

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR
VERME İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSİ SEÇİMİ

Derya DELİKTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2010

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR
VERME İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSİ SEÇİMİ

Derya DELİKTAŞ

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN

Aralık-2010

KABUL VE ONAY SAYFASI

Derya DELİKTAŞ'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı **Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme İle Endüstri Mühendisi Seçimi** başlıklı bu çalışma jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.../.../2010

Üye : Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN,

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şafak KIRIŞ

Üye : Yrd.Doç. Dr. Özden ÜSTÜN (Danışman)

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Atalay KÜÇÜKBURSA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSİ SEÇİMİ

Derya DELİKTAŞ

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2010

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN

ÖZET

Personel seçimi, belirli bir iş için bir aday kümesinden en iyi adayların seçilmesi sürecidir. Çalışmanın amacı işletmelerde insan kaynakları departmanlarının sıklıkla karşılaştığı personel seçim probleminin çözümü için grup karar vermeyi destekleyecek, değerlendirmede sözel ifadelerin kullanılmasına izin verecek, yönetim hiyerarşisindeki karar vericilerin önceliklerini göz önüne alacak çok ölçütlü bir karar verme süreci tanımlamaktır.

Bu çalışma, bir otomotiv firmasında Endüstri Mühendisi seçimi için gerçekleştirildi ve on aday değerlendirildi. Ölçütlerin öznel değerlendirilmesi ve hiyerarşik yapısı nedeniyle, çok ölçütlü bulanık karar verme problemi olarak modellenmeye uygun görülmüş ve bu çalışmada, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) esaslı bir model önerilmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci karar vericiler arasındaki değerlendirme ölçütleri için ağırlıkları belirlemede kullanıldı. Seçim sürecindeki alternatiflerin belirsizliği ve özneliği, dilsel terimlerdeki bulanık sayılar kullanarak değerlendirildi. Bulanık sayı olarak da literatürde daha çok yer alan üçgensel bulanık sayılar ele alındı. Matrislerin tutarlılıkları tutarlılık endeksi dikkate alınarak kontrol edilmiştir. Genel performans değeri, Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV) kullanılarak her bir alternatif için elde edildi. Adayların genel performans değerlerinin duyarlılıkları hem karar vericilerin ağırlıklarına hem de ana ölçütlerin ağırlıklarına göre analiz edilmiştir. Ayrıca adaylar Bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP), Bulanık mantık, Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV), Bulanık TOPSIS, Grup karar verme, Personel seçimi.

FUZZY MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING APPROACH FOR INDUSTRIAL ENGINEER SELECTION IN AUTO COMPONENTS INDUSTRY

Derya DELİKTAŞ

Industrial Engineering, M.S. Thesis, 2010

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Özden ÜSTÜN

SUMMARY

Personnel selection is the process of choosing individuals who match the necessary qualifications to perform a defined job in the best way. This study purposes a multiple criteria decision making process that supports group decision making for solving personnel selection problem, that allows using verbal statements in evaluation, that thinks decision makers' priority at the management hierarchy.

This study, it is applied a Auto Components Industry for selecting Industrial Engineer and it is determined five candidates. Considering the criteria which can be evaluated subjectively and the hierarchical structure of those criteria, the Industrial Engineer selection problem seemed appropriate to be modelled as a fuzzy attribute decision making problem and a Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) based model is used. The Fuzzy Analytic Hierarchy Process method is used to determine the weightings for evaluation criteria among decision makers. The subjectivity and vagueness in the alternatives selection process is dealt with by using fuzzy numbers for linguistic terms. Triangular fuzzy numbers are dealt with that includes in literature. Consistency of matrixes are controlled by considering Consistency Index (CI). A crisp overall performance value is obtained for each alternative based on the concept of Fuzzy Multiple Criteria Decision Making (FMCDM). Sensitivity of candidates' overall performance value to both decision makers' weights and weights of basis criteria is analyzed. Also, candidates are evaluated by Fuzzy TOPSIS method and the result obtained by FAHP is compared with results produced by Fuzzy TOPSIS.

Keywords: Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Fuzzy logic, Fuzzy Multiple Criteria Decision Making (FMCDM), Fuzzy TOPSIS, Group decision making, Personnel selection.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam süresince anlayışı, rehberliği, yorumları ve önerileri için danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Özden ÜSTÜN'e teőekkürlerimi sunarım. Tez çalıőmamın amacına ulaşması için, çalıőmalarımı değerlendiren, tavsiye ve yorumları ile katkıda bulunan Prof. Dr. Kaan ERARSLAN'a teőekkürlerimi sunarım. Tezime sağladıkları katkılarından dolayı Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN ve Yrd. Doç. Dr. Şafak KIRIŞ'a teőekkürlerimi sunarım. Bana sağladıkları sınırsız destek ve bana duydukları sarsılmaz inançlarından dolayı aileme őükran borçluyum.

Derya DELİKTAŞ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	3
2.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Personel Seçiminin Literatürdeki Yeri.....	3
3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER	6
3.1. Bulanık Mantık	6
3.2. Bulanık Kümeler.....	8
3.2.1. Bulanık kümelerle ilgili tanımlar	9
3.2.2. Bulanık Küme İşlemleri	13
3.2.2.1. Bulanık kümelerde basit küme işlemleri	13
3.2.2.2. Bulanık kümelerde cebirsel işlemler	14
3.2.3. Genişleme ilkesi (Extension principle)	15
3.3. Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri	16
3.3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu	17
3.3.2. G-üyelik fonksiyonu.....	18
3.3.3. S-üyelik fonksiyonu	18
3.3.4. Yamuk üyelik fonksiyonu	19
3.3.5. Gaussian üyelik fonksiyonu	20
3.4. Bulanık Sayıları Sıralama	20
3.5. Dilsel Değişkenler.....	21
3.6. Durulaştırma	22
4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ	25
4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP).....	25
4.1.1. Yöntemin tanımı.....	25
4.1.2. Yöntemin temel aksiyomları	26

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devamı)

Sayfa

4.1.3. AHP'nin adımları	27
4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci.....	31
4.2.1. Literatür taraması	31
4.2.1.1. Van Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımı (1983).....	32
4.2.1.2. Buckley'in bulanık AHP yaklaşımı(1985)	34
4.2.1.3. Chang'in(1992) derece analiz yöntemi.....	36
4.2.1.4. Cheng'in (1996) entropi-tabanlı bulanık AHP yöntemi	39
4.2.2. Tutarlılık endeksinin ve tutarlılık oranının hesaplanması	41
4.3. Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme	43
4.4. Bulanık TOPSIS.....	45
5. PERSONEL SEÇİM SÜRECİ	50
5.1. Başlangıç görüşmesi	51
5.2. Başvuru formunu doldurma	51
5.3. Psikolojik testler.....	51
5.4. İş görüşmesi (Mülakat)	52
5.5. Geçmişin araştırılması (Referansların denetimi)	52
5.6. Ön seçim: İlk amirin onayının alınması	53
5.7. Bedensel (tıbbi) muayene	53
5.8. Son seçim: İşe alma kararları	53
5.9. İşe yerleştirme	53
6. BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSİ SEÇİMİ AŞAMALARI VE UYGULAMASI.....	54
6.1. Problemin Tanımı	54
6.2. Önerilen Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Süreci Uygulaması	55
6.2.1. Ön görüşme	55
6.2.2. Özgeçmiş değerlendirme.....	55
6.2.2.1. Özgeçmiş değerlendirmesinde kullanılan ölçütler ve hiyerarşinin tanımlanması	56
6.2.2.2. İkili karşılaştırma matrisleri ve ağırlıkları	56
6.2.2.3. Performans matrisini tahmin etme	61
6.2.2.4. Alternatifleri sıralama.....	62
6.2.3. Endüstri Mühendisi seçimi.....	64
6.2.3.1. Modelde kullanılan ölçütler ve hiyerarşinin tanımlanması	64
6.2.3.2. İkili karşılaştırma matrisleri ve ağırlıkları	64
6.2.3.3. Performans matrisini tahmin etme	71
6.2.3.4. Alternatifleri sıralama.....	71

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devamı)

6.2.4. Duyarlılık analizi.....	73
6.2.5. Bulanık TOPSIS yöntemi ile sonuçların karşılaştırılması.....	78
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	91
EK AÇIKLAMALAR.....	95
Ek Açıklamalar-A	95
Ek Açıklamalar-B.....	103
Ek Açıklamalar-C.....	105
Ek Açıklamalar-D	108
Ek Açıklamalar-E.....	114
Ek Açıklamalar-F	115
Ek Açıklamalar-G	117
Ek Açıklamalar-H	119
Ek Açıklamalar-I.....	122
Ek Açıklamalar-J.....	124
Ek Açıklamalar-K	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Klasik (belirgin) ve bulanık küme.....	9
3.2 Bulanık kümenin desteği.....	10
3.3 Bulanık kümenin özü	10
3.4 Bulanık kümede $\alpha - kesimi$	11
3.5 Bulanık kümede yükseklik.....	11
3.6 (a) Dışbükey bulanık küme (b) Dışbükey olmayan bulanık küme.....	13
3.7 (a) Bulanık sayının birleşimi (b) Bulanık sayının kesişimi (c) Bulanık sayının tümleyeni ..	14
3.8 Üçgen üyelik fonksiyonu($a = 0.0, m = 2.5$ ve $b = 5.0$)	17
3.9 S-üyelik fonksiyonu ($a = -1$ ve $b = 3$).....	18
3.10 Yamuk üyelik fonksiyonu($a = -2.5, m = 0.0, n = 2.5$ ve $b = 5.0$).....	19
3.11 Gaussian üyelik fonksiyonu ($k = 2, m = 2$).....	20
3.12 $v(N \leq M)$ 'yi belirleme.....	21
3.13 Tipik bulanık süreç çıktısı: (a) Bulanık çıktının ilk parçası; (b) Bulanık çıktının ikinci parçası; (c) İki parçanın birleştirilmesi.....	22
3.14 (a) Maksimum üyelik durulaştırma yöntemi (b) Kütle merkezi(sentroid) yöntemi (c) Ağırlıklı ortalama yöntemi (d) Ortalama maksimum yöntemi (e) En büyük alanın merkezi yöntemi.....	24
4.1 AHP karar hiyerarşisi.....	25
4.2 AHP'nin akış şeması.....	27
4.3 Analitik hiyerarşi sürecinin karar şemasının standart formu: k düzeyli hiyerarşi.....	28
4.4 M_1 ve M_2 arasındaki kesişim	40
4.5 Alternatiflerin performans değerinin ölçmek için dilsel değerlerin üyelik fonksiyonunun örneği	44
5.1 Personel seçim süreci aşamaları.....	52
6.1 Özgeçmiş değerlendirmede kullanılacak ölçütler	56
6.2 Endüstri Mühendisi seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı.....	65
6.3 Karar vericilerin ağırlıklarına göre adayların sıralanması.....	75
6.4 (a) Tek ölçüte göre duyarlılık analizi (b) İkili ölçüte göre duyarlılık analizi.....	76
6.5 (a) Üçlü ölçüte göre duyarlılık analizi (b) Dörtlü ölçüte göre duyarlılık analizi.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Bulanık teknolojinin kısa tarihi.....	7
3.2 Literatürde bulanık AHP yaklaşımı	17
4.1 AHP’de kullanılan 1-9 temel ölçeği.....	29
4.2 İkili karşılaştırma matrisinde varlıkların yorumu.....	36
4.3 Farklı boyutlardaki matrislerin (<i>RI</i>) tutarlılık endeksi	42
4.4 Ölçütlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ile üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları	45
4.5 Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ile üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları	46
4.6 Kabul koşulları.....	48
6.1 Dilsel ölçeğin üyelik fonksiyonu	57
6.2 Dilsel değişkenlerin beş düzeyine göre karar vericilerin subjektif sonuçları.....	61
6.3 Her bir alternatif için ölçütlerin ortalama bulanık performans değeri.....	62
6.4 Adayların karar vericilere göre ve genel performans değeri.....	63
6.5 Boyut ve ölçütlerin ağırlıkları	70
6.6 Her bir karar verici için boyut ve ölçütlerin ağırlıkları	70
6.7 Dilsel değişkenlerin beş düzeyine göre karar vericilerin subjektif sonuçları.....	71
6.8 Her bir alternatif için ölçütlerin ortalama bulanık performans değeri.....	72
6.9 Ölçüt ağırlıklarının sıralanması ve performans değeri	72
6.10 Genel ölçütlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi	79
6.11 Adayların ölçütlere göre karar vericilerin değerlendirme sonuçları	79
6.12 Genel ölçütlerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi	80
6.13 Her bir ölçüt için karar verici tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi.....	80
6.14 Alternatiflerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi.....	81
6.15 Ölçütlerin önem ağırlıkları.....	82
6.16 Bulanık karar matrisi.....	83
6.17 Normalize bulanık karar matrisi.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

6.18 Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi.....	84
6.19 Her ölçüte göre $A_i = (1,2,3,4,5)$ ve A^* arasındaki uzaklık	86
6.20 Her ölçüte göre $A_i = (1,2,3,4,5)$ ve A^- arasındaki uzaklık.....	87
6.21 d_i^* , d_i^- ve CC_i 'nin hesaplanması	88
F.1 Karar verici#1'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri	115
F.2 Karar verici#2'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri	116
G.1 Çalışma faktörleri alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri	117
G.2 Çalışmayı tamamlayıcı faktörleri alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri.....	117
G.3 Endüstri mühendisliği formasyonu alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri	117
G.4 Kişisel özellikler alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri	117
G.5 Kişilerarası özellikler alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri	118
H.1 Karar verici-#1'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değeri	119
H.2 Karar verici#2'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri	120
H.3 Karar verici#3'ün bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değeri	121
I.1 Karar verici#1 için boyut ve ölçüt ağırlıkları.....	122
I.2 Karar verici#2 için boyut ve ölçüt ağırlıkları.....	123
I.3 Karar verici#3 için boyut ve ölçüt ağırlıkları.....	123
J.1 Çalışma faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.....	124
J.2 Çalışmayı tamamlayıcı faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.....	124
J.3 Endüstri mühendisliği formasyonunun karar vericiler tarafından değerlendirilmesi	124
J.4 Kişisel özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi	125
J.5 Kişilerarası özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi	125
K.1 Çalışma faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi	126
K.2 Çalışmayı tamamlayıcı faktörlerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi	126
K.3 Endüstri Mühendisliği formasyonunun karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi.....	126
K.4 Kişisel özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi	127
K.5 Kişilerarası özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi	127

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
X	Evrensel küme.
A	Alt küme.
$\mu_A(x)$	Üyelik fonksiyonu.
x	Tanımlı küme elemanı.
$S(A)$	Bulanık kümenin desteği.
$A_{\alpha+}$	Güçlü $\alpha - kesim$.
$ A $	A kümesinin kardinalitesi.
$\ A\ $	Göreceli kardinalite.
A_α	Düzye kümesi.
η	$(0,1]$ 'de sabit kesir.
$T(x)$	Dilsel değişkenin listesi.
C_1	Yamuksal şekil.
C_2	Üçgensel şekil.
z^*	Durulaştırılmış değer.
\int	Cebirsel entegrasyonu.
Σ	Cebirsel toplamı.
\bar{z}	Simetrik üyelik fonksiyonunun merkezi.
C_m	En büyük alana sahip dışbükey bölge.
$hgt(C_k)$	Birleşimin en büyük yüksekliği.
a_{ij}	Önem değeri.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
W	Gerçek göreceli ağırlıkların vektörü.
n	Öge sayısı.
\hat{W}	W 'nin tahmini değeri.
\hat{A}	İkili karşılaştırmadan elde edilen matris.
λ_{max}	\hat{A} 'nın en büyük özdeğeri.
n_i	Düzey i 'deki öğelerin sayısı.
$a_{ijp_{ij}}$	Bulanık oran.
r_{ij}	Performans skoru.
w_i	Bulanık ağırlık.
U_i	Bulanık fayda.
M_{gi}^j	Bulanık üçgen sayı.
S_i	Bulanık sentetik derecenin değeri.
H	Shannon entropisi
λ	İyimserlik endeksi.
H_i	i . entropi değeri.
\tilde{E}_{ij}^k	j ölçütünün i alternatifine karşı k değerlendiricinin bulanık performans değeri.
LE_{ij}^k	j ölçütünün i alternatifine karşı k değerlendiricinin alt bulanık performans değeri.
ME_{ij}^k	j ölçütünün i alternatifine karşı k değerlendiricinin orta bulanık performans değeri
UE_{ij}^k	j ölçütünün i alternatifine karşı k değerlendiricinin üst bulanık performans değeri.
\otimes	Bulanık çarpım.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
\oplus	Bulanık toplam.
\tilde{R}	Bulanık sentetik karar matrisi.
LR_i	i alternatifinin alt sentetik performans değeri.
MR_i	i alternatifinin orta sentetik performans değeri.
UR_i	i alternatifinin üst sentetik performans değeri.
d_i^*	Her bir alternatifin BPİÇ'ten uzaklığı.
d_i^-	Her bir alternatifin BNİÇ'ten uzaklığı.
CC_i	Yakınlık katsayısı.
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
BÇÖKV	Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
RI	Rastgele Matris
BNP	En İyi Bulanık Olmayan Performans değeri(Best Nonfuzzy Performance)
MOM	Ortalama maksimum(mean of maximal)
COA	Alanın merkezi(center of area)
TOPSIS	İdeal çözüm için benzerlikle tercihleri sıralama tekniği
BPİÇ	Bulanık Pozitif İdeal Çözüm

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)**Kısaltmalar****Açıklama**

BNİÇ

Bulanık Negatif İdeal Çözüm

1. GİRİŞ

Günümüzde özel sektör firmalarında personelin niteliklerinin nihai ürüne etkisi oldukça önem arz etmektedir. Nihai ürünün, verimli bir şekilde elde edilebilmesi için personel seçimine daha çok özen gösterilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın, insan kaynakları birimlerine yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

İnsan kaynakları yönetimi, kendi bünyesi için gerekli olan nitelikli işgücünün işletmeye alınmasından, performans değerlendirmesine, ücret yönetiminden iş gücünün eğitime kadar pek çok fonksiyonu gerçekleştirmektedir. Burada, en nitelikli işgücünün işletmeye kazandırılması noktasındaki faaliyet ise personel seçimidir. Bu seçim süreci sonucunda ise alınan bireylerin performansı işletmeler için önemlidir ve yapılan yatırımın karşılığının alınması ancak nitelikli işgücünün işletmeye kazandırılması ile olmaktadır. Bu nedenle personel seçim sürecinin profesyonel ve sistematik bir şekilde, minimum maliyet, maksimum hız, etkinlik ve doğrulukta yapılması gerekmektedir [1].

Bu çalışmada, insan kaynakları özelinde üniversite-sanayi işbirliğinin sağlanması hedeflenmiştir. Bilgi birikimini üretime dönüştürmenin en önemli araçlarından biri üniversite-sanayi işbirliğidir. Üniversitelerde elde edilen temel ve teorik bilgilerin uygulamaya dönüştürülmesinin güzel bir aracı olarak üniversite-sanayi işbirliği çeşitli ülkelerde kullanılmaktadır. Bu işbirliği yoluyla sanayinin ihtiyacı olan teknolojik bilgi, üniversitelerden ihtiyacı olan firmalara aktarılmaktadır. Kıt kaynakların rasyonel kullanılması açısından bu kuruluşların işbirliğine ihtiyaçları vardır. Artan rekabet ve bu rekabetin sonucu olan işletmelerin kıt kaynakları verimli olarak kullanma ihtiyacı, Endüstri Mühendislerine olan talebi arttırmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, işletmelerde insan kaynakları departmanlarının sıklıkla karşılaştığı Endüstri Mühendisi seçimi için grup karar vermeyi destekleyecek, değerlendirmede sözel ifadelerin kullanılmasına izin verecek, yönetim hiyerarşisindeki karar vericilerin önceliklerini göz önüne alacak çok ölçütlü bir karar verme süreci tanımlamaktır.

Günümüz koşullarında iş gücünün niteliklerinin değerlendirilmesi bulanıklık arz etmektedir. Çünkü insanın kişisel özellikleri ve sayısal ifade edilemeyen vasıfları, değerlendirme aşamasında kişiden kişiye göre değişmektedir. Bu göreceli durum karşısında değerlendirme yapmak için Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Personel seçim süreci de aslında çok ölçütlü bir karar verme sürecidir. Gerçek dünyada, taktik ve stratejik düzeylerde Çok Ölçütlü Karar Verme problemleri (ÇÖKV), karar vericilerin

kararlarında ve ölçütlerinde (özelliklerde) belirsizlikler içerir. Karar problemlerinin bu şekline Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV) denir [2].

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Personel Seçiminin Literatürdeki Yeri

Literatürde, bulanık AHP ile personel seçimi üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Literatürdeki çalışmalarda hem analitik modeller hem de deneysel çalışmalara yer verilmiştir.

Liang ve Wang (1992), Zadeh tarafından öne sürülen bulanık küme teorisini ve personel yerleştirme problemini çözmek için ağırlıklandırılmış tam iki kümeli grafiği (the weighted complete bipartite graph) kullanmışlardır [3].

Liang and Wang (1994), çalışanları seçmek için hem subjektif hem de objektif değerlendirmeleri kullanan bulanık çok ölçütlü karar verme algoritması geliştirmişlerdir [4].

Karsak (2000), personel seçiminde bulanık çok amaçlı programlama yaklaşımını kullanmıştır. Önerilen yöntemle, yetenek test skoru gibi nicel faktörler ve sözel iletişim yeteneği, kişilik, liderlikteki üstünlük gibi subjektif faktörler hakkındaki karar vericinin dilsel değerlendirmeleri birleştirilmiştir [5].

Capalda ve Zollo (2001), araştırma sektöründeki büyük İtalyan firmasını işleten personelin değerlendirilmesinin etkililiğini geliştirmeye çalışmışlardır. İlk adım karar vericinin davranışının analizini içermektedir. İkinci adım bulanık mantığı kullanan sıralama yöntemini geliştirmeyi içermektedir [6].

Toroslu (2003), iki kümeli grafiğin bölmeleri üzerine bazı sıralama kısıtlarıyla personel atama probleminin değişikliklerini önermiştir [7].

Bali ve Gencer (2005), bir karar problemi olarak Kara Harp Okulu (KHO)'na öğretim elemanı seçimini ele almışlar ve mülakat aşamasında karar vericiler, adayları, subjektif ve objektif ölçütlere göre değerlendirmişlerdir. Kara Harp Okulu'na öğretim elemanı seçiminde mevcut durumu yanında, Analitik Hiyerarşi Süreç (AHP), Bulanık AHP ve Bulanık Mantık Algoritması uygulamışlardır. Bulanık AHP ve bulanık mantığı uygularken, karar vericilerden dilsel ifadelerini kullanarak karşılaştırma yapmalarını istemişlerdir. Çalışmanın sonunda, KHO'na öğretim elemanı seçiminde uygulanan yaklaşımları karşılaştırmışlardır [8].

Dağdeviren (2007), çalışmasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile personel seçimi probleminin çözümüne yönelik bir algoritma önermiştir. Önerilen algoritma ile bir işletmede terfi edecek personel ve aday personeller için öncelik değerleri belirlemiştir. Aday personellerin faktörler temelinde değerlendirilmesinde dilsel değişkenleri kullanmış ve bulanık

ağırlıkları durulaştırmada α -kesme ve iyimserlik indeksi temelinde geliştirilen bir durulaştırma işlemi ile yapmıştır [9].

Göleç ve Kahya (2007), doğru bir çalışanı değerlendirmek ve seçmek için kapsamlı bir hiyerarşik yapı oluşturmuşlardır. Yapı, karar sürecini kolaylaştırmak için uygun değerlendirme standardını oluşturmak, göstergeleri ölçmek ve uygun faktörleri tanımlamak, bir organizasyonun stratejilerini ve şirket hedeflerini uygulamak için çalışan seçiminin hedeflerini sistematik olarak inşa edilmiştir. Belirli bir işle bir çalışanın karşılaştırmasını yetkinlik-tabanlı bulanık model kullanarak uygulamışlardır [10].

Özdağoğlu (2008), ayakkabı makineleri üreten bir firma için imalatta çalışacak işçilerin seçiminde hangi ölçütlerin gözetildiğini ve bu ölçütlerin hangi ağırlıklarla kararda etkili olduğunu bulanık AHP yöntemi ile analiz etmiş, firma yetkilerine sistematik bir çözüm ve karar desteği sağlamıştır. Çalışmada, Chang'ın (1992) derece analiz yöntemini tercih etmiş ve üçgen bulanık sayıları kullanmıştır [11].

Aydın (2008), Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) için Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) ile atama sistemini değerlendirmiştir. Optimum Garnizon seçme işi, Garnizonlara atanan TOK personeli için önemli bir problemdir. Ölçütlerin belirlenmesi için anket hazırlamış ve subay ve çavuşlara uygulamıştır. Ölçüt ağırları, rastgele seçilen dört uzman tarafından belirlenmiş, dilsel ağırlıkları kullanmıştır. Ölçütler, faktör analizi ile belirlenmiş ve çalışmada yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır [12].

Güngör ve diğ. (2009), hem nitel hem de nicel ölçütleri sıralamayla ilgili en yeterli personeli değerlendirmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemini kullanmışlardır. BAHP'den elde edilen sonucu, Yager'ın ağırlıklı amaç yöntemi tarafından üretilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Bu yöntemlere ek olarak, bulanık koşullar altında, yöneticiye daha iyi karar vermeye yardım etmede ve daha fazla bilgi sağlamada pratik bilgisayar-tabanlı karar destek sistemi önermişlerdir [13].

Huang ve diğ. (2009), seçilen çalışanlar arasındaki farklar ve pozisyonlar arasındaki karşılıklı dayanışmanın eşzamanlı olarak düşünüldüğü bir geri besleme mekanizması ile sistematik bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşımla çapraz-fonksiyonel takımı organize etmek için aday ve pozisyonların en iyi eşleştirmesini elde etmişlerdir. Bulanık ortam ve önerilen yaklaşımla, iki-amaçlı 0-1 tamsayılı programlama modelini (BOBIP) formüle etmişlerdir. Ayrıca, BOBIP modelini bulanık iki-amaçlı hedef programlama (FBOGP) modeline

dönüştürmüşlerdir. LINDO 8.0 kullanılarak çözülen FBOGP modelindeki birçok önemli parametrenin uygun değerini belirlemek için sezgisel algoritma geliştirmişlerdir [14].

Çelik ve diğ. (2009), Denizci Eğitimi ve Öğretimi (MET)'deki akademik personel seçimi ve gelişme sürecini yönetmek için birçok ölçüt atında bulanık bütünleşik çok-aşamalı değerlendirme modelini (FIMEM) önermişlerdir. Önerilen metodoloji, çoklu ölçüt altında Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve ideal çözüm için benzerlikle tercihleri sıralamada bulanık tekniği (Bulanık TOPSIS) içerir. Ayrıca, FIMEM'in güç, zayıflık, fırsat ve tehdit (SWOT) genişletilmesi ile, MET enstitüsünde atanan akademik personelin gelecekteki değerlendirmesi için ihtiyaç duyulan geribildirim temin edilmesi hedeflenilmiştir. Bulanık AHP'de Buckley'in algoritmasını ve üçgen bulanık sayıyı kullanmışlardır [15].

Dursun ve Karsak (2010), çalışmalarında bulanık küme teorisini kullanmışlardır. 2-öğeli dilsel temsili modeli kullanan bulanık çok-ölçütlü karar verme (FMCDM) algoritmasını ve ideal çözüm için benzerlikle tercihleri sıralama tekniğini (TOPSIS) kullanmışlardır [16].

Şen ve Çınar (2010), Türkiye'nin elektronik endüstri firmasında gerçek bir uygulamasında bulanık AHP yöntemi, max-min yaklaşımı ve parametrik olmayan istatistiksel testi bütünleştirmişlerdir. Çalışmalarında, Chang'ın derece analiz yöntemi tercih etmişler ve üçgen bulanık sayıları kullanmışlardır [17].

Bu çalışmada, Endüstri Mühendisi seçimi için yeni bir süreç oluşturuldu. Bu süreç sanayi ve üniversite arasında Endüstri Mühendisi seçimini kolaylaştıracak bir yapıyı oluşturmaktadır. Önerilen süreç, ön değerlendirme, Endüstri Mühendisi seçimi, duyarlılık analizi ve bulanık TOPSIS ile sonuçların karşılaştırılması aşamalarını içermektedir. Öğrenim süresi içerisinde adaylar hakkında Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinin elde ettiği bilgi birikimi ön değerlendirme aşamasında sürece dahil edilmiştir. Böylece bölümün bütün öğrencileri bu yolla değerlendirilebilir. Endüstri Mühendisi seçim aşamasında, literatür taraması sonucunda elde edilen ölçütler yönetime sunuldu. Yönetimin adaylarda aradığı diğer ölçütler belirlendi. Literatürde belirlenen ölçütler ile yönetimin adaylarda aradığı ölçütler bir hiyerarşi diyagramında gösterildi. Literatürde yer alan ölçütler Ek Açıklamalar-A'da gösterilmektedir. Karar vericilerin ölçütler için yaptığı ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı test edilmiştir. Karar vericilerin önem ağırlıklarına ve ölçütlerin ağırlıklarına göre duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar bulanık TOPSIS ile karşılaştırılmıştır.

3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER

3.1. Bulanık Mantık

Gerçek hayatın karmaşıklığından ve algılama kapasitemizin sınırlı olması nedeniyle kesin olarak kavrayamadığımız çok sayıda çeşitli nesnelere vardır, bunlar sadece subjektif görüşlerle değerlendirilebilir. Nesneyi nitelendiren genel özellik bulanık (fuzzy) özellik olarak ele alınır [18].

Bulanık mantık kavramı, ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından "Information and Control" dergisinde yayınlanan "Bulanık Kümeler" adlı makale ile ortaya atılmıştır. Bu makalede bulanık kümelerin tanımı, temel işlemleri, kavramları ve özellikleri verilmiştir. Zadeh (1965), gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelenmeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceğini ifade etmiştir. Çünkü bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de içerdiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez [19].

Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantık olarak adlandırılır. Bulanık mantık bilinen klasik mantık gibi (0,1) olmak üzere iki seviyeli değil, [0,1] aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir [20].

Bulanık mantık hakkında birçok yanlış anlama var. Evvela, bulanık mantık bulanık değildir. Aslında, bulanık mantık belirsiz ve yaklaşık düşünmenin tam bir mantığıdır. Özellikle, bulanık mantık iki önemli insan yeteneğinin formülasyonda/mekanizasyonda bir teşebbüsü olarak düşünülür. İlki, kısmi olasılık ve kısmi gerçek, çelişkili bilgi, belirsiz, eksik bilgi çevresinde karar verme, sonuç çıkarma ve konuşabilme kabiliyetidir. İkincisi, herhangi bir ölçüm ve herhangi bir hesap olmaksızın fiziksel ve zihinsel görevlerin geniş bir çeşidini uygulayabilme kabiliyetidir [21].

Zadeh'in 1965 yılında buluşundan sonraki bulanık mantığın modern tarihi Çizelge 3.1'de tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.1. Bulanık teknolojinin kısa tarihi [22]

Bulanık Teknolojinin Kısa Tarihi	
1965	Lotfi Zadeh'in bulanık küme teorisi kavramı(ABD)
1972	Japonya'da Toshiro Terano'nun bulanık sistemler üzerine ilk çalışma grubu oluşturması
1973	Zadeh'in bulanık algoritmalar hakkındaki makalesi(ABD)
1974	Ebrahim Mamdani'nin buhar makinesi kontrolü(Birleşik Krallık)
1977	Hans Zimmermann'nın kredi talep değerlendirmede ilk bulanık uzman sistemlerini oluşturması (Almanya)
1980	F. – L. Smidth & Co. – Lauritz P. Holmblad'in çimento fırın kontrolü(Danimarka)- İlk kalıcı endüstriyel uygulaması Bulanık mantık satranç ve tavla programı- Hans Berliner(ABD)
1984	Su arıtım (kimyasal enjeksiyon) kontrolü (Japonya) Metro Sendai Ulaşım sistem kontrolü (Japonya)
1985	Masaki Togai and Hiroyuke Watanabe tarafından ilk bulanık çip geliştirildi (ABD)
1986	Omron'da hastalık teşhisi koymak için bulanık uzman sistemi (Japonya)
1987	Konteyner kol kontrolü Tünel kazma Lehimleme robotu Otomatik uçak peron aracı inşaatı Tokyo'da ikinci IFSA Konferansı Togai InfraLogic Inc. – Irvine'de ilk bulanık şirket (ABD)
1988	Yokogawa'da fırın kontrolü İlk özverili bulanık kontrolör satışı– Omron (Japan)
1989	Japonya'da Uluslar arası Bulanık Mühendislik Araştırması (LIFE) için laboratuvar oluşturma
1990	Sony tarafından bulanık TV kümesi (Japonya) Fujitsu tarafından bulanık elektronik göz (Japonya) Takeshi Yamakawa tarafından Bulanık Mantık Sistemleri Enstitüsü(FLSI) (Japonya) Siemens'de Zeki Sistemler Kontrol Laboratuvarı (Almanya)
1991	Bulanık AI Promosyon Merkezi (Japonya) Motorola'da eğitici takım

3.2. Bulanık Kümeler

Tanım 1: (Klasik küme)

Evrensel kümede nesnelere ya “0” ya da “1” üyelik derecesi atanan kümeye klasik, ya da belirgin küme, denir. Nesnelere belirli bir sınıfa ya aittir ya da değildir; nesnelere belirli bir özelliğe ya sahiptir ya da değildir; orta bir alan yoktur [23].

X : Evrensel küme

A : Alt küme

$x(A)$: $X \rightarrow \{0,1\}$

$x(A)$, karakteristik fonksiyondur.

Tanım 2: (Bulanık küme)

Bulanık küme, belirgin bir kümenin uzantısıdır. Belirgin kümeler ya tam üyeliğe izin verirler ya da üyeliğe hiç izin vermezler. Fakat bulanık kümeler kısmi üyeliğe izin verirler. Başka bir ifadeyle, bir eleman bir kümeye kısmi olarak ait olabilir. Belirgin bir kümede, A kümesine x elemanının üye olup olmaması $\mu_A(x)$ karakteristik fonksiyonu ile şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x \in A \text{ ise,} \\ 0 & \text{eğer } x \notin A \text{ ise.} \end{cases} \quad (3.1)$$

Bulanık küme teorisi bu düşüncüyü genişletir ve 0'dan 1'e kadar değer alan kısmi üyelikle tanımlar:

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

X , belirli bir problemde tanımlanan evrensel kümedir [24].

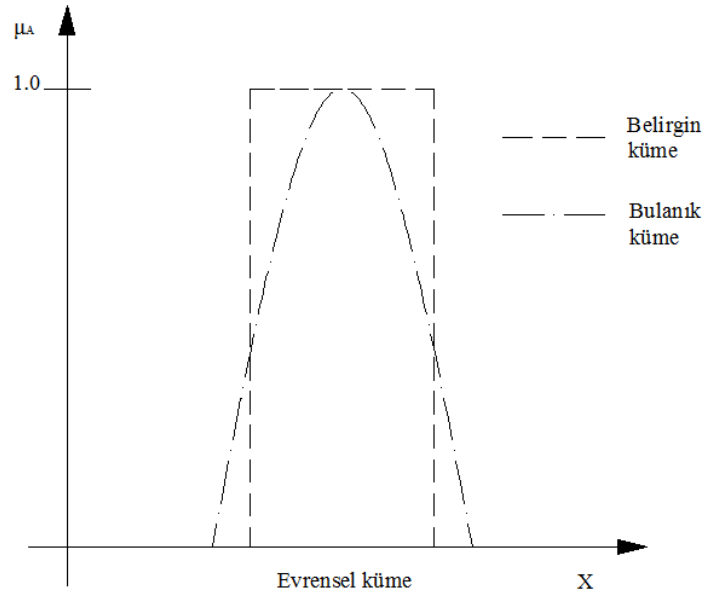
Bu nedenle, x_0, x_1, \dots, x_n üyeleri A kümesine aittir. A kümesinin her elemanı, x_i , ortak bir değer $\mu_A(x_i)$ 'ye sahiptir. $\mu_A(x_i)$, x_i 'nin A kümesine ait olma derecesini gösterir. Bu fonksiyon, üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır ve $\mu_A(x)$ ile gösterilir. $\mu_A(x)$, 0 ile 1 arasında bir değer alır. Burada $\mu_A(x) = 0$ olması x elemanının A kümesinin bir elemanı olmadığını, $\mu_A(x) = 1$ olması x elemanının A kümesinin bir elemanı olduğunu gösterir. Bu aralıktaki $\mu(x)$ 'in değerleri, bulanık kümeleri tanımlayan kişi tarafından sağlanmalıdır. Bu yüzden, bulanık küme teorisinde, $[x, \mu(x)]$ sıralı ikili olarak tanımlanır. Burada x , tanımlı küme elemanıdır; $\mu(x)$, x elemanı için ortak üyelik değeridir.

Spesifik bir problemde tanımlanan X evrensel kümesi için, eğer evrensel küme sayılabilir ve sınırlı ise bu evrendeki bulanık A kümesi, A kümesindeki her bir üyeliği ve üyelik derecesini sayarak tanımlayabilir [24]:

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \quad (3.2)$$

Benzer şekilde, eğer x sürekliyse, o zaman bulanık küme A eşitlik 3.3'teki gibi tanımlanabilir[24]:

$$A = \int_x \mu_A(x_i) \quad (3.3)$$



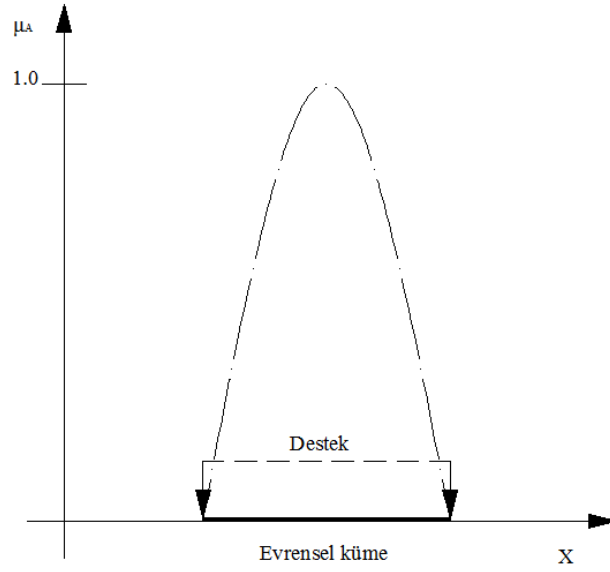
Şekil 3.1. Klasik (belirgin) ve bulanık küme

3.2.1. Bulanık kümelerle ilgili tanımlar

Tanım 3: (Destek, öz, α -kesim, yükseklik)

Bulanık bir A kümesinin desteği, bütün elemanlarının üyelik derecesinin sıfır olmadığı X 'in belirgin bir alt kümesidir. Destek, bulanık kümenin sınırlarını içerir. Sınırlar, tam üyeliğe ait olan elemanlar dışında destek bölgesi ile aynı elemanlara sahiptir [23].

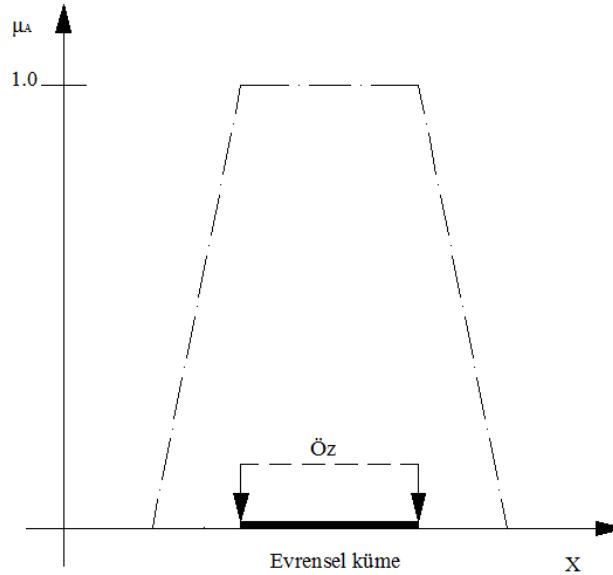
$$S(A) = \{x \in X | \mu_A(x) > 0\} \quad (3.4)$$



Şekil 3.2. Bulanık kümenin desteği

Bulanık kümenin özü, maksimum üyelik derecesine sahip olan elemanların olduğu alandır [23].

$$\text{öz}(A) = \{x \in X | \mu_A(x) = 1\} \quad (3.5)$$



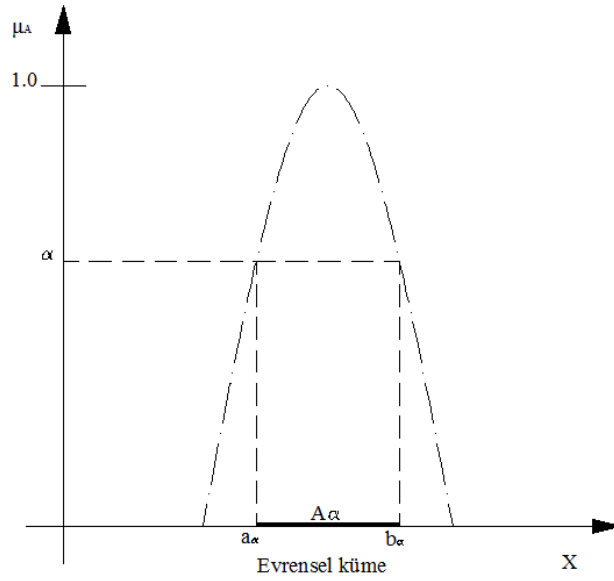
Şekil 3.3. Bulanık kümenin özü

α – kesim, α yüksekliğinde özel bir üyelik derecesi için bulanık küme A 'nın belirgin bir kümesi ya da belirgin bir aralığıdır [23].

$$\alpha - kesim(A) = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad A_\alpha = [a_\alpha, b_\alpha] \quad (3.6)$$

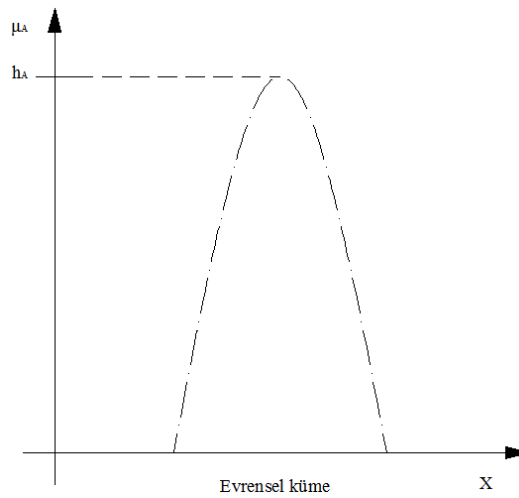
Güçlü $\alpha - kesim$ ' de, $A_{\alpha+}$, benzer anlama sahiptir. “Büyük eşit” koşulu, daha güçlü koşul “büyük” ile yer değiştirir [25].

$$A_{\alpha+} = \{x \in X | \mu_A(x) > \alpha\} \quad (3.7)$$



Şekil 3.4. Bulanık kümede $\alpha - kesimi$

Bulanık kümenin yüksekliği, altküme A 'nın üyelik fonksiyonunun maksimum değeridir [23].



Şekil 3.5. Bulanık kümede yükseklik

Tanım 4: (*Normal bulanık küme*)

En az bir elamanın 1 üyelik derecesine eşit olduğu ($\mu_A(x) = 1$) bulanık A kümesi, normal olarak adlandırılır; $\mu_A(x) < 1$ olduğu zaman ise normal olmayan olarak adlandırılır [26].

Tanım 5: (*Skaler Kardinalite*)

X sonlu bir kümeysen, X 'deki bulanık A kümesinin kardinalitesi $|A|$;

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \quad (3.8)$$

şeklinde tanımlanır.

$|A|$, bazen A 'nın gücü olarak da adlandırılır. $\|A\| = |A|/|X|$, göreceli kardinalitedir. A 'daki X elamanlarının oranı olarak yorumlanır [27].

Tanım 6: (*Düzey Kümesi*)

Tüm üyelik derecelerinin kümesine bir kümenin düzey kümesi denir [28].

$$A_\alpha = \{x \mid \mu_A(x) = \alpha, \exists x \in X\} \quad (3.9)$$

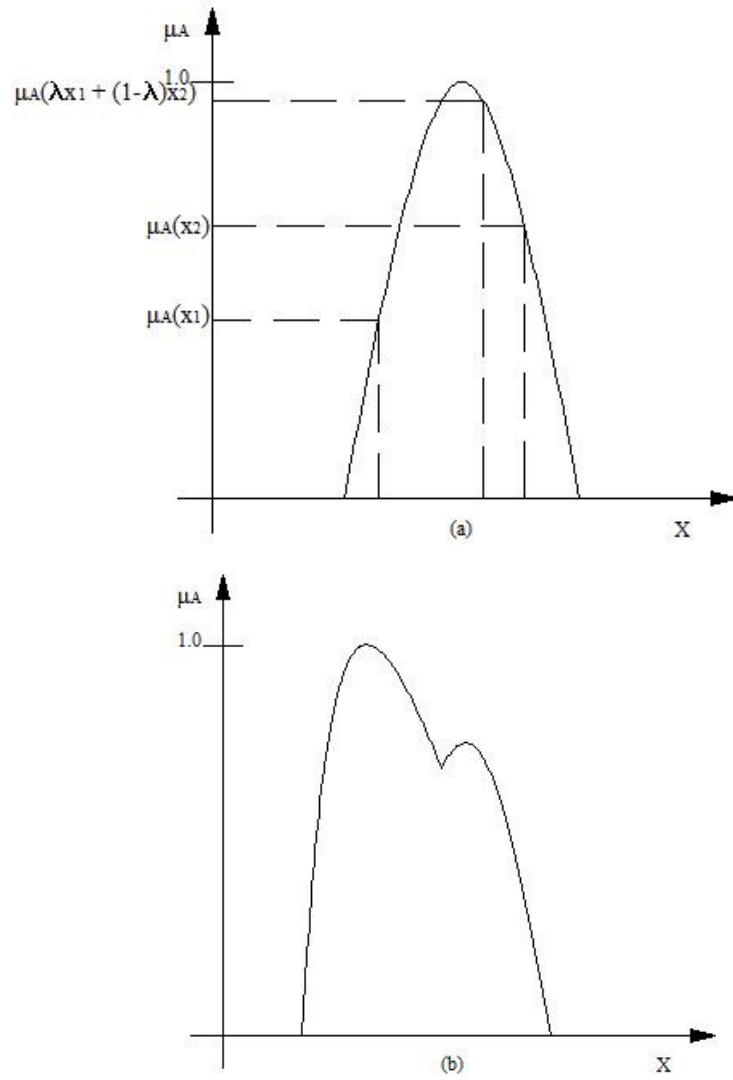
Tanım 7: (*Dışbükey bulanık küme*)

Dışbükeylik kavramı, gerçek Öklit n -boyutlu uzay olarak düşünülen, X uzayının bulanık kümesi için genelleştirilebilir.

Bulanık bir küme, ancak ve ancak α – kesimi dışbükeyse dışbükeydir. Benzer bir tanım ise: A dışbükeydir, ancak ve ancak aşağıdaki koşul sağlanırsa [29];

$$\forall x_1 \in X, \quad \forall x_2 \in X, \quad \forall \lambda \in [0,1],$$

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2) \geq \text{Enk}(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)). \quad (3.10)$$



Şekil 3.6. (a) Dışbükey bulanık küme (b) Dışbükey olmayan bulanık küme

3.2.2. Bulanık Küme İşlemleri

3.2.2.1. Bulanık kümelerde basit küme işlemleri

X uzayında tanımlanmış A ve B bulanık kümeleri olsun. Bu uzaya ait bir x elemanı için birleşim, kesişim ve tamlayan işlemleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [30]:

1. $C = A \cap B$ kesişimin üyelik fonksiyonu $\mu_C(x)$, eşitlik 3.11'de tanımlanmaktadır (Şekil 3.7-a):

$$\mu_C(x) = \text{enk}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad x \in X \quad (3.11)$$

2. $D = A \cup B$ birleşimin üyelik fonksiyonu $\mu_D(x)$, eşitlik 3.12’de tanımlanmaktadır (Şekil 3.7-b):

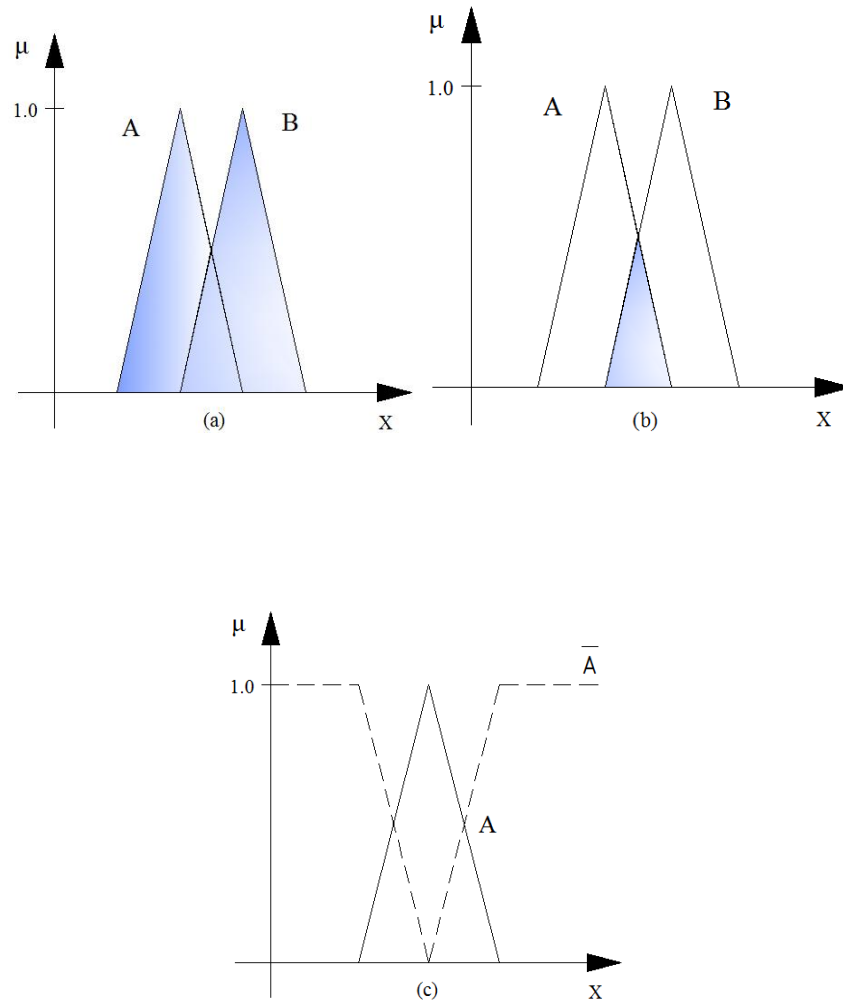
$$\mu_D(x) = \text{enb}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad x \in X \quad (3.12)$$

3. Bulanık A kümesinin tümleyeninin üyelik fonksiyonu $\mu_{\bar{A}}(x)$, eşitlik 3.13’te tanımlanmaktadır (Şekil 3.7-c):

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), \quad x \in X \quad (3.13)$$

3.2.2.2. Bulanık kümelerde cebirsel işlemler

Bulanık kümelerle birçok işlem geliştirilmiştir, fakat burada sadece temel işlemlerden bahsedilecektir.



Şekil 3.7. (a) Bulanık sayının birleşimi (b) Bulanık sayının kesişimi (c) Bulanık sayının tümleyeni

1. Cebirsel Toplam [31]:

$$A \boxplus B \leftrightarrow \mu_{A \boxplus B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \quad (3.14)$$

2. Cebirsel Çarpım [31]:

$$A \cdot B \leftrightarrow \mu_{A \cdot B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \quad (3.15)$$

3. Sınırlanmış Toplam (Bounded Sum) [31]:

$$A \oplus B \leftrightarrow \mu_{A \oplus B}(x) = (\mu_A(x) + \mu_B(x)) \wedge 1 \quad (3.16)$$

4. Sınırlanmış Fark (Bounded Difference) [31]:

$$A \ominus B \leftrightarrow \mu_{A \ominus B}(x) = (\mu_A(x) - \mu_B(x)) \vee 0 \quad (3.17)$$

5. λ –tümleyeni [29]:

$$\bar{A}^\lambda \leftrightarrow \mu_{\bar{A}^\lambda}(x) = \frac{1 - \mu_A(x)}{1 + \lambda \mu_A(x)}; \quad -1 < \lambda < \infty \quad (3.18)$$

6. Bulanık Kümenin Kartezyen Çarpımı [30]:

$$\mu_{(A_1 \times \dots \times A_n)}(x) = \text{enk}_i \{ \mu_{A_i}(x_i) \mid x = (x_1, \dots, x_n), x_i \in X \} \quad (3.19)$$

7. Bulanık Kümenin m . Kuvveti [30]:

$$\mu_{R^m}(x) = [\mu_A(x)]^m, \quad x \in X \quad (3.20)$$

3.2.3. Genişleme ilkesi (Extension principle)

Bulanık küme teorisinin en önemli kavramlarından biri de kesin matematiksel kavramları bulanık kümelere genişletmede kullanılabilen genişleme prensibidir. Bu kavram ilk olarak Zadeh tarafından 1965’de ortaya atılmıştır. Daha sonra Zadeh’in 1973, 1975 ve Jain’in 1976’da yaptıkları çalışmalarda bu kavram ile ilgili çeşitli modifikasyonlar önerilmiştir. Zadeh’in 1973 ve Dubois ve Prade’nin 1980’de yaptıkları çalışmaları temel alarak genişleme prensibi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [30].

X , uzayların kartezyen çarpımları olmak üzere $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_r$ olsun. $\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_r$ sırasıyla X_1, \dots, X_r ’de r tane bulanık küme olmak üzere, $f: X \rightarrow Y$ fonksiyonu $y = f(x_1, \dots, x_r)$ bağıntısıyla verilsin. Genişleme prensibi, Y ’de bir \tilde{B} bulanık kümesi tanımlama imkanı sağlar.

$$\tilde{B} = \{ (y, \mu_{\tilde{B}}(y)) \mid y = f(x_1, \dots, x_r), (x_1, \dots, x_r) \in X \} \quad (3.21)$$

ve

$$\mu_{\tilde{B}}(y) = \begin{cases} \sup_{(x_1, \dots, x_r) \in f^{-1}(y)} \text{enk} \{ \mu_{\tilde{A}_1}(x_1), \dots, \mu_{\tilde{A}_r}(x_r) \}, & f^{-1}(y) \neq \emptyset \\ 0, & f^{-1}(y) = \emptyset \end{cases} \quad (3.22)$$

dır. Burada f^{-1} , f fonksiyonunun ters fonksiyonunu ifade etmektedir. Supremum (sup), en küçük üst sınır anlamına gelmektedir.

$r = 1$ için genişleme prensibi,

$$\tilde{B} = f(\tilde{A}) = \{(y, \mu_{\tilde{B}}(y)) | y = f(x), x \in X\} \quad (3.23)$$

$$\mu_{\tilde{B}}(y) = \begin{cases} \sup_{x \in f^{-1}(y)} \mu_{\tilde{A}}(x), & f^{-1}(y) \neq \emptyset \\ 0, & f^{-1}(y) = \emptyset \end{cases} \quad (3.24)$$

şeklindedir.

3.3. Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri

Bulanıksı A sayısı, limit koşullarını yerine getiren normal, bulanık dışbükey ve sürekli üyelik fonksiyonları ile gerçek hattın bulanık sayısıdır.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = 0 \quad (3.25)$$

A , bulanık sayı olsun. O zaman $[A]^\gamma$, tüm $\gamma \in [0,1]$ için \mathfrak{R} 'nin kapalı dışbükey alt kümesidir.

$$a_1(\gamma) = \text{enk}[A]^\gamma, \quad a_2(\gamma) = \text{enb}[A]^\gamma \quad (3.26)$$

Diğer taraftan, $a_1(\gamma)$, $\gamma - kesimin$ sol tarafı gösterir ve $a_2(\gamma)$, $\gamma - kesimin$ sağ tarafı gösterir. Bu ifade aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\text{Eğer } \alpha \leq \beta \text{ ise } [A]^\alpha \supset [A]^\beta \text{ dir.} \quad (3.27)$$

Ayrıca, sol taraf fonksiyonu

$$a_1: [0,1] \rightarrow \mathfrak{R} \quad (3.28)$$

monoton artan ve alt kısmi süreklidir ve sağ taraf fonksiyonu

$$a_2: [0,1] \rightarrow \mathfrak{R} \quad (3.29)$$

monoton azalan ve üst kısmi süreklidir. Bu notasyonun gösterimi şu şekildedir [32]:

$$[A]^\gamma = [a_1(\gamma), a_2(\gamma)] \quad (3.30)$$

Çizelge 3.2.'de de görüldüğü gibi uygulamalarda genelde iki bulanık sayı kullanılmaktadır [33].

Çizelge 3.2. Literatürde bulanık AHP yaklaşımı

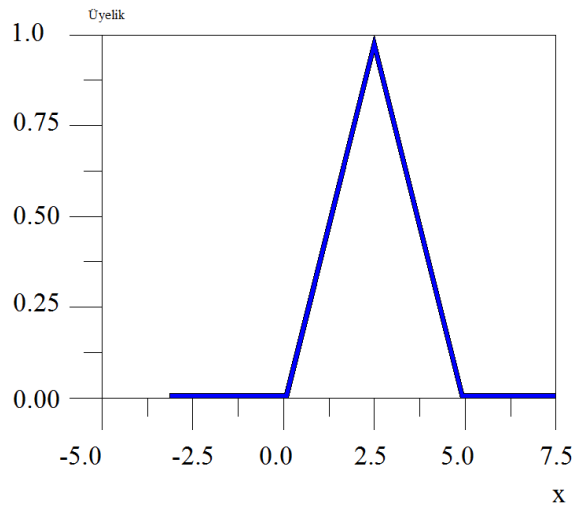
Yayın	Bulanık AHP Yöntemi	Bulanık Sayı Tipi
Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983	Bulanık logaritmik en küçük kareler yöntemi	Üçgen
Buckley, 1985	Bulanık geometrik ortalama yöntemi	Yamuk
Cheng ve Mon,1994	Aralık aritmetik	Üçgen
Chang, 1996	Sentetik derece analizi	Üçgen
Xu, 2000	Bulanık en küçük-kareler öncelik yöntemi	Üçgen
Mikhailov, 2003	Bulanık doğrusal ve doğrusal olmayan programlama yöntemi	Belirgin ya da Yamuk

3.3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

$$A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & x \in [a, m] \\ \frac{b-x}{b-m}, & x \in [m, b] \\ 0, & x \geq b. \end{cases} \quad (3.31)$$

m , orta değerdir. a ve b sırasıyla $A(x)$ 'in sıfır olmayan değerleri için alt ve üst değerdir. Bazen üyelik fonksiyonunun parametrelerini belirterek notasyonları açık bir şekilde kullanmak en uygun olmaktadır. Bu durumda [34],

$$A(x; a, m, b) = \text{enk}\left\{\text{enk}\left[\frac{(x-a)}{(m-a)}, \frac{(b-x)}{(b-m)}\right], 0\right\}. \quad (3.32)$$



Şekil 3.8. Üçgen üyelik fonksiyonu ($a = 0.0, m = 2.5$ ve $b = 5.0$)

$M = (m_1, m_2, m_3)$ ve $N = (n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayı iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık operasyonlar şu şekilde tanımlanır [27].

$$M \oplus N = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3) \quad (3.33)$$

$$M \otimes N = (m_1 \times n_1, m_2 \times n_2, m_3 \times n_3) \quad (3.34)$$

$$\frac{M}{N} \cong \left(\frac{m_1}{n_3}, \frac{m_2}{n_2}, \frac{m_3}{n_1} \right) \quad (3.35)$$

$$kM = (km_1, km_2, km_3) \quad \forall k > 0, k \in R \quad (3.36)$$

3.3.2. G-üyelik fonksiyonu

$$A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 1 - e^{-k(x-a)^2} & x > a. \end{cases} \quad (3.37)$$

ya da

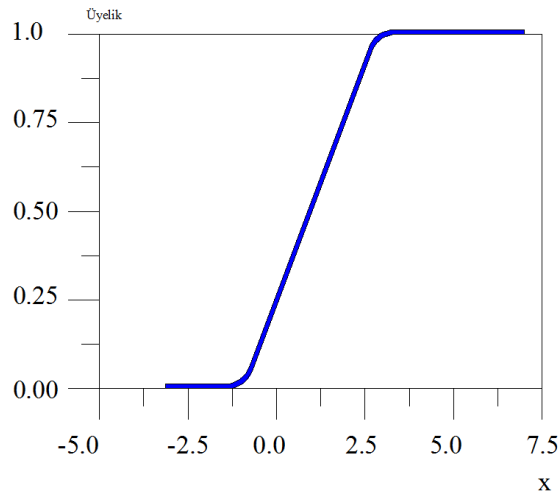
$$A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{k(x-a)^2}{1+k(x-a)^2} & x > a. \end{cases} \quad (3.38)$$

burada $k > 0$ [34].

3.3.3. S-üyelik fonksiyonu

$$A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & x \in [a, m] \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2, & x \in [m, b] \\ 1, & x > b. \end{cases} \quad (3.39)$$

$m = \frac{a+b}{2}$ noktası, S-fonksiyonun geçiş noktası olarak bilinir [34].



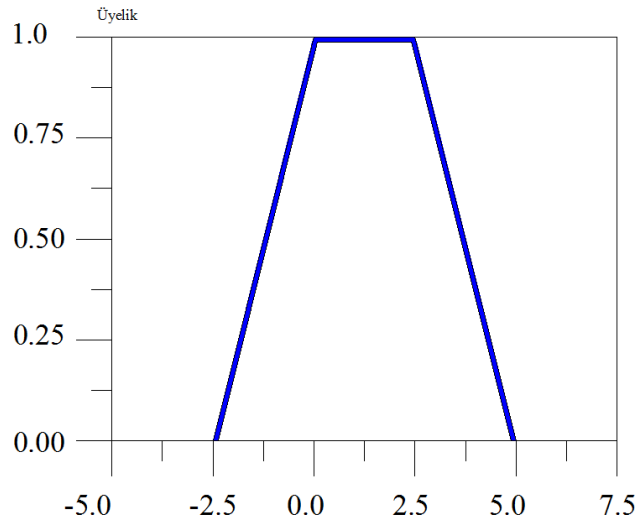
Şekil 3.9. S-üyelik fonksiyonu ($a = -1$ ve $b = 3$)

3.3.4. Yamuk üyelik fonksiyonu

$$A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & x \in [a, m] \\ 1, & x \in [m, n] \\ \frac{b-x}{b-n}, & x \in [n, b] \\ 0, & x > b. \end{cases} \quad (3.40)$$

Eşitlik notasyonunu kullanarak [34],

$$A(x; a, m, n, b) = \text{enk}\{ \text{enk}[(x-a)/(m-a), 1, (b-x)/(b-n)], 0 \}. \quad (3.41)$$



Şekil 3.10. Yamuk üyelik fonksiyonu ($a = -2.5, m = 0.0, n = 2.5$ ve $b = 5.0$)

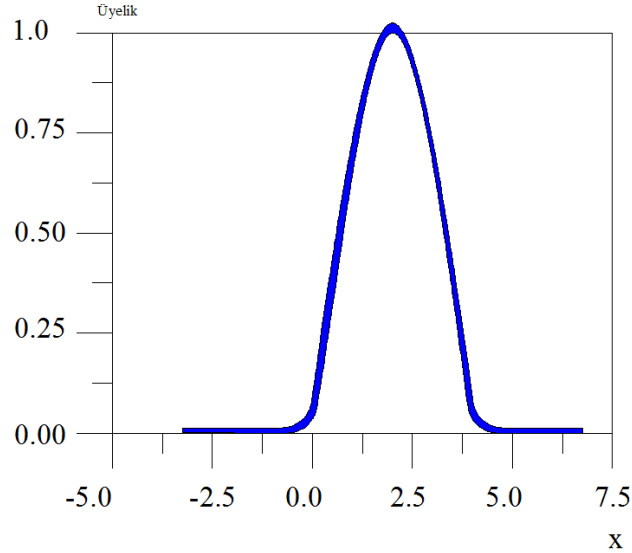
$A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ iki yamuk bulanık sayı iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık operasyonlar şu şekilde tanımlanır [35].

$$\begin{aligned} A \oplus B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oplus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \\ A \ominus B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \ominus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4) \\ A \otimes B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \otimes (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3, a_4 b_4) \\ A \oslash B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oslash (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1/b_4, a_2/b_3, a_3/b_2, a_4/b_1) \end{aligned}$$

3.3.5. Gaussian üyelik fonksiyonu

$$A(x) = e^{-k(x-m)^2} \quad (3.42)$$

burada $k > 0$ [34].



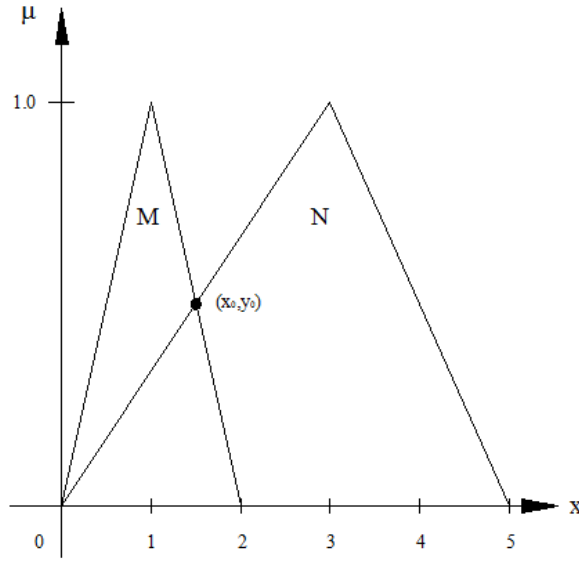
Şekil 3.11. Gaussian üyelik fonksiyonu ($k = 2, m = 2$)

3.4. Bulanık Sayıları Sıralama

A_1, \dots, A_n bulanık sayılarının sonlu kümesi verildiği zaman, en küçükten en büyüğe sıralanması istenebilir. Gerçek sayıların sonlu kümesi için, en küçükten en büyüğe doğru onları sıralamakta problem yoktur. Fakat, bulanık durumlarda genel olarak bunu yapmak için kabul edilen bir yöntem de yoktur. İki bulanık sayı M ve N için, $M \leq N$ olarak tanımlanan ifadenin literatürde önerilen 40'dan fazla yöntemi olabilir. Burada \leq sembolü “küçük eşit” ya da “bulanık bir altküme” değil anlamına gelir.

$$v(M \leq N) = \text{enb}\{\text{enk}(M(x), N(y)) \mid x \leq y\} \quad (3.43)$$

M 'nin N 'den ne kadar küçük eşit olduğunu ölçmede kullanılır. Eğer $v(N \leq M) = 1$ fakat $v(M \leq N) < \eta$ ise, $N < M$ 'dir. Burada η , $(0, 1]$ 'de sabit kesirdir. Eğer $v(N \leq M) = 1$ fakat $v(M \leq N) < 0.8$ ise, $N < M$ 'dir. Hem $N < M$ hem de $M < N$ yanlış olduğu zaman, $M \approx N$ 'dir. $M \leq N, M < N$ ya da $M \approx N$ anlamına gelir. Bu \approx , geçişli olmayabilir. $N \approx M$ ve $M \approx O, N \approx O$ 'yu ifade ederse eğer, o zaman \approx , geçişlidir.



Şekil 3.12. $v(N \leq M)$ 'yi belirleme

Birçok bulanık sayı için, $M < N$ ya da $M \approx N$ olup olmadığını belirlemek kolaydır. Bulanık hipotez testine ve Monte Carlo çalışmasına ihtiyaç duyulur. İlk olarak, N 'nin özü M 'nin özünün tamamen sağındaysa eğer, o zaman $v(M \leq N) = 1$ 'dir. M 'nin özü ve N 'nin özü çakışırsa eğer, o zaman $M \approx N$ 'dir. Şekil 3.12'de üçgen bulanık sayı olan N 'nin özünün M 'nin özünün sağında yer aldığı görülmektedir ve $v(N \leq M)$ hesaplanmak istenmektedir. Bu ifadenin değeri Şekil 3.12'de de görüldüğü gibi y_0 'dır. Genellikle, üçgen ve yamuk şekiller için, $v(N \leq M)$ bulanık sayıları, N 'nin özü M 'nin özünün sağında yer aldığı zaman onların kesişiminin yüksekliğidir [36].

3.5. Dilsel Değişkenler

Tanım 8: (Zadeh'in Tanımlaması)

Dilsel değişken terimi ilk kez Zadeh (1975) tarafından kullanılmıştır. Zadeh, beş bileşenli olarak bir dilsel değişken tanımladı:

$$X = (x, T(x), U, G, \tilde{M})$$

x , değişkenin adı; $T(x)$, dilsel değişkenin listesidir. Çok-değerli fonksiyon olan $T(x)$ fikri, rahatsız edicidir. Bu değerlerin her biri, dereceyi ifade eden $\mu_{name}: U \rightarrow [0,1]$ bulanık değişken için bir örnek olarak kabul edilir. U , olasılık-belirgin- $T(x)$ 'in farklı dilsel değişkenlerin üyelik derecesini belirleyen bazı ölçümlerin çıktısı kümesini oluşturur. Herhangi

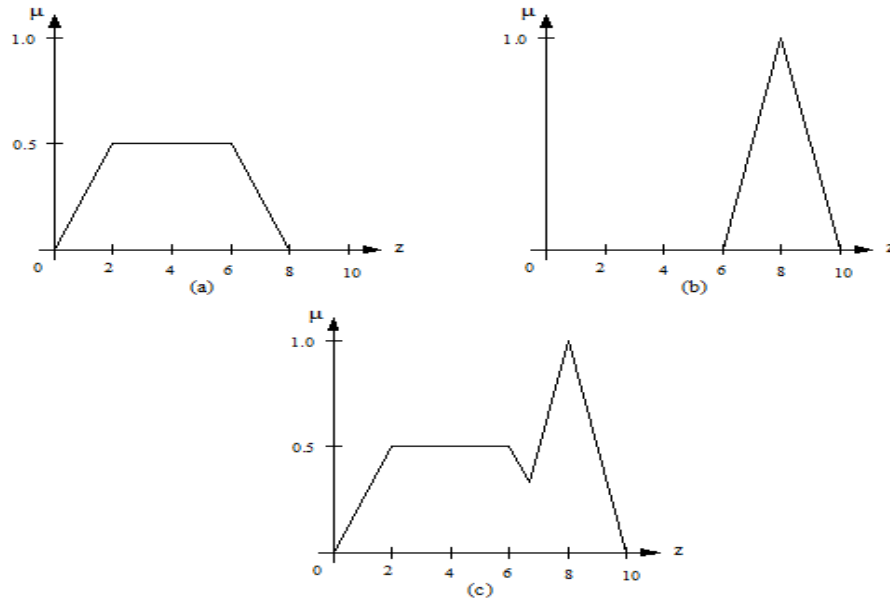
$y \in T(x)$ için, $G, T(x)$ elamanlarıyla ve anlamlarıyla birleşen sentetik bir dilbilgisi kuralıyken, $\tilde{M}(y)$ bulanık küme $\mu_{T(x)}$ 'in grafiği olabilir.

3.6. Durulaştırma

Durulaştırma, bulanık bir miktarın tam bir miktara dönüşmesidir. Bulanıklaştırma ise tam bir miktarın bulanık bir miktara dönüşmesidir. Bulanık bir sürecin çıktısı, çıktı değişkenlerinin evrensel kümesinde tanımlanan iki ya da daha fazla üyelik fonksiyonunun mantıksal birleşimi olabilir. Bulanık çıktının iki parçadan oluştuğu düşünülürse: (1) C_1 , yamuksal bir şekil ve (2) C_2 , üçgensel bir şekil (Şekil 3.13). Bu iki üyelik fonksiyonun birleşimi, $C = C_1 \cup C_2$, en büyük fonksiyonu içerir. Genellikle bulanık çıktı ikiden fazla parçayı içerir ve çıktıda her bir parçanın temsil ettiği üyelik fonksiyonu, yamuk ve üçgenlerden farklı şekillere sahip olabilirler [37].

$$C_k = \bigcup_{i=1}^k C_i = C$$

şeklindedir [37].



Şekil 3.13. Tipik bulanık süreç çıktısı: (a) Bulanık çıktının ilk parçası; (b) Bulanık çıktının ikinci parçası; (c) İki parçanın birleştirilmesi

Son yıllarda literatürde önerilen birçok yöntemin arasında, burada üyelik fonksiyonlarını durulaştırmak için yedi yöntem tanımlanmıştır [37].

1. Maksimum Üyelik İlkesi:

Yükseklik yöntemi olarak da bilinir, bu yöntemin cebirsel ifadesi eşitlik 3.44'teki gibidir;

$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z) \quad \text{tüm } z \in Z \text{ için} \quad (3.44)$$

z^* , durulaştırılmış değerdir, grafik olarak Şekil 3.14-a'da gösterilmektedir.

2. Kütle Merkezi (Sentroid) Yöntemi:

Bu yöntem (alanın merkezi (center of area) ya da ağırlık merkezi (center of gravity) olarak da adlandırılır.) en yaygın olanıdır. Cebirsel ifadesi eşitlik 3.45'teki gibidir;

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z) \cdot z dz}{\int \mu_C(z) dz} \quad (3.45)$$

\int , cebirsel entegrasyonu ifade eder (Şekil 3.14-b).

3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi:

Ağırlıklı ortalama yöntemi hesaplama bakımından en etkili yöntemlerden biri olduğu için en sık kullanılan bulanık uygulamalardan birisidir. Cebirsel gösterimi;

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})} \quad (3.46)$$

Burada \sum , cebirsel toplamı ifade eder ve \bar{z} ise her simetrik üyelik fonksiyonunun merkezidir (Şekil 3.14-c). Yöntem, simetrik üyelik fonksiyonu ile sınırlandırıldığı için, a ve b değerleri kendi şekillerinin ortalaması (kütle merkezi) dir.

4. Ortalama Maksimum Üyelik Yöntemi:

Bu yöntem (middle-of-maxima olarak da adlandırılır) ilk yöntemle yakından ilgilidir, fakat maksimum üyelik fonksiyonunun lokasyonları tek olmayabilir, yani maksimum üyelik fonksiyonu tek bir noktadan ziyade düz de olabilir. Bu yöntemin cebirsel ifadesi eşitlik 3.47'deki gibidir (Şekil 3.14-d);

$$z^* = \frac{a + b}{2} \quad (3.47)$$

5. Toplamların Merkezi Yöntemi:

Netleştirme yöntemleri arasındaki en hızlı yöntemdir ve yöntem simetrik üyelik fonksiyonu ile kısıtlanmaz. Bu yöntemin iki dezavantajı, kesişim alanlarının iki kez eklemesi ve yöntemin kendi üyelik fonksiyonunun kütle merkezini bulmayı içermesidir. Durulaştırılan z^* değeri eşitlik 3.48'deki gibidir;

$$z^* = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) \int_z \bar{z} dz}{\sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) \int_z dz} \quad (3.48)$$

Burada \bar{z} sembolü, ayrı ayrı üyelik fonksiyonunun her birinin kütle merkezine mesafesidir.

6. En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi:

Çıktı bulanık kümesi, en az iki tane dışbükey bölgeye sahipse, o zaman en büyük alanlı dışbükey bulanık bölgenin ağırlık merkezi (yani, z^* , kütle merkezi yöntemi kullanılarak hesaplandı) çıktının durulaştırılmış z^* değerini elde etmek için kullanılır (Şekil 3.14-e). Cebirsel ifadesi,

$$z^* = \frac{\int \mu_{C_m}(z) \cdot z \, dz}{\int \mu_{C_m}(z) \cdot dz} \quad (3.49)$$

Burada C_m sembolü, en büyük alana sahip dışbükey bölgeyi ifade eder.

7. Maksimum İlki (ya da sonu) Yöntemi:

Bu yöntem genel bir çıktı kullanır ya da C_k 'da en büyük üyelik derecesi ile alanın en küçük değerini belirlemek için her bir çıktının bulanık kümeleri C_k 'nın birleşimini kullanılır. z^* için eşitlik şu şekildedir:

İlk olarak, birleşimin en büyük yüksekliği ($hgt(C_k)$ ile ifade edilir) belirlenir,

$$hgt(C_k) = \sup_{z \in Z} \mu_{C_k}(z) \quad (3.50)$$

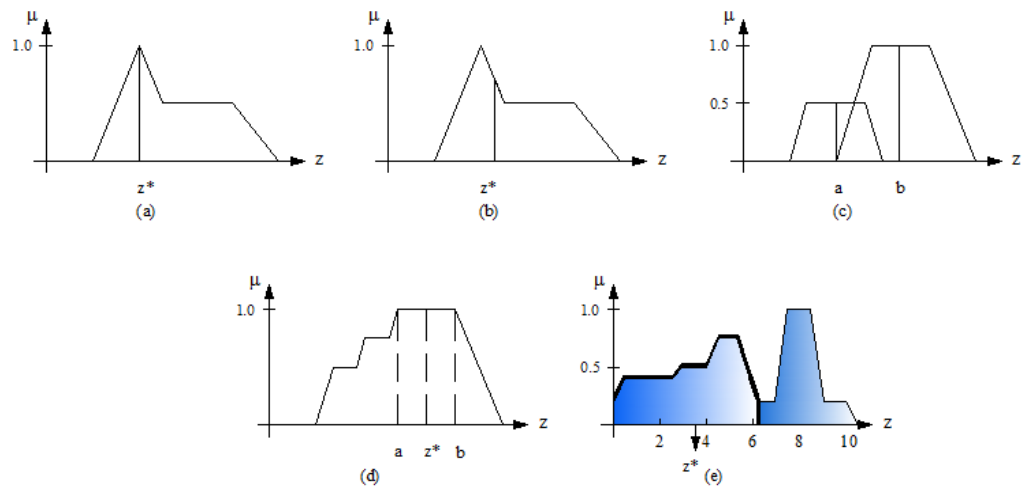
Daha sonra, maksimumun ilki bulunur,

$$z^* = \inf_{z \in Z} \{z \in Z \mid \mu_{C_k}(z) = hgt(C_k)\} \quad (3.51)$$

İnfimum (inf), en büyük üst sınır anlamına gelmektedir. Bu yönteme bir alternatif de maksimumun sonu olarak adlandırılır, ve

$$z^* = \sup_{z \in Z} \{z \in Z \mid \mu_{C_k}(z) = hgt(C_k)\} \quad (3.52)$$

şeklinde gösterilir.



Şekil 3.14. (a) Maksimum üyelik durulaştırma yöntemi (b) Kütle merkezi (sentroid) yöntemi (c) Ağırlıklı ortalama yöntemi (d) Ortalama maksimum yöntemi (e) En büyük alanın merkezi yöntemi

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ

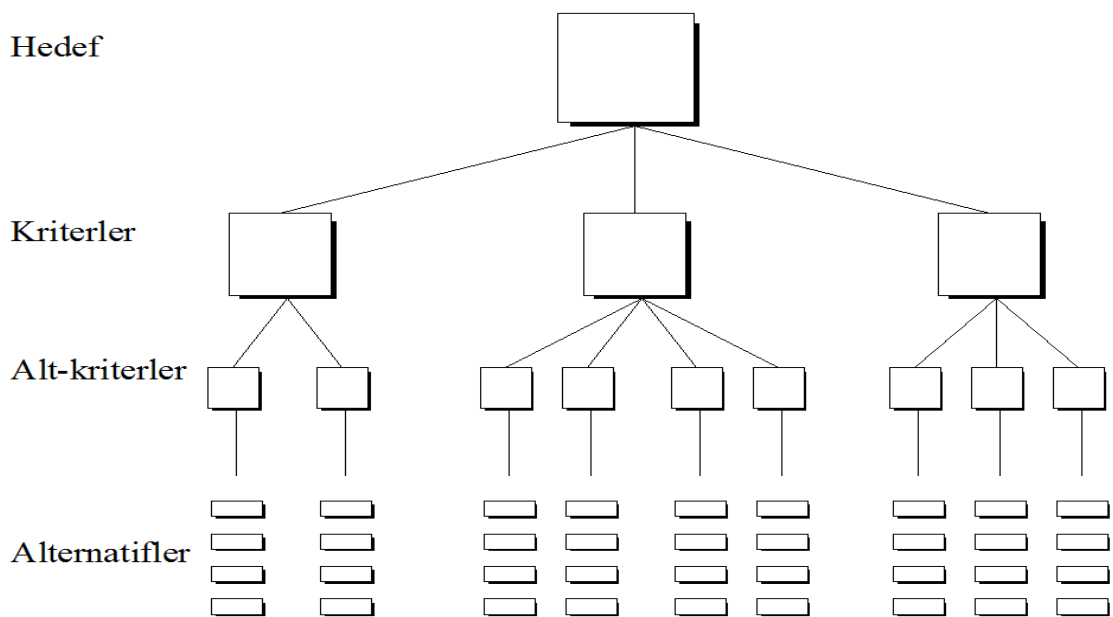
Karar verme, mevcut tüm seçenekler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir [38]. Çok ölçütlü karar verme, birden fazla birbiriyle çatışan amaçlar olduğu durumda karar vermeyi ifade etmektedir [39]. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, karar vericinin belirsizlik, karmaşıklık ve birbiriyle çelişen hedeflerinin olduğu durumlarda uygun araçlar sunarak daha iyi karar vermesini sağlamaktadır [40].

4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci, kişileri nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir yöntem kullanmaya zorunlu kılmak yerine, onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlayıp, bu şekilde daha iyi kararlar vermelerini amaçlar. AHP'nin dayandığı teori; gerçekte insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına karşın tamamen içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasını yansıtır.

4.1.1.Yöntemin tanımı

Analitik Hiyerarşi Süreci'ni ileri süren Saaty [41], karar vericilere, hedefin, ölçütün, alt-ölçütün ve alternatiflerin ilişkisini gösteren hiyerarşik bir yapı içerisinde kompleks bir problemi modellemeye izin verir. Belirsizlikler ve diğer etkili faktörler de içerebilir. Şekil 4.1'de AHP karar hiyerarşisi gösterilmektedir [42].



Şekil 4.1. AHP karar hiyerarşisi

Saaty, kişinin karar verebilmesi için birikim, bilgi, teknik veri gibi çeşitli bilgilere ihtiyacı olduğunu belirtmiş ve bu bilgilerin aşağıda belirtilen hususları içermesi gerektiğini vurgulamıştır [43]:

- Karar verilecek problem hakkında detaylar,
- Problem içerisinde yer alan insanlar, oyuncular,
- Onların amaçları ve görüşleri,
- Sonuçlara tesir edecek etkiler ve
- Zaman durumu, senaryolar ve kısıtlar.

Karar verme yaklaşımı, aşağıdaki karakteristiklere sahip olmalıdır [44]:

- Basit yapıda olmalı,
- Hem gruplara hem de bireylere adapte edilebilmeli,
- Sezgimiz ve genel düşüncemizde doğal olmalı,
- Uzlaşma ve görüş birliği inşasına teşvik etmeli ve
- İyiye öğrenmek ve anlatmak için aşırı uzmanlaşma gerektirmemelidir.

4.1.2. Yöntemin temel aksiyomları

Saaty tarafından, AHP yönteminin temelini oluşturan dört aksiyom tanımlanmıştır [43]:

1. *Terslik koşulu (the reciprocal condition)*; A ve B, onların bir üst düzeyinde yer alan C ana ölçütüne bağlı iki ölçüt olsun. A ile B birbiri ile karşılaştırıldığında, eğer A B'den 3 kat büyükse, B de A'dan 1/3 kat büyük olmalıdır. Karar verici tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar sonucundaki değerlendirmeler terslik koşuluna uymalıdır.
2. *Homojenlik koşulu (the homogeneity axiom)*; Homojenlik, benzerlikleri karşılaştırmak için gereklidir. Örneğin, portakalın büyüklüğü ile kum tanesinin büyüklüğü karşılaştırılmaz. Fark arttığı zaman, öğelerin analizlerinin ve düzeylerinin düşüncelerine göre karşılaştırılabilir büyüklüğün ayrı bir kümesine yerleştirir.
3. *Bağımsızlık koşulu (the independence axiom)*; Hiyerarşide yer alan öğelerin değerlendirmelerinin yapılarak önceliklerinin belirlenmesi, daha alt düzeyde yer alan öğelere bağımlı olmamalıdır. Ölçütler, aşağıda yer alan alternatiflerin özelliklerinden bağımsız olarak belirlenmelidir.

4. *Beklentiler (the expectations)*; Problemin tümünü içeren kararı verebilmek için hiyerarşik yapı tamamlanmış olmalıdır. Karar vericinin beklentilerinin elde edilecek sonuçla tam olarak karşılanabilmesi için, hiyerarşide problemle ilgili tüm ölçütler, alternatifler yer almalıdır. Aksi takdirde varılacak sonuç ideal olmayacaktır.

4.1.3. AHP'nin adımları

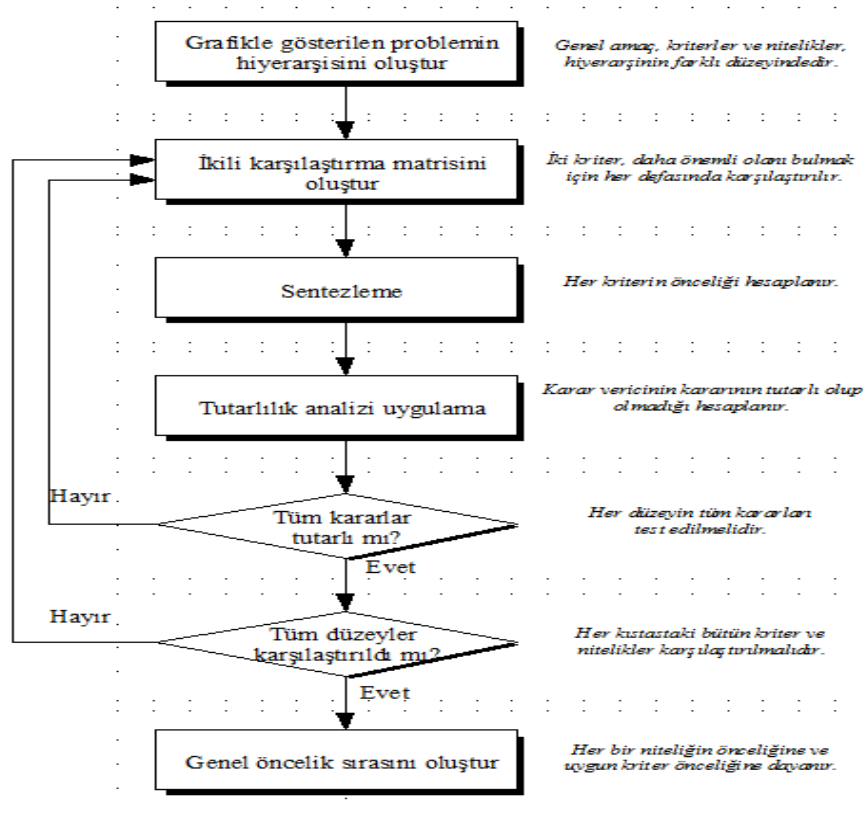
Karar verme problemlerini çözmeye kullanılan AHP tekniği dört adımı içermektedir [45]:

Adım 1: Birbiri ile ilgisi olan karar öğelerinin hiyerarşisi için karar probleminin analiz ederek karar hiyerarşisini oluşturma,

Adım 2: Karar öğelerinin ikili karşılaştırması ile girdi verilerini toplama,

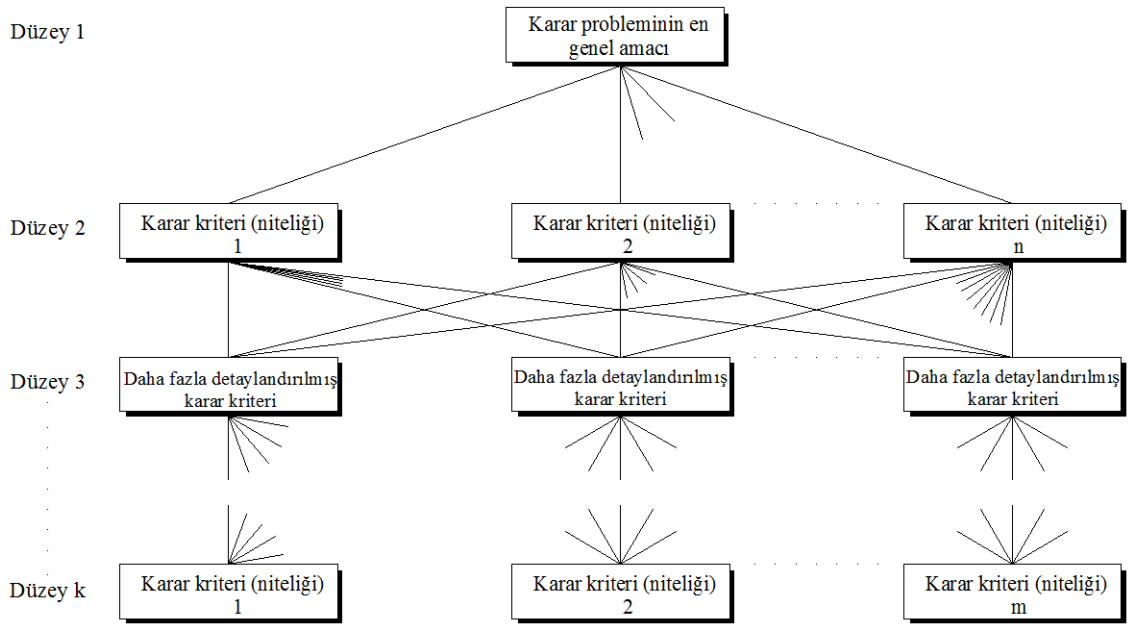
Adım 3: Karar öğelerinin göreceli ağırlıklarını tahmin etmek için “özdeğer (eigenvalue)” yöntemini kullanma,

Adım 4: Karar alternatifleri (ya da çıktılar) için bir derece kümesine ulaşmada karar öğelerinin göreceli ağırlıklarını bir araya toplama.



Şekil 4.2. AHP'nin akış şeması [46]

Adım 1, AHP'nin belki en önemli yönüdür. Karar analisti, birbiri ile ilgili karar öğelerinin hiyerarşisi için karar problemini analiz etmelidir. Hiyerarşinin tepesinde en büyük karar ölçütü yer alır, örneğin en iyi karar verme ölçütü (ya da en iyi alternatifi seçme) gibi. Hiyerarşinin daha alt düzeyleri karar kalitesine katkıda bulunan nitelikleri (ölçütleri) kapsar. Bu niteliklerin ayrıntıları hiyerarşinin daha alt düzeylerinde artar. Hiyerarşinin son düzeyleri karar alternatiflerini kapsar. Burada karar şeması, standart bir forma sahiptir (Şekil 4.3) [45].



Şekil 4.3. Analitik hiyerarşi sürecinin karar şemasının standart formu: k düzeyli hiyerarşi

Adım 2'de, problemin girdi verisi, bir düzeyin öğelerinin ikili karşılaştırma matrislerini oluşturur. Örneğin, uluslar arası satranç yarışında, davranışla ilgili kapasite yarışını kazanmada teknik kapasiteden iki kez daha önemli olabilir. Bu durumda girdi matrisi şu şekilde görünür:

	Teknik kapasite	Davranışla ilgili kapasite
Teknik kapasite	1	$1/2$
Davranışla ilgili kapasite	2	1

Satır 2'deki 2 değeri ve matrisin üstündeki sütun 1, davranışla ilgili kapasitenin teknik kapasiteye göre iki kat önemli olduğunu gösterir. Satır 1 ve sütun 2'deki $1/2$ 'nin tersi (2), davranışla ilgili kapasiteyle karşılaştırılan teknik kapasitenin görece önemini gösterir. Kendisiyle karşılaştırıldığı zaman her öğe eşit öneme sahiptir. Bu nedenle, girdi matrislerinin köşegen öğeleri her zaman 1'e eşittir.

İkili karşılaştırmalar, değerlendiriciye iki öğeyi karşılaştırarak tercihinin gösterme olanağı sağlar. Ek olarak, değerlendirici kesinlikle tercih edilir, güçlü bir şekilde tercih edilir, zayıf bir şekilde tercih edilir, eşit tercih edilir gibi ikisi arasında tercihi ifade etme seçeneğine sahiptir. Bu ifadeler, 1,3,5,7 ve 9 ikili ağırlıklara ve 2,4,6 ve 8 ara değerlerine dönüştürülür [45].

Çizelge 3.1’de Saaty tarafından önerilen 1-9 temel ölçekteki önem skala değerleri ve tanımları açıklanmıştır [47].

Çizelge 4.1. AHP’de kullanılan 1-9 temel ölçeği

Önem Değerleri(a_{ij})	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki aktivite de amaca eşit olarak katkıda bulunmaktadır.
3	Zayıf derecede önem	Tecrübe ve yargı çok az bir şekilde bir aktiviteyi diğerine karşı daha çok favori tutar.
5	Güçlü önem	Tecrübe ve yargı güçlü bir şekilde bir aktiviteyi diğerine karşı daha çok favori tutar.
7	Çok güçlü veya kanıtlanmış önem	Bir aktivite diğerine karşı çok güçlü bir şekilde tercih edilir ve üstünlüğü pratikte örneklerle kanıtlanmıştır.
9	Kesin önem	Bir aktiviteyi diğerine göre seçmenin en yüksek şekilde olduğu durumdur ve bu üstünlüğü gösteren kanıt çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Çok yakın skala değerleri arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir. Tercih değerleri birbirine çok yakın ise kullanılır.
Sıfır olmayan karşılıklar	Eğer "i" aktivitesi "j" aktivitesi ile karşılaştırıldığında yukarıda "0" olmayan değerlerden biri tayin ediliyorsa, j ile i karşılık değerine sahiptir.	Mantıklı tahmin

Bu tablodaki 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Örneğin karar verici karşılaştırma yaparken 3 ve 5 değerleri arasında kararsız kalırsa 4 değerini kullanabilmektedir. Saaty, karşılaştırılan öğelerin değerleri birbirine çok yakınsa ve ayırım yapılamıyorsa 1,1 – 1,9 arasındaki ondalık değerlerin de kullanılabileceğini ancak bu hassaslıkta bir algılama yapabilmenin oldukça zor olacağını belirtmektedir [48].

Adım 3’de, AHP’nin çözüm tekniği, yukarıdaki ikili karşılaştırmayı girdi olarak alır ve çıktı olarak her düzeyde öğelerin göreceli önemini üretir. Değerlendirici n öğenin gerçek göreceli ağırlığını biliyorsa, ikili karşılaştırma matrisi eşitlik 4.1’deki gibi olur:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & \dots & n \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \dots & w_3/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4.1)$$

Bu durumda, göreceli ağırlıklar A matrisinin n satırının her birinden elde edilir. Diğer bir deyişle, A matrisi 1 sıraya sahiptir ve eşitlik 4.2’deki gibidir:

$$A \cdot W = n \cdot W \quad (4.2)$$

Burada, $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ gerçek göreceli ağırlıkların vektörüdür ve n , öğe sayısıdır. Matris cebirinde, eşitlik 4.2’deki W ve n , A matrisinin sağ özvektörü ve özdeğeri olarak adlandırılır.

Değerlendirici W ’yi bilmez ve bu nedenle A matrisinin ikili göreceli ağırlığını tam olarak üretemeyebilir. Böylece, incelenen A matrisi tutarsızlığı içerir. W ’nin tahmini (\hat{W} ile ifade edilir) yukarıdaki eşitlik için eşitlik 4.3’ten benzer şekilde elde edilebilir:

$$\hat{A} \cdot \hat{W} = \lambda_{enb} \cdot \hat{W} \quad (4.3)$$

\hat{A} , ikili karşılaştırmadan elde edilen matris; λ_{enb} , \hat{A} ’nın en büyük özdeğeri; ve \hat{W} , onun sağ özvektörüdür. \hat{W} , W ’nin tahminini içerir.

Eşitlik 4.3’teki λ_{enb} , eşitlik 4.2’deki n ’nin tahmini olarak düşünülebilir. Saaty, her zaman λ_{enb} ’ın n ’ye büyük eşit olduğunu gösterir. Tutarlılık indeksinin (CI) yorumu eşitlik 4.4’deki gibidir:

$$CI = \frac{\lambda_{enb} - n}{n - 1} \quad (4.4)$$

Tutarlılık oranı (CR) da eşitlik 4.5'teki gibidir:

$$CR = \frac{CI}{ACI} * 100 \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.5'teki ACI , rastgele üretilen ağırlıkların ortalama indeksidir. CR 'nin değeri %10 ve daha az olduğunda kabul edilebilirdir. Diğer taraftan, ikili karşılaştırmada tutarsızlığı kaldırmak için \hat{A} yeniden incelenmesi önerilir.

Adım 4, problemin en genel amacına ulaşmada karar alternatiflerinin sınıflamasına hizmet eden bileşik ağırlıkların vektörünü üretmek için Adım 3'ten elde edilen çeşitli düzeylerin göreceli ağırlıklarını toplar. İlk düzeye göre k . düzeyde öğelerin bileşik göreceli ağırlık vektörü eşitlik 4.6'daki gibi hesaplanır:

$$C[1, k] = \prod_{i=2}^k B_i \quad (4.6)$$

$C[1, k]$, düzey 1'deki öğeye göre düzey k 'deki öğelerin bileşik ağırlıkların vektörüdür. B_i , tahmini W vektörünü içeren n_i 'ye n_{i-1} satırlı matristir. n_i , düzey i 'deki öğelerin sayısını temsil eder.

4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP)

4.2.1. Literatür taraması

Bir çok bulanık AHP yöntemi, çok sayıda yazar tarafından önerilmiştir. Bu yöntemler, bulanık küme teorisi kavramını kullanarak alternatif seçim ve karar problemleri için sistematik yaklaşımlardır (Zadeh, 1965). Karar vericiler, sabit değer kararlarından ziyade aralık kararları vermeyi daha uygun bulurlar. Çünkü genellikle karşılaştırma sürecinin bulanık doğası yüzünden tercih kesin olmayabilir.

Bulanık AHP'nin ilk çalışması, üçgen üyelik fonksiyonu olarak tanımlanan bulanık oranları karşılaştıran Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Buckley (1985) karşılaştırma oranlarının bulanık önceliğinde yamuk üyelik fonksiyonunu belirlemiştir. Stam ve diğ. (1996), geliştirilen yapay zeka tekniklerinin son zamanlarda AHP'deki tercih oranlarını belirlemede nasıl kullanılacağını bulmuşlardır. Chang (1996), bulanık AHP için yeni bir yaklaşım ortaya çıkarmıştır. İkili karşılaştırmanın sentetik derece değeri için derece analiz

yöntemini ve ikili karşılaştırmada üçgen bulanık sayının kullanılmasını bulmuştur. Cheng (1997), üyelik fonksiyonunun derece değerine dayanan bulanık AHP ile deniz taktik füze sistemlerini değerlendirmek için yeni bir yaklaşım önermiştir. Weck ve diğ. (1997), farklı üretim döngü alternatiflerini değerlendirmek için yöntem sunmuşlardır [49]. Bu durumda değerlendirilen her üretim döngüsü bulanık küme üretir. Kahraman ve diğ. (1998), AHP'den ağırlıkları elde ederek bulanık objektif ve sübjektif yöntemi kullanmışlar ve bulanık ağırlıklı değerlendirmeyi yapmışlardır [50]. Chang ve diğ. (1999), dilsel değişken ağırlığına dayanan AHP ile silah sistemlerini değerlendirmek için yeni bir yöntem önermişlerdir. Zhu ve diğ. (1999), bulanık AHP'nin uygulamaları ve derece analiz yöntemi üzerine çalışma yapmışlardır [51]. Badri (2001), kalite kontrol sistemleri için kombine edilmiş AHP-GP modeli önermiştir [52]. Creed (2001), Jansen ve diğ.(2001) ve Martinez-Tome ve diğ. (2000), gıda endüstrisi, müşteri memnuniyeti ve gıda tedarik zincirini incelemişlerdir [53, 54, 55]. Cebeci (2001) ve Cebeci ve Kahraman (2002), catering hizmet şirketlerinin müşteri memnuniyetini ölçmek için bulanık AHP modeli önermişlerdir [56, 57]. Yu (2002), grup karar verme bulanık AHP problemini çözmeye tam terim doğrusallaştırma tekniği ve GP-AHP için bulanık oran ifadesini birleştirmiştir [58]. Kahraman ve diğ. (2004), müşteri memnuniyetini en fazla sağlayan en iyi Türk catering firmasını seçmek için analitik bir araç sağlamışlardır [59]. Bulanık AHP, makalelerinde üç Türk catering firmasını karşılaştırmada kullanıldı. Tolga ve diğ. (2005), karar vericiler için işletme sistem seçim çerçevesi oluşturmayı amaçlamışlardır. Karar vericiler teknoloji seçiminin ekonomik ve ekonomik olmayan yönlerini düşünmek zorunda oldukları için, her iki faktör de gelişen çerçevede düşünülmüştür [60].

4.2.1.1. Van Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımı (1983)

Van Laarhoven ve Pedrycz (1983), Saaty'nin AHP yöntemini genişleten bir algoritma sunmuşlardır. AHP işlemleri ile ağırlıkları belirlemişler ve üçgensel bulanık sayıları kullanmışlardır. Hesaplama adımları AHP'ninki ile aynıdır. Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi, bulanık ağırlıklar ve bulanık performans skorları üretmek için kullanılmıştır [61].

Laarhoven ve Pedrycz'nin yaklaşımı aşağıdaki adımları içerir [61]:

Adım 1: Çok ölçütlü karar vericilere danışmak ve $n + 1$ bulanık ikili karşılaştırma matrisini elde etmek, matris aşağıdaki formla gösterilir.

$$A = \begin{bmatrix} & a_{121} & a_{1n1} \\ & a_{122} & a_{1n2} \\ (\mathbf{1}, \mathbf{1}, \mathbf{1}) & \vdots & \vdots \\ & a_{12P12} & \dots & a_{1nP1n} \\ & a_{211} & & a_{2n1} \\ & a_{212} & & a_{2n2} \\ & \vdots & (\mathbf{1}, \mathbf{1}, \mathbf{1}) & \vdots \\ a_{21P21} & & & a_{2nP2n} \\ & \vdots & & \vdots \\ a_{n11} & a_{n21} & & \\ a_{n12} & a_{n22} & & \\ & \vdots & & \\ a_{n1Pn1} & a_{n2Pn2} & \dots & (\mathbf{1}, \mathbf{1}, \mathbf{1}) \end{bmatrix}$$

a_{ijPij} , birçok karar vericinin tahmin ettiği bulanık oranlardır. Karar verici karşılaştırma oranını belirtmediği zaman P_{ij} , 0 olabilir ya da birden fazla karar verici karşılaştırma oranını belirttiği zaman 1'den büyük olabilir.

Adım 2: $z_i = (l_i, m_i, u_i)$ olsun. Aşağıdaki doğrusal eşitliğin çözümü şu şekildedir:

$$l_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} u_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln l_{ijk}), \quad \forall i \quad (4.7)$$

$$m_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} m_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln m_{ijk}), \quad \forall i \quad (4.8)$$

$$u_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} l_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln u_{ijk}), \quad \forall i \quad (4.9)$$

$\ln(l_{ijk})$ ve $\ln(u_{ijk})$, $\ln(a_{ijk}) = -\ln(a_{jik})$ 'nin alt ve üst değerleridir. Aşağıdaki eşitlikler sağlanmalıdır:

$$\ln(l_{ijk}) + \ln(l_{jik}) = \ln(u_{ijk}) + \ln(u_{jik}) = 0, \quad \forall i, j, k. \quad (4.10)$$

Eşitlik (4.7) ve (4.9), doğrusal bağımlıdır. Eşitlik (4.8) için de geçerlidir. Genellikle, (4.7), (4.8) ve (4.9)'un çözümü şu şekildedir:

$$z_i = (l_i + t_1, m_i + t_2, u_i + t_1), \quad \forall i \quad (4.11)$$

t_1 ve t_2 , keyfi olarak seçildi.

Adım 3: Yukarıdaki eşitliğin sağ tarafı logaritmik operasyon kullanılarak elde edildi. O zaman aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$w_i = (\lambda_1 \exp(l_i), \lambda_2 \exp(m_i), \lambda_3 \exp(u_i)) \quad (4.12)$$

burada

$$\lambda_1 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(u_i) \right]^{-1} \quad \lambda_2 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(m_i) \right]^{-1} \quad \lambda_3 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(l_i) \right]^{-1}$$

Eşitlik (4.12) performans skoru r_{ij} 'yi belirlemek için de kullanılır.

Adım 4: Tüm ikili matrisler çözülene kadar Adım 1-3 birçok kez tekrar edilir. Bulanık ağırlıklar ve performans skorlarla, alternatif A_i için bulanık faydalar hesaplanabilir.

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (4.13)$$

4.2.1.2. Buckley'in bulanık AHP yaklaşımı(1985)

Buckley, bulanık karşılaştırma oranı a_{ij} içeren Saaty'nin AHP yöntemini genişletmiştir. Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)'nin yönteminin iki probleme sahip olduğunu belirtmişlerdir. İlki, elde edilen doğrusal eşitlik, her zaman tek bir çözüme sahip değildir. İkincisi, yöntemin ağırlıklar için üçgen bulanık sayı elde etmek için direktmesidir [61].

Buckley'in (1985) yaklaşımının adımları şu şekildedir [61]:

Adım 1: Karar vericiye danışarak karşılaştırma matrisini elde edilir. A 'nın elementleri $t_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ 'dir. Tüm i ve j 'ler yamuk bulanık sayılardır.

Adım 2: Bulanık ağırlık w_i , aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Her bir satır için geometrik ortalama hesaplanır.

$$z_i = \left[\prod_{j=1}^n t_{ij} \right]^{1/n}, \quad \text{tüm } i' \text{ ler için} \quad (4.14)$$

Bulanık ağırlık w_i ,

$$w_i = z_i \oplus \left[\prod_{j=1}^n z_j \right]^{-1} \quad (4.15)$$

olarak hesaplanır.

Aşağıdaki tartışmada, bulanık ağırlık w_i 'nin türetmesi detaylandırılacaktır. t_{ij} 'nin sağ ve sol ayakları sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$f_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^n ((b_{ij} - a_{ij})\alpha + a_{ij}) \right]^{1/n}, \quad \alpha \in [0,1] \quad (4.16)$$

$$g_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^n ((c_{ij} - d_{ij})\alpha + b_{ij}) \right]^{1/n}, \quad \alpha \in [0,1] \quad (4.17)$$

Ayrıca,

$$a_i = \left[\prod_{j=1}^n t_{ij} \right]^{1/n}, \quad (4.18)$$

ve

$$a = \sum_{i=1}^m a_i \quad (4.19)$$

Benzer şekilde, b_i ve b , c_i ve c , d_i ve d 'de tanımlanabilir. Bulanık ağırlık w_i ,

$$w_i = \left(\frac{a_i}{a}, \frac{b_i}{b}, \frac{c_i}{c}, \frac{d_i}{d} \right), \quad \forall i \quad (4.20)$$

Üyelik fonksiyonu $\mu_{w_i}(x)$, aşağıdaki gibi tanımlanır: x , yatay ekseninde gerçek sayı olduğunda $\mu_{w_i}(x)$, Çizelge 4.2'deki gibi gösterilir.

Çizelge 4.2. İkili karşılaştırma matrisinde varlıkların yorumu

X	$\mu_{wi}(x)$
$\leq \left(\frac{a_i}{d}\right)$	0
$\geq \left(\frac{a_i}{d}\right)$	0
$\left[\frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{d}\right]$	1
$\left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}\right]$	$\alpha \in [0,1]$
$\left[\frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a}\right]$	$\alpha \in [0,1]$

$x \in \left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}\right]$ ya da $x \in \left[\frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a}\right]$ olduğu zaman, x eşitlik (4.21)'deki gibi hesaplanır:

$$x = \begin{cases} \frac{f_i(\alpha)}{g(\alpha)}, & x \in \left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}\right] \\ \frac{g_i(\alpha)}{f(\alpha)}, & x \in \left[\frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a}\right] \end{cases} \quad (4.21)$$

Burada $f(\alpha) = \sum_{i=1}^m f_i(\alpha)$ ve $g(\alpha) = \sum_{i=1}^m g_i(\alpha)$ 'dir.

Adım 2, tüm bulanık performans skorları için tekrar edilir.

Adım 3: Bulanık ağırlık ve bulanık performans skorları toplanır. Bulanık fayda $U_i, \forall i$,

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i \quad (4.22)$$

elde edilir.

4.2.1.3. Chang'in (1992) derece analiz yöntemi

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ hedef kümesidir. Chang'in (1992) derece analiz yöntemine göre, her hedef ele alınır ve her hedefin derece analizi, g_i , sırasıyla uygulanır.

Bu nedenle, her hedefin m derece analiz değeri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

tüm $M_{gi}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ 'ler bulanık üçgen sayılardır [59].

Chang'ın derece analizinin adımları aşağıdaki gibidir [59]:

Adım 1: Ölçüt i 'ye göre bulanık sentetik derecenin değeri,

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (4.23)$$

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ 'yi elde etmek için, m derece analiz değerinin bulanık toplama operasyonu uygulanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_i, \sum_{j=1}^m m_i, \sum_{j=1}^m u_i \right) \quad (4.24)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ 'yi elde etmek için $M_{gi}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ değerinin bulanık toplama işlemi uygulanır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4.25)$$

Eşitlik (4.25)'in tersi alınır:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4.26)$$

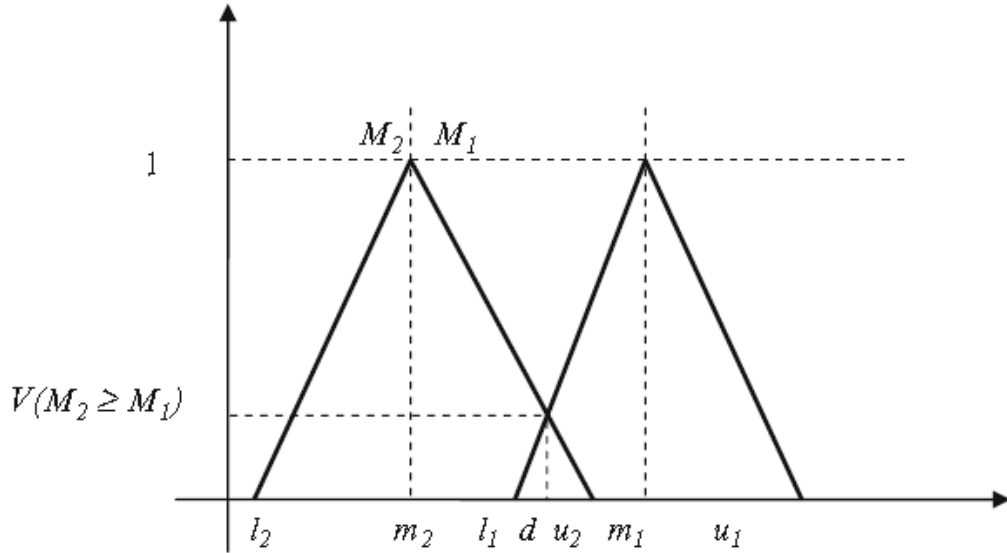
Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi eşitlik (4.27)'deki gibi tanımlanmaktadır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [enk(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (4.27)$$

Şu şekilde ifade etmek de mümkündür:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{yükseklik}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$V(M_2 \geq M_1); d, \mu_{M_1}$ ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D 'nin ordinatı olmak üzere, şekildeki gibi gösterilebilir(Şekil 4.4).



Şekil 4.4. M_1 ve M_2 arasındaki kesişim

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ iki değerine de ihtiyaç duyulur.

Adım 3: Bir dışbükey bulanık sayının k tane dışbükey bulanık sayıdan $M_i = (i = 1, 2, \dots, k)$ büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

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

$$d'(A_i) = \text{enk } V(S_i \geq S_k) \quad (4.28)$$

olduğunu varsayalım. $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (4.29)$$

Burada $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$, n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibidir. Burada W , bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (4.30)$$

Chang tarafından öne sürülen mertebe analizi yönteminde kullanılan bulanık önem dereceleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

4.2.1.4. Cheng'in (1996) entropi-tabanlı bulanık AHP yöntemi

Sadece olasılık ölçümleri için uygulanabilir olan Shannon entropisi, H , kanıt teorisi içinde aşağıdaki formda gösterilir [61]:

$$H(m) = - \sum_{j=1}^n m(\{x\}) \log_2 m(\{x\}) \quad (4.31)$$

Klasik bilişim teorisinin temelinde yer alan bu fonksiyon, rastgele deneydeki çıktının tahminiyle bütünleşen ortalama belirsizliği ölçer. $x \in X$ için $m(\{x\}) = 1$ olduğu zaman, oran,

$$[0, \log_2 |X|].$$

$$H(m) = 0.$$

m , X 'de $(m(\{x\}) = 1/|X|, \forall x \in X)$ düzgün olasılık dağılımını tanımladığı zaman $H(m) = \log_2 |X|$.

En büyük belirsizliğin ilkesi klasik bilişim teorisi içinde geniş olarak kullanılmıştır ve maksimum entropinin ilkesi olarak adlandırılır.

Cheng'in (1996) değerlendirme modeli aşağıdaki gibi tanımlanır [61]:

Adım 1: Herhangi bir problem için hiyerarşi yapısı elde etti.

Adım 2: Karar ölçütlerinin üyelik fonksiyonunu oluştur.

Adım 3: Performans skorunu hesapla.

Adım 4: Toplam ağırlığı hesaplamak için entropi kavramını ve bulanık AHP yöntemini kullan.

Bu karar-verme metodolojinin hesapsal prosedürü aşağıdaki gibi hesaplanır.

Performans skorunu karşılaştırmak için, hiyerarşi matrisindeki elamanların görecü gücünü göstererek 1,3,5,7 ve 9 simetrik bulanık üçgen sayıları kullanılabilir.

Toplam bulanık karar matrisi A 'yı toplamak için, bulanık karar matrisi X 'in uygun sütunu ile bulanık subjektif ağırlık vektörü W ile çarpılır. Böylece,

$$A = \begin{bmatrix} w_1 \otimes x_{11} & w_2 \otimes x_{21} & \dots & w_n \otimes x_{1n} \\ w_1 \otimes x_{21} & w_2 \otimes x_{22} & \dots & w_n \otimes x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \otimes x_{n1} & w_2 \otimes x_{n2} & \dots & w_n \otimes x_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.32)$$

Güven aritmetik ve α – kesim kullanarak bulanık sayı çarpımı ve toplamı yapılır, ve eşitlik 4.33 elde edilir,

$$A_\alpha = \begin{bmatrix} [a_{11l}^\alpha, a_{11u}^\alpha] & \dots & [a_{1nl}^\alpha, a_{1nu}^\alpha] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [a_{n1l}^\alpha, a_{n1u}^\alpha] & \dots & [a_{nnl}^\alpha, a_{nnu}^\alpha] \end{bmatrix} \quad (4.33)$$

$a_{ijl}^\alpha = w_{il}^\alpha x_{ijl}^\alpha$, $a_{iju}^\alpha = w_{iu}^\alpha x_{iju}^\alpha$, tüm i, j ve $0 < \alpha \leq 1$ için geçerlidir.

Şimdi karar A 'nın memnuniyet derecesi tahmin edilecektir. α sabitken, bir karar vericinin iyimserlik derecesi ile λ iyimserlik endeksi kurulacaktır. Daha büyük bir λ , iyimserlik daha yüksek bir derece gösterir. İyimserlik endeksi, doğrusal dışbükey bileşimdir ve eşitlik (4.34)'teki gibi açıklanır:

$$a_{ij}^\alpha = (1 - \lambda)a_{ijl}^\alpha + \lambda a_{iju}^\alpha, \quad \forall \lambda \in [0,1] \quad (4.34)$$

Böylece,

$$A_\alpha = \begin{bmatrix} a_{11}^\alpha & a_{12}^\alpha & \dots & a_{1n}^\alpha \\ a_{21}^\alpha & a_{22}^\alpha & \dots & a_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^\alpha & a_{n2}^\alpha & \dots & a_{nn}^\alpha \end{bmatrix} \quad (4.35)$$

A , tam karar matrisidir.

Entropi, ilk olarak eşitlik (4.36)'nın ve eşitlik (4.37)'nin entropi formülü görelî frekansını kullanarak hesaplanmalı, yani,

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{s_1} & \frac{a_{12}}{s_1} & \dots & \frac{a_{1n}}{s_1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{s_n} & \frac{a_{n2}}{s_n} & \dots & \frac{a_{nn}}{s_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.36)$$

Burada

$$S_k = \sum_{j=1}^n a_{kj}$$

Entropiyi hesaplamak için bu eşitliği kullanabiliriz,

$$\begin{aligned}
H_1 &= - \sum_{j=1}^n (f_{1j}) \log_2(f_{1j}) \\
H_2 &= - \sum_{j=1}^n (f_{2j}) \log_2(f_{2j}) \\
&\vdots \\
H_n &= - \sum_{j=1}^n (f_{nj}) \log_2(f_{nj})
\end{aligned} \tag{4.37}$$

Burada H_i , i . entropi değeridir.

Entropi ağırlıkları eşitlik (4.38)'deki formül kullanılarak hesaplanır,

$$H_i = \frac{H_i}{\sum_{j=1}^n H_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{4.38}$$

4.2.2. Tutarlılık endeksinin ve tutarlılık oranının hesaplaması

Saaty (1980)'nin AHP metodolojisi, her bir karşılaştırma matrisinde kararlar içinde herhangi tutarsızlığı ölçmek için tutarlılık endeksinin sağlar. Endeks, hedeflerin uygun bir sırada sıralanıp sıralanmayacağını ve ikili karşılaştırma matrisinde nasıl tutarlı olduğunu göstermede kullanılabilir. Bu araştırma içinde, üçgen bulanık sayının durulaştırma yöntemi, bulanık karşılaştırma matrisini belirgin matrise dönüştürmede kullanıldı [62].

Karşılaştırma matrisinde tutarlılık endeksinin- CI eşitlik (4.39) ile tutarlılık oranının- CR eşitlik (4.40) ile hesaplanması şu şekildedir:

$$CI = \frac{(\lambda_{enb} - n)}{(n - 1)} \tag{4.39}$$

$$CR = \left(\frac{CI}{RI(n)} \right) \times \%100 \tag{4.40}$$

λ_{enb} , karşılaştırma matrisinin en büyük özvektörü; n , matrisin boyutu ve $RI(n)$, n 'ye dayanan rassallık endeksidir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı boyutlardaki matrislerin (*RI*) tutarlılık endeksi [63]

n	3	4	5	6	7	8	9
RI(n)	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Eğer ikili matrisin hesaplanan *CR*'si %10'dan azsa, ikili kararı tutarlılığın kabul edilebilir. Aksi takdirde, uzmanlar tarafından ifade edilen kararların tutarsız olduğu düşünülür ve karar verici ikili matrisi tekrarlamak zorundadır [62].

$M = (l, m, u)$ olarak ifade edilen üçgen bulanık sayısı, eşitlik (4.41) ile belirgin bir sayıya durulaştırılır:

$$M = \frac{(4m + l + u)}{6} \quad (4.41)$$

Özet olarak, bulanık hiyerarşi modelinin adımları aşağıda verilmiştir [63]:

1. Belirgin ikili değerlendirme matrisini elde etme
2. Normal (belirgin) ikili karşılaştırma matrisini elde etme
3. Bulanık ikili karşılaştırma matrisi için belirgin ikili karşılaştırma matrisini bulanıklaştırma
4. Performans sıralama için bulanık analiz
5. Bulanık tutarlılık testi uygulama
6. Hiyerarşiden ağırlık çarpımı
7. Karar vericinin güveninin belirsizliğini belirlemek için α – kesim analizi
8. Karar vericinin niteliğini belirlemek için durulaştırma
9. Etki tablosunu normalize etme
10. Normalize edilen bulanık matrisin genel ağırlığını bulma
11. Tam hiyerarşinin genel sıralamasını bulma
12. Duyarlılık analizini uygulama

Bulanık hiyerarşi modelinin akış şeması Ek Açıklamalar-B'de verilmiştir [64].

4.3. Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV)

Bellman ve Zadeh [65], bulanık bir çevrede Karar Verme (KV) problemini ilk araştıranlardır ve Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV) hakkında bilgi vermişlerdir. BÇÖKV'nin süreci ve yöntemi aşağıdaki gibidir:

- a. Alternatifleri Ölçme:** “Çok iyi”, “İyi”, “Orta”, “Kötü”, “Çok kötü” gibi ifadelerle ölçüt performansı kanıtlamak için dilsel değerlerin ölçümü oluşturulduktan sonra, değerlendiricilere subjektif kararlarını yönetmeleri sorulur ve her bir dilsel değer Şekil 6.1’de gösterildiği gibi 0-100 ölçekli Üçgen Bulanık Sayı (ÜBS) ile gösterilir. Buna ek olarak, karar vericiler dilsel değerlerin kişisel oranlarını atayabilir. j ölçütünün i alternatifine karşı k değerlendiricinin bulanık performans değeri \tilde{E}_{ij}^k ile gösterilsin ve değerlendirme ölçütlerinin hepsi $\tilde{E}_{ij}^k = (LE_{ij}^k, ME_{ij}^k, UE_{ij}^k)$ ile gösterilecektir. Her bir değerlendiricinin algısı tecrübe ve bilgisine göre değiştiği için ve dilsel değişkenlerinin ifadesi de değiştiği için m tane değerlendiricinin bulanık karar değerlerini bütünleştirmek için ortalama değer ifadesi kullanılır;

$$\tilde{E}_{ij} = (1/m) \otimes (\tilde{E}_{ij}^1 \oplus \tilde{E}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{E}_{ij}^m) \quad (4.42)$$

\otimes işareti, bulanık çarpımı; \oplus işareti, bulanık toplamı ifade eder. $\tilde{E}_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij})$ 'deki gibi üçgen bulanık sayı olarak gösterilen karar vericilerin kararının ortalama bulanık sayısını gösterir. LE_{ij} , ME_{ij} , UE_{ij} değerleri Buckley [66]'nın ileri sürdüğü yöntem kullanılarak çözülür.

$$LE_{ij} = (\sum_{k=1}^m LE_{ij}^k) / m, ME_{ij} = (\sum_{k=1}^m ME_{ij}^k) / m, UE_{ij} = (\sum_{k=1}^m UE_{ij}^k) / m \quad (4.43)$$

- b. Bulanık Sentetik Karar:** Bulanık AHP tarafından üretilen her bir ölçütün \tilde{w}_j ağırlığına göre, ölçüt ağırlık vektörü $\tilde{w} = (\tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_j, \dots, \tilde{w}_n)^t$ elde edilebilir. Her bir alternatifin bulanık performans değeri \tilde{E} , n ölçütlü her bir alternatifin bulanık performans değerinden elde edilir, başka bir ifade ile $\tilde{E} = \tilde{E}_{ij}$. Ölçüt ağırlık vektörü \tilde{w} 'den ve bulanık performans değeri \tilde{E} 'den son bulanık sentetik karar elde edilir ve elde edilen sonuç bulanık sentetik karar matrisi \tilde{R} olacaktır.

$$\tilde{R} = \tilde{E} \circ \tilde{w} \quad (4.44)$$

\circ işareti, bulanık toplam ve bulanık çarpım dahil bulanık sayı hesaplamasını gösterir. Bulanık çarpım hesabı oldukça karmaşık olduğu için, genellikle bulanık çarpımın yaklaşık çarpma sonucu ile ifade edilir. Yaklaşık bulanık sayı $\tilde{R}_i =$

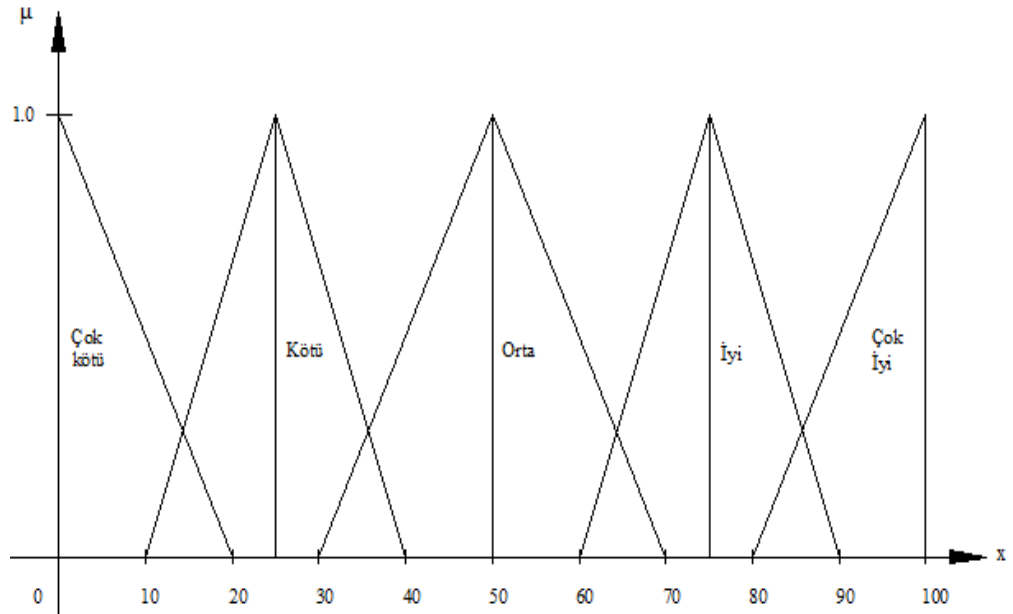
(LR_i, MR_i, UR_i) ifadesinde LR_i, MR_i ve UR_i sırasıyla i alternatifinin alt, orta ve üst sentetik performans değeridir. Eşitlik (4.45) ile hesaplanır;

$$LR_i = \sum_{j=1}^n LE_{ij} \times L \tilde{w}_j, \quad MR_i = \sum_{j=1}^n ME_{ij} \times M \tilde{w}_j, \quad UR_i = \sum_{j=1}^n UE_{ij} \times U \tilde{w}_j \quad (4.45)$$

- c. Bulanık Sayıyı Sıralama:** Her bir alternatiften elde edilen bulanık sentetik kararın sonucu, bulanık bir sayıdır. Bu nedenle, her bir adayın karşılaştırılmasıyla elde edilen bulanık sayılar için bulanık olmayan sıralama yöntemi gereklidir. Başka bir ifadeyle, durulaştırma prosedürü, En İyi Bulanık Olmayan Performans değerini (Best Nonfuzzy Performance-BNP) belirlemektir. Bu tip bulanık olmayan sıralama yöntemi genellikle ortalama maksimum (mean of maximal-MOM), alanın merkezi (center of area-COA) ve α – kesme’yi içerir. BNP’yi çözmek için COA’yı kullanmak pratik bir yöntemdir. Bulanık sayı \tilde{R}_i ’nin BNP değeri aşağıdaki eşitlikle bulunabilir:

$$BNP_i = \frac{[(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)]}{3} + LR_i \quad \forall_i \quad (4.46)$$

Her bir alternatif için üretilen BNP değerine göre, adayların her birinin sıralaması Şekil 4.5’te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Alternatiflerin performans değerinin ölçmek için dilsel değerlerin üyelik fonksiyonunun örneği

4.4. Bulanık TOPSIS

Bu bölümde Chen [67] tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi üzerinde durulacaktır. Bulanık TOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda karar vermede kullanılan, dilsel değişkenlerle yapılan değerlendirmelere üyelik fonksiyonu vererek sayısal hale getiren ve algoritması yardımıyla alternatifleri değerlendirme imkanı sunan bir karar aracıdır. Bulanık TOPSIS yönteminde, alternatiflerin yakınlık katsayıları hesaplanarak sıralama yapılır. Yakınlık katsayıları 0 ile 1 arasında değer alır. Sonuç 1'e ne kadar yakınsa alternatifin seçilme ihtimali o kadar artar. Bulanık TOPSIS yönteminin temelini, seçilen alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözüme (BPİÇ) en yakın, Bulanık Negatif İdeal Çözüme (BNİÇ) ise en uzak mesafede olması oluşturur. En belirgin özelliği ise karar ölçütlerinin farklı önem ağırlığına sahip olabilmelerine imkan tanımasıdır.

Bulanık TOPSIS yönteminin algoritması şöyledir [67]:

Karar vericiler dilsel değişkenleri kullanarak karar ölçütlerinin önem düzeyini belirlerler ve bu ölçütlere göre alternatifleri değerlendirirler. Değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler ile bu değişkenlerin üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları Çizelge 4.4 ve 4.5'deki gibidir.

Çizelge 4.4. Ölçütlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ile üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları

Dilsel değişkenler	Üçgen bulanık sayı
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1,0.3,0.5)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1,1)

Çizelge 4.5. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ile üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları

Dilsel değişkenler	Üçgen bulanık sayı
Çok Zayıf (ÇZ)	(0,0,1)
Zayıf (Z)	(0,1,3)
Orta Zayıf (OZ)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta iyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok iyi (Çİ)	(9,10,10)

K tane karar vericiden oluşan, w_j^K 'nin K 'ıncı karar vericinin değerlendirdiği karar ölçütünün önem ağırlığını, x_{ij}^K 'nin ise alternatifin ölçüt değerini (rating) gösterdiği bir grupta karar ölçütlerinin önem ağırlıkları ve alternatiflerin ölçüt değerleri sırasıyla eşitlik (4.47) ve (4.48)'deki formüllerle hesaplanır:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \dots (+) \tilde{w}_j^K] \quad (4.47)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+) \tilde{x}_{ij}^2(+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^K] \quad (4.48)$$

Bir BÇÖKV probleminin matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_n].$$

Burada \tilde{x}_{ij} ($\forall i, j$) ve \tilde{w}_j $j = (1, 2, \dots, n)$ dilsel değişkenler, \tilde{D} bulanık karar matrisi, \tilde{W} ise bulanık ağırlıklar matrisidir. Dilsel değişkenler $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ olarak üçgen sayılarla ifade edilebilir.

Bulanık karar matrisi kullanılarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matris \tilde{R} ile gösterilir ve

$$\tilde{R} = [r_{ij}]_{m \times n} \quad (4.49)$$

şeklinde oluşturulur. Diğer bir ifadeyle B ve C fayda ve maliyet ölçütleri olmak üzere:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (j \in B)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C, \quad a_j^- = \text{enk}_i a_{ij} \quad (j \in C) \quad (4.50)$$

şeklinde hesaplanır. Burada, $r_{ij}, (\forall i, j)$ normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Her bir karar ölçütünün farklı önem ağırlığını göz önünde bulunduran ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

şeklinde oluşturulur. Burada,

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$$

formülüyle hesaplanır.

Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ, A^*) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ, A^-),

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*),$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-),$$

ile tanımlanır. $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak kabul edilir.

Her bir alternatifin BPİÇ ve BNİÇ'ten uzaklığı sırasıyla,

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.51)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.52)$$

formülleri kullanılarak hesaplanır. Burada $d(\dots)$ iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir ve uzaklık, tepe noktası yöntemi kullanılarak bulunur.

Tanım: (Tepe Noktası Yöntemi)

$\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ iki üçgen bulanık sayı olarak tanımlanırsa, bu iki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafeyi hesaplamada tanımlanan yönteme “tepe noktası yöntemi” denir. Eşitlik (4.53) ile formül hesaplanır [68]:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (4.53)$$

Uzaklıkların bulunmasının ardından alternatiflerin yakınlık katsayıları,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.54)$$

formülü kullanılarak hesaplanır. Yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakınsa alternatifin elde edilme şansı o kadar artar.

Her alternatifin değerlendirme durumunu belirleyebilmek için [0,1] aralığı beş alt aralığa bölünerek, her bir aralık için sözel değişkenler tanımlanmıştır. Beş sınıfa ait karar kuralları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Kabul koşulları [69]

Yakınlık katsayısı (CC_i)	Değerlendirme durumu
$CC_i \in [0, 0.2)$	Tavsiye edilmez
$CC_i \in [0.2, 0.4)$	Yüksek risk ile tavsiye edilir
$CC_i \in [0.4, 0.6)$	Düşük risk ile tavsiye edilir
$CC_i \in [0.6, 0.8)$	Kabul edilir
$CC_i \in [0.8, 1.0)$	Kabul edilir ve tercih edilir

Verilen bilgiler çerçevesinde Bulanık TOPSIS yönteminin algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir [70].

Adım 1: Ölçütler ve kriterlerin ağırlıkları için uygun dilsel değişkenlerle ($\tilde{w}_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$) ilgili alternatifler için dilsel ölçütler ($\tilde{x}_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$) seçilir. Bulanık dilsel ölçüt (\tilde{x}_{ij}), [0,1]'e ait normalize edilmiş üçgen bulanık sayıların oranlarının özelliğini korur.

Adım 2: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 3: Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir.

Adım 4: Her bir alternatifin BPIÇ ve BNICİ'ten uzaklığı hesaplanır.

Adım 5: Her alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanır.

Adım 6: Öncelik sırası belirlenir. Maksimum CC_i^* 'li alternatif seçilir ya da alternatifler CC_i^* 'ye göre azalan sıraya göre sıralanır.

BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin her ikisi de personel seçim problemini ve diğer çok ölçütlü karar problemlerini ele almak için uygun yöntemlerdir. Fakat bu iki yöntemin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir [71]:

- Bu iki yöntem yapılması gereken hesaplama miktarına göre karşılaştırıldığında BAHP yöntemi, Bulanık TOPSIS yöntemine göre daha karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir.

- BAHP yönteminde karar vericiden ölçütleri ve alternatifleri değerlendirmede ikili karşılaştırmalar yapması istenirken, Bulanık TOPSIS yönteminde ikili karşılaştırmalara ihtiyaç duyulmamaktadır.
- BAHP’de karar vericiden bir ölçütün diğer ölçüte göre göreceli önemi ya da bir alternatifi diğer alternatife göre tercih etme düzeyi hakkında yargıda bulunması istenmektedir. Fakat alternatif ya da ölçüt sayısı arttıkça ikili karşılaştırma süreci, karar verici açısından sıkıcı bir hal almaya başlamakta ve tutarsızlık riski de artmaktadır [72].
- TOPSIS yönteminde, optimal olmayan bir alternatifin karar sürecine dâhil edilmesi durumunda alternatifler arasındaki sıralamanın değişme riski azdır. BAHP yönteminde ise karar verme sürecine optimal olmayan bir alternatif eklendiğinde sıralama değişebilmektedir.
- Bulanık TOPSIS yöntemi tek aşamalı hiyerarşileri ele almada etkin bir yöntem iken BAHP yöntemi ile karmaşık hiyerarşik yapıya sahip problemler ele alınabilmektedir [72]. Fakat Kahraman ve diğ. [73,74] karmaşık hiyerarşileri de dikkate alabilen hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemini geliştirmişlerdir.
- Chang (1996) tarafından önerilen Genişletilmiş BAHP yönteminde ölçütlerin ve alternatiflerin öncelik ağırlıkları sıfıra eşit çıkabilmektedir. Bu da bu ölçüt veya alternatifin karar analizi sırasında dikkate alınmayacağını gösterir. Eğer karar ölçütü veya alternatif dikkate alınmayacaksa başlangıçta bulanık karar matrisinde değerlendirmeye alınmaması daha uygun olacaktır [75].
- Ayrıca Chang (1996) tarafından önerilen Genişletilmiş BAHP yönteminin algoritması sözel değişken değerleri olarak üçgen bulanık sayıların kullanılmasına uygunken, Bulanık TOPSIS yönteminde hem üçgen hem de yamuk bulanık sayılar kullanılabilir.
- Bulanık TOPSIS yöntemi alternatifleri sıralarken pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları dikkate almaktadır. BAHP yönteminde ise ikili karşılaştırmalara dayanan sentez değerleri hesaplanarak alternatiflerin öncelikleri belirlenmektedir.
- Bulanık TOPSIS ve BAHP yöntemlerinin ikisi de karar verme sürecine sözel değişkenlerin dâhil edilmesine izin vermektedir.
- BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinde karar verici sözel değişkenler yardımıyla alternatifleri ve ölçütleri değerlendirirken kendisiyle tutarlı olduğu sürece benzer sonuçlar elde edilecektir.

5. PERSONEL SEÇİM SÜRECİ

Personel seçimi, bugünkü çevresel koşullar düşünüldüğünde uygun pozisyon için işletme hedeflerine uygun kişi ya da kişilerin organizasyonun aday listesinden seçilme sürecidir [76].

Personel seçimi, insan kaynakları yönetiminin dört temel sürecinden birini oluşturur. Diğer fonksiyonlar ise ücret, tahmin ve geliştirmedir [77].

Bireyler farklı yapıya, düşünceye, davranışa, meraka ve yeteneklere sahiptirler. Buna karşılık işletmede yapılan işler arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Amaç, bu işlerle farklı yapıya sahip bireyler arasında bir uyumun sağlanmasıdır. Bu konuda gösterilecek çabalar, işgörenin işletmeye alımı sırasında başlar. Gerçekte işgören bulma ve seçme, işletme faaliyetlerinin etkin bir biçimde yürütülmesinin ve insan kaynakları yönetimi işlevlerinin yerine getirilmesinin ön koşuludur. İşgücü seçimindeki başarı veya isabetli karar verme, diğer işlevlerin yerine getirilmesindeki başarıyı etkileyici bir role sahiptir. Bu konuda yapılacak hataların sonradan düzeltilmesi oldukça güçtür. Bazı hataların soyutlanması mümkün olsa bile, bu büyük para ve zaman kaybına yol açacaktır.

İşgücü seçimi faaliyetlerinin amacı, elaman alınacak görevin gerektirdiği niteliklere uygun özellikler ve yetenekler taşıyan işgörenlerin saptanmasıdır. Başka bir deyişle, iş ile işgören arasında bir uyumun sağlanmasıdır.

İşgücü seçim süreci, iş için başvuran kişiler hakkında anlamlı bilgiler toplanması amacıyla çeşitli yöntem ve araçlar kullanılması ve söz konusu bilgilerle iş şartnamesinde belirtilen gerekler arasında bir uygunluğun aranmasını yansıtır. Bu süreç, aynı zamanda, aday ve adaylar hakkında bilgiler elde edilmesine yardımcı olacak yöntemler serisidir [78].

Organizasyon, ölçütleri ve bireylerin iş ve organizasyonun başarılarına sahip olmak zorunda olduğu seviyeleri belirlemek zorundadır. Bu ölçütler, kişisel karakteristikler, eğitim, tecrübe ve fiziksel karakteristikler olmak üzere dört alt kategoriye ayrılır.

Kişisel karakteristikler, medeni hal, cinsiyet, yaş, bazı özel yetenekler ve özellikleri içerir. Kişilik tipi de bu kategori için düşünülür. Farklı işler ve çalışanlar için, resmi eğitim ölçütü, özellikle üniversite derecesi, şart olarak kullanılabilir. Örneğin, açık yönetim pozisyonu için, çalışana pozisyon ihtiyaçlarına dayanan özel üniversite diploması sorulabilir. Çalışanlardan belirli üniversite ya da enstitüden diploma tercih edilebilse bile, adayları elemeye mezuniyet derecesini de düşünebilirler. Ölçütlerin bir başka kategorisi, geçmiş performansı

içeren tecrübedir. Bir adayın tecrübesi ya da geçmiş performansı, gelecek performansının göstergesi olarak düşünülebilir. Fiziksel karakteristik, pozisyonun etkililiği ile direkt bir şekilde ilgili olup olmadığıyla ilgili seçim ölçütüdür. Örneğin, güzellik modeller için önemli iken uzunluk da güvenlik firmaları tarafından tercih edilen bir özelliktir. Personel seçim sürecinin aşamaları Şekil 5.1’de gösterilmektedir.

5.1. Başlangıç görüşmesi

İşletmeler, genellikle, adayların iş için bizzat başvurmalarını istemektedir. Başvurularının kabulünden sonra, adaylarla insan kaynakları biriminden bir yetkili arasında bir ön görüşme veya başlangıç görüşmesi yapılır. Bu ön görüşme oldukça kısadır ve somut olarak işin gereklerine uymayanların ayıklanmaları amaçlanmaktadır [78]. Örneğin, pozisyon sürücü belgesi gibi özel bir sertifika gerektirebilir; röportajcı adayın sürücü belgesine sahip olup olmadığını bilmek isteyebilir. Eğer aday sürücü belgesine sahip değilse, reddedilmektedir [79].

Ön görüşme mülakatları işi ayrıntılı tanımlama yönünden İnsan Kaynakları Yönetimi için önemli bir fırsattır. Böylece adayların başvurdukları işte ciddi olup olmadıkları belirlenebilir. Telefon mülakatları ön görüşme mülakatlarını yapmak için etkili bir yoldur. İnsan Kaynakları Yönetimi telefonda ön görüşme mülakatını kısa tutmayı hatırlatmaya ihtiyaç duyar. Telefonla ön görüşmede adayın özgeçmişinde ve başvuru formundaki tecrübesini tartışmayı, sesindeki enerji ve coşkuyu dinlemeyi önerir [79].

5.2. Başvuru formunu doldurma

Çoğu örgütler, iş istek belgesi denilen başvuru formunun doldurulmasını isterler. Çünkü, bu form, başvuru sahibi hakkında bir seri bilgi elde etmeye yönelik oldukça hızlı ve sistemli bir yaklaşım sağlar. Başvuru formları, adayın kimliğini (isim, adres, telefon numarası, cinsiyet, yaş, ağırlık ve boy gibi) belirlemek ve onun işe uygunluğu hakkında başlangıç kabilinden sonuç çıkarmak amacıyla yeterli bilgi elde etmek için kullanılan formlardır.

Bugün, birçok firma adaylar tarafından doldurulan başvuru formlarının yer aldığı bilgisayarlara sahipler ve başvuru formlarının doldurulmasında ve kaydedilmesinde interneti kullanmaktadırlar.

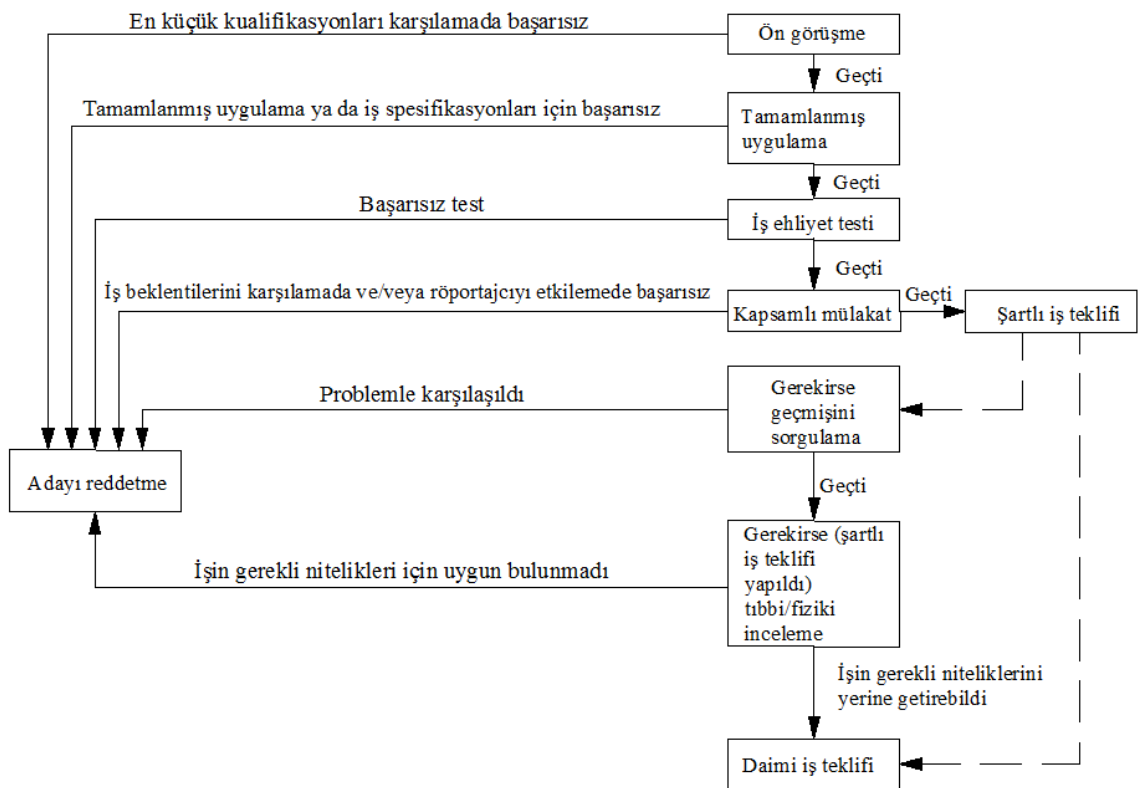
5.3. Psikolojik testler

Bu testlerin en yaygın kullanım alanı işgücü seçimidir. Testlerin kullanılma derecesi ve yine onlara verilen önem, işlerin türlerine ve işverene bağlı olarak değişiklik gösterir. İş görüşmesi aracı ile karşılaştırıldığı zaman, testlerin en önemli üstünlüklerinden birisi, onların

nesnel oluşlarıdır. Örneğin bir bireyin ne yapabileceğinin tahmin edilmesi, belirli bir iş için oluşturulan ve seçilen kabiliyet testleriyle daha etkili bir biçimde yapılabilmektedir.

5.4. İş görüşmesi(Mülakat)

Görüşme, daha önceki aşamalardan geçen adayın, işe uygun olup olmadığını veya istihdam edileceği işte başarı gösterip göstermeyeceğini tahmin etmek ve bu amaçla önceki değerlendirmelere ek olarak, daha değişik bilgiler elde etmek için adayla görüşmeyi yürüten kişi arasında yapılan yüz-yüze konuşmadır.



Şekil 5.1. Personel seçim süreci aşamaları [79]

Görüşmeci, başvuru formundan, ön görüşmeden, testlerden ve adayın geçmişi araştırılmışsa bu araştırmadan elde edilen verileri, adayın iş için uygunluğu hakkında bir karara ulaşmak için görüşme sırasındaki kendi izlenim ve gözlemleriyle bütünleştirilebilir.

5.5. Geçmişin araştırılması (Referansların denetimi)

Adayın verdiği bilgilerin yeterli olmaması durumunda; işletmeler, adayların daha önce çalıştıkları işyerlerinin sahiplerinden, son olarak mezun oldukları okulların yönetimlerinden veya öğretim üyesi ve öğretmenlerden ve adayları her hangi bir biçimde tanıyan diğer kişilerden

adayların karakterleri, çalışma durumları ve öğrenim sırasındaki öğrencilik durumları hakkında bilgi alırlar ya da adayın verdiği bilgilerin doğruluğu araştırılır. Bu bilgiler daha sonra başvuru formunda belirtilenlerle ve görüşmelerde elde edilenlerle karşılaştırılır.

5.6. Ön seçim: İlk amirin onayının alınması

İlk amir, işi daha iyi tanımakta ve biriminde çalışan diğer işgörenlerin uyum durumlarını ve yapılarını yakından bilmektedir. İşe alınacak kişinin çalışmasından, başarısından bizzat sorumlu tutulacaktır. Bu nedenlerle ilk amir aşılmayarak, görüşü alınmalı ve aday hakkında elde edilen bilgiler kendisine sunulmalıdır. Hatta amir, alınacak kişiyle görüştürülebilir.

5.7. Bedensel (tıbbi) muayene

İstihdam öncesi bedensel veya tıbbi muayene, masraflı olması ve kiralamadan hemen önce yapılması nedeniyle seçim sürecinin son aşamalarından birisidir. Bir örgüt kendi sağlık ekibine ve laboratuvar olanaklarına sahipse, görme, işitme vb. muayeneler hemen yapılabilir. Örgüt bu olanaklara sahip değilse, masrafını karşılamak koşuluyla çevrede bulunan sağlık kuruluşlarında adayların muayenelerini gerçekleştirebilir.

5.8. Son seçim: İşe alma kararları

Personel seçim sürecinin yukarıda yer verilen aşamalardan başarıyla geçen veya reddedilmeyen adaylar için işe alınmaları konusunda son kararın verilmesi gerekir. Söz konusu aşamalarda yapılan değerlendirmelerde olumlu sonuçlar alınan adayların sayısı ihtiyaç duyulandan fazla olabilir. Bu bakımdan kimlerin alınacağına bu aşamada kesin karar verilmelidir. Karar alma, önemli ve güç bir işlemdir, fakat olayı bu noktaya getiren aşamaların etkinlik derecesi, karar almayı kolaylaştıracaktır.

5.9. İşe yerleştirme

Bu aşamada, yönlendirme ve iş-başında eğitim başlayacaktır. Amirin yeni işgöreni işe alıştırmaya ve eğitime işini etkili bir biçimde yapabilmesi için, onun seçim süreci sırasında geliştirilen dosyanın ilgili kısımlarını incelemesi gerekir. Böylece amir, işe yeni girenler hakkında gerekli bilgileri öğrenir ve işe alıştırmaya programını yürütür [78].

6. BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSİ SEÇİMİ AŞAMALARI VE UYGULAMASI

Yan sanayi, genel olarak çalıştıkları ana sanayi müşterilerine bağımlı bir sanayi koludur. Yan sanayide faaliyet gösteren firmaların büyük bölümü KOBİ özelliğindedir. Yan sanayilerin bağımlı oldukları sanayi kollarının bazıları, taşıt araçları imalat, dayanıklı tüketim malları, makine imalat, elektrik, elektronik, elektromekanik ve savunma sanayileridir. Bu sanayi kollarının içinde kurumsallaşmış ve sağlıklı bilgi bulunabilen sektörlerden birisi otomotiv yan sanayidir.

6.1. Problemin Tanımı

Personel seçimi, insan kaynakları bölümünün önemli aşamalarından biridir. Uygun işe uygun çalışanı adaletli bir şekilde seçebilmek için çok ölçütlü karar verme tekniğine başvurulmuştur. Seçim yapılacak iş ya da pozisyon için adaydan beklenen ölçütler ve bu ölçütlerin göreceli ağırlıkları bir ya da birden fazla karar verici tarafından belirlenerek seçim yapılmıştır. Böylece her karar vericinin kendine göre önemli gördüğü ağırlık belirlenebilir.

Bu çalışmada, işletmelerin sıklıkla karşılaştığı Endüstri Mühendislerinin seçimi probleminin çözümü için adayları yetiştiren Endüstri Mühendisliği Bölümleri ile talep eden firmaların işbirliğini sağlayacak bir bulanık çok ölçütlü karar verme süreci tanımlanmış ve bir otomotiv yan sanayi firmasında uygulanmıştır. Önerilen BÇÖKV sürecini daha anlaşılır hale getirmek için, ilgili süreç aşama aşama sunulmuştur:

Aşama 1.Ön görüşme: Değerlendirme ve seçim hiyerarşisi oluşturulmuş ve firmanın stratejik hedefi dikkate alınarak seçim hiyerarşisi ve ölçütleri oluşturulmuştur.

Aşama 2. Özgeçmiş değerlendirme: Belirli bir süre zarfında mülakat yapılacağı için çok sayıda bulunan aday sayısını az sayıya indirmeye çalışılmıştır. Bunun için bölüm derslerine en fazla giren öğretim üyesinden öğrencilerin performanslarına ve başarılarına göre rastgele on öğrenci belirlemesi istenmiştir. Bu on öğrenci ile görüşüldükten ve durum izah edildikten sonra onlardan özgeçmiş hazırlamaları ve özgeçmişlerini belirlenen güne kadar getirmeleri istenmiştir. Gelen özgeçmişler bulanık AHP ve BÇÖKV yöntemi ile değerlendirmeye alınarak beş öğrenciye indirgenmiştir. Özgeçmiş değerlendirmede iki karar verici mevcuttur. Bu karar vericiler öğretim elemanlarıdır.

Aşama 3. Endüstri Mühendisi seçimi: Endüstri Mühendisi seçimi yapılmıştır. Belirlenen beş öğrenciye firmanın da dikkate aldığı “Otomotiv Sanayi’inde Yalın Üretim” konusu

verilmiştir ve bu konu hakkında en fazla yirmi dakikalık sunum hazırlamaları istenmiştir. Belirlenen gün, saat ve yerde öğrencilerin sunumları karar vericiler tarafından dinlenerek ve arada sorulan sorular ile öğrencilerin tepkisi ölçülerek değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen bu anketlere ve performans değerlendirme tablolarına bulanık AHP ve BÇÖKV teknikleri uygulanmıştır. Bulanık AHP ile ölçüt ağırlıkları belirlenmiş, BÇÖKV ile en uygun aday seçilmiştir. Endüstri Mühendisliği seçiminde üç karar verici mevcuttur. Bu karar vericiler fabrika müdürü, idari işler ve personel sorumlusu ve öğretim üyesidir.

Aşama 4. Duyarlılık analizi: Adayların sıralamasının karar verici ağırlıklarına ve ölçüt ağırlıklarına göre değişimleri incelenmiştir. Dolayısıyla hangi aday hangi ölçüt veya karar verici dikkate alınır ise daha üst sırada olduğu gözlemlenmiştir.

Aşama 5. Bulanık TOPSIS ile sonuçların karşılaştırılması: Bulanık AHP ve BÇÖKV'nin dışında bir de bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu sözel ifadenin süreç akış şeması Ek Açıklamalar-C'de gösterilmektedir.

6.2. Önerilen Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Süreci Uygulaması

6.2.1.Ön görüşme

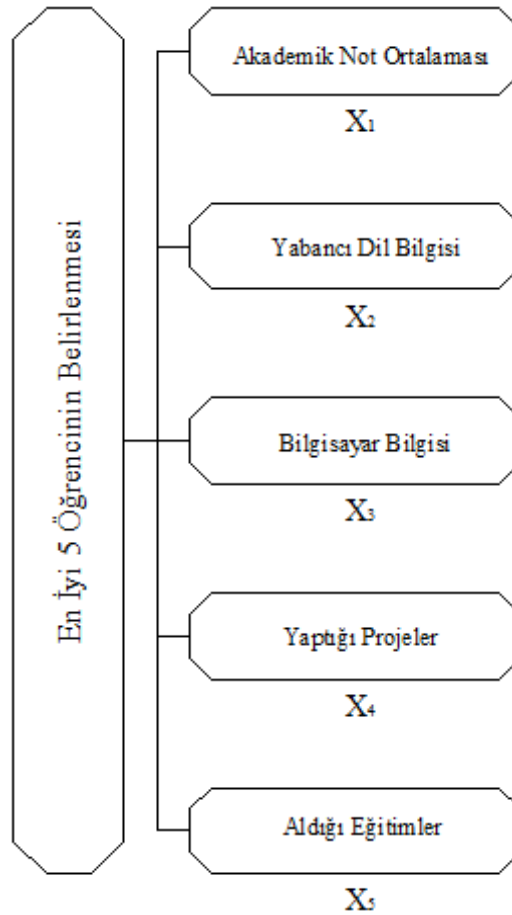
Otomotiv yan sanayi firmasına gidilerek fabrika müdürü ve idari işler ve personel sorumlusu ile görüşülmüştür. İşe alım sürecinde uyguladıkları hiyerarşi hakkında bilgi alınmıştır. Bu süreç, o zaman da ihtiyaç duyulan Endüstri Mühendis'i seçimine indirgenmiştir. İşe alımda yönetimin dikkate aldığı ölçütler, incelenen literatürdeki ölçütler ve Endüstri Mühendisliği Bölümü'ndeki bir öğretim üyesinin katkısı ile belirlenmiştir. Yönetimin nasıl bir mülakat yöntemi uyguladığı ile ilgili bilgi alınarak seçilen adaylara belirli bir konu hakkında araştırma yaparak en fazla yirmi dakikalık sunum yapmalarına karar verilmiştir.

6.2.2.Özgeçmiş değerlendirme

Dersteki performans ve başarılarına göre seçilen on öğrenciden kendilerini en iyi şekilde ifade edecek özgeçmiş ve diğer belgelerini belirlenen günün sonuna kadar getirmeleri istenmiştir. Bunun öncesinde öğrencilerle toplantı yapılarak seçim tekniği ve firma hakkında bilgi verilmiştir. Özgeçmiş değerlendirmesi ile beş öğrenciye indirgenmiştir.

6.2.2.1. Özgeçmiş değerlendirmesinde kullanılan ölçütler ve hiyerarşinin tanımlanması

Özgeçmişte ele alınacak ölçütler, akademik not ortalaması, yabancı dil bilgisi, bilgisayar bilgisi, yaptığı projeler ve aldığı farklı eğitimler olmak üzere iki karar verici tarafından belirlenmiştir. Bu ölçütler ana ölçütlerdir, bunların alt ölçütleri yoktur.



Şekil 6.1. Özgeçmiş değerlendirmede kullanılacak ölçütler

6.2.2.2. İkili karşılaştırma matrisleri ve ağırlıkları

Özgeçmiş değerlendirmede kullanılan BAHP temelli çok ölçütlü karar verme sürecinin adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1: Hiyerarşi sistemindeki ölçütlerde tüm eleman/kısıtlar arasında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Her bir iki eleman/ ölçütten hangisinin daha önemli olduğunu sorarak ikili karşılaştırma için aşağıda verildiği gibi dilsel terim atanmıştır. Burada karar verici sayısı p olsun, değerlendirilecek alternatif (aday) sayısı n olsun ve ölçüt (kriter sayısı) m olsun.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1m} & 1/a_{2m} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Burada,

$$a_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, \tilde{2}, \tilde{3}, \tilde{4}, \tilde{5}, \tilde{6}, \tilde{7}, \tilde{8}, \tilde{9} & \text{ölçüt } i, \text{ ölçüt } j' \text{ ye göre göreceli önemli,} \\ 1 & i = j, \\ \tilde{1}^{-1}, \tilde{2}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{4}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{6}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{8}^{-1}, \tilde{9}^{-1} & \text{ölçüt } i, \text{ ölçüt } j' \text{ ye göre göreceli daha az önemli.} \end{cases}$$

Adım 2: Her ölçütün bulanık ağırlığını ve bulanık geometrik ortalamasını hesaplamak için Buckley [80]'in geometrik ortalama tekniği kullanılmıştır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n}$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (6.1)$$

Burada \tilde{a}_{im} , ölçüt i 'nin ölçüt m 'ye bulanık karşılaştırma değerini; \tilde{r}_i , her ölçüt için ölçüt i 'nin bulanık karşılaştırmasının geometrik ortalamasını; \tilde{w}_i , i . ölçütün bulanık ağırlığını ifade etmektedir. \tilde{w}_i , üçgen bulanık sayı (ÜBS) ile gösterilmektedir, $\tilde{w}_i = (Lw_i, Mw_i, Uw_i)$. Burada Lw_i, Mw_i ve Uw_i , i . ölçütün bulanık ağırlığının alt, orta ve üst değerlerinin yerine geçmektedir.

Bu çalışmada, hesapsal teknik aşağıda Çizelge 6.1'de verilen bulanık sayılara dayanmaktadır.

Çizelge 6.1. Dilsel ölçeğin üyelik fonksiyonu

Bulanık Sayı	Dilsel ölçekler	Bulanık sayının ölçeği
$\tilde{1}$	Eşit önem	(1,1,1)
$\tilde{2}$	Ara değer	(1,2,3)
$\tilde{3}$	Zayıf derecede önem	(2,3,4)
$\tilde{4}$	Ara değer	(3,4,5)
$\tilde{5}$	Güçlü önem	(4,5,6)
$\tilde{6}$	Ara değer	(5,6,7)
$\tilde{7}$	Çok güçlü veya kanıtlanmış önem	(6,7,8)
$\tilde{8}$	Ara değer	(7,8,9)
$\tilde{9}$	Kesin önem	(9,9,9)

Özgeçmiş değerlendirme aşamasında iki karar verici mevcuttur. Bu karar vericiler Endüstri Mühendisi bölümü öğretim elemanlarıdır. Karar vericilerin oluşturduğu ikili karşılaştırma matrisi ve bunun sonucunda bulanık ağırlığın bulunması şu şekildedir:

(1) Karar vericilerin ikili karşılaştırma matrislerindeki “dilsel değişkenleri”, Çizelge 6.1 kullanılarak bulanık değerlere dönüştürülür ve aşağıdaki gibi ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \\
 X_1 \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} \\
 \tilde{3} & 1 & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{3} \\
 \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & 1 & 3^{-1} & \tilde{1} \\
 \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{3} & 1 & \tilde{3} \\
 \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & 1
 \end{array} \right] \\
 \text{Karar verici\#1}
 \end{array}
 &
 \begin{array}{ccccc}
 X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \\
 X_1 \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\
 \tilde{5} & 1 & \tilde{5} & \tilde{3} & \tilde{3} \\
 \tilde{1} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\
 \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & 1 & \tilde{3} \\
 \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & 1
 \end{array} \right] \\
 \text{Karar verici\#2}
 \end{array}
 \end{array}$$

(2) Matrisler, eşitlik (4.41) kullanılarak belirgin sayılara dönüştürülür ve tutarlılıkları kontrol edilir.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 & \mathbf{X}_1 & \mathbf{X}_2 & \mathbf{X}_3 & \mathbf{X}_4 & \mathbf{X}_5 \\
 \mathbf{X}_1 & \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & 0,35 & 1 & 0,35 & 1 \\
 3 & 1 & 3 & 1 & 3 \\
 1 & 0,35 & 1 & 0,35 & 1 \\
 3 & 1 & 3 & 1 & 3 \\
 1 & 0,35 & 1 & 0,35 & 1
 \end{array} \right] \\
 \mathbf{X}_2 \\
 \mathbf{X}_3 \\
 \mathbf{X}_4 \\
 \mathbf{X}_5
 \end{array}
 \end{array}$$

Karar Verici #1

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 & \mathbf{X}_1 & \mathbf{X}_2 & \mathbf{X}_3 & \mathbf{X}_4 & \mathbf{X}_5 \\
 \mathbf{X}_1 & \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & 0,2 & 1 & 0,35 & 0,35 \\
 5 & 1 & 5 & 3 & 3 \\
 1 & 0,2 & 1 & 0,35 & 0,35 \\
 3 & 0,35 & 3 & 1 & 3 \\
 3 & 0,35 & 3 & 0,35 & 1
 \end{array} \right] \\
 \mathbf{X}_2 \\
 \mathbf{X}_3 \\
 \mathbf{X}_4 \\
 \mathbf{X}_5
 \end{array}
 \end{array}$$

Karar Verici #2

Matris değerleri normalize edildiğinde aşağıdaki matrisler elde edilmiştir. Elde edilen matrislerin satır toplamları alınıp satırdaki eleman sayısına bölüldüğünde matrislerin görelî önem vektörü bulunmuştur.

$$\text{Karar verici\#1} = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 & 0,11 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0,1126 \\ 0,3312 \\ 0,1126 \\ 0,3312 \\ 0,1126 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Görelî önem vektörü ile ikili karşılaştırmalar matrisi çarpıldığında ikinci bir vektör bulunmuştur;

$$0,1126 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} + 0,3312 \begin{bmatrix} 0,35 \\ 1 \\ 0,35 \\ 1 \\ 0,35 \end{bmatrix} + \dots + 0,1126 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,57 \\ 1,68 \\ 0,57 \\ 1,68 \\ 0,57 \end{bmatrix}$$

Bulunan ikinci vektörün her bir elemanı birinci vektörde karşılık gelen elemana bölüldüğünde;

$$0,57/0,1126 = 5,06 \qquad 1,68/0,3312 = 5,06$$

$$1,68/0,3312 = 5,06 \qquad 0,57/0,1126 = 5,06$$

$$0,57/0,1126 = 5,06 \text{ elde edilmiştir.}$$

Bu değerlerin ortalaması λ_{enb} değerini verir;

$$\lambda_{enb} = \frac{(5,06 + 5,06 + 5,06 + 5,06 + 5,06)}{5} = 5,0593$$

Buradan tutarlılık indeksi (CI);

$$CI = \frac{\lambda_{enb} - n}{n - 1} = \frac{5,0593 - 5}{5 - 1} = 0,014824$$

Tutarlılık indeksi (CR)=0,01324 \leq 0,10 olduğu için karar verici#1'in matrisi tutarlıdır.

Aynı işlemler karar verici#2'nin matrisinin tutarlılığı için de yapılmış ve tutarlılık indeksi (CR)=0,05974 \leq 0,10 olarak bulunmuştur ve bu durumda karar verici#2'in matrisinin de tutarlı olduğu görülmüştür.

(3) Buckley [80]'in önerdiği geometrik ortalama yöntemi kullanılarak sentetik ikili karşılaştırma matrisi hesaplanmıştır, $\tilde{a}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2)^{1/2}$. \tilde{a}_{12} için hesaplama yapılırsa;

$$\begin{aligned}\tilde{a}_{12} &= \left(\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2} \right) \otimes \left(\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4} \right) \right)^{1/2} \\ &= \left(\left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{6} \right)^{1/2}, \left(\frac{1}{3} \times \frac{1}{5} \right)^{1/2}, \left(\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \right)^{1/2} \right) \\ &= (0.2062, 0.2608, 0.3536) \text{ elde edilir.}\end{aligned}$$

Diğer tüm matris elemanları için de aynı işlemler yapılır ve aşağıdaki matris elde edilir:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	(1 1 1)	(0,2062 0,261 0,3536)	(1 1 1)	(0,25 0,34 0,5)	(0,5 0,583 0,7072)
X_2	(2,8285 3,873 4,899)	(1 1 1)	(2,8285 3,873 4,899)	(1,4143 1,7321 2)	(2 3 4)
X_3	(1 1 1)	(0,2062 0,261 0,3536)	(1 1 1)	(0,25 0,34 0,5)	(0,5 0,583 0,7072)
X_4	(2 3 4)	(0,5 0,583 0,7072)	(2 3 4)	(1 1 1)	(2 3 4)
X_5	(1,4143 1,732 2)	(0,25 0,34 0,5)	(1,4143 1,732 2)	(0,25 0,34 0,5)	(1 1 1)

(4) Eşitlik 6.1 kullanılarak ölçütlerin bulanık ağırlıkları hesaplanır;

$$\begin{aligned}\tilde{r}_1 &= (\tilde{a}_{11} \otimes \tilde{a}_{12} \otimes \tilde{a}_{13} \otimes \tilde{a}_{14} \otimes \tilde{a}_{15})^{1/5} \\ &= \left((1 \times 0.2062 \times \dots \times 0.5)^{1/5}, (1 \times 0.261 \times \dots \times 0.583)^{1/5}, (1 \right. \\ &\quad \left. \times 0.3536 \times \dots \times 0.7072)^{1/5} \right) = (0.481, 0.553, 0.6598)\end{aligned}$$

Yukarıdaki işlem diğer bulanık ağırlıkları hesaplamada da kullanılır, geri kalan \tilde{r}_i aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}\tilde{r}_2 &= (1.866, 2.3898, 2.8619) \\ \tilde{r}_3 &= (0.481, 0.553, 0.6598) \\ \tilde{r}_4 &= (1.32, 1.7355, 2.1436) \\ \tilde{r}_5 &= (0.66, 0.8091, 1)\end{aligned}$$

Her bir ölçüt için aşağıdaki işlem yapılır;

$$\begin{aligned}\tilde{w}_1 &= \tilde{r}_1 \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \tilde{r}_3 \oplus \tilde{r}_4 \oplus \tilde{r}_5)^{-1} \\ &= (0.481, 0.553, 0.6598) \\ &\quad \otimes (1/(0.6598 + \dots + 1), 1/(0.553 + \dots + 0.8091), 1 \\ &\quad / (0.481 + \dots + 0.66)) = (0.066, 0.092, 0.138)\end{aligned}$$

Aynı şekilde,

$$\begin{aligned}\tilde{w}_2 &= (0.255, 0.396, 0.596), \quad \tilde{w}_3 = (0.066, 0.092, 0.138), \\ \tilde{w}_4 &= (0.181, 0.288, 0.446), \quad \tilde{w}_5 = (0.091, 0.134, 0.209).\end{aligned}$$

(5) Ölçütlerin bulanık ağırlıklarının BNP (best nonfuzzy performance)'lerini hesaplamak için alanın merkezi (COA) durulaştırma işlemi uygulanır;

$$\begin{aligned}BNP_{w1} &= \frac{[(U_{w1} - L_{w1}) + (M_{w1} - L_{w1})]}{3} + L_{w1} \\ &= \left[\frac{[(0.138 - 0.066) + (0.092 - 0.066)]}{3} \right] + 0.066 = 0.099\end{aligned}$$

Benzer şekilde diğer bulanık ağırlıkların BNP'si de hesaplanmıştır. $BNP_{w2} = 0.416$, $BNP_{w3} = 0.099$, $BNP_{w4} = 0.305$, $BNP_{w5} = 0.145$ 'tir.

Bulanık AHP sonuçlarından da görüldüğü gibi, en önemli ilk iki ölçüt, yabancı dil bilgisi (0.416) ve adayın yaptığı projeler (0.305); en az önemli olan ölçüt ise akademik not ortalaması (0.099)'dir.

6.2.2.3. Performans matrisini tahmin etme

Karar vericiler, bu çalışmada 0-100 ölçeği arasında subjektif kararlarına göre kullanılan dilsel değişkenler için kendi bireysel oranlarını tanımlayabilirler. Dilsel değişkenleri tanımlayan varyasyon derecesi Çizelge 6.2'de görülmektedir.

Çizelge 6.2. Dilsel değişkenlerin beş düzeyine göre karar vericilerin subjektif sonuçları

Değerlendiriciler	Dilsel Değişkenler														
	Çok Kötü			Kötü			Orta			İyi			Çok İyi		
1	0	0	20	20	30	40	35	45	70	70	80	90	85	100	100
2	0	0	15	15	30	45	35	45	70	65	75	85	80	100	100

Çizelge 6.2’de aynı dilsel değişkenlerle ilgili 1. ve 2. karar vericinin farklı yaklaşımı görülmektedir. Bu çalışmada, aynı önemdeki her bir değerlendirici için, bu ölçütlerine göre farklı değere sahip bulanık ya da belirsiz karar değerlerini bütünleştiren ortalama değer yöntemi kullanılmıştır. Başka bir ifadeyle, bu iki karar vericinin değerlendirme ölçütleri altında ortalama bulanık sayıları çözümede bulanık toplam ve bulanık çarpım kullanılmıştır.

Aday A-1 için örnek verecek olursak, ölçüt X_3 (bilgisayar bilgisi) için ortalama bulanık performans değeri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{array}{c} \mathbf{E^1} \quad \mathbf{E^2} \\ \mathbf{[Orta Kötü]} = \mathbf{[(35, 45 ,70)} \quad \mathbf{(35, 45 ,70)]} \end{array}$$

$$\tilde{E}_{11} = \left(\left(\sum_{k=1}^2 LE_{11}^k \right) / 2, \left(\sum_{k=1}^2 ME_{11}^k \right) / 2, \left(\sum_{k=1}^2 UE_{11}^k \right) / 2 \right) = (25, 37.5, 57.5)$$

Her bir alternatif için ölçütlerin bulanık performans değerleri aynı işlemlerle elde edilmiştir ve geri kalan elamanlar için de bulanık performans değeri Çizelge 6.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 6.3. Her bir alternatif için ölçütlerin ortalama bulanık performans değeri

Adaylar	Akademik not ortalaması	Yabancı dil bilgisi	Bilgisayar bilgisi	Yaptığı projeler	Aldığı eğitimler
A-1	(82.3, 82.3, 82.3)	(35, 45 ,70)	(25, 37.5, 57.5)	(35, 45 ,70)	(75, 87.5, 92.5)
A-2	(82.45, 82.45, 82.45)	(35, 45 ,70)	(75, 87.5, 92.5)	(17.5, 30 ,42.5)	(75, 90 ,95)
A-3	(0, 0 ,0)	(35, 45 ,70)	(52.5, 62.5, 80)	(67.5, 77.5, 87.5)	(25, 37.5, 57.5)
A-4	(74.8, 74.8, 74.8)	(67.5, 77.5, 87.5)	(25, 37.5, 57.5)	(17.5, 30 ,42.5)	(67.5, 77.5, 87.5)
A-5	(80.2, 80.2, 80.2)	(67.5, 77.5, 87.5)	(50, 60 ,77.5)	(75, 87.5, 92.5)	(35, 45 ,70)
A-6	(87.1, 87.1, 87.1)	(75, 87.5, 92.5)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(25, 37.5, 57.5)
A-7	(83.2, 83.2, 83.2)	(35, 45 ,70)	(67.5, 77.5, 87.5)	(82.5, 100 ,100)	(82.5, 100 ,100)
A-8	(84.1, 84.1, 84.1)	(75, 90 ,95)	(25, 37.5, 57.5)	(35, 45 ,70)	(82.5, 100 ,100)
A-9	(89.95, 89.95, 89.95)	(67.5, 77.5, 87.5)	(50, 60 ,77.5)	(35, 45 ,70)	(75, 90 ,95)
A-10	(93.4, 93.4, 93.4)	(75, 90 ,95)	(67.5, 77.5, 87.5)	(35, 45 ,70)	(75, 90 ,95)

6.2.2.4. Alternatifleri sıralama

Karar vericilerin ölçüt ağırlıklarının ve her bir alternatif için ölçütlerin ortalama bulanık performans değerinin bulunması ile sentetik karar \tilde{R}_i elde edilebilir. Bulanık sentetik karar elde edildikten sonra, bulanık olmayan sıralama uygulanmıştır. Sıralama yönteminde de BNP’leri

elde etmek için COA uygulanmıştır. Örnek olarak, A-1 adayının bulanık sentetik karar değeri hesaplanırsa:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_1 &= (LR_1, MR_1, UR_1) = \left(\sum_{j=1}^5 LE_{1j} \times Lw_j, \sum_{j=1}^5 ME_{1j} \times Mw_j, \sum_{j=1}^5 UE_{1j} \times Uw_j \right) \\ &= ((82.3 \times 0.066 + \dots + 75 \times 0.091), (82.3 \times 0.092 + \dots + 88 \times 0.134), (82.3 \times 0.138 \\ &\quad + \dots + 93 \times 0.209)) = (29.17, 53.53, 111.57) \end{aligned}$$

BNP değerini aşağıdaki gibi hesaplanırsa:

$$BNP_1 = [(111.57 - 29.17) + (53.53 - 29.17)]/3 + 29.17 = 64.76 \text{ elde edilir.}$$

Benzer şekilde, diğer alternatiflerin BNP'leri Çizelge 6.4'deki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 6.4. Adayların karar vericilere göre ve genel performans değeri

Aday	Karar Verici # 1		Karar Verici # 2		Genel	
	BNP _i	Sıralama	BNP _i	Sıralama	BNP _i	Sıralama
A-1	67,17	8	62,35	9	64,76	8
A-2	62,5	10	62,94	8	62,72	10
A-3	83,75	1	73,66	6	78,71	6
A-4	65,89	9	61,31	10	63,6	9
A-5	82,46	3	76,82	5	79,64	5
A-6	79,05	5	68,05	7	73,55	7
A-7	82,78	2	81,83	3	82,31	2
A-8	78,92	6	82,19	2	80,55	3
A-9	77,45	7	79,53	4	78,49	4
A-10	80,55	4	87,43	1	83,99	1

Aday değerlendirme sonuçlarından da görüldüğü gibi, sadece karar verici#1'in değerlendirmesi göz önüne alınsaydı ilk beş aday sırasıyla A-3, A-7, A-5, A-10 ve A-6 olarak belirlenecekti. Sadece karar verici#2'nin değerlendirmesi göz önüne alınsaydı ilk beş aday sırasıyla A-10, A-8, A-7, A-9 ve A-5 olarak belirlenecekti.

Fakat karar vericilerin performans değerlerinin geometrik hesabı alınarak birleştirilen yeni performans değerine göre özgeçmiş değerlendirmeleri sonucunda seçilen beş aday sırasıyla A-10, A-7, A-8, A-9 ve A-5 olarak belirlenmiştir. Her iki karar vericinin ilk beş listesinde olan A-5, A-7 ve A-10 adaylarıdır.

6.2.3.Endüstri Mühendisi seçimi

Özgeçmiş değerlendirmesi sonucunda belirlenen beş kişiye firmanın da dikkate aldığı konular arasından bir konu verilmiş ve belirlenen gün ve saate kadar bu konu hakkında sunum hazırlamaları istenmiştir. Sunum zamanı beş aday, üç karar verici önünde sunumlarını yapmışlardır. Karar vericiler; fabrika müdürü, endüstri mühendisliği bölümünde akademisyen ve idari işler ve personel sorumlusudur. Sunum öncesinde karar vericiler Ek Açıklamalar-D’de verilen anketi doldurarak ölçüt ağırlıklarını belirlemişlerdir. Sunum esnasında, Ek Açıklamalar-E’de verilen her bir aday için performans değerlendirme tablolarında gerekli gördükleri yerleri işaretleyerek değerlendirme yapmışlardır.

6.2.3.1 Modelde kullanılan ölçütler ve ölçüt hiyerarsinin tanımlanması

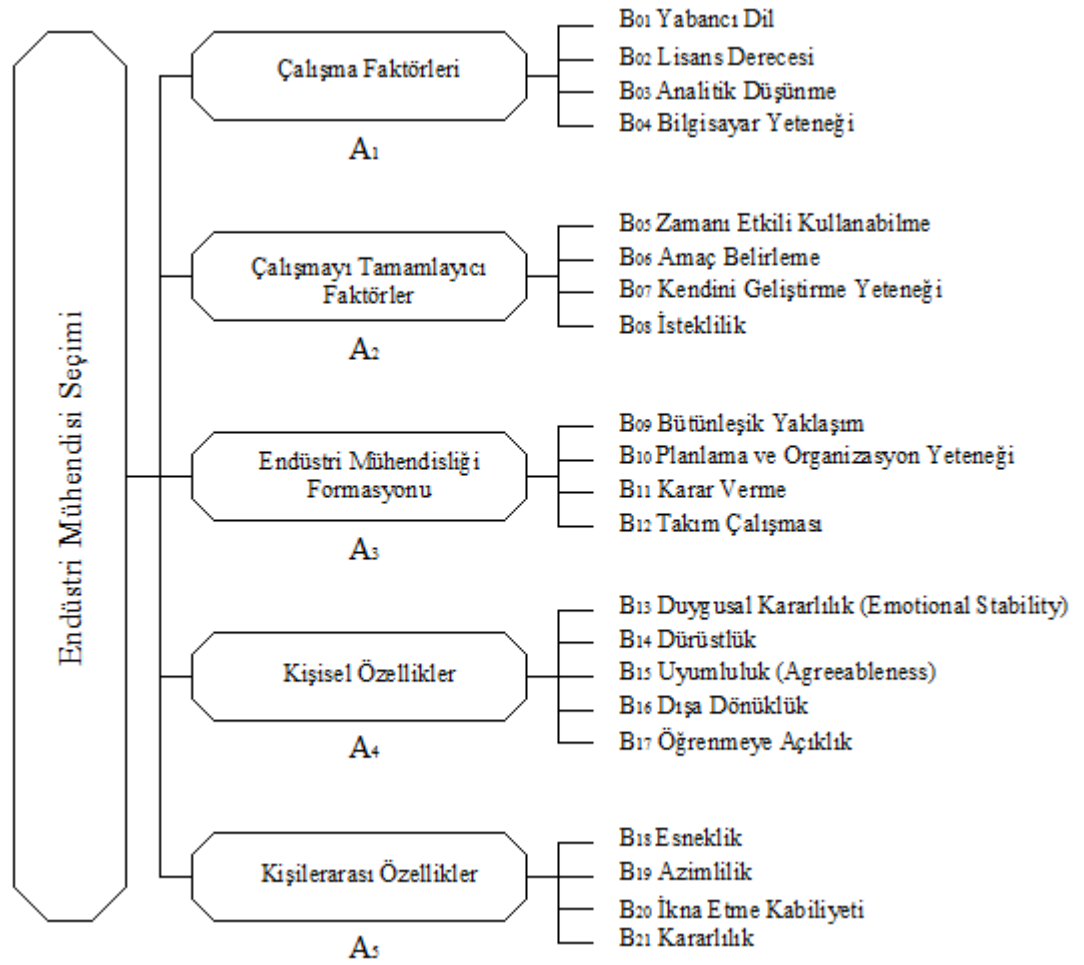
Model, 5 ana ölçüt ve 21 alt ölçütten oluşmaktadır. Bu ölçütler, literatür incelemeleri ve firmanın dikkate aldığı değerler göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Kişilerarası özellikler ana ölçütünde bulunan liderlik alt ölçütü firma yetkililerinin adayların o anki performanslarına bağlı olarak değerlendirme yapamayacaklarını söylemeleri üzerine çıkartılmıştır. Şekil 6.2’de Endüstri Mühendisi seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı görülmektedir.

Beş-faktör modelinin, bu çalışmada önerilen sistematikte bütünleştirilmesi benimsenmiştir. Çalışma, değerlendirme faktörü olarak duygusal kararlılık (emotional stability), dürüstlük, uyumluluk (agreeableness), dışa dönüklük ve öğrenmeye açıklığı içermektedir [81]. Çalışma faktörler ve çalışmayı tamamlayıcı faktörler ana ölçütleri için Güngör ve diğ. [13]’nin makalesinden, kişilerarası özellikler ana ölçütü için de Göleç ve Kahya [10]’nin makalesinden faydalanılmıştır.

6.2.3.2. İkili karşılaştırma matrisleri ve ağırlıkları

İkili karşılaştırma matrisi ve ağırlıkları bulma işlemi ana ölçütler üzerine uygulayarak gösterilmiştir. Alt ölçütler için aynı işlemler uygulanır. Alt ölçütlere ait ikili karşılaştırma matrisleri Ek Açıklamalar-G’de verilmiştir.

Karar vericilerin oluşturduğu ikili karşılaştırma matrisi ve bunun sonucunda bulanık ağırlığın bulunması şu şekildedir:



Şekil 6.2. Endüstri Mühendisi seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı

(1) Karar vericilerin ikili karşılaştırma matrislerindeki “dilsel değişkenleri”, Çizelge 6.1 kullanılarak bulanık değerlere dönüştürülmüş ve her bir karar verici tarafından aşağıdaki gibi ikili karşılaştırma matrisler oluşturulmuştur:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\
 A_1 & \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{9}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \\
 \tilde{7} & 1 & \tilde{1} & \tilde{6}^{-1} & \tilde{1} \\
 \tilde{7} & \tilde{1} & 1 & \tilde{6}^{-1} & \tilde{1} \\
 \tilde{9} & \tilde{6} & \tilde{6} & 1 & \tilde{6} \\
 \tilde{7} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{6}^{-1} & 1
 \end{array} \right] \\
 \text{Karar verici\#1}
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\
 A_1 & \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & \tilde{5} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} \\
 \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{9}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \\
 \tilde{5} & \tilde{9} & 1 & \tilde{5} & \tilde{3} \\
 \tilde{1} & \tilde{5} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{5}^{-1} \\
 \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & 1
 \end{array} \right] \\
 \text{Karar verici\#2}
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 A_1 \quad A_2 \quad A_3 \quad A_4 \quad A_5 \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 A_1 & 1 & \tilde{5} & \tilde{3} & \tilde{4}^{-1} & \tilde{7} \\
 A_2 & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3} \\
 A_3 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{4} \\
 A_4 & \tilde{4} & \tilde{5} & \tilde{3} & 1 & \tilde{7} \\
 A_5 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{4}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Karar verici#3

(2) Matrisler, eşitlik (4.41) kullanılarak belirgin sayılara dönüştürülmüştür:

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A}_1 \quad \mathbf{A}_2 \quad \mathbf{A}_3 \quad \mathbf{A}_4 \quad \mathbf{A}_5 \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A}_1 & 1 & 0,15 & 0,15 & 0,12 & 0,15 \\
 \mathbf{A}_2 & 7 & 1 & 1 & 0,17 & 1 \\
 \mathbf{A}_3 & 7 & 1 & 1 & 0,17 & 1 \\
 \mathbf{A}_4 & 9 & 6 & 6 & 1 & 6 \\
 \mathbf{A}_5 & 7 & 1 & 1 & 0,17 & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Karar Verici #1

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A}_1 \quad \mathbf{A}_2 \quad \mathbf{A}_3 \quad \mathbf{A}_4 \quad \mathbf{A}_5 \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A}_1 & 1 & 5 & 0,2 & 1 & 0,35 \\
 \mathbf{A}_2 & 0,2 & 1 & 0,12 & 0,2 & 0,15 \\
 \mathbf{A}_3 & 5 & 9 & 1 & 5 & 3 \\
 \mathbf{A}_4 & 1 & 5 & 0,2 & 1 & 0,35 \\
 \mathbf{A}_5 & 3 & 7 & 0,35 & 3 & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Karar Verici #2

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A}_1 \quad \mathbf{A}_2 \quad \mathbf{A}_3 \quad \mathbf{A}_4 \quad \mathbf{A}_5 \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A}_1 & 1 & 5 & 3 & 0,26 & 7 \\
 \mathbf{A}_2 & 0,2 & 1 & 0,35 & 0,2 & 3 \\
 \mathbf{A}_3 & 0,35 & 3 & 1 & 0,35 & 4 \\
 \mathbf{A}_4 & 4 & 5 & 3 & 1 & 7 \\
 \mathbf{A}_5 & 0,15 & 0,35 & 0,26 & 0,15 & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Karar Verici #3

Matris değerleri normalize edildiğinde aşağıdaki matrisler elde edilmiştir. Elde edilen matrislerin satır toplamları alınıp satırdaki eleman sayısına bölüldüğünde matrislerin görelî önem vektörü bulunmuştur.

$$\begin{array}{c}
 A_1 \quad A_2 \quad A_3 \quad A_4 \quad A_5 \\
 \begin{array}{l}
 A_1 \\
 A_2 \\
 A_3 \\
 A_4 \\
 A_5
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 0,03 & 0,02 & 0,02 & 0,07 & 0,02 \\
 0,23 & 0,11 & 0,11 & 0,1 & 0,11 \\
 0,23 & 0,11 & 0,11 & 0,1 & 0,11 \\
 0,29 & 0,66 & 0,66 & 0,61 & 0,66 \\
 0,23 & 0,11 & 0,11 & 0,1 & 0,11
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0,0311 \\
 0,1316 \\
 0,1316 \\
 0,5743 \\
 0,1316
 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Görelî önem vektörü ile ikili karşılaştırmalar matrisi çarpıldığında ikinci bir vektör bulunmuştur;

$$0,0311 \begin{bmatrix} 1 \\ 7 \\ 7 \\ 9 \\ 7 \end{bmatrix} + 0,1316 \begin{bmatrix} 0,15 \\ 1 \\ 1 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} + \dots + 0,1316 \begin{bmatrix} 0,15 \\ 1 \\ 1 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,71 \\ 0,71 \\ 3,22 \\ 0,71 \end{bmatrix}$$

Bulunan ikinci vektörün her bir elemanı birinci vektörde karşılık gelen elemana bölüldüğünde;

$$0,16/0,0311 = 5,12 \qquad 3,22/0,5743 = 5,61$$

$$0,71/0,1316 = 5,4 \qquad 0,71/0,1316 = 5,4$$

$$0,71/0,1316 = 5,4 \text{ elde edilmiştir.}$$

Bu değerlerin ortalaması λ_{enb} değerini verir;

$$\lambda_{enb} = \frac{(5,12 + 5,4 + 5,4 + 5,61 + 5,4)}{5} = 5,384115$$

Buradan tutarlılık indeksi (CI);

$$CI = \frac{\lambda_{enb} - n}{n - 1} = \frac{5,384115 - 5}{5 - 1} = 0,096029$$

Tutarlılık indeksi (CR)=0,08574 \leq 0,10 olduğu için karar verici#1'in matrisi tutarlıdır.

Aynı işlemler karar verici#2 ve karar verici#3'ün matrisinin tutarlılığı içinde yapılacak olursa sırasıyla tutarlılık indeksi (CR) 0,056646 \leq 0,10 ve 0,097705 \leq 0,10 olarak bulunmuştur ve matrislerin tutarlı olduğu görülmüştür.

(3) Buckley [80]'nin önerdiği geometrik ortalama yöntemi kullanılarak sentetik ikili karşılaştırma matrisi hesaplanmıştır; $\tilde{a}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 \otimes \tilde{a}_{ij}^3)^{1/3}$. \tilde{a}_{12} , örnek olarak verilirse;

$$\begin{aligned}\tilde{a}_{12} &= \left(\left(\frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6} \right) \otimes (4, 5, 6) \otimes (4, 5, 6) \right)^{1/3} \\ &= \left(\left(\frac{1}{8} \times 4 \times 4 \right)^{1/3}, \left(\frac{1}{7} \times 5 \times 5 \right)^{1/3}, \left(\frac{1}{6} \times 6 \times 6 \right)^{1/3} \right) \\ &= (1.2766, 1.5537, 1.8292) \text{ elde edilmiştir.}\end{aligned}$$

Diğer tüm matris elemanları için de aynı işlemler yapılmıştır ve aşağıdaki matris elde edilmiştir:

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
A ₁	(1, 1, 1)	(1,2766, 1,554, 1,8292)	(0,3536, 0,4482, 0,554)	(0,2885, 0,3108, 0,344)	(0,5799, 0,709, 0,8794)
A ₂	(0,5577, 0,6543, 0,7938)	(1, 1, 1)	(0,3108, 0,3443, 0,3915)	(0,1631, 0,1895, 0,232)	(0,6383, 0,766, 0,8794)
A ₃	(1,8172, 2,2831, 2,8845)	(2,6208, 3,000, 3,302)	(1, 1, 1)	(0,5314, 0,6612, 0,844)	(1,8172, 2,290, 2,7145)
A ₄	(3, 3,302, 3,5569)	(4,3089, 5,313, 6,3164)	(1,1935, 1,5327, 1,913)	(1, 1, 1)	(1,9575, 2,426, 3,0366)
A ₅	(1,1598, 1,4659, 1,7588)	(1,1448, 1,3352, 1,5875)	(0,3685, 0,4397, 0,554)	(0,3392, 0,4246, 0,514)	(1, 1, 1)

(4) Eşitlik 6.1 kullanılarak ölçütlerin bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır;

$$\begin{aligned}\tilde{r}_1 &= (\tilde{a}_{11} \otimes \tilde{a}_{12} \otimes \tilde{a}_{13} \otimes \tilde{a}_{14} \otimes \tilde{a}_{15})^{1/5} \\ &= ((1 \times 1.2766 \times \dots \times 0.5799)^{1/5}, (1 \times 1.554 \times \dots \times 0.709)^{1/5}, (1 \times 1.8292 \\ &\quad \times \dots \times 0.8794)^{1/5} = (0.597, 0.6875, 0.79)\end{aligned}$$

Yukarıdaki işlem diğer bulanık ağırlıkları hesaplamada da kullanılır, geri kalan \tilde{r}_i aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}\tilde{r}_2 &= (0.448, 0.5046, 0.576) \\ \tilde{r}_3 &= (1.357, 1.5964, 1.852) \\ \tilde{r}_4 &= (1.977, 2.3062, 2.649) \\ \tilde{r}_5 &= (0.698, 0.8176, 0.955)\end{aligned}$$

Her bir ölçüt için aşağıdaki işlem yapılır;

$$\begin{aligned}\tilde{w}_1 &= \tilde{r}_1 \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \tilde{r}_3 \oplus \tilde{r}_4 \oplus \tilde{r}_5)^{-1} \\ &= (0.597, 0.6875, 0.79) \\ &\quad \otimes (1/(0.79 + \dots + 0.955), 1/(0.6875 + \dots + 0.8176), 1 \\ &\quad / (0.597 + \dots + 0.698)) = (0.088, 0.117, 0.156).\end{aligned}$$

Aynı şekilde,

$$\begin{aligned}\tilde{w}_2 &= (0.066, 0.086, 0.114), \quad \tilde{w}_3 = (0.199, 0.271, 0.365), \\ \tilde{w}_4 &= (0.29, 0.391, 0.522), \quad \tilde{w}_5 = (0.103, 0.139, 0.189),\end{aligned}$$

elde edilmiştir.

(5) Ölçütlerin bulanık ağırlıklarının BNP'lerini hesaplamak için alanın merkezi durulaştırma işlemi uygulanmıştır;

$$\begin{aligned}BNP_{w1} &= \frac{[(U_{w1} - L_{w1}) + (M_{w1} - L_{w1})]}{3} + L_{w1} \\ &= \left[\frac{[(0.156 - 0.088) + (0.117 - 0.088)]}{3} \right] + 0.088 = 0.121\end{aligned}$$

Benzer şekilde diğer bulanık ağırlıkların BNP'si de hesaplanmıştır. Çizelge 6.5'de karar vericiler için boyut ve ölçütlerin ağırlıkları görülmektedir.

Bulanık AHP sonuçlarından da görüldüğü gibi, en önemli ilk iki yön, kişisel özellikler (0.401) ve Endüstri Mühendisliği formasyonu (0.279); en az önemli olan yön ise çalışmayı tamamlayıcı faktörler (0.089)dir.

Eğer Buckley'in geometrik ortalama yöntemi kullanılarak sentetik ikili karşılaştırma matrisi hesaplanmayıp her bir karar vericinin bulanık ağırlıkları hesaplanacak olursa, her bir karar verici için BNP değerleri Çizelge 6.6 gibi olacaktır.

Her bir karar verici ayrı ayrı değerlendirme yapacak olursa Çizelge 6.6'daki BNP değerlerinden karar verici#1 için en önemli ilk iki ölçüt, kişisel özellikler (0.584) ve eşit ağırlıkta olan çalışmayı tamamlayıcı faktörler, Endüstri Mühendisliği formasyonu ve kişilerarası uzaklıklar(0.134), en az önemli olan yön ise çalışma faktörleri (0.028); karar verici#2 için en önemli ilk iki yön, Endüstri Mühendisliği formasyonu (0.514) ve kişilerarası uzaklıklar (0.264), en az önemli olan yön ise çalışmayı tamamlayıcı faktörler (0.034); karar verici#2 için en önemli ilk iki yön, kişisel özellikler (0.489) ve çalışma faktörleri (0.284), en az önemli olan ölçüt ise kişilerarası özellikler (0.043) olarak bulunur. Her bir karar verici için boyut ve ölçütlerin ağırlığı Ek Açıklamalar-I'da ve performans değerlendirme tabloları Ek Açıklamalar-H'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Boyut ve ölçütlerin ağırlıkları

Boyut ve ölçütler	Karar verici#1	Karar verici#2	Karar verici#3	Genel
Çalışma faktörleri	0.028	0.116	0.284	0.121
Yabancı dil	0.563	0.400	0.268	0.452
Lisans derecesi	0.055	0.400	0.075	0.136
Analitik düşünme	0.320	0.164	0.630	0.369
Bilgisayar yeteneği	0.106	0.073	0.050	0.084
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	0.134	0.034	0.080	0.089
Zamanı etkili kullanabilme	0.039	0.214	0.046	0.085
Amaç belirleme	0.198	0.214	0.120	0.201
Kendini geliştirme yeteneği	0.198	0.545	0.425	0.418
İsteklilik	0.586	0.086	0.425	0.325
Endüstri mühendisliği formasyonu	0.134	0.514	0.162	0.279
Bütünleşik yaklaşım	0.085	0.545	0.135	0.205
Planlama ve organizasyon yeteneği	0.051	0.086	0.135	0.093
Karar verme	0.438	0.214	0.387	0.368
Takım çalışması	0.438	0.214	0.387	0.368
Kişisel özellikler	0.584	0.116	0.489	0.401
Duygusal kararlılık	0.032	0.080	0.050	0.054
Dürüstlük	0.410	0.486	0.522	0.503
Uyumluluk	0.410	0.208	0.111	0.226
Dışadönüklük	0.105	0.208	0.111	0.144
Öğrenmeye açıklık	0.056	0.080	0.263	0.113
Kişilerarası özellikler	0.134	0.264	0.043	0.144
Esneklik	0.521	0.093	0.058	0.171
Azımlılık	0.232	0.483	0.123	0.289
İkna etme kabiliyeti	0.062	0.262	0.252	0.193
Kararlılık	0.232	0.262	0.610	0.402

Çizelge 6.6. Her bir karar verici için boyut ve ölçütlerin ağırlıkları

Boyut ve ölçütler	Yerel ağırlıklar	Genel ağırlıklar	BNP
Çalışma faktörleri	(0.088, 0.117, 0.156)		0.121
Yabancı dil	(0.316, 0.439, 0.600)	(0.028, 0.052, 0.094)	0.452
Lisans derecesi	(0.094, 0.131, 0.183)	(0.009, 0.016, 0.029)	0.136
Analitik düşünme	(0.251, 0.353, 0.501)	(0.023, 0.042, 0.079)	0.369
Bilgisayar yeteneği	(0.057, 0.079, 0.114)	(0.006, 0.010, 0.018)	0.084
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	(0.066, 0.086, 0.114)		0.089
Zamanı etkili kullanabilme	(0.064, 0.083, 0.107)	(0.005, 0.008, 0.013)	0.085
Amaç belirleme	(0.148, 0.195, 0.259)	(0.010, 0.017, 0.030)	0.201
Kendini geliştirme yeteneği	(0.308, 0.410, 0.536)	(0.021, 0.036, 0.062)	0.418
İsteklilik	(0.238, 0.315, 0.420)	(0.016, 0.028, 0.048)	0.325
Endüstri mühendisliği formasyonu	(0.199, 0.271, 0.365)		0.279
Bütünleşik yaklaşım	(0.141, 0.198, 0.276)	(0.029, 0.054, 0.101)	0.205
Planlama ve organizasyon yeteneği	(0.065, 0.088, 0.126)	(0.013, 0.024, 0.046)	0.093
Karar verme	(0.267, 0.358, 0.478)	(0.054, 0.098, 0.175)	0.368
Takım çalışması	(0.267, 0.358, 0.478)	(0.054, 0.098, 0.175)	0.368
Kişisel özellikler	(0.290, 0.391, 0.522)		0.401
Duygusal kararlılık	(0.038, 0.051, 0.072)	(0.012, 0.020, 0.038)	0.054
Dürüstlük	(0.354, 0.489, 0.664)	(0.103, 0.192, 0.347)	0.503
Uyumluluk	(0.161, 0.218, 0.298)	(0.047, 0.086, 0.156)	0.226
Dışadönüklük	(0.098, 0.138, 0.195)	(0.029, 0.054, 0.102)	0.144
Öğrenmeye açıklık	(0.075, 0.107, 0.156)	(0.022, 0.042, 0.082)	0.113
Kişilerarası özellikler	(0.103, 0.139, 0.189)		0.144
Esneklik	(0.109, 0.161, 0.241)	(0.012, 0.023, 0.046)	0.171
Azımlılık	(0.177, 0.276, 0.412)	(0.019, 0.039, 0.078)	0.289
İkna etme kabiliyeti	(0.126, 0.182, 0.270)	(0.013, 0.026, 0.052)	0.193
Kararlılık	(0.268, 0.383, 0.555)	(0.028, 0.054, 0.105)	0.402

6.2.3.3. Performans matrisini tahmin etme

Karar vericiler, Endüstri Mühendisi seçimi aşamasında 0-100 ölçeği arasında subjektif kararlarına göre kullanılan dilsel değişkenler için kendi bireysel oranlarını tanımlayabilirler. Dilsel değişkenleri tanımlayan varyasyon derecesi Çizelge 6.7’de görülmektedir.

Çizelge 6.7. Dilsel değişkenlerin beş düzeyine göre karar vericilerin subjektif sonuçları

Değerlendiriciler	Dilsel Değişkenler														
	Çok Kötü			Kötü			Orta			İyi			Çok İyi		
Karar Verici # 1	0	0	15	20	30	40	35	45	65	60	70	80	75	90	100
Karar Verici # 2	0	0	20	15	25	45	40	50	60	60	75	90	90	100	100
Karar Verici # 3	0	0	15	15	25	35	35	45	60	70	80	90	80	100	100

Karar vericiler her bir alt ölçüt açısından adayları Çizelge 6.7’deki dilsel değişkenlere göre değerlendirmiştir. Aday A-1 için örnek verildiğinde, ölçüt A_1 (yabancı dil bilgisi) için ortalama bulanık performans değeri aşağıdaki gibidir:

$$\left[\begin{array}{ccc} E^1 & E^2 & E^3 \\ \text{Çok İyi} & \text{İyi} & \text{İyi} \end{array} \right] \left[\begin{array}{ccc} E^1 & E^2 & E^3 \\ (75, 90, 100) & (60, 75, 90) & (70, 80, 90) \end{array} \right]$$

$$\tilde{E}_{11} = \left(\left(\sum_{k=1}^3 LE_{11}^k \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 ME_{11}^k \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 UE_{11}^k \right) / 3 \right) = (68, 82, 93)$$

Her bir aday için ölçütlerin bulanık performans değerleri aynı işlemlerle elde edilmiştir ve geri kalan elamanlar için de bulanık performans değeri Çizelge 6.8’de gösterilmektedir.

6.2.3.4. Alternatifleri sıralama

Aday değerlendirmede sıralama yöntemi olarak BNP’leri elde etmede kullanılan COA durulaştırma yöntemi uygulandığında aşağıdaki sonuç elde edilir. Örnek olarak, A-1 adayının bulanık sentetik karar değeri hesaplanacak olursa:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_1 &= (LR_1, MR_1, UR_1) = \left(\sum_{j=1}^{21} LE_{1j} \times Lw_j, \sum_{j=1}^{21} ME_{1j} \times Mw_j, \sum_{j=1}^{21} UE_{1j} \times Uw_j \right) \\ &= ((68 \times 0.028 + \dots + 57 \times 0.028), (82 \times 0.052 + \dots + 67 \times 0.054), (93 \times \\ & \quad 0.094 + \dots + 77 \times 0.105)) = (33.97, 75.23, 155.93) \text{ elde edilmiştir.} \end{aligned}$$

Çizelge 6.8. Her bir aday için ölçütlerin ortalama bulanık performans değeri

Ölçütler	Aday-1	Aday-2	Aday-3	Aday-4	Aday-5
Yabancı dil	(68, 82 ,93)	(55, 67 ,82)	(72, 88 ,97)	(67, 82 ,90)	(57, 67 ,77)
Lisans derecesi	(78, 90 ,97)	(67, 82 ,90)	(67, 82 ,90)	(82, 97 ,100)	(57, 67 ,77)
Analitik düşünme	(63, 75 ,87)	(72, 88 ,97)	(57, 67 ,77)	(53, 68 ,77)	(72, 88 ,97)
Bilgisayar yeteneği	(52, 63 ,77)	(63, 75 ,87)	(47, 60 ,67)	(63, 75 ,87)	(67, 82 ,90)
Zamanı etkili kullanabilme	(53, 65 ,78)	(82, 97 ,100)	(67, 82 ,90)	(73, 83 ,90)	(82, 97 ,100)
Amaç belirleme	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(68, 82 ,93)	(60, 73 ,80)	(65, 80 ,87)
Kendini geliştirme yeteneği	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(77, 90 ,93)	(67, 82 ,90)	(67, 82 ,90)
İsteklilik	(65, 80 ,87)	(72, 88 ,97)	(82, 97 ,100)	(77, 90 ,93)	(72, 88 ,97)
Bütünleşik yaklaşım	(57, 67 ,77)	(77, 90 ,93)	(63, 75 ,87)	(77, 90 ,93)	(67, 82 ,90)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(48, 58 ,72)	(77, 90 ,93)	(63, 75 ,87)	(67, 82 ,90)	(60, 73 ,80)
Karar verme	(60, 73 ,80)	(72, 88 ,97)	(68, 82 ,93)	(60, 73 ,80)	(67, 82 ,90)
Takım çalışması	(57, 67 ,77)	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(67, 82 ,90)	(67, 82 ,90)
Duygusal kararlılık	(57, 67 ,77)	(73, 83 ,90)	(67, 82 ,90)	(73, 83 ,90)	(68, 82 ,93)
Dürüstlük	(67, 82 ,90)	(63, 75 ,87)	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(67, 82 ,90)
Uyumluluk	(63, 75 ,87)	(67, 82 ,90)	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(67, 82 ,90)
Dışadönüklük	(57, 67 ,77)	(78, 90 ,97)	(77, 90 ,93)	(78, 90 ,97)	(67, 82 ,90)
Öğrenmeye açıklık	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)	(65, 80 ,87)	(67, 82 ,90)	(67, 82 ,90)
Esneklik	(45, 55 ,67)	(77, 90 ,93)	(63, 75 ,87)	(63, 75 ,87)	(63, 75 ,87)
Azımlılık	(60, 83 ,80)	(67, 82 ,90)	(68, 82 ,93)	(67, 82 ,90)	(72, 88 ,97)
İkna etme kabiliyeti	(57, 67 ,77)	(72, 88 ,97)	(57, 67 ,77)	(60, 73 ,80)	(57, 67 ,77)
Kararlılık	(57, 67 ,77)	(72, 88 ,97)	(57, 67 ,77)	(60, 73 ,80)	(67, 82 ,90)

BNP değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$BNP_1 = [(155.93 - 33.97) + (75.23 - 33.97)]/3 + 33.97 = 88.4.$$

Aynı şekilde hesaplanan adayların BNP'leri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. Ölçüt ağırlıklarının sıralanması ve performans değeri

Adaylar	Karar Verici # 1		Karar Verici # 2		Karar Verici # 3	
	BNP _i	Sıralama	BNP _i	Sıralama	BNP _i	Sıralama
A-1	78,969	5	73,722	5	108,452	5
A-2	83,292	2	107,672	1	111,104	4
A-3	82,73	3	95,897	3	112,304	3
A-4	86,997	1	99,585	2	115,63	1
A-5	80,31	4	94,252	4	115,137	2

Adaylar	Genel	
	BNP _i	Sıralama
A-1	88,375	5
A-2	98,495	1
A-3	95,966	3
A-4	96,816	2
A-5	95,434	4

Çizelge 6.9'dan da görüldüğü gibi, en iyi aday karar verici#1 için A-4; karar verici#2 için A-2 ve karar verici#3 için A-4 olarak bulunmuştur. Bu karar vericilerin geometrik ortalaması alındığı zaman en iyi aday A-2'dir. Bu çizelgeye göre oluşturulan adayların BNP sıralaması da $A_2 > A_4 > A_3 > A_5 > A_1$ şeklindedir.

6.2.4. Duyarlılık analizi

AHP ile seçeneklerin birbirlerine göre öncelik değerleri elde edildikten sonra kurulan modelin parametrelerdeki değişimlere ne kadar duyarlı olduğunun incelenmesi gerekmektedir. Bu inceleme, yargılara veya hiyerarşik yapıya ilişkin ihtiyaç duyulan düzeltme alanlarına işaret edecektir. Bu incelemenin önemli bir bileşeni, seçeneklerin sıralamalarının ve nihai kararın yargılardaki değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunun değerlendirilmesidir.

Duyarlılık analizi başlığı altında yapılan bu inceleme ikili karşılaştırmaların oluşturulmasında yargıların kişiden kişiye farklılık gösterebileceği veya daha önce belirli bir yargıda bulunan kişinin zamanla düşüncelerinin farklılaşabileceği varsayımına dayanmaktadır [82].

Endüstri Mühendisi seçiminde en uygun adayı belirlerken tüm karar vericilerin ağırlıkları eşit kabul edilmiştir. Yani:

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

$$w_1 = w_2 = w_3 = 1/3 \cong 0.33$$

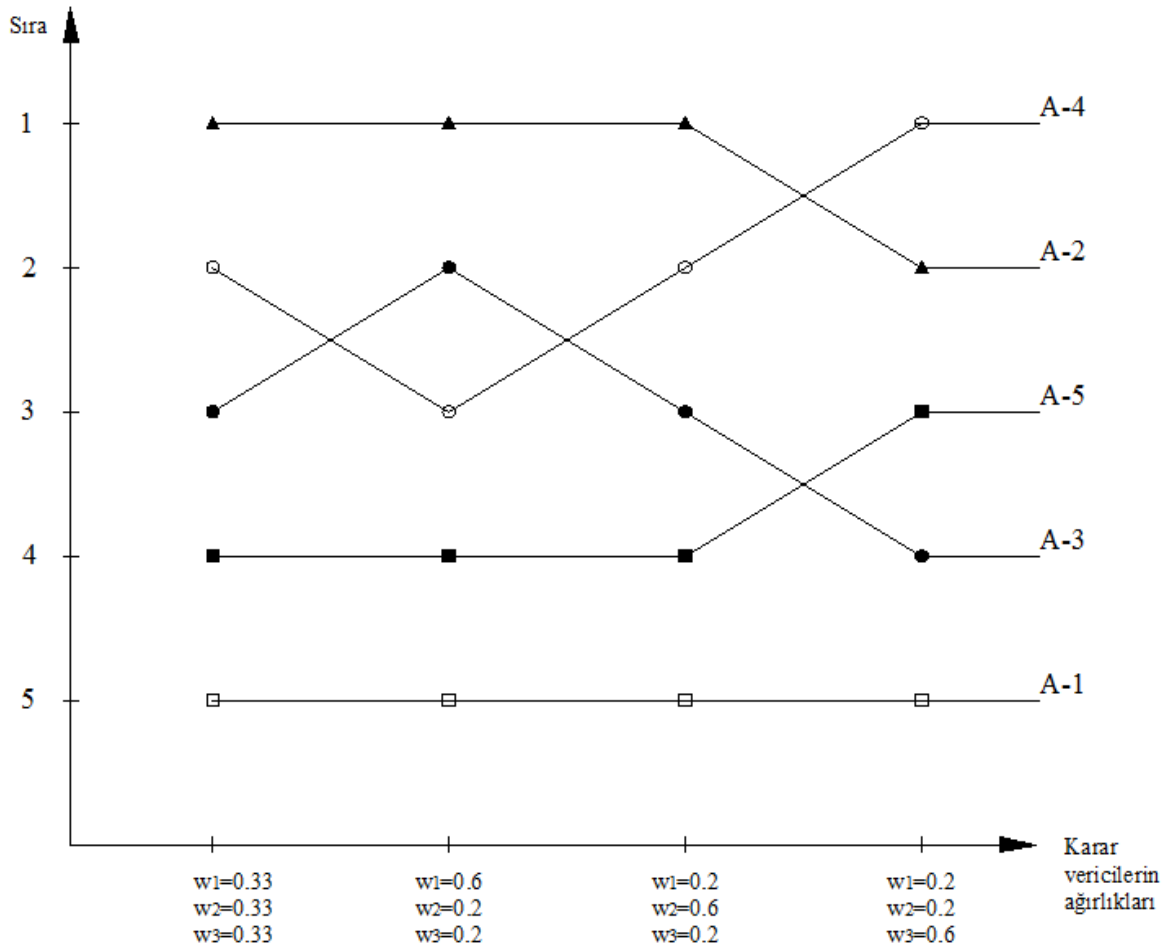
olarak ele alınmıştır. w_1 , karar verici#1'in ağırlığını; w_2 , karar verici#2'nin ağırlığını ve w_3 , karar verici#3'ün ağırlığını ifade etmektedir. Bu durumda aday sıralaması Çizelge 6.9'daki genel ifade olacaktır ve en uygun aday A-2 olarak seçilecektir.

Adayların ağırlıkları eşit alınmazsa ve karar verici-1'in ağırlığı arttırılacak olursa, mesela, karar verici-1'in ağırlığı 0.6, karar verici#2 ve karar verici#3'ün ağırlıkları 0.2 olarak alınır, aday sıralaması Şekil 6.3-(a)'da görüldüğü gibi olacaktır ve en uygun aday yine A-2 olarak seçilecektir. Burada karar vericilerin bulanık performans değerleri ağırlıklarıyla çarpma işlemi uygulanmıştır. Ek Açıklamalar H'taki performans değerlendirme tablolarındaki bulanık sayılar karar vericilerin ağırlıklarıyla çarpılırsa yeni bir performans değerlendirme tablosu oluşmuş ve aynı işlemler bu tablo üzerinden yapılarak aday seçimi yapılmıştır. Karar verici#1'in ağırlığı diğer iki karar vericiden baskın olabilir ve diğer iki karar vericinin ağırlığı birbirine eşit olabilir ya da karar verici#2'nin ağırlığı diğer iki karar vericiden baskın olabilir ve diğer iki karar vericinin ağırlığı birbirine eşit olabilir ya da karar verici#3'ün ağırlığı diğer iki

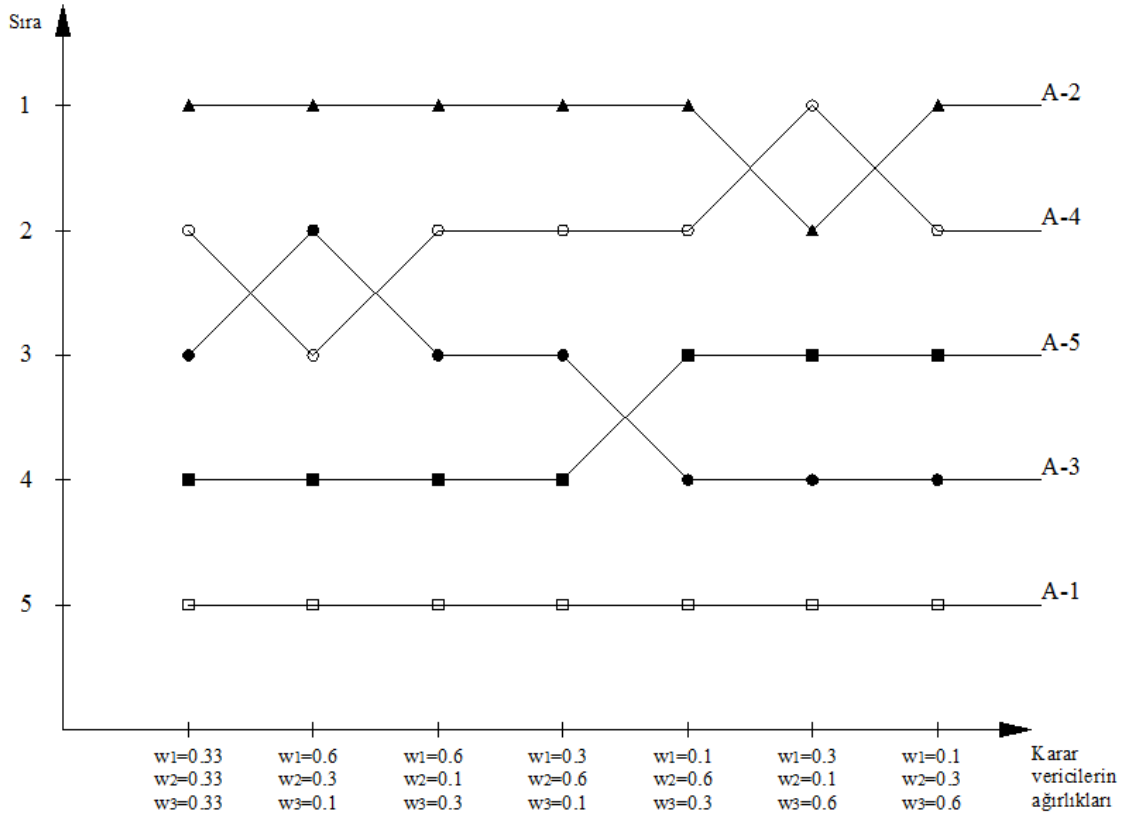
karar vericiden baskın olabilir ve diğer iki karar vericinin ağırlığı birbirine eşit olabilir. Bu durumda Şekil 6.3-(a)'daki grafik oluşmaktadır.

Karar vericilerin ağırlıklarının farklı kombinasyonları oluşturulduğunda, bütün karar vericilerin ağırlıklarının eşit olması, bir karar vericinin ağırlığının baskın olması diğer iki karar vericinin ağırlığının eşit olması ve karar vericilerin ağırlıklarının birbirlerine göre baskın olması alternatifleri değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucu Şekil 6.3 (a-b)'de görülmektedir.

Örneğin, A-1 her iki şekilde karar vericinin ağırlıkları değişse de sırasında değişiklik olmamaktadır. Şekil 6.3-(b)'de 3. karar vericinin ağırlığının artması A-2'nin sırasında değişikliğe neden olmuş ve A-2, birinci sıradan ikinci sıraya düşmüş ve A-4 birinci sıraya yükselmiştir. Buradan A-4 adayı üzerinde 3. karar vericinin etkisi olduğu görülebilir.



(a)



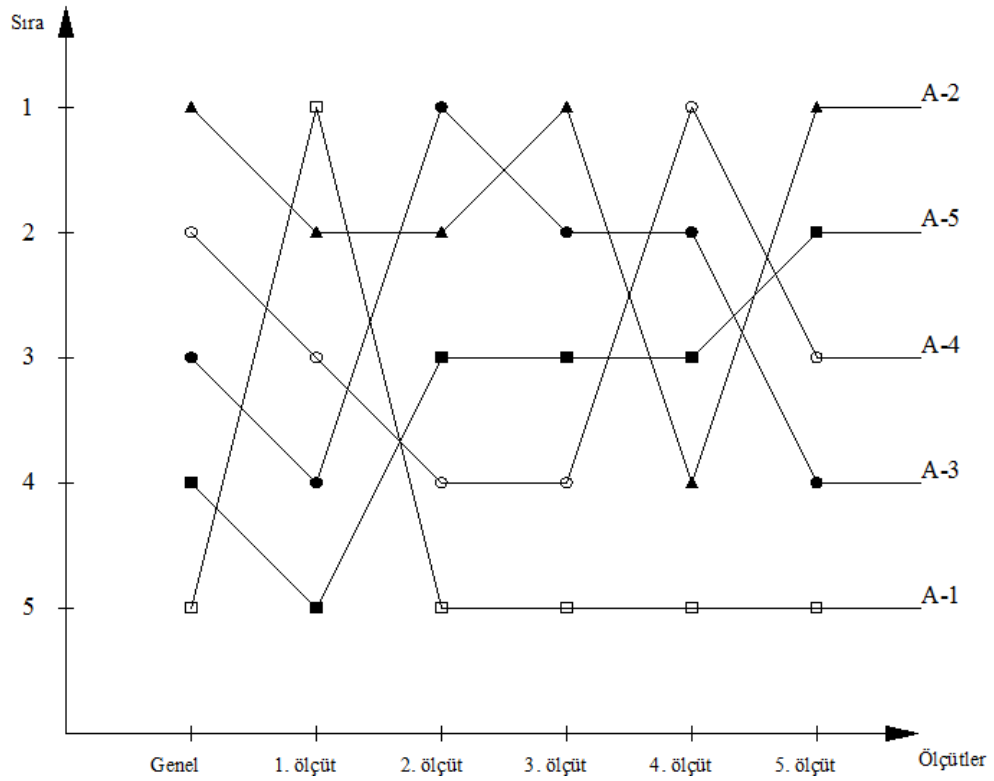
(b)

Şekil 6.3. Karar vericilerin ağırlıklarına göre adayların sıralanması

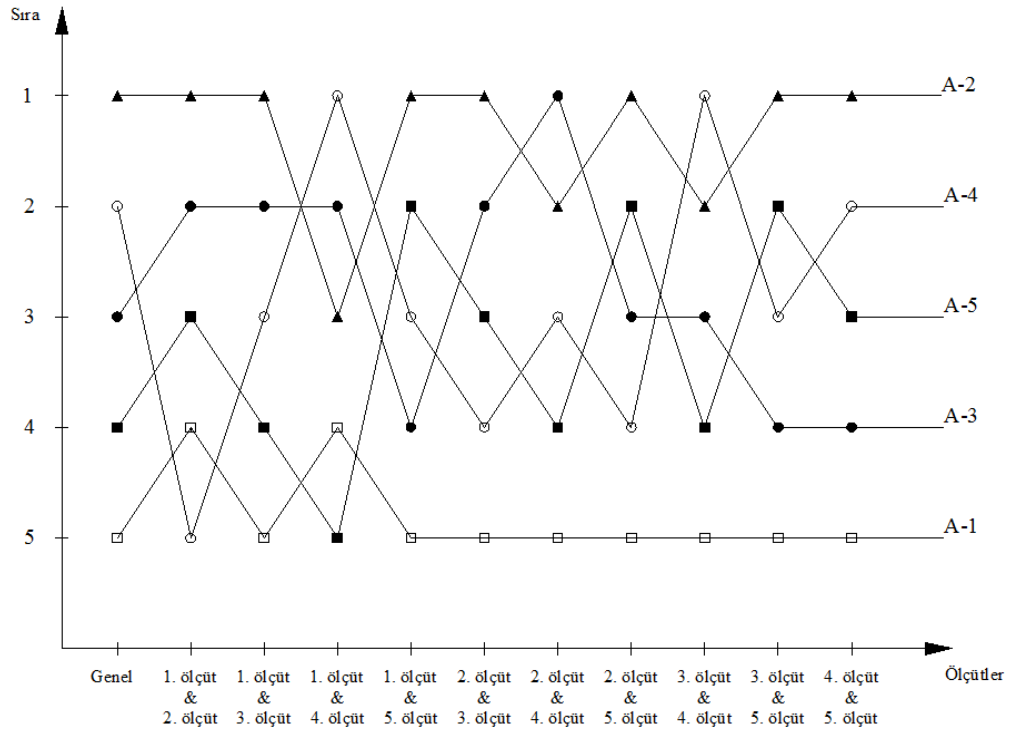
Karar vericilerin ağırlıkları değiştiği zaman adayların sırası nasıl değiştiği görülmüştür. Ölçütlerin ağırlıkları değiştiği zaman adayların sıralamaları nasıl etkilenir Şekil 6.4'te görülmektedir.

Şekil 6.4-(a) tek bir ölçüt dikkate alınarak seçim yapılması halinde adaylar bundan nasıl etkileneceklerini göstermektedir. Örneğin, sadece 1. ölçüt (çalışma faktörleri) dikkate alındığında ve diğer ölçütler önemsiz kabul ettiğinde adayların sırası nasıl değişir görülmektedir. Burada A-1 adayı ilk sırada yer alırken, A-5 adayı son sırada yer almaktadır. Bunun yanı sıra, sadece 2. ölçüt, 3. ölçüt, 4. ölçüt ve 3. ölçüt dikkate alındığında A-1 adayı son sıraya kayarken, A-5 adayı da ilk sıralara kaymaktadır. Buradan A-1 adayının başarısını, en çok 1. ölçütün etkilediği, A-5 adayının başarısını ise 5. ölçütün etkilediği sonucu çıkarılabilir.

Şekil 6.4-(b)'de ikili ölçüt kombinasyonu oluşturulmuş ve sadece iki ölçüt dikkate alındığında adayların sırasının nasıl değişeceği gösterilmiştir. Örneğin, sadece 1. ölçüt (çalışma faktörleri) ve 2. ölçüt (çalışmayı tamamlayıcı faktörler) dikkate alındığında ve diğer ölçütler önemsiz kabul ettiğinde adayların sırası nasıl değişir görülmektedir. Burada A-2 adayı ilk sırada



(a)



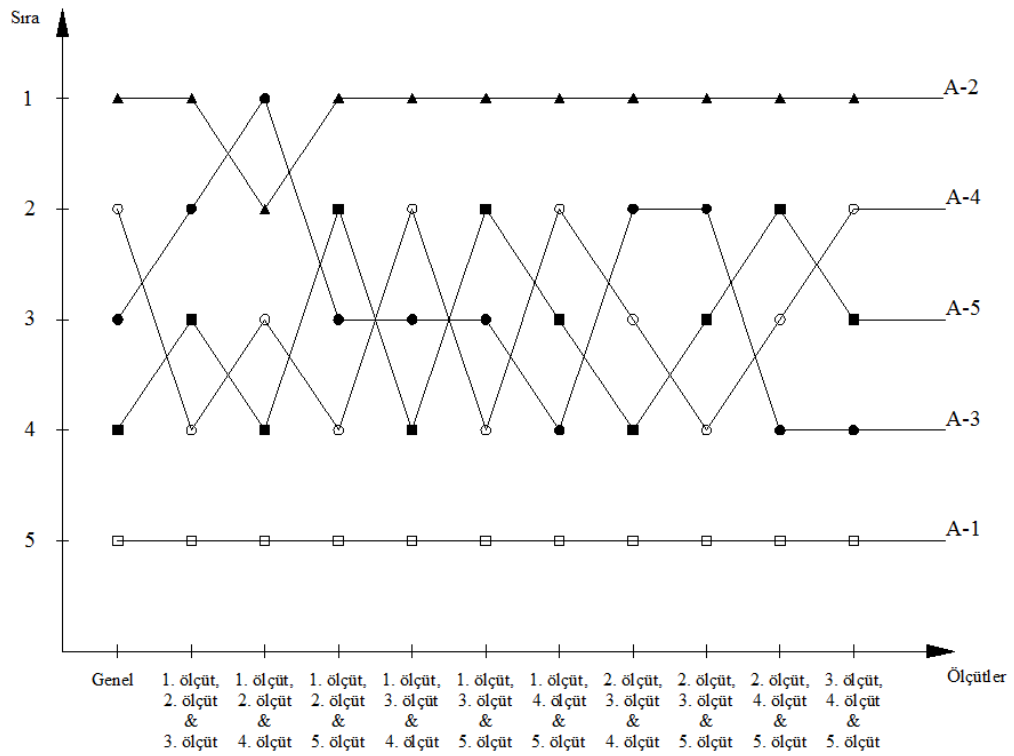
(b)

Şekil 6.4. (a) Tek ölçüte göre duyarlılık analizi (b) İkili ölçüte göre duyarlılık analizi

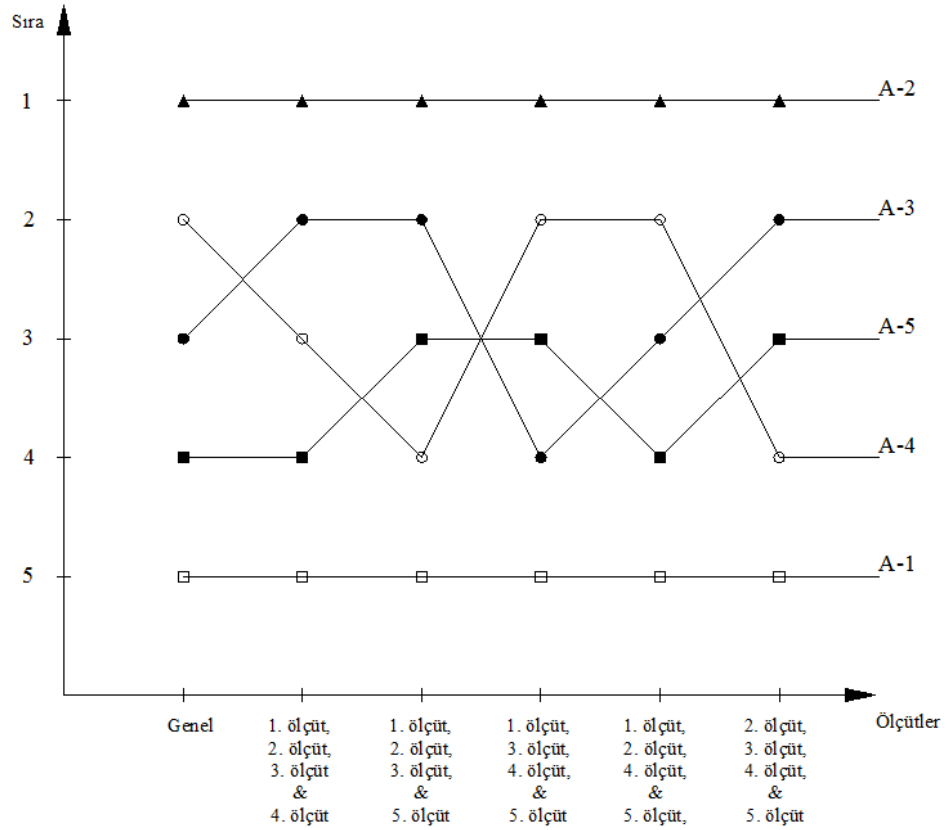
yer alırken, A-4 adayı son sırada yer almaktadır. Bu sıralama dikkate alınan ölçütler değiştikçe değişmektedir. Yine grafikten de görüldüğü gibi, 1. ölçüt dikkate alındığında A-1 adayının sırası değişkenlik göstermekte, fakat 1. ölçüt önemsiz kabul edildiğinde ise A-1 adayının sırasının değişmediği görülmektedir. Buradan 1. ölçütün (çalışma faktörleri) A-1 adayı için önemli bir ölçüt olduğu sonucu çıkarılabilmektedir.

Şekil 6.5-(a)'da üçlü ölçüt kombinasyonu oluşturulmuş ve sadece üç ölçüt dikkate alındığında adayların sırasının nasıl değişeceği gösterilmiştir. Örneğin, sadece 1. ölçüt (çalışma faktörleri), 2. ölçüt (çalışmayı tamamlayıcı faktörler) ve 3. ölçüt (Endüstri Mühendisliği formasyonu) dikkate alındığında ve diğer ölçütler önemsiz kabul ettiğinde adayların sırası nasıl değişeceği görülmektedir. Burada A-2 adayı ilk sırada yer alırken, A-1 adayı son sırada yer almaktadır. Grafikte görüldüğü gibi, A-1 adayı üçlü ölçüt kombinasyonundan etkilenmemiştir.

Şekil 6.5-(b)'de dördümlü ölçüt kombinasyonu oluşturulmuş ve sadece dört ölçüt dikkate alındığında adayların sırasının nasıl değişeceği gösterilmiştir. Örneğin, sadece 1. ölçüt (çalışma faktörleri), 2. ölçüt (çalışmayı tamamlayıcı faktörler), 3. ölçüt (Endüstri Mühendisliği formasyonu) ve 4. ölçüt (kişisel özellikler) dikkate alındığında ve diğer ölçüt önemsiz kabul



(a)



(b)

Şekil 6.5. (a) Üçlü ölçüte göre duyarlılık analizi (b) Dörtlü ölçüte göre duyarlılık analizi

ettiğinde adayların sırası nasıl değişir görülmektedir. Grafikte A-2 adayı ilk sırada yer alırken, A-1 adayı son sırada yer almaktadır. A-2 ve A-1 adayları dörtlü ölçüt kombinasyonundan etkilenmemiştir. Yine A-2 ilk sıradayken, A-1 adayı son sırada yer almıştır. Diğer adaylar dikkate alınan ölçütlere göre arada değişkenlik göstermiştir.

6.2.5. Bulanık TOPSIS yöntemi ile sonuçların karşılaştırılması

Endüstri mühendisi seçim problemi BAHF yöntemi ile ele alındıktan sonra aynı problem Bulanık TOPSIS'le de ele alınmıştır. Bu iki yöntem en iyi adayı seçmeye yönelik olsa da bazı farklılıklar içermektedirler. Endüstri Mühendisi seçim probleminin Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözümünde öncelikle işletmeden üç karar verici, Endüstri Mühendisi seçim probleminde dikkate alınacak ölçüt ve adayları sözel değişkenler kullanarak değerlendirmişlerdir. Üç karar vericinin "Genel ölçütler"e ait değerlendirme sonuçları Çizelge 6.10'da görülmektedir. Karar vericilerin diğer ölçütlere ait değerlendirme sonuçları Ek Açıklamalar J'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.10. Genel ölçütlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
A ₁	Çalışma faktörleri	D	O	Y
A ₂	Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	OY	D	OD
A ₃	Endüstri Mühendisliği formasyonu	OY	ÇY	OY
A ₄	Kişisel özellikler	ÇY	O	ÇY
A ₅	Kişilerarası özellikler	OY	Y	D

Daha sonra karar vericiler Çizelge 4.5'teki sözel değişkenleri kullanarak beş adayı her bir ölçüt için değerlendirmişlerdir. Bu sözel değişkenleri kullanarak üç karar vericinin adaylara ilişkin değerlendirme sonuçları Çizelge 6.11'de sunulmuştur.

Çizelge 6.11. Adayların ölçütlere göre karar vericilerin değerlendirme sonuçları

ADAYLAR	Karar Verici#1					Karar Verici#2					Karar Verici#3				
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Yabancı dil	ç	z	ç	ı	ı	ı	ı	ı	ı	o	ı	ı	ç	ç	ı
Lisans derecesi	ç	ı	ı	ç	ı	ç	ı	ı	ç	o	ı	ç	ç	ç	ı
Analitik düşünme	ı	ç	ı	z	ç	ı	ı	o	ı	ı	ı	ç	ı	ç	ç
Bilgisayar yeteneği	ı	ı	z	ı	ı	ı	ı	o	ı	ı	o	ı	ç	ı	ç
Zamanı etkili kullanabilme	ç	ç	ı	ı	ç	z	ç	ı	ç	ç	ı	ç	ç	ı	ç
Amaç belirleme	ı	ç	ç	ı	ç	ı	ı	ı	o	o	ç	ç	ı	ç	ç
Kendini geliştirme yeteneği	ı	ç	ı	ı	ı	ı	ı	ç	ı	ı	ç	ç	ç	ç	ç
İsteklilik	ç	ç	ç	ı	ç	o	ı	ç	ç	ı	ç	ç	ç	ç	ç
Bütünleşik yaklaşım	ı	ı	ı	ı	ı	o	ç	ı	ç	ı	ı	ç	ı	ç	ç
Planlama ve organizasyon yeteneği	ı	ı	ı	ı	ı	z	ç	ı	ı	o	ı	ç	ı	ç	ç
Karar verme	ı	ç	ç	ı	ı	o	ı	ı	o	ı	ç	ç	ı	ç	ç
Takım çalışması	ı	ı	ç	ı	ı	o	ı	ı	ı	ı	ı	ç	ç	ç	ç
Duygusal kararlılık	ı	ı	ı	ı	ç	o	ç	ı	ç	ı	ı	ı	ç	ı	ı
Dürüstlük	ı	ı	ı	ç	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ç	ı	ç	ç	ç
Uyumluluk	ı	ı	ı	ç	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ç	ç	ç	ç
Dışadönüklük	ı	ç	ı	ç	ı	o	ç	ç	ç	ı	ı	ı	ç	ı	ç
Öğrenmeye açıklık	ı	ç	ç	ı	ı	ı	ı	o	ı	ı	ç	ç	ç	ç	ç
Esneklik	ı	ı	ı	ı	ı	o	ç	ı	ı	ı	o	ç	ı	ı	ı
Azımlılık	ı	ı	ç	ı	ç	o	ı	ı	ı	ı	ç	ç	ı	ç	ç
İkna etme kabiliyeti	ı	ç	ı	ı	ı	o	ı	o	o	o	ı	ç	ı	ç	ı
Kararlılık	ı	ç	ı	ı	ı	o	ı	o	o	ı	ı	ç	ı	ç	ç

Daha sonra Çizelge 6.10 ve 6.11'deki üç karar vericiye ait sözel değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek Çizelge 6.12 ,6.13 ve 6.14 oluşturulmuştur. Diğer ölçütlerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi

Ek Açıklamalar K'da gösterilmektedir. Çizelge 6.13'te her bir ölçütün üç karar verici tarafından değerlendirilme sonuçlarının genel ağırlığa dönüştürülmesi görülmektedir.

Çizelge 6.12. Genel ölçütlerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Çalışma faktörleri	(0,0,1,0,3)	(0,3,0,5,0,7)	(0,7,0,9,1)
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	(0,5,0,7,0,9)	(0,0,1,0,3)	(0,1,0,3,0,5)
Endüstri Mühendisliği formasyonu	(0,5,0,7,0,9)	(0,9,1,1)	(0,5,0,7,0,9)
Kişisel özellikler	(0,9,1,1)	(0,3,0,5,0,7)	(0,9,1,1)
Kişilerarası özellikler	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1)	(0,0,1,0,3)

Çizelge 6.13. Her bir ölçüt için karar verici tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Boyut ve ölçütler	Yerel ağırlıklar			Genel ağırlıklar		
	Karar verici#1	Karar verici#2	Karar verici#3	Karar verici#1	Karar verici#2	Karar verici#3
Çalışma faktörleri	0 0,1 0,3	0,3 0,5 0,7	0,7 0,9 1			
Yabancı dil	0,7 0,9 1	0,7 0,9 1	0,5 0,7 0,9	0 0,1 0,3	0,2 0,5 0,7	0,4 0,6 0,9
Lisans derecesi	0,1 0,3 0,5	0,7 0,9 1	0 0,1 0,3	0 0 0,2	0,2 0,5 0,7	0 0,1 0,3
Analitik düşünme	0,5 0,7 0,9	0,5 0,7 0,9	0,9 1 1	0 0,1 0,3	0,2 0,4 0,6	0,6 0,9 1
Bilgisayar yeteneği	0 0,1 0,3	0 0,1 0,3	0,1 0,3 0,5	0 0 0,1	0 0,1 0,2	0,1 0,3 0,5
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	0,5 0,7 0,9	0 0,1 0,3	0,1 0,3 0,5			
Zamanı etkili kullanabilme	0,1 0,3 0,5	0,7 0,9 1	0 0,1 0,3	0,1 0,2 0,5	0 0,1 0,3	0 0 0,2
Amaç belirleme	0,3 0,5 0,7	0,7 0,9 1	0,3 0,5 0,7	0,2 0,4 0,6	0 0,1 0,3	0 0,2 0,4
Kendini geliştirme yeteneği	0,3 0,5 0,7	0,9 1 1	0,7 0,9 1	0,2 0,4 0,6	0 0,1 0,3	0,1 0,3 0,5
İsteklilik	0,9 1 1	0 0,1 0,3	0,7 0,9 1	0,5 0,7 0,9	0 0 0,1	0,1 0,3 0,5
Endüstri mühendisliği formasyonu	0,5 0,7 0,9	0,9 1 1	0,5 0,7 0,9			
Bütünleşik yaklaşım	0,3 0,5 0,7	0,9 1 1	0 0,1 0,3	0,2 0,4 0,6	0,8 1 1	0 0,1 0,3
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,1 0,3 0,5	0,3 0,5 0,7	0,1 0,3 0,5	0,1 0,2 0,5	0,3 0,5 0,7	0,1 0,2 0,5
Karar verme	0,7 0,9 1	0,5 0,7 0,9	0,7 0,9 1	0,4 0,6 0,9	0,5 0,7 0,9	0,4 0,6 0,9
Takım çalışması	0,7 0,9 1	0,5 0,7 0,9	0,7 0,9 1	0,4 0,6 0,9	0,5 0,7 0,9	0,4 0,6 0,9
Kişisel özellikler	0,9 1 1	0,3 0,5 0,7	0,9 1 1			
Duyusal kararlılık	0 0 0,1	0,1 0,3 0,5	0 0,1 0,3	0 0 0,1	0 0,2 0,4	0 0,1 0,3
Dürüstlük	0,7 0,9 1	0,7 0,9 1	0,9 1 1	0,6 0,9 1	0,2 0,5 0,7	0,8 1 1
Uyumluluk	0,7 0,9 1	0,5 0,7 0,9	0,3 0,5 0,7	0,6 0,9 1	0,2 0,4 0,6	0,3 0,5 0,7
Dışadönüklük	0,5 0,7 0,9	0,5 0,7 0,9	0,3 0,5 0,7	0,5 0,7 0,9	0,2 0,4 0,6	0,3 0,5 0,7
Öğrenmeye açıklık	0 0,1 0,3	0,1 0,3 0,5	0,5 0,7 0,9	0 0,1 0,3	0 0,2 0,4	0,5 0,7 0,9
Kişilerarası özellikler	0,5 0,7 0,9	0,7 0,9 1	0 0,1 0,3			
Esneklik	0,9 1 1	0,1 0,3 0,5	0 0,1 0,3	0,5 0,7 0,9	0,1 0,3 0,5	0 0 0,1
Azimlilik	0,5 0,7 0,9	0,7 0,9 1	0,1 0,3 0,5	0,3 0,5 0,8	0,5 0,8 1	0 0 0,2
İkna etme kabiliyeti	0,1 0,3 0,5	0,5 0,7 0,9	0,5 0,7 0,9	0,1 0,2 0,5	0,4 0,6 0,9	0 0,1 0,3
Kararlılık	0,5 0,7 0,9	0,5 0,7 0,9	0,9 1 1	0,3 0,5 0,8	0,4 0,6 0,9	0 0,1 0,3

Çizelge 6.14. Adayların karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar verici#1					Karar verici#2					Karar verici#3				
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Yabancı dil	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Lisans derecesi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Anahtık düşünme	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 40)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Bilgisayar yeteneği	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Zamanı etkili kullanabilme	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Amaç belirleme	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Kendini geliştirme yeteneği	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
İsteklilik	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Bütünsel yaklaşım	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Karar verme	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Takım çalışması	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Duyusal kararlık	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Dürüstlük	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Uyumluluk	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Dışadönüklük	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenmeye açıklık	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Esneklik	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Azımlılık	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
İkna etme kabiliyeti	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Kararlılık	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)

Ölçütler ve adayların sözel değişkenler kullanılarak karar vericiler tarafından değerlendirilmesinin ardından üç karar vericinin ölçütleri değerlendirme sonuçları tek bir değere dönüştürülerek ölçütlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Her ölçüte ilişkin ağırlıklar Çizelge 6.15'te görülmektedir. Alt ölçüt yabancı dil için örnek verildiğinde ölçüte ilişkin ağırlık aşağıdaki gibidir:

$$\begin{matrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#1} \\ \left[(0,0,1,0,3) \right] \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#2} \\ \left[(0,2,0,5,0,7) \right] \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#3} \\ \left[(0,4,0,6,0,9) \right] \end{matrix} \quad \left[(0,19, 0,39, 0,64) \right]$$

$$\tilde{w}_{11} = \left(\left(\sum_{k=1}^3 Lw_{11} \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 Mw_{11} \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 Uw_{11} \right) / 3 \right) = (0,19, 0,39, 0,64)$$

Ölçütlere ait ağırlıkların belirlenmesinden sonra Çizelge 6.14'te yer alan alternatiflerin üç karar verici tarafından değerlendirme sonuçları tek bir değere dönüştürülmüş ve Çizelge 6.16'da görülen bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. A-1 adayı için karar verilerin değerlendirme sonuçlarına göre bulanık karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{bmatrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#1} \\ (9,10,10) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#2} \\ (7,9,10) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{Karar} \\ \text{Verici\#3} \\ (7,9,10) \end{bmatrix} \quad \left[(7.67, 9.34, 10) \right]$$

$$\tilde{w}_{11} = \left(\left(\sum_{k=1}^3 Lw_{11} \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 Mw_{11} \right) / 3, \left(\sum_{k=1}^3 Uw_{11} \right) / 3 \right) = (7.67, 9.37, 10)$$

Çizelge 6.15. Ölçütlerin önem ağırlıkları

Boyut ve ölçütler	Ağırlıklar		
Çalışma faktörleri			
Yabancı dil	0,19	0,39	0,64
Lisans derecesi	0,07	0,19	0,39
Analitik düşünme	0,26	0,44	0,64
Bilgisayar yeteneği	0,03	0,11	0,27
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler			
Zamanı etkili kullanabilme	0,02	0,11	0,3
Amaç belirleme	0,06	0,2	0,43
Kendini geliştirme yeteneği	0,08	0,24	0,48
İsteklilik	0,18	0,33	0,5
Endüstri mühendisliği formasyonu			
Bütünleşik yaklaşım	0,32	0,48	0,64
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,13	0,31	0,54
Karar verme	0,39	0,66	0,9
Takım çalışması	0,39	0,66	0,9
Kişisel özellikler			
Duygusal kararlılık	0,01	0,09	0,25
Dürüstlük	0,55	0,79	0,9
Uyumluluk	0,35	0,59	0,78
Dışadönüklük	0,29	0,52	0,75
Öğrenmeye açıklık	0,16	0,32	0,52
Kişilerarası özellikler			
Esneklik	0,18	0,33	0,5
Azımlilik	0,25	0,45	0,66
İkna etme kabiliyeti	0,14	0,31	0,54
Kararlılık	0,2	0,41	0,67

Daha sonra bulanık karar matrisi normalize edilerek normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Normalize bulanık karar matrisi Çizelge 6.17'de görülmektedir. Alt ölçüt yabancı dil için örnek verildiğinde ölçüte ilişkin normalize edilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, \quad c_j^* = \text{enb}_i c_{ij} \quad (j \in B)$$

formülü ile hesaplanırsa;

$$c_j^* = \text{enb}_i c_{ij} = 10.00 \quad \text{ve} \quad \tilde{r}_{11} = \left(\frac{a_{11}}{c_1^*}, \frac{b_{11}}{c_1^*}, \frac{c_{11}}{c_1^*} \right) = \left(\frac{7.67}{10.00}, \frac{9.34}{10.00}, \frac{10.00}{10.00} \right) = (0.77, 0.94, 0.10) \text{ elde edilmiştir.}$$

Normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bu matriste yer alan değerlerin her biri ilgili ölçüt ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matris Çizelge 6.18'te görülmektedir. Alt ölçüt yabancı dil için örnek verildiğinde ölçüte ilişkin ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{r}_{11} \otimes \tilde{w}_{11} = (0.77, 0.94, 0.10) \otimes (0.19, 0.39, 0.64) = (0.15, 0.37, 0.64)$$

Çizelge 6.16. Bulanık karar matrisi

Boyut ve ölçütler	Adaylar														
	A-1			A-2			A-3			A-4			A-5		
Çalışma faktörleri															
Yabancı dil	7,67	9,34	10,00	5,67	7,67	9,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	5,67	7,67	9,00
Lisans derecesi	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	9,00	10,00	10,00	5,67	7,67	9,00
Analitik düşünme	7,00	9,00	10,00	8,34	9,67	10,00	5,67	7,67	9,00	5,34	6,67	7,67	8,34	9,67	10,00
Bilgisayar yeteneği	5,67	7,67	9,00	7,00	9,00	10,00	4,00	5,34	6,67	7,00	9,00	10,00	7,67	9,34	10,00
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler															
Zamanı etkili kullanabilme	5,34	6,67	7,67	9,00	10,00	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00
Amaç belirleme	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	6,34	8,00	9,00	6,34	8,00	9,00
Kendini geliştirme yeteneği	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00
İsteklilik	7,00	8,34	9,00	8,34	9,67	10,00	9,00	10,00	10,00	8,34	9,67	10,00	8,34	9,67	10,00
Endüstri mühendisliği formasyonu															
Bütünlük yaklaşım	5,67	7,67	9,00	8,34	9,67	10,00	7,00	9,00	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00
Planlama ve organizasyon yeteneği	4,67	6,34	7,67	8,34	9,67	10,00	7,00	9,00	10,00	7,67	9,34	10,00	6,34	8,00	9,00
Karar verme	6,34	8,00	9,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	6,34	8,00	9,00	7,67	9,34	10,00
Takım çalışması	5,67	7,67	9,00	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00
Kişisel özellikler															
Duygusal kararlılık	5,67	7,67	9,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00
Dürüstlük	7,67	9,34	10,00	7,00	9,00	10,00	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00
Uyumluluk	7,00	9,00	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00
Dışadönümlük	5,67	7,67	9,00	8,34	9,67	10,00	8,34	9,67	10,00	8,34	9,67	10,00	7,67	9,34	10,00
Öğrenmeye açıklık	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00	7,00	8,34	9,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00
Kişilerarası özellikler															
Esneklik	4,34	6,34	8,00	8,34	9,67	10,00	7,00	9,00	10,00	7,00	9,00	10,00	7,00	9,00	10,00
Azimlilik	6,34	8,00	9,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	7,67	9,34	10,00	8,34	9,67	10,00
İkna etme kabiliyeti	5,67	7,67	9,00	8,34	9,67	10,00	5,67	7,67	9,00	6,34	8,00	9,00	5,67	7,67	9,00
Kararlılık	5,67	7,67	9,00	8,34	9,67	10,00	5,67	7,67	9,00	6,34	8,00	9,00	7,67	9,34	10,00

Çizelge 6.17. Normalize bulanık karar matrisi

Boyut ve ölçütler	Adaylar														
	A-1			A-2			A-3			A-4			A-5		
<i>Çalışma faktörleri</i>															
Yabancı dil	0,77	0,94	1,00	0,57	0,77	0,90	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,57	0,77	0,90
Lisans derecesi	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,90	1,00	1,00	0,57	0,77	0,90
Analitik düşünme	0,70	0,90	1,00	0,84	0,97	1,00	0,57	0,77	0,90	0,54	0,67	0,77	0,84	0,97	1,00
Bilgisayar yeteneği	0,57	0,77	0,90	0,70	0,90	1,00	0,40	0,54	0,67	0,70	0,90	1,00	0,77	0,94	1,00
<i>Çalışmayı tamamlayıcı faktörler</i>															
Zamanı etkili kullanabilme	0,54	0,67	0,77	0,90	1,00	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00
Amaç belirleme	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,64	0,80	0,90	0,64	0,80	0,90
Kendini geliştirme yeteneği	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00
İsteklilik	0,70	0,84	0,90	0,84	0,97	1,00	0,90	1,00	1,00	0,84	0,97	1,00	0,84	0,97	1,00
<i>Endüstri mühendisliği formasyonu</i>															
Bütünleşik yaklaşım	0,57	0,77	0,90	0,84	0,97	1,00	0,70	0,90	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,47	0,64	0,77	0,84	0,97	1,00	0,70	0,90	1,00	0,77	0,94	1,00	0,64	0,80	0,90
Karar verme	0,64	0,80	0,90	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,64	0,80	0,90	0,77	0,94	1,00
Takım çalışması	0,57	0,77	0,90	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00
<i>Kişisel özellikler</i>															
Duygusal kararlılık	0,57	0,77	0,90	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00
Dürüstlük	0,77	0,94	1,00	0,70	0,90	1,00	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00
Uyumluluk	0,70	0,90	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00
Dışadönüklük	0,57	0,77	0,90	0,84	0,97	1,00	0,84	0,97	1,00	0,84	0,97	1,00	0,77	0,94	1,00
Öğrenmeye açıklık	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00	0,70	0,84	0,90	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00
<i>Kişilerarası özellikler</i>															
Esneklik	0,44	0,64	0,80	0,84	0,97	1,00	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00	0,70	0,90	1,00
Azımlılık	0,64	0,80	0,90	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,77	0,94	1,00	0,84	0,97	1,00
İkna etme kabiliyeti	0,57	0,77	0,90	0,84	0,97	1,00	0,57	0,77	0,90	0,64	0,80	0,90	0,57	0,77	0,90
Kararlılık	0,57	0,77	0,90	0,84	0,97	1,00	0,57	0,77	0,90	0,64	0,80	0,90	0,77	0,94	1,00

Çizelge 6.18. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi

Boyut ve ölçütler	Adaylar														
	A-1			A-2			A-3			A-4			A-5		
<i>Çalışma faktörleri</i>															
Yabancı dil	0,15	0,37	0,64	0,11	0,30	0,58	0,16	0,38	0,64	0,15	0,37	0,64	0,11	0,30	0,58
Lisans derecesi	0,06	0,19	0,39	0,06	0,18	0,39	0,06	0,18	0,39	0,07	0,19	0,39	0,04	0,15	0,36
Analitik düşünme	0,19	0,40	0,64	0,22	0,43	0,64	0,15	0,34	0,58	0,14	0,30	0,50	0,22	0,43	0,64
Bilgisayar yeteneği	0,02	0,09	0,25	0,03	0,10	0,27	0,02	0,06	0,18	0,03	0,10	0,27	0,03	0,11	0,27
<i>Çalışmayı tamamlayıcı faktörler</i>															
Zamanı etkili kullanabilme	0,02	0,08	0,23	0,02	0,11	0,30	0,02	0,11	0,30	0,02	0,11	0,30	0,02	0,11	0,30
Amaç belirleme	0,05	0,19	0,43	0,05	0,20	0,43	0,05	0,19	0,43	0,04	0,16	0,39	0,04	0,16	0,39
Kendini geliştirme yeteneği	0,07	0,23	0,48	0,07	0,24	0,48	0,07	0,24	0,48	0,07	0,23	0,48	0,07	0,23	0,48
İsteklilik	0,13	0,28	0,45	0,15	0,32	0,50	0,17	0,33	0,50	0,15	0,32	0,50	0,15	0,32	0,50
<i>Endüstri mühendisliği formasyonu</i>															
Bütünleşik yaklaşım	0,19	0,37	0,58	0,27	0,47	0,64	0,23	0,44	0,64	0,27	0,47	0,64	0,25	0,45	0,64
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,07	0,20	0,42	0,11	0,30	0,54	0,10	0,28	0,54	0,10	0,29	0,54	0,09	0,25	0,49
Karar verme	0,25	0,53	0,81	0,33	0,64	0,90	0,30	0,62	0,90	0,25	0,53	0,81	0,30	0,62	0,90
Takım çalışması	0,23	0,51	0,81	0,30	0,62	0,90	0,33	0,64	0,90	0,30	0,62	0,90	0,30	0,62	0,90
<i>Kişisel özellikler</i>															
Duygusal kararlılık	0,01	0,07	0,23	0,01	0,09	0,25	0,01	0,09	0,25	0,01	0,09	0,25	0,01	0,09	0,25
Dürüstlük	0,43	0,74	0,90	0,39	0,72	0,90	0,43	0,74	0,90	0,46	0,77	0,90	0,43	0,74	0,90
Uyumluluk	0,25	0,54	0,78	0,27	0,56	0,78	0,27	0,56	0,78	0,30	0,58	0,78	0,27	0,56	0,78
Dışadönüklük	0,17	0,40	0,68	0,25	0,51	0,75	0,25	0,51	0,75	0,25	0,51	0,75	0,23	0,49	0,75
Öğrenmeye açıklık	0,13	0,30	0,52	0,14	0,31	0,52	0,12	0,27	0,47	0,13	0,30	0,52	0,13	0,30	0,52
<i>Kişilerarası özellikler</i>															
Esneklik	0,08	0,21	0,40	0,15	0,32	0,50	0,13	0,30	0,50	0,13	0,30	0,50	0,13	0,30	0,50
Azımlılık	0,16	0,36	0,60	0,20	0,42	0,66	0,20	0,42	0,66	0,20	0,42	0,66	0,21	0,44	0,66
İkna etme kabiliyeti	0,08	0,24	0,49	0,12	0,30	0,54	0,08	0,24	0,49	0,09	0,25	0,49	0,08	0,24	0,49
Kararlılık	0,12	0,32	0,61	0,17	0,40	0,67	0,12	0,32	0,61	0,13	0,33	0,61	0,16	0,39	0,67

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra 21 bileşenli bulanık pozitif ideal çözüm (BPİÇ) ve bulanık negatif ideal çözüm (BNİÇ) değerleri şu şekilde belirlenir:

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Daha sonra her alternatifin tüm ölçütler için BPİÇ ve BNİÇ'e olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Burada tepe noktası yöntemi formülü kullanılmıştır. Yabancı dil ölçütü için birinci adayın BPİÇ ve BNİÇ'e olan uzaklıkları şu şekilde hesaplanmıştır:

$$d(A_1, A^*) = \sqrt{\frac{1}{3} [(1 - 0.15)^2 + (1 - 0.37)^2 + (1 - 0.64)^2]} = 0.645$$

$$d(A_1, A^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(0 - 0.15)^2 + (0 - 0.37)^2 + (0 - 0.64)^2]} = 0.436$$

Diğer dört adayın yirmi bir ölçüte göre BPİÇ ve BNİÇ'e olan uzaklıkları da aynı şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları Çizelge 6.19 ve 6.20'de görülmektedir.

Çizelge 6.19. Her ölçüte göre $A_i = (1,2,3,4,5)$ ve A^* arasındaki uzaklık

Boyut ve kriterler	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
<i>Çalışma faktörleri</i>					
Yabancı dil	0,645	0,697	0,638	0,645	0,697
Lisans derecesi	0,798	0,802	0,802	0,794	0,827
Analitik düşünme	0,618	0,595	0,667	0,702	0,595
Bilgisayar yeteneği	0,885	0,873	0,916	0,873	0,869
<i>Çalışmayı tamamlayıcı faktörler</i>					
Zamanı etkili kullanabilme	0,894	0,865	0,865	0,865	0,865
Amaç belirleme	0,792	0,789	0,792	0,816	0,816
Kendini geliştirme yeteneği	0,759	0,756	0,756	0,759	0,759
İsteklilik	0,725	0,692	0,680	0,692	0,692
<i>Endüstri mühendisliği formasyonu</i>					
Bütünleşik yaklaşım	0,640	0,561	0,588	0,561	0,576
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,783	0,706	0,716	0,713	0,742
Karar verme	0,523	0,443	0,463	0,523	0,463
Takım çalışması	0,538	0,463	0,443	0,463	0,463
<i>Kişisel özellikler</i>					
Duygusal kararlılık	0,901	0,889	0,889	0,889	0,889
Dürüstlük	0,366	0,392	0,366	0,344	0,366
Uyumluluk	0,524	0,508	0,508	0,488	0,508
Dışadönüklük	0,619	0,537	0,537	0,537	0,552
Öğrenmeye açıklık	0,702	0,694	0,728	0,702	0,702
<i>Kişilerarası özellikler</i>					
Esneklik	0,781	0,692	0,706	0,706	0,706
Azımlılık	0,652	0,603	0,603	0,603	0,593
İkna etme kabiliyeti	0,749	0,701	0,749	0,742	0,749
Kararlılık	0,680	0,621	0,680	0,673	0,629

Çizelge 6.20. Her ölçüte göre $A_i = (1,2,3,4,5)$ ve A^- arasındaki uzaklık

Boyut ve kriterler	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
<i>Çalışma faktörleri</i>					
Yabancı dil	0,436	0,382	0,440	0,436	0,382
Lisans derecesi	0,253	0,250	0,250	0,254	0,226
Analitik düşünme	0,449	0,463	0,398	0,346	0,463
Bilgisayar yeteneği	0,154	0,167	0,110	0,167	0,169
<i>Çalışmayı tamamlayıcı faktörler</i>					
Zamanı etkili kullanabilme	0,141	0,185	0,185	0,185	0,185
Amaç belirleme	0,273	0,275	0,273	0,244	0,244
Kendini geliştirme yeteneği	0,310	0,312	0,312	0,310	0,310
İsteklilik	0,315	0,354	0,360	0,354	0,354
<i>Endüstri mühendisliği formasyonu</i>					
Bütünleşik yaklaşım	0,412	0,484	0,468	0,484	0,474
Planlama ve organizasyon yeteneği	0,272	0,362	0,356	0,359	0,322
Karar verme	0,577	0,665	0,654	0,577	0,654
Takım çalışması	0,568	0,654	0,665	0,654	0,654
<i>Kişisel özellikler</i>					
Duygusal kararlılık	0,139	0,154	0,154	0,154	0,154
Dürüstlük	0,717	0,702	0,717	0,734	0,717
Uyumluluk	0,566	0,576	0,576	0,587	0,576
Dışadönüklük	0,466	0,543	0,543	0,543	0,534
Öğrenmeye açıklık	0,355	0,359	0,321	0,355	0,355
<i>Kişilerarası özellikler</i>					
Esneklik	0,265	0,354	0,345	0,345	0,345
Azımlılık	0,414	0,466	0,466	0,466	0,474
İkna etme kabiliyeti	0,318	0,363	0,318	0,322	0,318
Kararlılık	0,404	0,461	0,404	0,407	0,457

Adayların tüm ölçütler için bulanık pozitif ideal çözüme ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesapladıktan sonra beş alternatif için d_i^* ve d_i^- değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 6.21’de görülmektedir.

Çizelge 6.21. d_i^* , d_i^- ve CC_i 'nin hesaplanması

	A₁	A₂	A₃	A₄	A₅
d_i^*	14,578	13,879	14,093	14,09	14,06
d_i^-	7,805	8,534	8,315	8,283	8,368
$d_i^* + d_i^-$	22,383	22,413	22,408	22,373	22,428
CC_i	0,349	0,381	0,372	0,371	0,374

Her alternatif için göreceli uzaklık değeri $CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}$ $i = 1, 2, \dots, m$ formülünden yararlanarak şu şekilde hesaplanmıştır:

$$CC_1 = \frac{7.805}{14.578 + 7.805} = 0.349$$

Diğerleri de yukarıdaki şekilde hesaplanmıştır. Alternatiflerin göreceli uzaklıklarına bakılarak alternatifler büyükten küçüğe sıralanır. Buna göre beş aday için oluşturulan sıralama $A_2 > A_5 > A_3 > A_4 > A_1$ şeklindedir. İşletme en yüksek göreceli önem değerine sahip olan A_2 adayını seçmelidir. Ayrıca Çizelge 4.6'daki alternatiflerin kabul koşulları değerlerine bakarak bütün alternatiflerin değerlendirme durumunun “yüksek risk ile tavsiye edilebilir” olduğu belirtilebilir.

BAHP yöntemi ile oluşan sıralama $A_2 > A_4 > A_3 > A_5 > A_1$ iken Bulanık TOPSIS yöntemi ile oluşan sıralama $A_2 > A_5 > A_3 > A_4 > A_1$ şeklindedir. İki yöntemde de A_2 adayı öncelikli seçilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden ölçüt ağırlıklarını belirlemek için Bulanık AHP, alternatiflerin sıralamasını oluşturmak için Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme (BÇÖKV) yöntemi ve sonuçları karşılaştırmak için de Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Özel sektörde faaliyet gösteren firmaların yöneticileri bölümleri arayarak Endüstri Mühendisi talebinde bulunmaktadır. Türkiye’de firmaların Endüstri Mühendisi seçimiyle ilgili böyle bir süreç yaşanmaktadır. Bu çalışmada, bu süreç bilimsel bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Yapılan literatür çalışmasında böyle bir bilimsel yaklaşımla karşılaşılmamıştır ve incelenen çalışmalarda genellikle matris tutarlılığının kontrol edilmediği ve duyarlılık analizinin yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada tüm matrislerin tutarlılığı kontrol edilmiş, tutarsız olan matrisler için tekrar karar vericilerle görüşülerek tutarsızlığın nedeni izah edilmiş ve tekrar ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Ayrıca tüm karar vericilerin karar vermede ağırlıklarının eşit olmadığı düşünülerek karar vericilerin ağırlıkları ile duyarlılık analiz yapılmış ve alternatifler tekrar sıralanmıştır. Ölçütlerin ağırlıkları üzerinde duyarlılık analiz yapılmış ve alternatifler sıralanmıştır. Bu işlemler için M.S. Excel’den yararlanılmıştır. Ancak, bu işlemler için gelecekte Bulanık AHP ve BÇÖKV için bir program yazılması önerilebilir. Ayrıca ANP yöntemi de bu probleme uygulanabilir.

En iyi personelin seçim sürecinde yer alan performans değerlerini, sayısal veriler ile ifade etmek güç olduğundan bu değerlerin ifade edilmesinde sözel değişkenlerin kullanılması faydalı olmuştur. Bu tür problemler kesin olmayan belirsiz verilere dayandığı için bu gibi durumlarda bulanık küme yaklaşımının kullanılması uygundur. Diğer bir ifadeyle, alternatifleri, ölçütlere ve önem ağırlıklarına göre değerlendirmede sayısal değerler yerine sözel değişkenler kullanılabilir. Karar vericiler seçim sürecinde öznel algılardan ve deneyimden kaynaklanan belirsizlik ile karşı karşıya kaldıklarından bu tür problemleri ele almak için bulanık ÇÖKV yöntemleri önerilmiştir. Bu yöntemler hem sözel hem sayısal ölçütleri ele alarak uygun alternatifin seçilmesini sağlamaktadırlar.

Ölçütler belirlenirken bir Endüstri Mühendisi’nde olması gereken özellikler dikkate alınmıştır. Literatürde personel seçimi için dikkate alınan ve karar vericilerin olmasını istediği ölçüt havuzu oluşturulduktan sonra bu havuzdan uygun görülen ölçütler seçilmiştir. Çalışma faktörler ve çalışmayı tamamlayıcı faktörler ana ölçütleri için Güngör ve diğ. [13]’nin makalesinden, kişisel özellikler ana ölçütü için Barrick ve Mount [81]’in makalesinden, kişilerarası özellikler ana ölçütü için de Göleç ve Kahya [10]’nin makalesinden faydalanılmıştır.

Karar vericiler, Bulanık AHP yöntemini kullanarak ana ölçütleri ve alt ölçütleri ikili karşılaştırma matrisleri ile değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme için karar vericilere Ek Açıklamalar-D'deki anket formları verilmiştir. Beş adet ana ölçüt ve bu beş ana ölçütün alt ölçütleri olduğu için toplamda altı adet ikili karşılaştırma matrisi oluşmuştur. Karar vericiler, bulanık AHP yöntemi ile adayları alt ölçütlere göre ikili karşılaştırma matrisleri ile değerlendirebilirler. Fakat bu durumda, beş aday ve yirmi bir alt ölçütün olmasından dolayı 105 adet ikili karşılaştırma matrisi oluşacaktır. Bu da karar vericilerin değerlendirenken sıkılmasına ve ikili karşılaştırma matrislerinin tutarsızlığına sebep olacaktır. Dolayısıyla BÇÖKV yöntemini kullanmak bu olumsuzluğu ortadan kaldıracaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Özkan, Ö., 2007, Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi : Ahp, Electre Ve Topsis Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı İnsan Kaynakları Programı Yüksek Lisans Tezi, 200 s.
- [2] Lu, J., Zhang, G., Ruan, D. and Wu, F., 2007, Multi Objective Group Decision Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques, Imperial College Press, Series in Electrical and Computer Engineering -Vol. 6, 407 p.
- [3] Liang, G.S. and Wang, M.J.,1992, Personnel Placement In A Fuzzy Environment, Computers & Operations Research, 19(2), 107–121.
- [4] Liang, G. S., and Wang, M. J., 1994, Personnel Selection Using Fuzzy MCDM Algorithm, European Journal of Operational Research, 78(1), 22–33.
- [5] Karsak, E.E., 2000, A Fuzzy Multiple Objective Programming Approach for Personnel Selection, Systems, Man, and Cybernetics, IEEE International Conference 3, 2007–2012.
- [6] Capaldo, G. and Zollo, G., 2001, Applying fuzzy logic to personnel assessment: a case study, Omega: The International Journal Of Management Science; 29, 585-597.
- [7] Toroslu, I.H., 2003, Personnel Assignment Problem With Hierarchical Ordering Constraints, Computers & Industrial Engineering, 45(3), 493–510.
- [8] Bali, Ö. ve Gencer, C., 2005, AHP, Bulanık AHP ve Bulanık Mantık'la Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi, 4(1), 24-43.
- [9] Dağdeviren, M., 2007, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Personel Seçimi Ve Bir Uygulama, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 22, No 4, 791-799.
- [10] Göleç, A. and Kahya, E., 2007, A fuzzy model for competency-based employee evaluation and selection, Computers & Industrial Engineering 52,143–161.
- [11] Özdağoğlu, A., 2008, Analysis Of Selection Criteria For Manufacturing Employees Using Fuzzy-Ahp, İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1,141-160.
- [12] Aydın, Ö.,2008, FMCDM For Personnel Assignment In Turkish Armed Forces, Asia-Pacific Journal Of Operational Research, Vol. 25, No. 1,75-87.
- [13] Güngör, Z., Serhadlıoğlu, G. and Kesen, S.E., 2009, A Fuzzy AHP Approach To Personnel Selection Problem, Applied Soft Computing 9, 641-646.
- [14] Huang, D.K., Chiu, H.N., Yeh, R.H., and Chang, J.H., 2009, A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach For Solving A Bi-Objective Personnel Assignment Problem, Computers & Industrial Engineering 56, 1-10.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- [15] Çelik, M., Kandakoğlu, A. and Er, D., 2009, Structuring Fuzzy Integrated Multi-Stages Evaluation Model On Academic Personnel Recruitment In MET Institutions, *Expert Systems with Applications* 36, 6918–6927.
- [16] Dursun, M. and Karsak, E.E., 2010, A fuzzy MCDM approach for personnel selection, *Expert Systems with Applications* 37, 4324–4330.
- [17] Şen, C.G. and Çınar, G., 2010, Evaluation and pre-allocation of operators with multiple skills: A combined fuzzy ahp and max–min approach, *Expert Systems with Applications* 37, 2043–2053.
- [18] Eminov, M. ve Ballı, S., 2004, Karmaşık Problemler İçin Belirsizlik Altında Çok Kriterli Bulanık Karar Verme, YA/EM 2004- Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran, 2004, Gaziantep – Adana.
- [19] Şen, Z., 2004, Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı, İstanbul, 195 s.
- [20] Elmas, Ç., 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık), Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., 230 s.
- [21] Zadeh, L.A., 2008, Is there a need for fuzzy logic?, *Information Sciences* 178, 2751-2779.
- [22] Reznik, L., 1997, *Fuzzy Controllers*, Victoria University of Technology, Melbourne, Australia, 287 p.
- [23] Kankılıç, H., 2005, Development Of A Fuzzy Decision Making Model For Personnel Selection, M.S.Thesis, Gaziantep University Graduate School, 86 p.
- [24] Lee, A. R., 1995, Application of Modified Fuzzy AHP Method to Analyze Bolting Sequence of Structural Joints, Ph.D Thesis, Lehigh University, 145 p.
- [25] Klir, G.J., 2006, *Uncertainty and Information: Foundation Of Generalized Information Theory*, A John Wiley&Sons, Inc., 499 p.
- [26] Klir, G.J., Yuan, B., 1995, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice Hall, Lebanon, Indiana, U.S.A., 574 p.
- [27] Dubois, D. and Prade, H., 1980, *Fuzzy Sets And Systems: Theory And Applicaitons*, Academic Press, Inc., 393 p.
- [28] Klir, G.J. and Folger, T., 1988, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA.
- [29] Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, 338-353.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- [30] Zimmermann, H.-J., 1992, Fuzzy Sets Theory And Its Applications, Second, Revised Edition, Fourth Printing, Kluwer Academic Publishers, USA, 399 p.
- [31] Terano, T., Asai, K. and Sugeno, M., 1992, Fuzzy Systems Theory And Its Applications, Academic Press, 268 p.
- [32] Alavala, C.R., 2008, Fuzzy Logic And Neural Networks: Basic Concepts & Applications, New Age International (P) Limited, Publishers, 257 p.
- [33] Canbolat, M.S., 2005, Supplier Selection in E-Procurement Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Master of Science in Systems Science, Department of Systems Science School Management University of Ottawa, Canada, 124 p.
- [34] Pedrycz, W. and Gomide, F., 1998, An Introduction to Fuzzy Sets : Analysis and Design Complex Adaptive Systems, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 465 p.
- [35] Gu, X. and Zhu, Q., 2006, Fuzzy multi-attribute decision-making method based on eigenvector of fuzzy attribute evaluation space, Decision Support Systems 41, 400-410.
- [36] Buckley, J.J., 2006, Fuzzy Probability and Statistics, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 196, 270 p.
- [37] Ross, T.J., 2010, Fuzzy Logic With Engineering Applications, John Wiley & Sons, Ltd., Third Edition, USA, 585 p.
- [38] Evren, R. ve Ülengin, F., 1992, Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [39] Kleindorfer, P.R., Kunreuther H.C. and Schoemaker P.J.H., 1993, Decision Sciences. An Integrated Perspective, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [40] Eugene, D.H., 2003, Decision Making with Uncertain Judgments: A Stochastic Formulation of The Analytic Hierarchy Process, Decision Sciences, 34(3), s.445.
- [41] Saaty, T.L., 1996, The Analytic Hierarchy Process, New York, N.Y., McGraw Hill, 1980, Reprinted By RWS Publications, Pittsburgh.
- [42] Forman, E. and Selly, M.A., 2002, Decisions By Objectives: How The Convince Others That You Are Right, World Scientific Publishing Company, 402 p.
- [43] Saaty, T.L., 2000, Fundamentals Of Decision Making And Priority Theory With The Analytic Hierarchy Process, Vol. VI, Rws Publications, Pittsburg, 478 p.
- [44] Saaty, T. L., 1994, How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process, The Institute of Management Sciences, Interfaces 24:6, 19-43.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- [45] Zahedi, F., 1986, The Analytic Hierarchy Process – A Survey of the Method and Its Applications, The Institute of Management Sciences, Interfaces 16:4, 96-108.
- [46] Ho, W., 2008, Integrated Analytic Hierarchy Process And Its Applications – A Literature Review, European Journal of Operational Research 186, 211–228.
- [47] Saaty, T. L., 1990, Multicriteria Decision Making : The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, 2nd Edition, Pittsburgh.
- [48] Saaty, T.L., 1986, Axiomatic Foundation Of The Analytic Hierarchy Process, Management Science, Vol. 32 Issue 7, 841-855.
- [49] Weck, M., Klocke, F., Schell, H., and Ruenauer, E., 1997, Evaluating Alternative Production Cycles Using The Extended Fuzzy AHP Method, European Journal of Operational Research, 100(2): 351–366.
- [50] Kahraman, C., Ulukan, Z., and Tolga, E., 1998, A Fuzzy Weighted Evaluation Method Using Objective And Subjective Measures, Proceedings of the International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems (EIS'98), Vol. 1, University of La Laguna Tenerife, Spain, 57–63.
- [51] Zhu, K. J., Jing, Y., and Chang, D.Y., 1999, A discussion of extent analysis method and applications off uzzy AHP, European Journal of Operational Research, 116: 450–456.
- [52] Badri, M.A., 2001, A Combined AHP-GP Model For Quality Control Systems, International Journal of Production Economics, 72: 27–40.
- [53] Creed, P.G., 2001, The Potential Of Food Service Systems For Satisfying Consumer Needs, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2: 219–227.
- [54] Jansen, D.R., Weert, A., Beulens, A.J.M., and Huirne, R.B.M., 2001, Simulation Model Of Multi-Component Distribution In The Catering Supply Chain, European Journal of Operational Research, 133: 210–224.
- [55] Martinez-Tome, M., Vera, A.M., and Murcia, M.A., 2000, Improving The Control Of Food Production In Catering Establishments With Particular Reference To The Safety Of Salads, Food Control, 11(6): 437–445.
- [56] Cebeci, U., 2001, customer satisfaction of catering service companies in Turkey, Proceedings of the Sixth International Conference on ISO 9000 and TQM (6th ICIT), Glasgow, pp. 519–524.
- [57] Cebeci, U. and Kahraman, C., 2002, Measuring customer satisfaction of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, Proceedings of International Conference on Fuzzy Systems and Soft Computational Intelligence in Management and Industrial Engineering, İstanbul, pp. 315–325.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- [58] Yu, C.S., 2002, A GP-AHP method for solving group decision-making AHP problems, *Computers and Operations Research*, 29: 1969–2001.
- [59] Kahraman, C., Cebeci and U., Ruan, D., 2004, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics* 87, 171-184.
- [60] Tolga, E., Demircan, M.L., and Kahraman, C., 2005, Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, *International Journal of Production Economics*, 97: 89-117.
- [61] Kahraman, C., 2008, *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments*, Springer Science, Business Media, New York, Volume 16,588 p.
- [62] Kwong, C.K., and Bai, H., 2003, Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach, *IIE Transactions* 35, 619-626.
- [63] Golden, B.L., Harker, P.T. and Wasil, E.E.,1989, *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*, Springer-Verlag, Berlin.
- [64] Khader, M., 2009, *A Fuzzy Hierarchical Decision Model and Its Application in Networking Datacenters and in Infrastructure Acquisitions and Design*, The Degree of Doctor of Philosophy Applied Management and Decision Sciences Information System Management, Walden University, 207 p.
- [65] Bellman R.E. and Zadeh L.A., 1970, Decision-Making In A Fuzzy Environment *Management Science* 17(4), 141–64.
- [66] Buckley, J.J., 1985, Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers, *Fuzzy Sets Syst* 15(1), 21–31.
- [67] Chen, C.T., 2000, Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- [68] Yang, T. and Hung, C.C., 2007, Multiple Attribute Decision Making Methods For Plant Layout Design Problem, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 126–137.
- [69] Chen, C.T., Lin, C.T. and Huang, S.F., 2006, A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management, *International Journal of Production Economics*, 102, 289-301.
- [70] Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., and Seyrafiapour, H., 2010, Risk Identification And Assessment For Build–Operate–Transfer Projects: A Fuzzy Multi Attribute Decision Making Model, *Expert Systems with Applications* 37; 575–586.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- [71] Karakaşoğlu, N., 2008, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 262 s.
- [72] Bottani, E. and Rizzi, A., 2006, A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistics Services, Supply Chain Management: An International Journal, 11(4), 294-308.
- [73] Kahraman, C., Ateş, N.Y., Çevik S., Gülbay, M. and Erdoğan S.A., 2007, Hierarchical Fuzzy TOPSIS Model for Selection among Logistics Information Technologies, Journal of Enterprise Information Management. 20(2), 143-168.
- [74] Kahraman, C., Büyüközkan, G. and Ateş, N.Y., 2007, A Two Phase Multi-Attribute Decision Making Approach for New Product Introduction, Information Sciences, 177, 1567-1582.
- [75] Wang, Y.M., Luo, Y. and Hua. Z., 2008, On the Extent Analysis Method for Fuzzy AHP and its Applications, European Journal of Operational Research, 186, 735-747.
- [76] Ivancevich, J.M., 2001, Human Resource Management, McGraw-Hill.
- [77] Tichy, N.M., Fombrun, G.J. and Devanna, M.A., 1982, Strategic Human Resource Management, Sloan Management Review 23,47-61.
- [78] Bingöl, D., 1998, İnsan Kaynakları Yönetimi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 467 s.
- [79] Decenzo, D.A. and Robbins, S.P., 2010, Human Resource Management, 10th Edition, New York, John Wiley&Sons Inc., 178 p.
- [80] Buckley, J.J., 1985, Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets Syst; 17(1):233-47.
- [81] Barrick, M.R. and Mount, M.K., 1991, The Big Five Personality Dimensions And Job Performance: A Meta-Analysis, Personnel Psychology Inc, 27 p.
- [82] Kuruüzüm, A. ve Atsan, N., 2001, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, Akdeniz İ.İ.B.F Dergisi, 83-105.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklamalar-A Literatürde personel seçimi için kullanılan ölçütler

Yazarlar	Makalelerinde kullandıkları ölçütler	
	Ana ölçütler	Alt ölçütler
Güngör ve diğ.(2009)	Genel çalışma faktörleri	İş tecrübesi Yabancı dil * Lisans derecesi * Mastır derecesi Analitik düşünme * Temel bilgisayar yeteneği *
	Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	Karar verme Takım çalışması Zamanı etkili kullanma * Amaç Belirleme * Uzun dönemde öğrenme İsteklilik *
	Kişisel faktörler	Öz güven Görünüş Yaş Kültür Sözel ve yazısal iletişim
Göleç ve Kahya (2007)	İletişim	Dinleme Sözel iletişim Sözel sunum Yazılı iletişim
	Şahsi motivasyon	İş motivasyonu Çalışma standartları Kişisel girişim Enerji Detaya dikkat

		İhtiyat Dürüstlük Öğrenme kabiliyeti İlgı oranı Kontrollü tavır Stres toleransı İdari oryantasyon Yönetimi tanıma Danışmanı tanıma Profesyonel/teknik ilgi
	Kişiler arası yetenekler	Duyarlılık Liderlik Azimlilik * Satış kabiliyeti/ikna etme kabiliyeti Çevreye uyum Davranışsal esneklik Çalışan liderliği Müzakere Adaptasyon Bağımsızlık Esneklik *
	Karar verme	Analiz Karar Sözel gerçeği bulma Finansal analitik kabiliyeti Ekstra örgütsel farkındalık Güvenlik ihtiyaçlarını tanıma İnovasyon Risk alma Organizasyonel duyarlılık Ekstra organizasyonel duyarlılık Kontrollü karar verme
	Bilgi/Yetenek	Teknik/profesyonel ehliyet

		Makine işlemlerini bir süre toplama Süreç işlemi
	Kariyer geliştirme	Kariyer tutkusu Kendini geliştirme oryantasyonu Teknik / profesyonel anlamda kendini geliştirme
	Yönetim	Planlama ve organizasyon Yetki verme Kontrol Alt birimleri geliştirme
Barrick ve Mount (1991)	Duygusal kararlılık *	
	Dürüstlük *	
	Uyumluluk *	
	Dışa dönüklük *	
	Öğrenmeye açıklık *	
Karsak (2000)	Kişilik değerlendirme	
	Liderlik üstünlüğü	
	Sözel iletişim yeteneğinde üstünlük	
	Geçmişteki tecrübeleri	
	Bilgisayar yeteneği	
	Yabancı dili akıcı kullanma	
	Yetenek test puanı	
	Yıllık maaşı	
Capalda ve Zollo (2001)	Mesleki yetenekler	
	Planlama	
	Organizasyon	
	Aktif oryantasyon	
	Duygusal kararlılık	
	Esneklik	
Bali ve Gencer (2005)	Genel görünüşü	
	Anlama ve anlatma yeteneği	
	Liderlik durumu	
	Disiplin anlayışı	

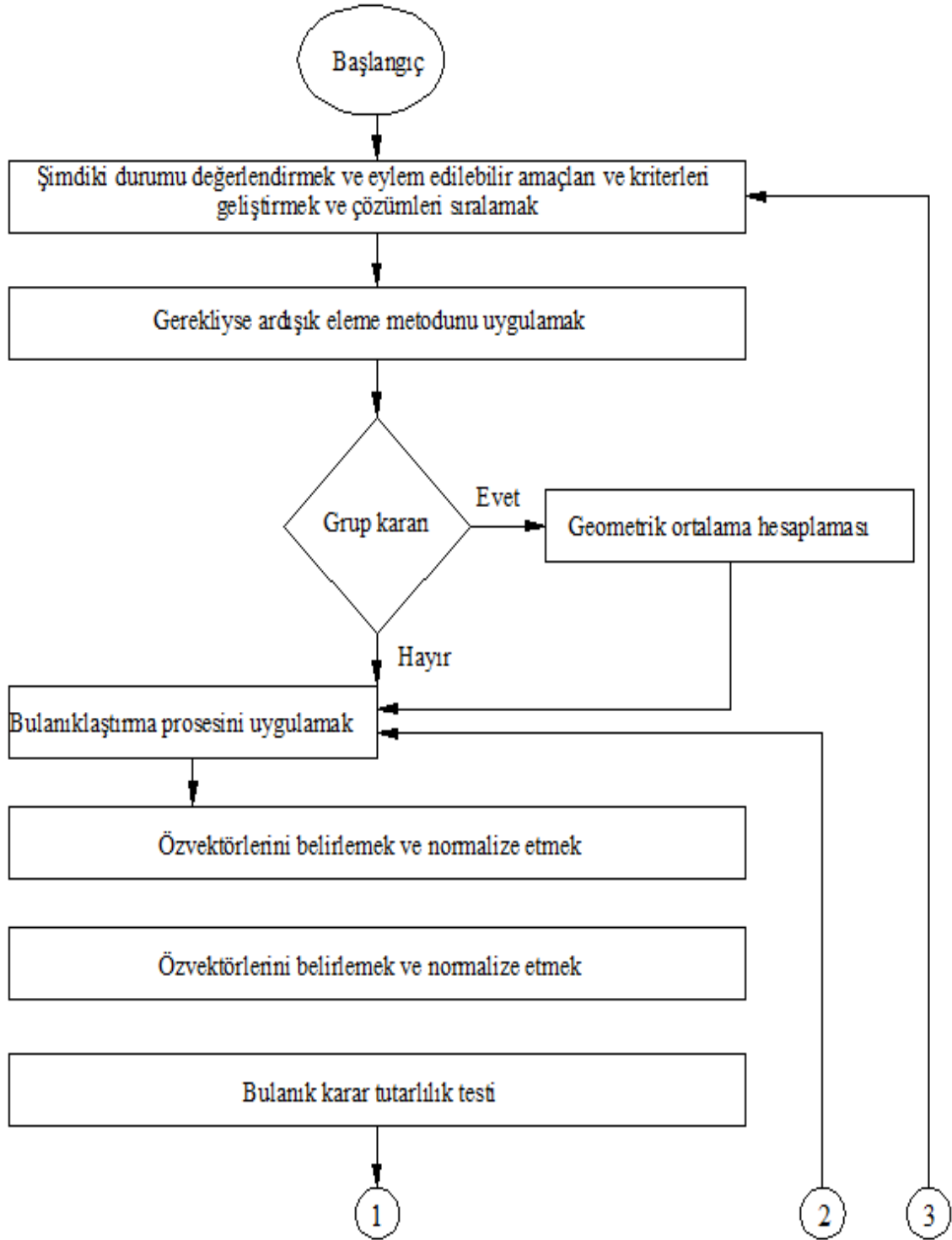
	Aile ve sosyal durumu	
	Ps”ikolojik yapısı	
	Bilimsel yeterliliđi	
Dağdeviren (2007),	İşsel faktörler	Kambiyo bilgisi
		Dış ticaret bilgisi
		Mevzuat bilgisi
	Kişisel faktörler	Kendine güven
		İnisiyatif alma
		Algılama
		Analitik düşünme
	Fiziksel görünüm	
Özdağoğlu (2008)	Teknik özellikler	Mesleki bilgi
		Araç ve ekipmanlara hakim olma
		Araç ve ekipmanlarda dikkatli olma
	Davranışsal özellikler	Kişisel ve iş ahlakı
		Sadakat
		Temiz olma
	Diğer faktörler	Eğitim
		Tecrübe
		Şirkete yakın ikamet etme
Huang ve diğ. (2009)	Bireylerin problem çözme yeteneği	
	Teknik yetenek	
	İnsan ilişkisi yeteneği	
	Daha önceki iş başarısı	
	Kişisel özellikler	
Çelik ve diğ. (2009)	Kişisel özellikler	Duygusal kararlılık
		Dürüstlük
		Uyumluluk
		Dışa dönüklük
		Öğrenmeye açıklık
	Denizcilikle ilgili yetenek	Denizcilikle ilgili İngilizce yeteneği
		Mesleki geçmişiyle ilgili görüşme

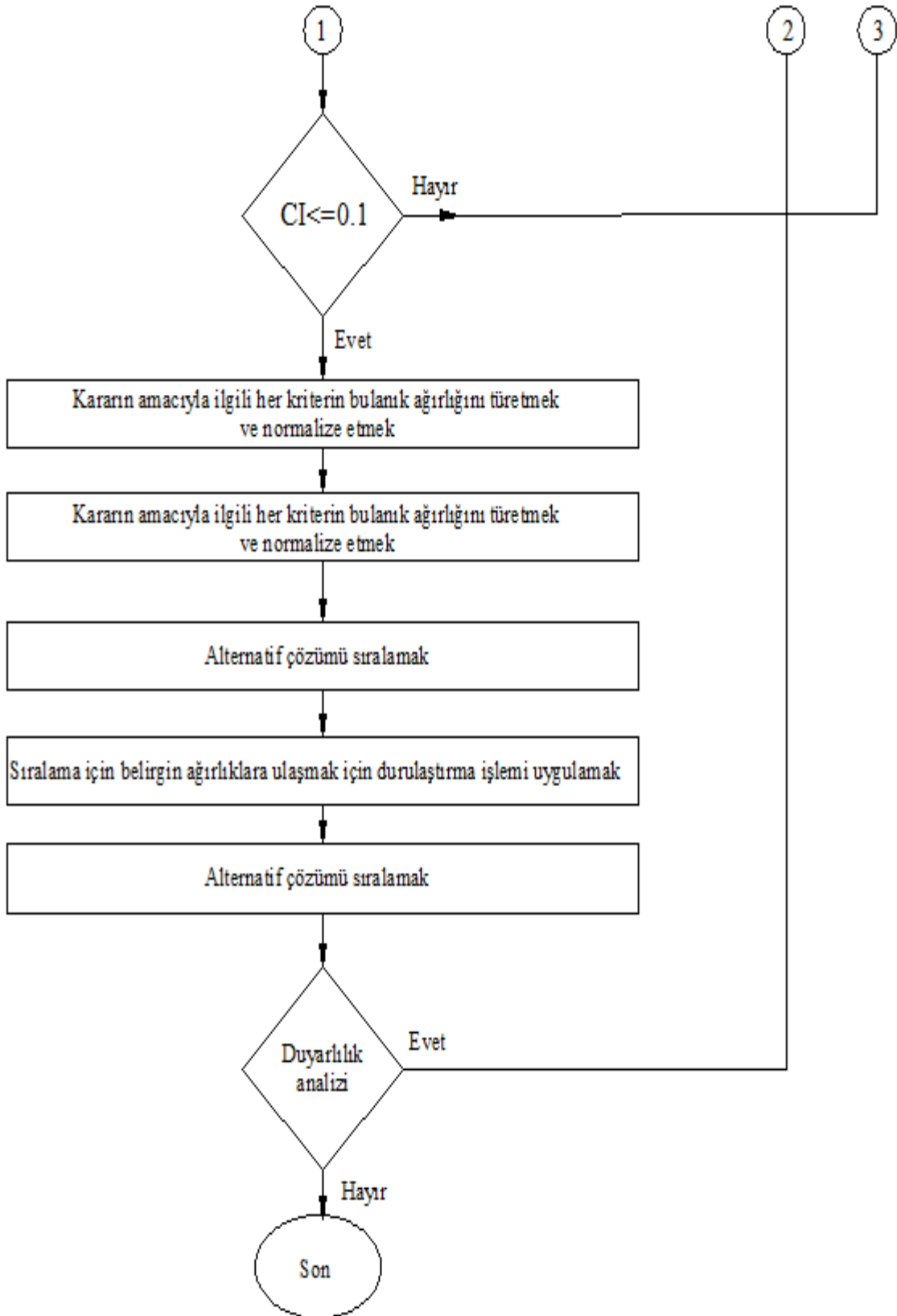
		Akademik yeterlilik sınavı
		Gemicilik yeteneği
		Kayıtlı disiplin problemi sayısı
		Referans mektubunun amacı
		Önceki programdan mezuniyet derecesi
		Akademik yayınları
		Denizcilik sanayisindeki proje sayısı
Dursun ve Karsak (2010)	Duygusal kararlılık	
	Liderlik	
	Kendine güven	
	Sözel iletişim yeteneği	
	Kişilik	
	Geçmişteki tecrübesi	
	Genel yeteneği	
	Anlayışı	
Şen ve Çınar (2010)	Yetenek	Mezun olma derecesi
		Elektronik bilgisi
		Elektronik bilgisi
	Tecrübe	Geçmişteki tecrübesi
		İşletmedeki tecrübe
	Kişisel özellikler	Dikkatliliği
		Anlama kapasitesi
		Değişikliğe adaptasyonu
	Montaj kabiliyeti	Video telefon montaj kabiliyeti
		Telefon montaj kabiliyeti
		Güç desteği montaj kabiliyeti
		Panel montaj kabiliyeti
	Kontrol kabiliyeti	Video telefon fonksiyonel kontrol kapasitesi
		Telefon fonksiyonel kontrol kapasitesi
		İnterkom fonksiyonel kontrol kapasitesi
		Güç desteği fonksiyonel kontrol

		kabiliyeti
		Panel fonksiyonel kontrol kabiliyeti

*Tezde kullanılan ölçütler.

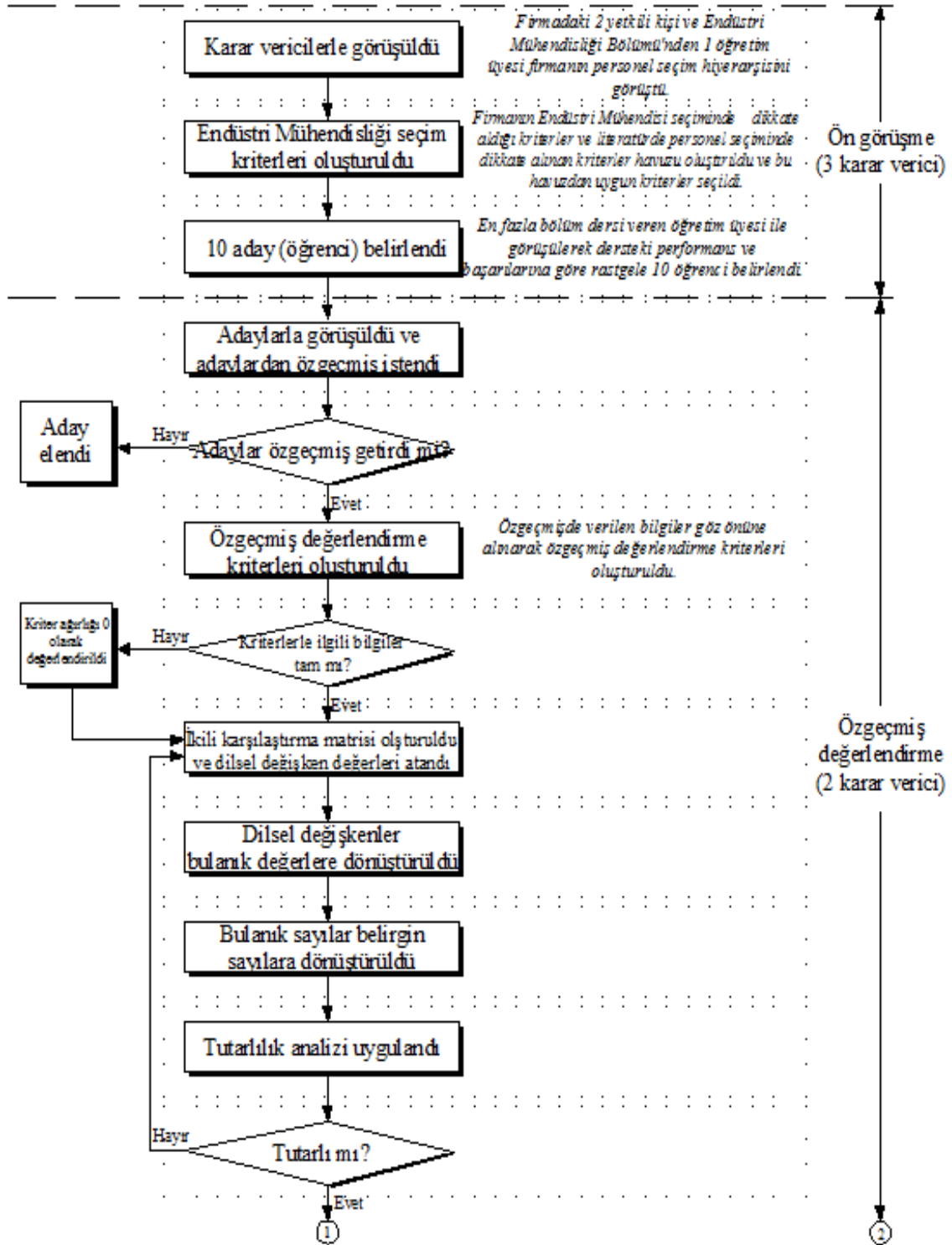
Ek Açıklamalar-B
Bulanık hiyerarşi karar modelinin akış diyagramı

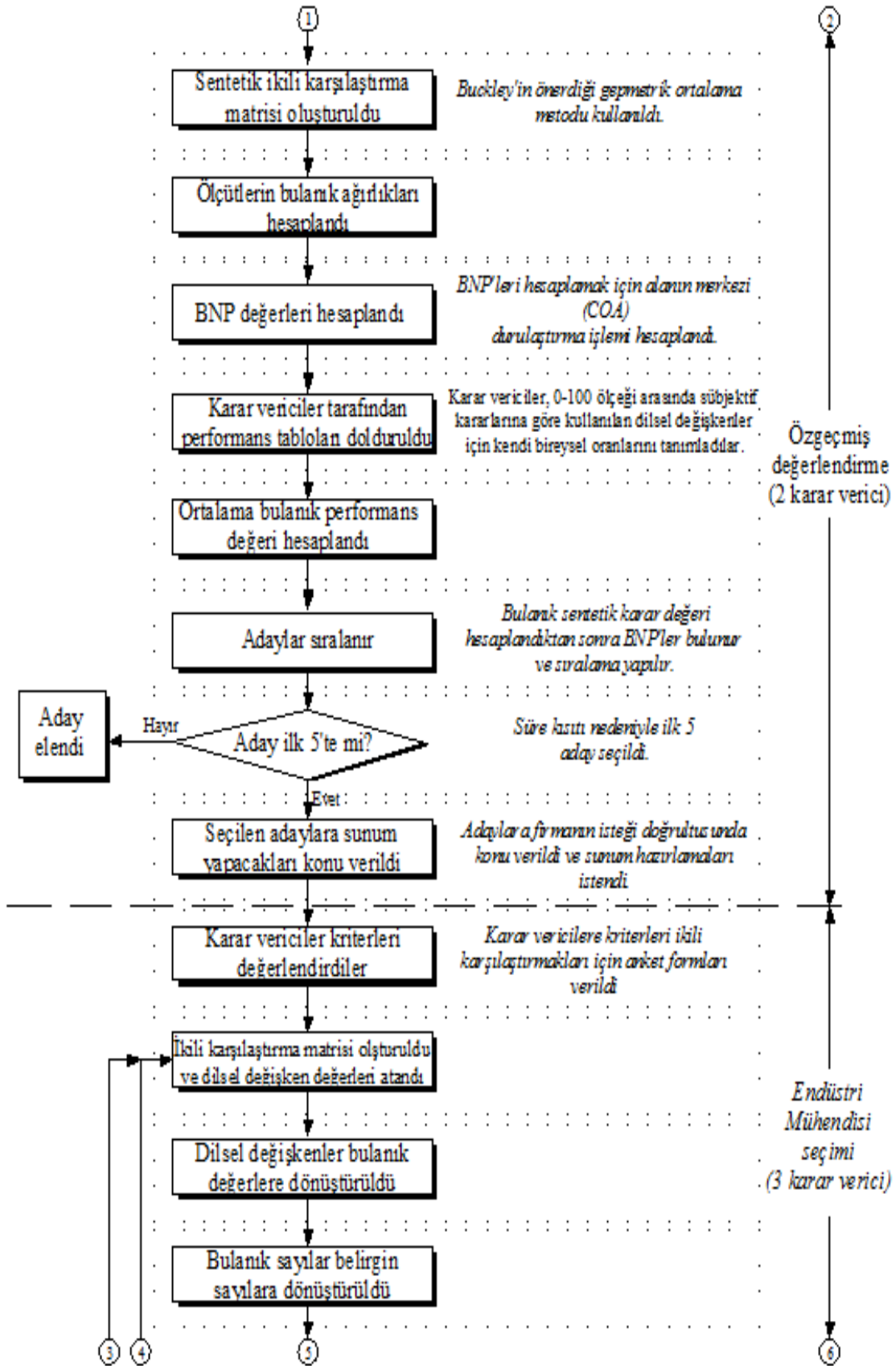


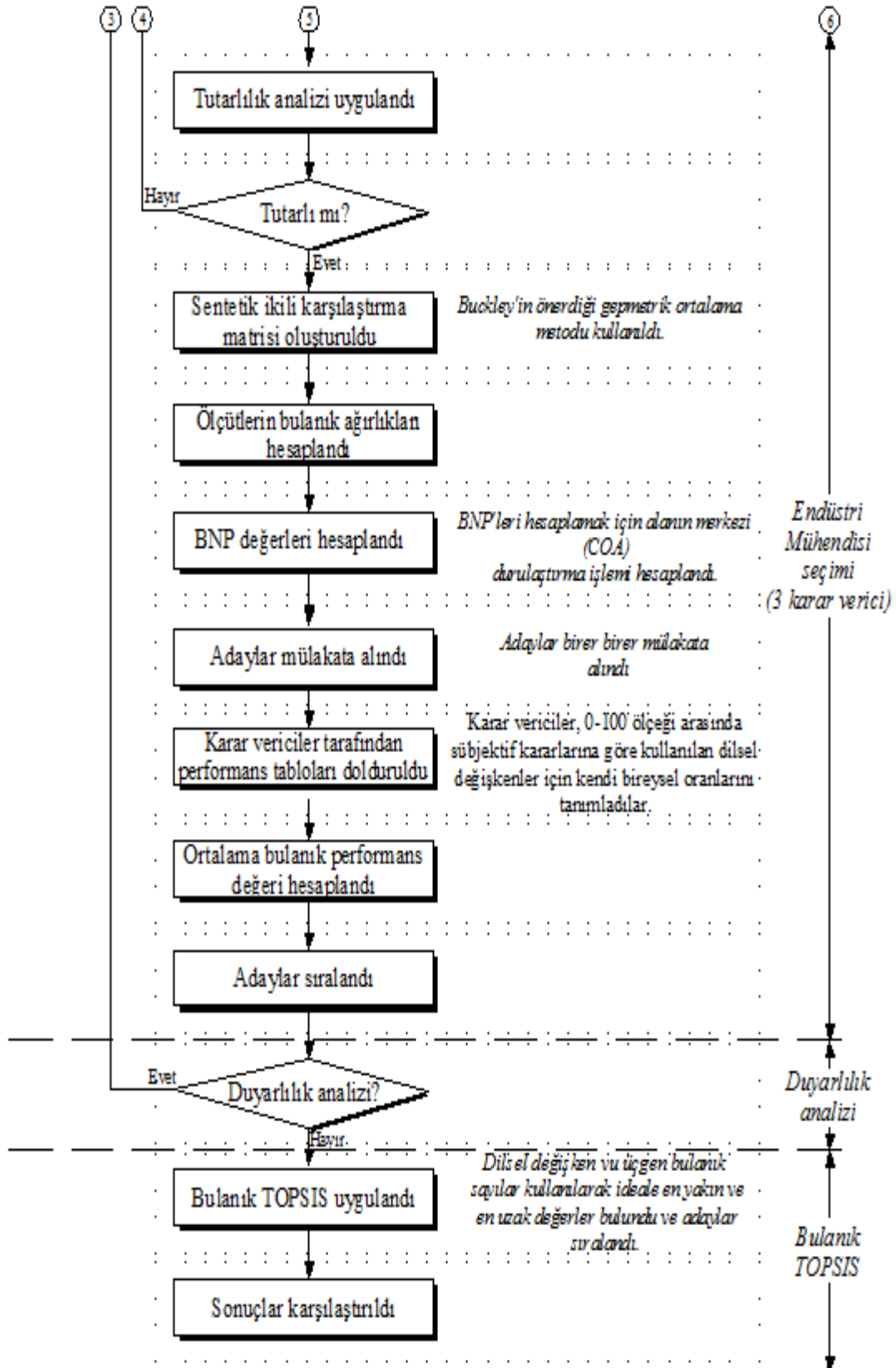


Ek Açıklamalar-C

Endüstri Mühendisi Seçiminde Önerilen Çok Ölçütlü Karar Verme Süreci Akış Şeması







Ek Açıklamalar-D

Bulanık AHP Yöntemi İçin Anket

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

SORULAR

Ana ölçütlere göre:

1. Çalışma faktörleri (A_1), çalışmayı tamamlayıcı faktörlere(A_2) göre ne kadar önemlidir?
2. Çalışma faktörleri (A_1), endüstri mühendisliği formasyonuna(A_3) göre ne kadar önemlidir?
3. Çalışma faktörleri (A_1), kişisel özelliklere(A_4) göre ne kadar önemlidir?
4. Çalışma faktörleri (A_1), kişilerarası özelliklere(A_5) göre ne kadar önemlidir?
5. Çalışmayı tamamlayıcı faktörler(A_2), endüstri mühendisliği formasyonuna(A_3) göre ne kadar önemlidir?
6. Çalışmayı tamamlayıcı faktörler(A_2), kişisel özelliklere(A_4) göre ne kadar önemlidir?
7. Çalışmayı tamamlayıcı faktörler(A_2), kişilerarası özelliklere(A_5) göre ne kadar önemlidir?
8. Endüstri mühendisliği formasyonu(A_3), kişisel özelliklere(A_4) göre ne kadar önemlidir?
9. Endüstri mühendisliği formasyonu(A_3), kişilerarası özelliklere(A_5) göre ne kadar önemlidir?
10. Kişisel özellikler(A_4), kişilerarası özelliklere(A_5) göre ne kadar önemlidir?

Bir ölçütün diğerine göre önemi											
Sorular	Nitelikler	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Gerçekten önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Gerçekten önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Nitelikler
1	A ₁										A ₂
2	A ₁										A ₃
3	A ₁										A ₄
4	A ₁										A ₅
5	A ₂										A ₃
6	A ₂										A ₄
7	A ₂										A ₅
8	A ₃										A ₄
9	A ₃										A ₅
10	A ₄										A ₅

“Çalışma Faktörleri” alt ölçütlerine göre:

11. Yabancı dil (B_{01}), lisans derecesine(B_{02}) göre ne kadar önemlidir?
12. Yabancı dil (B_{01}), analitik düşünmeye(B_{03}) göre ne kadar önemlidir?
13. Yabancı dil (B_{01}), bilgisayar yeteneğine(B_{04}) göre ne kadar önemlidir?
14. Lisans derecesi(B_{02}), analitik düşünmeye(B_{03}) göre ne kadar önemlidir?
15. Lisans derecesi(B_{02}), bilgisayar yeteneğine(B_{04})göre ne kadar önemlidir?
16. Analitik düşünme(B_{03}), bilgisayar yeteneğine(B_{04}) göre ne kadar önemlidir?

“Endüstri Mühendisliği Formasyonu” alt ölçütlerine göre:

23. Bütünleşik yaklaşım (B_{09}), planlama ve organizasyon yeteneğine(B_{10}) göre ne kadar önemlidir?
24. Bütünleşik yaklaşım (B_{09}), karar vermeye(B_{11}) göre ne kadar önemlidir?
25. Bütünleşik yaklaşım (B_{09}), takım çalışmasına(B_{12}) göre ne kadar önemlidir?
26. Planlama ve organizasyon yeteneği(B_{10}), karar vermeye(B_{11}) göre ne kadar önemlidir?
27. Planlama ve organizasyon yeteneği(B_{10}), takım çalışmasına(B_{12}) göre ne kadar önemlidir?
28. Karar verme(B_{11}), takım çalışmasına(B_{12}) göre ne kadar önemlidir?

		Bir ölçütün diğerine göre önemi									
Sorular	Nitelikler	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Gerçekten önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Gerçekten önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Nitelikler
23	B_{09}										B_{10}
24	B_{09}										B_{11}
25	B_{09}										B_{12}
26	B_{10}										B_{11}
27	B_{10}										B_{12}
28	B_{11}										B_{12}

“Kişisel Özellikler” alt ölçütlerine göre:

29. Duygusal kararlılık (B_{13}), dürüstlüğe(B_{14}) göre ne kadar önemlidir?
 30. Duygusal kararlılık (B_{13}), uyumluluğa(B_{15}) göre ne kadar önemlidir?
 31. Duygusal kararlılık (B_{13}), dışadönüklüğe(B_{16}) göre ne kadar önemlidir?
 32. Duygusal kararlılık (B_{13}), öğrenmeye açıklığa(B_{17}) göre ne kadar önemlidir?
 33. Dürüstlük(B_{14}), uyumluluğa(B_{15}) göre ne kadar önemlidir?
 34. Dürüstlük(B_{14}), dışadönüklüğe(B_{16}) göre ne kadar önemlidir?
 35. Dürüstlük(B_{14}), öğrenmeye açıklığa(B_{17}) göre ne kadar önemlidir?
 36. Uyumluluk(B_{15}), dışadönüklüğe(B_{16}) göre ne kadar önemlidir?
 37. Uyumluluk(B_{15}), öğrenmeye açıklığa(B_{17}) göre ne kadar önemlidir?
 38. Dışadönüklük(B_{16}), öğrenmeye açıklığa(B_{17}) göre ne kadar önemlidir?

		Bir ölçütün diğerine göre önemi									
Sorular	Nitelikler	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Gerçekten önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Gerçekten önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Nitelikler
29	B_{13}										B_{14}
30	B_{13}										B_{15}
31	B_{13}										B_{16}
32	B_{13}										B_{17}
33	B_{14}										B_{15}
34	B_{14}										B_{16}
35	B_{14}										B_{17}
36	B_{15}										B_{16}
37	B_{15}										B_{17}
38	B_{16}										B_{17}

“Kişilerarası Özellikler” alt ölçütlerine göre:

39. Liderlik (B_{18}), esnekliğe(B_{19}) göre ne kadar önemlidir?
 40. Liderlik (B_{18}), azimliliğe(B_{20}) göre ne kadar önemlidir?
 41. Liderlik (B_{18}), ikna etme kabiliyetine(B_{21}) göre ne kadar önemlidir?
 42. Liderlik (B_{18}), kararlılığa(B_{22}) göre ne kadar önemlidir?
 43. Esneklik(B_{19}), azimliliğe(B_{20}) göre ne kadar önemlidir?
 44. Esneklik(B_{19}), ikna etme kabiliyetine(B_{21}) göre ne kadar önemlidir?
 45. Esneklik(B_{19}), kararlılığa(B_{22}) göre ne kadar önemlidir?
 46. Azimlilik(B_{20}), ikna etme kabiliyetine(B_{21})göre ne kadar önemlidir?
 47. Azimlilik(B_{20}), kararlılığa(B_{22}) göre ne kadar önemlidir?
 48. İkna etme kabiliyeti(B_{21}), kararlılığa(B_{22}) göre ne kadar önemlidir?

Bir ölçütün diğerine göre önemi											
Sorular	Nitelikler	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Gerçekten önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Gerçekten önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Nitelikler
39	B_{18}										B_{19}
40	B_{18}										B_{20}
41	B_{18}										B_{21}
42	B_{18}										B_{22}
43	B_{19}										B_{20}
44	B_{19}										B_{21}
45	B_{19}										B_{22}
46	B_{20}										B_{21}
47	B_{20}										B_{22}
48	B_{21}										B_{22}

Ek Açıklamalar-E
Performans Değerlendirme Tablosu

Aşağıdaki ölçütleri dikkate alarak adayları önem derecelerine göre değerlendiriniz. Mesela, adayın yabancı dildeki durumu için “Çok Kötü”, “Kötü”, “Orta”, “İyi” ve “Çok İyi” önem derecelerinden birini işaretleyiniz. Bu işlemi diğer adaylar için de yapınız.

	ÇOK KÖTÜ	KÖTÜ	ORTA	İYİ	ÇOK İYİ
Yabancı dil					
Lisans derecesi					
Analitik düşünme					
Bilgisayar yeteneği					
Zamanı etkili kullanabilme					
Amaç belirleme					
Kendini geliştirme yeteneği					
İsteklilik					
Bütünleşik yaklaşım					
Planlama ve organizasyon yeteneği					
Karar verme					
Takım çalışması					
Duygusal kararlılık					
Dürüstlük					
Uyumluluk					
Dışadönüklük					
Öğrenmeye açıklık					
Liderlik					
Esneklik					
Azımlılık					
İkna etme kabiliyeti					
Kararlılık					

Ek Açıklamalar-F

Karar Vericilerin Bulanık Performans Değerlendirme Tabloları

Özgeçmiş değerlendirmesinde seçilen on aday iki karar verici tarafından değerlendirilmiş ve aşağıdaki tablolar oluşturulmuştur. İlk tablo dilsel değişkenleri ifade ederken, ikinci tabloda dilsel ifadeler bulanık sayı değerlerine dönüştürülmüştür.

Çizelge F.1. Karar verici#1'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri

ADAYLAR	Akademik Not Ortalaması	Yabancı Dil	Bilgisayar Bilgisi	Proje	Eğitim
A-1	82.3	Orta	Orta	Orta	Çokİyi
A-2	82.45	Orta	Çokİyi	Kötü	İyi
A-3	0.00	Orta	İyi	İyi	Orta
A-4	74.8	İyi	Orta	Kötü	İyi
A-5	80.2	İyi	Orta	Çokİyi	Orta
A-6	87.1	Çokİyi	Orta	Orta	Orta
A-7	83.2	Orta	İyi	Çokİyi	Çokİyi
A-8	84.1	İyi	Orta	Orta	Çokİyi
A-9	89.95	İyi	Orta	Orta	İyi
A-10	93.4	İyi	İyi	Orta	İyi

ADAYLAR	Akademik Not Ortalaması			Yabancı Dil	Bilgisayar Bilgisi	Proje	Eğitim
A-1	(82.3,	82.3,	82.3)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(85, 100 ,100)
A-2	(82.45,	82.45,	82.45)	(35, 45 ,70)	(85, 100 ,100)	20 30 40	(70, 80 ,90)
A-3	(0,	0,00	,0)	(35, 45 ,70)	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	(35, 45 ,70)
A-4	(74.8,	74.8,	74.8)	(70, 80 ,90)	(35, 45 ,70)	20 30 40	(70, 80 ,90)
A-5	(80.2,	80.2,	80.2)	(70, 80 ,90)	(35, 45 ,70)	(85, 100 ,100)	(35, 45 ,70)
A-6	(87.1,	87.1,	87.1)	(85, 100 ,100)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)
A-7	(83.2,	83.2,	83.2)	(35, 45 ,70)	(70, 80 ,90)	(85, 100 ,100)	(85, 100 ,100)
A-8	(84.1,	84.1,	84.1)	(70, 80 ,90)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(85, 100 ,100)
A-9	(89.95,	89.95,	89.95)	(70, 80 ,90)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(70, 80 ,90)
A-10	(93.4,	93.4,	93.4)	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	35 45 70	(70, 80 ,90)

Çizelge F.2. Karar verici#2'nin bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri

ADAYLAR	Akademik Not Ortalaması	Yabancı Dil	Bilgisayar Bilgisi	Proje	Eğitim
A-1	82.3	Orta	Kötü	Orta	İyi
A-2	82.45	Orta	İyi	Kötü	Çok İyi
A-3	0.00	Orta	Orta	İyi	Kötü
A-4	74.8	İyi	Kötü	Kötü	İyi
A-5	80.2	İyi	İyi	İyi	Orta
A-6	87.1	İyi	Orta	Orta	Kötü
A-7	83.2	Orta	İyi	Çok İyi	Çok İyi
A-8	84.1	Çok İyi	Kötü	Orta	Çok İyi
A-9	89.95	İyi	İyi	Orta	Çok İyi
A-10	93.4	Çok İyi	İyi	Orta	Çok İyi

ADAYLAR	Akademik Not Ortalaması			Yabancı Dil	Bilgisayar Bilgisi	Proje	Eğitim
A-1	(82.3,	82.3,	82.3)	(35, 45 ,70)	(15, 30 ,45)	(35, 45 ,70)	(65, 75 ,85)
A-2	(82.45,	82.45,	82.45)	(35, 45 ,70)	(65, 75 ,85)	(15, 30 ,45)	(80, 100 ,100)
A-3	(0,	0,00	,0)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(65, 75 ,85)	(15, 30 ,45)
A-4	(74.8,	74.8,	74.8)	(65, 75 ,85)	(15, 30 ,45)	(15, 30 ,45)	(65, 75 ,85)
A-5	(80.2,	80.2,	80.2)	(65, 75 ,85)	(65, 75 ,85)	(65, 75 ,85)	(35, 45 ,70)
A-6	(87.1,	87.1,	87.1)	(65, 75 ,85)	(35, 45 ,70)	(35, 45 ,70)	(15, 30 ,45)
A-7	(83.2,	83.2,	83.2)	(35, 45 ,70)	(65, 75 ,85)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
A-8	(84.1,	84.1,	84.1)	(80, 100 ,100)	(15, 30 ,45)	(35, 45 ,70)	(80, 100 ,100)
A-9	(89.95,	89.95,	89.95)	(65, 75 ,85)	(65, 75 ,85)	(35, 45 ,70)	(80, 100 ,100)
A-10	(93.4,	93.4,	93.4)	(80, 100 ,100)	(65, 75 ,85)	(35, 45 ,70)	(80, 100 ,100)

Ek Açıklamalar-G
İkili Karşılaştırma Matrisleri

Çizelge G.1. Çalışma faktörleri alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri

B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}	B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}	B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}
B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}	B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}	B_{01}	B_{02}	B_{03}	B_{04}
$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{7} & \tilde{3} & \tilde{5} \\ \tilde{7}^{-1} & 1 & \tilde{6}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{6} & 1 & \tilde{5} \\ \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{5} \\ \tilde{1} & 1 & \tilde{3} & \tilde{5} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{3} \\ \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{5} & \tilde{4}^{-1} & \tilde{7} \\ \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{8}^{-1} & \tilde{2} \\ \tilde{4} & \tilde{8} & 1 & \tilde{9} \\ \tilde{7}^{-1} & \tilde{2}^{-1} & \tilde{9}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$									
<i>Karar verici#1</i>				<i>Karar verici#2</i>				<i>Karar verici#3</i>			

Çizelge G.2. Çalışmayı tamamlayıcı faktörleri alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri

B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}	B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}	B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}
B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}	B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}	B_{05}	B_{06}	B_{07}	B_{08}
$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{9}^{-1} \\ \tilde{7} & 1 & \tilde{1} & \tilde{4}^{-1} \\ \tilde{7} & \tilde{1} & 1 & \tilde{4}^{-1} \\ \tilde{9} & \tilde{4} & \tilde{4} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} \\ \tilde{1} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{5} \\ \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \\ \tilde{5} & 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{7} & \tilde{5} & 1 & \tilde{1} \\ \tilde{7} & \tilde{5} & \tilde{1} & 1 \end{bmatrix}$									
<i>Karar verici#1</i>				<i>Karar verici#2</i>				<i>Karar verici#3</i>			

Çizelge G.3. Endüstri mühendisliği formasyonu alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri

B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}
B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{09}	B_{10}	B_{11}	B_{12}
$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{3} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \\ \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \\ \tilde{7} & \tilde{7} & 1 & \tilde{1} \\ \tilde{7} & \tilde{7} & \tilde{1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{5} & \tilde{3} & \tilde{3} \\ \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & 1 & \tilde{1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & \tilde{1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{1} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{3} & \tilde{3} & 1 & \tilde{1} \\ \tilde{3} & \tilde{3} & \tilde{1} & 1 \end{bmatrix}$									
<i>Karar verici#1</i>				<i>Karar verici#2</i>				<i>Karar verici#3</i>			

Çizelge G.4. Kişisel özellikler alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri

B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}
B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}
$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{9}^{-1} & \tilde{9}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{9} & 1 & \tilde{1} & \tilde{6} & \tilde{8} \\ \tilde{9} & \tilde{1} & 1 & \tilde{6} & \tilde{8} \\ \tilde{5} & \tilde{6}^{-1} & \tilde{6}^{-1} & 1 & \tilde{3} \\ \tilde{3} & \tilde{8}^{-1} & \tilde{8}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} \\ \tilde{5} & 1 & \tilde{3} & \tilde{3} & \tilde{5} \\ \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{1} & \tilde{3} \\ \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & 1 & \tilde{3} \\ \tilde{1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & 1 \end{bmatrix}$								
<i>Karar verici#1</i>					<i>Karar verici#2</i>				

$$\begin{array}{ccccc}
B_{13} & B_{14} & B_{15} & B_{16} & B_{17} \\
B_{13} & \left[\begin{array}{ccccc} 1 & \tilde{7}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{14} & \left[\begin{array}{ccccc} \tilde{7} & 1 & \tilde{5} & \tilde{5} & \tilde{3} \end{array} \right] \\
B_{15} & \left[\begin{array}{ccccc} \tilde{3} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{1} & \tilde{3}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{16} & \left[\begin{array}{ccccc} \tilde{3} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{1} & 1 & \tilde{3}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{17} & \left[\begin{array}{ccccc} \tilde{5} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3} & \tilde{3} & 1 \end{array} \right]
\end{array}$$

Karar verici#3

Çizelge G.5. Kişilerarası özellikler alt ölçütlerine göre ikili karşılaştırma matrisleri

$$\begin{array}{cccc}
B_{18} & B_{19} & B_{20} & B_{21} \\
B_{18} & \left[\begin{array}{cccc} 1 & \tilde{3} & \tilde{5} & \tilde{3} \end{array} \right] \\
B_{19} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{3}^{-1} & 1 & \tilde{5} & \tilde{1} \end{array} \right] \\
B_{20} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{5}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & 1 & \tilde{5}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{21} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{5} & 1 \end{array} \right] \\
\text{Karar verici#1} & & &
\end{array}
\quad
\begin{array}{cccc}
B_{18} & B_{19} & B_{20} & B_{21} \\
B_{18} & \left[\begin{array}{cccc} 1 & \tilde{5}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{19} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{5} & 1 & \tilde{2} & \tilde{2} \end{array} \right] \\
B_{20} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{3} & \tilde{2}^{-1} & 1 & \tilde{1} \end{array} \right] \\
B_{21} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{3} & \tilde{2}^{-1} & \tilde{1} & 1 \end{array} \right] \\
\text{Karar verici#2} & & &
\end{array}
\quad
\begin{array}{cccc}
B_{18} & B_{19} & B_{20} & B_{21} \\
B_{18} & \left[\begin{array}{cccc} 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{7}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{19} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{3} & 1 & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{20} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{5} & \tilde{3} & 1 & \tilde{4}^{-1} \end{array} \right] \\
B_{21} & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{7} & \tilde{5} & \tilde{4} & 1 \end{array} \right] \\
\text{Karar verici#3} & & &
\end{array}$$

Ek Açıklamalar-H

Karar Vericilerin Bulanık Performans Değerlendirme Tabloları

Aday seçiminde belirlenen beş aday üç karar verici tarafından değerlendirilmiş ve aşağıdaki tablolar oluşturulmuştur. İlk tablo dilsel değişkenleri ifade ederken, ikinci tabloda dilsel ifadeler bulanık sayı değerlerine dönüştürülmüştür.

Çizelge H.1. Karar verici#1'in bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri

ADAYLAR	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Yabancı dil	Çok İyi	Orta	Çok İyi	İyi	İyi
Lisans derecesi	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Analytik düşünme	İyi	Çok İyi	İyi	Kötü	Çok İyi
Bilgisayar yeteneği	İyi	İyi	Kötü	İyi	İyi
Zamanı etkili kullanabilme	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi
Amaç belirleme	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
Kendini geliştirme yeteneği	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	İyi
İsteklilik	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
Bütünleşik yaklaşım	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Planlama ve organizasyon yeteneği	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Karar verme	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi
Takım çalışması	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	İyi
Duygusal kararlılık	İyi	İyi	İyi	İyi	Çok İyi
Dürüstlük	İyi	İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Uyumluluk	İyi	İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Dışadönüklük	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Öğrenmeye açıklık	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi
Esneklik	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Azımlılık	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
İkna etme kabiliyeti	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	İyi
Kararlılık	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	İyi

Kriterler	Aday-1	Aday-2	Aday-3	Aday-4	Aday-5
Yabancı dil	(75, 90 ,100)	(35, 45 ,65)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Lisans derecesi	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)
Analytik düşünme	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(20, 30 ,40)	(75, 90 ,100)
Bilgisayar yeteneği	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(20, 30 ,40)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Zamanı etkili kullanabilme	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)
Amaç belirleme	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)
Kendini geliştirme yeteneği	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
İsteklilik	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)
Bütünleşik yaklaşım	60 70 80	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	60 70 80	(60, 70 ,80)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Karar verme	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Takım çalışması	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Duygusal kararlılık	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)
Dürüstlük	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)
Uyumluluk	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)
Dışadönüklük	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)
Öğrenmeye açıklık	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Esneklik	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Azımlılık	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)
İkna etme kabiliyeti	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)
Kararlılık	(60, 70 ,80)	(75, 90 ,100)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)	(60, 70 ,80)

Çizelge H.2. Karar verici#2'nin bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri

ADAYLAR	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Yabancı dil	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta
Lisans derecesi	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Orta
Analitik düşünme	İyi	İyi	Orta	İyi	İyi
Bilgisayar yeteneği	İyi	İyi	Orta	İyi	İyi
Zamanı etkili kullanabilme	Kötü	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Amaç belirleme	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta
Kendini geliştirme yeteneği	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	İyi
İsteklilik	Orta	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
Bütünleşik yaklaşım	Orta	Çok İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Planlama ve organizasyon yeteneği	Kötü	Çok İyi	İyi	İyi	Orta
Karar verme	Orta	İyi	İyi	Orta	İyi
Takım çalışması	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi
Duygusal kararlılık	Orta	Çok İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Dürüstlük	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Uyumluluk	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Dışadönüklük	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
Öğrenmeye açıklık	İyi	İyi	Orta	İyi	İyi
Esneklik	Orta	Çok İyi	İyi	İyi	İyi
Azımlılık	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi
İkna etme kabiliyeti	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta
Kararlılık	Orta	İyi	Orta	Orta	İyi

Kriterler	Aday-1	Aday-2	Aday-3	Aday-4	Aday-5
Yabancı dil	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)
Lisans derecesi	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(40, 50 ,60)
Analitik düşünme	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Bilgisayar yeteneği	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Zamanı etkili kullanabilme	(15, 25 ,45)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(90, 100 ,100)
Amaç belirleme	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(40, 50 ,60)
Kendini geliştirme yeteneği	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
İsteklilik	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)
Bütünleşik yaklaşım	(40, 50 ,60)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(15, 25 ,45)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)
Karar verme	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)
Takım çalışması	40 50 60	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Duygusal kararlılık	(40, 50 ,60)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)
Dürüstlük	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Uyumluluk	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Dışadönüklük	(40, 50 ,60)	(90, 100 ,100)	(90, 100 ,100)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)
Öğrenmeye açıklık	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Esneklik	(40, 50 ,60)	(90, 100 ,100)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
Azımlılık	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)	(60, 75 ,90)
İkna etme kabiliyeti	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(40, 50 ,60)	(40, 50 ,60)
Kararlılık	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)	(40, 50 ,60)	(40, 50 ,60)	(60, 75 ,90)

Çizelge H.3. Karar verici#3'ün bulanık performans değerlerinin dilsel ifadesi ve bulanık sayı değerleri

ADAYLAR	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Yabancı dil	İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
Lisans derecesi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
Analitik düşünme	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Bilgisayar yeteneği	Orta	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
Zamanı etkili kullanabilme	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
Amaç belirleme	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Kendini geliştirme yeteneği	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
İsteklilik	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Bütünleşik yaklaşım	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Planlama ve organizasyon yeteneği	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Karar verme	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
Takım çalışması	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Duygusal kararlılık	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	İyi
Dürüstlük	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Uyumluluk	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Dışadönüklük	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
Öğrenmeye açıklık	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Esneklilik	Orta	Çok İyi	İyi	İyi	İyi
Azımlılık	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi
İkna etme kabiliyeti	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	İyi
Kararlılık	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi

Kriterler	Aday-1	Aday-2	Aday-3	Aday-4	Aday-5
Yabancı dil	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)
Lisans derecesi	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)
Analitik düşünme	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Bilgisayar yeteneği	(35, 45 ,60)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)
Zamanı etkili kullanabilme	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)
Amaç belirleme	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Kendini geliştirme yeteneği	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
İsteklilik	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Bütünleşik yaklaşım	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Karar verme	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Takım çalışması	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Duygusal kararlılık	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)
Dürüstlük	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Uyumluluk	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Dışadönüklük	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)
Öğrenmeye açıklık	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
Esneklilik	(35, 45 ,60)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)	(70, 80 ,90)
Azımlılık	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)
İkna etme kabiliyeti	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)
Kararlılık	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(70, 80 ,90)	(80, 100 ,100)	(80, 100 ,100)

Ek Açıklamalar-I
Her Bir Karar Vericinin Boyut Ve Ölçüt Ağırlıkları

Çizelge I.1. Karar verici#1 için boyut ve ölçüt ağırlıkları

Boyut ve kriterler	Yerel ağırlıklar	Genel ağırlıklar	BNP
<i>Çalışma faktörleri</i>	(0.023, 0.027, 0.032)		0.028
Yabancı dil	(0.380, 0.545, 0.763)	(0.009, 0.015, 0.025)	0.563
Lisans derecesi	(0.039, 0.052, 0.074)	(0.001, 0.002, 0.003)	0.055
Analitik düşünme	(0.216, 0.304, 0.439)	(0.005, 0.009, 0.015)	0.320
Bilgisayar yeteneği	(0.071, 0.101, 0.145)	(0.002, 0.003, 0.005)	0.106
<i>Çalışmayı tamamlayıcı faktörler</i>	(0.116, 0.132, 0.153)		0.134
Zamanı etkili kullanabilme	(0.032, 0.039, 0.046)	(0.004, 0.006, 0.008)	0.039
Amaç belirleme	(0.157, 0.192, 0.243)	(0.019, 0.026, 0.038)	0.198
Kendini geliştirme yeteneği	(0.157, 0.192, 0.243)	(0.019, 0.026, 0.038)	0.198
İsteklilik	(0.449, 0.579, 0.730)	(0.053, 0.077, 0.112)	0.586
<i>Endüstri mühendisliği formasyonu</i>	(0.116, 0.132, 0.153)		0.134
Bütünleşik yaklaşım	(0.066, 0.084, 0.105)	(0.008, 0.012, 0.017)	0.085
Planlama ve organizasyon yeteneği	(0.039, 0.049, 0.063)	(0.005, 0.007, 0.010)	0.051
Karar verme	(0.372, 0.434, 0.507)	(0.044, 0.058, 0.078)	0.438
Takım çalışması	(0.372, 0.434, 0.507)	(0.044, 0.058, 0.078)	0.438
<i>Kişisel özellikler</i>	(0.479, 0.579, 0.693)		0.584
Duygusal kararlılık	(0.026, 0.031, 0.038)	(0.013, 0.018, 0.027)	0.032
Dürüstlük	(0.355, 0.407, 0.466)	(0.171, 0.236, 0.323)	0.410
Uyumluluk	(0.355, 0.407, 0.466)	(0.171, 0.236, 0.323)	0.410
Dışadönüklük	(0.080, 0.103, 0.130)	(0.039, 0.060, 0.091)	0.105
Öğrenmeye açıklık	(0.042, 0.054, 0.071)	(0.021, 0.032, 0.050)	0.056
<i>Kişilerarası özellikler</i>	(0.116, 0.132, 0.153)		0.134
Esneklik	(0.328, 0.501, 0.734)	(0.039, 0.067, 0.113)	0.521
Azımlılık	(0.164, 0.221, 0.309)	(0.020, 0.030, 0.048)	0.232
İkna etme kabiliyeti	(0.044, 0.058, 0.083)	(0.006, 0.008, 0.013)	0.062
Kararlılık	(0.164, 0.221, 0.309)	(0.020, 0.030, 0.048)	0.232

Çizelge I.2. Karar verici#2 için boyut ve ölçüt ağırlıkları

Boyut ve kriterler	Yerel ağırlıklar	Genel ağırlıklar	BNP
Çalışma faktörleri	(0.082, 0.110, 0.154)		0.116
Yabancı dil	(0.288, 0.391, 0.521)	(0.024, 0.044, 0.081)	0.400
Lisans derecesi	(0.288, 0.391, 0.521)	(0.024, 0.044, 0.081)	0.400
Analitik düşünme	(0.102, 0.153, 0.236)	(0.009, 0.017, 0.037)	0.164
Bilgisayar yeteneği	(0.050, 0.068, 0.099)	(0.005, 0.008, 0.016)	0.073
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	(0.025, 0.032, 0.043)		0.034
Zaman etkili kullanabilme	(0.140, 0.202, 0.298)	(0.004, 0.007, 0.013)	0.214
Amaç belirleme	(0.140, 0.202, 0.298)	(0.004, 0.007, 0.013)	0.214
Kendini geliştirme yeteneği	(0.333, 0.520, 0.782)	(0.009, 0.017, 0.034)	0.545
İsteklilik	(0.054, 0.079, 0.125)	(0.002, 0.003, 0.006)	0.086
Endüstri mühendisliği formasyonu	(0.360, 0.500, 0.682)		0.514
Bütünleşik yaklaşım	(0.333, 0.520, 0.782)	(0.120, 0.260, 0.534)	0.545
Planlama ve organizasyon yeteneği	(0.054, 0.079, 0.125)	(0.020, 0.040, 0.086)	0.086
Karar verme	(0.140, 0.202, 0.298)	(0.051, 0.101, 0.204)	0.214
Takım çalışması	(0.140, 0.202, 0.298)	(0.051, 0.101, 0.204)	0.214
Kişisel özellikler	(0.082, 0.110, 0.154)		0.116
Duygusal kararlılık	(0.053, 0.074, 0.113)	(0.005, 0.009, 0.018)	0.080
Dürüstlük	(0.297, 0.462, 0.699)	(0.025, 0.051, 0.108)	0.486
Uyumluluk	(0.130, 0.196, 0.298)	(0.011, 0.022, 0.046)	0.208
Dışadönüklük	(0.130, 0.196, 0.298)	(0.011, 0.022, 0.046)	0.208
Öğrenmeye açıklık	(0.053, 0.074, 0.113)	(0.005, 0.009, 0.018)	0.080
Kişilerarası özellikler	(0.166, 0.251, 0.374)		0.264
Esneklik	(0.054, 0.083, 0.141)	(0.009, 0.021, 0.053)	0.093
Azimlilik	(0.235, 0.449, 0.764)	(0.040, 0.113, 0.286)	0.483
İkna etme kabiliyeti	(0.151, 0.235, 0.399)	(0.026, 0.059, 0.150)	0.262
Kararlılık	(0.151, 0.235, 0.399)	(0.026, 0.059, 0.150)	0.262

Çizelge I.3. Karar verici#3 için boyut ve ölçüt ağırlıkları

Boyut ve kriterler	Yerel ağırlıklar	Genel ağırlıklar	BNP
Çalışma faktörleri	(0.182, 0.269, 0.400)		0.284
Yabancı dil	(0.199, 0.260, 0.345)	(0.037, 0.070, 0.138)	0.268
Lisans derecesi	(0.051, 0.073, 0.100)	(0.010, 0.020, 0.040)	0.075
Analitik düşünme	(0.498, 0.622, 0.769)	(0.091, 0.168, 0.308)	0.630
Bilgisayar yeteneği	(0.037, 0.047, 0.065)	(0.007, 0.013, 0.026)	0.050
Çalışmayı tamamlayıcı faktörler	(0.050, 0.074, 0.115)		0.080
Zaman etkili kullanabilme	(0.037, 0.045, 0.056)	(0.002, 0.004, 0.007)	0.046
Amaç belirleme	(0.092, 0.116, 0.150)	(0.005, 0.009, 0.018)	0.120
Kendini geliştirme yeteneği	(0.350, 0.420, 0.503)	(0.018, 0.032, 0.058)	0.425
İsteklilik	(0.350, 0.420, 0.503)	(0.018, 0.032, 0.058)	0.425
Endüstri mühendisliği formasyonu	(0.096, 0.150, 0.240)		0.162
Bütünleşik yaklaşım	(0.093, 0.126, 0.185)	(0.009, 0.019, 0.045)	0.135
Planlama ve organizasyon yeteneği	(0.093, 0.126, 0.185)	(0.009, 0.019, 0.045)	0.135
Karar verme	(0.262, 0.375, 0.523)	(0.026, 0.057, 0.126)	0.387
Takım çalışması	(0.262, 0.375, 0.523)	(0.026, 0.057, 0.126)	0.387
Kişisel özellikler	(0.313, 0.469, 0.685)		0.489
Duygusal kararlılık	(0.032, 0.046, 0.072)	(0.011, 0.022, 0.050)	0.050
Dürüstlük	(0.341, 0.500, 0.723)	(0.107, 0.235, 0.496)	0.522
Uyumluluk	(0.073, 0.104, 0.154)	(0.023, 0.049, 0.106)	0.111
Dışadönüklük	(0.073, 0.104, 0.154)	(0.023, 0.049, 0.106)	0.111
Öğrenmeye açıklık	(0.157, 0.247, 0.383)	(0.050, 0.116, 0.263)	0.263
Kişilerarası özellikler	(0.029, 0.040, 0.060)		0.043
Esneklik	(0.040, 0.055, 0.079)	(0.002, 0.003, 0.005)	0.058
Azimlilik	(0.079, 0.116, 0.174)	(0.003, 0.005, 0.011)	0.123
İkna etme kabiliyeti	(0.165, 0.240, 0.349)	(0.005, 0.010, 0.021)	0.252
Kararlılık	(0.429, 0.591, 0.812)	(0.013, 0.024, 0.049)	0.610

Ek Açıklamalar-J
Ölçütlerin Karar Vericiler Tarafından Değerlendirme Sonuçları

Çizelge J.1. Çalışma faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
<i>B</i> ₀₁	Yabancı dil	Y	Y	OY
<i>B</i> ₀₂	Lisans derecesi	OD	Y	D
<i>B</i> ₀₃	Analitik düşünme	OY	OY	ÇY
<i>B</i> ₀₄	Bilgisayar yeteneği	D	D	OD

Çizelge J.2. Çalışmayı tamamlayıcı faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
<i>B</i> ₀₅	Zamanı etkili kullanabilme	OD	Y	D
<i>B</i> ₀₆	Amaç belirleme	O	Y	O
<i>B</i> ₀₇	Kendini geliştirme yeteneği	O	ÇY	Y
<i>B</i> ₀₈	İsteklilik	ÇY	D	Y

Çizelge J.3. Endüstri Mühendisliği formasyonunun karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
<i>B</i> ₀₉	Bütünleşik yaklaşım	O	ÇY	D
<i>B</i> ₁₀	Planlama ve organizasyon yeteneği	OD	O	OD
<i>B</i> ₁₁	Karar verme	Y	OY	Y
<i>B</i> ₁₂	Takım çalışması	Y	OY	Y

Çizelge J.4. Kişisel özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
B₁₃	Duygusal kararlılık	ÇD	OD	D
B₁₄	Dürüstlük	Y	Y	ÇY
B₁₅	Uyumluluk	Y	OY	O
B₁₆	Dışa dönüklük	OY	OY	O
B₁₇	Öğrenmeye açıklık	D	D	OY

Çizelge J.5. Kişilerarası özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Ölçüt No	Ölçütler	Karar Vericiler		
		Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
B₁₈	Esneklik	ÇY	OD	D
B₁₉	Azımlılık	OY	Y	OY
B₂₀	İkna etme kabiliyeti	OD	OY	OY
B₂₁	Kararlılık	OY	OY	ÇY

Ek Açıklamalar-K
Ölçütlerin Karar Vericiler Tarafından Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık
Sayılar Şeklindeki İfadesi

Çizelge K.1. Çalışma faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Yabancı dil	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)
Lisans derecesi	(0.1,0.3,0.5)	(0.7,0.9,1)	(0,0.1,0.3)
Analitik düşünme	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)
Bilgisayar yeteneği	(0,0.1,0.3)	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)

Çizelge K.2. Çalışmayı tamamlayıcı faktörlerinin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Zamanı etkili kullanabilme	(0.1,0.3,0.5)	(0.7,0.9,1)	(0,0.1,0.3)
Amaç belirleme	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)
Kendini geliştirme yeteneği	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)
İsteklilik	(0.9,1,1)	(0,0.1,0.3)	(0.7,0.9,1)

Çizelge K.3. Endüstri Mühendisliği formasyonunun karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Bütünleşik yaklaşım	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0,0.1,0.3)
Planlama ve organizasyon yeteneği	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)	(0.1,0.3,0.5)
Karar verme	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)
Takım çalışması	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)

Çizelge K.4. Kişisel özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Duygusal kararlılık	(0,0,0.1)	(0.1,0.3,0.5)	(0,0.1,0.3)
Dürüstlük	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)
Uyumluluk	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)
Dışa dönüklük	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)
Öğrenmeye açıklık	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)	(0.5,0.7,0.9)

Çizelge K.5. Kişilerarası özelliklerin karar vericiler tarafından değerlendirilme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklindeki ifadesi

Ölçütler	Karar Vericiler		
	Karar Verici#1	Karar Verici#2	Karar Verici#3
Esneklik	(0.9,1,1)	(0.1,0.3,0.5)	(0,0.1,0.3)
Azımlılık	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.1,0.3,0.5)
İkna etme kabiliyeti	(0.1,0.3,0.5)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)
Kararlılık	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)