerin göz önünde bulundurulması gerektiği ve bu

seçimin mantığa dayalı, bilinçli ve bir amaca yönelik gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Can, 2006, s.6).

2.2. Karar Verme Süreci

Karar verme, herhangi bir alternatifin seçiminin yapıldığı bir süreçtir. Bir başka ifade ile mevcut tüm alternatifler arasından, amaç veya amaçlara en uygun, mümkün alternatifler arasında bir ya da birkaçını seçme süreci olarak tanımlanmaktadır (Pesen, 2012, s.20).

Karar, hangi türde olursa olsun bir sonuç anlamına gelmektedir. Karar konusunun incelenbilmesi amacıyla yalnızca sonucu belirten seçimlerin ya da tercihlerin incelenmesinin yeterli olmayacağı belirtilmiştir. İş akışının genelini görebilmek için seçim yapmaya gelinceye kadar hangi süreçlerin ve faaliyetlerin gerçekleştiğine bakılması gerekmektedir. Karar verme, belirli bir başlangıç noktası olan, aşamaların birbirini izlediği ve sonucunda, tercih yapılması şeklinde sonuçlanan bir faaliyetler topluluğudur. Esnek olma özelliği nedeniyle karar verme farklı kişilerin aynı olaylar karşısında farklı davranışlar göstermeleri ile sonuçlanabilmektedir. Ancak kararların alınma süreci ya da izlenen yöntemlerin aynı olduğu belirtilmektedir (Subaşı, 2011, s.7).

Karar verme sürecinde belirli hususlara dikkat edilmesi gerektiği önerilmiştir. Bu hususlar şu şekilde sıralanmaktadır (Yetim, 2014, s.10):

- Karar verme sürecinde taraflar tespit edilmeli, birden fazla karar verici olması durumunda grubun ortak karar verebilme hususu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Tercihlerin tanımlanması aşamasında karar verici kişi, kişiler ya da grupların düşünme tarzları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Karar verme sorunu belirlenmelidir. Karar verici kişi ya da merciin alternatifler arasında sıralama yapılmasını istemesi durumunda sıralama modeli uygulanmalıdır.
- Karar verici model için gerekli bilgilere kolayca ulaşabilmelidir ve eldeki girdileri uygun şekilde kullanacak model seçilmelidir.
- Modelin karşılama derecesi düşünülmelidir ve karar vericiye açıklama yapılmalıdır.
- Yöntemin temel hipotezleri karşılanmalıdır, karşılanmıyorsa başka yöntem seçilmelidir.
- Yöntemi destekleyecek karar destek sistemi olup olmadığı dikkate alınmalıdır.

Saaty'e (2000) göre karar verilmesi planlanan probleme ilişkin ayrıntılar, karar sürecine dahil olan aktörler, amaç ve politikalar, çıktılarına etki eden faktörler, zaman ufku, senaryolar ve sınırlılıklar karar sürecindeki önemli unsurlardır. Ayrıca kararın verilmesi sürecinde uygulanacak metodun da yapısal açıdan basit, tüm grup ve bireylere uygulanabilir, sezgilere ve genel düşüncelere karşı doğal, uzlaşmayı teşvik eden ve fikir birliği kuran özelliklere sahip olması gerektiği savunulmaktadır.

Karar verme süreci, farklı alternatifler arasından seçim ya da tercih yapmaya ilişkin bedensel ve zihinsel çabalar toplamı olarak tanımlanmaktadır. Yapılan karar verme tanımlarından yola çıkılarak karar verme sürecinin barındırdığı unsurlar; belirli bir amacın bulunması, alternatifler arasından seçim yapmayı sağlayacağı düşünülen araçlar, amaç ve araçların uygunluğunu belirleyen standartlar, elde edilen sonuçlar arasında karşılaştırma yapılması, alternatifleri uygulamada eyleme geçme ya da geçmeme konusundaki isteğin ve iradenin belirlenmesi olarak sıralanmaktadır (Emhan, 2007, s.204).

Karar sürecine ilişkin literatür incelendiğinde sürecin aşamaları genel olarak;

- Problemin tanımlanması ve amacın açık bir şekilde ortaya konması,
- Kriterlerin belirlenmesi,
- Alternatiflerin belirlenmesi,
- Problemin modellenerek çözümünün elde edilmesi,
- Kararın uygulanması ve
- Sonuçların izlenmesi şeklinde sıralanmaktadır (Cengiz, 2012, s.6).

2.2.1. Problemin Tanımlanması

Problemi tanımlama, karar verme sürecinde ilk aşamayı oluşturmaktadır. Bu süreç esas problem nedenlerini tanımlama, varsayımlar, sınırlandırmalar, sistem ve organizasyon sınırlarını belirleme ve diğer yönetsel faaliyetleri içermektedir. Problem tanımının tüm karar vericiler tarafından karar birliğine varılan, belirsiz ve birden fazla anlamı olmayan yazılı bir cümle olması gerektiği belirtilmiştir (Okul, 2012, s.18).

Karar vermeden önceki hazırlıklar kararın verimliliğini ve sonucunda elde edilen başarıyı arttıran en önemli etkidir. İlk olarak problemin en ufak bir belirsizlik bile bırakılmadan tanımlanması gerekmektedir. Bu adım sonrasında yapılan geniş tanımın içinde barındırdığı öğelerin belirlenmesi gereklidir. Bu öğeler karar vericinin amaçları, üzerinden değerlendirilme yapılacak kriterler ve son olarak da içlerinden en iyisinin seçileceği alternatiflerdir. Problemin yapısına uygun kriterler belirlenirken karar verici, uzman görüşlerden ve geçmişte yapılmış benzer çalışmalardan faydalanmaktadır. Sonraki adımda ise belirlenen bu öğelerin açık bir şekilde tanımlanması gelmektedir. Bütün bu tanımlar ve unsurların oluşturduğu yapı ise problemin modeli olarak belirtilmektedir (Pala, 2013, s.26).

Karar verme sürecinin başlaması için bir amaca doğru ilerlerken, sonuca ulaşmayı engelleyen ve çözülmesi gereken bir problemin varlığı gereklidir. Problemin var olabilmesi için öncelikle onun algılanması gereklidir. Her bireyin algı düzeyi farklıdır. Bu düzey problemin doğru algılanmasında son derece büyük bir önem arz etmektedir. Problemin doğru algılanması çözüm yönteminin doğru belirlenmesi ve çözüm sürecinde büyük önem taşır. Bunun nedeni karar verme sürecinin ilerleyen aşamalarının, problemin tanımına göre şekilleneceğidir. Problemin tanımlanması ve izlenecek çözüm yolunun belirlenmesi ile karar verme sürecinin ilk evresi aşılmış olur.

2.2.2. Alternatif Geliştirme ve Değerlendirme

Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında geliştirilen alternatif çözümlerin incelenerek değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bunun nedeni de belirlenen alternatif çözümlerin hepsinin problemi çözebilecek nitelikte olmamasıdır. Her alternatif kendi yapısında olumlu ve olumsuz yönler bulundurmaktadır. Alternatiflerin geliştirilmesi aşamasında yapılması gereken davranışlar aşağıdaki gibidir:

- Alternatiflerin teknik açıdan uygulanabilirliğin belirlenmesi,
- İnsan ve ekipman maliyetlerinin belirlenmesi,
- Sosyal ve kültürel açılardan uygunluğun belirlenmesi,
- Uygulamada gereken kaynakların miktarının belirlenmesi,
- Elde edilecek sonuçların tahmini düzeylerinin belirlenmesi ve

•Diğer uygulamaları etkileme durumuna ilişkin olumlu ya da olumsuz yönlerin açıklanmalı bir listesinin hazırlanmasıdır. Bu uygulama aracılığıyla en uygun kararın verilmesi amacıyla tüm bilgi ve belgelerin ortaya konulması sağlanmış olmaktadır (Subaşı, 2011, s.9-10).

Alternatifleri belirleme aşaması, karar vericilerin yaratıcılığının, yenilikçiliğinin ve olayları değerlendirmedeki farklılıklarının ortaya çıktığı aşamadır. Alternatifler, başlangıç durumunu istenen duruma değiştirmek için değişik yaklaşımlar önermektedir. Alternatifin oluşturulması ya da yalnızca düşünce aşamasında olması durumunda bile gereksinimleri karşılamak zorunda olduğu belirtilmiştir. Bu aşamada karar vericiler tarafından çok sayıda alternatif çözüm geliştirilmektedir (Okul, 2012, s.19).

2.2.3. Kararın Verilmesi

Karar verme aşamasında alternatifler içinden sorunun çözümüne en uygun olan alternatif seçilmektedir. Alternatifler; miktar, maliyet, kabul ve revize edilebilirlik, teknik, sosyal, işletmeye uygunluk, uzun ve kısa vadeli dengeler ve sonuçlar olmak üzere pek çok farklı yönlerden değerlendirmeye alınmakta ve seçim bu değerlendirmeler sonucunda yapılmaktadır. Karar vericiler her bir alternatifi dikkatli bir şekilde değerlendirdikten sonra en iyi çözümü sunan alternatifi seçebilmektedir (Okul, 2012, s.19).

2.2.4. Kararın Uygulanması

Karar vericilerin ortaya koyduğu alternatifler arasından verdiği karar sonucunda yaptığı seçim, uygulama aşamasında soruna çözüm sağlamak ve belirlenen amaca ulaşmak gayesiyle kullanılmaya başlanır. Sonuca ulaşmak adına verilen karardan maksimum fayda elde edebilmek açısından, bu aşama teori ve pratiğin uyumunu gösterir. Uygulamanın en önemli adımlarından birisi de kararı uygulayıcıların kararı doğru uygulamasını sağlamaktır. Bu nedenle, kararın uygulayıcılara benimsetilmesi ve doğru aktarılması gerekmektedir. Aksi takdirde, teori ve pratik uyuşmaz ve alınan karardan beklenen maksimum fayda sağlanamaz ve nihai sonuca ulaşamaz.

2.2.5. Uygulanan Kararın Değerlendirilmesi

Kararın değerlendirilmesi ve geri bildirim aşamasında karar vericiler kararın nasıl uygulandığına ve amaçlara ulaşip ulaşılmadığı hususlarına ilişkin başarıya dair bilgi

toplamaktadırlar. Geri bildirim, karar vermenin uzun vadeli bir süreç olması nedeniyle önemlidir. Bir karar verici, alternatiflerden birine “evet” ya da “hayır” şeklinde bir geribildirimde bulunmadığında veya değerlendirme sonucunda elde edilen sonuçların soruna bir çözüm oluşturmaması durumunda problemin yeniden analiz edilmesi, alternatiflerin değerlendirilmesi ve yeni bir çözüm alternatifinin belirlenmesi gerekmektedir (Daft, 2008, s.225).

2.3. Karar Verme Sürecinde Etkili Faktörler

Karar verme sürecinin öznesi insandır, dolayısıyla insanlar karar verme sürecinde yöneticidir. Her yönetici sorunlara farklı çözüm yolları geliştirir ve bu yollarla çözüme ulaşır. Bu farklılıkları belirleyen de yöneticinin kişiliğidir. Ortalama özellikleri aynı olan kişiler bile kendi aralarında farklılıklar gösterirler. Yapılan araştırmalara göre, her yönetici problemi tanımlarken veya alternatifleri ve çözüm yollarını belirlerken, kişiliğine uygun olan yöntemleri izlemektedir. Yöneticinin kişiliğinin yanında bilgi birikim ve becerileri de karar verme sürecini doğrudan etkilemektedir.

Yöneticinin karar verme sürecinde bir ekiple çalıştığı da düşünüldüğünde bu ekibi oluşturan bireylerin arasındaki iletişim, bilgi akışı, denetim, hiyerarşik yapı, iş bölümü, uzmanlaşma ve uyum gibi faktörler de karar verme sürecinde son derece etkilidir. Ayrıca ekibin toplumsal bir yapı olduğu da göz önüne alındığında bunu oluşturan kişilerin, iktisadi, sosyal, siyasal ve fiziki çevreleri de karar verme sürecini doğrudan etkiler.

2.4. Karar Verme Çeşitleri

Karar verme türleri farklı biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Genel olarak literatürde üç farklı sınıflandırmaya yer verilmiştir (Subaşı, 2011, s.15; Okul, 2012, s.20). Bunlar, mevcut bilgiler açısından karar verme, karar verici/vericiler açısından karar verme ve kriterler açısından karar vermedir.

2.4.1. Mevcut Bilgiler Açısından Karar Verme

Karar verme, bilgi ve şartlardaki belirlilik ve belirsizlik durumuna göre iki grupta incelenmektedir (Subaşı, 2011, s.16). Karar verme sürecinde karar vericilerin elinde bulunan mevcut bilgi düzeyi karar vermeyi etkilemektedir. Probleme ilişkin verilerin

artmasıyla belirliliğin arttığı, veriler azaldıkça belirsizliğin arttığı ifade edilmiştir (Okul, 2012, s.21).

2.4.1.1. Belirlilikte Karar Verme

Belirlilik kavramı karar vericinin gereksinim duyduğu tüm bilginin karşılanması anlamına gelmektedir. Bir sistemin işletim koşulları, kaynak maliyetleri, kısıtları ya da kararların/eylemlerin olası çıktılarının yöneticiler tarafından bilinmesi bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Daft, 2008, s.216). Karar vericiler belirlilik durumlarında gelecekle ilgili daha iyi tahminler yapabilmektedirler (Okul, 2012, s.21). Belirlilik altında karar verme, en basit karar verme modellerinden biri olup karar sorununun hiçbir unsuru şansa bırakılmamıştır (Subaşı, 2011, s.16).

2.4.1.2. Belirsizlikte Karar Verme

Belirsizlikte karar verme, ortaya çıkması beklenen olayların gerçekleşme olasılıkları dahi bilinmediğinde ortaya çıkan durumdur. Belirsizlik, alternatifler hakkındaki bilgilerin eksik olması, gelecekte gerçekleşmesi muhtemel olayların ise bilinmemesidir. Örnek olarak fiyatlar, üretim maliyetleri, üretim hacmi ya da gelecekteki faiz oranları analiz edilmesi ve öngörülmesi zor değişkenlerdir (Daft, 2008, s.216).

2.4.2. Karar Verici/Vericiler Açısından Karar Verme

Karar verenler bakımından karar verme bireysel ve grup kararı verme olarak ikiye ayrılmaktadır. (Okul, 2012, s.22).

2.4.2.1. Bireysel Karar Verme

Bireysel karar vermede karar, belirli bir kişi tarafından verilmektedir. Burada karar verici kişi, karar alternatifleri arasından bir seçim yapmaktadır (Okul, 2012, s.22).

2.4.2.2. Grup Kararı Verme

Grup kararı vermede grup, alternatifleri analiz etmek için yeterli bilgi sağlayabilir. Ancak üyeler arasında birliktelik sağlamak zaman alabilir. Kimi üyeler, kararları bir grubun üyesi olarak almaktan yanadırlar. Grup kararında, istenmeyen sonuçların gerçekleşmesi durumunda sorumluluk grup üyeleri tarafından paylaşılır (Subaşı, 2011, s.17).

2.4.3. Kriterler Açısından Karar Verme

Karar verme, ele alınan kriterlerin sayısına göre iki grupta incelenmektedir. Bu gruplandırmadan birincisi değerlendirmelerin bir kritere göre yapıldığı tek kriterli karar verme, diğeri ise birden fazla kriter çerçevesinde değerlendirmelerin yapıldığı çok kriterli karar vermedir (Subaşı, 2011, s.15; Okul, 2012, s.20).

2.4.3.1. Tek Kriterli Karar Verme

Karar verme sürecinde tek bir kritere bağlı kalınarak karar vericilerin karar vermesini ifade etmektedir. Çözüm alternatiflerinin değerlendirmesi tek kritere göre yapılmaktadır. Tek kriterli karar vermeye örnek olarak doğrusal programlama verilebilir. Doğrusal programlama yardımıyla karar vermede öncelikle giderleri en aza indirmek ya da faydayı en yükseğe çıkarmak istenmektedir (Okul, 2012, s.20-21). Karar verme problemlerinde, karar veren kişi belirlenmiş alternatifler içerisinde yalnızca tek faktöre göre seçim yaptığından en iyi alternatife ulaşmak daha kolay olmaktadır. Karmaşık bir yapının bulunmadığı bu problemler basit matematiksel hesaplamalar aracılığıyla çözümlenebilmektedir (Pala, 2013, s.25).

2.4.3.2. Çok Kriterli Karar Verme

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) çok sayıdaki kriterlere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendiren analitik yöntemler topluluğudur (Hsieh vd., 2004, s.574). ÇKKV, karar süreçlerine destek olmak ve genellikle uyumsuzluk yaşanan çoklu kriterlere göre oluşturulan alternatif kümesinden bir ya da daha fazla alternatifin seçimi ya da derecelendirilmesinde kullanılmaktadır (Deng vd., 2000, s.964). Alternatifler, karar kriterlerine göre değerlendirilerek her bir kriterle ilişkileri oranında puanlandırılmaktadır. Elde edilen puanlara göre alternatifler sıralanmaktadır (Okul, 2012, s.21).

Birden çok kritere sahip karar verme durumlarında, kriterlerin hedef yönleri, ağırlıkları ve birbirleri arasındaki ilişkileri hesaba katmak gerekmektedir. Örneğin birden çok yatırım projesi incelendiğinde; karlılığın yüksek olması istenirken maliyetin de düşük olması istenebilmektedir. Zaman kısa tutulmak istenirken maliyet faktörüyle aralarında ters orantı ilişkisi gözlemlenebilmekte, en nihayetinde karlılık kriteri ağırlık bakımından diğerlerinden daha önemli hale gelebilmektedir (Pala, 2013, s.25-26). ÇKKV, daha detaylı olarak üçüncü bölümde anlatılmıştır.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME METOTLARI

3.1. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Tanımı

Gerçek hayatta karşımıza çıkan karar problemleri, birden fazla amacın ve faktörün aynı anda ve bir arada değerlendirilmek zorunda olunması, alternatiflerin birbirleriyle ve amaçla çelişmesi, sonuçlardan beklenen faydaların değişken olması, içeriklerin belirsizliği, karar verme sürecine birden çok faktörün dahil olması ve alınan kararın sonuçlarının çevremizdeki bir çok kişiyi doğrudan etkilemesi gibi nedenlerle aslında çok karmaşık bir iştir. Bu tip zamanlarda bazen sezgilerimiz yeterli ve doğru olurken bazı kararlarda bilimsel ve teknik analizlere ihtiyaç duyarız. Karar vericiye bu tip durumlarda onun deneyimlerinden, hayat görüşünden, felsefesinden ve değer yargılarından yararlanarak yardımcı olabilecek bilimsel teoriler ve analitik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında da Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri gelmektedir. ÇKKV yöntemleri 1960'lı yıllarda karar verme durumlarında, karar vericiye yol göstermeye yardımcı olacak araçlara ihtiyaç duyulmaya başlanmasıyla gelişmeye ve geliştirmeye başlanmıştır.

Seçim ile ulaşılmak istenen sonucu bir çok parametre belirler. Bu parametlerin belirlediği bir çok da alternatif vardır. Her bir alternatifin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Böyle durumlarda karar vermek, karar verici için çok zor olmaktadır. Karar verici bu tip durumlarda herhangi bir parametre ya da değişkeni önemsemeyen bir karar verecek ve sonuçları şansa bırakacak veya tüm parametreler ve değişkenleri hesaba katarak bilimsel çalışma ve veriler sonucunda bir karara varacaktır.

ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasında amaçlanan; birden fazla ve genelde birbiri ile çelişen kriterin bulunduğu problemlerde karar verme mekanizmasını kontrol altına alabilmek ve karara olabildiğince hızlı ve kolay bir şekilde ulaşabilmeyi sağlamaktır.

Karar verici olan yöneticiler, günlük ve basit kararlar alırken deneyim ve sezgileriyle hareket ederler. Olması gereken de budur. Çünkü en ufak bir kararın dahi uzun analizler sonucu alınması, işletmelerin sürdürülebilirliğini ve işlevliğini yitirmesine neden olabilmektedir. Bu işletmeler doğru karar alabilmek adına gereğinden fazla zaman harcamaları durumunda, karşılıklarına çıkan fırsatları kaçırabilir ve en önemlisi de nihai karar alamaz duruma gelebilirler. Fakat bazı kararlar vardır ki, alınması için

sadece deneyim ve sezgiler yeterli olmaz. Bu tip kararlar daha karmaşık olup, içerisinde birçok birbiriyle çelişen parametre ve değişken barındırmaktadır. Bu parametre ve değişkenlerin oluşturduğu alternatifler kümesinden en uygun olanının seçilmesi gerekmektedir. Bu seçim aşamasına birbiriyle çelişen çok fazla sayıda kriter de dahil olduğunda, gerçekçi ve amaca en uygun olan kararın alınabilmesi için ÇKKV yöntemlerinin kullanılması çok daha uygun olacaktır. ÇKKV, bu fazla sayıdaki kriterlerin göreceli üstünlüklerinin matematiksel yöntemlerle hesaplanıp karara yansıtılması sürecidir (Pesen, 2012, s.21).

ÇKKV'de alternatifler arasından en doğru kararın verilmesi sürecinde belirlenen seçenekleri oluşturan alternatifler kriterler aracılığıyla değerlendirilmektedir. Genellikle en iyi olarak adlandırılan alternatif tüm kriterler açısından avantajlı durumda olmamaktadır. Bu durumda karar vericiler, kriterleri birbirine göre ağırlıklandırmakta ve kriterler arası ilişkiler önem kazanmaktadır. Karar vermeden önceki hazırlıklar kararın verimliliğini ve sonucunda elde edilen başarıyı arttıran en önemli etkidir. Problemin ilk önce en ufak karanlık nokta bırakılmadan tanımlanması gerekmektedir. Bu adımı takiben yapılan geniş tanımın içinde barındırdığı öğelerin belirlenmesi gelmektedir (Pala, 2013, s.26).

Bir ÇKKV problemi matris formatında kısaca şu şekilde gösterilebilmektedir (Chen, 2000, s.1):

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{matrix} \quad (3.1)$$

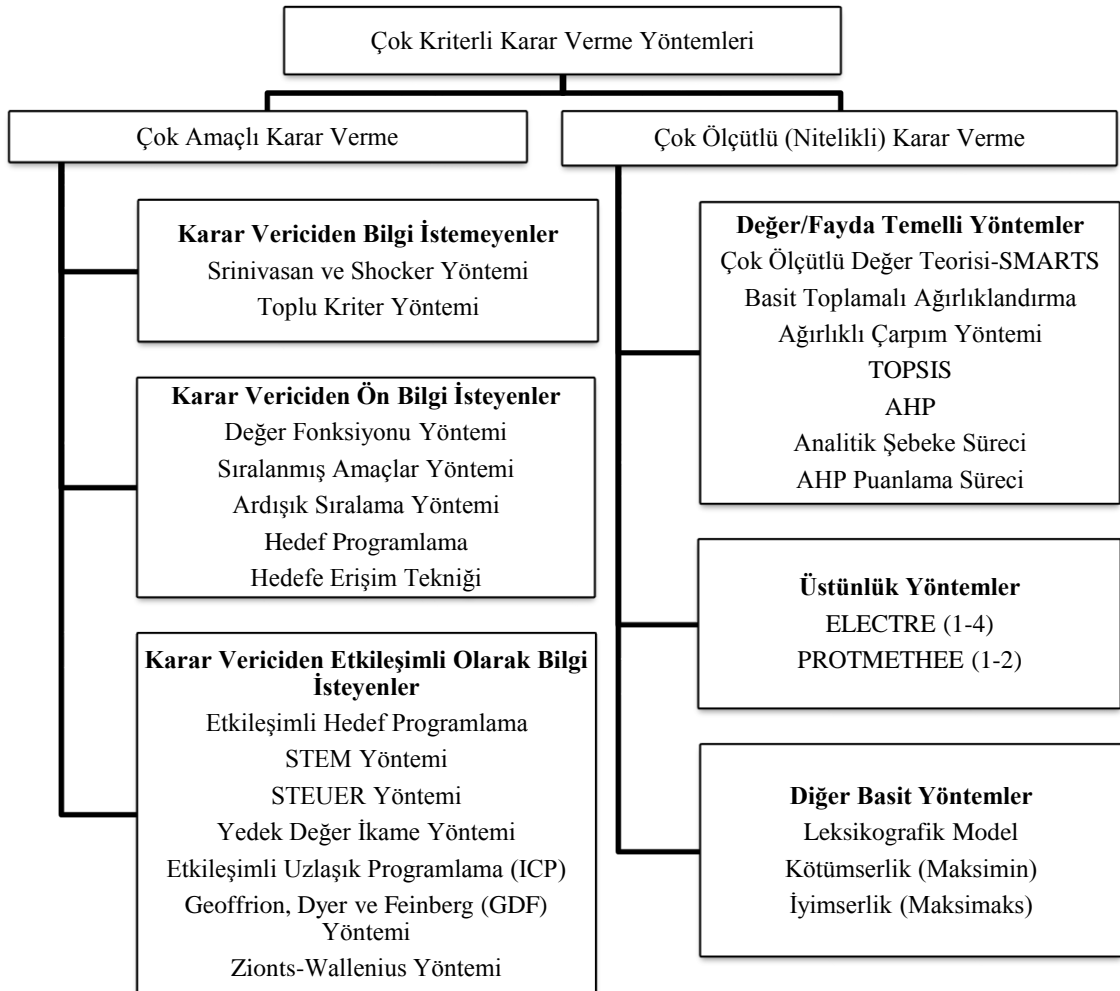
$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \cdots \quad w_n]$$

Bu matriste; A serisi karar vericinin seçmesi gereken olası alternatifleri, C serisi ölçümlenecek alternatif performansa sahip kriterleri, x_{ij} serisi C_j kriterine göre A_i alternatifinin sıralamasını, w_j serisi ise C_j kriterinin ağırlığını temsil etmektedir (Chen, 2000, s.1).

3.2. Çok Kriterli Karar Verme Çeşitleri

Bir problemin ÇKKV problemi olabilmesi için en az iki tane kriteri ve en az iki tane alternatif çözümü olmalıdır. Literatürde kendine ait karakteristik özelliği olan pek çok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Alternatif sayısına göre, çok kriterli karar verme yöntemleri aşağıdaki gibi iki gruba ayrılabilir (Cengiz, 2012, s.9-10). Bunlardan ilki olan Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) problemlerinde seçeneklerin kümesi kesikli elemanlara sahip ve sonlu olmakta, Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) problemlerinde ise seçenek küme elemanları sürekli ve sonsuz sayıda olmaktadır (Pala, 2013, s.26; Yetim, 2014, s.13). ÇKKV yöntemlerinin en kapsamlı şekilde sınıflandırılması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Şekil 3.1 ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması (Genç ve Masca, 2013, s.542)



3.2.1. Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)

ÇAKV, alternatiflerin bir matematiksel programlama yapısı aracılığıyla dolaylı olarak tanımlandığı sürekli durumda karar vermedir. ÇAKV problemlerinde alternatiflerin sayısı önceden belirlenmemektedir. Bu tip problemlerde amaç en iyi alternatifi belirlemektir. (Cengiz, 2012, s.10) ÇAKV problemlerinde oluşturulan matematiksel yapı içerisinde alternatifler hedeflenen amaca yakınlığına göre değerlendirilmektedir. ÇAKV yaklaşımında çözüm kümesi sürekli olup sonsuz sayıda olan alternatifler bu küme içerisinde problemin kısıtlarına göre tanımlanmaktadır (Pala, 2013, s.23).

ÇAKV yöntemleri, çok amaçlı matematiksel programlama modeli özelliğine sahiptirler. Bu yöntemler kapsamında birbiriyle çelişkili amaçların mevcut olması sebebiyle amaçlar optimize edilmektedir. Optimizasyonda ise amaçlar, matematiksel açıdan bazı kısıtlayıcı koşullara maruz bırakılmaktadır. Bu işlemde amaçlanan, tüm alternatifler içerisinde en iyi alternatifin belirlenmesidir (Yetim, 2014, s.13).

3.2.2. Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV)

ÇNKV, alternatiflerin sonlu sayıda olduğu ve açıkça tanımlandığı kesikli durumda karar verme türü olarak tanımlanmaktadır. ÇNKV problemlerinde alternatifler önceden belirlenen sayıdadır ve bu alternatiflere ilişkin ulaşılabilecek başarı düzeyleri bilinmektedir. ÇNKV, bir tasarım probleminden çok seçim problemidir (Cengiz, 2012, s.10) ÇNKV'de birbirleriyle çelişen kriterler önem derecelerine göre ağırlıklandırılmaktadır. Bu yaklaşımda yer verilen kriter sayısı daha çok olabilmekte, alternatifler önceden belirlenmiş olup karar matrisinin yardımıyla karar verici en iyi alternatifi seçmektedir (Pala, 2013, s.27).

ÇKKV problemlerinin çözümü amacıyla literatürde geliştirilmiş algoritmalar genelde ağırlıklandırılmış toplam, fayda fonksiyonu ve üstünlük yöntemleri şeklinde sınıflandırılmaktadır. Ağırlıklandırılmış toplam yaklaşımının en sık kullanılan yöntemlerden birisi olduğu belirtilmektedir. Literatürde ağırlıkların belirlenmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi (Saaty, 1990), Analitik Ağ Süreci (Saaty 1996) ve Veri Zarflama Analizi (Charnes vd., 1978) yöntemleri geliştirilmiştir. (Bayhan ve Bildik, 2014, s.29).

3.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Karar Verme Süreci

AHP ilk olarak 1968’de Myres ve Alpert ikilisi tarafından bulunmuş ve 1977’de Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinde çözümlene olarak kullanılır hale gelmiştir. AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanmasını, karara etki eden unsurlar bakımından karar noktalarının yüzde cinsinden dağılımlarının belirlenmesini sağlayan karar verme ve tahminleme yöntemidir. AHP; belirli bir karar hiyerarşisinde yer alan ve önceden tanımlanan karşılaştırma skalası aracılığıyla hem karara etki eden faktörler hem de karar noktalarının önem değerleri bakımından birebir karşılaştırmalarına dayanmaktadır. Sonuçta ise bu farklılıklar, karar noktaları üzerinde yüzdesel dağılıma dönüşmektedir (Acıpayamoğlu, 2013, s.48).

Saaty (1977) tarafından geliştirilen ve yine Saaty (1980) tarafından revize edilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden bir tanesidir (Cox, 2007, s.957).

AHP, günümüzde pek çok disiplinde başarılı şekilde uygulanmaktadır. AHP’nin diğer karar verme yöntemleri ile farkı nitel ve nicel olan tüm karar faktörlerini eş zamanlı olarak karşılaştırmasıdır. Bunun yanı sıra AHP yönteminin kolay uygulanabilir özelliğe sahip olması da bu yönteme olan ilgiyi arttırmıştır (Yetim, 2008, s.590). Dünyada ve Türkiye’de AHP yöntemi kullanılarak pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatüre bakıldığında ekonomi, politika, sağlık, sosyal bilimler ve mühendislik alanlarında AHP yönteminin başarıyla uygulandığı görülmektedir (Yavuz, 2012, s.30). AHP, konu aldığı problemlere göre seçim, değerlendirme, maliyet fayda analizi, tahsis etme, planlama, geliştirme, sıralama, karar verme veya bu konuların birden fazlasını aynı anda barındıran uygulamalarda kullanılabilir (Demiray, 2007, s.12).

AHP’nin bir girdisi; amaç, kriterler/alt kriterler ve alternatiflerden oluşan çok seviyeli bir yapıdır. Bir diğer girdisi ise, kriterler/alt kriterler ikili karşılaştırma matrisidir. Saaty, kriterler arasında karşılaştırma yapabilmek için, göreceli önem derecesi skalasını önermiştir. Alt çıktılar, her kriter için alternatiflerin yerel öncelikleridir. Nihai çıktı ise alternatiflerin genel öncelikleridir. AHP’de karşılaştırma matrislerinden öncelikler çıkarmak için pek çok yöntem bulunmaktadır. Eklemeli (additive) Normalizasyon, Özvektör, Ağırlıklı En Küçük Kareler,

Logaritmik En Küçük Kareler, Logaritmik Amaç Programlama ve Bulanık Tercih-Programlama bu yöntemler arasında yer almaktadır (Görmez, 2014, s.31).

AHP, ikili karşılaştırmaların yapılması aşamasında birden fazla kişinin yargılarının değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, gruplara ait karar verici her kişinin tüm kriterler açısından yapacakları yargıların uzlaşmasını gerektirmesi ve yargıların birleştirilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu durumda önerilen yöntemlerden bazıları şu şekilde sıralanmıştır (Saaty, 1980, s.19, s.88; Kuruüzüm ve Atsan, 2001, s.92):

- Probleme ilişkin yargıların tartışma yapılarak fikirbirliğine bağlanması,
- Grup üyelerinin yargıları arasından bir karara ulaşabilmek adına kullanılabilir bir aracıya başvurulması,
- Tüm ikili yargıların geometrik ortalama gibi bir matematiksel ifadeyle toplanması.

AHP'nin uygulanması için gerekli aşamalar ise şu şekilde belirlenmiştir (Al-Harbi, 2001, s.20):

- Problem tanımlanarak amacı belirlenmelidir.
- Hiyerarşi en üstten (bir karar vericinin bakış açısından hedefler) ara düzeyler (sonraki düzeylerin bağlı olduğu ölçütler) yoluyla alternatiflerin listesini içeren en düşük düzeye doğru yapılandırılmalıdır.
- Göreceli ölçek hesaplaması kullanılarak bir alt seviyedeki her bir eleman için $n \times n$ boyutunda ikili karşılaştırma matris kümeleri oluşturulmalıdır.
- Üçüncü adımda matris kümesinin geliştirilmesi için $n(n-1)/2$ karar gereklidir. Karşılıklar, her bir ikili karşılaştırmada otomatik olarak atanmalıdır.
- Hiyerarşik sentez, özvektörleri ölçütlerin ağırlıkları ile ağırlıklandırmak için kullanılmalı ve toplam, hiyerarşinin bir sonraki alt seviyesindeki tüm ağırlıklı özvektör girişleri üzerinden alınmalıdır.
- Bütün ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra tutarlılık indeksi (CI) en büyük özdeğer (λ_{max}) kullanılarak belirlenmektedir ($CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$, n =matris boyutu). Ölçüm tutarlılığı, CI'nın tutarlılık oranının (CR) uygun değerleri ile kontrol edilebilmektedir (Tablo 3.3). CR 0,10'u geçmiyorsa kabul edilebilir anlamına gelmektedir. Eğer daha fazla ise, karar matrisi tutarsız anlamına gelmektedir. Tutarlı bir matris elde etmek için kararlar gözden geçirilmeli ve geliştirilmelidir.

- Hiyerarşideki tüm düzeyler için 3-6 arasındaki adımlar gerçekleştirilmektedir.

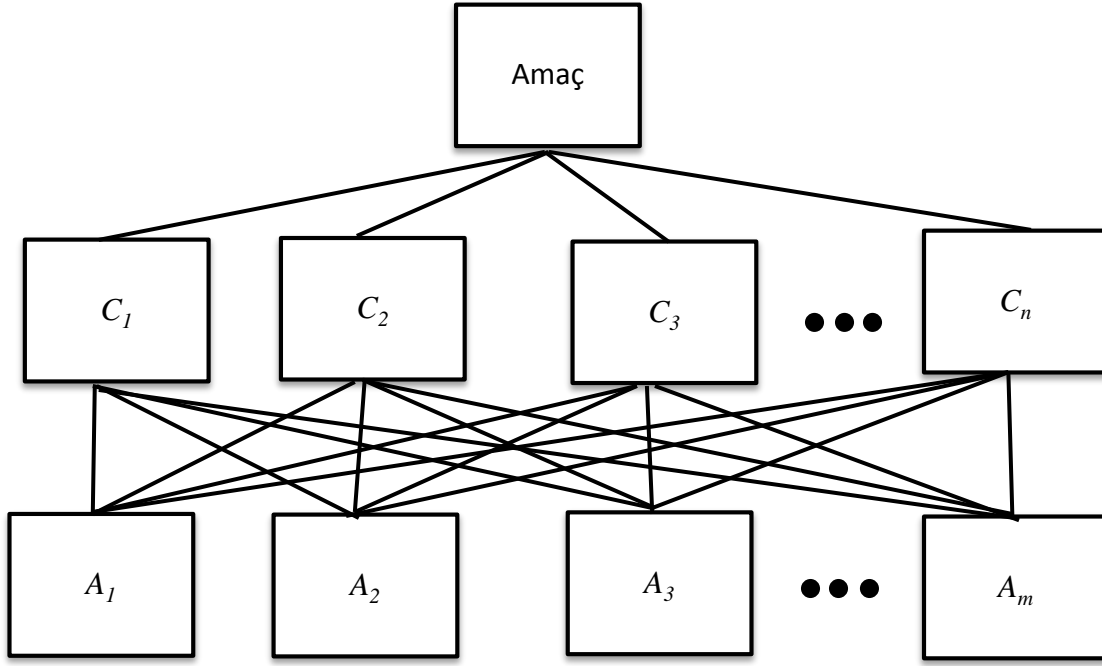
3.3.1. Problemin Tanımlanması

AHP yönteminin ilk adımı problemin tanımlanmasıdır. Çözülecek problemin ayrıntılı bir tanımı yapılmalıdır. Tanımlama süreci iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama seçim yapılacak olan alternatiflerin belirlenmesi, ikinci aşama ise amacı etkileyen kriterlerin ve bu kriterleri etkileyen alt kriterlerin belirlenmesidir. Bunun için uzman kişilerin görüşlerine veya anket çalışmalarına başvurulabilir. En iyi çözüme ulaşmak için kriterlerin ve alt kriterlerin açık ve detaylı bir şekilde tanımlanmaları gerekmektedir.

3.3.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Hiyerarşi, seviyelerden oluşmaktadır ve her bir seviye karar probleminin bir parçasını oluşturmaktadır. AHP’de karar problemlerinde mevcut durumun daha iyi anlaşılması için, öncelikle hedef belirlenir ve bu hedef doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler göz önüne alınarak potansiyel alternatifler belirlenir. Bu şekilde karar problemi bir dizi basamaklara bölünerek hiyerarşik yapı oluşturulmuş olur. Hiyerarşi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta seviyeleri doğru sıralarla belirlemektir (Akyıldız, 2006, s.9-43).

Alternatifler $A_i, i=1,2,\dots,m$ ve alternatifler $C_j, j=1,2,\dots,n$ olmak üzere analitik hiyerarşi yapısı şekil 3.2’deki gibidir:



Şekil 3.2 Analitik Hiyerarşi Yapısının Unsurları

En üst seviye esas amacı temsil etmektedir. Bir alt seviyede asıl amacı etkileyen kriterler, bunların alt seviyelerinde de kriterleri etkileyen alt kriterler vardır. En alt seviyede ise karar alternatifleri vardır. Seviye sayısı probleme göre değişmektedir. Fakat bu seviye sayısının belirli bir düzeyi geçmemesi önerilmektedir. Miller yasası olarak bilinen “kişi aynı anda yalnızca 7 ± 2 konuyu karşılaştırabilir” önerisi de bunu desteklemektedir. Hiyerarşide aynı seviyede bulunan kriterler birbirinden bağımsız olmalıdır. Diğer bir deyişle birbirini etkilememesi gerekmektedir. (Cengiz, 2012, s.21).

3.3.3. İkili Karşılaştırmalarla Önceliklerin Belirlenmesi ve İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Hiyerarşi kurulumundan sonraki aşama, hiyerarşide yer alan iki öge arasındaki ilişkilerin birbirine göre üstünlüklerinin sayısal olarak temsil edilmesini sağlayan karşılaştırmanın yapılmasıdır (Evren ve Ülengin, 1992, s.53). Başka bir ifade ile A kriterinin B kriterine göre ne kadar önemli olduğu karar verici tarafından değerlendirilir. AHP'nin kullanılmasında doğrudan doğruya ilgili kişi ve/veya kişilerle yüz yüze anket yapıp, onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınması önerilmektedir. Söz konusu ilgili kişi ve/veya kişiler mutlaka konunun uzmanı ya da orta derecede bilgili kişiler olmalıdır (Evren ve Ülengin, 1992, s.53).

Çünkü AHP'nin sonuçları tamamen bu kişilerin vereceği ikili karşılaştırma yargılarına bağlıdır. Bu yargılara bağlı olarak AHP'de ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Bu matris, yargıların sayısal değerlere dönüştürülmesi ile gerçekleştirilir (Pesen, 2012, s.27).

Karşılaştırma yaparken sonsuz değer vermek kişinin ayırım yapmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Thomas L. Saaty tarafından ikili karşılaştırmalarda kullanılmak üzere bir temel ölçek geliştirilmiştir. AHP'de ikili karşılaştırma yargılarını sayısal değerlere dönüştürebilmek için Saaty tarafından geliştirilen ve Tablo 3.1'de gösterilen temel ölçekten yararlanır. Temel ölçekte 1'den 9'a kadar olan değerlerin anlamları yer almaktadır.

Tablo 3.1 İkili Karşılaştırmalar İçin Temel Ölçek (Saaty, 1987, s.163)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önem Düzeyi	İki faaliyet hedefe eşit düzeyde katkıda bulunmaktadır.
3	Orta Derecede Önem Düzeyi	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre öne çıkmaktadır.
5	Güçlü Önem Düzeyi	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kuvvetli şekilde tercih ettirmektedir.
7	Çok Güçlü Önem Düzeyi	Bir faaliyet çok açık biçimde tercih edilir ve diğerine göre baskınlığı uygulamada da açıkça görülmektedir.
9	Mutlak Önem Düzeyi	Bir faaliyetin diğerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Orta Değerler	Yukarıdaki yargıların arasına düşen değerlerdir.
Ölçek Değerlerinin Çarpmaya göre Tersleri	Bir i faaliyeti, j faaliyeti ile karşılaştırıldığında, sıfır olmamak koşulu ile üstteki değerlerden birini aldı ise, j faaliyeti i faaliyeti karşılaştırıldığında o değer çarpmaya göre tersini almaktadır.	Ters karşılaştırmalarda kullanılmaktadır.

Tablo 3.1'den yararlanılarak kriterlerin kendi aralarında ve alternatiflerle karşılaştırılması için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur.

Tablo 3.1'de görüldüğü üzere farklı kriterlerin ikili karşılaştırmaları $i=1,2,\dots,n$ 'e kadar ve $j=1,2,\dots, n$ 'e kadar olan satır ve sütunlarda sıralanmak kaydıyla Tablo 3.2'de verilen karşılaştırma matrisini oluşturmaktadır. Matristeki w_i/w_j terimi, belirlenen amaca ulaşabilmek için karşılaştırma matrisinde mevcut i . kriterin j . kritere göre ne düzeyde önemli olduğunu temsil etmektedir (Ömürbek vd., 2015, s.69).

Tablo 3.2 İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması (Ömürbek vd., 2015, s.69)

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter n
Kriter 1	w_1/w_1	w_1/w_2	w_1/w_n
Kriter 2	w_2/w_1	w_2/w_2	w_2/w_n
.....
Kriter n	w_n/w_1	w_n/w_2	w_n/w_n

$w_i=i$. kriterin ağırlığı ve $w_j=j$. kriterin ağırlığı olmak üzere, $w_i/w_j = a_{ij}$ ($i,j=1, 2,\dots, n$) şeklinde ifade edilirse A ikili karşılaştırmalar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & 1 & & & \dots \\ \frac{1}{a_{ij}} & & 1 & & \dots \\ \dots & & & 1 & \dots \\ \frac{1}{a_{in}} & \dots & \dots & \dots & 1 \\ a_{in} & & & & \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

- Bu matris $n \times n$ boyutunda kare matristir ve elemanların hepsi pozitif sayıdır.
- Matrisin köşegenleri 1'dir.
- Matrisin elemanları arasında $a_{ij}=1/a_{ji}$ ilişkisi bulunur.

Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulduktan sonra, alternatiflerin her bir kritere göre ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmalıdır.

3.3.4. Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Öncelik vektörleri veya başka deyişle ağırlık vektörlerin hesaplanabilmesi için öncelikle ikili karşılaştırma matrislerinin normalleştirilmesi gerekmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin her bir sütunundaki elemanın ilgili sütunun toplam ağırlığına bölünerek normalleştirilmiş matris elde edilir. Normalleştirilmiş matris B ve

elemanları b_{ij} ($i,j=1,2,\dots,n$) olarak gösterildiğinde B matrisinin elemanları (3.3) formülü ile bulunur

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.3)$$

ve B matrisi formül (3.4)'teki gibi oluşturulur:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

B matrisinin elemanlarını kullanarak kriterlerin önem ağırlıkları (3.5) formülü ile hesaplanır:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (3.5)$$

W sütun vektörü ise formül (3.6)'daki gibidir:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Buraki w_i ($i=1,2,\dots,n$) değerine i . kriterin ağırlığı veya önem derecesi denir. w vektörün elemanların toplamı 1'e eşittir.

Hiyerarşin en üst basamağı olan amacı gerçekleştirmek için, her bir kriterin amaca göre önem derecesi ve her bir alternatifin kriterlere göre önem derecesi belirlenmelidir.

3.3.5. Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Karar vericilerin yaptığı karşılaştırmalar tutarlı olmak zorundadır. Aksi takdirde sonuçların geçerliliği kabul edilemez. Tutarlılığı ölçmek için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmalıdır. Bunun için öncelikle karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeri (λ_{max}) katsayısının hesaplanması gerekmektedir. λ_{max} katsayısının hesaplanması için A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörü çarpılır. Bu çarpım sonucunda D sütun vektörü oluşur. D sütun vektörü şu şekilde gösterilir:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

D sütun vektörünün her bir elemanının W sütun vektöründe yer alan karşılığındaki elemana bölünmesiyle E temel değeri elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

E temel değerinin aritmetik ortalaması λ_{max} 'ı verir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3.9)$$

λ_{max} hesaplandıktan sonra (3.10) formülü ile tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.10)$$

Tutarlılık oranı, tutarlılık indeksinin rastgele indeks değerine bölünmesiyle bulunur:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.11)$$

Tablo 3.3 Rastgele İndeks Değerleri (RI) (Saaty, 1980, s.219)

Matris Boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rastgele İndeks Değerleri	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Bulunan CR değeri 0,10 değerinden küçük ise kabul edilebilir derecede tutarsızlık vardır. Eğer değilse karar verici tutarsız karşılaştırmalar yapmış demektir ve karar vericinin yargılarını gözden geçirmesi gerekmektedir.

3.3.6. Alternatiflerin Sıralanması

AHP'nin bu aşaması, genel amaca göre alternatiflerle ilgili sıralamanın belirlenmesini ifade etmektedir. Hedef açısından kriterlerin karşılaştırılması için ayrı, kriterlerin her biri açısından alt kriterlerin karşılaştırılmaları için ayrı, en son olarak da alternatiflerin hemen üstündeki alt kriterlerin her biri açısından alternatiflerin

karşılaştırılması için ayrı birer ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Bu ikili karşılaştırma matrisleri aracılığıyla elde edilen önceliklerin birleştirilmesi ile en alt düzeyde yer alan alternatifler bakımından sonuç ağırlıkları elde edilmektedir. Karar verici, elde edilen sonuçlara göre alternatifleri sıralayarak önceliklerini dikkate almakta ve bu şekilde en iyi alternatife karar vermektedir (Subaşı, 2011, s.56).

Elde edilen nihai öncelikler, karar alternatif puanları olarak ifade edilmekte ve karar vericinin alternatif tercihlere ait yargısal algısının yoğunluğu olarak belirtilmektedir. Alternatiflere ilişkin değerlerin toplamı 1'e eşittir. En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatifi temsil etmektedir (Yetim, 2014, s.38).

3.4. AHP Metodunun Avantaj ve Dezavantajları

AHP'nin karar verme yöntemi olarak avantajları

- Problemlere ilişkin içeriğin kolay anlaşılabilmesini sağlaması,
- Karmaşık, birden fazla kişiyi ve kriteri içeren problemleri hiyerarşik olarak yapılandırılması,
- Karmaşık problemlerin basit hale indirgenmesini sağlaması,
- Nicel ve nitel kriterlerin bir arada değerlendirilmesine olanak tanınması,
- Karar verici yargılarına ilişkin tutarlılığının test edilebilirliğini sağlaması,
- Uzlaşmaya kolayca ulaşılabilmesi, farklı yaklaşımların ortaya çıkması ve sonuçların güvenilirliğinin yüksek olmasıdır.

AHP'nin dezavantajları ise

- Alternatiflerin ve kriterlerin fazla olması durumunda ikili karşılaştırma matrislerinin zor oluşturulması,
- Kriterlerin çok net biçimde tanımlanması gerekliliği,
- Karar vericinin birden fazla kişi ya da grup olması nedeniyle karşılaştırma işleminin uzun sürmesidir (Subaşı, 2011, s.57).

3.5. TOPSIS Metodu ile Karar Verme Süreci

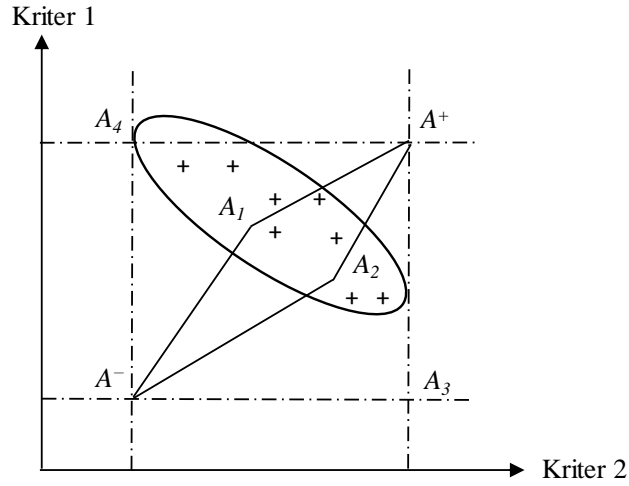
TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi 1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından ortaya konulmuştur (Ustasüleyman, 2009,

s.37). Hwang ve Yoon (1981) TOPSIS yöntemini, alternatif çözüm noktasının pozitif ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafede olacağı varsayımına göre oluşturmuşlardır. Daha sonraları bu düşünce Zeleny (1982) ve Hall (1989) tarafından da uygulanmış ve nihayet Yoon (1987) ve Hwang, Lai ve Liu (1994) tarafından geliştirilmiştir (Eleren ve Karagül, 2008, s.6).

Agarwal ve arkadaşları 1991 yılında yaptıkları çalışmada, çok kriterli robot seçim problemine TOPSIS yöntemi ile çözüm önerisi getirmişlerdir. Agarwal ve arkadaşları 1992 yılında yaptıkları başka bir çalışmada, Esnek Üretim Sistemleri için tutucu aparat seçim ve değerlendirme problemine TOPSIS yöntemi ile çözüm önerisi getirmişlerdir. Chau ve Parkan 1995 yılında yapmış oldukları çalışmada, TOPSIS yöntemini çok kriterli üretim prosesi seçim probleminde kullanmışlardır. Parkan ve Wu 1998 yılında yapmış oldukları çalışmada, TOPSIS yöntemini çok amaçlı ve öznel kriterli üretim prosesi seçim probleminde kullanmışlar, bu çalışmada kesin ve bulanık değerlere beraber yer vermişlerdir. 1999 yılında yaptıkları çalışmada ise Parkan ve Wu, TOPSIS kullanımı ile benzer bir uygulamayı robot seçiminde ortaya koymuşlardır (Demiray, 2007, s.6).

Feng ve Wang (2000), TOPSIS yöntemi kullanarak Tayvan'da faaliyet gösteren beş havayolu işletmesinin performansını belirlemeye çalışmışlardır. Havayolu işletmelerinde ulaştırma ve finansal göstergelere ilişkin 22 değişken belirlenmiş, çalışma sonucunda ise bu işletmelerin performanslarının belirlenmesi aşamasında finansal göstergelerin daha etkili olduğu görülmüştür (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012, s.100)

TOPSIS yöntemi nitel bir çevrim yapılmaksızın, direkt veri üzerinde uygulanabilmektedir (Ömürbek vd., 2015, s.71). TOPSIS sürecinde kriter değerleri ve kriter önem ağırlıkları sayısal değerlerdir. (Okul, 2012, s.69). Probleme ilişkin kriterlerin değerleri tekdüze artan ve azalan olarak varsayılmakta ve bu nedenle TOPSIS yönteminde ideal ve negatif ideal çözümler kolayca elde edilmektedir (Triantaphyllou, 2000, s.18). Pozitif ideal çözüm kâr kriterlerini maksimize eden ve maliyet kriterlerini ise minimize eden çözümdür. Negatif ideal çözüm ise maliyet kriterlerini maksimize eden ve kâr kriterlerini ise minimize eden çözümdür (Karaca, 2011, s. 45). Yüksek olması istenen iki kritere ait diyagram şekil 3.3 'deki gibi gösterilebilir (Hwang ve Yoon, 1981, Okul, 2012, s.69):



Şekil 3.3 TOPSIS Diyagramı (Hwang ve Yoon, 1981, Okul, 2012, s.69)

Burada A^+ değeri ideal çözüm, A^- değeri negatif ideal çözümdür. A_1 , A_2 , A_3 , A_4 ve diğer noktalar ise herhangi bir çözümdür. Görüldüğü üzere A^- 'dan daha düşük A^+ 'dan daha büyük değerlere sahip çözümler mevcut değildir. Kriter 1'in düşük değere sahip olması ve Kriter 2'nin yüksek bir değere sahip olması istenildiğinde $A_3=A^+$ ve $A_4=A^-$ olacaktır (Okul, 2012, s.69).

TOPSIS yönteminin uygulanmasında takip edilen aşamalar şu şekilde sıralanmıştır:

- Sırasıyla normalleştirilmiş ve ağırlıklandırılmış karar matrislerinin hesaplanması,
- Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin tespit edilmesi,
- Tüm alternatiflere ilişkin pozitif ideale ve negatif ideale olan uzaklıkların belirlenmesi,
- Tüm alternatifler için yakınlık değerleri ve puan hesaplamalarının yapılması,
- Puanlara göre tercihlerin sıralanması (Eleren ve Ersoy, 2007, s.14).

3.5.1. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda öncelikle karar verici tarafından başlangıç karar matrisi oluşturulmalıdır. Karar matrisinin satırlarında karar vermede kullanılacak alternatifler, sütunlarında ise karşılaştırma için kullanılacak kriterler yer almaktadır (Ertuğrul ve Özçil, 2014, s.271). n tane kriter ve m tane alternatiften oluşan A karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Normalize edilmiş karar matrisi R , A matrisinin elemanlarından yararlanılarak ve formül (3.13) kullanılarak hesaplanmaktadır. R matrisinin elemanları aşağıdaki gibi elde edilir (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012, s.103; Ömürbek ve Aksoy, 2016, s.729):

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.13)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \Rightarrow R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

3.5.2. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda, kriterlerin göreceli önemlerini gösteren ağırlıklar kümesi $W=(w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$, $\sum w_j=1$ karar matrisinin içine yerleştirilir. V ağırlıklandırılmış matrisi, R matrisinin her sütununu karşılığı olan ağırlık değeri ile çarpılarak aşağıda gösterildiği gibi elde edilir (Tüysüz, 2014, s.20):

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

3.5.3. İdeal ve Negatif-İdeal Çözümlerin Belirlenmesi

Bu aşamada ağırlıklandırılmış matriste her bir kolonda yer alan maksimum ve minimum değerler tespit edilmektedir (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012, s.104). Pozitif ideal çözüm kümelerinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilmektedir (Ertuğrul ve Özçil, 2014, s.272).

$$A^* = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (3.16)$$

denklemleri ile pozitif ideal çözüm kümesi oluşturulur ve bu küme

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (3.17)$$

şeklinde gösterilir. Negatif ideal çözüm kümesi ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur (Ertuğrul ve Özçil, 2014, s.272).

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J')\} \quad (3.18)$$

denklemleri ile negatif ideal çözüm kümesi oluşturulur ve bu küme

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (3.19)$$

şeklinde gösterilir.

3.5.4. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Ayırım ölçüleri hesaplanırken Euclidian Uzaklık Yaklaşımı'ndan faydalanılır. Her alternatifin pozitif ideal olandan uzaklığı formül (3.20) ile hesaplanmaktadır:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.20)$$

Benzer şekilde, her alternatifin negatif-ideal olandan uzaklığı ise formül (3.21) ile hesaplanmaktadır (Tüysüz, 2014, s.21):

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.21)$$

3.5.5. İdeal Çözüme Olan Uzaklık ve Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlık formül (3.22) ile hesaplanmaktadır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.22)$$

(3.22)'deki C_i^* değerleri $[0,1]$ aralığında değerler alır (Yetim, 2014, s.49). Hesaplanan C_i^* değeri ne kadar büyürse ilgili A_i alternatifinin o kadar fazla tercih edildiği ifade edilmektedir. Eğer, $A_i = A^+$ ise C_i^* değeri 1'e eşit olur. Eğer $A_i = A^-$ ise o zaman $C_i^*=0$ değerini alır. Kısacası bir alternatif ideal alternatif'e yaklaştıkça değeri de 1'e yaklaşmaktadır. (Tüysüz, 2014, s.22).

3.5.6. Alternatiflerin Sıralanması

Son olarak C_i^* değerine göre alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanırlar ve en büyük C_i^* değerine sahip olan alternatif seçilir.

3.6. TOPSIS Metodunun Avantaj ve Dezavantajları

TOPSIS yönteminin literatürde belirlenen olumlu yönleri;

- İçeriğinin yalın ve anlaşılır özellikte olması,
- Hesaplama becerisinin güçlü olması,
- Karar alternatifleri arasındaki ilişkiyi belirlemeyi basit matematiksel bir formda gösterebilmesi,
- Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırmayı mümkün kılması şeklinde sıralanmaktadır (Okul, 2012, s.68).

Bununla birlikte, geleneksel TOPSIS modelinde bazı temel dezavantajlar bulunmaktadı. Bunlar;

- Kriterler arasındaki korelasyonlar,
- Ağırlıkları objektif yöntemlerle veya öznel yöntemlerle elde etmedeki belirsizlik,
- Alternatifin ideal noktaya ve en alt noktaya aynı anda kapalı olma olasılığı olarak ifade edilmiştir (Xu vd., 2015, s.259).

4. BİR MERMER FABRİKASINDA TOPSIS VE AHP KULLANILARAK MAKİNE SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA

ER-GA Mermer Ltd. Şti. Muğla'nın Kavaklıdere ilçesinde 1995 yılında kurulmuştur. Şirket, uzun yıllar mermer sektöründe fabrika ve mermer ocağı işletmeciliği yapmıştır. Her geçen yıl teknolojiyi yakından takip etmiş, alt ve üst yapısı ile makine parkurunu bu doğrultuda geliştirmiş, üretim kapasitesini katlayarak büyümüş ve mermer sektöründe hatırı sayılır bir yer etmiştir. Türkiye'nin her bölgesine pazarladığı Türk mermerini, uzun yıllar Çin, Hindistan ve Arap ülkeleri başta olmak üzere birçok doğu bloğu ülkesine, Avrupa ve Amerika'ya da ihraç etmek suretiyle ülkemizin ekonomisine ve dünya çapında tanınmasına katkı sağlamıştır. ER-GA Mermer Ltd. Şti. 2015 yılında daha büyük ve güçlü hedeflerle fabrikasını, Muğla'nın Merkez ilçesine taşımıştır ve her geçen gün daha dinamik ve teknolojik bir mermer fabrikası haline gelerek yoluna devam etmektedir. ER-GA Mermer Ltd. Şti. yeni fabrikası ile büyüme hızını ve üretimini katlayarak artırmış, yurt içi ve dışında, ticaret hacmini ve müşteri portföyünü genişleterek sektörde emin adımlarla ilerlemektedir.

4.1. Problem Tanımı

Makine seçim problemleri, üretim işletmelerinde karar verme problemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Hatalı seçilen makinelerin üretim sisteminde performansı olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Üretimin hızı, kalitesi ve maliyetler işletmelerin üretimde kullandıkları makinelere göre değişmektedir. Makine seçim süreci zaman alan ve zor bir süreç olması nedeniyle tecrübe ve ileri düzeyde bilgi birikimi gerektirmektedir. Bu sebeple makine seçimi yöneticiler ve mühendisler açısından pek çok sorun oluşturabilmektedir (Ertuğrul, 2007, s.172).

ER-GA Mermer Ltd. Şti. yöneticileri, şirket bünyesinde planladıkları kısa ve uzun vadeli hedeflerini gerçekleştirmenin öncelikli şartının üretim alanı olan fabrikayı her daim teknolojik açıdan çağın gereklerine uygun, dinamik ve sistematik vaziyette tutmak olduğu düşüncesini benimsemektedir. Bu hedef ve bilinç ile oluşturulan kadronun çalışmaları neticesinde 2017 yılında, mevcut makine parkurunun çağın gerisinde kalmaya başladığı ve bu şekilde devam edilmesi halinde kısa vadede müşterilere cevap vermekte zorlanılacağı ve şirket hedeflerinden uzaklaşılacağı fark

edilmiştir. Bu nedenle şirket olarak mevcut makine parkurunu yenilemeye ve daha teknolojik hale getirmeye karar vermişlerdir. Söz konusu değişimi ve yatırımı alanında uzman kişilerle daha sistematik halde gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda ER-GA Mermer Ltd. Şti. bir mermer blok kesme makinesi almaya karar vermiştir. Şirket bu makineyi MKS firmasından almayı istemektedir ve MKS firmasının da farklı özellik ve fiyatlarda mermer blok kesme makineleri mevcuttur.

Çalışmanın bu bölümünde, yeni alınacak mermer blok kesme makinesi için çok kriterli karar verme kullanılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, karar vericiler belirlenmiş ve karar vericilerin oluşturulmuş kriterler ışığında gerekli değerlendirmeleri yapmaları beklenmiştir. MKS firmasından iki yetkili ile görüşülüp makineler ile ilgili bilgi alınmıştır. ER-GA Mermer Ltd. Şti.'den de müdür dahil olmak üzere üç çalışandan oluşan karar verici grup oluşturulmuştur. Son karar oluşturulan bu grubun görüşlerinden yola çıkacak olan müdüre bırakılmıştır.

MKS firmasına ait dört farklı mermer blok kesme makinesi alternatif olarak ele alınmıştır. Oluşturulan karar verici grup tarafından 7 adet kriter ve buna bağlı olarak 37 adet alt kriter belirlenmiştir. Bu grup ile görüşmeler sonucunda kriterler değerlendirilerek karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve buna bağlı olarak AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak her iki yöntemle göre sonuç önerisinde bulunulmuştur. Ayrıca, bu iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.2. Kriterler ve Alternatifler

Bu çalışmada MKS firmasına ait mermer blok kesme makinesi, yarı süper mermer blok kesme makinesi, süper mermer blok kesme makinesi, süper s mermer blok kesme makinesi olmak üzere 4 adet alternatif arasından AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak seçim yapılacaktır.

Mermer makinesi seçimi için kriterler, yapılmış olan literatür taramasından sonra özellikle (Demiray, 2007) ve (Ertuğrul, 2007) kaynaklarından yararlanılarak karar verici grubun görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Buna göre, maliyet, servis, kalite, esneklik, verimlilik, performans ve teknik özellik olmak üzere 7 ana kriter ve bunlara bağlı olarak satın alma maliyeti, bakım maliyeti, işletme maliyeti, kurma maliyeti, garanti, yedek parça, servis süresi, tecrübeli işçiler tarafından parçaların

kolay bir şekilde değiştirilebilmesi, hurda-yeniden işleme oranı, tutarlılık-güvenirlilik, ürün kalitesine uygunluk, makinenin ortalama aşınma yılı, makinenin hurda fiyatı, ürün hacmi esnekliği, ürün çeşidi esnekliği, proses esnekliği, kapasite, kullanım kolaylığı, güvenlik, otomasyon seviyesi, ayar süresi, üretkenlik-hız, arıza oranı, dikey testere çapı, yatay testere çapı, dikey testere motor gücü, yatay testere motor gücü, köprü sağ-sol hareket motor gücü, köprü aşağı-yukarı hareket motor gücü, kabin ileri-geri hareket motor gücü, yatay testere açma-kapama hidrolik motor gücü, vagon motor gücü, toplam elektrik gücü, makinede kullanılan su miktarı, en büyük blok ebatları, makine ebatları ve makine ağırlığı olmak üzere 37 adet alt kriter oluşturulmuştur. Bu kriter ve alt kriterlere bağlı olarak aralarından birinin seçilmesi planlanan makine alternatifleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.2’de ise tüm kriter (K_i) ve alt kriterler (K_{ij}) listelenmiştir.

Tablo 4.1 Karar Verme Sürecinde Bulunan Makine Alternatifleri

MAKİNE	KOD
Mermer Blok Kesme Makinesi	A1
Yarı Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	A2
Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	A3
Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi	A4

Tablo 4.2 Seçim Kriterleri

ANA KRİTER	KOD	ALT KRİTER	KOD
Maliyet	K1	Satın Alma Maliyeti	K11
		Bakım Maliyeti	K12
		İşletme Maliyeti	K13
		Kurma Maliyeti	K14
Servis	K2	Garanti	K21
		Yedek Parça	K22
		Servis Süresi	K23
		Tecrübeli İşçiler Tarafından Parçaların Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesi	K24
Kalite	K3	Hurda-Yeniden İşleme Oranı	K31
		Tutarlılık-Güvenirlilik	K32
		Ürün Kalitesine Uygunluk	K33
		Makinenin Ortalama Aşınma Yılı	K34
		Makinenin Hurda Fiyatı	K35
Esneklik	K4	Ürün Hacmi Esnekliği	K41
		Ürün Çeşidi Esnekliği	K42
		Proses Esnekliği	K43
Verimlilik	K5	Kapasite	K51
		Kullanım Kolaylığı	K52
Performans	K6	Güvenlik	K61
		Otomasyon Seviyesi	K62
		Ayar süresi	K63
		Üretkenlik-Hız	K64
		Arıza Oranı	K65
Teknik Özellik	K7	Dikey Testere Çapı	K71
		Yatay Testere Çapı	K72
		Dikey Testere Motor Gücü	K73
		Yatay Testere Motor Gücü	K74
		Kabin Sağ-Sol Hareket Motor Gücü	K75
		Köprü Aşağı-Yukarı Hareket Motor Gücü	K76
		Kabin İleri-Geri Hareket Motor Gücü	K77
		Yatay Testere Açma-Kapama Hidrolik Motor Gücü	K78
		Vagon Motor Gücü	K79
		Toplam Elektrik Gücü	K710
		Makinede kullanılan Su Miktarı	K711
		En Büyük Blok Ebatları (Boy x En x Yükseklik)	K712
		Makine Ebatları (Boy x En x Yükseklik)	K713
Makine Ağırlığı	K714		

Aşağıda tüm kriter ve alt kriterlere ait açıklamalar yer almaktadır:

Maliyet

Bir makinenin elde edilmesi ve çalışır duruma getirilebilmesi için harcanan üretim faktörleri toplamıdır.

• **Satın Alma Maliyeti:** Bir makinenin alımı esnasında makine ve makine ekipmanlarının tamamına bir kez ödenen ücrettir. Bu ücret sadece makine ve ekipmanları için ödenen ücrettir.

• **Bakım Maliyeti:** Bir makinenin çalışır durumda tutulması ve çalışır duruma getirilmesi için ödenen ücretlerin tümüdür. Makinenin periyodik bakımı ve arıza durumunda yapılan işlemler için teknisyenlere ödenen ücretleri, mekanik ve elektronik yedek parça maliyetlerini içerir.

• **İşletme maliyeti:** Bir makine çalışır durumda iken ortaya çıkan ve çıkacak her türlü gider maliyetidir. Makinenin harcadığı enerji, su, yağ, işçilik ve testere giderleri toplamıdır.

• **Kurma Maliyeti:** Makinenin çalışır duruma getirilebilmesi için gereken tüm giderlerdir. Makinenin kurulumunu ve sabitlenmesi için gereken beton, kurucu teknisyenlere ödenen ücret ve testere maliyetlerini içerir.

Servis

Bir makinenin çalışır durumda tutulması, düzgün çalışması ve uzun ömürlü olması için yapılması gereken işlemlerin tümüdür.

• **Garanti:** Bir makinenin üretim ve son kontroller sırasında fark edilemeyen eksikliklerinin, ürünün kullanılması sırasında ortaya çıkabilecek üretici firma sorumluluğundaki eksikliklerin giderilmesi uygulamasıdır.

• **Yedek Parça:** Bir makinenin bozulan veya eskiyen bölümünü yenilemeye yarayan parçadır. Kolay tedarik edilebilmesi ve düşük maliyetli olması beklenir.

• **Servis Süresi:** Bir makinenin çalışır durumda tutulması ve düzgün çalışması, uzun ömürlü olması için yapılan periyodik bakım ve arıza bakımı için harcanan toplam süredir. Düşük olması beklenir.

• **Tecrübeli İşçiler Tarafından Parçaların Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesi:** Bir makinenin bozulan veya eskiyen bölümünün söz konusu makine konusunda tecrübeli işçiler tarafından değiştirilebilme özelliğidir. Bir makinenin ne kadar çok parçası söz konusu makine konusunda tecrübeli işçiler tarafından değiştirilebiliyorsa o kadar iyidir.

Kalite

Bir makinenin ihtiyaç ve beklentileri karşılayabilme derecesidir.

• **Hurda-Yeniden İşleme Oranı:** Hurda oranı; bir makinenin üretim esnasında çıkardığı onarılamayacak denli bozulmuş, sakatlanmış, işe yaramayacak durumda olan ürün oranıdır. Yeniden işleme oranı ise; bir makinenin üretim esnasında ortaya çıkardığı, ilk defada uygun ürün olarak ortaya çıkaramadığı ve ekstra işleme ihtiyacı olan ürün oranıdır (Demiray, 2007, s.33)

• **Tutarlılık-Güvenirlilik:** Tutarlılık ve güvenilirlik; bir makinenin yapılan ayar sonrasında, yeni bir ayara ihtiyaç duymadan doğru ölçülerde ürün yapabilme yeteneğidir. (Demiray, 2007, s.33)

• **Ürün Kalitesine Uygunluk:** Ürün kalitesine uygunluk, bir makinenin istenen ölçülerde ve kalitede ürün üretebilme yeteneğidir. (Demiray, 2007, s.33)

• **Makinenin Ortalama Aşınma Yılı:** Bir makinenin üretim oranlarını ve kalitesinin düşmeye ve yeni bir ayara ihtiyaç duymadan doğru ölçüde ürün yapabilme yeteneğini kaybetmeye başladığı zamana kadar geçen süredir.

• **Makinenin Hurda Fiyatı:** Bir makinenin onarılamayacak denli bozulmuş, sakatlanmış, işe yaramayacak hale gelmesi durumunda paraya çevrilebilecek veya geri dönüştürülebilecek parça ve ekipmanlarının toplam tutarını içerir.

Esneklik

Bir makinenin üretimde kullanılan ürün çeşitlerine ve üretim tekniklerine kolaylıkla adapte edilebilir olması durumudur.

• **Ürün Hacmi Esnekliği:** Bir makinenin, üretilmesi istenen veya beklenen ürünün büyüklüğüne bağlı olmadan istenen ürünü üretebilme ve fire vermeme kabiliyetidir.

• **Ürün Çeşidi Esnekliği:** Bir makinenin üretilmesi istenen veya beklenen ürünün çeşidine bağlı olmadan, istenen ürünü üretebilme ve fire vermeme kabiliyetidir.

• **Proses Esnekliği:** Bir makinenin ayrı bir sürece ihtiyaç duymadan istenen ürünü üretebilme ve fire vermeme kabiliyetidir. Örneğin, bir makine hem mermeri kesiyor hem de aynı mermeri ebatlıyorsa, o makinenin esnekliği, mermeri sadece kesen bir makineye göre daha yüksektir.

Verimlilik:

Üretim sürecine dahil edilmiş öğelerin birbirleri ile karşılıklı etkileşimi sonucunda elde edilen ürün ile arasındaki ilişkiyi ve oranı ifade eder.

• **Kapasite:** Bir makinenin üretimde kullanabileceği ürünün büyüklüğünü gösterir. Örneğin, bir makine tek seferde 5 m³ mermer kesebiliyorsa 3 m³ mermer kesebilen makineye göre kapasitesi daha büyüktür ve daha çok tercih edilir.

• **Kullanım Kolaylığı:** Bir makinenin, normal zekaya sahip bir kişi tarafından kolay öğrenilebilme ve idare edilebilme özelliğidir. Örneğin, bir makinenin üzerindeki yazılarının makineyi kullanan operatörün ana dilinde olması, talimatlarla operatörü yönlendirmesi ve az müdahale ile iş görebilmesi kullanım kolaylığını artıran faktörlerdir.

Performans:

Bir makineden beklenen maksimum fayda ve üretim kabiliyetidir.

• **Güvenlik:** Bir makinenin sahip olduğu donanım özelliklerine bağlı olarak bulunduğu alana ve operatöre zarar verme riskinin düşüklüğüdür. Örneğin bir makinenin acil durum butonu olması, olmayan makineye göre daha güvenli olduğu anlamına gelir.

• **Otomasyon Seviyesi:** Bir makinenin teknolojik olarak insan emeği olmaksızın otomatik işleyen araçlarla çalışmasıdır. Örneğin, bir makine kesilen mermerleri kendi alabiliyor diğer makinede ise kesilen parçalar insan eli ile alınıyorsa ilk makinenin diğer makineye göre otomasyon seviyesi yüksektir.

• **Ayar süresi:** Bir makinenin istenilen ürünü üretmesi için hazırlanmasında geçen süredir.

• **Üretkenlik-Hız:** Bir makinenin çalışır durumda iken bir parçayı yüklemeye, işlemeye ve boşaltmaya harcadığı süredir.

• **Arıza Oranı:** Bir makinenin üretim sırasında ortaya çıkan arıza durumudur. Arıza mekanik, elektronik veya donanımsal nedenlerden kaynaklanabilir.

Teknik Özellik:

Makinenin teknik donanım ve özelliklerinin tamamıdır.

• **Dikey Testere Çapı:** Mermer bloktan kesmek ve üretmek istediğimiz en ve kalınlık ölçüsüne bağlı olarak değişkenlik gösteren parçanın maksimum ölçüsüdür.

• **Yatay Testere Çapı:** Makinenin dikey testere çapı ile orantılı olarak çalışan ve mermer bloğu enine kesimi sağlayan parçanın maksimum ölçüsüdür.

• **Dikey Testere Motor Gücü:** Makinenin dikey testere çapının büyüklüğüne göre değişen kilowattlarda çalışan ve dikey testereye hareket etme kabiliyeti veren parça olan motorun maksimum gücüdür.

• **Yatay Testere Motor Gücü:** Makinenin yatay testeresine hareket kabiliyeti veren ve yatay testerenin çapının büyüklüğüne göre değişen kilowattlarda çalışan parça olan motorun maksimum gücüdür.

• **Köprü Sağ-Sol Hareket Motor Gücü:** Makinede köprü görevi gören ve buna ilişkin aparatları taşıyan parçaya sağ ve sola hareket etme kabiliyeti veren parça olan motorunun maksimum gücüdür.

• **Köprü Aşağı-Yukarı Hareket Motor Gücü:** Makinede köprü görevi gören ve buna ilişkin aparatları taşıyan parçaya yukarı ve aşağı hareket edebilme kabiliyeti veren parça olan motorunun maksimum gücüdür.

• **Kabin İleri-Geri Hareket Motor Gücü:** Makinenin testere ve aparatlarını taşıyan grubun ileri ve geri hareket ettirilebilme kabiliyeti veren motorunun maksimum gücüdür.

• **Yatay Testere Açma-Kapama Hidrolik Motor Gücü:** Makinenin yatay testeresinin blok mermeri istenen ölçülerde keserken kapanmasını ve makinenin geri dönüşlerinde ise açılmasını sağlayan hidrolik grubun maksimum motor gücüdür.

• **Vagon Motor Gücü:** Makinede mermer bloğu kesime hazır hale getirmek için üzerine konan vagonun hareket ettirilebilmesini sağlayan maksimum motor gücüdür. Üzerine konması ve kesilmesi planlanan maksimum ağırlıktaki mermer bloğun büyüklüğü ve ağırlığı ile doğru orantılı seçilmesi gereken parçadır.

• **Toplam Elektrik Gücü:** Mermer blok kesme makinesinin motor kilowattlarının toplam elektrik gücüdür. Makinenin toplam harcadığı elektriği gösterir.

• **Makinede Kullanılan Su Miktarı:** Mermer blok kesme makinesinin dakikada tükettiği ortalama su miktarıdır.

• **En Büyük Blok Ebatları:** Mermer blok kesme makinesinde kesilebilecek maksimum mermer blok ebatlarıdır.

• **Makine Ebatları:** Mermer blok kesme makinesinin kapladığı maksimum alandır.

• **Makine Ağırlığı:** Mermer blok kesme makinesinin çeşidine göre değişkenlik gösteren maksimum ağırlığıdır.

Makinelerin teknik özellikleri Tablo 4.3'teki gibidir:

Tablo 4.3 Makinelerin Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler	Mermer Blok Kesme Makinesi	Yarı Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi
Dikey testere çapı (mm)	1800	1800	1800	1800
Yatay testere çapı (mm)	450	450	450	450
Dikey testere motor gücü (kw)	110	132	160	160
Yatay testere motor gücü (kw)	18,5	18,5	22	22
Köprü sağ-sol hareket motor gücü (kw)	1,5	1,5	1,5	1,5
Köprü yukarı-aşağı hareket motor gücü (kw)	3	3	3	3
Kabin ileri-geri hareket motor gücü (kw)	5,5	4	4	4
Yatay testere açma-kapama hidrolik motor gücü (kw)	1,1	1,1	1,1	1,1
Vagon motor gücü (kw)	2,2	2,2	2,2	2,2
Toplam elektrik gücü (kw)	142	163	194	194
Makinede kullanılan su miktarı (lt/min)	125	125	175	225
En büyük blok ebatları(boy x en x yükseklik) (mm x mm x mm)	3400x2200x2400	3400x2200x2400	3400x2200x2400	3400x2200x2400
Makine ebatları (boy x en x yükseklik) (mm x mm x mm)	8200x5350x4800	8200x5350x4800	8200x5350x4800	8200x5350x4800
Makine ağırlığı (kg)	16500	1700	17500	17800

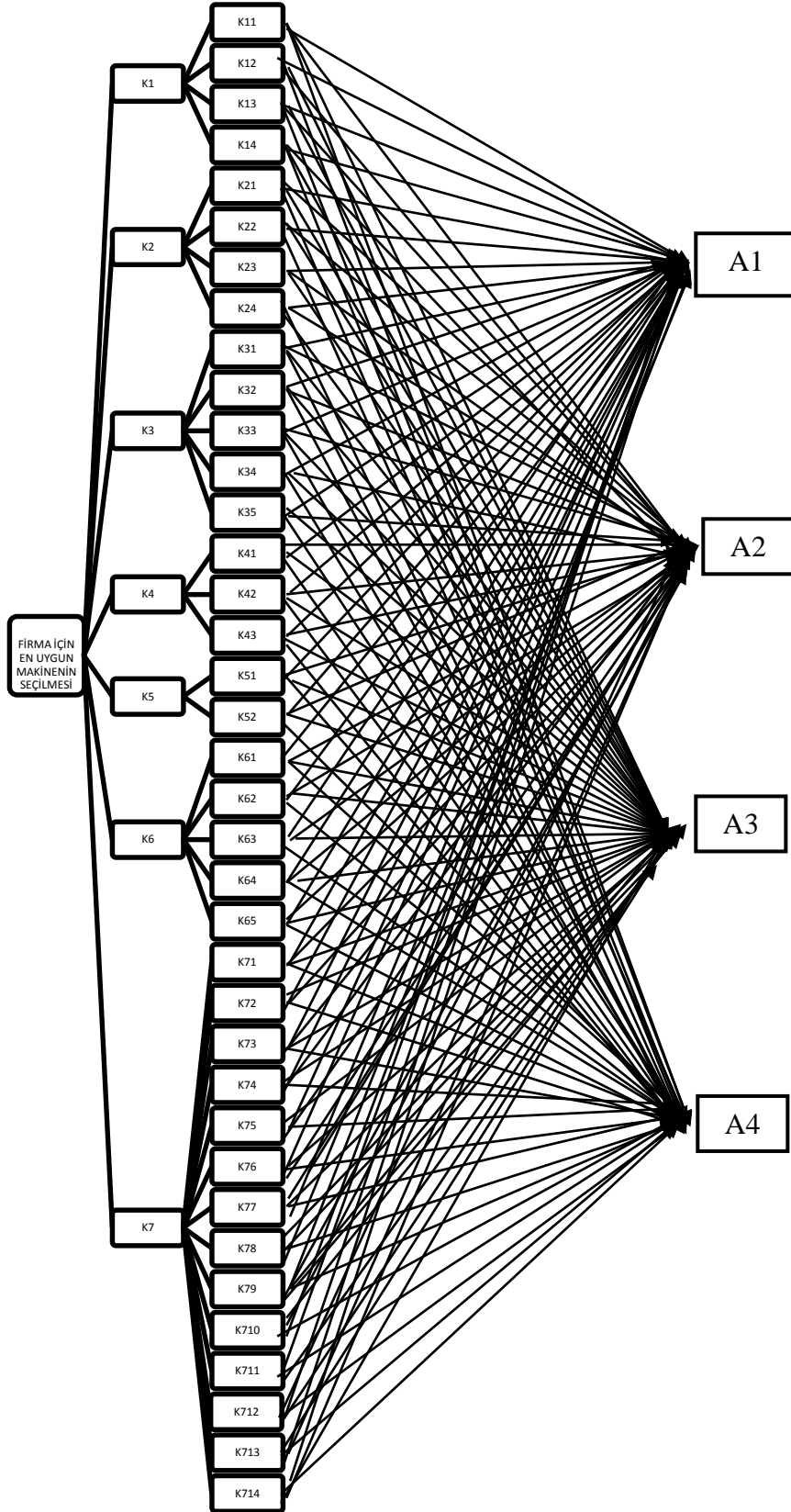
4.3. Bulgular

Bu çalışmada AHP ve TOPSIS metotlarının çözüm adımları için hesaplamalar Microsoft Excel 2013 programında yapılmıştır.

4.3.1 AHP Metoduna İlişkin Bulgular

AHP metodunun uygulanması için ilk olarak analitik hiyerarşi yapısının oluşturulması gerekmektedir. Analitik hiyerarşi yapısının ilk basamağında amaç yer almaktadır. Amaç dört farklı alternatif arasından kriterler göz önünde bulundurularak firma için en uygun mermer blok kesme makinesinin satın alınmasıdır. Yapının ikinci basamağında probleme ait 7 kriter, üçüncü basamağında da bu kriterlere bağlı

37 alt kriter yer almaktadır. Son basamak ise seçim aşamasıdır. Seçim yapılması istenen 4 farklı mermer blok kesme makinesi vardır. Problemin analitik hiyerarşi yapısı Şekil 4.1’de verilmiştir:



Şekil 4.1 Mermer Makinesi Seçiminin Analitik Hiyerarşi Yapısı

AHP metodu için ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 3.1'den yararlanılarak Er-Ga Mermer Ltd. Şti. çalışanlarından oluşan karar verici grubun görüşleri doğrultusunda oluşturulmuştur.

1) Kriterlerin ikili karşılaştırmalar matrisi ve önem düzeylerinin belirlenmesi

Tablo 4.4 Kriter Karşılaştırma Matrisi

	Maliyet	Servis	Kalite	Esneklik	Verimlilik	Performans	Teknik Özellik
Maliyet	1	6	2	4	3	1	2
Servis	1/6	1	1/4	1/2	1/3	1/5	1/4
Kalite	1/2	4	1	3	2	1/2	1
Esneklik	1/4	2	1/3	1	1/2	1/4	1/3
Verimlilik	1/3	3	1/2	2	1	1/3	1/2
Performans	1	5	2	4	3	1	2
Teknik Özellik	1/2	4	1	3	2	1/2	1

Normalizasyon işlemi yapılarak aşağıdaki tablo elde edilir:

Tablo 4.5 Kriterler İçin Normalize Matris

	Maliyet	Servis	Kalite	Esneklik	Verimlilik	Performans	Teknik Özellik
Maliyet	0,2667	0,2400	0,2824	0,2286	0,2535	0,2643	0,2824
Servis	0,0444	0,0400	0,0353	0,0286	0,0282	0,0529	0,0353
Kalite	0,1333	0,1600	0,1412	0,1714	0,1690	0,1322	0,1412
Esneklik	0,0667	0,0800	0,0471	0,0571	0,0423	0,0661	0,0471
Verimlilik	0,0889	0,1200	0,0706	0,1143	0,0845	0,0881	0,0706
Performans	0,2667	0,2000	0,2824	0,2286	0,2535	0,2643	0,2824
Teknik Özellik	0,1333	0,1600	0,1412	0,1714	0,1690	0,1322	0,1412

Her bir satırdaki verilerin ortalaması alınarak öncelik vektörü (W) oluşturulur.

Tablo 4.6 Kriterler İçin Öncelik Vektörü (W)

Maliyet	0,2597
Servis	0,0378
Kalite	0,1498
Esneklik	0,0580
Verimlilik	0,0910
Performans	0,2540
Teknik Özellik	0,1498

Her bir kriterin ağırlığı bulunduktan sonra firma için en önemli kriterin 0,2597 önem düzeyi ile maliyet olduğu belirlenmiştir. Maliyetten sonra 0,2540 önem düzeyi ile performans gelmektedir. En düşük önem düzeyine sahip kriter 0,0378 önem düzeyi ile servis olmaktadır. Kriterler için öncelik değerleri bulunduktan sonra belirlenen

kriterlerin ağırlıklarının tutarlı olup olmadığını belirlemek için tutarlılık kontrolü yapılmalıdır. Tutarlılık kontrolü için öncelikle λ_{max} hesaplanması gerekmektedir. λ_{max} 'ın hesaplanması için de ilk olarak karşılaştırma matrisi ile “W” öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

Tablo 4.7 Kriterler İçin D Sütun Vektörü

D
1,8446
0,2661
1,0637
0,4074
0,6415
1,8068
1,0637

D sütun vektörünün her bir satırı W vektörünün aynı satırına bölünerek E sütun vektörü elde edilir.

Tablo 4.8 Kriterler İçin E Sütun Vektörü

E
7,1034
7,0389
7,1026
7,0196
7,0494
7,1144
7,1026

Tablo 4.8’de yer alan sayıların ortalaması λ_{max} ’ı verir. $\lambda_{max} = 7,0758$ olarak bulunur. λ_{max} değeri kullanılarak tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{7,0758 - 7}{7 - 1} = 0,0126 \text{ olarak bulunur.}$$

Tutarlılık oranı (CR), tutarlılık indeksinin (CI) rastgelelik indeksine (RI) bölünmesiyle bulunur. RI değeri Tablo 3.3’ten alınarak hesap yapılır.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0126}{1,32} = 0,0096 \text{ olarak bulunur.}$$

$CR < 0,10$ olduğundan karar vericilerin kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

2) Kriterler Açısından Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi

Bu bölüm bir önceki bölümde kriterler için yapılmış olan tüm işlemlerin alt kriterler için de uygulanmasını içermektedir.

Tablo 4.9 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırmalar Matrisi

	K11	K12	K13	K14
K11	1	3	1	8
K12	1/3	1	1/3	5
K13	1	3	1	8
K14	1/8	1/5	1/8	1

Tablo 4.10 Maliyet Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K11	K12	K13	K14
K11	0,4068	0,4167	0,4068	0,3636
K12	0,1356	0,1389	0,1356	0,2273
K13	0,4068	0,4167	0,4068	0,3636
K14	0,0508	0,0278	0,0508	0,0455

Tablo 4.11 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü (W)

K11	0,3985
K12	0,1593
K13	0,3985
K14	0,0437

Tablo 4.11'e göre firma için maliyet açısından en önemli alt kriterler 0,3985 önem düzeyi ile eşit önem düzeyine sahip K11 satın alma maliyeti ve K13 işletme maliyetidir. Tutarlılık kontrolü için bulunan değerler Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'te yer almaktadır.

Tablo 4.12 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin D ve E Sütun Vektörleri

D	E
1,6248	4,0776
0,6436	4,0395
1,6248	4,0776
0,1752	4,0066

Tablo 4.13 Maliyet Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0503	0,0168	0,0186

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin maliyet açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.14 Servis Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırmalar Matrisi

	K21	K22	K23	K24
K21	1	1/6	1/4	1/6
K22	6	1	3	1
K23	4	1/3	1	1/3
K24	6	1	3	1

Tablo 4.15 Servis Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K21	K22	K23	K24
K21	0,0588	0,0667	0,0345	0,0667
K22	0,3529	0,4000	0,4138	0,4000
K23	0,2353	0,1333	0,1379	0,1333
K24	0,3529	0,4000	0,4138	0,4000

Tablo 4.16 Servis Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü

K21	0,0567
K22	0,3917
K23	0,1600
K24	0,3917

Tablo 4.16'ya göre firma için servis açısından en önemli alt kriterler 0,3917 önem düzeyleri ile K22 yedek parça ve K24 tecrübeli işçiler tarafından parçaların kolay bir şekilde değiştirilebilmesidir. Tutarlık kontrolünü yapmak için *D* ve *E* sütun vektörleri ile λ_{max} , CI ve CR değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.17 Servis Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* sütun vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,2272	4,0101
1,6032	4,0932
0,6477	4,0490
1,6032	4,0932

Tablo 4.18 Servis Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0614	0,0205	0,0227

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin servis açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.19 Kalite Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

	K31	K32	K33	K34	K35
K31	1	2	1/3	1/6	6
K32	1/2	1	1/2	1/5	5
K33	3	2	1	1/3	7
K34	6	5	3	1	9
K35	1/6	1/5	1/7	1/9	1

Tablo 4.20 Kalite Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K31	K32	K33	K34	K35
K31	0,0938	0,1961	0,0670	0,0920	0,2143
K32	0,0469	0,0980	0,1005	0,1104	0,1786
K33	0,2813	0,1961	0,2010	0,1840	0,2500
K34	0,5625	0,4902	0,6029	0,5521	0,3214
K35	0,0156	0,0196	0,0287	0,0613	0,0357

Tablo 4.21 Kalite Açısından Alt kriterlerin Öncelik Vektörü

K31	0,1326
K32	0,1069
K33	0,2225
K34	0,5058
K35	0,0322

Tablo 4.21'e göre firma için kalite açısından 0,5058 önem düzeyiyle K34 makinenin ortalama aşınma yılının en önemli alt kriter olduğu görülmektedir. Tutarlık kontrolü için gereken değerler Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'teki gibidir.

Tablo 4.22 Kalite Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,6980	5,2633
0,5466	5,1142
1,2281	5,5204
2,7932	5,5220
0,1637	5,0826

Tablo 4.23 Kalite Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
5,3005	0,0751	0,0671

$CR < 0,10$ olduğundan karar vericilerin kalite açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.24 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

	K41	K42	K43
K41	1	1	2
K42	1	1	2
K43	1/2	1/2	1

Tablo 4.25 Esneklik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K41	K42	K43
K41	0,4	0,4	0,4
K42	0,4	0,4	0,4
K43	0,2	0,2	0,2

Tablo 4.26 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü

K41	0,4
K42	0,4
K43	0,2

Tablo 4.26'ya göre firma için esneklik açısından 0,4 önem düzeyleri ile K41 ürün hacmi esnekliği ve K42 ürün çeşidi esnekliği en önemli alt kriter olmaktadır. Tutarlık kontrolü için gereken değerler Tablo 4.27 ve Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.27 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
1,2	3
1,2	3
0,6	3

Tablo 4.28 Esneklik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
3	0	0

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin esneklik açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.29 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

	K51	K52
K51	1	3
K52	1/3	1

Tablo 4.30 Verimlilik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K51	K52
K51	0,75	0,75
K52	0,25	0,25

Tablo 4.31 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü

K51	0,75
K52	0,25

Tablo 4.32 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* Sütun Vektörü

D	E
1,5	2
0,5	2

Tablo 4.33 Verimlilik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} değeri

λ_{max}	2
-----------------	---

Bir matrisin boyutu $n \times n$ olmak üzere, $\lambda_{max} = n$ maksimum tutarlılık düzeyidir. Böylece, karar vericilerin verimlilik açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.34 Performans Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

	K61	K62	K63	K64	K65
K61	1	9	9	9	9
K62	1/9	1	3	1/3	1/3
K63	1/9	1/3	1	1/5	1/5
K64	1/9	3	5	1	1
K65	1/9	3	5	1	1

Tablo 4.35 Performans Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K61	K62	K63	K64	K65
K61	0,6923	0,5510	0,3913	0,7803	0,7803
K62	0,0769	0,0612	0,1304	0,0289	0,0289
K63	0,0769	0,0204	0,0435	0,0173	0,0173
K64	0,0769	0,1837	0,2174	0,0867	0,0867
K65	0,0769	0,1837	0,2174	0,0867	0,0867

Tablo 4.36 Performans Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü

K61	0,6391
K62	0,0653
K63	0,0351
K64	0,1303
K65	0,1303

Buna göre firma için performans açısından 0,6391 önem düzeyi ile en önemli alt kriter güvenlik olmaktadır.

Tablo 4.37 Performans Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
3,8875	6,0831
0,3284	5,0314
0,1800	5,1278
0,7029	5,3952
0,7029	5,3952

Tablo 4.38 Performans Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
5,4065	0,1016	0,0907

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin performans açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.39 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
K71	1	1	1/6	1/6	1/7	1/7	1/4	1/3	3	1/8	1/8	2	1/2	1/2
K72	1	1	1/6	1/6	1/7	1/7	1/4	1/3	3	1/8	1/8	2	1/2	1/2
K73	6	6	1	1	1/2	1/2	2	3	7	1/6	1/6	6	4	4
K74	6	6	1	1	1/2	1/2	2	3	7	1/6	1/6	6	4	4
K75	7	7	2	2	1	1	3	4	8	1/4	1/4	7	5	5
K76	7	7	2	2	1	1	3	4	8	1/4	1/4	7	5	5
K77	4	4	1/2	1/2	1/3	1/3	1	2	6	1/7	1/7	5	3	3
K78	3	3	1/3	1/3	1/4	1/4	1/2	1	5	1/7	1/7	4	2	2
K79	1/3	1/3	1/7	1/7	1/8	1/8	1/6	1/5	1	1/9	1/9	1/2	1/4	1/4
K710	8	8	6	6	4	4	7	7	9	1	1	9	8	8
K711	8	8	6	6	3	3	7	7	9	1	1	9	8	8
K712	1/2	1/2	1/6	1/6	1/7	1/7	1/5	1/3	2	1/9	1/9	1	1/3	1/3
K713	2	2	1/4	1/4	1/5	1/5	1/3	1/2	4	1/8	1/8	3	1	1
K714	2	2	1/4	1/4	1/5	1/5	1/3	1/2	4	1/8	1/8	3	1	1

Tablo 4.40 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79
K71	0,0179	0,0179	0,0083	0,0083	0,0114	0,0114	0,0092	0,0101	0,0395
K72	0,0179	0,0179	0,0083	0,0083	0,0114	0,0114	0,0092	0,0101	0,0395
K73	0,1075	0,1075	0,0501	0,0501	0,0399	0,0399	0,0740	0,0906	0,0921
K74	0,1075	0,1075	0,0501	0,0501	0,0399	0,0399	0,0740	0,0906	0,0921
K75	0,1254	0,1254	0,1001	0,1001	0,0798	0,0798	0,1110	0,1208	0,1053
K76	0,1254	0,1254	0,1001	0,1001	0,0798	0,0798	0,1110	0,1208	0,1053
K77	0,0716	0,0716	0,0250	0,0250	0,0266	0,0266	0,0370	0,0604	0,0789
K78	0,0537	0,0537	0,0167	0,0167	0,0199	0,0199	0,0185	0,0302	0,0658
K79	0,0060	0,0060	0,0072	0,0072	0,0100	0,0100	0,0062	0,0060	0,0132
K710	0,1433	0,1433	0,3004	0,3004	0,3191	0,3191	0,2589	0,2114	0,1184
K711	0,1433	0,1433	0,3004	0,3004	0,3191	0,3191	0,2589	0,2114	0,1184
K712	0,0090	0,0090	0,0083	0,0083	0,0114	0,0114	0,0074	0,0075	0,0263
K713	0,0358	0,0358	0,0125	0,0125	0,0160	0,0160	0,0123	0,0151	0,0526
K714	0,0358	0,0358	0,0125	0,0125	0,0160	0,0160	0,0123	0,0151	0,0526

Tablo 4.40 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlere Göre Normalize Matris (Devam)

	K710	K711	K712	K713	K714
K71	0,0325	0,0325	0,0310	0,0117	0,0117
K72	0,0325	0,0325	0,0310	0,0117	0,0117
K73	0,0434	0,0434	0,0930	0,0939	0,0939
K74	0,0434	0,0434	0,0930	0,0939	0,0939
K75	0,0651	0,0651	0,1085	0,1174	0,1174
K76	0,0651	0,0651	0,1085	0,1174	0,1174
K77	0,0372	0,0372	0,0775	0,0705	0,0705
K78	0,0372	0,0372	0,0620	0,0470	0,0470
K79	0,0289	0,0289	0,0078	0,0059	0,0059
K710	0,2603	0,2603	0,1395	0,1879	0,1879
K711	0,2603	0,2603	0,1395	0,1879	0,1879
K712	0,0289	0,0289	0,0155	0,0078	0,0078
K713	0,0325	0,0325	0,0465	0,0235	0,0235
K714	0,0325	0,0325	0,0465	0,0235	0,0235

Tablo 4.41 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin Öncelik Vektörü

K71	0,0181
K72	0,0181
K73	0,0728
K74	0,0728
K75	0,1015
K76	0,1015
K77	0,0511
K78	0,0375
K79	0,0106
K710	0,2250
K711	0,2250
K712	0,0134
K713	0,0262
K714	0,0262

Buna göre firma için teknik özellik açısından en önemli alt kriter 0,2250 önem düzeyleri ile K710 toplam elektrik gücü ve K711 makinede kullanılan su miktarı olmaktadır.

Tablo 4.42 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,2560	14,1287
0,2560	14,1287
1,1191	15,3725
1,1191	15,3725
1,6051	15,8127
1,6051	15,8127
0,7641	14,9477
0,5471	14,5742
0,1547	14,5494
3,6821	16,3646
3,6821	16,3646
0,1932	14,4099
0,3767	14,3639
0,3767	14,3639

Tablo 4.43 Teknik Özellik Açısından Alt Kriterlerin λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
15,0404	0,0800	0,0510

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin teknik özellik açısından alt kriterleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

3) Alt Kriterler Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Tablo 4.44. Makinelerin Satın Alma Maliyeti, Bakım Maliyeti ve Kurma Maliyeti Değerleri

Alternatifler	Alt Kriterler		
	Satın Alma Maliyeti	Bakım Maliyeti	Kurma Maliyeti
A1	253 700 TL	10 000 TL	20 000 TL
A2	289 100 TL	10 000 TL	20 000 TL
A3	354 000 TL	10 000 TL	20 000 TL
A4	383 500 TL	10 000 TL	20 000 TL

Bakım maliyeti yıllık bakım maliyeti olarak hesaplanmış ve yazılmıştır. Maliyeti az olan tercih sebebimiz olduğu için öncelikle tablonun tersi alınıp sonra normalizasyonu hesaplanmıştır.

Tablo 4.45 Satın Alma Maliyeti, Bakım Maliyeti ve Kurma Maliyetine Göre Normalize Matris

Makineler	Satın Alma Maliyeti	Bakım Maliyeti	Kurma Maliyeti
A1	0,3071	0,25	0,25
A2	0,2695	0,25	0,25
A3	0,2201	0,25	0,25
A4	0,2032	0,25	0,25

Tablo 4.46 İşletme Maliyeti Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A	B	C	D
A1	1	2	5	6
A2	1/2	1	3	5
A3	1/5	1/3	1	2
A4	1/6	1/5	1/2	1

Tablo 4.47 İşletme Maliyetine Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,5357	0,5660	0,5263	0,4286
A2	0,2679	0,2830	0,3158	0,3571
A3	0,1071	0,0943	0,1053	0,1429
A4	0,0893	0,0566	0,0526	0,0714

Tablo 4.48 İşletme Maliyetine Göre Öncelik Vektörü

A1	0,5142
A2	0,3060
A3	0,1124
A4	0,0675

Tablo 4.49 İşletme Maliyetine Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

D	E
2,0930	4,0707
1,2377	4,0453
0,4522	4,0230
0,2706	4,0092

Tablo 4.50 İşletme Maliyetine Göre λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0371	0,0124	0,0137

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin işletme maliyeti açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.51 Makinelerin Garanti ve Servis Süreleri

	Garanti Süresi	Servis Süresi
A1	1 Yıl	1 Gün
A2	1 Yıl	1 Gün
A3	1 Yıl	1 Gün
A4	1 Yıl	1 Gün

Tablo 4.52 Makinelerin Garanti ve Servis Sürelerine Göre Normalize Matris

	Garanti Süresi	Servis Süresi
A1	0,25	0,25
A2	0,25	0,25
A3	0,25	0,25
A4	0,25	0,25

Tablo 4.53 Yedek Parça Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	2	3	4
A2	1/2	1	2	3
A3	1/3	1/2	1	2
A4	1/4	1/3	1/2	1

Tablo 4.54 Yedek Parçaya Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,4800	0,5217	0,4615	0,4000
A2	0,2400	0,2609	0,3077	0,3000
A3	0,1600	0,1304	0,1538	0,2000
A4	0,1200	0,0870	0,0769	0,1000

Tablo 4.55 Yedek Parçaya Göre Öncelik Vektörü

A1	0,4658
A2	0,2771
A3	0,1611
A4	0,0960

Tablo 4.56 Yedek Parçaya Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
1,8872	4,0513
1,1201	4,0416
0,6469	4,0160
0,3853	4,0152

Tablo 4.57 Yedek Parçaya Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0310	0,0103	0,0115

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin yedek parça açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.58 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	3	4	6
A2	1/3	1	2	4
A3	1/4	1/2	1	3
A4	1/6	1/4	1/3	1

Tablo 4.59 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesine Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,5714	0,6316	0,5455	0,4286
A2	0,1905	0,2105	0,2727	0,2857
A3	0,1429	0,1053	0,1364	0,2143
A4	0,0952	0,0526	0,0455	0,0714

Tablo 4.60 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesine Göre Öncelik Vektörü

A1	0,5443
A2	0,2399
A3	0,1497
A4	0,0662

Tablo 4.61 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesine Göre D ve E Sütun Vektörleri

D	E
2,2597	4,1520
0,9854	4,1083
0,6043	4,0366
0,2668	4,0303

Tablo 4.62 Parçaların Tecrübeli İşçiler Tarafından Kolay Bir Şekilde Değiştirilebilmesine Göre λ_{max} , CI ve CR değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0818	0,0273	0,0303

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin parçaların tecrübeli işçiler tarafından değiştirilebilmesi açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.63 Hurda-Yeniden İşleme Oranı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/2	1/3	1/4
A2	2	1	1/2	1/3
A3	3	2	1	1/2
A4	4	3	2	1

Tablo 4.64 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,1000	0,0769	0,0870	0,1200
A2	0,2000	0,1538	0,1304	0,1600
A3	0,3000	0,3077	0,2609	0,2400
A4	0,4000	0,4615	0,5217	0,4800

Tablo 4.65 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre Öncelik Vektörü

A1	0,0960
A2	0,1611
A3	0,2771
A4	0,4658

Tablo 4.66 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,3853	4,0152
0,6469	4,0160
1,1201	4,0416
1,8872	4,0513

Tablo 4.67 Hurda-Yeniden İşleme Oranına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0310	0,0103	0,0115

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin hurda-yeniden işleme oranı açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tutarlılık-güvenirlilik ve makinenin ortalama aşınma yılı açısından makineleri değerlendirmede karar matrisi Tablo 4.65'te yer alan hurda-yeniden işleme oranı açısından makineleri değerlendirmede karşılaştırma matrisi ile aynıdır. Bu nedenle öncelik vektörü aşağıdaki şekildedir.

Tablo 4.68 Tutarlılık-Güvenirlilik ve Makinenin Ortalama Aşınma Yılı Öncelik Vektörü

	Tutarlılık-Güvenirlilik	Makinenin Ortalama Aşınma Yılı
A1	0,0960	0,0960
A2	0,1611	0,1611
A3	0,2771	0,2771
A4	0,4658	0,4658

Tablo 4.69 Makinenin Hurda Fiyatı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/2	1/3	1/6
A2	2	1	1/2	1/4
A3	3	2	1	1/3
A4	6	4	3	1

Tablo 4.70 Makinenin Hurda Fiyatına Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,0833	0,0667	0,0690	0,0952
A2	0,1667	0,1333	0,1034	0,1429
A3	0,2500	0,2667	0,2069	0,1905
A4	0,5000	0,5333	0,6207	0,5714

Tablo 4.71 Makinenin Hurda Fiyatına Göre Öncelik Vektörü

A1	0,0786
A2	0,1366
A3	0,2285
A4	0,5564

Tablo 4.72 Makinenin Hurda Fiyatına Göre *D* ve *E* Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,3157	4,0195
0,5470	4,0053
0,9228	4,0382
2,2595	4,0612

Tablo 4.73 Makinenin Hurda Fiyatına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0310	0,0103	0,0115

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin makinenin hurda fiyatı açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.74 Ürün Kalitesine Uygunluğa Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1	1	1
A2	1	1	1	1
A3	1	1	1	1
A4	1	1	1	1

Tablo 4.75 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,25	0,25	0,25	0,25
A2	0,25	0,25	0,25	0,25
A3	0,25	0,25	0,25	0,25
A4	0,25	0,25	0,25	0,25

Tablo 4.76 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre Öncelik Vektörü

A1	0,25
A2	0,25
A3	0,25
A4	0,25

Tablo 4.77 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
1	4
1	4
1	4
1	4

Tablo 4.78 Ürün Kalitesine Uygunluğa Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4	0	0

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin ürün kalitesine uygunluk açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Ürün hacmi esnekliği, ürün çeşidi esnekliği ve proses esnekliği açısından makinelerin değerlendirilmesinin de karşılaştırma matrisi Tablo 4.74 ile aynıdır. Bu nedenle öncelik vektörleri şu şekildedir.

Tablo 4.79 Ürün Hacmi Esnekliği, Ürün Çeşidi Esnekliği ve Proses Esnekliğine Göre Öncelik Vektörleri

	Ürün Hacmi Esnekliği	Ürün Çeşidi Esnekliği	Proses Esnekliği
A1	0,25	0,25	0,25
A2	0,25	0,25	0,25
A3	0,25	0,25	0,25
A4	0,25	0,25	0,25

Tablo 4.80 Kapasite Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1/9
A2	3	1	1/3	1/6
A3	5	3	1	1/4
A4	9	6	4	1

Tablo 4.81 Kapasiteye Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,0556	0,0323	0,0361	0,0727
A2	0,1667	0,0968	0,0602	0,1091
A3	0,2778	0,2903	0,1807	0,1636
A4	0,5000	0,5806	0,7229	0,6545

Tablo 4.82 Kapasiteye Göre Öncelik Vektörü

A1	0,0492
A2	0,1082
A3	0,2281
A4	0,6145

Tablo 4.83 Kapasiteye Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,1991	4,0499
0,4342	4,0129
0,9522	4,1741
2,6187	4,2613

Tablo 4.84 Kapasiteye Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,1246	0,0415	0,0461

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin kapasite açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.85 Kullanım Kolaylığı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	2	4	6
A2	1/2	1	2	4
A3	1/4	1/2	1	2
A4	1/6	1/4	1/2	1

Tablo 4.86 Kullanım Kolaylığına Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,5217	0,5333	0,5333	0,4615
A2	0,2609	0,2667	0,2667	0,3077
A3	0,1304	0,1333	0,1333	0,1538
A4	0,0870	0,0667	0,0667	0,0769

Tablo 4.87 Kullanım Kolaylığına Göre Öncelik Vektörü

A1	0,5125
A2	0,2755
A3	0,1377
A4	0,0743

Tablo 4.88 Kullanım Kolaylığına Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
2,0602	4,0200
1,1044	4,0091
0,5522	4,0091
0,2975	4,0033

Tablo 4.89 Kullanım Kolaylığına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,0104	0,0035	0,0038

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin kullanım kolaylığı açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.90 Güvenlik Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1	1	1/7
A2	1	1	1	1/7
A3	1	1	1	1/7
A4	7	7	7	1

Tablo 4.91 Güvenliğe Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,1	0,1	0,1	0,1
A2	0,1	0,1	0,1	0,1
A3	0,1	0,1	0,1	0,1
A4	0,7	0,7	0,7	0,7

Tablo 4.92 Güvenliğe Göre Öncelik Vektörleri

A1	0,1
A2	0,1
A3	0,1
A4	0,7

Tablo 4.93 Güvenliğe Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,4	4
0,4	4
0,4	4
2,8	4

Tablo 4.94 Güvenliğe Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4	0	0

Tablo 4.95 Otomasyon Seviyesi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1/7
A2	3	1	1/3	1/5
A3	5	3	1	1/3
A4	7	5	3	1

Tablo 4.96 Otomasyon Seviyesine Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,0625	0,0357	0,0441	0,0852
A2	0,1875	0,1071	0,0735	0,1193
A3	0,3125	0,3214	0,2206	0,1989
A4	0,4375	0,5357	0,6618	0,5966

Tablo 4.97 Otomasyon Seviyesine Göre Öncelik Vektörü

A1	0,0569
A2	0,1219
A3	0,2633
A4	0,5579

Tablo 4.98 Otomasyon Seviyesine Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,2299	4,0408
0,4919	4,0362
1,0994	4,1747
2,3555	4,2222

Tablo 4.99 Otomasyon Seviyesine Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,1185	0,0395	0,0439

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin otomasyon seviyesi açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.100 Ayar Süresi Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1	1	1
A2	1	1	1	1
A3	1	1	1	1
A4	1	1	1	1

Tablo 4.101 Ayar Süresine Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,25	0,25	0,25	0,25
A2	0,25	0,25	0,25	0,25
A3	0,25	0,25	0,25	0,25
A4	0,25	0,25	0,25	0,25

Tablo 4.102 Ayar Süresine Göre Öncelik Vektörü

A1	0,25
A2	0,25
A3	0,25
A4	0,25

Tablo 4.103 Ayar Süresine Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
1	4
1	4
1	4
1	4

Tablo 4.104 Ayar Süresine Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4	0	0

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin ayar süresi açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.105 Üretkenlik- Hız Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/5	1/8
A2	3	1	1/3	1/6
A3	5	3	1	1/4
A4	8	6	4	1

Tablo 4.106 Üretkenlik-Hıza Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,0588	0,0323	0,0361	0,0811
A2	0,1765	0,0968	0,0602	0,1081
A3	0,2941	0,2903	0,1807	0,1622
A4	0,4706	0,5806	0,7229	0,6486

Tablo 4.107 Üretkenlik-Hıza Göre Öncelik Vektörü

A1	0,0521
A2	0,1104
A3	0,2318
A4	0,6057

Tablo 4.108 Üretkenlik-Hıza Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
0,2110	4,0508
0,4449	4,0295
0,9748	4,2049
2,6120	4,3125

Tablo 4.109 Üretkenlik-Hıza Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,1494	0,0498	0,0553

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin üretkenlik-hız açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.110 Arıza Oranı Açısından Makinelerin Karşılaştırma Matrisi

	A1	A2	A3	A4
A1	1	3	5	7
A2	1/3	1	3	5
A3	1/5	1/3	1	3
A4	1/7	1/5	1/3	1

Tablo 4.111 Arıza Oranına Göre Normalize Matris

	A1	A2	A3	A4
A1	0,5966	0,6618	0,5357	0,4375
A2	0,1989	0,2206	0,3214	0,3125
A3	0,1193	0,0735	0,1071	0,1875
A4	0,0852	0,0441	0,0357	0,0625

Tablo 4.112 Arıza Oranına Göre Öncelik Vektörü

A1	0,5579
A2	0,2633
A3	0,1219
A4	0,0569

Tablo 4.113 Arıza Oranına Göre *D* ve *E* Sütun Vektörleri

<i>D</i>	<i>E</i>
2,3555	4,2222
1,0994	4,1747
0,4919	4,0362
0,2299	4,0408

Tablo 4.114 Arıza Oranına Göre λ_{max} , CI ve CR Değerleri

λ_{max}	CI	CR
4,1185	0,0395	0,0439

CR<0,10 olduğundan karar vericilerin arıza oranı açısından makineleri değerlendirmede tutarlı davrandığı görülmektedir.

Tablo 4.115 Makinelerin Teknik Özellikleri

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
A1	1800 mm	450 mm	110 kw	18,5 kw	1,5 kw	3 kw	5,5 kw	1,1 kw	2,2 kw	142 kw	125 lt	3400×2200× 2400 mm×mm× mm	8200×5350× 4800 mm×mm× mm	16500 kg
A2	1800 mm	450 mm	132 kw	18,5 kw	1,5 kw	3 kw	4 kw	1,1 kw	2,2 kw	163 kw	125 lt	3400×2200× 2400 mm×mm× mm	8200×5350× 4800 mm×mm× mm	17000 kg
A3	1800 mm	450 mm	160 kw	22 kw	1,5 kw	3 kw	4 kw	1,1 kw	2,2 kw	194 kw	175 lt	3400×2200× 2400 mm×mm× mm	8200×5350× 4800 mm×mm× mm	17500 kg
A4	1800 mm	450 mm	160 kw	22 kw	1,5 kw	3 kw	4 kw	1,1 kw	2,2 kw	194 kw	225 lt	3400×2200× 2400 mm×mm× mm	8200×5350× 4800 mm×mm× mm	17800 kg

Tablo 4.116 Teknik Özelliğe Göre Normalize Matris

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
A1	0,25	0,25	0,1957	0,2284	0,25	0,3	0,3143	0,25	0,25	0,3842	0,3	0,25	0,25	0,2604
A2	0,25	0,25	0,2349	0,2284	0,25	0,3	0,2286	0,25	0,25	0,3347	0,3	0,25	0,25	0,2527
A3	0,25	0,25	0,2847	0,2716	0,25	0,3	0,2286	0,25	0,25	0,2812	0,2	0,25	0,25	0,2455
A4	0,25	0,25	0,2847	0,2716	0,25	0,3	0,2286	0,25	0,25	0,2812	0,2	0,25	0,25	0,2414

Toplam elektrik gücü, makinede kullanılan su miktarı ve makine ağırlığı değerleri karşılaştırıldığında daha küçük olan tercih sebebimiz olduğu için normalizasyon işlemi yapılırken önce değerlerin tersi alınmıştır. Tüm kriter ve alternatiflerin ağırlıkları Tablo 4.117’de özetlenmiştir.

Tablo 4.117 Kriter ve Alternatif Ağırlıklarının Özet Tablosu

KRİTERLER		ALT KRİTERLER		ALTERNATİFLER			
	ÖNCELİK VEKTÖRLERİ		ÖNCELİK VEKTÖRLERİ	ÖNCELİK VEKTÖRLERİ			
				A1	A2	A3	A4
K1	0,2597	K11	0,3985	0,3071	0,2695	0,2201	0,2032
		K12	0,1593	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K13	0,3985	0,5142	0,3060	0,1124	0,0675
		K14	0,0437	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
K2	0,0378	K21	0,0567	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K22	0,3917	0,4658	0,2771	0,1611	0,0960
		K23	0,1600	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K24	0,3917	0,5443	0,2399	0,1497	0,0662
K3	0,1498	K31	0,1326	0,0960	0,1611	0,2771	0,4658
		K32	0,1069	0,0960	0,1611	0,2771	0,4658
		K33	0,2225	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K34	0,5058	0,0960	0,1611	0,2771	0,4658
		K35	0,0322	0,0786	0,1366	0,2285	0,5564
K4	0,0580	K41	0,4000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K42	0,4000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K43	0,2000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
K5	0,0910	K51	0,7500	0,0492	0,1082	0,2281	0,6145
		K52	0,2500	0,5125	0,2755	0,1377	0,0743
K6	0,2540	K61	0,6391	0,1000	0,1000	0,1000	0,7000
		K62	0,0653	0,0569	0,1219	0,2633	0,5579
		K63	0,0351	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K64	0,1303	0,0521	0,1104	0,2318	0,6057
		K65	0,1303	0,5579	0,2633	0,1219	0,0569
K7	0,1498	K71	0,0181	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K72	0,0181	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K73	0,0728	0,1957	0,2349	0,2847	0,2847
		K74	0,0728	0,2284	0,2284	0,2716	0,2716
		K75	0,1015	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K76	0,1015	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K77	0,0511	0,3143	0,2286	0,2286	0,2286
		K78	0,0375	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K79	0,0106	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K710	0,2250	0,3842	0,3347	0,2812	0,2812
		K711	0,2250	0,3058	0,3058	0,2184	0,1699
		K712	0,0134	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K713	0,0262	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
		K714	0,0262	0,2604	0,2527	0,2455	0,2414

Önem ağırlıklarını çarpıldığında elde edilen bulgular Tablo 4.118’de gösterilmiştir.

Tablo 4.118 Önem Ağırlıkları Çarpımı

	ÖNEM AĞIRLIKLARI ÇARPIMI			
	A1	A2	A3	A4
	0,0318	0,0279	0,0228	0,0210
	0,0103	0,0103	0,0103	0,0103
	0,0532	0,0317	0,0116	0,0070
	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028
	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	0,0069	0,0041	0,0024	0,0014
	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
	0,0081	0,0036	0,0022	0,0010
	0,0019	0,0032	0,0055	0,0093
	0,0015	0,0026	0,0044	0,0075
	0,0083	0,0083	0,0083	0,0083
	0,0073	0,0122	0,0210	0,0353
	0,0004	0,0007	0,0011	0,0027
	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
	0,0034	0,0074	0,0156	0,0419
	0,0117	0,0063	0,0031	0,0017
	0,0162	0,0162	0,0162	0,1136
	0,0009	0,0020	0,0044	0,0092
	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022
	0,0017	0,0037	0,0077	0,0200
	0,0185	0,0087	0,0040	0,0019
	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
	0,0021	0,0026	0,0031	0,0031
	0,0025	0,0025	0,0030	0,0030
	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038
	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038
	0,0024	0,0017	0,0017	0,0017
	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
	0,0129	0,0113	0,0095	0,0095
	0,0103	0,0103	0,0074	0,0057
	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009
TOPLAM	0,2472	0,2120	0,2002	0,3500

Sonuç olarak makinelerin önem ağırlıkları Tablo 4.119’deki gibi olmaktadır.

Tablo 4.119 Alternatiflerin Önem Ağırlıkları

ALTERNATİFLER	ÖNEM AĞIRLIKLARI
A1	0,2472
A2	0,2120
A3	0,2002
A4	0,3500

Yapılmış olan hesaplamalar sonucunda, AHP metoduna göre tercih sıralaması $A4 > A1 > A2 > A3$ şeklinde elde edilmiştir. Buna göre firma tarafından 0,3500 önem derecesi ile A4 alternatifi olan Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi seçilmelidir ve 0,2002 önem dereci ile A3 alternatifi olan Süper Mermer Blok Kesme Makinesi en son tercih edilmesi gereken makine olmaktadır.

4.3.2. TOPSIS Metoduna İlişkin Bulgular

TOPSIS yöntemi kullanılırken Microsoft Excel 2013 programından faydalanarak uygulama yapılmış ve çözüm adımları Tablo 4.120 – Tablo 4.126’da gösterilmiştir. MKS firmasından alınan makineler ile bilgiler ve ER-GA Mermer Ltd. Şti. çalışanlarından oluşan karar verici grubun görüşleri doğrultusunda karar matrisi oluşturulmuştur. İşletme maliyeti, parçaların tecrübeli işçiler tarafından kolay bir şekilde değiştirilebilmesi, hurda-yeniden işleme oranı, tutarlılık-güvenirlilik, ürün kalitesine uygunluk, ortalama aşınma yılı, makinenin hurda fiyatı, ürün hacmi esnekliği, ürün çeşidi esnekliği, proses esnekliği, kapasite, kullanım kolaylığı, güvenlik, otomasyon seviyesi, ayar süresi, üretkenlik-hız, arıza oranı, en büyük blok ebatları, makine ebatları kriterleri için 1-9 skalası kullanılmıştır. “1” en kötü ölçüyü ifade ederken “9” en iyi ölçüyü ifade etmektedir. (Subaşı, 2011) ve (Ömürbek vd., 2015) yayınlarında olduğu gibi kriter ağırlıkları olarak AHP yönteminde daha önce hesaplanan ağırlıklar kullanılmıştır.

1) Karar Matrisinin Oluşturulması

Tüm alternatifler, kriterler ve alt kriterleri içeren karar matrisi Tablo 4.120’de verilmiştir.

Tablo 4.120 TOPSIS Analizi İçin Karar Matrisi

	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K33	K34	K35
A1	253700	10000	5	20000	1	8	1	9	2	2	7	2	3
A2	289100	10000	6	20000	1	6	1	7	3	3	7	3	4
A3	354000	10000	8	20000	1	4	1	6	4	4	7	4	6
A4	383500	10000	9	20000	1	2	1	3	5	5	7	5	8

Tablo 4.120 TOPSIS Analizi İçin Karar Matrisi (Devam)

	K41	K42	K43	K51	K52	K61	K62	K63	K64	K65
A1	7	7	7	3	8	4	4	4	4	3
A2	7	7	7	5	7	4	6	4	6	4
A3	7	7	7	7	6	4	7	4	8	5
A4	7	7	7	9	4	9	9	4	9	7

Tablo 4.120 TOPSIS Analizi İçin Karar Matrisi (Devam)

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
A1	1800	450	110	18,5	1,5	3	5,5	1,1	2,2	142	125	4	4	16500
A2	1800	450	132	18,5	1,5	3	4	1,1	2,2	163	125	4	4	17000
A3	1800	450	160	22	1,5	3	4	1,1	2,2	194	175	4	4	17500
A4	1800	450	160	22	1,5	3	4	1,1	2,2	194	225	4	4	17800

AHP metodunda da kullanılmış olan kriter ağırlıkları Tablo 4.121’de özetlenmiştir:

Tablo 4.121 Kriter Ağırlıkları

KRİTERLER		ALT KRİTERLER		AĞIRLIKLAR ÇARPIMI
	ÖNEM AĞIRLIKLARI		ÖNEM AĞIRLIKLARI	TOPSIS İÇİN KRİTER AĞIRLIKLARI
K1	0,2597	K11	0,3985	0,1035
		K12	0,1593	0,0414
		K13	0,3985	0,1035
		K14	0,0437	0,0114
K2	0,0378	K21	0,0567	0,0021
		K22	0,3917	0,0148
		K23	0,1600	0,0060
		K24	0,3917	0,0148
K3	0,1498	K31	0,1326	0,0199
		K32	0,1069	0,0160
		K33	0,2225	0,0333
		K34	0,5058	0,0758
		K35	0,0322	0,0048
K4	0,0580	K41	0,4000	0,0232
		K42	0,4000	0,0232
		K43	0,2000	0,0116
K5	0,0910	K51	0,7500	0,0682
		K52	0,2500	0,0227
K6	0,2540	K61	0,6391	0,1623
		K62	0,0653	0,0166
		K63	0,0351	0,0089
		K64	0,1303	0,0331
		K65	0,1303	0,0331
K7	0,1498	K71	0,0181	0,0027
		K72	0,0181	0,0027
		K73	0,0728	0,0109
		K74	0,0728	0,0109
		K75	0,1015	0,0152
		K76	0,1015	0,0152
		K77	0,0511	0,0077
		K78	0,0375	0,0056
		K79	0,0106	0,0016
		K710	0,2250	0,0337
		K711	0,2250	0,0337
		K712	0,0134	0,0020
		K713	0,0262	0,0039
		K714	0,0262	0,0039
TUTARLILIK ORANI	0,0096	TOPLAM		1

2) Karar Matrisinin Normalleştirilmesi

Karar matrisindeki her bir değerin, bulunduğu sütundaki değerlerin karelerinin toplamının kareköküne bölünmesiyle elde edilen değerler Tablo 4.122’de verilmiş olan normalize edilmiş karar matrisinde yer almaktadır.

Tablo 4.122 Normalize Karar Matrisi

	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K33	K34	K35
A1	0,3913	0,5	0,3484	0,5	0,5	0,7303	0,5	0,6803	0,2722	0,2722	0,5	0,2722	0,2683
A2	0,4459	0,5	0,4180	0,5	0,5	0,5477	0,5	0,5292	0,4082	0,4082	0,5	0,4082	0,3578
A3	0,5460	0,5	0,5574	0,5	0,5	0,3651	0,5	0,4536	0,5443	0,5443	0,5	0,5443	0,5367
A4	0,5915	0,5	0,6271	0,5	0,5	0,1826	0,5	0,2268	0,6804	0,6804	0,5	0,6804	0,7155
Kriter Ağırlıkları	0,1035	0,0414	0,1035	0,0114	0,0021	0,0148	0,0060	0,0148	0,0199	0,0160	0,0333	0,0758	0,0048

Tablo 4.122 Normalize Karar Matrisi (Devam)

	K41	K42	K43	K51	K52	K61	K62	K63	K64	K65
A1	0,5	0,5	0,5	0,2343	0,6228	0,3522	0,2965	0,5	0,2850	0,3015
A2	0,5	0,5	0,5	0,3904	0,5449	0,3522	0,4447	0,5	0,4275	0,4020
A3	0,5	0,5	0,5	0,5466	0,4671	0,3522	0,5189	0,5	0,5700	0,5025
A4	0,5	0,5	0,5	0,7028	0,3114	0,7924	0,6671	0,5	0,6412	0,7035
Kriter Ağırlıkları	0,0232	0,0232	0,0116	0,0682	0,0227	0,1623	0,0166	0,0089	0,0331	0,0331

Tablo 4.122 Normalize Karar Matrisi (Devam)

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
A1	0,5	0,5	0,3872	0,4551	0,5	0,5	0,6218	0,5	0,5	0,4065	0,3727	0,5	0,5	0,4795
A2	0,5	0,5	0,4646	0,4551	0,5	0,5	0,4522	0,5	0,5	0,4667	0,3727	0,5	0,5	0,4940
A3	0,5	0,5	0,5631	0,5412	0,5	0,5	0,4522	0,5	0,5	0,5554	0,5217	0,5	0,5	0,5085
A4	0,5	0,5	0,5631	0,5412	0,5	0,5	0,4522	0,5	0,5	0,5554	0,6708	0,5	0,5	0,5172
Kriter Ağırlıkları	0,0027	0,0027	0,0109	0,0109	0,0152	0,0152	0,0077	0,0056	0,0016	0,0337	0,0337	0,0020	0,0039	0,0039

3) Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Normalize edilmiş karar matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılarak elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi Tablo 4.123'te verilmiştir.

Tablo 4.123 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K33	K34	K35
A1	0,0405	0,0207	0,0360	0,0057	0,0011	0,0108	0,0030	0,0101	0,0054	0,0044	0,0167	0,0206	0,0013
A2	0,0461	0,0207	0,0433	0,0057	0,0011	0,0081	0,0030	0,0078	0,0081	0,0065	0,0167	0,0309	0,0017
A3	0,0565	0,0207	0,0577	0,0057	0,0011	0,0054	0,0030	0,0067	0,0108	0,0087	0,0167	0,0412	0,0026
A4	0,0612	0,0207	0,0649	0,0057	0,0011	0,0027	0,0030	0,0034	0,0135	0,0109	0,0167	0,0515	0,0035

Tablo 4.123 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi (Devam)

	K41	K42	K43	K51	K52	K61	K62	K63	K64	K65
A1	0,0116	0,0116	0,0058	0,0160	0,0142	0,0572	0,0049	0,0045	0,0094	0,0100
A2	0,0116	0,0116	0,0058	0,0266	0,0124	0,0572	0,0074	0,0045	0,0141	0,0133
A3	0,0116	0,0116	0,0058	0,0373	0,0106	0,0572	0,0086	0,0045	0,0189	0,0166
A4	0,0116	0,0116	0,0058	0,0480	0,0071	0,1286	0,0111	0,0045	0,0212	0,0233

Tablo 4.123 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi (Devam)

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
A1	0,0014	0,0014	0,0042	0,0050	0,0076	0,0076	0,0048	0,0028	0,0008	0,0137	0,0126	0,0010	0,0020	0,0019
A2	0,0014	0,0014	0,0051	0,0050	0,0076	0,0076	0,0035	0,0028	0,0008	0,0157	0,0126	0,0010	0,0020	0,0019
A3	0,0014	0,0014	0,0061	0,0059	0,0076	0,0076	0,0035	0,0028	0,0008	0,0187	0,0176	0,0010	0,0020	0,0020
A4	0,0014	0,0014	0,0061	0,0059	0,0076	0,0076	0,0035	0,0028	0,0008	0,0187	0,0226	0,0010	0,0020	0,0020

4) Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümelerinin Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış standart karar matrisinin oluşturulmasının ardından elde edilen pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözüm kümeleri Tablo 4.124'te yer almaktadır.

Tablo 4.124 Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümeleri

	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K33	K34	K35
	min	min	min	min	max	max	min	max	max	max	max	max	max
A^*	0,0405	0,0207	0,0360	0,0057	0,0011	0,0108	0,0030	0,0101	0,0135	0,0109	0,0167	0,0515	0,0035
A^-	0,0612	0,0207	0,0649	0,0057	0,0011	0,0027	0,0030	0,0034	0,0054	0,0044	0,0167	0,0206	0,0013

Tablo 4.124 Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümeleri (Devam)

	K41	K42	K43	K51	K52	K61	K62	K63	K64	K65
	max	max	max	max	max	max	max	min	max	min
A^*	0,0116	0,0116	0,0058	0,0480	0,0142	0,1286	0,0111	0,0045	0,0212	0,0100
A^-	0,0116	0,0116	0,0058	0,0160	0,0071	0,0572	0,0049	0,0045	0,0094	0,0233

Tablo 4.124 Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümeleri (Devam)

	K71	K72	K73	K74	K75	K76	K77	K78	K79	K710	K711	K712	K713	K714
	max	max	max	max	max	max	max	max	max	min	min	max	min	min
A^*	0,0014	0,0014	0,0061	0,0059	0,0076	0,0076	0,0048	0,0028	0,0008	0,0137	0,0126	0,0010	0,0020	0,0019
A^-	0,0014	0,0014	0,0042	0,0050	0,0076	0,0076	0,0035	0,0028	0,0008	0,0187	0,0226	0,0010	0,0020	0,0020

Satın alma maliyeti, bakım maliyeti, işletme maliyeti, kurma maliyeti, servis süresi, ayar süresi, toplam elektrik gücü, makinede kullanılan su miktarı, makine ebatları, makine ağırlığı kriterlerinin pozitif ideal çözüm kümeleri bulunurken minimizasyon yönlü değerlendirme yapılmıştır. Aynı şekilde negatif ideal çözüm kümesi bulunurken maksimizasyon yönlü değerlendirme yapılmıştır.

5) Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Elde edilen pozitif ideal ve negatif ideal değerler kullanılarak pozitif ayırım ölçüsü (S^*) ve negatif ayırım ölçüsü (S^-) hesaplanmış ve hesaplanan bu değerler Tablo 4.125'te verilmiştir.

Tablo 4.125 Ayırım Ölçüleri

Makineler	S^*	S^-
A1	0,0859	0,0416
A2	0,0789	0,0353
A3	0,0789	0,0348
A4	0,0416	0,0859

6) İdeal Çözüme Göre Yakınlık Değerlerinin Hesaplanması

Her bir alternatif için ideal çözüme göre yakınlık değeri, negatif ideal çözüm değerininin kendi değeri ve aynı alternatifin pozitif ideal çözüm değerinin toplamına bölünmesiyle bulunur.

Tablo 4.126 İdeal Çözüm Tablosu

Makineler	C^*
A1	0,3263
A2	0,3091
A3	0,3061
A4	0,6737

Tablo 4.126'ya göre TOPSIS yönteminin kullanılması neticesinde en ideal çözüm A4 alternatifi olarak elde edilmiştir. TOPSIS metoduna göre tercih sıralaması $A4 > A1 > A2 > A3$ olarak bulunmuştur. Buna göre, tercih edilmesi gereken makine Süper S Blok Kesme Makinesi'dir. Süper Mermer Blok Kesme Makinesi'nin ise en son tercih edilmesi gereken makine olduğu görülmektedir.

4.3.3 AHP ve TOPSIS Metodlarının Sonuçlarının Karşılaştırılması

AHP ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4.127 AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Makineler	Öncelik Değerleri		Tercih Sıralaması	
	AHP	TOPSIS	AHP	TOPSIS
Mermer Blok Kesme Makinesi	0,2472	0,3263	2	2
Yarı Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	0,2120	0,3091	3	3
Süper Mermer Blok Kesme Makinesi	0,2002	0,3061	4	4
Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi	0,3500	0,6737	1	1

Tablo 4.127’den görüldüğü gibi kullanılan her iki yöntemde de Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi tercih edilmesi gereken makine olarak bulunmuş, makinelerin tercih sıralaması her iki yöntemde de aynı olarak elde edilmiştir.

AHP yöntemi karar vericilerin yorumlarına ve değerlendirmelerine dayanan bir yöntem, TOPSIS yöntemi ise matematiksel yaklaşıma dayanan bir yöntemdir. Her iki yöntemde de elde edilen sonuçlar aynıdır ve bu sonuçlara göre ER-GA Mermer Ltd. Şti.’ne seçmesi için önerilen makine Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi olmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir mermer fabrikasında kullanılması planlanan “Mermer Blok Kesme Makinesi” (A1), “Yarı Süper Mermer Blok Kesme Makinesi” (A2), “Süper Mermer Blok Kesme Makinesi” (A3) ve “Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi” (A4) makinelerinin seçimi amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır. Makine seçiminde maliyet, servis, kalite, esneklik, verimlilik, performans ve teknik özellik kriterleri ana kriterler olarak belirlenmiş ve bu kriterlere ait 37 adet alt kriter tanımlanmıştır. İki yöntemin uygulanması sonucundaki bulgular karşılaştırılarak işletme için en uygun makinenin seçilmesi problemi çözülmüştür.

Çalışma sonucunda öncelikle her bir kriterin ağırlığı bulunmuş ve daha sonra işletme için en önemli kriterin 0,2597 önem düzeyi ile maliyet olduğu tespit edilmiştir. Maliyetin ardından 0,2540 önem düzeyi ile performans gelirken en düşük önem düzeyine sahip kriterin 0,0378 önem düzeyi ile servis olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın esas sonucu, işletmenin seçmesinin en uygun olacağı makinenin Süper S Mermer Blok Kesme Makinesi (A4) olduğuna karar verilmesidir. AHP ve TOPSIS metotlarına göre yapılan hesaplamalar sonucunda makine tercih sıralamasının $A4 > A1 > A2 > A3$ şeklinde olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Acıpayamoğlu, M.M. (2013). CNC ağaç işleme makinelerinde çok ölçütlü. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ağaç, G., Baki, B., Peker, İ., Ar, İ.M., (2015) Çok kriterli karar verme tekniklerini kullanarak serbest bölge yer seçimi: Doğu Anadolu Bölgesi örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 3(1), 79-113.

Ağca, V., Tunçer, E. (2006). Çok boyutlu performans değerleme modelleri ve bir balanced scorecard uygulaması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 8(1), 173-193.

Akça, B.A., Doğan, A., Özcan, U. (2015). Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak kişi takip cihazı ceğimi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 8(1), 20-35.

Akkaya, C., Demireli E. (2010). Finansal kararların verilmesinde promethee sıralama yöntemi. Ege Akademik Bakış, 10(3), 845-854.

Akyıldız, E., (2006). Analitik hiyerarşi süreci ve bankacılık sektöründe bir uygulama. (Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

Al-Harbi, K.M.A. (2001). Application of the AHP in project management. International Journal of Project Management, 19, 19-27.

Balkuvar, I. (2015). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve VIKOR ile tablet seçimi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Başkaya, Z., Akar, C. (2005). Üretim alternatifi seçiminde analitik hiyerarşi süreci: tekstil işletmesi örneği. Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 273-286.

Bayhan, M., Bildik, T. (2014). Çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreciyle akıllı telefon seçimi. Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 6(3), 27-36.

Can C.İ. (2006). Çok kriterli bir karar verme süreci için bir karar destek sistemi geliştirilmesi ve savunma sanayinde uygulaması. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Cengiz, D. (2012). Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine karşılaştırmalı analiz. (Yüksek Lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Chankong, V., Haimes, Y.Y. (2008). Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology. New York: Courier Dover Publications.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 15, 429-444.

Chen, T., (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 114, 1-9.

Çınar, N.T. (2010). Kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS yöntemi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12(18): 37-45.

Cox, M.A.A. (2007).Examining alternatives in the interval analytic hierarchy process using complete enumeration. European Journal of Operational Research 180, 957-962.

- Daft, R.L.** (2008). Management (9th edition). USA: Cengage Learning.
- Demiray, A.** (2007). Makine seçim probleminin çok kriterli karar verme yöntemiyle çözümü. (Yüksek Lisans tezi). Gazi 62Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demireli, E.** (2010). TOPSIS çok kriterli karar verme sistemi: Türkiye'deki kamu bankaları üzerine bir uygulama. Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5(1), 101-112.
- Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J.** (2000). Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights. Computer and Operational Research, 27, 963-973.
- Diñcer, H., Görener, A.** (2011). Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Tekniği ile Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(19), 109-127.
- Doğan, N.Ö., Gencan, S.** (2013). Seyahat Acentesi Yöneticilerinin Bakış Açısıyla En Uygun Otel Seçimi: Bir Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Uygulaması. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 41, 69-88.
- Ebrahimabadi, A.** (2014). Fuzzy AHP approach to select the proper roadheader in tabas coal mine project of Iran. Yerbilimleri, 35(3), 271-282.
- Eleren, A.** (2007). Markaların tüketici tercih kriterlerine göre analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi: beyaz eşya sektöründe bir uygulama. Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 14(2), 47-64.
- Eleren, A., Ersoy, M.** (2007). Mermer blok kesim yöntemlerinin bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi, Madencilik, 46(3), 9-22.
- Eleren, A., Karagül, M.** (2008). 1986-2006 Türkiye ekonomisinin performans değerlendirmesi, Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1), 1-14
- Emhan, A.** (2007). Karar verme süreci ve bu süreçte bilişim sistemlerinin kullanılması. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 6(21), 212-224.
- Ersöz, F., Kabak, M.** (2010). Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. Savunma Bilimleri Dergisi, 9(1), 97-125.
- Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N.** (2010). Electre ve bulanık AHP yöntemleri ile bir işletme için bilgisayar seçimi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(2), 23-41.
- Ertuğrul, İ., Özçil A.** (2014). Çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle klima seçimi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 267-282.
- Evren, R., Ülengin, F.** (1992). Yönetimde karar verme. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul, 1478.
- Genç, T.** (2013). PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 15(1), 121-141.
- Genç, T., Masca M.** (2013). TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle elde edilen üstünlük sıralamalarının bir uygulama üzerinden karşılaştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 15(2), 539-567.

- Görmez, Z.** (2014). Biyoinformatik uygulamalarında makine öğrenme yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çok kriterli yaklaşım. (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hsieh, T.Y., Lu, S.T., Tzeng, G.H.** (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings, *International Journal of Project Management*, 22, 573-584.
- Hwang, C.L., Yoon, K.** (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods And Applications*, Springer-Verlang, New York.
- İç, Y.T., Yurdakul, M.** (2008). Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan makine-ekipman seçim çalışmalarında bulanıklığın sonuçlara etkisinin incelenmesi. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 125-140.
- Karaca, Y.** (2011). Çok kriterli karar verme metotları ve analitik hiyerarşi süreci ile matematik eğitimi alanında bir uygulama. (Yüksek Lisans Tezi). Bozok Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yozgat.
- Kaya, T., Kahraman, C.** (2011). An Integrated Fuzzy AHP–ELECTRE Methodology For Environmental Impact Assessment. *Expert Systems with Applications*, 38, 8553-8562.
- Koçak, D.** (2014). Mobilya sektöründe en uygun tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme tekniğinin uygulaması. (Yüksek Lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kuruüzüm, A., Atsan, N.** (2001). Analitik hiyerarşi yönetimi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 83-105
- Okul, D.** (2012). Stokastik çok kriterli karar vermede yeni bir yöntem: SMAA-TOPSIS ve bir uygulama. (Doktora tezi). Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ömürbek, N., Aksoy, E.** (2016). Bir petrol şirketinin çok kriterli karar verme teknikleri ile performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 723-756.
- Ömürbek, N., Karaathı, M., Eren, H., Şanlı, B.** (2014). AHP temelli promethee sıralama yöntemi ile hafif ticari araç seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 47-64.
- Ömürbek, N., Makas, Y., Ömürbek, V.** (2015). AHP ve TOPSIS yöntemleri ile kurumsal proje yönetim yazılımı seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(21), 59-84.
- Özen, Ü., Orçanlı, K.** (2013). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS'in e-kitap okuyucu seçiminde uygulanması. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 282-310.
- Öztoprak, E.** (2014). Kiralama yoluyla araba temin eden bir işletmede AHP yöntemi uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 337-348.
- Pala, O.** (2013). Bulanık mantık ve çok kriterli karar verme uygulaması. (Yüksek Lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Perçin, S.** (2012). Bulanık AHS ve TOPSIS yaklaşımının makine-teçhizat seçimine uygulanması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 169-184.

- Pesen, E.** (2012). Analitik hiyerarşi proses ile ar-ge projesi seçimi: iş makineleri sektöründe bir uygulama. (Yüksek Lisans tezi). Çağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Pohekar, S.D., Ramachandran, M.** (2003) Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 365-381.
- Saaty, T.L., Wind, Y.** (1980). Marketing application of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 26(7), 641-658.
- Saaty, T.L.** (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841-855.
- Saaty, R.W.** (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176.
- Saaty, T.L.,** (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26
- Saaty, T.L.,** (1996). Decision making with dependence and feedback: The Analytic Network Process”, RWS Publications, Pittsburgh, A.B.D.
- Saaty, T.L.** (2000). Fundamentals of decision making and priority Theory with the analytical hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T.L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Subaşı, H.** (2011). Çok kriterli karar vermede kullanılan TOPSIS ve ahp yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir uygulama. (Yüksek Lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Supçiller, A.A., Çapraz, O.** (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması. *İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, (13), 1-22.
- Şengül, Ü., Eren, M., Eslamian Shiraz, S.** (2012). Bulanık AHP ile belediyelerin toplu taşıma araç seçimi.
- Tayyar, N., Arslan, P.** (2013). Hazır giyim sektöründe en iyi fason işletme seçimi için AHP ve VİKOR yöntemlerinin kullanılması. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 340-358.
- Triantaphyllou, E.** (2000). Multi-Criteria Decision Making Method: A Comparative Study. Vol. 44 of the Applied Optimization. Springer Science-Business Media, Dordrecht, 5-21.
- Tüysüz, G.** (2014). Çok kriterli karar verme teknikleri ile savaş uçağı seçimi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Urfaloğlu, F., Genç T.** (2013). Çok kriterli karar verme teknikleri ile Türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa Birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 35(2), 329-360
- Ustasüleyman, T.** (2009). Bankacılık sektöründe hizmet kalitesinin değerlendirilmesi. *Bankacılık Dergisi*, 69, 33-44

- Uygurtürk, H., Korkmaz, T.** (2012) Finansal performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 7(2), 95-115.
- Uygurtürk, H., Uygurtürk, H.** (2014). Bütünleşik AHS-VIKOR yöntemi ile otel seçimi. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(2), 103-117.
- Vaidya, O.S., Kumar, S.** (2006). Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications. European Journal of Operational Research, 169, 1-29.
- Wedley, W.C., Choo, E.U., Schoner, B.** (2001). Magnitude adjustment for AHP benefit/cost ratios. European Journal of Operational Research, 133, 342-351.
- Xu, Q., Zhang, Y-B., Zhang, J., Lv, X-G.** (2015). Improved TOPSIS Model and its application in the evaluation of NCAA basketball coaches. Modern Applied Science, 9(2), 259-268.
- Yavuz, S.** (2012). Öğretmenlerin otomobil tercihlerinde etkili olan faktörlerin analitik hiyerarşi yöntemiyle belirlenmesi. DPUJSS, 2(32), 29-46.
- Yetim, T.** (2014). Analitik hiyerarşi prosesine dayalı TOPSIS ve VİKOR yöntemleri ile adım üniversitelerinin değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Yurdakul, M., İç, Y.T.** (2003). Türk otomotiv firmalarının performans ölçümü ve analizine yönelik TOPSIS yöntemini kullanan bir örnek çalışma. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(1), 1-18.
- Zeleny, M.** (1982). Multiple Criteria Decision Making. MC-Graw-Hill, New York.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ece Yağmur Çakıl
Doğum Tarihi ve Yeri : 02/01/1991 Edirne
E-posta : e.yagmur.cakil@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lise** : 2009, İzmir Teğmen Ali Rıza Akıncı Anadolu Lisesi
- **Lisans** : 2013, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

ÇALIŞTIĞI KURUM:

- 2014-... Sun Express- Güneş Express Havacılık A.Ş.