

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE TÜRK SİLAHLI
KUVVETLERİ'NDE KULLANILAN TABANCA LARIN BULANIK UYGUNLUK
İNDEKSLİ ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

727027

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sis. Müh. Mehmet TEKEŞ

(514001031)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Ocak 2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2002

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Cengiz KAHRAMAN

 21.01.2002

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Ethem TOLGA



Doç.Dr. Demet BAYRAKTAR

 21.01.2002

OCAK 2002

727027

ÖNSÖZ

Yaptığımız bu çalışmanın amacı, Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılmakta olan tabancaların birbirleriyle karşılaştırılmasını yapmak ve en iyi tabancanın seçimini sağlamaktır.

Alternatifler değerlendirilirken, seçimlerinde rol oynayan bütün kriterler dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda bu kriter değerlerinin belirsizlik ortamında tek bir değer ile temsil edilmesi gerçeğe aykırıdır. Bu nedenle alternatiflerin değerlendirilmesinde genellikle hem çok ölçütlü hem de belirsizlik altında karar verme yöntemleri kullanılmalıdır. Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan tabancaların karşılaştırılması bu esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Bu çalışmam esnasında kendisine sık sık danıştığım ve bir çok veriye ulaşmada büyük katkıları ve desteğini gördüğüm komutanım Sayın Em. Alb. Savaş TANRISEVEN'e ; çalışmamın her aşamasında , konu seçiminden veri kaynaklarına ulaşılmasına ve bunların incelenmesinde katkıları esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a; anket çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen tüm silah arkadaşlarıma; çalışmam süresince bana sabır gösteren ve desteğini üzerimden hiç eksik etmeyen eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2002

Mehmet TEKEŞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERMEYE GİRİŞ	1
1.1. Karar Verme	2
1.2. Karar Verme Süreci	4
1.2.1. Problemler	6
1.2.2. Karar verme sürecine katılanlar	7
1.2.3. Alternatifler	8
1.2.4. Amaçlar, kriterler ve ölçütler	9
1.2.4.1. Amaçlar	10
1.2.4.2. Kriterler	10
1.2.4.3. Ölçütler	11
1.2.5. Yöntemler	11
1.3. Karar Modelleri	12
1.3.1. Belirlilik halinde karar verme	12
1.3.2. Risk halinde karar verme	12
1.3.3. Belirsizlik halinde karar verme	13
1.3.4. Kısmi bilgi halinde karar verme	14
1.3.5. Rekabet halinde karar verme	14
2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	15
2.1. Çok Ölçütlü Karar Verme	15
2.1.1. Klasik çok ölçütlü karar verme yaklaşımı	16
2.1.2. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması	17
2.2. Veri, Ağırlık ve Ölçütlerin Belirlenmesi	18
2.2.1. Ölçüt belirlenmesi	19
2.2.2. Ölçüt ağırlıkları	20
2.2.2.1. Sıralamalar ve ağırlıklar	21
2.2.2.2. Oransal ağırlıklandırma	23
2.2.3. Nitel oranların ölçümü	23
2.2.4. Ölçüt oranlarının normalizasyonu	24

2.3. Telafi Esaslı Olmayan Yöntemler	26
2.3.1. Baskınlık yöntemi	27
2.3.2. İkiye ayıran yöntemler	29
2.3.2.1. Birleştiren yöntemler	29
2.3.2.2. Ayıran yöntemler	30
2.3.3. Ardışık eleme yöntemleri	31
2.3.3.1. Ardışık sırasal yöntemler	31
2.3.3.2. Özelliklerine göre eleme yöntemi	34
2.3.4. Davranış yönelimli yöntemler	35
2.3.4.1. Maximin yöntemi	35
2.3.4.2. Maximax yöntemi	37
2.4. Puanlama Yöntemleri	38
2.4.1. Basit toplamli ağırlıklandırma yöntemi	39
2.4.2. Ağırlıklı çarpım yöntemi	43
2.5. TOPSIS	44
2.6. ELECTRE	48
2.6.1. Üstünlük ilişkileri	49
2.6.2. Tercih edilen alternatifler	49
2.7. Nitel Bilgi Gerektiren Yöntemler	55
2.7.1. Ortanca sıralama yöntemi	55
2.7.2. Analitik hiyerarşi prosesi	58
2.8. Çok Ölçütlü Karar Verme İçin Karar Destek Sistemleri	59
2.9. Seçim ve Yöntemlerin Geçerliliği	60
3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ	61
3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi	61
3.1.1. Karar verme süreci	62
3.1.2. Hiyerarşik yapı	65
3.1.3. Ölçme ve yapı oluşturma	67
3.1.4. İkili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlıklar kümesi	70
3.1.5. Yöntemde kullanılacak ölçek	73
3.1.6. Tutarlılık	77
3.1.7. Analitik hiyerarşi prosesi hakkındaki tartışmalar	81
3.1.8. Analitik hiyerarşi prosesi ile literatürde çözülen problemler	83
3.2. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Teorisi	86
3.2.1. Bulanık mantık	86
3.2.2. Bulanık kümeler teorisi ve üyelik fonksiyonları	87
3.2.3. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler	90
3.2.4. Bulanık küme operasyonları	91
3.2.5. Bulanık bağıntılar	92
3.2.6. Dilsel değişkenler ve yaklaşık muhakeme	93
3.2.6.1. Dilsel değişkenler	93
3.2.6.2. Yaklaşık muhakeme	96

3.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi	97
3.3.1. Entropi ağırlığı temeline dayanan bulanık analitik hiyerarşi prosesi	97
3.3.1.1. Entropi ağırlığı	97
3.3.1.2. Değerlendirme yöntemleri ve algoritmaları	99
3.3.2. Bulanık sayıların sıralanmasına dayalı bulanık analitik hiyerarşi prosesi	101
3.3.2.1. Bulanık sayıların sıralanması	
3.3.2.2. Yöntem ve algoritma	102
3.3.3. Yager yöntemi	103
3.3.4. Bulanık uygunluk indeksli çok ölçütlü karar verme yöntemi	104
3.3.4.1. Bulanık küme teorisine dayalı alternatif seçimi	105
3.3.4.2. Bir alternatifin üyelik fonksiyonu	106
3.3.4.3. Nicel kriterler için üyelik değerleri	108
3.3.4.4. Nitel kriterler için üyelik değerleri	109
3.3.4.5. İlgili alternatif kriterlerinin önemi	110
3.3.4.6. Bir alternatifin uygunluğu	111
3.3.4.7. Alternatiflerin sıralanması	113
4. TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ'NDE KULLANILAN TABANCALARIN KARŞILAŞTIRILMASI	115
4.1. Karşılaştırmaya Tabi Tutulacak Tabancalar	115
4.1.1. Kırıkkale	115
4.1.1.1. Emniyet sistemleri	116
4.1.1.2. Teknik özellikleri	116
4.1.2. Sig Sauer P 226	117
4.1.2.1. Emniyet sistemleri	117
4.1.2.2. Teknik özellikleri	118
4.1.3. Beretta 92 FS	119
4.1.3.1. Emniyet sistemleri	119
4.1.3.2. Teknik özellikleri	119
4.1.4. Sarsılmaz Kılıç 2000	120
4.1.4.1. Emniyet sistemleri	120
4.1.4.2. Teknik özellikleri	121
4.2. Tabancaların Karşılaştırılmasında Kullanılacak Kriterler	121
4.2.1. Tutukluk	121
4.2.2. Mermi	122
4.2.3. Şarjör kapasitesi	123
4.2.4. Malzeme	123
4.2.5. Emniyetlilik	123
4.2.6. Basitlik	124
4.2.7. Namlu	125
4.2.8. Maliyet	125
4.2.9. Yedek parça	125
4.2.10. Ağırlık	126
4.3. Anket Çalışması	126

4.4. Uygulama	128
4.4.1. Analitik hiyerarşi prosesi ile tabancaların karşılaştırılması	128
4.4.2. Bulanık uygunluk indeksli çok ölçütlü karar verme yöntemi ile tabancaların karşılaştırılması	135
4.4.2.1. Direk ağırlık atama yöntemi kullanılarak tabancaların bulanık uygunluk indeksi ile karşılaştırılması	135
4.4.2.2. AHP’de elde edilen göreceli önemler kullanılarak tabancaların bulanık uygunluk indeksi ile karşılaştırılması	151
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	155
KAYNAKLAR	158
EKLER	163
ÖZGEÇMİŞ	173



KISALTMALAR

KV	: Karar Verici
KA	: Karar Analisti
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
ELECTRE	: Elimination et Choix Taduisant la Realite
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
KDS	: Karar Destek Sistemleri
T.S.K.	: Türk Silahlı Kuvvetleri
MKEK	: Makine Kimya Endüstri Kurumu



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Spor departmanı için program iptali karar matrisi	19
Tablo 2.2. 1992 Malcolm Baldrige Ödülü değerlendirme kriterleri ve değerleri	21
Tablo 2.3. Ölçütler arası ikili karşılaştırmalar.....	22
Tablo 2.4. Bir monotonik olmayan ölçüt normalizasyonu	26
Tablo 2.5. Yedi bölge için karar matrisi	27
Tablo 2.6. Bir yüksek okul için uluslar arası öğrenci seçimi değerleri	30
Tablo 2.7. 1992 Yaz Olimpiyat Oyunları madalya tablosu.	32
Tablo 2.8. Otomobil değerlendirme karar matrisi	33
Tablo 2.9. Uzak mesafeli görüşme sağlayan telefon şirketi seçimi değerleri.....	35
Tablo 2.10. Altı yönetici için karar matrisi	37
Tablo 2.11. Savaş uçağı değerlendirme verileri	41
Tablo 2.12. Ödül adayları değerlendirme tablosu	46
Tablo 2.13. Üç kümenin tercih sıralaması	48
Tablo 2.14. Üstünlük ilişkilerinin belirlenmesi	54
Tablo 2.15. Üç otomobil için nitel bilgi	55
Tablo 3.1. Tesadüfîlik göstergeleri	73
Tablo 3.2. Kriterlerin ikili karşılaştırılmasında kullanılacak ölçek	74
Tablo 3.3. Okul seçimi örneği ikili karşılaştırmalar matrisi	75
Tablo 3.4. Okul seçimi hiyerarşisi ikinci düzey görelî önemler ve tutarlılıklar	79
Tablo 3.5. Okul seçimi hiyerarşisi ikinci düzey görelî önemleri	80
Tablo 3.6. Okul memnuniyetine ait birleşik görelî önemlerin bulunuşu	81
Tablo 4.1. Tabanca mermilerine ait teknik özellikler	122
Tablo 4.2. Tabanca seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırmalar matrisi	127
Tablo 4.3. En iyi tabanca seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için görelî önemler ve tutarlılıklar	131
Tablo 4.4. En iyi tabanca seçimine ait birleşik görelî önemlerin bulunuşu.....	134
Tablo 4.5. Kriterlere göre tabancaların performans değerleri	141
Tablo 4.6. Tabancaların performans değerlerinin trapezoidal bulanık sayılar olarak ifadesi	143
Tablo 4.7. Tabancaların $\tilde{S}_{ij}$ değerleri	147
Tablo 4.8. Tabancaların $\tilde{S}_i, I_T^1(\tilde{S}_i), I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$ ve $I_T^0(\tilde{S}_i)$ değerleri	150
Tablo 4.9. Tabancaların sıralanması	150
Tablo 4.10. Tabancaların $\tilde{S}_i, I_T^1(\tilde{S}_i), I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$ ve $I_T^0(\tilde{S}_i)$ değerleri.....	154
Tablo 4.11. Tabancaların sıralanması	154

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : ÇÖKV yöntemleri sınıflandırılması	18
Şekil 2.2 : Ölçütlerin hiyerarşi ağacı	20
Şekil 2.3 : Yedi bölge için baskınlık grafiği	28
Şekil 2.4 : Savaş uçağı değerlendirme hiyerarşisi	41
Şekil 2.5 : Savaş uçağı değerlendirmesi için ağırlık atama	42
Şekil 2.6 : Sekiz alternatifli bir diyagram	50
Şekil 2.7 : Şekil 2.6'nın çekirdeği	50
Şekil 3.1 : Okuldan memnuniyet hiyerarşisi	66
Şekil 3.2 : İkili karşılaştırmalar matrisi	70
Şekil 3.3 : İkili karşılaştırmalar matrisinin kriter ağırlıkları cinsinden gösterimi	71
Şekil 3.4 : Optimal taktik füze sistemi seçimi hiyerarşik yapısı	84
Şekil 3.5 : Optimal taarruz helikopteri seçimi hiyerarşik yapısı	85
Şekil 3.6 : (a,b,c) üçgensel bulanık sayılarının üyelik fonksiyonu	89
Şekil 3.7 : (a,b,c,d) trapezoidal bulanık sayılarının üyelik fonksiyonu	89
Şekil 3.8 : A ve B bulanık kümelerinin birleşim operasyonu gösterimi	91
Şekil 3.9 : A ve B bulanık kümelerinin kesişim operasyonu gösterimi	92
Şekil 3.10 : A bulanık kümesinin tamamlayan operasyonu gösterimi	92
Şekil 3.11 : “Yaş” dilsel değişkeni gösterimi	94
Şekil 3.12 : “İhtimal” dilsel değişkeni gösterimi	95
Şekil 3.13 : “Gerçek” dilsel değişkeni gösterimi	95
Şekil 3.14 : “Doğru” ve “Yanlış” dilsel değişkenleri gösterimi	95
Şekil 3.15 : Alternatif seçim metodolojisine dayalı bulanık küme teorisi akış diyagramı	106
Şekil 3.16 : Trapezoidal fonksiyonların formları	108
Şekil 3.17 : “ $\tilde{B}$ ”, “ $\tilde{N}$ ”, “ $\tilde{K}$ ” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	109
Şekil 3.18 : “ $\tilde{C\tilde{D}}$ ”, “ $\tilde{D}$ ”, “ $\tilde{N}$ ”, “ $\tilde{Y}$ ”, “ $\tilde{C\tilde{Y}}$ ” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	111
Şekil 4.1 : Tabanca emniyet tertibatları	124
Şekil 4.2 : Tabanca seçimi için kriterlere ait ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi	128
Şekil 4.3 : Tabanca seçimine ait hiyerarşik yapı	129
Şekil 4.4 : Tutukluk dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	136
Şekil 4.5 : Mermi dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	136
Şekil 4.6 : Şarjör kapasitesi dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	137
Şekil 4.7 : Malzeme dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	137

Şekil 4.8 : Emniyetlilik dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	138
Şekil 4.9 : Basitlik dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	139
Şekil 4.10 : Namlu dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	139
Şekil 4.11 : Maliyet dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	139
Şekil 4.12 : Yedek parça dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	140
Şekil 4.13 : Ağırlık dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi	140



SEMBOL LİSTESİ

X_i	: i nci ölçüt
X_{ij}	: i nci alternatifin j nci ölçüte göre performans oranı
W_i	: i nci faaliyete ait ağırlık değeri
r_i	: i nci ölçütün derecesi
W	: Ağırlık vektörü
$n \times n$	: n adet satırı ve n adet sütunu bulunan matris
a_{ij}	: Ağırlık değerleri oranı
A^+	: Pozitif ideal çözüm
A^-	: Negatif ideal çözüm
S^+	: Pozitif ideal çözümden uzaklık
S^-	: Negatif ideal çözümden uzaklık
V_i	: i nci ölçütün değeri
$\lambda_{\max}$	: En büyük özdeğer
$\forall$	: Her
$\mu_{\tilde{A}(x)}$	: Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonu
$\tilde{A}$	: Bulanık sayılar kümesi
$\alpha -$	: Alfa kesme
$\oplus$	: Bulanık sayılarda toplama
$\ominus$	: Bulanık sayılarda çıkarma
$\otimes$	: Bulanık sayılarda çarpma
$\oslash$	: Bulanık sayılarda bölme
$\cup$	: Birleşim
$\cap$	: Kesişim
$\mu_{\bar{\tilde{A}}(x)}$	: Bulanık sayılarda tamamlayan üyelik fonksiyonu
T_n	: n değerli mantığın doğruluk değerleri kümesi
$f_{\tilde{A}(x)}$	: Üyelik derecesi
μ	: İyimserlik indeksi

ÖZET

İnsanoğlunun yaşama başlamasıyla birlikte ortaya çıkan “Karar Verme” olgusu, bütün ömrü boyunca çok çeşitli şekillerde ve ortamlarda devam etmektedir. Toplumsal ve bireysel nedenlerle ve hızla değişen çevrenin oluşturduğu karmaşıklıkla ortaya çıkan problemlerin çözümünün nasıl olması gerektiği konusu her geçen gün önemini artırmaktadır. Karar vericiler, bu yüzden karmaşık ve kompleks ortamlarda karar vermek zorundadırlar.

Belki de bir karar vermede en yaratıcı iş, karar için önemli olan faktörlerin belirlenmesidir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)’nde belirlenen bu faktörler ana amaçtan kriterlere, alt kriterlere ve alternatiflere doğru birbirini takip eden seviyelerde hiyerarşik bir yapıda düzenlenmektedir.

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi, problemi alt problemlere bölerek, her bir alt problemin çözümünü tek bir sonuçta toplamaktadır. Bu tarz, kararı etkileyen kuvvetler olan algılamaları, duyguları, yargıları ve geçmiş tecrübeyi bir çerçevede toplayarak karar vermeyi kolaylaştırmaktadır. Basit ve en genel haliyle; kuvvetler, daha genel ve az kontrol edilebilenden daha spesifik ve daha çok kontrol edilebilen bir yapı içerisinde düzenlenmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi, bu özelliğiyle karar vericiye kompleks bir problemi basit bir hiyerarşide yapılandırması ve fazla sayıda nitel ve nicel faktörleri farklı sayıdaki kriterlere göre sistematik bir şekilde değerlendirmesi konusunda yardımcı olmaktadır.

AHP, ikili karşılaştırmalar yoluyla bir seviyedeki her bir öğeyi, bir üst seviyedeki bir öğe ile diğer öğe ve özellikleri dikkate almadan karşılaştırarak ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturmaktadır. Bu matris sayesinde, probleme ilişkin öz vektör ve en büyük öz değer bulunabilmektedir. Söz konusu öz vektör, faktörlere ilişkin ağırlıkların; öz değer ise, karar vericinin yargılarının tutarlılığının tespitinde kullanılmaktadır.

Savunma sektörünün de dahil olduğu bir çok sektörde sayısız uygulamalarına rağmen; AHP, bir çok araştırmacı tarafından dikkat çekici bir oranda eleştiriye maruz kalmaktadır. Bu eleştiriler daha ziyade AHP’nin keyfiliği ve oran ölçeğinin kullanımı üzerine yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, problem çözmedeki olumsuzluklarının üstesinden gelmek amacıyla AHP, karar vericilerin beklentilerine ve tabanca seçim kriterlerine (ölçütlerine) cevap verebilecek şekilde bulanık küme teorisi ile birlikte ele alınmaktadır.

“En İyi Tabanca Seçimi” problemi, uzmanların deneyim ve tecrübelerine dayanılarak oluşturulan kriter ve önem ağırlıklarının bulanık sayılarla ifade edildiği Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile ele alınmaktadır. Tabancaların nicel olarak ifade edilebilen teknik özellikleri ile, nicel olarak ifade edilemeyen karakteristik özellikleri bulanık küme teorisi çerçevesinde üyelik fonksiyonları ile ifade edilerek en iyi tabanca seçim işlemi gerçekleştirilmektedir.

MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS AND COMPARISON OF THE PISTOLS USED IN TURKISH ARMY FORCES BY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS WITH FUZZY SUITABILITY INDEX

SUMMARY

“The Decision Making” fact that arises with the beginning of human life, continues in many various circumstances and forms in its living. The subject of how the people will solve the problems which occur with the complexity and quick changing environment and depends on individual and social causes, increases the importance of the decision making fact in every day. Because of this, decision makers have to make decisions in a conflicting and complex situations.

Perhaps the most creative task in making a decision is to choose the factors that are important for that decision. In the Analytic Hierarchy Process, AHP, we arrange these factors in a hierarchic structure descending from an overall goal to criteria, subcriteria and alternatives in successive levels.

Analytic Hierarchy Process, which is the one of the Multi Attribute Decision Making Methods, is about breaking a problem down and then aggregating the solutions of all the subproblems into a conclusion. It facilitates decision making by organizing perceptions, feelings, judgments, and memories into a framework that exhibits the forces that influence a decision. In the simple and most common case, the forces are arranged from the more general and less controllable to the more specific and controllable. By the help of these properties, AHP enables the decision-makers to structure a complex problem in the form of a simple hierarchy and to evaluate a large number of quantitative and qualitative factors in a systematic manner under conflicting multiple criteria.

By the way of pairwise comparison, AHP takes a pair of elements in one level and compares them on a single property of the next higher level without concern for other properties or other elements. Then reflecting the comparison in a pairwise comparison matrix and find the eigenvector with largest eigenvalue. The eigenvector provides the priority ordering and the eigenvalue is a measure of the consistency of the decision maker's judgments.

In spite of numerous applications in different sectors including defense, AHP has attracted criticism by many researchers. They have questioned the arbitrariness of AHP and the usefulness of ratio scales besides other objections.

In this study, to overcome some of the shortcomings, we combine the spirit of AHP with Fuzzy Set Theory to respond to attributes of selection of the pistol and expectation to the decision-makers.

“Selection of the Best Pistol” problem, which is dependent on expert’s experiences to establish the criteria and relative weights where the criteria and relative weights are represented by fuzzy numbers, is solved with Fuzzy Analytic Hierarchy Process. The selection of the best pistol is achieved by representing the quantitative technical properties and qualitative characteristic properties in membership function in Fuzzy Set Theory.



1. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERMEYE GİRİŞ

İnsanlık tarihi, yaşadığı karmaşık dünyanın gereği, yüzyıllardır gerek toplumsal gerekse bireysel olarak birden fazla sayıda ölçüte göre değerlendirerek karar vermesini gerektiren problemlerle karşı karşıyadır. Bunun yanında gelişen yaşam tarzı, söz konusu karmaşıklığı dolayısıyla da Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerini nicelik ve nitelik bakımından daha da artırmaktadır.

Günümüzde; ekonomik, teknolojik ve sosyo-ekonomik gelişmeler, globalleşme ve hızla değişen rekabet ortamı belli bir zaman aralığında verilmesi gerekli karar sayısını ve karar sürecindeki karışıklığı artırmaktadır. Artan karışıklık ve hızla değişen çevrede, karar verici (KV), sonuca ulaşmak ve karar kalitesini artırmak için karşılaştığı problemin çözümünde en uygun çözüm yöntemine bir an önce ulaşmak ihtiyacı duymaktadır.

Organizasyonların ekonomik performanslarını ölçmede kullanılan karlılık ve maliyet gibi kar esaslı ölçütler, problemleri sayısal olarak değerlendirmeleri ve somut sonuçlar vermelerinden dolayı karar verme problemlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat sayısal verilere dayanmayan karar verme problemlerinde bu tür ölçütlerin kullanılması mümkün değildir. Bu gibi hususların performanslarının ölçülmesi ve aralarında doğru seçimin yapılabilmesi için Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemleri geliştirilmiştir. ÇÖKV yöntemleri sayesinde KV, amaçlara ne derece ulaşabildiğini görme ve problem üzerinde amaçları maksimize edecek bir takım ufak değişiklikleri yapma fırsatına sahip olur. ÇÖKV Yöntemleri üzerinde çalışmamızın ikinci bölümünde detaylı bir şekilde durulmakta ve örnek olay uygulamaları ile anlatım pekiştirilmektedir.

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karar teorisinde zengin uygulamaları olan, nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sunan güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir. Tecrübe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu prensibine dayanır.

AHP, insan aklındaki doğal uygulama yöntemini yansıtmaktadır. İnsanoğlunun kompleks bir problemi nasıl algılayıp , onu ne şekilde kafasında biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir. İnsanın Tanrı vergisi karşılaştırma yeteneğinin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan AHP ile karşılaşılan her problem için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulur. Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleriyle ilgilidir ve bir öğedeki değişimin diğer öğeleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. Çalışmamızın üçüncü bölümünde AHP ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

En çok tercih edilen Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi, bir çok araştırmacı tarafından dikkat çekici bir oranda eleştiriye maruz kalmaktadır. Bu eleştirilerden yola çıkarak çalışmamızın üçüncü bölümünde AHP, Bulanık Kümeler Teorisi ile birlikte ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. AHP'nin tahmin etmeden kaynaklanan bir takım dezavantajları, Bulanık Mantık çerçevesinde giderilmeye çalışılmıştır.

Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan tabancaların birbirleri ile karşılaştırılarak en iyi tabancanın seçimi maksadıyla çalışmamızın dördüncü bölümünde karşılaştırma ve seçim işlemi hem AHP hem de Bulanık Kümeler Teorisi ile ele alınmış ve en iyi sonuca ulaşmak amaçlanmıştır.

1.1 Karar Verme

Karar verme gerek çeşitli hareket seçenekleri arasında seçim yapma durumunda olan gerekse bunun sonuçlarına katlanan herkesi etkileyen çok önemli bir süreçtir. Genelde, karar verme süreci yaşamımızın vazgeçilmez bir parçasıdır ve en basitinden en karmaşığına kadar karşımıza çıkan her konuda karar verme sorunu ile karşılaşırız.

Karar verme, insanın yaşamı boyunca hemen hemen her dönemde karşılaştığı bir olgudur. İnsan, hayatı boyunca gerek kişisel gereksinimlerini gerekse toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak zorunda kalır. Bir seçimi yaparken en uygun alternatifi seçmek oldukça zor olabilir. İşte yapılması gereken bu seçme işine, basit olarak "Karar verme" denir. Bir başka tanım ile karar verme birçok amacın kesiştiğı bölgedir. (Artuç, 2001)

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. İnsan yaşamına başlamasıyla birlikte ortaya çıkan bu olgu, bütün ömrü boyunca çok çeşitli şekillerde ve ortamlarda devam eder. (Evren ve Ülengin, 1992b)

Karar verme bir süreçtir. Bu süreç içinde mevcut tüm alternatifler, faaliyetler, seçenekler, olasılıklar, stratejiler içinden amaç veya amaçlara en uygun ve mümkün bir veya birkaçı seçilir. Karar vermede temel unsur, insan ve insanlar olduğu için; problem yalnızca deterministik olmaktan çok daha ötedir. Bir karar, karar verici veya karar vericilerin genetik, psikolojik, fizyolojik, sosyolojik, ekonomik, kültürel vs. özellikleri ile yakından ilgilidir. Ayrıca geçmişin analizi ve geleceğin projeksiyonu ile karar verme söz konusu olduğundan zamana bağımlılık da söz konusudur.

Karar, KV'nin o andaki psikolojik durumuna, kişisel istek ve statüsüne, çevrenin etkilerine, eldeki olanaklara, özellikle mevcut teknik bilgiye ve işletme kararları söz konusu olduğunda da ekonomik duruma, teknolojiye ve bunun gibi pek çok etkene bağlıdır. Önceden belirlenen bir amaca ulaşabilmek için, ileriye dönük bir adım olarak da tanımlanabilecek karar verme problemi oldukça karmaşık bir yapı oluşturur. Bu yapı içinde oluşan kısıtları tahmin ederken, aynı zamanda en az maliyetli, saptanan amaçlara en optimum düzeyde ulaşmayı amaçlayan bir yol seçmek, karar vermenin bilimsel bir yapı olarak incelenmesini ve bu konuda başvurulacak bir takım yöntemlerin geliştirilmesini öngörmüştür.

Karar vermenin temelinde matematik ve istatistik gibi yöntemler kullanılarak elde edilen objektif bulguların yanı sıra sübjektif hükümler de çeşitli hallerde geçerliliğini korumaktadır. Hızla gelişen dünyamızda yoğun rekabet ortamında ve sosyal yaşantıdaki değişiklikler, teknolojiye takip edilmesi çok güç olan ilerlemeler ve karar vermenin bilimselleşmesine, birden fazla amaç için birden fazla kişiyle karar verilmesini gerekli kılmıştır.

Günlük yaşamda hepimiz her an karar verme sorunu ile karşı karşıyayız. Vermek zorunda olduğumuz kararların bir kısmı oldukça basit iken; büyük bir bölümü üzerinde derinlemesine düşünmeyi ve irdelemeyi gerektirmektedir. Yeni bir iş teklifini değerlendirme, bir ev veya araba satın alma gibi önemli konulara ilişkin kararın verilmesinden önce söz konusu kararın sonuçlarını dikkatlice gözden geçirmek istememiz son derece doğaldır. Genelde bu tür durumlarda izlediğimiz yol

ve yaptığımız faaliyetler, aldığımız kararlardan beklediğimiz faydalar doğrultusundadır. Bazılarımız ise verdiği kararlara salt kendisini değil yakın çevresini de etkileyebilecek sonuçlara yol açabilir. İşte yöneticiler, bu son gruba girerler ve verdikleri kararlar, gerek çalışanlar, gerekse ortakların geleceğini etkileyecek niteliktedir. (Evren ve Ülengin, 1992a)

Bunun yanında, bireylerin verdikleri kararlara örgütsel nitelikteki kararları birbirinden ayırmak gerekir. Bireyin karar vermesi, toplumsal etkenlerle koşullanmış psikolojik bir süreçtir. Birey, hafızasına, bilgisine, değerlerine, vb. dayanarak kararını verir. Bu kararını kendisi uygular, sonuçlarına kendisi katlanır. Oysa örgütsel karar toplumsal bir süreçtir. Karar, örgütün karşılaştığı bir sorunun çözümü için bu sorunla ilgili kollektif girişimi biçimlendirip harekete geçiren bir araçtır ve örgütte bireyler arasında bir etkileşme biçimidir. (Onaran, 1971)

Bir problemin karar problemi olabilmesi için aşağıdaki şartların birlikte gerçekleşmesi gerekmektedir:

- Birden çok davranış yollarının olması,
- Her bir davranışın sonuçlarının birbirinden farklı olması,
- Gerçekleştirilmek istenen birtakım amaçların olması. (Dündar, 1995)

Karar verme, problem çözmeye bazı yönlerden benzemekle birlikte aynı anlama gelmez. Problem çözme arzu edilmeyen bir durumdan içinde bulunulması istenen bir duruma ulaşmak için yol bulma süreci iken, karar verme çeşitli eylem alternatifleri içinden birinin seçim sürecidir.

1.2. Karar Verme Süreci

Bir dizi zihinsel faaliyeti içeren karar verme süreci, karar vermek için kullanılan teknik ve yöntemlerin eylem düzenini ve izlenen yolu ifade etmektedir. Bu sayede karmaşık yapıdaki karar problemleri sistematik bir şekilde irdelenmekte ve en iyi kararlara ulaşabilmek için en uygun yöntemler kullanılmak suretiyle karar kalitesi artmaktadır. Karar verme süreci ile ilgilenen bir bilim dalı olan Karar Teorisi, ekonomi, istatistik, felsefe, psikoloji, idari bilimler ve yöneylem araştırması gibi farklı disiplinlerden önemli ölçüde etkilenmiştir. Karar teorisinin öncelikli hedefi,

karar verme sürecindeki belirsizliği ve karmaşıklığı azaltmak suretiyle olası alternatiflerin sistematik biçimde değerlendirilmesi için KV'lere yardım etmektir.

Karar verme süreci bir çok araştırmacı tarafından kendi ilgi alanlarına göre incelenmiş ve aşamalandırılmıştır. Glibert ve Israel, karar süreci aşamalarını aşağıdaki şekilde detaylı olarak ifade etmişlerdir.

1. Amacın belirlenmesi,
2. Kontrol edilebilen değişkenlerin belirlenmesi,
3. Kontrol edilemeyen değişkenlerin belirlenmesi,
4. Kısmi kontrol edilebilen değişkenlerin ve kısmi kontrol edilebilen değişkenlerle kontrol edilebilen değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesi,
5. Amaca bağlı olarak her bir olası kararın etkisinin belirlenmesi,
6. Kararın verilmesi,
7. Sonuçların yorumlanması,
8. Sonraki çalışmalar için karar sürecinin yinelenmesi.

Hicks , karar verme sürecinin aşamalarını Glibert ve Israel'den farklı olarak beş aşamada ifade etmiştir.

1. Kararın amaçlarının belirlenmesi,
2. Amaçları karşılayan alternatif yolların bulunması,
3. Değerlendirme kriterlerinin/tekniklerinin belirlenmesi,
4. En iyi eylem tarzının seçimi,
5. Seçilen eylem tarzının uygulanması. (Yayan, 2001)

İyi bir karar verme süreci aşağıda belirtilen altı kriteri de gerçekleştirmelidir.

1. Neyin önemli olduğuna odaklanma,
2. Mantıksal ve tutarlı olma,
3. Nesnel ve öznel faktörleri kullanma ve çözümsel ve sezgisel düşüncüyü bir araya getirme,
4. Çözüm için gerektiği kadar bilgi ve analize ihtiyaç duyma,
5. İlgili bilgi ve düşünce toplamayı teşvik ve yol gösterme,

6. Doğru, güvenilir, kolay kullanılır ve esnek olma. (Topçu, 2000)

Karar verme sürecine analitik bir gözle bakabilmek için öncelikle bir kararın oluşumundaki temel öğeleri belirlememiz gerekmektedir. Bu öğeler:

- Karar vermeyi gerektirecek problem,
- KV ve karardan etkilenenler,
- Alternatifler,
- Amaçlar, kriterler ve ölçütler,
- Kaynaklar,
- Yöntem (veya yöntemler),

Tüm kararların “insan” unsuruna dayanması ve onun fitratında doğuştan var olan “geleceği göz önünde bulundurma” ve “geçmiş tecrübelerden yararlanma” duygusu, bir halkanın kendisinden önceki ve sonrası halkalarıyla etkileşimli olmasını sağlamaktadır. Böylece “ZAMAN” faktörü de eklenmekte, dinamik bir yapı kazanmaktadır.

Görüldüğü gibi en genel halde KV, çevrenin, sürecin ve kaynakların oluşturduğu kısıtları tatmin eden bir çözüme ulaşmada birden çok kriteri göz önünde bulundurma durumundadır. (Evren ve Ülengin, 1992b)

1.2.1. Problemler

Bir kişinin bulunduğu durumdan ya da bir amaca ulaşamamaktan duyduğu hoşnutsuzluk veya hissettiği olumsuz bir uyarım veya kaçınması gereken ya da değiştirmek istediği bir engel, problemi oluşturur. Diğer bir deyişle, problem, bir kişinin içinde bulunduğu mevcut durumla içinde olmayı arzuladığı durum arasındaki farklılık olarak tanımlanabilir. (Topçu, 2000)

İşletmelerde problemler iki gruba ayrılabilir: Rutin işlerle ilgili olanlar, rutin dışı olanlar. Karşılaşılan problem ne şekilde olursa olsun, öncelikle problemin niceliği ve niteliği üzerinde önemle durulmalıdır. İşletmede daha önce bu tür problemlerle karşılaşmış karşılaşılmadığı tespit edilmelidir. Kısacası karşılaşılan problemin varlığı tüm özellikleri ile belirlenmelidir. Eğer mümkünse temel problem alt problemlere ayrıştırılabilir veya kademelendirilmelidir. İyi bir karar, problemin tüm ayrıntıları ile kesin, açık ve doğru olarak belirlenmesine bağlıdır.

Problemi çözmek isteyen kişi, tercih, inanış ve değerlerini kullanarak amaçlarını elde etmek ve içinde bulunduğu mevcut durumla içinde olmayı arzuladığı durum arasındaki farkı kapatmak ya da en azından bu farkı azaltmak ister. Bu maksatla kişi hem kendi hem de diğerlerinin geleceği üzerinde önemli bir etkisi olacak farklı alternatifleri belirleyerek, onlar arasında bir karar verme işlemi gerçekleştirmek durumundadır.

Bir problemin ortaya çıkışı örgütlerde karar verme sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. KV durumundaki bireylerin önüne problem iki şekilde gelebilir.

1. KV'ler , çevrede karar verilmesini gerektiren değişiklikleri ya da yeni koşulları bulmak için iktisadi, siyasal, toplumsal ve teknik alanları incelerler. Böylece örgütle ilgili çözülecek problemler olup olmadığını araştırırlar.

2. Problem, KV'lerin önüne onlar aramadan da gelebilir. Bunun için de, ya örgüt dışındaki çeşitli gruplar isteklerde bulunurlar, çözülmesi gereken problemi örgüte getirirler ya da problem örgütün içinden çıkar. Örgütün içinde, ya karar verme biriminin üstündeki kademelerden ya da alttaki kademelerden gelir. Genelge ve emirlerin belirsiz oluşu, yetki alanlarının ya da emirlerin çatışması, vb. gibi nedenlerle astlar, bir problemde karar alınmasını üstlerden isteyebilir. Bir de astlar, kendilerini ilgilendiren problemlerde çözüm bulmaları için üstlere başvurabilirler. (Onaran, 1971)

1.2.2. Karar verme sürecine katılanlar

Herhangi bir karar verme gerektiren problem çözümü aşağıdaki kişilerin karar verme sürecine katılmalarını sağlar.

1. Karar Verici (KV) / Problem Sahibi,

Alınacak karar üzerinde kontrolü olan kişi veya grup.

2. Çözüm Kullanıcı,

KV tarafından oluşturulan çözümü kullanan ve/veya kararı uygulayan fakat çözüm/karar üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan kişi/kişiler.

3. Karardan Etkilenenler,

Çözümün veya kararın sonuçlarından faydalanan ya da zarar gören kişiler.

4. Karar Analisti (KA) / Problem Çözücü,

Problemi analiz eden ve KV için çözüm geliştiren ya da çözüm sürecinde yardımcı olan analist. (Topçu, 2000)

Karar verme süreci içinde açıkça bir KV olsa da, bu süreç sırasında diğer insanlar tarafından söz konusu KV büyük oranda etkilenir. Tek başına karar veren ve dış çevreden etkilenmeyen bir KV yoktur. KV, bir grup adına dolaylı bir şekilde karar veren bir kişi olabileceği gibi bazı durumlarda direk bir KV olmayabilir de.

1.2.3. Alternatifler

Bir karar verme problemi ile ilgili faaliyetler, eylemler, kararlar, olaylar söz konusu karar verme sürecinin alternatiflerini oluşturur. Alternatifler karar verme için hammadDEDİR. Problemlle ilgili alternatifler; kullanılacak yöntemin önerdiği farklı şekillerde, kriterler/ölçütlere göre değerlendirilerek içlerinden en iyisi veya iyilerinden oluşan bir grup seçilir ya da en iyiden en kötüye tam veya kısmi sıralandırılırlar ya da belirli kategorilere göre sınıflandırılırlar.

Karar verme sürecinde karar problemine ilişkin amaçlar, kısıtlamalar ve ölçütler belirlendikten sonra, bu çerçevede değerlendirilecek olan alternatifler ortaya konur. Etkin bir karar için amaçların ve çözümün gerçekleştirilmesini sağlayacak tüm elde edilebilir alternatiflerin belirlenmesi gerekir. Problem çözümüne ilişkin karar verme durumundaki kişilerin yaratıcı nitelikleri ne kadar yüksek olursa o kadar fazla alternatif üretilebilir.

Problemlle ilgili veriler toplandıktan ve gerekli bilgi oluşturulduktan sonra, karar safhasında, KV'nin karşısına birbirinden farklı alternatifler çıkacaktır. Bu alternatiflerin tümünü değerlendirmek, bir maliyet ve zaman unsuru ortaya çıkarır. Gereksiz alternatiflerin elenmesi, başka bir deyişle en uygun alternatiflerin araştırılması ve belirlenmesi için, karar verme sürecinde çok başarılı ve uzman kişilerden faydalanmak gerekmektedir. Çünkü bu konuda yetenek ve keşfetme dehası en iyi kaynaktır.

Alternatifler değerlendirilmeli ve gerekiyorsa yeniden düzenlenmelidir. Her alternatifin amaç/amaçlara uygunluğu kontrol edilmeli, her bir alternatifin beklenen sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmalıdır. Alternatifler arasında KV'ye en uygun sonucu vereni seçilmelidir.

Karar verme sırasında her zaman iki önemli nokta göz önünde bulundurulmalıdır :

1. Düşünülmeyen bir alternatif seçilemez,
2. Ne kadar çok alternatif olursa olsun seçilen alternatif eldeki yığının en iyisidir.

Alternatiflerin çeşitlendirilmesi iyi bir çözüm bulma şansını artırır. Fakat eldeki alternatifler çok sayıda ise zaman ve maliyet düşünülerek değerlendirmeye girecek alternatif sayısı KV'nin isteğine bağlı olarak ayıklama yöntemi ile azaltılabilir.

Pek çok sayıdaki alternatifin mümkün sonuçlarla ve her bir mümkün sonuçtaki bilgi miktarıyla ilişkili olması gerekmektedir. Bunun için iyi bir plan izlemekte yarar vardır. Alternatiflerin mümkün sonuçları değerlendirilirken, çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlardan en yaygın kullanılanı “İkili Karşılaştırmalar” yöntemidir. Üçüncü bölümde bu yöntem detaylı bir şekilde anlatılacaktır. Bu yöntemde göre değerlendirme ölçütü olarak bir ölçüt seçilir. Bu ölçüte göre alternatifler sıralanır ve birbirleriyle ikili olarak mukayeseye tabi tutulurlar. Bu yöntemde amaç “En İyi Alternatif” elde etmektir. Yani eldeki alternatiflerden yalnızca biri ele alınan amaçla tutarlı olacaktır.

1.2.4. Amaçlar, kriterler ve ölçütler

Çok Kriterli karar vermede alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan

- Amaçlar (Objectives)
- Kriterler (Criteria)
- Ölçütler (Attribute)

gibi kavramlar değişik kişiler tarafından değişik anlamlarda kullanılmaktadır. Bir çok kaynakta belirtildiği gibi, tartışmasız tanımları olmayan veya birbirleri yerine bazı durumlarda kullanılan bu kavramlar aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmaktadır.

Karar ölçütleri veya kriterler, kararda esas alınacak temel kuralları, karar değişkenleri arasındaki ilişki şeklinde belirler. Bu ilişkinin, arzu edilen daha iyi bir yöne doğru yönlendirilmesi, bunları amaçlara, amaç fonksiyonlarına dönüştürürler. Amaçlar için belirli sabit değerler belirlemek, hedefleri tanımlayacaktır. Literatürde

bu tanımlar arasında kesin bir ayırım gözetilmeyip değişik yerlerde, değişik kişilerce farklı şekillerde kullanılmaktadırlar. (Evren ve Ülengin, 1992b)

1.2.4.1. Amaçlar

Karar, amaçların varlığıyla ortaya çıkan bir olgudur. Karar problemine ait gerekli bilgiler toplandıktan sonra, bu bilgiler ışığında verilecek kararın aslında hangi ana hedefe ulaşmaya imkan sağlayacağı belirlenmelidir. Daha sonra ana hedef doğrultusunda ilerleyebilmek için hangi alt amaçlardan geçilmesi gerekeceği saptanmalıdır. Böylece karar verme sürecinde ortaya konacak çözümlerin hangi amaçları gerçekleştireceği açıklanmış olacaktır.

Bir karar probleminde amaçlar, kriterlerin KV'nin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir. Amaç belirleme bir tündengekim işlemidir. Genel amaçtan alt amaçlara inmek suretiyle, niteliksel tanımlamalardan sayısal sonuçlara geçiş sağlanmış olur. Amaçlar alternatiflerin değerlendirilmesi için temel oluşturur. Karar verme durumu ile amaçların hepsinin tanımlanmış olması ve karar vermede kullanılması dengesiz bir karar alınmasını engeller.

Amaçlar,

- Hangi bilginin aranması gerektiğini belirlemeye,
- KV'nin, seçimini başka insanlara açıklamasına,
- Kararın önemini ve sonuç olarak ihtiyaç duyulan zaman ve emeği belirlemeye yardımcı olur. (Topçu, 2000)

Hedefler, amaçların daha da somutlaştırılarak belirli (sayısal) değerlere dönüşmüş şekilleri olarak tanımlanabilir.

1.2.4.2. Kriterler

Kriterler, çeşitli çözüm alternatiflerinin değerlendirilerek en uygun olanına karar verebilmek, bir alternatifin yeterliliğini kanıtlayabilmek veya amacı ne ölçüde gerçekleştirebileceğini ortaya koyabilmek için kullanılan karar problemi elemanlarıdır. Karar verme sürecinde doğru sonuca ulaşabilmek için, genellikle farklı önem derecelerine sahip kriterlerin süreç içinde hangi oranlarda hesaba katılacağını belirlenmesi gerekmektedir.

Kriter, karar vermeyi yönlendiren ölçü, kural ve standarttır. Alternatiflerin karşılaştırılmasını sağlayan araçtır. Kriterlerin alternatiflerden bağımsız olması ve çok genel, öz ve çapraşık olması beklenir. Bu durumda kriterleri ya da ana amacı alternatifler ile direk ilişkilendirmek imkansızlaşır. Alternatiflerin somutluğu ile kriterlerin belirsizliği arasını doldurmak için ara kademelerinde alt amaçlar ve ölçütler olan hiyerarşik bir yapı kullanılabilir. Kriter hem “KV’nin nereye ulaşmak istediğini” hem de “ Alternatiflerin hangi özelliklerinin KV’nin tercihini daha çok etkilediğini” gösterir.

1.2.4.3 Ölçütler

Ölçütler, alternatiflerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlanabilir. Ölçüt, KV’nin değer yargılarına bağlı olarak da tanımlanıp ölçülebilir. Kısaca ölçüt hem objektif ve hem de sübjektif olabilir.

Ölçüt amaca ne kadar ulaşıldığını gösteren ölçüye denir. Amacın ölçülmesi ve anlamının daha iyi tanımlanmasına yarar. Alternatifler ile kriterler arasında bir köprü ve aynı zamanda alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi sırasında kullanılan bir araç olarak görmek mümkündür.

Bir ölçütün özelliklerinin aşağıdaki gibi olması istenir.

- Ölçülebilirlik : İlgili amaçları ölçerek anlamlı hale getirmelidir.
- Kullanılabilirlik : Olası sonuçları ilgili amaca göre tanımlamalı ve değer yargıları için amacın ne kadarının başarıldığını göstermelidir.
- Anlaşılabilirlik : Ölçütler cinsinden sonuçların yorumlanmasında herhangi bir belirsizlik olmaması gerekmektedir. (Topçu, 2000)

1.2.5. Yöntemler

Karar verme sürecinde gerek problemin yapılandırılması, gerek modelin kurulması gerekse de sentez ve duyarlılık için yaklaşımlara göre oluşturulmuş çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu yapılandırma, değerlendirme, çözüm ve analiz yöntemleri hakkında İkinci bölümde detaylı bilgi verilecektir.

1.3. Karar Modelleri

Karar verme konusunda kullanılan modeller arasındaki farklılık ortaya çıkması beklenen olaylara göre yapılır ve karar verenin olaylar hakkındaki bilgi derecesini yansıtır. Olaylar ve gerçekleşme olasılığı arasındaki ilişkiyi tanımlayan bu farklılık aşağıdaki gibidir.

1. Belirlilik halinde karar verme,
2. Risk halinde karar verme,
3. Belirsizlik halinde karar verme,
4. Kısmi bilgi halinde karar verme,
5. Rekabet halinde karar verme .

Karar Modelleri tek veya çok dönemi içerebilirler ve/veya kararların birbiri ardı sıra ve birbirine bağımlı olarak verildiği ardışık türde de olabilirler.

1.3.1. Belirlilik halinde karar verme

Tüm gerçeklerin bilindiği varsayımı halinde belirlilik halinde karar verme söz konusudur. Gerçekte, böylesi bir belirlilik de oldukça ender görülür. Ancak, böylesi bir tam bilgi varsayımından hareketle, bir araştırmaya verebilecek bedelin üst sınırının saptanması bazen yararlı olmaktadır.

Karar matrisinde yalnız bir tek olay ve alternatiflere karşılık olarak da belirli sonuçların bulunduğu problemler, belirlilik halinde karar problemi olarak vasıflandırılır. Bu halde, her bir seçime ilişkin olarak tam bilgi vardır. KV, gelecek ve sonucu konusunda güvenceli bilgiye sahiptir. Belirlilik, KV'nin haberdar olma durumunu yansıtır. Ortaya çıkacağı umulan olayın vuku bulma olasılığı “bir” olarak varsayılmak zorundadır. KV, amacına en uygun olan alternatifi kolayca seçebilir. Dolayısıyla en büyük kazanç değeri amacın en iyi başarıma derecesi olur ve karar kriteri en büyük kazancın seçimidir. (Halaç, 1983)

1.3.2. Risk halinde karar verme

Belli sayıda olayın söz konusu olduğu bu karar problemlerinde olayların vuku bulma olasılıklarının da bilindiği varsayılır. Olayların dağılımı bilinerek uygulanacak karar kriteri, “Optimum Beklenen Değeri” en iyi olan alternatifi

bulunması problemidir. Beklenen değer sonuçlara ilişkili olasılıkların çarpımı ve bulunan değerlerin toplanması ile elde edilir.

Bu grupta incelenen problemde “Beklenen Değer” kavramı basitliği sağladığı için karar kriteri olarak verilmesine rağmen bir dağılım söz konusu olduğu zaman dağılımın diğer karakteristikleri (varyans, vs.) de kullanılabilir.

1.3.3. Belirsizlik halinde karar verme

Belirlilik halinde karar vermede, bir kararı izleyen çıktıların gerçekleşme olasılıkları belirli değildir. Aslında böylesi tümü ile belirsiz bir ortama, gerçek hayatta ender rastlanılır. Genellikle konu ile ilgili yöneticilerin ön yargılarına dayanılarak bu olasılıklar kestirilebilir. Böylesi bir durumda ise risk altında karar verme sorunu ortaya çıkar. Ayrıca, geçmiş devrelerin kayıtlarına dayanılarak da, çıktıların olasılıkları tanımlanabilir. Böylesi bir yaklaşım yanlış kişisel yargılara bağlı olarak ortaya konan olasılıklardan daha tutarlı sonuçlar verebilir.

Ortaya çıkacağı umulan olaylar gerçekleşme olasılıkları veya olayların belirlenemediği karar problemleri “Belirsizlik Altında Karar Verme” kriterleri ile incelenebilir. Olayın kendisi bilinmezse problemi incelemeye başlamadan önce ek araştırma yapılmalıdır. Muhtemel olaylara ilişkin olasılıklar bilinmezse karar verme için mecbur olduğumuz bir alternatifi benimsememize yardımcı olacak olan kriter sayısı çok fazladır. Dolayısıyla, kriterler arasından birinin seçimi de KV’ye bağlı olduğundan bir alternatifi benimsemesine yardımcı olan en iyi kriter de yoktur.

Günümüzde belirsizlik şartlarını taşıyan karar problemlerinde bir alternatifi belirlenmesi için karar teorisi henüz en iyi kriteri belirlemiş değildir. Bunun yerine, onu doğrulayacak rasyonel bir yönünün bulunduğu bir çok kriter vardır. Bu kriterler arasından seçim yapma, yönetici davranışı ve organizasyon politikasıyla tayin edilir.

Bu kriterlerden bazıları :

- Maximin (Kötümserlik) Kriteri,
- Maximax (İyimserlik) Kriteri,
- Hurwicz (Uzlaşma) Kriteri,
- Minimax (Pişmanlık) Kriteri.

1.3.4. Kısmi bilgi halinde karar verme

Olasılık dağılımının şekli (Normal, Poisson, Binominal, vb.) bilindiği zaman ve dağılımın parametreleri ile karakteristikleri (Ortalama, Mod, Medyan veya simetrik ölçüleri Çarpıklık ve Basıklık) hakkında bilgi varsa, karar problemi yalnız kısmi bilgiler ile karar vermeyi gerektirir. Risk halinde karar problemlerinde KV, en iyi tahminin bulunduğu ön olasılıklara sahiptir. En iyi karar için olaylar hakkında ek bilgiler istenebilir. Bu yeni bilgiler düzeltilebilir veya olaylar hakkında daha geçerli olasılık tahminlerine dayalı son kararlar verilebilmesi için ön olasılıklar güncelleştirilir.

Olaylar hakkında en son bilgi, yani ek bilgiler denemelerin tasarımı yolu ile sağlanır. Hammaddelerin örnekleme, mamul testleri, pazar araştırmaları olayların olasılıklarını güncelleştirme veya düzeltmeye olanak sağlayan deneme örnekleridir.

1.3.5. Rekabet halinde karar verme

İşletme ve ekonomi kaynaklarında “Oyun”, zamanla ortaya çıkacak olan belli ödemeleri önceden kestirmek için karar verme zorluğunda kalan tarafların menfaat çatışmalarını veya rekabetini yansıtır. Oyun teorisi, karar sürecinde matematik yönü ile tarafların seçeneklerini formüle etmeyi amaçlamaktadır. Oyun teorisinin lineer programlama ile sıkı bir ilişkisi vardır.

Bir işletmenin mutlaka rakipleri vardır. Dolayısıyla, işletmenin iç problemlerine en iyi çözümleri bulması, işletme gelişimi açısından yetmeyecektir. Üstelik bu defa, çoğu zaman kontrolü dışında olan rakiplere göre kendisini ayarlaması ve rakipleri karşısında kendisine olurlu en çok geliri sağlayacak bir strateji saptaması gerekecektir. (Karayalçın, 1979)

2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

2.1. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)

KV'ler, çoğunlukla birden fazla, genellikle birbirleri ile çelişen kriterleri içeren problemlerle karşı karşıyadırlar. Bu problemler, bir aileyi etkileyen bir araba alma probleminden, tüm ulusu etkileyen para politikalarındaki problemlere kadar çeşitlilik arz eder. Örneğin bir aile arabası satın alma probleminde, karar için belirlenen ölçütler; fiyat, konfor, ekonomik yakıt, güvenlik, bakım maliyetinin minimum olması, amortisman, görünüş vb. olabilir. Buna benzer iş seçimindeki ölçütler de işin prestiji, iş ortamı, maaş, işin sağladığı avantajlar, çalışma koşulları vb. ölçütler olabilir.

Her yıl Amerikan ordusunda 6500 binbaşı arasından 1500 tanesi yarbaylığa terfi için seçime tabi tutulmaktadır. Bu amaçla altı kriter kullanılmaktadır. Bunlar: askeri öğrenim seviyesi, sivil öğrenim seviyesi, fiziksel hazırlık durumu ve askeri temsil, subaylık meziyetleri, görev performansı ve potansiyeldir.

ÇÖKV, elde mevcut birden fazla, genellikle birbirleri ile çelişen alternatifler arasında bir tercih (değerlendirme, önceliklendirme, seçim gibi) yapma hakkında bilgiler sunmaktadır. ÇÖKV, Çok Kriterli Karar Vermenin (ÇKKV) bir dalıdır. ÇKKV, aynı zamanda Çok Amaçlı Karar Vermeyi (ÇAKV)de içermektedir. ÇÖKV problemlerinde olduğunun aksine ÇAKV problemleri, verilen birbirleriyle çelişen hedefler arasında en iyi alternatifi dizayn etmeyi içinde barındırır.

Çok Kriterli Karar Verme ise, bir karar vericinin sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi yada diğer bir deyişle, iki veya daha çok kritere dayalı değerlendirme yaparak alternatifler arasından seçim yapması olarak tanımlanabilir. Aslında KV'nin alternatifleri kriterlere göre değerlendirip soruna en uygun çözümü bulmasına yardım etmek amaçlı olan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri çeşitli şekillerde sınıflandırmaktadırlar. Bunlardan biri şu şekildedir :

Seçenek sayısına göre ;

- Çok Amaçlı Karar Verme (seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumlar)
- Çok ltl Karar Verme (seçeneklerin sonlu sayıda olduğu ve listelenebildiğı kesikli durumlar)

Burada bahsedilen bütün problemler aşağıda belirtilen ortak karakteristikleri paylaşmaktadırlar.

Alternatifler : Yüzlercesi arasından sınırlı sayıdaki alternatifler ayıklanır, önceliklendirilir, seçilir ve/veya sıralanır. Örneğın binlerce başvuru arasından birkaçının seçilmesi gibi. Alternatif kelimesi birçokları arasında “Seçenek” , “Politika”, “Faaliyet” ve “Aday” kelimeleri ile aynı anlamlara gelmektedir.

Çok ltllk : Her problem birden fazla ölçüte sahiptir. Her problem setinde ilgili ölçütler belirlenir. Ölçütlerin miktarı problemin doğasına bağlıdır. Karar için düşünülmesi gereken yüzlerce faktör olmasına rağmen KV, en önemlilerini ölçüt olarak kabul edebilir. Ölçüt kelimesi “Hedef” ve “Kriter” kelimelerini çağrıştırmaktadır.

Aynı Birimle llememe : Her lt farklı ölçüm birimlerine sahip olabilir. Bir araba seçiminde yakıt tüketimini litre/km. olarak ifade ederken, satış fiyatı Türk Lirasıdır. Güvenlik ise sayısal olmayan yollarla ifade edilir.

Ölçüt Ağırlıkları : Hemen hemen bütün KV yöntemleri, her ölçütün grelı önemini bulmak için bilgiye ihtiyaç duyar. Bu da Ordinal veya Kardinal lekler kullanılarak sağlanır. Ağırlıklar direk KV tarafından belirlenebileceğı gibi daha sonra açıklanacak olan yöntemlerle de bulunabilir.

Karar Matrisi : KV problemleri basit olarak bir matris formatında ifade edilebilir. Burada stnlar, verilen problemdeki ltleri, satırlar ise alternatifleri belirtir.

2.1.1. Klasik KV yaklaşımı

En klasik KV yöntemi, Ben Franklin tarafından zor bir problemle karşılaşıp tavsiyesini isteyen Joseph Priestley isimli arkadaşına 19 Eylül 1772 tarihinde yazdığı mektupta tavsiye ettiğı dnleşime dayalı yöntemdir. En basit

ÇÖKV Yöntemi, bir sayfayı ikiye ayırarak bir tarafa konu hakkındaki olumlu düşünceleri, diğer tarafa da olumsuz düşünceleri yazarak eşit önemde olanların elenmesi ve en son düşünce kalan taraftaki olumlu veya olumsuz fikrin gerçekleştirilmesi suretiyle uygulanmaktadır.

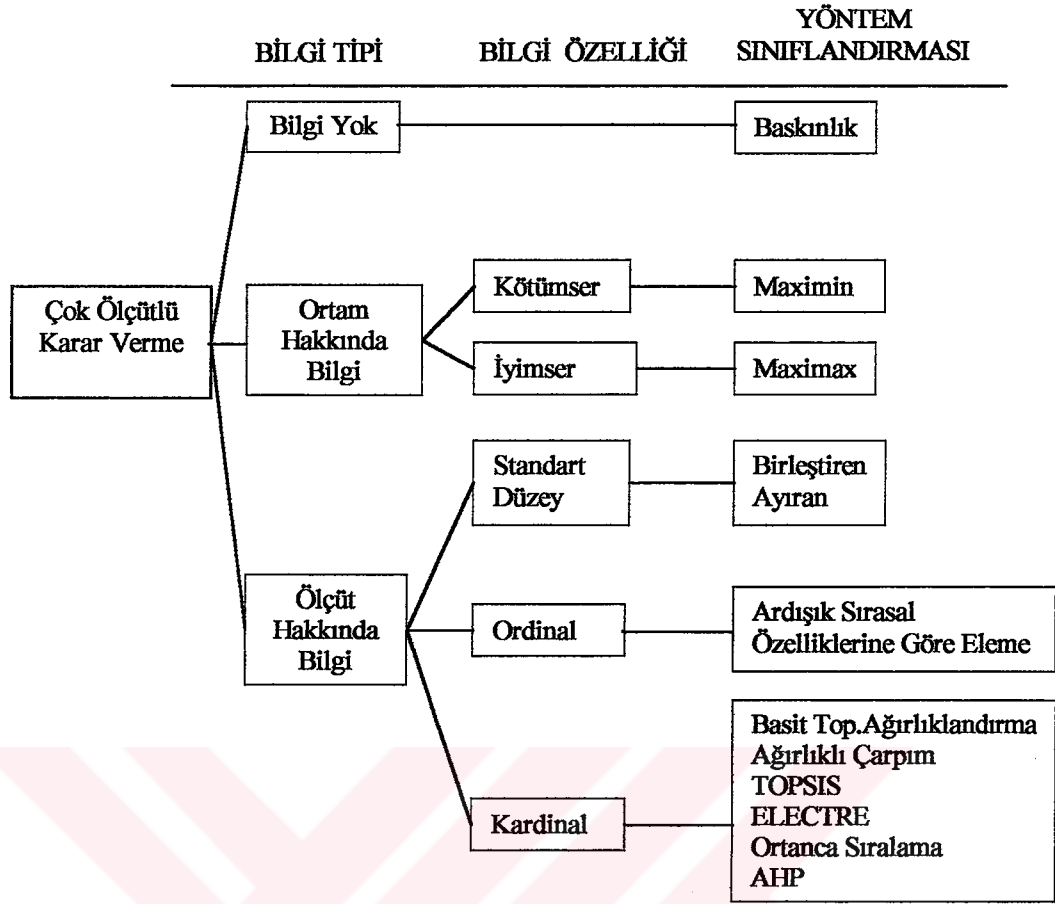
Bundan 229 yıl önce Ben Franklin'in çok ölçütün günlük kararlardaki varlığını ortaya koyması ve bir çözüm sunması çok ilginçtir. Ben Franklin her ölçütü farklı ağırlıklarda kabul ederek çelişen ölçütler arasında uygun bir ödünleşim sağlanmasını belirtmiştir. Temel olarak Ben'in tavsiyesi alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını listelemeyi ve daha sonra ağırlık oranları dikkate alınarak bir veya birkaç avantaja karşı bir veya birkaç dezavantajın elenmesi esasına dayanmaktadır. Böylelikle daha az sayıda ölçüt kalacaktır ve bu da karar vermeyi kolaylaştıracaktır.

Ben, bu mektubunda en iyi alternatifi nasıl belirleyeceğimizi açıkça belirtmemesine rağmen, onun tekniği hala günümüzde uygulanmaktadır.

2.1.2. ÇÖKV yöntemlerinin sınıflandırılması

ÇÖKV Yöntemleri, çok ölçütle ifade edilen farklı alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan yönetim karar yardımcısıdır.

Ben Franklin'in yaklaşımı klasik bir örnektir. ÇÖKV yöntemleri üzerine araştırmalar MacCrimmon (1968,1973) ile başlamıştır. Daha sonra birbirinden farklı disiplinlerdeki araştırmacılar tarafından bir çok yöntem geliştirilmiştir. Hwang ve Yoon (1981), KV'den alınan birtakım bilginin özelliklerine ve tipine göre ÇÖKV yöntemlerini 17 grupta toplamışlardır. Daha sonra 13 yöneme göre değiştirilmiş gruplandırma Şekil 2.1'de görülmektedir. Bu sınıflandırmaya göre, yöntemler ilk olarak bilgi tiplerine göre gruplandırılmıştır. Eğer hiç bilgi yoksa, Baskınlık Yöntemi uygulanır. Eğer ortam hakkında iyimser veya kötümser gibi bilgi verilirse, Maximin veya Maximax Yöntemleri uygulanır. Eğer ölçütler üzerine bilgi verilirse, bir alt grup bilginin özelliği ve yöntemleri gruplama yapılır. Bunlar da her ölçüt için Standart (kabul edilebilir minimum seviye) düzey veya ölçüt ağırlıkları ile ilgili Ordinal veya Kardinal ölçeklerdir. (Hwang ve Yoon, 1995)



Şekil 2.1 ÇÖKV yöntemleri sınıflandırılması

2.2. Veri, ağırlık ve ölçütlerin belirlenmesi

ÇÖKV metodolojisi, alternatifleri değerlendirmek için çok boyutlu veriden anlamlı bir gösterge oluşturma gayretindedir. Analiz, ilgili hedefleri yerine getirmeyi ölçecek ölçütlerin oluşturulmasıyla başlar. Daha sonra alternatifler seçilen ölçütlerle karşılaştırılır. Genellikle bütün ölçütler KV için eşit öneme sahip değildir. Örneğin parasal ölçütlerle parasal olmayan ölçütler aynı önem derecesine sahip değildir. Bu nedenle ölçütler arasında uygun ağırlıkların tespiti KV'nin en önemli işlerinden birisidir. Ölçütler nitel olabileceği gibi nicel de olabilir.

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi iki ölçüt (direk etkilenen insan miktarı ve tasarruf edilecek para miktarı) sayısal olarak ifade edilmişken, bir ölçüt (okula olan etkisi) nitel şekilde ifade edilmiştir.

Çoğu ÇÖKV yöntemleri homojen veri tipi gerektirmektedir. Ölçüt belirlenmesi ve ölçüt ağırlıklandırılmasıyla ilgili teknikler aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

Tablo 2.1 Spor departmanı için program iptali karar matrisi

PROGRAMLAR	ÖLÇÜTLER		
	X ₁	X ₂	X ₃
A ₁ : Kayak	30	172140\$	Orta (3)
A ₂ : Beyzbol	29	74683\$	Düşük (4)
A ₃ : Bayan Golf Tk.	12	22496\$	Çok Düşük (5)
Not: X ₁ :Direk etkilenen insan miktarı , X ₂ :Spor Departmanının tasarruf edeceği para miktarı , X ₃ :Okula olan etkisi			

2.2.1. Ölçüt belirlenmesi

Çok Ölçütlü Karar Analizleri, hedeflere ulaşmayı değerlendiren araçları ortaya koyan ölçütlerin belirlenmesi ile başlar.

Keeney ve Raiffa (1976), problemde ölçütlerin belirlenmesi için literatür taraması yönteminin kullanılmasını ve/veya uzmanlardan seçilecek kişilerle bir panel düzenlenmesini teklif etmişlerdir. Bu teklif ile ölçüt kümesinin zenginleşeceği doğrudur ancak bunun yanında ölçütlerin istenen görevi temsil etmesi de gerekmektedir. Bunu sağlamanın bir yolu ana hedeften hiyerarşik olarak ölçütlerin çekilmesidir. Hedef Hiyerarşi Formülasyonu, ana hedefe hizmet eden alt hedeflerin listelenmesi ile başlar.

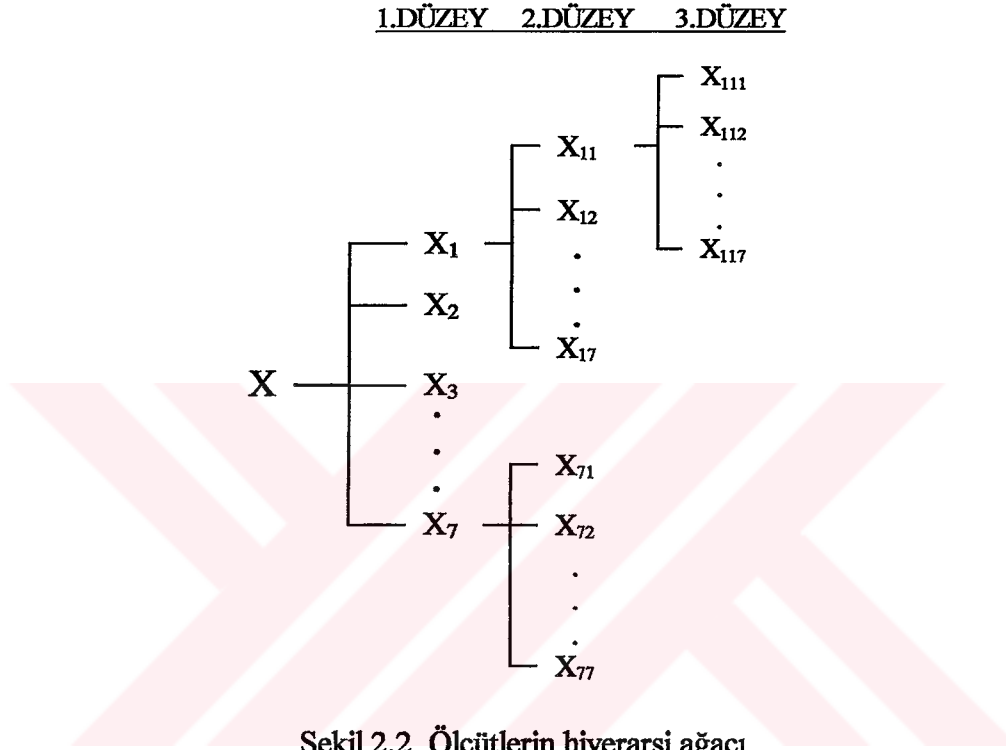
Pardee (1969)'e göre istenen hedefler(ölçütler) listesi:

1. Tam ve ayrıntılı olmalı,
2. Karşılıklı ilişkileri içinde barındırmalı,
3. En üst önem derecesine sahip performans ölçütü ile sınırlandırılmalıdır.

En tepedeki amaç genellikle özet niteliğindedir, tıpkı “İyi bir yaşam” gibi. Hiyerarşide “Ailenin kazancı” gibi ölçülebilir hedeflere ulaşınca kadar aşağılara

inilmesi genellikle faydalı olmaktadır. Alt seviye ölçütleri çelişkili olmayıp bir küme gibi mantıklı ve birbirleriyle uyumlu olmalıdır.

Şekil 2.2’de hiyerarşi ağacı kurulurken yaklaşık 350 ölçütün belirlendiği görülmektedir. Temel ve alt kriterlerin 7 ile sınırlandırıldığına dikkat edilmelidir. Buradaki 7 rakamı Miller Teorisine (Miller,1956) dayanmaktadır.



Şekil 2.2 Ölçütlerin hiyerarşi ağacı

Miller Teorisine göre 7 ± 2 , karara temel teşkil edecek bir amaç hakkında alabileceğimiz maksimum bilgi miktarını temsil etmektedir. (Hwang ve Yoon, 1981)

2.2.2. Ölçüt ağırlıkları

Belirlenen bütün ölçütlerin eşit önem seviyesine sahip olduğu düşünülmemelidir. Ağırlıklandırma, her ölçütün diğerlerine göre göreceli önemini belirtmeye yarar. Bu nedenle ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi ÇÖKV sürecinde anahtar rolü oynamaktadır ve bu da KV’den KV’ye değişmektedir.

Ağırlıkların kendisi, KV’nin ne hakkında daha ilgili olduğunu sayısal bir yolla göstermesini sağlayan program veya proje yönetimi ile ilgili yararlı bilgilerdir. Örneğin, Amerikan firmalarının kalite ve verimliliği arttırmasını teşvik etmek amacıyla Amerika Ticaret Bakanlığı tarafından her yıl Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü Yarışması düzenlenmektedir.

Tablo 2.2’de bu yarışma ile ilgili ölçütler ve onların ağırlıkları gösterilmektedir. Müşteri memnuniyeti ağırlığının diğerlerine göre daha yüksek olması, Bakanlığın müşteri memnuniyetine odaklanmış olduğunu göstermektedir. Ağırlıkların tespitinde, ordinal veya kardinal ölçeklerinden birisi, ölçütler arasındaki tercihi belirtmek için kullanılabilir.

Tablo 2.2 Malcolm Baldrige Ödülü değerlendirme ölçütleri ve değerleri

PROGRAMLAR	DEĞER	AĞIRLIK
1.0 : Liderlik	90	0.09
2.0 : Bilgi ve Analiz	80	0.08
3.0 : Stratejik Kalite Planlaması	60	0.06
4.0 : İnsan Kaynakları Yönetimi	150	0.15
5.0 : Proses Kalitesi Yönetimi	140	0.14
6.0 : Kalite ve Harekat Sonuçları	180	0.18
7.0 : Müşteri Odaklanması ve Memnuniyeti	300	0.30
TOPLAM	1000	1.00

2.2.2.1. Sıralamalar ve ağırlıklar

Ağırlık atamanın en basit yolu, ölçütlerin basit bir sıra dahilinde düzenlenmesi ile olur. En fazla önemli ölçüt birinci, en az önemlisi ise sonuncu sırada listelenir. Eğer en fazla önemli ölçüte 1 değerini, en az önemli ölçüte de n (eldeki ölçüt sayısı) değerini atarsak ; Kardinal ağırlıklar aşağıdaki formülden elde edilebilir.

$$W_j = \frac{1/r_j}{\sum_{k=1}^n (1/r)_k} \quad W_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1)} \quad (2.1)$$

r_j : j nci ölçütün derecesidir.

Birinci formülle elde edilen ağırlıklar sıralı eşlenik ağırlıklar olarak adlandırılır. İkinci formül ise sıralı toplam ağırlıklardır. Eğer ağırlıklar sıralamada eşit durumda iseler, onların ortalamaları değerleri sıralamada kullanılır. Örneğin iki ölçüt, 2 ve 3 ncü sıralar için eşit şartlarda ise, 2.5 değeri her ikisine de atanır.

n adet ölçütü aynı zamanda sıralandırmak KV için ağır bir zihinsel yorgunluk oluşturabilir. Bu nedenle ikili karşılaştırmalar yoluyla elde edilecek sıralama tercih edilmesi gereken bir yaklaşımdır. Bu yöntemle KV, ölçütler arasında ikili karşılaştırmalar yapmak durumundadır. Eğer n adet ölçüt mevcutsa, toplam $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılmak zorundadır. Örneğin 5 ölçütün sıralanması yapılmak istendiğinde; $5(5-1)/2 = 10$ adet ikili karşılaştırma yapılacaktır. Bunlar:

$(X_1 > X_2), (X_1 > X_3), (X_1 > X_4), (X_1 > X_5), (X_2 < X_3), (X_2 > X_4), (X_2 < X_5), (X_3 > X_4), (X_3 < X_5)$ ve $(X_4 < X_5)$

(“>” işareti tercih edildiğinin işaretidir.)

İkili karşılaştırmalarla elde edilen veriler Tablo 2.3’deki gibi bir matris olarak gösterilebilir. Matriste; eğer $(X_i > X_j)$ ilişkisi varsa (i,j) hücresinde “P” sembolü görülmektedir. Aksi takdirde ilişki yoksa “X” sembolü görülmektedir. Tablo 2.3’de üst üçgen hücreleri yapılan 10 adet ikili karşılaştırmayı göstermektedir. Alt üçgen hücreleri de eşlenik alma yöntemi ile mekanik olarak doldurulabilir. ΣC isimli sütun, her satırdaki toplam P sayısını göstermektedir. Bir başka deyişle ΣC , ölçütün ikili karşılaştırmada yüksek gelme sıklığını temsil etmektedir. En yüksek ΣC değerine sahip ölçüt birinci sırayı, en düşük ΣC değerine sahip ölçüt de son sırayı alır. Bu şekilde Tablo 2.3.’de beş ölçüt arasındaki sıralama $(X_1, X_5, X_3, X_2, X_4)$ şeklinde olacaktır. Burada (X_1) birinci, (X_4) sonuncu sırayı alır.

Tablo 2.3 Ölçütler arası ikili karşılaştırmalar

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	ΣC
X_1	-	P	P	P	P	4
X_2	X	-	X	P	X	1
X_3	X	P	-	P	X	2
X_4	X	X	X	-	X	0
X_5	X	P	P	P	-	3

Eğer, yukarıdaki prosedür içinde, öncelikler $(X_1 > X_2), (X_2 > X_4)$ ve $(X_1 < X_4)$ şeklinde olur ise; KV, bu tutarsızlığı bir kez daha düşünmelidir. Bu sonuçlara matematikte “Geçişsizlik” denilmektedir.

2.2.2.2. Oransal ağırlıklandırma

Bu teknikler iki ölçütü karşılaştırarak, onlar arasındaki önem oranını ortaya çıkarmaktadır. Örneğin “Kaç defa X_i ölçütü X_j ölçütünden daha fazla önemlidir ?” Matematiksel olarak $(n-1)$ adet ikili karşılaştırmayı n adet ölçüt arasındaki göreceli üstünlüğü tesis etmek için yapmaya ihtiyacımız vardır. Ancak ikili karşılaştırmalarda yukarıda belirtildiği gibi tutarsızlık da görülebilir. Bu nedenle, bu yaklaşımlar insan yargılarından kaynaklanan bu tutarsızlıkları karşılamak için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarlar. $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırmadan ağırlıkları bulmanın en etkin yolu, 1980 yılında Saaty tarafından ortaya konulan “Özvektör önceliklendirme yöntemi”dir. Saaty’nin basitleştirilmiş Özvektör önceliklendirme yöntemi aşağıda olduğu gibi iki basamakta incelenmektedir.

1.Basamak: Girdileri Kodlamak,

KV, ölçütler arasındaki $n(n-1)/2$ adet ağırlık oranını tespit eder. Bu bilgi $(n \times n)$ matrisinin üst veya alt üçgeninde muhafaza edilir.

$$\begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

2.Basamak: Hesaplama,

Matrisin her satırının geometrik ortalamasını hesaplayıp, daha sonra çıkan değerleri normalize ederiz.

$$\begin{array}{l} \text{Geometrik Ortalama} \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \text{Toplam} \end{matrix} \begin{bmatrix} (1 \times 1/3 \times 1/2)^{1/3} \\ (3 \times 1 \times 3)^{1/3} \\ (2 \times 1/3 \times 1)^{1/3} \end{bmatrix} \end{array} = \begin{bmatrix} 0.5503 \\ 2.0801 \\ 0.8736 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1571 \\ 0.5936 \\ 0.2493 \end{bmatrix}$$

Toplam = 3.5040

2.2.3. Nitel oranların ölçümü

ÇÖKV problemlerinde bir alternatif hem nitel hem de nicel ölçütlerle tanımlanabilmektedir. Eğer nitel ölçütlerin miktarı, nicel ölçütlerinkinden fazla ise, nicel olanları nitel ölçütler haline çeviririz ve Ortanca sıralama yöntemini uyguluyoruz. Aksi takdirde nitel verilere bir ölçeğe uygun sayısal değerler atanması tercih edilen

bir yöntemdir. Likert ölçeği amacımıza en uygun olan ölçektir. Likert ölçeği nitel ölçütleri kapsayan eşit miktarda “Olumlu” ve “Olumsuz” ifadelerin karışımı ile oluşmuş bir kümedir. Örneğin yeni bir fabrikanın açılmasına yöre sakinlerinin yaklaşımı beş değerli bir ölçekle ifade edildiğinde, “Çok kötü”, “Kötü”, “Normal”, “İyi”, “Çok iyi” şeklinde olacaktır. Bu değerleri puanlamak için 1,2,3,4 ve 5 rakamları kötüden iyiye doğru atanacaktır.

Beş değerli Likert ölçeği, çoğunlukla pazarlama ve sosyoloji edebiyatında uygulanır. Yedi ve dokuz değerli daha detaylı ölçekler, karar problemi içeriklerine daha uygun olabilirler. Likert tipi ölçek, bir aralık ölçeğidir. Kelimeler arası aralık anlamlı fakat ölçekteki değerleri anlamsızdır. Bu nedenle (1,2,3,4,5)’li ölçek sistemi yerine (3,5,7,9,11)’li ölçek sistemi kullanılmalıdır. “Çok iyi” ve “İyi” oranları arasındaki fark, “İyi” ile “Normal” arasındaki fark tıpkı “Normal” ile “Kötü” arasındaki fark gibi aynıdır. Bu nedenle “İyi”, “Kötü”ye oranla iki kat daha avantajlıdır diyemeyiz. Çünkü, (1,2,3,4,5)’li ölçekte “İyi”nin “Kötü”ye oranı 2 ($=4/2$)’dir. Aynı oran (3,5,7,9,11)’li ölçekte 1.8 ($=9/5$)’dir. Ölçekteki ifadeler nitel ölçüte göre değişebilmektedir. Eğer ölçütümüz fiyat ise, ölçekteki muhtemel ifadeler: “Çok pahalı”, “Pahalı”, “Eşit fiyat”, “Nispeten ucuz”, “Çok ucuz” şeklinde olacaktır. Karşılıklı uçları anlatan ifadeler çok rahatlıkla bulunabilmektedir. Örneğin; Yüksek-Alçak, İyi-Kötü, Pahalı-Ucuz vb. 76 kelime çiftinden oluşan daha detaylı bir araştırmayı Osgood, Suci ve Tannenbaum (1975)’te yer almaktadır.

2.2.4. Ölçüt oranlarının normalizasyonu

Karar matrisindeki farklı ölçüm ünitelerinden kaynaklanan hesaplama hatalarının ortadan kaldırılması için ölçüt oranları normalize edilir. Buna her zaman ihtiyaç olmayabilir ancak birçok telafi esaslı ÇÖKV yöntemlerinde normalizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Normalizasyondan amaç, ölçütler arası karşılaştırmaları sağlayan karşılaştırma ölçeğini elde etmektir. Normalize edilmiş oranlar boyutsuz ünitelerdir ve oran ne kadar artarsa, öncelik de o kadar artıyor demektir. Ölçütler üç grupta sınıflandırılmaktadır.

Kazanç Ölçütleri: Artan monotonik fayda arz eder. Ölçüt değeri ne kadar büyürse, öncelik oranı da o oranda artar. Örneğin, arabanın yakıt tasarrufu sağlama oranı.

Maliyet Ölçütleri: Azalan monotonik fayda arz eder. Ölçüt değeri ne kadar büyürse, öncelik oranı da o oranda azalır. Örneğin, üretim maliyeti.

Monotonik Olmayan Ölçütler: Monotonik olmayan fayda arz eder. Tıpkı ofisteki oda sıcaklığı veya vücuttaki kan şekeri gibi. Maksimum fayda, ölçüt değişim aralığının ortasında bir yerlerdedir.

Kar Ölçütleri Normalizasyon Yöntemleri :

1. Doğrusal Normalizasyon

Basit şekli ile ölçüt oranlarının maksimum değere bölünmesiyle bulunur. Normalize edilmiş x_{ij} değeri :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1,2, \dots, m \quad j=1,2, \dots, n \quad (2.2)$$

$x_j^* = j$ nci ölçütün maksimum değeri

r_{ij} değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır ve 1'e yaklaşması daha fazla tercih edilir.

2. Vektör Normalizasyonu

Her ölçütün oranlarının kendi normlarına bölünmesi ile bulunur. Böylelikle normalize edilmiş x_{ij} oranları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad , \quad i=1,2, \dots, m \quad j=1,2, \dots, n \quad (2.3)$$

Yukarıdaki normalizasyon eşitlikleri kar ölçütleri içindir. Maliyet ölçütleri, ters orantısı alarak $(1/x_{ij})$ kar ölçütlerine dönüştürülebilir. Daha sonra maliyet ölçütünden kar ölçütüne dönüştürülen ölçütler yukarıda belirtilen normalizasyon adımlarını takip eder. Doğrusal Ölçek Yöntemi ile maliyet normalizasyonu aşağıdaki basit form şeklindedir.

$$r_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\max(1/r_{kj})} = \frac{1/x_{ij}}{1/\min(r_{kj})} = \frac{\min_k(x_{kj})}{x_{ij}} = \frac{\bar{x}_j}{x_{ij}} \quad (2.4)$$

$\bar{x}_j$: j nci ölçütün minimum değeridir.

Monotonik olmayan ölçütler istatistiksel Z değeri olarak monotonik haline dönüştürülürler.

$$\text{Exp}(-Z^2/2) \quad Z = (X_{ij} - X_j^0) / \sigma_j, \quad (2.5)$$

X_j^0 : En iyi değer, σ_j : j nci ölçütün oranlarının standart sapması

Daha sonra karşılaştırma oranları normalizasyon eşitliklerinden birisi ile elde edilir.

Bir evdeki oda sayılarının normalizasyonu Tablo 2.4'te olduğu gibi hesaplanır.

Tablo 2.4 Bir monotonik olmayan ölçüt normalizasyonu

Oda Sayısı	Z	Exp (-Z ² / 2)	NORMALİZASYON	
			Doğrusal	Vektör
1	-0.6324	0.8187	0.8187	0.5107
2	0.0000	1.0000	1.0000	0.6238
3	0.6324	0.8187	0.8187	0.5107
4*	1.2649	0.4493	0.4493	0.2803
5	1.8974	0.1653	0.1653	0.0317

* : KV tarafından belirlenen optimum oda sayısıdır.

2.3. Telif Esaslı Olmayan Yöntemler

Telif esaslı ile telif esaslı olmayan ayırımı, bir ölçütün avantajları ile diğerinin dezavantajlarının ödünleştirilebilip ödünleştirilemediği esasına dayanır. Eğer ölçüt değerleri arasında ödünleşime izin veriliyorsa, o seçim stratejisi telif esaslıdır. Aksi takdirde telif esaslı değildir. Bu nedenle telif esaslı stratejiler daha fazla talep görür ve telif esaslı olmayan stratejilere nazaran daha fazla optimallığe yönlendirir veya daha rasyonel karar çıktıları sunar.

Telif esaslı olmayan modelde bir ölçütteki üstünlük diğer ölçütlerdeki zayıflık ile dengelenemez. Her ölçüt kendi değerleri ile sabittir. Örneğin, bir futbolcu seçiminde; futbolcu çalım kabiliyeti nedeniyle seçiliyorsa; onun topa vurma kabiliyetine ilgisiz kalmaktadır. Bu nedenle karşılaştırmalar genellikle bir ölçüt temelli yapılır. Telif esaslı olmayan yöntemleri, basit mantık ve hesaplamaları için talep görürler. Bununla birlikte her yöntemin gerisindeki rasyonellik tektir ve bundan dolayı verilen karar verme probleminde uygun bir yöntemin kullanılması gerekmektedir.

2.3.1. Baskınlık yöntemi

Çok ölçütler çelişkili eğilim sunarlar. Bir arabanın dizaynında, örneğin hareket sınısını artırmak için yolcu kabinini küçültmek aynı zamanda yolcu rahatlığını azaltabilir. Bu nedenle hareket sınısı artırılmış arabalarda konfor azdır. Geniş arabalarda ise hareket sınısı düşük ama mükemmel bir konfor vardır. Bu arabalar pazarda alıcı bulurlar çünkü her biri en azından bir ölçütte diğerlerine göre üstünlük arz eder. Diğer bir deyişle birbirlerine karşı baskındırlar.

Bir alternatif, eğer başka bir alternatif onu bir veya daha fazla ölçütte geçer ve kalan ölçütler içinde eşit olursa, baskın olmayan alternatiftir. Tersini düşünülürse, bir alternatif eğer tüm ölçütler içinde başka bir alternatif tarafından geçilmiyorsa, baskındır. Baskın alternatifler ikili karşılaştırmalar yapılarak belirlenir. İlk iki alternatif karşılaştırılır; baskın olmayan gruptan çıkarılır. Sonra çıkmayan alternatifler üçüncü alternatif ile karşılaştırılır ve baskın olmayan alternatif çıkarılır. Sonra dördüncü alternatif vb. şekilde ikili karşılaştırmalar tamamlanır. Eğer karşılaştırmalara m adet alternatifle başlarsak ; baskın alternatif (m-1) basamakta elde edilir.

Örnek Olay 2.1 Bir tekstil firması için bölge seçimi

Bir tekstil imalat firması North Caroline’da yeni bir fabrika açmak istemektedir. Fabrika, bol su ve işgücü gerektirmektedir. Firma, suyun varlığı, muhtemel su kirliliğine karşı toplumun tutumu ve bir sendika kurulma olasılığını fabrikayı etkileyen birinci öncelikli ölçütler olarak görmektedir. Bu ölçütler Tablo 2.5’te verilmektedir.

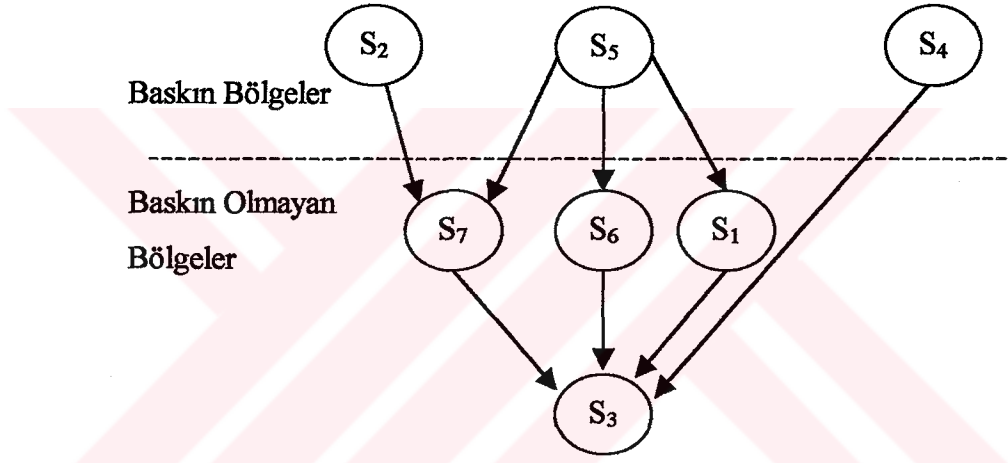
Tablo 2.5 Yedi bölge için karar matrisi

Bölgeler	X ₁	X ₂	X ₃
S ₁	Zayıf	İyi	0.5
S ₂	Mükemmel	Normal	1.0
S ₃	Zayıf	Zayıf	1.0
S ₄	Normal	Normal	0.1
S ₅	İyi	Mükemmel	0.2
S ₆	Normal	İyi	0.9
S ₇	İyi	Normal	1.0

NOT: X₁ :Toplum Tutumu, X₂ :Suyun Varlığı, X₃ :Sendika ihtimali

İlk bölge S_1 , S_2 ile karşılaştırılır. S_1 , X_2 ve X_3 ölçütlerinde S_2 'ye göre daha iyidir fakat X_1 ölçütünde daha kötüdür. Bu nedenle birbirlerine göre baskın değildir. Sonra S_3 , S_1 ile karşılaştırılır. S_3 , X_2 ve X_3 ölçütlerinde S_1 'den daha kötü ve X_1 'de S_1 'e eşittir. Yani S_3 , S_1 'e göre baskın olmayandır ve $S_1 \rightarrow S_3$ şeklinde gösterilir. Baskın olmayan S_3 çıkarılır. Daha sonra S_4 , S_1 ve S_2 ile karşılaştırılır ve baskın olduğu görülür. İkili karşılaştırmalara S_7 'ye kadar devam edilir. Baskınlık ilişkileri Şekil 2.3'te görüldüğü gibidir.

Hiçbir ok S_2 , S_4 ve S_5 'e gitmemektedir. Çünkü onlar baskın bölgelerdir. KV, baskın bölgelerden birini seçebilir. Bunun yanında McAnarney (1987)'in çalışmaları, bazı baskın olmayan alternatiflerin baskın alternatiflerin bazılarından daha iyi olabileceğini ortaya koymuştur.



Şekil 2.3 Yedi bölge için baskınlık grafiği

Örneğin dört kar ölçütü tarafından değerlendirilen üç alternatif ele alalım.

	X_1	X_2	X_3	X_4
A_1	7	8	5	8
A_2	7	7	5	8
A_3	4	3	6	5

Alternatif A_2 , A_1 'e göre nispeten yakın olmasına rağmen baskın olmayandır. Alternatif A_3 , diğer yandan baskın değildir fakat dört ölçütün üçünde A_2 'ye göre daha kötüdür. Bütünsel olarak A_2 , A_3 'ten çok daha iyidir fakat A_2 baskın olmayan olduğu için seçim için düşünülemez. Bu nedenle yargılardaki muhtemel hataları karşılamak için Birleştiren Yöntem tavsiye edilir.

2.3.2. İkiye ayıran yöntemler

Çok ölçüte dayalı iki çeşit İkiye Ayırma Yöntemi bulunmaktadır: Birleştiren ve Ayıran Yöntemler. Bu yöntemler bir alternatifi seçimi için değil fakat alternatifleri kabul edilebilir/kabul edilemez diye iki kategoriye ayırmak için kullanılır. Her alternatif, minimum değerleri karşıladığı sürece kabul edilebilir olarak görülür. Örneğin bir ehliyet almak için çeşitli testlerde istenilen minimum standart puanları almak , ehliyet almak için yeterlidir. Yazılı sınavı barajı 70 ise minimum puan olan 70'i almak yeterli olacaktır.

2.3.2.1. Birleştiren yöntem

KV'nin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği minimum değerlerin tümünü karşılayan alternatifleri “Kabul edilebilir”, diğer alternatifleri ise “Kabul edilemez” şeklinde tanımlayarak alternatif kümesini ikiye bölmeye yardımcı olan yöntem Birleştiren Yöntem olarak adlandırılır. Bu yöntemi uygulamak için, KV, her bir ölçüt için kabul edilebilir minimum ölçüt değerlerini belirler. Belirlenen bu minimum değerler alternatiflerin elenmesi esnasında anahtar rol oynar. Eğer bu değerler çok yüksek ise, bütün alternatifler elenir; eğer nispeten düşükse , bir kaç alternatif elenmeden kalır. Böylelikle belirlediğimiz minimum standartları azar azar artırarak, alternatiflerin sayısını azaltır ve sonuçta tek bir alternatife ulaşırız. Minimum değerleri geçen alternatifler “ Kabul edilebilir ” alternatiflerdir.

Telafi esası olmayan bu yöntemde seçilebilmek için , her alternatif bütün ölçütlerde belirlenen minimum değerleri geçmek zorundadır. Alternatiflerin sadece bir ölçüte dahi takılmaları elenmelerini gerektirir.

A_i alternatifinin seçilebilir olması için ;

$X_{ij} \Rightarrow X_j^o$, $j= 1$ ve 2 ve.....ve n olması gerekmektedir.

$j^o = j$ nci ölçüt için minimum kabul edilebilir seviyedir.

Örnek Olay 2.2 Bir yüksek okul için uluslararası öğrenci seçimi

Bir Yüksek Okul, kayıt işlemleri için öğrenci adayları arasında elemeler yapmaktadır. Elemeyi geçmek için ana dili İngilizce olmayan adaylar her üç kriterden minimum puanları almak zorundadırlar. Bu kriterler TOEFL sınavı ,Kayıt Sınavı (KS) ve Mezuniyet ortalamasıdır (MO). Tablo2.6, bu durumu basitleştirilmiş olarak göstermektedir.

A_3 ve A_4 adayları aldıkları düşük kayıt sınavı notu ve mezuniyet ortalamaları için elenmişlerdir. A_1 adayı en yüksek kayıt sınavı notuna sahip olmasına rağmen mezuniyet ortalaması yetersiz olduğu için aynı şekilde elenmiştir.

Tablo 2.6 Bir yüksek okul için uluslararası öğrenci seçimi değerleri

Öğrenciler	TOEFL	KS	MO
A_1	582	1.420	0.5
A_2	563	1.250	3.2
A_3	620	1.080	3.1
A_4	558	1.280	0.1
A_5	540	1.180	2.8
A_{50}	600	1.210	3.6
Minimum	550	1.200	3.0

2.3.2.2. Ayıran yöntem

Ayıran yöntemde KV'nin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeylerin en az birini karşılayan alternatif "Kabul edilebilir", diğer alternatifler "Kabul edilemez" şeklinde tanımlanarak alternatif kümesi ikiye bölünür.

Tablo 2.6'ya bakıldığında Ayıran yönteme göre A_1 adayı mezuniyet ortalaması (MO) düşük olmasına rağmen diğer ölçütlerde standartları geçtiği için seçilir. A_2 adayı bütün standartları geçtiği için, A_3 adayı TOEFL sınavı ve Mezuniyet ortalamalarında standartları geçtiği için, A_4 adayı TOEFL sınavında ve kayıt sınavında (KS) standardı geçtiği için seçilirler. Sadece A_5 adayı herhangi bir ölçüt standardını aşmadığı için elenir. Tıpkı Birleştiren yöntemde olduğu gibi Ayıran yöntemde de KV'nin kabul edilebilir minimum değerleri belirlemesi gerekmektedir. Bir alternatif, bir veya daha fazla ölçütte minimum değerleri aşarsa "Kabul Edilebilir" sayılır. Eğer bir alternatif herhangi bir ölçütte iyi ise seçim işlemi yapılır. A_i alternatifinin kabul edilebilir olması için ;

$X_{ij} \Rightarrow X_j^0$, $j = 1$ veya 2 veya.....veya n olması gerekmektedir.
 $j^0 = j$ nci ölçüt için minimum kabul edilebilir seviyedir.

Ayıran yöntemde , sadece bir standardın geçilmesi yeterlidir. Bu durumda standartlar çok yüksek belirlenmediği sürece hemen hemen bütün alternatiflerin standartları geçeceği düşünülebilir. Eğer alternatiflerden hiçbiri herhangi bir standardı dahi aşamaz ise, KV, bir veya daha fazla minimum kabul edilebilir değerlerini düşürmeli ve değerlendirmeyi tekrar yapmalıdır.

2.3.3. Ardışık eleme yöntemleri

Alternatifleri ardışık olarak bir sıraya göre eleyen iki ÇÖKV yöntemi vardır. Bu iki yöntem, alternatiflerin değerlendirilmesi için tek bir ölçüt kullanmaktadır. Tüm alternatiflerin tek bir ölçüte göre değerlendirilmesi yapıldıktan sonra alternatiflerin sıralaması yapılır. Eğer birden fazla alternatif o ölçütle değerlendirmede eşit kalıyorsa, aynı proses diğer ölçüt kullanılarak tekrar edilir.

Ardışık sırasal yöntem, alternatifleri ölçütlerin önem derecesi sırasıyla değerlendirir. Bunun yanında özelliklerine göre eleme yöntemi en çok alternatifi eleyerek ölçüt sıralamasına göre bu değerlendirmeyi yapar.

2.3.3.1. Ardışık sırasal yöntemler

Alternatiflerin en önemli ölçüte göre birbirleriyle karşılaştırılması yapılır. Eğer bir alternatif, diğer alternatiflerin herhangi birinden daha yüksek ölçüt değerini alırsa, o alternatif seçilir ve karar süreci sona erer. Bunun yanında eğer bazı alternatiflerin ölçüt değerleri birbirlerine eşitse , ikinci önemli ölçüte göre bu alternatifler değerlendirmeye tabi tutulur. Süreç, tek bir alternatife ulaşmaya kadar ya da bütün ölçütlere göre değerlendirme yapılana kadar devam eder. Ardışık kelimesi sözlükte kelimelerin sıralamasına benzediğinden, bu yöntem Sözlük Sırasal Yöntem olarak da bilinir.

X_1 , KV için en önemli ölçüt, X_2 de ikinci en önemli ölçüt olsun.

$$A^1 = \{ A_i \mid \max_i x_{i1} \} , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.6)$$

Eğer A^1 tek eleman ise , o zaman bu eleman en fazla tercih edilen alternatiftir.

Eğer farklı alternatifler de mevcut ise ;

$$A^2 = \{ A^1 \mid \max_i x_{i2} \} , \quad i \in \{A^1\} \quad (2.7)$$

Eğer A^2 tek eleman ise , o zaman değerlendirme durur ve bu alternatif seçilir. Aksi takdirde bu süreç tek eleman $\{ A^k \}$ değerine ulaşmaya kadar veya bütün ölçütler değerlendirilinceye kadar devam eder. Eğer sonuçta birden fazla alternatif kalırsa, bu alternatiflerin birbirlerine eşit oldukları düşünülür.

Kolay yöntem olan Ardışık Sıralama Yöntemi en önemli ölçüte göre iyi durumda olan bir alternatifi tüm diğer ölçütlere göre en kötü durumda olsa bile sıralamada birinci sıraya yerleştirmesi nedeniyle eleştirilebilir.

Örnek Olay 2.3 1992 Yaz oyunlarında dünya sıralaması

Tablo 2.7, 1992 Yaz Olimpiyat Oyunlarında her ülkenin kazandığı altın, gümüş ve bronz madalya durumunu göstermektedir. Kazanılan madalya sayıları esas alınarak yapılan ülke sıralamasında Ardışık Sırasal prensibi uygulanmıştır. Eşitlik durumunda kazanılan altın madalya sayısı sıralamanın belirlenmesinde ölçüt olarak alınmıştır. Eğer yine eşitlik devam ederse, gümüş madalya sayısı ölçüt olarak alınır. Örneğin Güney Kore ve Fransa eşit miktarda (29) madalya kazanmışlardır. Ancak bunun yanında Güney Kore, Fransa'dan daha fazla miktarda altın madalya kazanarak bir üst sıralamada yer almıştır.

Tablo 2.7 1992 Yaz olimpiyat oyunları madalya tablosu

ÜLKELER	ALTIN	GÜMÜŞ	BRONZ	TOPLAM
ABD	37	34	37	108
ALMANYA	33	21	28	82
ÇİN	16	22	16	54
KÜBA	14	6	11	31
MACARİSTAN	11	12	7	30
GÜNEY KORE	12	5	12	29
FRANSA	8	5	16	29
AVUSTURALYA	7	9	11	27
İSPANYA	13	7	2	22

Ardışık Yarı Sırasal Yöntem, Ardışık Sırasal Yöntemle aynı mantığı kullanmaktadır. Tek farkı bir alternatif eğer önemli bir oranda diğerlerinden farklılık gösterirse, o alternatif üstün olarak görülür. Örneğin zekanın tecrübeden daha önemli olduğunu düşünen bir işveren, bir adayı eğer IQ değeri diğerinden 10 puanın

üzerinde yüksekse, zeki olarak görebilir. Eğer adayların IQ değerleri arasındaki fark 10 puandan düşükse, işveren adayları eşit görür ve daha tecrübeli adayı seçer.

Örnek Olay 2.4 Aile otomobil seçimi

Bir aile yeni bir araba almak istemektedirler ve bu amaçla 8 alternatif belirlemişlerdir. Alternatif oranları Tablo 2.8.'de belirtildiği gibi 6 ölçüte dayanmaktadır. Ailenin ölçüt önem sıralaması ise X_6 , X_1 , X_5 şeklinde devam etmektedir. $\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_7\}$ alternatifleri X_6 ölçütüne bağlı olarak eşit önem derecesine sahip bulunmaktadır.

Tablo 2.8 Otomobil değerlendirme karar matrisi

Arabalar	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
A_1	8.307	3.000	5.0	18.0	14.7	7.0
A_2	9.666	3.600	5.0	12.0	19.1	7.0
A_3	10.578	3.600	7.0	10.0	10.8	7.0
A_4	13.695	6.000	2.5	9.0	13.0	7.0
A_5	29.844	12.000	6.0	11.0	13.7	4.0
A_6	11.037	3.600	7.0	19.0	16.2	4.0
A_7	9.807	3.600	5.0	12.0	15.3	7.0
A_8	27.642	12.000	6.0	10.0	13.5	1.0
NOT : X_1 : Fiyat Listesi (\$), X_2 : İkinci El Değeri (\$), X_3 : Arızasızlık Oranı, X_4 : Şehir İçi Yakıt Tüketimi (lt./km.), X_5 : Hızlanma (sn.), X_6 : Kontrol						

Ardışık Sırasal değerlendirme süreci sonunda , ailenin bir ferdi A_1 ile A_2 arasındaki 1359 \$'lık fiyat farkının önemsiz olduğuna karar verir ve daha sonraki değerlendirmeler için bu değerinin üstüne çıkılmasını tavsiye eder. Aile teklifi kabul edip Ardışık Yarı Sırasal Yöntemi kullanır.

Her alternatif için eşik değerleri (önem derecesi sıralamasına uygun olarak) X_6 için 2 puandan fazla , X_1 için 3000 \$'dan fazla , X_5 için 3 sn.'den fazla olacak şekildedir. $\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_7\}$ alternatifleri X_6 'ya göre eşit önemdedir ve başka hiçbir alternatif 2 puanlık fark içinde bulunmamaktadır. A_1 en düşük liste fiyatına (X_1) sahiptir ve o da 8307 \$ 'dır. X_1 'e eşik değeri fiyatı (3000 \$) eklendiğinde aile, daha sonraki alternatifleri 11.307 \$'lık fiyata göre değerlendirecektir. Dört

alternatifin $\{A_1, A_2, A_3, A_7\}$ fiyatları bu fiyatın altındadır ve A_4 elenir. Hızlanma için (X_5) , A_3 en iyi orana (10.8 sn.) sahiptir ve diğer alternatiflerin hiçbiri $\{A_1, A_2, A_7\}$ belirlenen eşik (13.8 sn.) içerisinde olmadığı için elenir. Sonuçta tek A_3 alternatifi kalır ve A_3 arabası aile tarafından seçilir.

2.3.3.2. Özelliklerine göre eleme yöntemi

Tversky (1972) tarafından ortaya konan bu yöntem Ardışık Sıralama Yöntemi ile çok fazla benzerlik göstermektedir. Tıpkı Ardışık Sıralama Yönteminde olduğu gibi, tek ölçüte göre alternatifler arasında karşılaştırmalar yapılır. Bunun yanında standartların altında kalan alternatifler elenir ve bu işlem biri dışında bütün alternatifler eleninceye kadar devam eder. Farklı olan tarafı ise, ölçütlerin önem sırasına göre değil de probabilistik ayırım gücüne göre bir sıralamaya tabi tutulmalarıdır.

X_1 : En fazla alternatifi eleyecek en etkili birinci özellik

X_2 : En fazla alternatifi eleyecek en etkili ikinci özellik

$$A^1 = \{ A_i \mid x_{i1}, x_1 \text{'i karşılar} \} , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.8)$$

Eğer A^1 tek eleman ise , en fazla tercih edilen alternatiftir. Eğer başka eşit seviyede alternatifler de varsa , X_2 özelliği düşünülerek değerlendirme yapılır.

$$A^2 = \{ A^1 \mid x_{i2}, x_2 \text{'i karşılar} \} , \quad i \in \{A^1\} \quad (2.9)$$

Eğer A^2 tek eleman ise , o zaman değerlendirme durur ve bu alternatif seçilir. Aksi takdirde X_3 özelliğine bakılır ve bu süreç tek eleman $\{A^k\}$ değerine ulaşmaya kadar veya bütün ölçütler değerlendirilinceye kadar devam eder.

Özelliklerine Göre Eleme Yöntemini hızlandırmak için en çok alternatif eleyecek ölçüt en başta kullanılabilir. Telafi Esaslı Olmayan bir yöntem olmasına rağmen KV.'den istek düzeylerini istemesi yönünden olumlu görülmektedir.

Örnek Olay 2.5 Uzak mesafeli görüşme sağlayan bir telefon şirketi

Bir müşteri uzak mesafeli görüşme sağlayan bir telefon şirketi seçmek istemektedir. Dört şirket beş ölçüte göre Tablo 2.9'da görüldüğü gibi karşılaştırılmaktadır. Müşterinin tercih sırası X_5, X_2, X_1, X_3 ve X_4 şeklindedir.

Tablo 2.9. Uzak mesafeli görüşme sağlayan telefon şirketi seçimi

Şirketler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
A ₁	E	E	H	E	E
A ₂	H	E	H	E	E
A ₃	E	E	E	E	E
A ₄	E	H	H	E	E
NOT : X ₁ : Operatör Hizmeti , X ₂ : Yanlış Arama İkazı , X ₃ : Milletlerarası Görüşme , X ₄ : Net Görüşme , X ₅ : Gün boyu %70'e varan indirimler---E: Evet , H: Hayır					

Seçim süreci aşağıdaki gibidir.

Özellik Sıralaması	Kalan Alternatifler
X ₅	A ₁ A ₂ A ₃ A ₄
X ₂	A ₁ A ₂ A ₃
X ₁	A ₁ A ₃
X ₃	A ₃

A₃ şirketi bütün özellikleri karşıladığı için seçilir.

2.3.4. Davranış yönelimli yöntemler

KV'nin davranışını düşünerek oluşturulmuş iki adet telafi esaslı olmayan ÇÖKV yöntemi bulunmaktadır. KV kötümser durumda ise , Maximin yöntemi; her alternatifin en kötü ölçütleri tanımlanarak, en kötü ölçüt oranları içindeki en iyi değere sahip alternatifin seçim işlemi için kullanılır. KV, iyimser durumda ise, Maximax yöntemi; en iyi ölçüt oranları içindeki en iyi değere sahip alternatifin seçim işlemi için kullanılır.

2.3.4.1. Maximin yöntemi

Bir zincir en zayıf halkası kadar kuvvetlidir. Buna benzer olarak bir astronotun yörüngede hayatı veya ölümü onun en sağlıksız hayati organına bağlıdır. Bir alternatifin toplam performansı onun en zayıf veya en güçsüz ölçütü ile tanımlanmaktadır. Böylesi bir durum için, KV, hangi ölçütün toplam performansı belirlediği hakkında bilgi sahibi değilse, kötümser bir davranış gösterir ve kötünün

iyisini seçmeye çalışır. Ölçütler arasında minimum değerlerin maksimumunu seçme işlemine “Maximin” ya da “Kötünün iyisi” denir.

Uzaya gönderilecek bir astronotun seçiminde, örneğin bir adayın en güçsüz organı kalbi olduğu ve diğer adayın da en güçsüz organının ciğeri olduğunu düşünelim. Onların hayatta kalabilme ihtimallerini ölçebilmek için ortak bir ölçeğe ihtiyaç duyarız. Aksi takdirde kalp ile ciğeri karşılaştıramayız. Bu nedenle ölçütlerin birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri için ortak bir ölçeğe ihtiyaç duyulmaktadır.

Seçim prosedürü iki basamaklı yapılmaktadır. İlki, her alternatif için en küçük ölçüt değerlerinin belirlenmesi ve ikincisi , belirlenen en düşük ölçüt değerleri arasındaki en iyi değer seçimidir.

Matematiksel ifadesi ile;

$$A^+ = \{ A_i \mid \max_i \min_j r_{ij} \} \quad (2.10)$$

Denklemini sağlayan A^+ alternatifi seçilir. Burada r_{ij} , x_{ij} 'nin karşılaştırma ölçeğidir. KV , en yüksek minimum getirili alternatifi tercih ederse , ne olursa olsun getirisinin en az bu miktarda olacağını düşünmekten tatmin olabilir.

Maximin yönteminin tutuculuğu ve karamsarlığı onun en zayıf yönüdür. Her faaliyet , salt en kötü getirisine dayalı olarak yargılanmakta , diğer getiriler dikkate alınmamaktadır. Oysa en kötü durum olan A^+ durumu dışındaki diğer her durum da diğer alternatiflerin daha fazla getirisi olsa da dikkate alınmayacaktır. Yöntem oldukça riskten kaçan bir yöntemdir.

Örnek Olay 2.6 Yönetici seçimi

Gelişmekte olan bir elektronik eşya imalat firması yeni kurulan Güney Amerika bölge sorumluluğu için bir yönetici seçimine ihtiyaç duyulmaktadır. Yönetici Brezilya’da olacak ve yeni bölgenin sorumluluğunu üstlenecektir. Personel başkanı altı adayı belirlenen beş temel ölçüte göre değerlendirmektedir. Değerlendirme tablosu aşağıda olduğu gibidir. Ölçüt oranları 10’lu ölçeğe göre.

Firma başkanı, yöneticinin performansını en fazla etkileyen ölçüte karar verememiştir. Personel başkanı bu sebeple en zayıf ölçütlerin en güçlüsüne sahip yöneticiyi seçmek için Maximin yöntemi kullanır.

Tablo 2.10 Altı yönetici için karar matrisi

Adaylar	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
A ₁	4	6	3	2	3
A ₂	7	2	8	2	4
A ₃	8	5	4	6	3
A ₄	6	7	5	5	6
A ₅	3	5	6	8	7
A ₆	8	9	2	8	8

NOT : X₁ = Liderlik , X₂ = Organizasyon Planlaması ,
X₃ = Yabancı Dil , X₄ = İş bilgisi , X₅ = Karar verme

İlk olarak her aday için minimum oranlar (satırlar) bulunur ve daha sonra bu minimum oranlar içindeki maksimum oran seçilir. Süreç aşağıdaki gibidir.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Min.
A ₁	4	6	3	2	3	2
A ₂	7	2	8	2	4	2
A ₃	8	5	4	6	3	3
A ₄	6	7	5	5	6	5
A ₅	3	5	6	8	7	3
A ₆	8	9	2	8	8	2

← Max.

A₄ adayı seçilir. Diğer adayların bir veya daha fazla zayıf ölçütleri varken A₄ adayının performansı herhangi bir ölçütte 5'in altına inmemiştir.

Bu yöntem son seçimi yaparken elde çok az bilgi olduğu durumlarda kullanılır. Birinde ortalamanın altında kalıp diğer ölçütlerde açık bir üstünlük sağlayan alternatif, bütün ölçütlerde sadece ortalamayı yakalayan bir diğer alternatiften daha önemsizdir. Örneğin A₄ adayı ile A₆ adayını karşılaştırm. A₆ adayı X₃ ölçütü dışında mükemmel oranlara sahip olmasına rağmen A₄ adayı seçilir.

2.3.4.2. Maximax yöntemi

Maximin yöntemine zıt olarak Maximax yöntemi güçsüz ölçütlerden ziyade iyi alternatifler arasından bir alternatifin seçim işlemidir. Profesyonel futbolcular Maximax Yöntemine göre seçilmektedirler. Bir futbolcu, istisnai bir çalım kabiliyetine, istisnai koşusuna ve topa vuruş kabiliyetine göre seçilir. Bu konularda ortalama yeteneğe sahip futbolcu seçim dışı kalır.

Maximax yönteminde sadece bir ölçüt bir alternatifi temsil eder ve diğer ölçütler ihmal edilir. Bu nedenle bu yöntem ölçütler arasında karşılaştırma gerektirmektedir. Bu amaçla ilk olarak her alternatif için en iyi ölçüt belirlenir ve sonra belirlenen en iyi ölçütler içindeki maximum değer seçilir.

Matematiksel ifadesi ile;

$$A^+ = \{ A_i \mid \max_i \min_j r_{ij} \} \quad (2.11)$$

Örnek Olay 2.6'da belirtilen olayı başka bir yönetici seçim problemi olarak düşünelim. İlk yönetici iki yıl yöneticiliği takiben Brezilya'dan döner. Başkanın yeni tercihi "İyinin en iyisi" olarak yorumlanarak Maximax yöntemi kullanılabilmektedir. İlk olarak her adayın en iyi oranları tespit edilir ve ardından en iyi orana sahip olan aday seçilir.

Yedi adayın değerlendirme süreç matrisi aşağıdaki gibidir. A₈ adayı, isabetli karar verme yeteneği (X₅) nedeniyle seçilmiştir. Daha sonra onun en zayıf ölçütünü (X₃) telafi için başkan yabancı dilde yetkin bir yardımcı görevlendirebilir.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Max.
A ₇	3	4	6	3	2	6
A ₈	8	8	2	8	9	9 ← Max.
A ₉	7	4	6	5	5	7
A ₁₀	7	2	2	8	4	8
A ₁₁	4	6	8	2	7	8
A ₁₂	5	7	4	5	6	7
A ₁₃	8	7	2	8	5	8

2.4. Puanlama Yöntemleri

ÇÖKV problemlerinde bir alternatif birden fazla elemana sahip bir vektör olarak görülebilir. Vektörün uygun bir sayısal değere dönüştürülmesi bir ÇÖKV çözüm yaklaşımıdır. Daha sonra en yüksek değere veya faydaya sahip alternatifi seçeriz. Bir sistemdeki fonksiyonel bağlantılar tam olarak çözülebilirse, bu bağlantıların etkilerini temsil için bir indeks formüle edilebilir. Geçmiş kararlar hakkında bilgi sahibi olursak, gelecekteki performansı tahmin için Regresyon

Analizini kullanabiliriz. Örneğin, Dawes (1971) Örnek Olay 2.2 için bir performans indeksi oluşturmuştur.

$$S = 0.006 KA + 0.76 MO + 0.2518 QI$$

QI : Geline okulun kalitesini ifade etmektedir.

Okul yönetimi, bu indekse göre en yüksek puanı alacak öğrencileri okula kabul edecektir.

Karar verme ortamında iki puanlama yöntemi kullanılmaktadır. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi, her ölçütün katılımıyla bir ölçek oluşturur ve Ağırlıklı Çarpım Yöntemi ise ölçütlerin katılımlarının çarpımı ile bir ölçek oluşturur.

2.4.1. Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi

Her alternatfin, tek boyutlu değer fonksiyonu değerlerinin kullanılması yerine, farklı ölçütlere göre elde ettiği performans değerlerinin doğrudan kullanılıp ölçüt görelî önemlerine göre ağırlıklandırılarak, toplam puanın elde edilmesine dayanan çok kriterli problem çözme yöntemine Basit Toplamlı Ağırlıklandırma veya Ağırlıklı Ortalama Yöntemi adı verilir.

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi en iyi bilinen ve en fazla kullanılan ÇÖKV yöntemidir. Her ölçütün katılım oranlarının toplamı ile bir değer elde edilir. Farklı ölçüm birimlerine ait iki alternatif bu toplama katılmamaktadır. Bu sebeple normalizasyon gibi ortak bir sayısal ölçüm sistemi ölçüt değerleri arasındaki bu toplamayı yapabilmek için gereklidir. Her ölçütün karşılaştırma oranları ile ölçütlere atanan önem ağırlıklarının çarpımı ile her alternatif için toplam puan elde edilir. Daha sonra bu çarpım oranları toplanır.

Bir alternatfin Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemindeki değeri aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^n W_j V_j(X_{ij}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.12a)$$

$V(A_i)$: alternatfinin değer fonksiyonudur.

W_j ve V_j , X_j ölçütünün ağırlık ve değer fonksiyonlarıdır.

Normalizasyon sürecinde her karşılaştırılabilir ölçüt yalancı bir değer fonksiyonu olur. A_i alternatifinin değeri yeniden ifade edilirse ;

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.12b)$$

r_{ij} , x_{ij} nin karşılaştırma skalasını ifade eder ve normalizasyon sürecinde oluşur.

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yönteminde , her ölçütün toplam puana olan katılımı diğerlerinden bağımsızdır. Bu nedenle KV' nin tercihi bir ölçütün değerinin her ne şekilde olursa olsun diğer ölçütlerin değerlerinden etkilenmemesini gerektirmektedir. (Fishburn, 1976)

Edwards (1977) ve Farmer (1987) çalışmaları göstermiştir ki ölçütler arasındaki bağımsızlık ortadan kalkmadığı sürece “Gerçek” değer fonksiyonlarına çok yakın değerler Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi ile elde edilebilecektir.

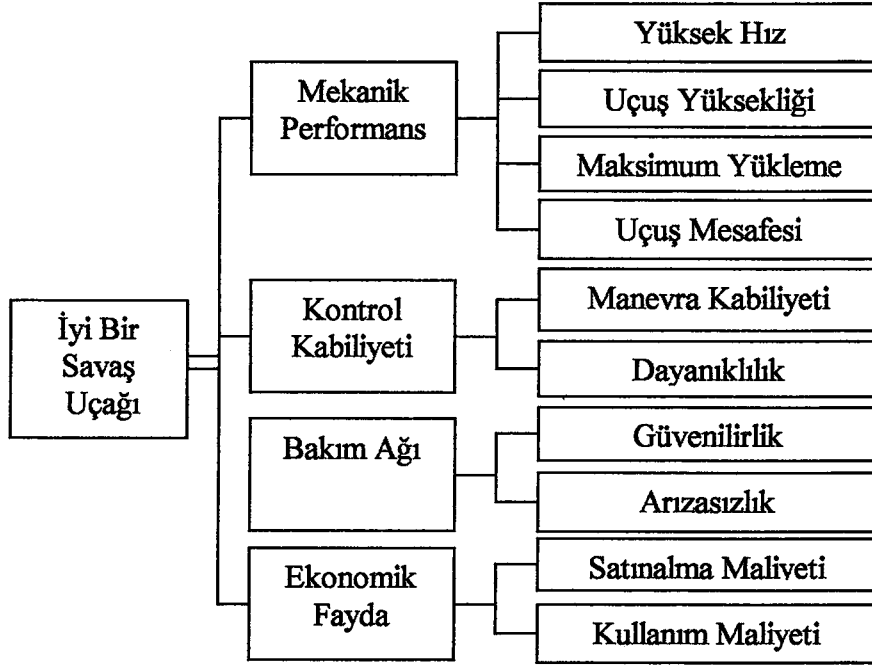
Normalizasyon işlemi esnasında genelde doğrusal normalizasyon kullanıldığından ideal bir alternatifin toplam puanı 1 olacaktır. Herhangi bir alternatifin hesaplanan toplam puanının 1'e olan uzaklığı , o alternatifin ideal alternatife olan uzaklığı hakkında KV'ye bilgi verir.

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi ; basit ve telafi edici olması ile KV'den sadece göreceli önemleri istemesi ve ideal alternatife uzaklık hakkında bilgi vermesi nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Fakat nitel performans değerlerini kullanamaz.

Örnek Olay 2.7 Savaş uçakları seçim kararı

Pasifik kıyılarında bir ülke Hava Kuvvetlerini güçlendirmek için Amerika'dan jet savaş uçakları satın almaya karar vermiştir. Beş model satın alınmak için uygun görülmüştür. Elde etme maliyetinin yüksek oluşu ve ulusal güvenlikteki uzun dönemli etkisi, KV'leri etrafıca düşünülmüş bir karar vermeye zorlamaktadır. Hedef hiyerarşisi yoluyla seçim kriterlerini belirlerler. İyi bir savaş uçağı için oluşturulan hiyerarşi Şekil 2.4'de gösterilmektedir.

Dört hedef belirlenmiştir. Bunlar: Mekanik Performans, Kontrol Kabiliyeti, Bakım Ağı ve Ekonomik Faydadır. Bu dört kriterden 10 ölçüt ortaya konulmuştur.



Şekil 2.4 Savaş uçağı değerlendirme hiyerarşisi

Bu 10 ölçüte dayanılarak beş alternatif için oluşturulan değerlendirme verileri Tablo 2.11' de gösterilmektedir.

Tablo 2.11 Savaş uçağı değerlendirme verileri

Ölçütler	Ağırlıklar	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Yüksek Hız	0.20	2.0	2.0	2.5	2.0	1.8
Uçuş Yüksekliği	0.04	60	50	60	50	50
Maksimum Yükleme	0.04	23	20	18	20	21
Uçuş Mesafesi	0.12	1.9	2.0	3.5	2.4	2.3
Manevra Kabiliyeti	0.09	7	8	8	9	9
Dayanıklılık	0.21	8	9	7	8	8
Güvenilirlik	0.12	8	7	9	8	8
Arızasızlık	0.08	9	7	8	7	7
Satınalma Maliyeti	0.06	4.5	5.0	6.5	5.5	5.0
Kullanım Maliyeti	0.04	90	90	100	80	70
NOT : Ağırlıklar Şekil 2.5'ten alınmıştır.						

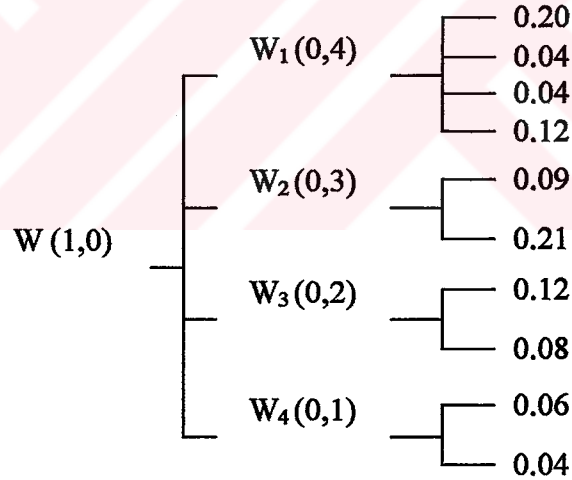
Doğrusal normalizasyon tekniği Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi ile en fazla kullanılan tekniktir. Burada da bir normalizasyon süreci başlatılır. Normalize

edilmiş karar matrisi aşağıdaki gibidir. Önemli nokta X_{41} ve X_{42} ölçütlerinin maliyet ölçütleri olduğudur.

	X_{11}	X_{12}	X_{13}	.....	X_{41}	X_{42}
A_1	0.80	1.00	1.00	.....	1.00	0.78
A_2	0.80	0.83	0.87	.....	0.90	0.78
A_3	1.00	1.00	0.78	.....	0.69	0.70
A_4	0.80	0.83	0.87	.....	0.82	0.88
A_5	0.72	0.83	0.91	.....	0.90	1.00

X_{14} , X_{21} , X_{22} , X_{31} ve X_{32} sütunları burada gösterilmemiştir.

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi için burada ölçüt ağırlıklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bir seferde bütün ölçütlerin düşünülmesi yerine, KV, ilk olarak dört kriteri ele alır ve bütün ölçütleri bu dört kriter içerisinde düşünür. Son ağırlıkları elde etmek için Ağaç Modeli kullanılır. Ölçütlerin son ağırlıkları dalların birbirleriyle çarpılmasıyla elde edilir. Elde edilen ağırlık atama süreci Şekil 2.5'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Savaş uçağı değerlendirme için ağırlık atama

A_1 alternatifinin değeri :

$$V(A_1) = \sum_{j=1}^{10} W_j r_{ij} \quad (2.13)$$

$$= 0.2(0.8) + 0.04(1.0) + ... + 0.04(0.78) = 0.8396$$

Diğer alternatiflerin değerleri ; $V(A_2) = 0.8274$, $V(A_3) = 0.8953$,

$V(A_4) = 0.8400$ ve $V(A_5) = 0.8323$

Tercih sıralaması $[A_3, A_4, A_1, A_5, A_2]$ şeklinde oluşur ve A_3 birinci , A_2 sonuncu sıralamadır.

2.4.2. Ağırlıklı çarpım yöntemi

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yönteminden ölçüt değerleri arasındaki toplama için gerekli farklı ölçüm üniteleri normalizasyon süreci ile boyutsuz bir ölçeğe dönüşmektedir. Ancak ölçütler birbirlerine çarpımla bağlıysalar böyle bir dönüşüme gerek kalmamaktadır. Ölçüt değerleri arasında çarpımı kullandığımızda , ağırlıklar her ölçüt değerinin üssü olurlar. Kar ölçütleri için pozitif ve maliyet ölçütleri için negatif işaretli üs olarak kullanılırlar.

A_i alternatifinin değeri :

$$V(A_i) = V_i = \prod_{j=1}^n X_{ij}^{w_j} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.14)$$

Üssel işlem özelliğinden dolayı, bu yöntem bütün oranların 1'den büyük olmasını gerektirir. Eğer herhangi bir ölçüt için birden küçük bir değer varsa , o ölçütün bütün değerleri bu ihtiyacı karşılayacak şekilde 10^{-m} ile çarpılmalıdır. KV, bu değerler içinde doğru bir anlam bulamayabilir. Bu nedenle her alternatif değerinin ideal değer ile karşılaştırılması uygun olabilir. Karşılaştırmada eğer A^* ideal alternatif olarak kabul edilirse , alternatif ve ideal alternatif arasındaki değer oranı :

$$R_i = \frac{V(A_i)}{V(A^*)} = \frac{\prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}}{\prod_{j=1}^n (x_j^*)^{w_j}} \quad , \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2.15)$$

x_j^* : j nci ölçüt için en iyi değerdir.

R_i değeri 0 ile 1 arasındadır ve R_i , 1'e yaklaştıkça A_i alternatifinin tercih edilme oranı artar.

Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, mantık ve basit hesaplama süreçlerini içermektedir fakat henüz geniş bir şekilde kullanılmamaktadır. Ağırlıklı Çarpım Yönteminin en büyük özelliği nicel değerlerden oluşan karar matrisi üzerinde normalizasyon işlemi gerektirmemesidir. Alternatiflerin Ağırlıklı Çarpım ile hesaplanan toplam puanları Basit Toplamlı Ağırlıklandırma yönteminde olduğu gibi ideal alternatife uzaklık

hakkında bilgi vermez. Basit ve anlaşılır bir yöntem olan Ağırlıklı Çarpım Yöntemi , KV'den göreceli önemler haricinde bilgi istemeyen bir yöntemdir. Fakat bu yöntem de nitel performans değerlerini kullanamaz. (Topçu, 2000)

Örnek Olay 2.7. Savaş Uçağı Seçim Problemini tekrar ele alacak olursak ; A_1 alternatifinin değeri aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$V(A_1) = (2.0)^{0.2} (60)^{0.04} \dots\dots\dots (90)^{-0.04} = 8.1716$$

Diğer alternatiflerin değerleri :

$$V(A_2) = 8.0707, V(A_3) = 8.7689, V(A_4) = 8.2565 \text{ ve } V(A_5) = 8.1485$$

Tercih sıralaması $[A_3, A_4, A_1, A_5, A_2]$ şeklindedir ve dikkat edilirse Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemindeki sıralama ile aynıdır.

İdeal alternatif oranları aşağıdaki gibidir :

$$(R_1, R_2, R_3, R_4, R_5) = (0.8274, 0.8172, 0.8575, 0.8363, 0.8251)$$

2.5. TOPSIS

TOPSIS, pozitif ideal çözüme yakınlık ile negatif ideal çözüme uzaklığı birleştirerek , bir pozitif ideal çözüme benzerlik indeksi tanımlamaktadır. Bu yöntemle pozitif ideal çözüme en benzer alternatif KV tarafından seçilir.

Bu yöntem sırasıyla aşağıdaki adımları içermektedir.

1.Adım : Normalize edilmiş oranların hesaplanması ,

Vektör normalizasyonu hesaplamalar için kullanılır. Eşitlik (2.3)'te belirtildiği şekilde uygulanır.

2.Adım : Normalize edilmiş oranların ağırlıklandırılması,

Ağırlıklandırılmış normalize değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_{ij} = W_j r_{ij} , i = 1 \dots m ; j = 1 \dots m \quad (2.16)$$

3.Adım : Pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi,

J_1 , kar ölçütleri kümesi ve J_2 maliyet ölçütleri kümesi olmak üzere A^+ (Pozitif İdeal Çözüm) ve A^- (Negatif İdeal Çözüm) tanımlanır.

$$A^+ = \{ V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+ \}$$

$$= \left\{ \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} \quad (2.17a)$$

$$A^- = \{ V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^- \}$$

$$= \left\{ \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} \quad (2.17b)$$

4.Adım : Uzaklık değerlerinin hesaplanması,

Her bir alternatifin pozitif ideal çözümden uzaklık hesabı aşağıdaki gibidir.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.18a)$$

Benzer şekilde her bir alternatifin negatif ideal çözümden uzaklık hesabı :

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.18b)$$

5.Adım : Pozitif ideal çözüme benzerliklerin hesaplanması,

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad (2.19)$$

$0 \leq C_i^+ \leq 1$ $C_i^+ = 0$ iken $A_i = A^-$ ve $C_i^+ = 1$ iken $A_i = A^+$ 'dir.

6.Adım : Alternatiflerin benzerliğe göre sıralanması.

En büyük C^+ değerine sahip alternatiften başlayarak alternatifler bir sıralamaya tabi tutulurlar.

A^+ , tüm ölçütlere göre en iyi performans değerine sahip olan ve gerçek hayatta ulaşılması çok zor olan ideal alternatifi temsil ederken; A^- ise tam tersi şekilde tüm ölçütlere göre en kötü performans değerlerine sahip bir alternatifi temsil etmektedir.

TOPSIS yöntemi rasyonel KV:'nin ideale yakın çözüm bulma isteğini basit varsayımlar altında karşılar fakat nitel performans değerlerine uygulanamaz.

Örnek Olay 2.8 Akademik eleman seçim kararı

Bir Sosyoloji Departmanı , program mezunları arasında ödül alacak adayı seçmek istemektedir. Departman seçim kriterleri olarak Kayıt Sınavı (KA) , Mezuniyet Ortalaması (MO) , Kolej Notu (KN) , Kanaat (KT) ve Mülakaat (MÜ) kriterlerini belirlemiştir. Tablo 2.12. Altı adayın bu ölçütlere göre değerlendirilme durumunu göstermektedir. KA değerleri 800 puan üzerinden , MO, 4.0 üzerinden ve diğer üç ölçüt de 10 puan üzerinden puanları ifade etmektedir. Departman beş ölçüt için önem ağırlıklarını (0.3 , 0.2 , 0.2 , 0.15 , 0.15) olarak belirlemiştir. Bu duruma göre hangi aday ödülü kazanacaktır ?

Tablo 2.12 Ödül adayları değerlendirme tablosu

Adaylar	KA	MO	KN	KT	MN
Alfred	690	3.1	9	7	4
Beverly	590	3.9	7	6	10
Calvin	600	3.6	8	8	7
Diana	620	3.8	7	10	6
Edward	700	2.8	10	4	6
Fran	650	4.0	6	9	8

1. Adım : Normalizasyon

Her ölçüt farklı bir ölçüm sistemi ile değerlendirildiğinden dolayı normalizasyon işlemi gerekmektedir. Normalizasyon oranları aşağıdaki gibidir.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
A	0.4381	0.3555	0.4623	0.3763	0.2306
B	0.3746	0.4472	0.3596	0.3226	0.5764
C	0.3809	0.4128	0.4109	0.4301	0.4035
D	0.3936	0.4357	0.3596	0.5376	0.3458
E	0.4444	0.3211	0.5137	0.2150	0.3458
F	0.4127	0.4587	0.3082	0.4838	0.4611

İlk eleman r₁₁, $0.4381 = 690 / \sqrt{(690^2 + 590^2 + \dots + 650^2)}$ şeklinde elde edilmiştir.

2. Adım : Normalizasyon değerlerini ağırlıklandırma

Seçilen ağırlıklar (0.3 , 0.2 , 0.2 , 0.15 , 0.15) , normalizasyon oranları matrisinin her bir sütunu ile çarpılır. Sonuç aşağıdaki gibidir.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
A	0.1314	0.0711	0.0925	0.0564	0.0346 ⁻
B	0.1124 ⁻	0.0894	0.0719	0.0484	0.0865 ⁺
C	0.1143	0.0826	0.0822	0.0645	0.0605
D	0.1181	0.0871	0.0719	0.0806 ⁺	0.0519
E	0.1333 ⁺	0.0642 ⁻	0.1027 ⁺	0.0323 ⁻	0.0519
F	0.1238	0.0917 ⁺	0.0616 ⁻	0.0726	0.0692

İlk eleman V₁₁, 0.1314 = (0.3 X 0.4381) şeklinde elde edilmiştir.

3. Adım : Pozitif ve negatif ideal çözümler

Seçilen bütün ölçütler en iyilenmesi istenen ölçütler olduğu için pozitif ideal çözüm her sütunun en büyük değeridir. 2.Adımda bu değer (+) işaretiyle belirtilmiştir.

$$A^+ = (0.1333 , 0.0917 , 0.1027 , 0.0806 , 0.0865)$$

Her sütunun en küçük değerleri de 2. Adımda (-) işaretiyle belirtilmiştir ve negatif ideal çözüm değerini verir.

$$A^- = (0.1124 , 0.0642 , 0.0616 , 0.0323 , 0.0346)$$

4. Adım : Uzaklık ölçümleri

İlk olarak pozitif ideal çözümden uzaklık değeri (A⁺) hesaplanır.

$$S_A^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (V_{A_i} - V_{A^+})^2}$$

$$= [(0.1314-0.1333)^2 + (0.0711-0.0917)^2 + ...+(0.0346-0.0865)^2]^{1/2} = 0.0617$$

Bütün alternatiflerin Pozitif ideal çözümden uzaklık değerleri (A⁺) şu şekildedir.

$$(S_A^+ , S_B^+ , S_C^+ , S_D^+ , S_E^+)$$

$$= (0.0617 , 0.0493 , 0.0424 , 0.0490 , 0.0655 , 0.0463)$$

Negatif ideal çözümden uzaklık değeri (A⁻) hesaplanması :

$$S_A^- = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (V_{A_i} - V_{A^-})^2}$$

$$= [(0.1314-0.1124)^2 + (0.0711-0.0642)^2 + \dots + (0.0346-0.0346)^2]^{1/2} = 0.0441$$

Bütün alternatifler için ölçüm değerleri : $(S_A^-, S_B^-, S_C^-, S_D^-, S_E^-)$

$$= (0.0441, 0.0608, 0.0498, 0.0575, 0.0493, 0.0609)$$

5. Adım : Pozitif ideal çözüme benzerlik

C_A^+ değeri şu şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} C_A^+ &= S_A^- / (S_A^+ + S_A^-) \\ &= 0.0441 / (0.0617 + 0.0441) \\ &= 0.4167 \end{aligned}$$

Pozitif ideal çözüme olan bütün benzerlikler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} &(C_A^+, C_B^+, C_C^+, C_D^+, C_E^+) \\ &= (0.4167, 0.5519, 0.5396, 0.5399, 0.4291, 0.5681) \end{aligned}$$

Tablo 2.13 Üç kümenin tercih sıralaması

Adaylar	S^+		S^-		C^+	
	Değer	Sıralama	Değer	Sıralama	Değer	Sıralama
A	0.0617	5	0.0441	6	0.4167	6
B	0.0493	4	0.0608	2	0.5519	2
C	0.0424	1	0.0498	4	0.5396	4
D	0.0490	3	0.0575	3	0.5399	3
E	0.0655	6	0.0493	5	0.4291	5
F	0.0463	2	0.0609	1	0.5681	1

6. Adım : Tercih sıralaması

Alternatiflerin Pozitif İdeal çözüme benzerliklerine (C_A^+) dayalı sıralama

(F,B,D,C,E,A) şeklindedir. F adayı ödüllendirilir.

Pozitif ideal (S^+), negatif ideal (S^-) ve TOPSIS (C^+) değerleri Tablo 2.13.'te gösterilmektedir. C adayı (S^+) değerlerinde birinci, (S^-) değerlerinde dördüncü, F adayı (S^+) değerlerinde ikinci ve (S^-) değerlerinde birincidir. (C^+) tercih sıralaması (S^-)'ninki ile aynıdır.

2.6. ELECTRE

ELECTRE Yöntemi 1960'ların sonlarına doğru Roy (1971) tarafından ortaya konulmuştur. Nijkamp ve Van Delft (1977) ve Voogd (1983) tarafından şu anki

haline getirilmiştir. “Elimination et Choix Traduisant la Realite” (Gerçeği tercüme eden eleme ve seçim) deyiminin kısaltılmış şekli olan ELECTRE yöntemi isminden de anlaşılacağı gibi seçim gerektiren sorunların çözümü için tasarlanmıştır. Bu yöntemin hedefi, değerlendirmede kullanılan alternatiflerin uzlaşık en iyilerinden diğer bir deyişle “Tercih Edilen” lerden oluşan en küçük alt kümeyi belirleyip KV’ye sunmaktır.

Bu yöntem üstünlük ilişkilerinin kurulmasıyla tercih edilen alternatifler ve tercih edilmeyen alternatifler olarak ikiye ayrılır. Yöntem özellikle Fransızca konuşan ülkeler başta olmak üzere Avrupa’da çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.6.1. Üstünlük ilişkileri

Tercih sıralaması yapılmak istendiğinde; KV, ölçütlere göre kendi tercihlerini belirler. KV, bir veya birkaç ölçüt nedeniyle A_1 alternatifini A_2 alternatifine tercih ediyorsa A_1 , A_2 ’den üstündür şeklinde ifade edilir. Aynı şekilde KV, A_2 alternatifini de A_3 alternatifine tercih ediyorsa, aynı şekilde A_2 , A_3 ’den üstündür şeklinde tanımlarız. O halde A_1 ile A_3 arasındaki ilişki nedir ? sorusuna cevap arayacak olursak ; her iki alternatif de birbirlerinden çok farklıdır. KV, her ikisi arasında tercih yapmakta zorlanabilir. Daha önceki tercihlerin tersine KV, A_3 ’ü A_1 ’e tercih edebilir. O zaman seçim mantıklı olarak geçişli olmayacaktır.

Üstünlük ilişkileri en iyi ikili ilişkilendirme ile ifade edilir. Gösterim şekli :

$$(A_p R A_q) \text{ ya da } A_p \rightarrow A_q$$

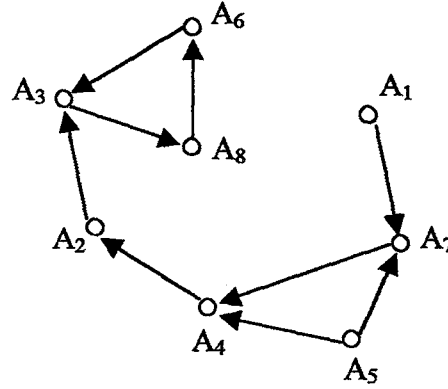
$A_p \rightarrow A_q$ anlamı A_p , A_q ’e göre üstündür. $(A_p R A_q)$ üstünlük ilişkisi, her iki alternatifin birbirlerine karşı baskın olmamalarına rağmen A_p ’nin A_q ’den daha iyi olduğunu düşünme riskinin kabulünü belirtir.

$(A_1 R A_2)$ ve $(A_2 R A_3)$ ilişkileri A_1 ’in A_3 ’e göre üstün olduğu anlamına gelmez. ELECTRE yönteminde üstünlük ilişkileri uyumluluk ve uyumsuzluk göstergeleriyle belirlenir.

2.6.2. Tercih edilen alternatifler

Üstünlük ilişkileri geçişli olmadığı için $(A_p R A_q)$ veya $(A_p \rightarrow A_q)$ ilişkilerinde ilk olarak A_q alternatifini eleriz. Bütün üstünlük ilişkilerinde ilk olarak

tercih edilmeyen alternatifler elenir. Örneğin sekiz alternatif arasında dokuz üstünlük ilişkisi kurulmuştur. Bunlar :



Şekil 2.6 Sekiz alternatifli bir diyagram

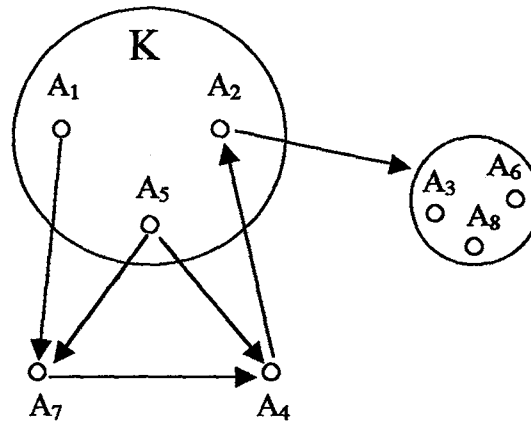
$(A_1 \rightarrow A_7)$, $(A_2 \rightarrow A_3)$, $(A_3 \rightarrow A_8)$, $(A_4 \rightarrow A_2)$, $(A_5 \rightarrow A_4)$, $(A_5 \rightarrow A_7)$,
 $(A_6 \rightarrow A_3)$, $(A_7 \rightarrow A_4)$ ve $(A_8 \rightarrow A_6)$

Şekil 2.6 yukarıda belirtilen dokuz ilişkiyi diyagram olarak göstermektedir. Eğer yol, bir düğüm noktasından başlar ve tekrar bu düğüm noktasına geri dönerse bir çember oluşur. Çember içindeki bütün düğümler eşit tercih sıralamasına sahiptir. Çemberdeki düğüm noktalarını birleştirerek tek bir düğüm noktası haline getirilebilir. Şekil 2.7'de $(A_3 \rightarrow A_8 \rightarrow A_6 \rightarrow A_3)$ çemberinde görüldüğü gibi.

Çekirdek (Kernel), ELECTRE'nin tanımladığı öncelikli alternatifler kümesidir. Bir çemberimsi diyagramın Çekirdeği, Çekirdeğe bağlı olmayanlara tercih edilen, sayısı azaltılmış düğümler kümesidir.

Çekirdek K, aşağıdaki iki durumu sağlamaktadır.

1. K'nın içindeki düğüm noktalarının birbirlerine karşı üstünlükleri yoktur.
2. K'nın dışındaki her bir düğüm noktasına K'daki en az bir düğüm noktasından üstünlük kurulmuştur.



Şekil 2.7 Şekil 2.6'nın çekirdeği

Çekirdek belirleme sürecinde ilk olarak kendisine hiç ok gelmeyen düğüm noktaları belirlenir. Bunlar A_1 ve A_5 'tir. Daha sonra yukarıda tanımlanan durumları sağlayacak yeni alternatifler ekleriz. Burada sadece A_2 alternatifi eklenmiştir. Tercih edilen alternatifler kümesi çekirdek (K) ile gösterilecek olursa; $K = (A_1, A_2, A_5)$ şeklinde tanımlanır.

ELECTRE yöntemi, üstünlük ilişkilerini elde etmek için uyumluluk ve uyumsuzluk göstergelerini formüle ederek, çekirdek oluşumuyla tercih edilen alternatifler kümesini KV'ye sunmaktadır.

Uyumluluk ve uyumsuzluk göstergeleri, KV'nin iki alternatif arasında seçim yaparken hissettiği hoşnut ve hoşnutsuzluk ölçüsü olarak da görülebilir. Yöntem aşağıdaki Örnek Olayla anlatılmaktadır.

Örnek Olay 2.9 Bir spor departmanı için bütçe kısıtlama kararı

1988 yılında Wyoming Üniversitesi geçmiş yıla göre yaklaşık 700.000 \$'lık önemli bir bütçe kısıtlamasına gidecektir. Bu amaçla ortaya konan alternatifler atletizm ailesindeki bütün spor dallarında kısıtlamayı içermektedir. Ancak yoğun tartışmalar sonucu üç alternatife ulaşılmıştır.

(A_1) Bayan ve Erkek Kayak Takımı, (A_2) Beyzbol Programı, (A_3) Bayan Golf Takımı programlarından birinin iptal edilmesine, belirlenen üç ölçüte göre değerlendirme yapılarak karar verilecektir. Belirlenen ölçütler: (X_1) Direk etkilenecek kişi sayısı, (X_2) Spor departmanının tasarruf edeceği para miktarı, (X_3) Okula olan etkisi. Karar matrisi Tablo 2.1.'de görülmektedir. Okula olan etkisi 5'li bir ölçekle değerlendirilmiştir. Çok düşük (5), en iyi değerdir.

1.Adım : Normalizasyon

X_2 ve X_3 ölçütleri fayda kriterleri olup değerlerinin artması tercih edilirken, X_1 ölçütü maliyet kriteridir ve düşük değerli olması tercih edilmektedir. Bu nedenle X_1 değerlerini (30,29,12) fayda kriteri haline dönüştürmek için bir dönüşüm yaparsak; (1/30,1/29,1/12) değerleri elde edilir. Her ölçüt farklı bir ölçüm birimine sahip olduğu için değerlerini karşılaştırma yapmak için normalizasyon işlemine

ihtiyaç vardır. Vektör normalizasyonu sonucu karşılaştırma oranları aşağıdaki gibidir.

$$\begin{array}{c} X_1 \quad X_2 \quad X_3 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0.3466 & 0.9126 & 0.4243 \\ 0.3587 & 0.2914 & 0.5657 \\ 0.8667 & 0.1179 & 0.7071 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$r_{21} = 0.3587$$

$$= (1/29) / \sqrt{(1/30)^2 + (1/29)^2 + (1/12)^2}$$

$$r_{33} = 0.7071$$

$$= 5 / \sqrt{(3)^2 + (4)^2 + (5)^2}$$

2.Adım : Normalizasyon değerlerinin ağırlıklandırılması

Spor departmanı tarafından alternatiflerin ağırlık oranları (0.2 , 0.7 , 0.1) olarak tespit edilmiştir. $(W_1, W_2, W_3) = (0.2, 0.7, 0.1)$

Bu ağırlık değerleri ile normalize edilmiş matrisin her bir sütunu çarpımı ile ağırlıklandırılmış normalizasyon değerleri (V_{ij}) elde edilir.

$$\begin{array}{c} X_1 \quad X_2 \quad X_3 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0.0693 & 0.6388 & 0.0424 \\ 0.0717 & 0.2740 & 0.0566 \\ 0.1733 & 0.0825 & 0.0707 \end{bmatrix} \end{array}$$

3. Adım : Uyumluluk ve uyumsuzluk kümelerinin bulunması

Her ikili A_p ve A_q ($p, q = 1, 2, \dots, m$ ve $p \neq q$) alternatifleri için ölçütler kümesi iki farklı alt kümeye bölünmektedir. Uyumluluk kümesi, A_p alternatifinin A_q alternatifinden daha iyi olduğu bütün ölçütlerden oluşur.

$$C(p,q) = \{ j \mid V_{p_j} \geq V_{q_j} \} \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilir.

V_{p_j} , j 'nci ölçüte göre A_p alternatifinin ağırlıklı normalize edilmiş oranıdır.

Bir başka deyişle ; $C(p,q)$, A_p alternatifinin, A_q alternatifinden daha iyi veya aynı değere sahip olduğu ölçütlerin birleşimidir. Uyumsuzluk kümesi, A_p alternatifinin, A_q alternatifinden daha kötü olduğu bütün ölçütlerden oluşur.

$$D(p,q) = \{ j \mid V_{pj} < V_{qj} \} \quad (2.21)$$

şeklinde ifade edilir.

Spor departmanı problemi için Uyumluluk ve Uyumsuzluk kümeleri :

$$\begin{array}{ll} C(1,2) = \{2\} & D(1,2) = \{1,3\} \\ C(1,3) = \{2\} & D(1,3) = \{1,3\} \\ C(2,1) = \{1,3\} & D(2,1) = \{2\} \\ C(2,3) = \{2\} & D(2,3) = \{1,3\} \\ C(3,1) = \{1,3\} & D(3,1) = \{2\} \\ C(3,2) = \{1,3\} & D(3,2) = \{2\} \end{array}$$

$C(1,2) = \{2\}$ ifadesinin anlamı 2.ölçüt için 1. alternatif 2. alternatiften daha iyidir.

$D(1,2)=\{1,3\}$ ifadesinin ise 1 ve 3. ölçütlerde 1.alternatif 2. alternatiften daha iyidir.

4. Adım : Uyumluluk ve uyumsuzluk göstergelerinin belirlenmesi

Her Uyumluluk kümesinin görelî üstünlüğü Uyumluluk Göstergesi ile ölçülebilir. Uyumluluk Göstergesi , C_{pq} , $(A_p \rightarrow A_q)$ ikili karşılaştırmasındaki güven derecesini temsil eder ve

$$C_{pq} = \sum_{j^*} W_{j^*} \quad (2.22)$$

şeklinde ifade edilir.

j^* : Uyumluluk kümesindeki ölçütlerdir.

Uyumsuzluk Göstergesi, D_{pq} , $(A_p \rightarrow A_q)$ ikili karşılaştırmasındaki anlaşmazlığı ifade eder ve

$$D_{pq} = \left(\sum_{j^0} |V_{pj^0} - V_{qj^0}| \right) / \left(\sum_j |V_{pj} - V_{qj}| \right) \quad (2.23)$$

şeklinde ifade edilir.

j^0 : Uyumsuzluk kümesindeki ölçütlerdir

Verilen örnek olaydaki Uyumluluk Göstergesi C_{21} şu şekilde bulunur.

$$C(2,1) = \{1,3\} \text{ , } C_{21} = \sum_{j^*} W_{j^*} = W_1 + W_3 = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

Uyumsuzluk Göstergesi de :

$$D(2,1) = \{1,3\} \text{ , } D_{21} = \left(\sum |V_{22} - V_{12}| \right) / \left(\sum_{j=1}^3 |V_{2j} - V_{1j}| \right) = 0.9565$$

Toplam Uyumluluk ve Uyumsuzluk Göstergeleri aşağıda gösterilmiştir.

$C_{12} = 0.7$	$D_{12} = 0.0435$
$C_{13} = 0.7$	$D_{13} = 0.1921$
$C_{21} = 0.3$	$D_{21} = 0.9565$
$C_{23} = 0.7$	$D_{23} = 0.3766$
$C_{31} = 0.3$	$D_{31} = 0.8079$
$C_{32} = 0.3$	$D_{32} = 0.6234$

$$D_{21} = 0.9565 = (6388-2740) / [(6388-2740)+(717-693)+(566-424)]$$

5. Adım : Üstünlük ilişkileri

Alternatif A_p 'nin A_q üzerindeki ağırlıklı ilişkisi yüksek uyumluluk göstergesi ve düşük uyumsuzluk göstergesiyle daha da güçlenmektedir. Bu yöntemle göre :

$C_{pq} \geq \bar{C}$ ve $D_{pq} < \bar{D}$ olduğu sürece A_p , A_q 'ten üstündür.

$\bar{C}$ ve $\bar{D}$, C_{pq} ve D_{pq} 'nin ortalamalarını ifade eder.

Verilen problem için;

$$\bar{C} = (0.7+0.7+...+0.3)/6 = 0.5$$

$$\bar{D} = (0.0435 + 0.1921 + ... + 0.6234)/6 = 0.5$$

Tablo 2.14 Üstünlük ilişkilerinin belirlenmesi

C_{pq}	$(C_{pq} \geq \bar{C})?$	D_{pq}	$(D_{pq} < \bar{D})?$	$(A_p \rightarrow A_q)?$
C_{12}	Evet	D_{12}	Evet	Evet
C_{13}	Evet	D_{13}	Evet	Evet
C_{21}	Hayır	D_{21}	Hayır	Hayır
C_{23}	Evet	D_{23}	Evet	Evet
C_{31}	Hayır	D_{31}	Hayır	Hayır
C_{32}	Hayır	D_{32}	Hayır	Hayır

Tablo 2.14 , üstünlük ilişkilerinin belirlenmesini göstermektedir. Üç üstünlük ilişkisi elde edilmiştir. Bunlar $(A_1 \rightarrow A_2)$, $(A_1 \rightarrow A_3)$, $(A_2 \rightarrow A_3)$. Sadece A_1 alternatifi Çekirdektedir ve bu da onu optimal çözüm yapar. Örnek Olayda spor departmanı, sert eleştiriler alan Kayak Programını (A_1) iptal eder.

ELECTRE yönteminin bir zayıf yanı $\bar{C}$ ve $\bar{D}$ 'nin kritik eşik değerlerinin kullanımında yatmaktadır. Bu değerler , sonuç üzerinde önemli etkiye sahip olsalar da keyfi değerlerdir. Diğer zayıf yanı ise Çekirdekteki düğüm noktaları (alternatifler) arasında bir tercih sıralaması göstermemesidir.

2.7. Nitel Bilgi Gerektiren Yöntemler

Nitel bilgi kolaylıkla sıralamaya ve ikili karşılaştırmaya dönüştürülebilir. Bu bölümde iki yöntem anlatılacaktır. Medyan(Ortanca) Sıralama Yöntemi , sıralama bilgisini , Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ise ikili karşılaştırma bilgisi gerektirmektedir.

2.7.1. Ortanca (Medyan) sıralama yöntemi

Bu yöntem için karar matrisi üç otomobil alternatifi ve dört nitel ölçüt gösteren bir otomobil değerlendirme problemi ele alınmaktadır.

Tablo 2.15 Üç otomobil için nitel bilgi

Otomobiller	Prestij	Görünüş	Güvenlik	Dayanıklılık
A ₁	İyi	Mükemmel	Normal	İyi
A ₂	Mükemmel	İyi	Çok İyi	Normal
A ₃	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi

Tablo 2.15’de verilen bu bilgiler ışığında kolaylıkla aşağıdaki tablo oluşturulabilir.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Toplam
A ₁	3	1	3	2	9
A ₂	1	3	1	3	8
A ₃	2	2	2	1	7

Burada X₁ ölçütüne göre ; A₂ birinci , A₃ ikinci ve A₁ üçüncü sıradadır. KV, bütün ölçütlere eşit önem verirse , genel sıralamayı bulmanın en kolay yolu her alternatif için dört ölçütün değerlerini toplayarak küçükten büyüğe sıralamaktır.

O zaman sıralama $[A_3, A_2, A_1]$ şeklinde değişir. Ancak bu yaklaşım ordinal skalanın aritmetik işlemlere izin vermemesi nedeniyle geçerli bir yol değildir.

Tablo incelendiğinde ölçütler arası sıralamalarda farklılık olduğu görülmektedir. Örneğin X_1 ölçütüne göre A_2 birinci iken; X_2 ölçütüne göre sonuncudur. Bu sebeple KV, dört ölçüt sıralaması arasında bir fikir birliği sağlamak durumundadır. Fikir birliği sağlayan bir sıralama yöntemi elde etmenin diğer bir yolu, diğer bütün ölçüt sıralamalarından mümkün olduğunca küçük farklılıklarla yeni bir sıralama oluşturmaktır. Cook ve Seiford (1978), sıralamalar arasındaki uyum ve uyumsuzlukları ölçmek için bir uzaklık fonksiyonu tanımlamışlardır.

A_i alternatifinin k 'ncı genel sıralamaya olan uyumsuzluğu (göstergesi), ölçüt sıralaması ile k 'nci sıra arasındaki uzaklıkların toplamı ile tanımlanır.

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^n |S_{ij} - k| \quad (2.24)$$

S_{ij} : A_i alternatifinin j 'nci ölçüte göre sıralamasını gösterir.

Örneğin, d_{11} , A_1 için toplam uzaklığı verir ve

$$d_{11} = \sum_{j=1}^4 |S_{1j} - 1| = |3-1| + |1-1| + |3-1| + |2-1| = 5 \text{ şeklinde gösterilir.}$$

$$\text{Benzer şekilde, } d_{12} = \sum_{j=1}^4 |S_{1j} - 2| = 3 \text{ ve } d_{13} = \sum_{j=1}^4 |S_{1j} - 3| = 5$$

Bu şekilde $9 (=3 \times 3)$ toplam mesafeyi hesaplayarak, bir uzaklık matrisi oluştururuz.

	1nci	2nci	3ncü
A_1	5	3	3
A_2	4	4	4
A_3	3	1	5

Burada her alternatife bir sıra verebilmek için üç öge seçmemiz gerekiyor. Farklı satır ve sütunlardan toplamı minimum olan üç öge seçilir. Bu, Kuhn (1955) tarafından ortaya konulan Macar Yöntemi kullanılarak yapılabilir.

Macar Yöntemi aşağıdaki çözüm basamaklarını içermektedir.

1. Adım : Satır değerlerini küçültme,

Her satırdaki en küçük değer seçilerek, bu değer satırdaki bütün değerlerden çıkarılır. Bu işlem her satır için tekrar edilir.

Yukarıda verilen sıralamalar esas alınır ; yeni matris aşağıdaki gibi oluşur.

$$\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \text{1nci} \quad \text{2nci} \quad \text{3ncü} \\ \left[\begin{array}{ccc} 5 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 \\ 3 & 1 & 5 \end{array} \right] \begin{array}{l} \rightarrow 3 \\ \rightarrow 4 \\ \rightarrow 1 \end{array} \end{array} \xrightarrow{\text{1.Adım}} \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

2. Adım : Sütun değerlerini küçültme,

Her sütundaki en küçük değer seçilerek , bu değer sütundaki bütün değerlerden çıkarılır.

$$\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{2.Adım}} \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $0 \quad 0 \quad 0$

3. Adım : Sıfırlar çizilir,

Matristeki bütün sıfır değerlerini örtecek şekilde yatay ve dikey çizgiler çizilir. Bütün sıfır değerlerini kapatacak en az çizgi sayısı matristeki satır (veya sütun) sayısına eşit ise, sıfır değerleri arasında optimal atama bulunabilir. Seçim işlemi için 5. Adıma gidilir. Eğer çizilen çizgi sayısı satır (veya sütun) sayısından düşük ise 4. Adıma gidilir.

$$4 \quad \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{3.Adım}} \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

4. Adım : Yeni sıfırlar oluşturmak,

Bir çizgi tarafından örtünmeyen en küçük değer bulunur. Bu değer, matristeki bütün örtünmeyen değerlerden çıkarılır ve çizgi kesişmelerindeki bütün değerlerle toplanır. Bütün yatay ve dikey çizgiler silinerek tekrar 3. adıma dönülür.

5. adım : Atama yapılması

Birinci satırdan başlayarak satırlar dikkatlice değerlendirilir. Her satırda bir sıfır olmalıdır. Eğer bir tane varsa (Δ) sembolü ile işaretlenerek atama yapılması beklenir. Aynı sütundaki diğer sıfırlara (X) işareti konarak , o sütuna ek atama

yapılmaması sağlanır. Bu süreç her satırda işaretlenmemiş sıfır kalana kadar tekrarlanır.

$$\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \xrightarrow{5. \text{Adım}} \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{bmatrix} 2 & \cancel{0}^2 & \triangle 0^3 \\ \triangle 0^5 & \cancel{0}^2 & \cancel{0}^4 \\ 2 & \triangle 0^1 & 4 \end{bmatrix}$$

Sonuç, genel sıralamada , A_2 'nin birinci , A_3 'nin ikinci ve A_1 'nin üçüncü olduğunu göstermektedir. Dikkat edilirse, ölçüt sıralamasının toplamıyla bulunan sıralamadan $[A_3, A_2, A_1]$ farklı bir sıralama ortaya çıkmıştır.

Uzaklık matrisinin oluşturulmasında iki hususa dikkat edilir.

1. Şu ana dek her ölçütün eşit önem derecesine sahip olduğu kabul edildi. Eğer farklı ağırlık değerlerine, W_j , sahip olurlarsa, toplam uzaklık aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$d_{ik} = \sum_{j=1}^n W_j | S_{ij} - k | \quad (2.25)$$

2. Ölçüt sıralamasında bir benzerlik oluşursa, benzer alternatiflere ortalama sıra numarası atanır. Örneğin, eğer iki alternatifte birinci sıra için karar verilemezse, $1.5 [(1+2) / 2]$ sıra numarası her ikisine de atanır.

2.7.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

Sonuçları belli olan karar seçeneklerinin değerlendirilmesinde birçok yöntem ortaya konulmuştur. Bu yöntemler ile KV, tanımlanan problemi bir matematiksel model üzerine oturtup; karar verme sürecini bazı nitel değerlere bağlı olarak oluşturabilir. Bu amaçla Thomas L. SAATY tarafından ortaya atılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 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 amaçlamaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi belli kriterlere veya ölçütlere bağlı olarak aynı seviye elemanların veya faktörlerin ikili karşılaştırmaları sonrasında oluşan öncelik sıralamasını temel alan, çok amaçlı bir karar verme yöntemidir. Hiyerarşiler her bir seviyesi bir alt sistem olan ve her bir seviyede birden çok kriterlerden oluşan bütün

bir sistemdir. AHP'nin problemlere yaklaşımı ile sistem analizi metodolojisi birbiriyle oldukça uyuşmaktadır. Sistem analizi metodolojisinde, problem tanımlanır, mevcut yapı alt sistemlere ayrıştırılarak incelenir, sistemin faaliyetlerinin ve alt parçalarının aralarındaki ilişkiler analiz edilir ve sistemi amacına ulaştıracak model geliştirilir ve uygulanır. AHP'de aynı mantıkla problemleri ele alır. AHP'de de ilk olarak problem tanımlanır, sistem incelenerek alt parçalarına ayrıştırılır, parçalar arasındaki ilişkiler kurulur ve bu ilişkilere göre hedefi gerçekleştirecek hiyerarşik model oluşturulur.

Analitik Hiyerarşi Prosesi ile ilgili detaylı bilgi 3. Bölümde açıklanmaktadır.

2.8. ÇÖKV İçin Karar Destek Sistemleri

Bir çok ÇÖKV algoritması kişisel bilgisayarlarca (PC) çözülmekte ve oluşturulabilmektedir. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi için büyük oranda ticari yazılım programları mevcuttur. Örneğin, “Best Choice” , AHP için popüler bir programdır. ÇÖKV yazılımları için Hodge ve diğ. (1992)'de detaylı bilgi verilmiştir. Elektronik Hesap Tablosu (Spreadsheet) , ÇÖKV analizleri için güçlü bir araçtır. Karar matrisi şeklindeki bilgiyi saklayabilmekte ve ÇÖKV algoritmasının gerektirdiği bilgileri kolaylıkla yönetme imkanı vermektedir.

Çeşitli ÇÖKV problemleri ve bunları çözmek için bir çok ÇÖKV yöntemleri ile karşılaşmaktayız. Bir problemin çözümünde hangi yöntemin kullanılması gerektiği de aslında bir ÇÖKV problemidir. Açıkça KV'ye herhangi bir ÇÖKV probleminde en iyi çözümü sağlayan ÇÖKV yönteminin seçiminde , tavsiyede bulunacak bir karar destek sistemine ihtiyaç vardır.

Minch ve Sanders (1986), bir ÇÖKV-KDS'nin nasıl oluşturulacağına dair genel bir çerçeve ortaya koymuşlardır.

Hwang (1987), uzman sistem yapısını kullanarak bir ÇÖKV-KDS prototipini oluşturmuştur. Uzman sistem, KV'den bilgi ve problem ayrıntılarını alabilmektedir. İhtiyaç halinde bilgiyi değiştirebilmektedir. Daha sonra problem tipini ve uygun çözüm yöntemini belirlemektedir. Böylesine yeterli bir ÇÖKV-KDS kurma isteğine rağmen, böyle bir sistemin maliyeti, ÇÖKV kullanıcılarının değerlendirmesine kalmaktadır.

2.9. Seçim ve Yöntemlerin Geçerliliği

Bir yöntemin seçiminde, Hobbs ve diğ. (1992) aşağıda belirtilen sorunların akılda tutulmasını önermişlerdir.

- a. Probleme uygun olan yöntem hangisidir ? Bu yöntemi kullanan kişiler kim ve uygulamaya koyan kuruluşlar hangileridir ?
- b. Yöntemlerin kullanılması ne kadar kolaydır ?
- c. Hangi yöntem daha fazla geçerlidir ? veya Hangi yöntem KV'nin değerlerini doğru bir şekilde yansıtabilir?
- d. Farklı yöntemlerin sonuçları birbirlerinden önemli derecede farklı mıdır ?

Eğer son sorunun cevabı “Evet” ise , Geçerlilik daha da önem kazanacaktır. Bu sorulara cevap bulabilmek için Hobbs ve diğ. (1992), dört telafi esaslı yöntemi karşılaştırmışlardır. Bunlar : Basit Toplamlı Ağırlıklandırma, ELECTRE, TOPSİS ve Çok Ölçütlü Fayda Modeli. Sonuçta yöntemlerin uygunluğu ve kullanım kolaylığı açısından önemli bir farklılık bulamamışlardır.

Karni ve diğ. (1990) üç yaşanmış olayı farklı yöntemlerle karşılaştırarak, sıralamaları karşılaştırmışlardır. Sonuçta, AHP, Basit Toplamlı Ağırlıklandırma ve ELECTRE' nin sıralamalarında önemli bir farklılık olmadığını görmüşlerdir.

Başarılı bir ÇÖKV analizi için en önemli şey, uygun ölçütlerin belirlenmesidir. Bu amaçla hedef hiyerarşi yaklaşımı ölçüt ve alt ölçütlerin belirlenmesinde tavsiye edilir. Bu yaklaşım ölçüt hiyerarşisinin belirlenmesinde ve farklı seviyeler göre ölçütlerin ödünleşiminden ve karşılaştırmasından kaçmak için KV'ye yardımcı noktalardır.

3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Saaty tarafından ortaya konulan Analitik Hiyerarşi Prosesi ilk olarak 1971 yılında ABD Savunma Bakanlığı Departmanında olasılık planlama problemleri üzerinde kullanılmıştır. 1972 yılında yine Amerika’da “Ülke Ekonomisine Katkıda Bulunma Payına Göre Firmalara Elektriğin Dağıtımı Projesi”nde kullanılarak yöntem gelişimini sürdürmüştür. Yargılarla ilgili olarak kullanılan ölçeğin tarihi de Kahire’de 1972 yılında yine Saaty tarafından yürütülen “Ne Barış ne de Savaş” anlayışının Mısır ekonomisi, politikası ve askeri gücüne etkileri projesine dayanmaktadır. AHP, 1973’te Sudan Ulaşım Projesi’nde kullanılmasıyla yetişkinlik çağına gelmiş ve her yönüyle teorik olarak gelişimini, 1974-1978 yılları arasında sağlamıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi, “Silah Kontrolü ve Silahsızlanma İçin Terörizmin Analiz Edilmesi”, “Kuzey İrlanda’daki Karışıklık ve Çatışmaların İncelenmesi” ve “Hükümetlerin veya Milletlerarası İlgi Gruplarının Önceliklerine Göre Kaynak Planlaması” na kadar bir çok konuda kullanılmıştır. (Saaty, 1988)

AHP, karar analizi yöntemlerinden gerçek hayata en çok uyarlanıp başarılı sonuçlar vermiş olanıdır. Aşağıda AHP’nin çok başarılı uygulama alanları ve yöntemi kullananlardan birkaç örnek sunulmaktadır. (Vargas, 1990)

Mimari	: Saaty ve Beltron (1982)
Finans	: Vargas ve Saaty (1981)
	Jensen (1987)
Portföy Seçimi	: Saaty , Rogers ve Pell (1980)
	Wind ve Douglas (1981)
Enerji Tahsisi	: Saaty ve Bennett (1977)

Harp Oyunları : Might ve Daniel (1989)

Teknoloji Transferi : Romanujam ve Saaty (1981)

AHP , karar teorisinde zengin uygulamaları olan, nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sunan güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir. Tecrübe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu prensibine dayanır.

AHP, insan aklındaki doğal uygulama yöntemini yansıtmaktadır. İnsanoğlunun kompleks bir problemi nasıl algılayıp , onu ne şekilde kafasında biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir. İnsanın Tanrı vergisi karşılaştırma yeteneğinin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan AHP ile karşılaşılan her problem için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulur. Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleriyle ilgilidir ve bir öğedeki değişimin diğer öğeleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir.

AHP, hiyerarşik yapısındaki esneklik ve etkinlik ile KV'ye karar vermede büyük kolaylık sağlar. Karar vermek için bir hiyerarşik yapı kullanılarak , bir çok veri türü bir araya toplanabilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale getirilebilir ve farklı gözükten nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir.

3.1.1. Karar verme süreci

İnsanoğlu varoluşundan bu yana karar verme sorunu ile karşı karşıyadır. Ancak yapılan araştırmalar, insanoğlunun beyin kapasitesinin, karmaşık kararların etkin ve sezgisel bir şekilde sentezini gerçekleştirmeye yeterli olmadığını ortaya koymaktadır.

AHP , gerçekte insanoğlunun hiç bir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına karşın, tamamen içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasını yansıtır. Çok sayıda ve birbirleri ile ilişkili öğeler setiyle karşılaşp, bunların ancak bir kısmını kontrol altında tutabileceğimizi anladığımızda, çoğunlukla içgüdüsel olarak söz konusu öğeleri, belirli bir takım ortak özelliklere sahip olup olmamalarına bağlı olarak gruplar halinde birleştirmeye çalışırız. İşte Analitik Hiyerarşi Süreçlerinin temelde gerçekleştirmeyi amaçladığı da, insanoğlunda doğuştan varolan bu gruplara ayırmaya yönelik beyinsel faaliyet sürecini taklit edip, söz konusu grupları sistemin belli bir düzeyinin öğeleri olarak yansıtmaktır. Bu gruplar daha sonra, bir başka

özellikler kümesine göre yine kendi aralarında gruplandırılıp, sistemin bir üst düzeyini oluştururlar ve bu süreç sistemin en üst düzeyine, karar verme sürecinin ana gayesini oluşturan ögeye ulaşana kadar devam eder. (Evren ve Ülengin, 1992a)

Genel olarak karar verme süreci sırasıyla şu faaliyetleri içermektedir:

- 1) Planlama,
- 2) Alternatiflere ait kümelerin oluşturulması,
- 3) Önceliklerin belirlenmesi,
- 4) Takip edilebilecek en iyi yolun seçilmesi,
- 5) Kaynakların tahsis edilmesi,
- 6) Gereksinimlerin tanımlanması,
- 7) Çıktıların tahmin edilmesi,
- 8) Sistemin dizayn edilmesi,
- 9) Performansın ölçülmesi,
- 10) Sistemin güvence altına alınması,
- 11) Problemin çözümü ve optimum sonucun bulunması,
- 12) Farklılıkların tekrar çözülmesi.

AHP ile bir problemin çözümü üç temel prensip üzerine kurulmuştur.

1) Hiyerarşilerin oluşturulması : Karar verme problemi olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konulur. Daha sonraki bölümlerde açıklanacağı gibi ortaya konulan bu yapı hiyerarşik bir biçimde incelenir.

2) Önceliklerin belirlenmesi : En alt seviyedeki hiyerarşinin kapsamındaki öğelerin, en üst seviyede bulunan ve bizim ana amacımızı ortaya koyan öge üzerindeki görelî etkileri saptanır.

3) Sonuçların hesaplanması : Tespit edilen görelî etkilere göre sonuçlar hesaplanır.

Matematik eğilimli olmayan yöneticiler için hesaplamalar biraz daha kompleks olarak görülebilir. Fakat modelin kurulması ve sonuçların analizi için AHP kullanımı, kişisel bilgisayar yazılımları ile çok daha kolay bir hale gelmiştir. Bu programlara örnek olarak “Expert Choice” programını verebiliriz. Bu yazılım paketi kolay kullanıma sahip olup, iş alanlarında da AHP’nin kullanımını kolaylaştırmaktadır. (Partov ve Hapton , 1994)

Dikkat gerektiren matematik hesaplamalara rağmen profesyonel çalışanlar ve akademisyenler arasında AHP, çok fazla bir oranda kullanılmaktadır. AHP’nin kolay kullanılır olmasının sebepleri :

- 1) İnsanlar AHP’ni doğal ve ilgi çekici olarak görmektedirler.
- 2) İleri teknik bilgi gerektirmemekte ve hemen hemen herkes tarafından kullanabilmektedir. “Expert Choice” ile birlikte yaklaşık bir saatte öğrenilmekte ve önemli problemler çözülebilmektedir.
- 3) İnsanların düşünceleri kadar duygu ve heyecanlarına dayalı bir yargı içermektedir.
- 4) Nitel kriterlerle birlikte nicel kriterleri de birlikte değerlendirme imkanı sağlamaktadır.
- 5) Problem amaçlarına göre ölçek değerleri yeniden yorumlanabilmektedir.
- 6) Simetrik ögenin eşlenik olma özelliği ile ölçüm kolaylığı sağlanmıştır.
- 7) Karar problemlerini tanımlamak için ayrıntılı hiyerarşi yapısını kurmak çok basittir. Uygun gösterimlerle risk , çatışma ve tahmin problemleri çözülebilmektedir.
- 8) Kaynak tahsisi , fayda/maliyet analizi , karar çatışmaları , tasarım ve sistem optimizasyonlarına direk olarak uygulanabilmektedir.
- 9) Grup kararlarında farklı uzmanlık ve tercihler söz konusu olsa da , basit ve etkili bir yol ile çözüme ulaşmayı sağlamaktadır. (Saaty, 1994a)

Günümüz sosyal ve davranış bilimlerine ilişkin problemlere “Sistem Yaklaşımı”nın önemi giderek daha iyi anlaşılmaktadır. Bir problem çözümünde sistemin tek bir parçasına odaklanmak, sistemin bütünü görmeyi engelleyeceği gibi, bir alt sistemi dikkate alıp onun içinde bulunduğu ana sistemi göz ardı etmeye

yol açabilir. Bu da sistemi olduğundan daha kötü bir duruma düşürebilir. İşte sistem yaklaşımı bir sistemin çeşitli öğelerinin tüm sistem üzerindeki etkilerini değerlendirip ; onların görelî önemlerini bulmaya yöneliktir. AHP süreçlerinin temelinde de bir sistem yaklaşımı vardır.

3.1.2. Hiyerarşik yapı

Her seviyesi üst sıralara çıktıkça azalma eğilimi gösteren ve bir üst sıradakinin amacına uygun birçok karşılaştırma faktöründen oluşan ve derecelendirme vazifesini gören her ağ yapıya *hiyerarşi* denmektedir.

Karar verme işlemindeki en önemli alt aşamalardan bir tanesi; kararı etkileyecek tüm faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin hiyerarşik yapıda temsil edilmesidir. AHP'nin ilk aşaması olan hiyerarşik yapının oluşturulmasında, tüm bu faktörleri içeren ve genel hedeften kriterlere daha sonra alt kriterlere ve en sonunda alternatiflere kadar uzanan bir hiyerarşik yapı geliştirilir.

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar :

- 1) Hiyerarşik yapı problemi en iyi şekilde temsil etmelidir,
- 2) Problemi etkileyen tüm yan faktörler göz önüne alınmalıdır,
- 3) Çözüme ışık tutabilecek tüm yayın ve belgeler dikkate alınmalıdır,
- 4) Problemin içerisinde rol alacak katılımcılar belirlenmelidir. (Saaty,1990)

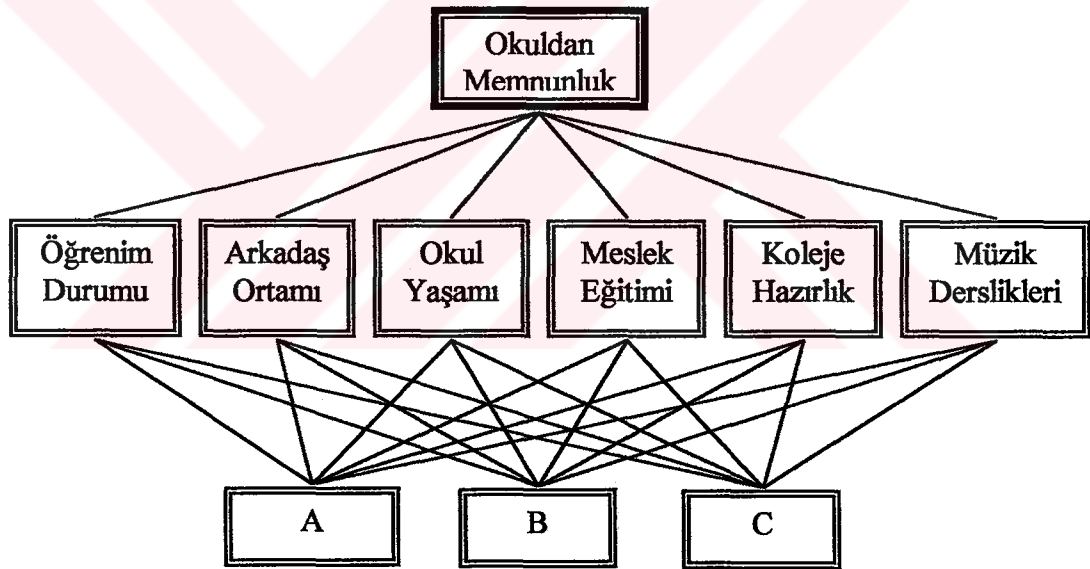
Hiyerarşik yapının oluşturulmasında temel adım; büyük ölçekli bir sistemin alt sistemlere bölünmesidir. Bu bölünme, sistemin temel hedefinden en iyi analizi yapılabilen ve en fazla kontrol edilebilen faktörlere kadar yapılmaktadır. Bu faktörlerin belirlenmesinden sonra karar sonucunda ortaya çıkacak alternatifi etkileyen tüm faktörler sıralanmış olur.

Bir sistemin en iyi şekilde ifade edilmesi; bu sistemi oluşturan tüm faktör ve alt faktörler arasındaki kesinliğin ve etkileşimin analiz edilmesi veya diğer teorilerden yararlanarak izlenmesi ile sağlanır. Hiyerarşik yapı; sistemi oluşturan tüm seviye veya bileşenlerin aralarındaki fonksiyonel bağımlılığın sistem geneli üzerindeki etkisini en iyi ifade eden yapıdır. Ancak bu sayede çok karmaşık problemler basitleştirilebilmekte ve neden-sonuç ilişkisini ortaya koyan doğrusal

zincir yapısı oluşturulabilmektedir. Bu yaklaşımın diğer bir etkisi de hiyerarşinin üst seviyesi ile alt seviyeleri arasındaki bağımsızlığı belirlemesidir. Bir hiyerarşik yapıdaki her seviye (düzey), problemin farklı aşamalarını gösterebilir. Bunun yanında karar verici sistem üzerindeki odaklaşmayı artırmak veya önceliklerin belirlenmesine ışık tutmak amacıyla seviyelerin veya öğelerin (elemanların) hiyerarşik yapı içerisinde sayılarında değişim yapılabilir.

Hiyerarşi aslında özel bir sistem tipidir ve problemi etkileyen kriter veya faktörlerin her biri bir öğeyi oluşturur ve öğelerde grupları oluşturur. Bir gruptaki öğeler başka bir gruptaki öğeleri etkileyebilir ancak aynı gruptaki öğeler birbirinden bağımsızdır.

Hiyerarşilerin yapısı bu farklılaşan seviyelerin genel hedeften alternatiflere kadar uzanan doğrusal basamaklarıdır. Şekil 3.1’de doğrusal bir hiyerarşik yapı gösterilmektedir



Şekil 3.1 Okuldan memnuniyet hiyerarşisi

Hiyerarşilerin oluşturulmasıyla birlikte, KV, her düzeydeki öğelerin göreceli üstünlüklerini belirlemek için önceliklendirme işlemine başlar. Önceliklendirme işlemi bilgisayar yazılımı tarafından bir dizi soruya verilecek cevaplarla kolaylıkla halledilebilir. Her düzeydeki öğeler, bir üst düzeydeki öğeye karşı önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılır. İkili karşılaştırma, hiyerarşinin en tepesinden başlar ve her düzeydeki karşılaştırmalarla kare matrisler oluşturulur. Bu kare matrislere “Tercih Matrisleri” denir.

Hiyerarşi tasarımı, problem alanı ile ilgili bilgi ve tecrübe gerektirir. İki KV'nin aynı problem için iki farklı hiyerarşi yapısı kurması normaldir. Hiyerarşi, tek bir yapı değildir, kişiden kişiye değişir. Diğer yandan eğer iki kişi aynı problem için aynı yapıyı kursalar bile, tercihlerinde farklılıklar olabilecektir. Bu nedenle bir problemle karşılaşıldığında insanlar yargılarda, değerlendirmelerde ve hiyerarşi yapısında fikir birliği oluşturmak için bir arada çalışmalıdırlar. (Vargas, 1990)

Problemin hiyerarşik yapıya dönüştürülerek çözülmesinin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

1) Sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, alt düzeydeki bir ögenin önceliğinde olacak değişimin, üst düzeylerdeki ögelerin önceliklerini nasıl etkileyeceğini görmeyi sağlar.

2) Alt düzeyler sistemin yapısı ve işleyişi hakkında büyük oranda detaylı bilgi verirken, üst düzeyler de problemin bir bütün olarak görülüp, ele alınmasına imkan verir. Düzeyler içindeki ögelere ait kısıtların tatmin edilmesini garantileyerek, kısıtın bir üst düzeyde en iyi şekilde temsil edilmesini sağlar.

3) Hiyerarşi, doğal sistemlerin temsil edilmesi ve geliştirilmesi için çok uygundur.

4) Hem katı, hem de esnektir. Katıdır, çünkü yapı içinde yapılacak ufak değişiklikler, hiyerarşide ancak ufak etkiler yapabilir. Esnektir, çünkü iyi oluşturulmuş bir yapıya daha sonradan yapılacak eklemeler, hiyerarşinin performansını bozmaz.

5) Şüphesiz ki, hedefle ilgili en alt faktörün önceliklerinin tarifinin yapılması ve neler gerektirdiğinin bilinmesi, derecelendirme problemlerinde karşılaşılan bir dizi öncelik problemlerini azaltmaktadır. Çeşitli faktör ve derecelendirmedeki geri besleme ilişkisinden kaynaklanan karışıklıkları gidermek üzere hiyerarşik bir yapı içerisinde karşılaştırmalar yaparak problemleri çözme işi, Analitik Hiyerarşi Prosesinin varoluşunun ana sebebidir. (Çakır, 2001)

3.1.3. Ölçme ve yapı oluşturma

Genellikle Analitik Hiyerarşi Metodu ile karar verme sürecinde karar vericinin karşısına, ölçmeyle ilgili üç ilginç problem çıkmaktadır. Birinci problem ölçme tekniği ile ilgilidir. Yeterince hafif ve el ile kaldırılabilir türden bir dizi

nesneyi tartacak ağırlık ölçme aletinin mevcut olmadığı durumda ilk akla gelecek yöntem, nesnelerin göreceli ağırlıklarını tahmin etmek olacaktır. Bunun bir yolu; tüm nesnelerin ağırlıklarını saptamak üzere hepsini tek tek elle kaldırmak ve tüm grup ile karşılaştırıp doğrudan bir ağırlık tahmini yapmaktır. Her birinin bu şekilde tahmin edilen ağırlığını, toplam ağırlığa bölmek sureti ile nesnelerin göreceli ağırlıkları belirlenebilir. Mevcut bilgiden daha fazla yararlanmaya olanak tanıyacak bir başka yöntem ise, nesneleri ikiye ikiye karşılaştırmaya dayanır. Diğer bir deyişle, önce birinci nesne sonra ikinci nesne kaldırılır, sonra tekrar ilk kaldırılan nesne kaldırılır. Bu süreç, her iki grubun birbirine olan göreceli ağırlıkları saptanana kadar devam ettirilir. Bu ikinci yöntem, her seferinde salt iki nesneyi karşılaştırıp birbiri ile nasıl bir ilişki içinde olduklarını saptamaya yöneliktir ve birinci yöntemle kıyasla daha fazla aşama gerektirmesine karşın daha basittir. Bu nedenle, sonucun geçerliliğinin irdelenmesini olanaklı kılacak bir ölçeğin bulunmadığı durumlarda, genellikle ikili karşılaştırmalar yöntemi tercih edilir. (Kahraman, 1999)

Hiç bir ölçüm çeşidinde tutarlılık garanti değildir. Ölçüm aletleri ile yapılanlar da dahil olmak üzere tüm ölçümler, deneysel hata ya da ölçüm aleti hatası ile karşı karşıya kalıp tutarsız sonuçlara yol açabilirler. Ölçümlerde öğelerin ağırlıklarını bulmada oluşan hata sonucu ortaya çıkan bir örnek ise; A'nın B'den, B'nin de C'den daha ağır olmasına rağmen, C'nin de A'dan daha ağır olması durumudur. Bu durum özellikle A, B ve C'nin ağırlıklarının birbirlerine yakın ve kullanılan ölçme aletinin aralarındaki farkı ölçecek kadar hassas olmaması durumunda ortaya çıkar. Tutarsızlık durumu bazı problemler için ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin iki kimyasal maddenin birleşiminden elde edilecek bir ilaç için tutarsızlık ; kullanılan kimyasal maddelerin orantısız kullanımına ve sonuçta zararlı sonuçlar ortaya çıkmasına yol açabilir.(Saaty, 1988)

Karar teorisinin en önemli temel taşlarından birisi tutarlılıktır. Ancak gerçekte bir ölçüm sırasında , en duyarlı aletler kullanılsa dahi , mükemmel bir tutarlılığa ulaşmak hemen hemen imkansızdır. Bu nedenle bir karar modeli incelenirken ulaşılan kararın ne derecede tutarlı olduğu araştırılmalıdır.

Tutarlılık denilince tercihlerin geçişli olma mantıkları ile (Elmanın portakala ve portakalın muza tercih edilmesi durumunda elmanın muza da tercih edilmesi) aynı zamanda bu tercihlerin yoğunluklarına ilişkin sayısal tutarlılıkları da ifade edilmeye çalışılmaktadır. Örneğin Elma iki kez portakala tercih ediliyor ve portakal

da üç kez muza tercih ediliyorsa , sayısal tutarlılığın gerçekleşmesi için Elmanın muza altı kez tercih edilmesi gerekmektedir. AHP, alternatiflerin karşılaştırmasında tutarlı olup olunmadığı ile değil de, irdelenen problem için tutarlılık varsayımından sayısal sapma derecesi ile ilgilenir. Bu amaçla ileride açıklanacak olan bir tutarlılık göstergesi kullanılır.

Karşılaşılan probleme karşı gelebilecek en uygun çözümleri bulabilmek için hiyerarşiyi oluştururken problemle ilgili tüm düşünce, duygu, inanç ve yargıları ortaya konmalı ve bunlar arasındaki farkların saptanması için sayısal bir ölçek bulunmalıdır. Ancak bu sayede, KV'nin yargıları ile bu sayılar arasında güvenli bir ilişki kurulabilir ve varılan sonuçların ne denli tutarsız olduğu ölçülebilir.

Başarı ile mutluluk gibi nitel özellikleri ölçmek ve dengeli bir karşılaştırma yapmak için tek bir ölçü sistemine ihtiyaç duyulur. Böyle bir ölçüm de ancak ikili karşılaştırmalar tekniği ile gerçekleştirilebilir. Farklı ölçüm birimlerine sahip değerlerin ikili karşılaştırmasını yapabilecek en güçlü ölçüm aleti , insan zekasıdır.

KV'nin karşılaştığı ikinci problem ise ölçümleri büyük ölçüde sabit ve değişmeyecek bir ölçüm sistemine oturtma problemidir. Özellikler değişken olduğu sürece , onların etkilerini ölçmek imkansız olacaktır. Hiyerarşi düzeyleri arasında değişken değerlerin bir üst düzeydeki özellikleri ne şekilde etkileyebileceğini ölçecek sabit bir ölçüm sistemi ihtiyacı bulunmaktadır.

KV'nin karşılaştığı üçüncü ve son problem ise problem yapısının oluşturulması ve önceliklerinin belirlenmesi için uygun şartların sağlanmasıdır. Hiyerarşinin oluşturulmasını müteakip düzeylerdeki İkili karşılaştırmaların yapılması için ilgili kişilerle yüz yüze anket yapmak gerekmektedir. Söz konusu ilgili kişi veya kişiler, mutlaka konunun uzmanı olmasalar dahi, en azından konuyu bilen ve konuya aşina olan kişiler olmalıdır. Fakat, insanoğlunun sık sık tutarsız cevaplar verebildikleri bir ortamda, ikili karşılaştırmalar yoluyla probleme ilişkin önceliklerin belirlenmesi ve problemin çözülmesi zordur.

Eğer karar tek kişi değil de, bir grup ilgilinin katılımı sonucu alınabiliyor ise, söz konusu kişilerin her biri, hem doğrudan kendi ilgili alanına giren konuya ilişkin yargılarını ortaya koyup birbirlerini tamamlayabilir, hem de diğerlerinin yargılarını oluşturmaları aşamasında olaya dahil olup yargıların netleşmesini sağlayabilir.

Grubun karar aşamasında bir uzlaşmaya varması halinde , herhangi bir sorun ortaya çıkmayacaktır. Uzlaşmanın sağlanamaması durumunda pazarlıklar başlar.

3.1.4. İkili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlıklar kümesi

AHP’nde değerlendirme safhası ikili karşılaştırma konseptine dayanır. Hiyerarşinin bir düzeyindeki öğeler, bir üst düzeydeki öğelere katkısı veya önem derecesine göre, birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılırlar. Hiyerarşinin en alt düzeyindeki öğelerin toplam ağırlığı, bir düzeydeki öğelerin bir üst düzeydeki tüm öğelere göre karşılaştırılmaları sonucu bulunan ağırlıkların toplamı ile elde edilir. Bu duruma Hiyerarşik Kompozisyon Prensipleri denir.

AHP, problemin hiyerarşik olarak gösterimi sonucu karar alınması açısından etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmamızı olanaklı kılar. Söz konusu yargı yoğunlaştırmasının en etkin yolu ise, öğeleri ikiye ikiye ele alıp onları salt bir kritere göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterler ile ilgilenmemektir.

n adet faaliyetin bir grup tarafından gerçekleştirilmeye çalışıldığını düşünelim. Bu grubun amaçları;

- 1) Bu faaliyetlerin göreceli önemlerine ilişkin yargılar geliştirme,
- 2) Tüm faaliyetler için oluşturulacak yargıların ölçülmesini sağlayacak bir

ölçü sistemiyle yargıların ölçülmesinin güvence altına alınması olsun.

Faaliyetler kümesi, $C_1, C_2, \dots, C_n$ olsun. C_i, C_j faaliyet çiftinin sayısal yargıları, $n \times n$ boyutlu A matriste aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A = (a_{ij}), \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

Eğer $a_{ij} = \alpha$ ise $a_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$ ’dır.

Eğer C_i faaliyetiyle C_j faaliyeti eşit derecede öneme sahipse o zaman $\forall i = j$ için $a_{ij} = a_{ji} = 1$ ’dir. Böylece, A matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Şekil 3.2 İkili karşılaştırmalar matrisi

C_i, C_j çiftlerine ait yargıları, A ikili karşılaştırmalar matrisi üzerinde a_{ij} olarak sayıya dönüştürdükten sonra yapılması gereken iş, $C_1, C_2, \dots, C_n$ adet faaliyetin n adet olasılığına ilişkin sayısal ağırlıklar seti $w_1, w_2, \dots, w_n$ 'i oluşturmaktır.

Bunu yapmak için, belirsizce formülüze edilmiş problem kesin matematiksel değerlere dönüştürülmelidir. Bu aşamada KV bir soru ile karşı karşıya kalır. "Acaba n adet faaliyet için oluşturulan ağırlıklar kümesi, grubun sayısal yargılarını tam olarak yansıtabiliyor mu?" Bu soru, problemin matematiksel olarak ifade edilmesinde kesinlik sağlanmasını ve ağırlıkların yargılarla nasıl ilişkilendirileceğinin açıkça ortaya konmasını gerektirir. Bu hususlar dikkate alınarak, problemin matematiksel olarak formülasyonu ve ağırlıklar kümesinin oluşturulması üç adımda sağlanacaktır. (Saaty, 1988)

1. Adım : Görelî ağırlıklarını tespit etmek üzere, bir miktar taş ve taşların ağırlıklarını hatasız ölçen bir ölçek ele alalım. Taşlar sırasıyla tartılarak, ağırlıkları birbirleriyle karşılaştırılsın. Örneğin, C_1 ve C_2 tartılsın ve ağırlıkları w_1 ve w_2 , 305gr. ve 244gr. gelsin. İki faaliyetin görelî ağırlıklarını bulmak için ağırlık w_1, w_2 'ye bölünürse, sonucu 1.25 bulunur. Yani C_1, C_2 'den 1.25 kat daha ağırdır ve matriste $a_{12} = 1.25$ 'dir.

Kusursuz bir ölçümün yapıldığı ideal bir durumda , w_i ağırlığı ile a_{ij} yargısı arasındaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

	A_1	A_2	.....	A_n
A_1	w_1/w_1	w_1/w_2	.....	w_1/w_n
A_2	w_2/w_1	w_2/w_2	.....	w_2/w_n
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
A_n	w_n/w_1	.....	.....	w_n/w_n

Şekil 3.3 İkili karşılaştırmalar matrisinin kriter ağırlıkları cinsinden gösterimi

Gerçek hayatta bu ilişkileri tam olarak elde etmek hemen hemen olanaksız gibidir. Nedeni ise fiziki ölçüt aletleri matematiksel anlamda tam doğru sonucu veremeyip civarında değerler vermesi ve insan yargılarındaki yanılmalardır. Bu

nedenle, sonuçlarda olabilecek sapmalara karşı kabul edilebilecek ölçüde bir tolerans payı bırakılmalıdır.

2. Adım : Sonuçlardaki olabilecek sapmaların tolerans payını hesaplamak için A matrisinin i 'nci satırını ele alalım. i satırındaki öğeler :

$$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$$

İdeal bir durum için bu değerler aşağıdaki oranlarla aynıdır.

$$\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_j}, \dots, \frac{w_i}{w_n} \quad (3.3a)$$

Bu durumda, ideal durumda bu satırdaki ilk öğeyi w_1 , ikinci öğeyi w_2 , vs. çarparsak, bütün sonuçların w_i çıkması gerekir.

$$\frac{w_i}{w_1} w_1 = w_i, \frac{w_i}{w_2} w_2 = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_j} w_j = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_n} w_n = w_i \quad (3.3b)$$

Oysa gerçek hayatta söz konusu değerler tam olarak w_i 'ye eşit değil, bir önceki adımda bahsedildiği gibi onun civarındadır. Bu nedenle, w_i 'nin bu değerlerin ortalamasına eşitlenmesini beklemek daha mantıklı olacaktır. Dolayısıyla $w_i / w_j = a_{ij}$ ideal durumu yerine, daha gerçekçi bir durumu yansıtan $w_i = \text{Ortalama } (a_{i1} w_1, a_{i2} w_2, \dots, a_{in} w_n)$ kullanılması daha iyi olacaktır. Bu durumu daha açık aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz.

$$W_i = (1/n) \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

Eşitlik (3-4) gerçeği temsil etme bakımından (3.3b)'den daha uygun bir eşitliktir. Burada yine bir soru ile karşılaşırız. "Acaba a_{ij} değerleri belli iken, öğelerin tek tek w_i ağırlıklarını bulmak yeterli olacak mıdır?"

3. Adım : Yukarıdaki soruya (3.3b) eşitliği daha gerçekçi bir forma sokularak cevap verilebilir. a_{ij} 'nin iyi tahmin edilmesi halinde söz konusu değer, w_i / w_j 'ye yakın bir değer olacaktır. Ancak a_{ij} 'nin ideal durumdan sapması durumunda, w_i ve w_j 'nin değişmesi, n 'in de değişmesini gerektirecektir. n değerinin faaliyet sayısını belirttiği ve değişmeyeceği için, onun yerine en büyük öz değer ($\lambda_{\max}$) kullanılır. Buna göre, ideal tutarlılık durumundan sapma halinde $\lambda_{\max}$ n 'ye yakın; ideal durumda ise,

yukarıda da belirtildiği gibi n 'e eşit olacaktır. İdeal durumdan sapma durumunda eşitlik (3.4) aşağıdaki şekilde ifade edilecektir.

$$W_i = (1/\lambda_{\max}) \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

Genel olarak, a_{ij} 'deki sapmalar hem $\lambda_{\max}$ hem de W_i değerlerinde büyük sapmalara neden olacaktır. Yukarıda formülü daha da genelleştirsek, $A.W = \lambda_{\max} W$ ifadesini elde ederiz. Bu ifadede $\lambda_{\max}$, A matrisinin en büyük öz değerini, A ise ikili karşılaştırmalar matrisini göstermektedir.

Tutarlılık durumunda $\lambda_{\max} = n$ olduğuna göre, söz konusu eşitlikten sapma derecesini gösterecek bir tutarlılık göstergesi, $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 'dir. Tutarlılık göstergesi, Tablo 3.1'deki A matrisinin n değerine karşılık gelen tesadüflilik göstergesi değerine bölünürse, tutarlılık oranı bulunur.

Tutarlılık oranı %10 veya daha küçük ise, W görelî önem vektörünün tahmin değerleri kabul edilir. Aksi takdirde, tutarlılık düzeyi arttırılmaya çalışılır, yargılar tekrara gözden geçirilir.

Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'nda 100'ü aşkın örnek üzerinde yapılan kapsamlı bir saha çalışması sonucu belirlenen, 1 ila 15 boyutundaki matrisler için tesadüflilik göstergeleri Tablo 3.1'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 3.1 Tesadüflilik göstergeleri

Tesadüflilik Matris Boyutu														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tesadüflilik Göstergesi														
0.0	0.0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

3.1.5. Yöntemde kullanılacak ölçek

Hiyerarşinin bir düzeyini oluşturan öğelerin (kriterlerin) birbirlerine olan görelî önemleri, ikili karşılaştırmalar yoluyla belirli bir ölçeğe göre puanlandırılıp, matristeki yerine yazılır. Söz konusu ölçeğin etkinliği, hem çeşitli kişilerle yapılan

çok sayıdaki uygulama , hem de başka ölçeklerle teorik karşılaştırmalar sonucu saptanmıştır.

Analitik Hiyerarşi Prosesindeki önceliklendirme işleminde kullanılan ölçek ve bu ölçeğe ait puanlama şekli Tablo 3.2’de verilmiştir. (Saaty, 1994b)

AHP’de kullanılan nominal ölçek KV’nin tecrübe ve bilgisini de sezgisel olarak karara katmasını sağlamaktadır. KV, iki öge arasında tercihini belirtirken sözel olarak “Eşit önem” , “Biraz daha fazla önem” , “Kuvvetli derecede önem” , “Çok kuvvetli derecede önem” , “Tamamıyla önemli” kelimelerini kullanır.

Tablo 3.2 Kriterlerin ikili karşılaştırılmasında kullanılacak ölçek

PUAN	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Biraz daha fazla önem	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyeti diğerine göre biraz daha fazla derecede tercih ediliyor.
5	Kuvvetli derecede önem	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyeti diğerine göre kuvvetli derecede tercih ediliyor.
7	Çok kuvvetli derecede önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor.
9	Tamamıyla önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ortalama değerleri	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler

Bu tanımlayıcı tercihler sayısal oranlara çevrilirse; bu ifadelere karşı 1,3,5,7 ve 9 rakamları karşılık gelmektedir. Önceliklendirme esnasında, beş adet temel puana denk gelmeyen ve uzlaşma gerektiren ikili karşılaştırmalarda, iki ardışık önem derecesi arasına düşen 2, 4, 6 ve 8 gibi ortalama değerler de kullanılabilir. Eğer, ikili karşılaştırma esnasında satırdaki faaliyet sütundaki faaliyetten daha az tercih

ediliyorsa, diğer bir deyişle, sütundaki faaliyet satırdakinden daha önemliyse, iki taraflı uygun sayılar olan $1/3$, $1/5$, $1/7$ ve $1/9$ matristeki yerine yazılabilir. 4×4 'lük bir matriste rakam koyulacak 16 adet yer vardır. Bu yerlerin dört tanesi köşegendir ve buralarda faaliyetler kendileriyle karşılaştırılmış olup, yazılacak rakamlar “Eşit önem”i gösteren “1” rakamıdır. Geriye kalan 12 hane için altı tanesini KV, ikili karşılaştırmalar yoluyla doldurur. En sona kalan altı hane ise, KV’nin verdiği altı adet puanın eşleniği (tercih 5 ise eşleniği $1/5$) yazılır.

Üçüncü bölüm boyunca anlatılan AHP’nin bir örnek çözümü üzerinde uygulamalı olarak görmek için Şekil 3.1’de hiyerarşik yapısı oluşturulmuş bir okul seçim örneğini ele alalım. (Saaty,1988)

Bir yazar oğlunu göndermek için A,B,C ile ifade edilen üç okul arasında tercih yapmak durumundadır. Karşılaştırmalar için altı bağımsız kriter belirlemiştir. Bunlar : Öğrenim , Arkadaşlık Ortamı , Okul Yaşamı , Meslek Eğitimi , Koleje Hazırlık Durumu ve Müzik Derslikleridir.

Yazarın belirlediği her bir kriteri sırasıyla diğer kriterlerle karşılaştırarak oluşturduğu ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 3.3’de görülmektedir.

Tablo 3.3 Okul seçim örneği ikili karşılaştırmalar matrisi

	Öğrenim	Arkadaşlık Ortamı	Okul Yaşamı	Meslek Eğitimi	Koleje Hazırlık	Müzik Derslikleri
Öğrenim	1	4	3	1	3	4
Arkadaşlık Ortamı	$1/4$	1	7	3	$1/5$	1
Okul Yaşamı	$1/3$	$1/7$	1	$1/5$	$1/5$	$1/6$
Meslek Eğitimi	1	$1/3$	5	1	1	$1/3$
Koleje Hazırlık	$1/3$	5	5	1	1	3
Müzik Derslikleri	$1/4$	1	6	3	$1/3$	1

Tablo 3.3’de gösterildiği şekilde birinci düzey için ikili karşılaştırmalar matrisini elde ettikten sonra yapılması gereken iş, bu verilerden hareketle kriterlerin ana hedefi gerçekleştirmedeki göreceli önemlerini saptamaktır. Bu da, en büyük vektörün bulunup normalize edilmesiyle olur. Söz konusu problemi tam olarak

çözmeye yönelik olarak bilgisayar programları (Expert Choice, Lotus 123, vs.) mevcuttur. Bilgisayarın ve bu tür programların bulunamadığı durumlarda kullanılabilecek, söz konusu görelî önemler vektörünün bulunmasına yönelik dört yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

1) En Kaba Yöntem : Her satırın toplamı alınıp, her toplam değeri söz konusu toplamların toplamına bölünürse, cevapların toplamı bire eşitlenir ve önem vektörü normalize edilmiş olur. Elde edilen vektörün birinci elemanı birinci faaliyetin görelî önemini, ikincisi, ikinci elemanın görelî önemini vb. verir.

2) Daha İyi Yöntem : Her sütundaki elemanların toplamı alınır ve bu toplamların eşlenikleri (1/sütun toplamı) bulunur. Bulunan her eşlenik, eşleniklerin toplamına bölünerek normalize edilir.

3) Bölmeli İyi Yöntem : Her sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınır ve bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür.

4) Çarpmalı İyi Yöntem : Her satırdaki n adet eleman birbirleri ile çarpılarak, çarpımın n 'inci kökü alınır. Elde edilen değerler normalize edilir.

Elle yapılan hesaplamalarda kullanılan dört metottan en çok kullanılanı, hem öz vektörü tahmin doğruluğu fazla, hem de kolay olan "Bölmeli iyi yöntem" dir.

Bilgisayar programları ise, matrisin çok yüksek kuvvetlerini alıp, elde edilen matrisin her satır toplamının o matrisin elemanlarının toplamına bölme yöntemini kullanırlar.

Şimdi bu yöntemlerin her birini Tablo 3.3.'deki ikili karşılaştırma matrisi üzerinde uygulayalım.

1) En kaba yöntem kullanılırsa, matrisin her satırının ayrı toplamaları olan sütun vektörü (yerden kazanmak için sıra şeklinde yazılmıştır) 16, 12.45, 2.04, 8.66, 15.33, 11.58 olarak bulunur. Bu değerlerin toplamı ise 66.06'dır. Eğer her satırın toplamını bu değere bölünürse, görelî üstünlükler için (0.24, 0.19, 0.03, 0.13, 0.23, 0.18) sütun vektörü bulunur.

2) Daha iyi yöntem kullanılırsa, sütunların toplamı satır vektörü olarak (3.16, 11.47, 27, 9.2, 5.73, 9.50) şeklinde bulunur. Bu toplamaların eşlenikleri (0.32, 0.09,

0.04, 0.11, 0.17, 0.11) ve eşleniklerinin toplamı 0.84'tür. Bu değerler normalize edildiklerinde, (0.38, 0.11, 0.05, 0.13, 0.20, 0.13) elde edilir.

3) Bölmeli iyi yöntemin kullanılması durumunda, her sütun normalize (elemanların toplamı alınıp, her elemanın bu toplama bölünmesi) edilerek aşağıdaki matris elde edilir.

0.32	0.35	0.11	0.10	0.52	0.42
0.08	0.09	0.25	0.33	0.04	0.11
0.10	0.01	0.04	0.02	0.04	0.02
0.32	0.03	0.19	0.11	0.17	0.03
0.10	0.43	0.19	0.11	0.17	0.31
0.08	0.09	0.22	0.33	0.06	0.11

Matristen satır toplamaları, sütun vektörü olarak (1.82, 0.9, 0.23, 0.85, 1.31, 0.89) çıkar. Elde edilen bu değerler satırdaki eleman sayısına bölünürse ; (0.30, 0.15, 0.04, 0.14, 0.22, 0.15) görelî önemler vektörü olarak elde edilir.

4) Çarpmalı iyi yöntem de , öncelikle her satırdaki çarpım sonucu (144, 0.15, 0.04, 0.14, 0.22, 0.15) sütun vektörü bulunur. Çarpım sonuçlarının n' nci dereceden kökü alınıp sonuçlar normalize edilirse (0.32, 0.14, 0.04, 0.13, 0.23, 0.15) vektörü elde edilir.

Problemin bilgisayar çözümü ise (0.32, 0.14, 0.03, 0.13, 0.24, 0.14) olarak bulunur.

Sonuçlar kontrol edildiğinde , her dört yöntemle çözümlemeye elde edilen sonuçların aynı sonuçları olmasa bile bilgisayar çözümüne yakın değerleri verdiği görülecektir. Bu durum ideal durumdan uzak olduğumuzun ve A matrisinin tam olarak tutarlı olmadığını göstermektedir. Eğer matris tutarlı ise, her dört yöntem de aynı sonucu verecektir. Tutarsızlığın olması durumunda ise Çarpmalı iyi yöntem bilgisayar çözümüne en yakın sonucu verecektir.

3.1.6. Tutarlılık

Oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisinin görelî önemleri bulunduktan sonra, elde edilen sonuçların tutarlılığını saptamak üzere tutarlılık oranı hesaplanmaya çalışılır. Bu amaçla; İkili karşılaştırmalar matrisi ile elde edilen görelî önemler vektörü çarpılırsa, yeni bir vektör elde edilir. Bu son vektörün birinci elemanı, dört metottan her hangi birisiyle bulunan görelî önemler vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye vs. bölünür ise bir üçüncü vektör elde edilir. Bu

son vektörün elemanlarını toplayıp toplam eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değer ($\lambda_{\max}$) için yaklaşık bir tahmin değeri elde edilir. Daha önce de belirtildiği gibi, $\lambda_{\max}$, ne kadar n değerine (matrisin oluşturulmasında yer alan faaliyet sayısı) yakın ise, sonuç da o kadar tutarlı olacaktır. Tutarlılık göstergesi, aynı zamanda tutarlılıktan sapmayı temsil eden $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 'dir. Tutarlılık göstergesinin tesadüfilik göstergesine bölünmesiyle elde edilen orana da, tutarlılık oranı denilmektedir. Tutarlılık oranı 0.10 ve daha küçük çıktığı takdirde dikkate alınır.

Örneğimize tekrar dönecek olursak ; ideale en yakın olarak görülen bilgisayar çözümü görelî önemler vektörü (0.32, 0.14, 0.03, 0.13, 0.24, 0.14) olarak bulunmuştu. Eğer ikili karşılaştırmalar matrisini bu vektör ile çarpar isek ; (2.38, 1.01, 0.26, 0.94, 1.75, 1.01) şeklinde ikinci bir sütun vektörü bulunur. Eğer bu ikinci vektörün her elemanı birinci vektörde karşılık gelen elemana bölünür ise (7.44, 7.21, 8.67, 7.23, 7.29, 7.21) elde edilir. Bu değerlerin toplamı 45.05 olup ortalamasının alınması durumunda 7.51 değeri elde edilir. Bu değer $\lambda_{\max}$ 'in iyi bir tahmin değeridir.

$\lambda_{\max}$ değerinden hareketle tutarlılık göstergesi $(7.51 - 6) / (6-1) = 0.3$ olarak elde edilir. Bu sonucun ne denli iyi olduğunu saptamak için, tutarlılık göstergesi Tablo 3.1'de altı boyutlu matris için verilen tesadüfilik katsayısına bölünürse, tutarlılık oranı $0.3 / 1.24 = 0.24$ elde edilir. Tutarlılık oranı değeri, 0.10 ve daha küçük çıktığı takdirde dikkate alınmaktaydı. Fakat sonuç, $0.24 > 0.10$ olduğundan, matrisin tekrar gözden geçirilerek yargılamalara ilişkin tutarsızlıkların iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu karşılaştırmalar ve hesaplamalar sonucunda, hiyerarşinin bir düzeyindeki elemanların, bir üst düzeydeki bir tek eleman üzerindeki etkileri açısından görelî önemleri saptanabilmektedir. Eğer birden fazla düzey varsa, çeşitli görelî önemler vektörleri bir matris halinde birleştirilip en alt düzey için tek bir görelî önem vektörü elde edilmelidir. Söz konusu son vektöre ulaşma aşamaları okul seçimi problemi için aşağıda irdelenecektir.

Daha önce bilgisayar kullanımı ile bulduğumuz görelî önemler vektörü ;

0.32 : Öğrenim

0.14 : Arkadaşlık Ortamı

0.03 : Okul Yaşamı

0.13 : Meslek Eğitimi

0.24 : Koleje Hazırlık Durumu

0.14 : Müzik Derslikleri

Birinci düzey için elde edilen bu görelî önemler vektörünü incelediğimizde, Okul Seçimi ana hedefini en fazla etkileyen kriterin %32 ile Öğrenim olduğu görülür. Bu kriteri %24 ile Koleje Hazırlık Durumu ve %14 ile Arkadaşlık Ortamı ve Müzik Derslikleri kriterleri takip etmektedir. Bu görelî önemler için $\lambda_{\max} = 7.51$, Tutarlılık oranı 0.24 olarak elde edilmiştir. İkinci olarak bir alt düzey olarak aynı tür karşılaştırmalar yapılacaktır. Diğer bir deyişle, bu aşamada ikili karşılaştırma A, B ve C okullarının ikinci düzeydeki kriterlerin birini gerçekleştirme açısından görelî önemleri saptanacak ve bu inceleme her kriter için tekrar edilecektir. Dolayısıyla ikinci düzeyde altı adet kriter bulunduğu için altı adet 3X3 yargı matrisi elde edilecektir.

Tablo 3.4 Okul seçimi hiyerarşisi ikinci düzey görelî önemler ve tutarlılıklar

Öğrenim	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	1/3	1/2	0.16
B	3	1	3	0.59
C	2	1/3	1	0.25

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.05 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0.025 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0.04\end{aligned}$$

Arkadaş Ortamı	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	1	1	0.33
B	1	1	1	0.33
C	1	1	1	0.33

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.00 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0\end{aligned}$$

Okul Hayatı	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	5	1	0.45
B	1/5	1	1/5	0.09
C	1	5	1	0.46

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.00 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0\end{aligned}$$

Meslek Eğitimi	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	9	7	0.77
B	1/9	1	1/5	0.05
C	1/7	5	1	0.17

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.21 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0.105 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0.18\end{aligned}$$

Koleje Hazırlık	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	1/2	1	0.25
B	2	1	2	0.50
C	1	1/2	1	0.25

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.00 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0\end{aligned}$$

Müzik Derslik.	A	B	C	Görelî Önemler Vektörü
A	1	6	4	0.69
B	1/6	1	1/3	0.09
C	1/4	3	1	0.22

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 3.05 \\ \text{Tutarlılık Göstergesi} &= 0.025 \\ \text{Tutarlılık Oranı} &= 0.04\end{aligned}$$

Tablo 3.4’de bulunan değerler incelendiğinde ; Okul A’nın üç okul içinde meslek eğitime en fazla ağırlık verdiğini (% 77), müzik derslikleri bakımından diğer okullardan çok fazla imkana sahip olduğunu (% 69), arkadaşlık olarak diğer okullardaki aynı ortama sahip olduğunu (% 33) ancak öğrenim durumu olarak diğer okullara nazaran daha kötü bir durumda olduğunu (% 16) söyleyebiliriz. Okul B ve Okul C için de Tablo 3.4 kullanılarak aynı şekilde yorumlamalar çıkarılabilir.

Okullar için altı kritere göre görelî önemleri bulduktan sonra birleşik görelî önemler vektörünü bulmak son aşama olacaktır. Bu son vektörün bulunması için, her kritere göre okulların görelî önemleri bir matris halinde yazılır ve söz konusu matrisin her sütunu, karşılık gelen kriterlerin görelî önemleri ile çarpılıp, satır toplamı alınır. Sonuçta elde edilen vektör Okul A, B ve C’nin “Okuldan Memnunluk” ana hedefine hizmet etmek açısından görelî önemlerini verir. Söz konusu vektörün bulunmasına ilişkin değerler Tablo 3.6’da gösterilmektedir.

Tablo 3.5 Okul seçimi ikinci düzey görelî önemleri

	Öğrenim	Arkadaşlık Ortamı	Okul Yaşamı	Meslek Eğitimi	Koleje Hazırlık	Müzik Derslikleri
A	0.16	0.33	0.45	0.77	0.25	0.69
B	0.59	0.33	0.09	0.05	0.50	0.09
C	0.25	0.33	0.46	0.17	0.25	0.22

Birinci düzey için görelî önemlerin (0.32, 0.14, 0.03, 0.13, 0.24, 0.14) olduğu unutulmamalıdır.

Okuldan Memnunluk ana hedefine hizmet eden görelî önemler vektörünü bulmak için Tablo 3.5’deki ikinci düzey görelî önemler matrisi ile birinci düzey görelî önemler sütun vektörü çarpılır. Çarpımı aşağıdaki gibi de ifade edebiliriz.

$$\begin{bmatrix} 0.16 & 0.33 & 0.45 & 0.77 & 0.25 & 0.69 \\ 0.59 & 0.33 & 0.09 & 0.05 & 0.50 & 0.09 \\ 0.25 & 0.33 & 0.46 & 0.17 & 0.25 & 0.22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.32 \\ 0.14 \\ 0.03 \\ 0.13 \\ 0.24 \\ 0.14 \end{bmatrix}$$

Tablo 3.6 Okul memnuniyetine ait birleşik görelî önemler incelendiğinde, Okuldaki yaşam, Meslek Eğitimi, ve Müzik Derslikleri bakımından en az tercih edilen okul olan B okulunun , ana hedefi gerçekleştirme açısından en yüksek öneme sahip olduğu (%38) görülmektedir. Bunu %37 ile A okulu ve %25 ile C okulu takip etmektedir.

Bu sonuçlara göre , yazar oğlu için en iyi okul olarak B okulunu uygun olarak tercih edecektir.

İkinci düzey tutarlılık oranı 0.24 gibi yüksek bir değer çıktığı için tutarlılığı düşük bir yargılama süreci geçirildiği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle yazar, kararını vermeden önce ikinci düzey için yaptığı ikili karşılaştırmalar matrisini gözden geçirerek tutarlılık oranını artırmalıdır.

Tablo 3.6 Okul memnuniyetine ait birleşik görelî önemlerinin bulunuşu

FAKTÖRLER	Okul A	Okul B	Okul C
Öğrenim	$0.32 \times 0.16 = 0.0512$	$0.32 \times 0.59 = 0.1888$	$0.32 \times 0.25 = 0.08$
Arkadaşlık Ortamı	$0.14 \times 0.33 = 0.0462$	$0.14 \times 0.33 = 0.0462$	$0.14 \times 0.33 = 0.0462$
Okul Yaşamı	$0.03 \times 0.45 = 0.0135$	$0.03 \times 0.09 = 0.0027$	$0.03 \times 0.46 = 0.0138$
Meslek Eğitimi	$0.13 \times 0.77 = 0.1001$	$0.13 \times 0.05 = 0.0065$	$0.13 \times 0.17 = 0.0221$
Koleje Hazırlık	$0.24 \times 0.25 = 0.06$	$0.24 \times 0.50 = 0.12$	$0.24 \times 0.25 = 0.06$
Müzik Derslikleri	$0.14 \times 0.69 = 0.0966$	$0.14 \times 0.09 = 0.0126$	$0.14 \times 0.22 = 0.0308$
BİLEŞİK GÖRELİ ÖNEMLER	0.3676	0.3768	0.2529

3.1.7. AHP hakkındaki tartışmalar

Savunma Sanayiinin de dahil olduğu bir çok farklı sektörde sayısız uygulamalarına rağmen bir çok araştırmacı tarafından AHP, dikkat çekici bir oranda eleştiriyeye maruz kalmaktadır. Bu eleştiriler daha ziyade AHP'nin keyfiliği ve oran ölçeğinin kullanımı üzerine yoğunlaşmaktadır. Halker ve Vargas (1987) , AHP'nin çoğunlukla eleştirildiği dört konuyu aşağıdaki gibi sıralamışlardır.

- 1) Aksiyomların temellerinin olmaması,
- 2) Anket sorularındaki belirsizlikler,

- 3) Önceliklerin belirlenmesinde kullanılan oran ölçeğinin tartışılabilirliği,
- 4) Sıralamanın değişebilme olasılığı .

İlk eleştiri Saaty (1986) tarafından ortaya konulan AHP'nin aksiyom temelleri görüşünü tenkit etmektedir. Saaty'e göre AHP'nin dört adet aksiyomu bulunmaktadır.

1. Aksiyom : Eğer bir A ögesi, n defa B ögesine tercih ediliyorsa, o zaman B ögesi 1/n defa A ögesine tercih edilir.

2. Aksiyom : Karşılaştırmalar , sadece ögeler birbirleri ile karşılaştırılabilirlerse anlamlı hale gelir. Sınırlı bir ölçek yardımıyla tercihler ifade edilebilmelidir. KV, diğerine göre sonsuz derecede iyi olan bir alternatif için bir yargıda bulunamaz.

3. Aksiyom : Herhangi bir düzeydeki bir ögenin göreceli önemi, alt düzeyin hangi ögelerden oluştuğuna bağlı değildir. Tercihler, kriterler ifade edilirken, alternatiflerin bağımsız olduğu kabul edilir. Karar problemi bir hiyerarşi olarak formüle edilebilir.

4. Aksiyom : Karar problemini etkileyen tüm kriterler, alt kriterler ve bütün ilgili alternatifler bir hiyerarşide temsil edilebilirler. Hiyerarşiye sonradan bir alternatifin eklenmesi sıralamayı değiştirebilir.

Harker ve Vargas tarafından yapılan ikinci eleştiri daha ziyade AHP'nin hatasından ziyade KV'nin bir hatasını ifade etmektedir. KV , problemi iyi kavrayıp, soruları anlamlı bir hale sokmalıdır. Aksi takdirde bu problem devam edip gidecektir.

AHP'deki oran ölçeğinin kullanımı, aralık ölçümü kullanan geleneksel karar analiz yöntemlerinden önemli derecede farklılık göstermektedir. 1-9 aralıklı ölçek bir çok durum için önceliklerin belirlenmesinde yeterli görülebilir ancak kişisel ihtiyaçları karşılayacak bir şekle değiştirilebileceği Harker ve Vargas tarafından kabul edilmektedir.

Eşleniklerinin kullanılmasıyla önceliklerin bulunmasını sağlayan öz değer yönteminin yanında , en küçük kareler yöntemi ve logaritmik en küçük kareler yöntemi de tavsiye edilmektedir.

AHP'de alternatifler kümesine yeni bir alternatif eklendiğinde , daha önce oluşturulan sıralama değişebilmektedir. A, B ve C alternatifleri ve C₁, C₂ , C₃ kriterleri için sıralama B,A ve C şeklinde olacakken; bu probleme bir D alternatifi eklediğimizde yeni sıralama A, B, D, C şeklinde değişebilecektir.

Barzilai ve Golany (1994)'e göre normalizasyon işlemi olduğu sürece sıralama değişiklikleri olacaktır. Bunu önlemenin tek yolu ; normalize edilmiş değerler yerine ağırlıklandırılmış geometrik ortalamanın kullanılmasıdır.

Bununla birlikte AHP , tahmin etmeden kaynaklanan $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9$ gibi tutarsız oranlar yaratır. İkili karşılaştırmalar matrisi iki taraflı olup, matrisin bir tarafı 1 ile 9 arası sayılardan oluşurken, diğer yarısı ilk yarıdaki sayıların eşleniği olan $1/9$ ile $1/1$ arası sayılardan oluşur. Matrisin bir tarafındaki ağırlık oranı $1/1 - 1/9 = 8/9$, diğer tarafındaki ağırlık oranı $9 - 1 = 8$ ile kıyaslanır. 1 ile 9 arası numaralandırılmış ölçeklerin kullanımının basit olmasına rağmen , KV'nin kararları ile ilgili belirsizliğin açıklanması ve sayıya dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Buna ilave olarak AHP'nin eksik yönleri aşağıdaki gibi listelenebilir.

1) AHP, esas olarak iyi tanımlanmış ve tahlil edilmiş karar verme problemlerinde kullanılmalıdır.

2) Hiyerarşi düzeylerinin belirlenmesi, AHP'de en önemli nokta değildir.

3) KV'lerin sübjektif değerlendirmeleri, seçimleri ve tercihlerinin AHP sonuçları üzerinde büyük etkileri vardır. Örneğin, eğer bir AHP problemi üzerinde yapılan değerlendirme yanlış olursa, problemin çözümü sonucunda verilen karar da muhtemelen yanlış olacaktır. (Cheng, 1996)

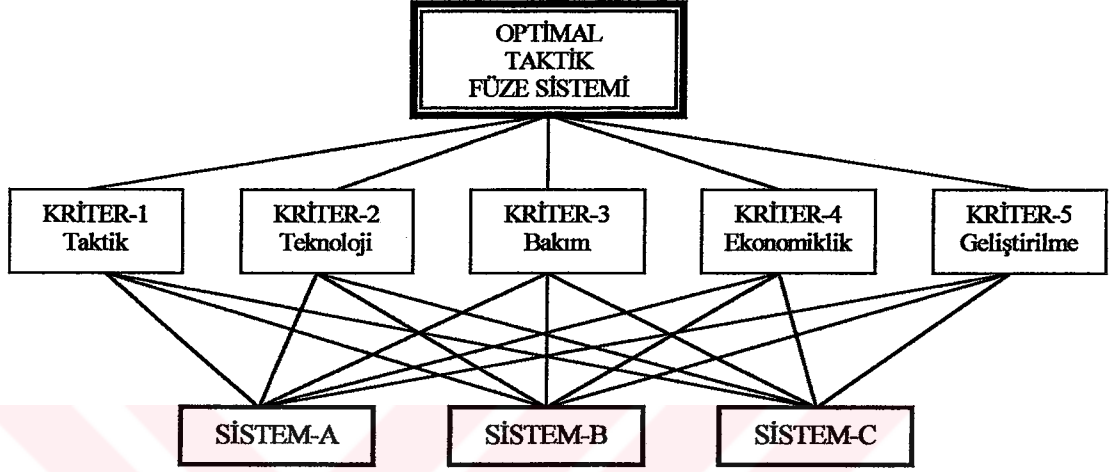
AHP'de görülen bu dezavantajları ortadan kaldırmak maksadıyla, Juang ve Lee (1991), hiyerarşik yapılarıdaki ağırlık kriterlerini ölçmek için bulanık ölçeğin kullanılmasını önermişlerdir. Cheng (1999) ise, silah sistemlerini geliştirme problemlerinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinin kullanılmasının uygun olduğunu savunmaktadır.

3.1.8. AHP ile literatürde çözölen problemler

Suresh ve Kaparathi (1992), çalışmalarında esnek otomasyon yatırımları için çok amaçlı modelleme yaklaşımının sentezine bağılı olarak bir ekonomik değerlendirme yöntemi sunmaktadırlar. Prosedür, hem optimizasyon hem de değerlendirme yeteneklerinden yararlanmak üzere AHP ile genel bir karma tamsayılı hedef programlama formölasyonunu birleştirmektedirler.

Cheng (1996), AHP'nin tahmin etmeden kaynaklanan bir takım eksik yönlerinin olduğunu, ancak, AHP'nin bulanık ortamda kullanılması durumunda bu

eksikliklerinin giderebileceğini ve ÇÖKV problemlerinde de kullanılabileceğini belirtmiştir. Bulanık mantığa dayalı Analitik Hiyerarşi Prosesini, “Denizden Atılan Taktik Füze Sistemlerinin Geliştirilmesi” projesinde kullanarak bu savını rakamlara dökmüştür. Bu çalışmasında, faktörlerin göreceli ağırlıklandırmasını “Entropi Ağırlığı” prensibini kullanarak bulmuştur. Cheng, füze sistemlerinin değerlendirmesini yaparken Şekil 3.4’deki AHP modelini kullanarak sonuca ulaşmıştır



Şekil 3.4 Optimal taktik füze sistemi seçimi hiyerarşik yapısı

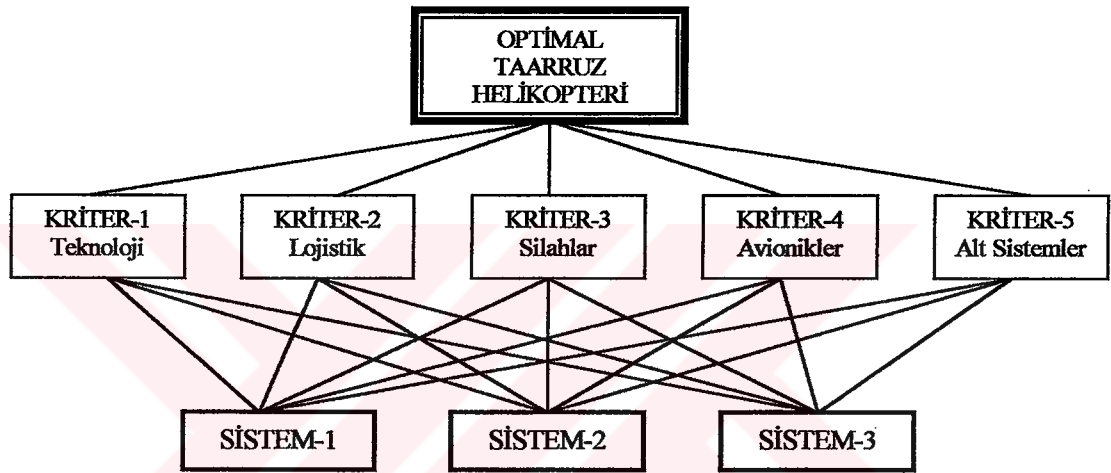
Akash ve diğ. (1999) , AHP kullanarak Kudüs’teki farklı elektrik üretim alternatiflerinin karşılaştırmaları ve seçimi işlemini çalışmalarına yansıtmışlardır. Ortaya konulan kriterler ile kömür, nükleer, güneş, rüzgar ve su kaynaklı çalışan elektrik santralleri arasında bir seçime gidilmiş ve bu amaçla AHP kullanılmıştır. Çalışma sonucunda güneş, rüzgar ve su gücü ile çalışan santrallerin en iyi alternatifler olduğu, bunun yanında nükleer güçle ve kömür ile çalışan santrallerin ise en kötü alternatifler olduğu sonucuna varılmaktadır.

Zakarian ve Kusiak (1999), çalışmalarında bir takım elemanın seçimi için AHP ve Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD-Quality Function Deployment) yöntemlerini beraber kullanmışlardır. Bu çalışmada her takım elemanın göreceli önemi AHP ile belirlenmekte ve çalışmada ortaya konulan yeni bir matematik programlama modeli ile bu ağırlıklar kullanılarak bir takım oluşturulmaktadır. Proje gruplarının seçimi için faydalı bir örnek teşkil edebilecek bu çalışmada ayrıca AHP’deki karşılaştırma sayılarını düşürmek için de bir model ortaya konulmaktadır.

Cheng ve diğ. (1999), çalışmalarında taarruz helikopterlerini dilsel ağırlıklandırmaya dayalı AHP ile değerlendirmişlerdir. Yöntemleri bulanık mantığın değişik bir uygulamasını içermekte ve insan sezgileri ile tekrar düşünme modeline

dayanmaktadır. Çalışmalarını yaparken birçok uzmanın görüşlerini alarak üyelik fonksiyonlarını oluşturmuşlar ve bu sayede uzmanların beklentilerini tanımlayarak problemin çözümünde karşılaşılabilecek engellere karşı tedbir almışlardır.

Cheng ve diğ. (1999), kullandıkları linguistik değişken ağırlıklara dayalı Analitik Hiyerarşi Prosesinde ilk olarak, ağırlıkların göreceli önemlerini bulmuşlar ve bunları linguistik puanlama bölgelerinin tespitinde kullanmışlardır. Daha sonra bu bölgeleri tanımlayarak karar verme probleminin sonuçlarına ulaşmışlardır. Cheng ve Diğ. tarafından bu çalışmada kullanılan hiyerarşik yapı Şekil 3.5.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.5 Optimal taarruz helikopteri seçimi hiyerarşik yapısı

Kang ve Seong (1999) çalışmalarında bilgisel entropi konseptine dayalı yeni bir ölçüm ortaya koymaktadırlar. Sadece alarm çalışma sistemleri ile uğraşan insanların anlayabileceği iç kompleksliği yansıtmaya yönelik tasarlanmış bir yöntem ortaya koymaktadırlar. Kendi ortaya koydukları ölçüm tekniği ile diğer yöntemleri karşılaştırarak, kendi yöntemlerinin üstünlük sağladığı sonucuna varmışlardır. Aynı çalışmalarında AHP'ne dayalı olarak alarm çalışma sistemlerinin değerlendirme prosedürü üzerine de bir yöntem ortaya koymaktadırlar.

Byun (2001) , yoğun bir rekabetin yaşandığı araba pazarındaki , müşterilerin ilgisini çekecek müşteri hizmetleri ve stratejik yatırımların açıklandığı çalışmada, piyasaya yeni sürülen üç yeni araba için seçim kriterlerini belirleyerek AHP ile çözümlenmektedir.

3.2. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Teorisi

3.2.1. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık, ilk olarak Dr. Lotfi Zadeh'in 1965 yılında "Information and Control" dergisinde yayınlanan "Bulanık Kümeler" adlı çalışmasıyla adını duyurmuştur. O zamandan beri Bulanık Mantık bir çok bağımsız araştırmacı, bilim adamı, mühendis ve matematikçilerin ilgi odağı olmuştur. Bulanık mantık felsefesi günümüzde, farklı hava ve yer şartlarına uyum sağlayabilen otomobillerin fren sistemlerinden; deterjanı, suyu ve elektriği çamaşır miktarına ve kirliliğine göre ayarlayan çamaşır makinelerine kadar bir çok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Belirsizliğin artması ile gerçek dünyanın karmaşıklığı da artmaktadır. Bu belirsizlik ortamında insanoğlu, karşılaştığı sorunlara cevap aramakta ve karar vermek durumundadır. İnsanlar tarafından dizayn edilen bilgisayarlar da bu karmaşık ve belirsizliğe çare olamamışlardır. Karmaşık sistemleri anlamak için karmaşık sistemin ortaya koyduğu davranışı anlamak gerekmektedir. Ancak bu şekilde problem hakkında genel bir bilgi sahibi olabiliriz. Dr. Zadeh'e göre "Gerçek dünya problemine ne kadar yakın bakılırsa, bulanıklık o kadar çözüm haline gelir." (Ross,1995)

Bulanık Mantık özellikle anlaşılması güç ve yoruma dayanan çok karmaşık sistemlerde ve insan muhakemesine, algılamasına veya karar verme olgusuna dayanan süreçlerde çok faydalı olmaktadır.

İki değerli klasik mantığın dayandığı temel varsayım "her önerme ya doğrudur ya da yanlıştır", Aristo'dan bu yana tartışılmaktadır. Aristo, "Yorum Üzerine" isimli eserinde geleceğe bağlı konuların doğruluk durumlarını tartışmaktadır. Gelecek olaylar hakkındaki önermeler, ne gerçekten doğrudur ne de gerçekten yanlıştır fakat, her iki durumun da bir miktar gerçekleşmesi mümkündür. Bundan dolayı, bu önermelerin doğruluk değerleri olay gerçekleşinceye kadar belirsizdir.

Günümüzde doğruluk durumları tartışılan önermelerin gelecek olaylarla sınırlı olmadığı anlaşılmıştır. Belirli önermelerin doğruluk değerleri, doğru, yanlış ve belirsiz olmak üzere sırasıyla “1”, “0” ve “sıfırla bir arasında” değerlerini alabilmektedir. Üçgensel mantığın en iyi bilinen beş ismi, Lukasiewicz, Bochvar, Kleene, Heyting ve Reichenbach’tır. Üçgensel mantık anlamlı ve faydalı bulunduğu, 1930’larda n değerli mantık geliştirilmiştir. n değerli mantığı, üçgensel mantığın genelleştirmesini yaparak ilk defa öneren Lukasiewicz olmuştur.

n değerli mantığın doğruluk değerlerine ait T_n kümesi,

$$T_n = \left\{ 0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \dots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1 \right\}$$

ile verilmektedir. Çok değerli mantıkların bulanık küme teorisinde karşılıkları vardır ve Bulanık Mantığın özünü oluştururlar. Bulanık mantık, çok değerli mantığın genişletilmesi ile elde edilmiştir. Temel araç olarak bulanık küme teorisini kullanır. Amacı, kesin olmayan önermelerin takribi muhakemesi için esaslar ortaya koymaktadır. Bulanık mantık bulanık ifadelerinin (pahalı, eski, nadir, tehlikeli, bol, uzun, çok, hemen hemen hepsi, genellikle, v.b.) ve bulanık doğruluk değerlerinin (oldukça doğru, çok doğru, az doğru, çoğunlukla yanlış, v.b.) bulanık değerlerle sayısal olarak ölçülmesine imkan tanır. (Kahraman, 1995)

3.2.2. Bulanık kümeler teorisi ve üyelik fonksiyonları

Bulanık Kümeler teorisi Zadeh tarafından belirsizlik içeren problemlerin irdelenmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bulanık Küme matematiksel olarak örnek uzayındaki herhangi bir varlığa bulanık küme içindeki üyelik derecesini gösteren bir değer atanması şeklinde tanımlanabilir. Söz konusu üyelik derecesi, bu varlığın bulanık küme tarafından tanımlanan özelliklere uyum derecesini göstermektedir. (Karsak, 1998)

Klasik kümelerde öğelerin kümeye üyelikleri iki gruba ayrılır. Öğeler, “Kesinlikle kümeye ait olanlar” ve “Kesinlikle kümeye ait olmayanlar” olarak ikiye ayrılırlar. Klasik kümenin temsil ettiği sınıfa üye olanlar ve üye olmayanlar arasında kesin ayırım vardır. Ancak, yaygın şekilde kullanılan sınıfların birçoğu (uzun boylu kişiler, genç bayanlar, pahalı otomobiller, güneşli günler v.b.) bu karakteristiği

göstermez. Çünkü, bu sınıfların sınırları belirsizdir ve üyelikleri keskin olmaktan çok derece derecedir.

Bulanık bir küme , evrensel kümedeki her olası öğeye, onun bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak matematiksel olarak tanımlanabilir. Öğeler, bulanık kümeye daha büyük veya küçük üyelik dereceleri ile yani, daha fazla veya daha az derecelerle bağlı olabilir.

Üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığındaki gerçek sayılarla temsil edilirler. Böylece, “güneşli” kavramını temsil eden bir bulanık kümede, %0 bulutlu havaya 1’lik, %20 bulutlu havaya 0.8’lik, %60 bulutlu bir havaya 0.4’lük ve %100 bulutlu bir havaya 0.0’lık değer atayacak şekilde doğrusal bir üyelik fonksiyonu atanabilir. (Kahraman, 1995)

X evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesi olan A , X kümesindeki her x öğesini $[0,1]$ aralığında gerçek bir sayıya eşleyen $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. $\mu_A(x)$ fonksiyonunun değeri x ’in A içindeki üyelik derecesini ifade etmektedir ve $\forall x \in X$, $\mu_A(x) \in [0,1]$ şeklinde ifade edilir. Dolayısıyla daha büyük değerler daha yüksek küme üyeliğini gösterir. A bulanık kümesi $\tilde{A}$ şeklinde gösterilir. Klasik kümeler teorisindeki üyelik fonksiyonu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

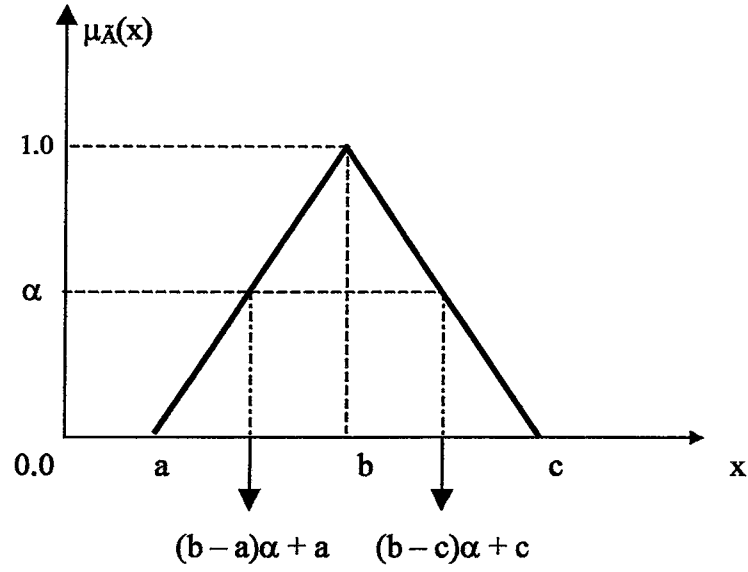
$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & , \quad x \in A \\ 0 & , \quad x \notin A \end{cases} \quad (3.6)$$

Buradaki $\chi_A(x)$ ifadesi “ A ” kümesindeki “ x ” elemanının belirsiz olmayan üyelik fonksiyonunu gösterir. Eğer “ x ”, “ A ” kümesinin bir elemanı ise fonksiyon “1” değerini, elemanı değilse “0” değerini alır.

Üçgensel bulanık sayı $\tilde{A}$ ’nın üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır;

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad x > c \end{cases} \quad (3.7)$$

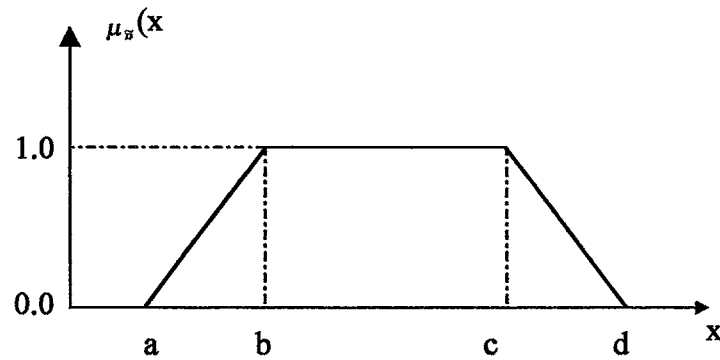
Üçgensel bulanık sayılar (a,b,c) şeklinde üç parametre ile gösterilirler. Burada a , en küçük olası değeri; b , en umut verici değeri; c ise en büyük olası değeri göstermektedir. (Kahraman ve Tolga, 1998)



Şekil 3.6 (a,b,c) Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu

Trapezoidal bulanık sayı $\tilde{B}$ 'nin üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır;

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \\ \frac{x-d}{c-d} & , \quad c \leq x \leq d \\ 0 & , \quad x > d \end{cases} \quad (3.8)$$



Şekil 3.7 (a,b,c,d) Trapezoidal bulanık sayıların üyelik fonksiyonu

Üçgensel ve Trapezoidal bulanık sayıların kullanılması ve yorumlanması kolaydır. Örneğin, “20 Milyon TL. civarında” ifadesi (18 Milyon TL., 20 Milyon TL., 22 Milyon TL.) üçgensel sayısı ile; “Yaklaşık olarak 12 Milyon TL. ve 16 Milyon TL. arasında” ifadesi ise (10 Milyon TL., 12 Milyon TL., 16 Milyon TL., 18 Milyon TL.) trapezoidal bulanık sayısı ile temsil edilebilmektedir.

3.2.3. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

Bir bulanık sayının normalizasyonu için , en az bir elemanın olası en büyük derecesine erişmiş olması gerekmektedir. Eğer üyelik derecesi $[0,1]$ aralığında yer alırsa, bulanık kümenin normalizasyonu en az bir elemanın üyelik derecesinin 1'e eşit olmasını gerektirir. Bu durumda $\mu_A(x) \in [0,1]$ üyelik fonksiyonuna sahip A bulanık kümesi, en az bir $x \in R$ için $\mu_A(x) = 1$ koşulunu sağlıyorsa normalize edilmiş olur. Bulanık aritmetik, bulanık sayıların iki temel özelliği üzerine kurulmuştur. Bu özelliklerden birincisi, bulanık küme ve sayılar her zaman α -kesme ile temsil edilir. İkincisi, bulanık sayıların α -kesmesinin kestiği değerler arası, gerçek sayıların kapalı aralığıdır.

Bir bulanık sayı, X uzayının bir bulanık alt kümesi ise, hem konveks hem de normaldir. X uzayında tanımlanan bir bulanık set $\tilde{A}$ ve $\alpha \in [0,1]$ aralığındaki herhangi bir sayı α - kesme, $\tilde{A}^\alpha$ ve kuvvetli α - kesme $\tilde{A}^{\alpha+}$ aşağıdaki gibi tarif edilir.

$$\tilde{A}^\alpha = \{ x \mid \mu_A(x) \geq \alpha \} \quad \tilde{A}^{\alpha+} = \{ x \mid \mu_A(x) > \alpha \} \quad (3.9)$$

Diğer bir deyişle $\tilde{A}^\alpha$ (veya $\tilde{A}^{\alpha+}$) gerçek kümesi, bulanık küme $\tilde{A}$ 'nın α -kesmesi (veya kuvvetli α - kesmesi)dir ve $\tilde{A}$ 'daki üyelik değerleri α 'nın özel değerine eşit veya fazla (veya sadece fazla) olan X uzayındaki tüm elemanları kapsar.

Bulanık sayıların aritmetik işlemleri, $a \leq b \leq c$ olduğu durumda $A=(a,b,c)$ ve $p \leq q \leq r$ olduğu durumda $B=(p,q,r)$ üçgensel bulanık sayılarını kullanarak aşağıda verilmiştir.

Toplama : $\oplus$ işaretinin toplama işlemini gösterdiği durumda,

$$A \oplus B = (a+p, b+q, c+r)$$

Çıkarma : $\ominus$ işaretinin çıkarma işlemini gösterdiği durumda,

$$A \ominus B = (a-r, b-q, c-p)$$

Çarpma : $\otimes$ işaretinin çarpma işlemini gösterdiği durumda,

$$A \otimes B = (ap, bq, cr)$$

Bölme : A ve B'nin her ikisinin de pozitif olduğu ve $\oslash$ işaretinin bölme işlemini gösterdiği durumda,

$$A \oslash B = (a/r, b/q, c/p)$$

A negatif ve B pozitif olduğunda,

$$A \oslash B = (a/p, b/q, c/r)$$

Elde edilen yaklaşık değerleri daha fazla α - kesimleri kullanarak iyileştirmek mümkündür ancak α - kesimlerinin sayısının artması parametre tahminlerindeki hesaplamaların karmaşıklığını artırır. (Karsak, 1998)

3.2.4. Bulanık küme operasyonları

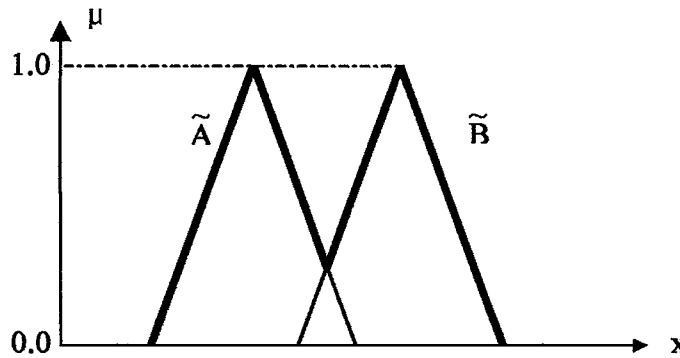
Üyelik fonksiyonu, bulanık kümenin en önemli unsurudur. Bu nedenle üyelik fonksiyonları yöntemiyle bulanık küme operasyonları tanımlanmaktadır. A, B ve C olmak üzere üç bulanık kümeyi ele alarak bulanık küme operasyonlarını tanımlarsak; X uzayında tanımlanan bir x değeri için bulanık kümelerde Birleşim, Kesişim ve Tamamlayan olmak üzere üç operasyon yapılmaktadır.

$$\text{Birleşim Operasyonu} : \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x), \quad (3.10)$$

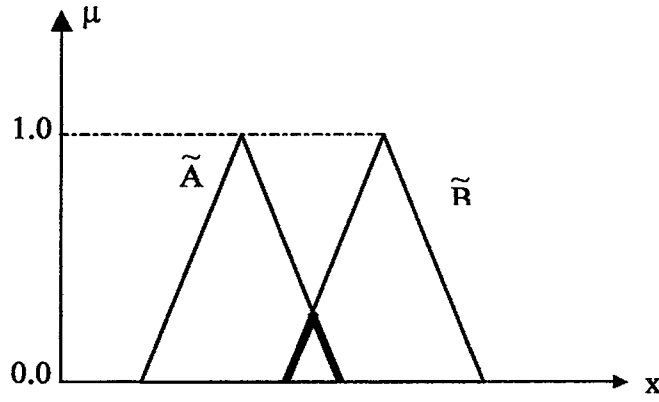
$$\text{Kesişim Operasyonu} : \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x), \quad (3.11)$$

$$\text{Tamamlayan Operasyon} : \mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \quad (3.12)$$

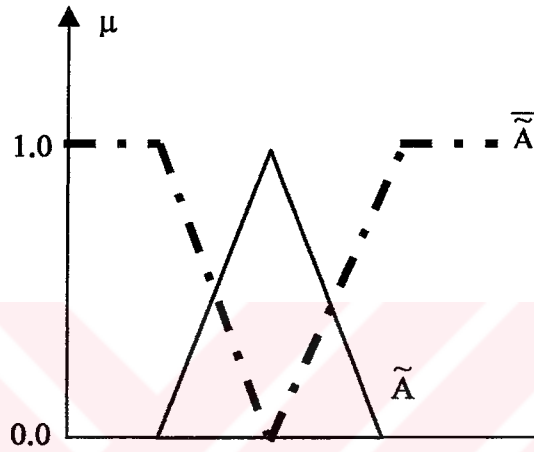
şeklinde ifade edilmektedir. Operasyonlarla ilgili şekiller Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da görülmektedir. (Ross, 1995)



Şekil 3.8 A ve B bulanık kümelerinin birleşim operasyonu gösterimi



Şekil 3.9 A ve B bulanık kümelerinin kesişim operasyonu gösterimi



Şekil 3.10 A bulanık kümesinin tamamlayan operasyonu gösterimi

3.2.5. Bulanık bağıntılar

Bulanık Bağıntılar, $X \times Y$ 'nin bulanık alt kümeleridir ve $X \rightarrow Y$ şeklinde gösterilir. Bulanık bağıntı uygulamaları çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve çok önemlidir.

X ve Y olarak tanımlanan iki uzay arasındaki bağıntının gücü, karakteristik bir fonksiyon ile ölçülemez. Ancak $[0,1]$ aralığında bağıntı gücü için belirlenecek farklı dereceleri kullanarak üyelik fonksiyonları ile ölçülebilir. Bu nedenle, $[0,1]$ aralığında $X \times Y$ kartezyen uzayındaki bir $\tilde{R}$ bulanık bağıntısı, bağıntının üyelik fonksiyonu ile veya $\mu_{\tilde{R}}(x,y)$ ile ifade edilebilir.

1.Durum : $x, y \in R$ ise;

$\tilde{R} = \{ (x,y), \mu_{\tilde{R}}(x,y) \mid (x,y) \in X \times Y \}$ ilişkisine $X \times Y$ 'deki bulanık bağıntı adı verilir.

2.Durum : $x, y \leq R$ ise ve

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X \},$$

$$\tilde{B} = \{ (y, \mu_{\tilde{B}}(y)) \mid y \in Y \} \text{ olmak üzere iki bulanık kümedir.}$$

$$\mu_{\tilde{R}}(x,y) \leq \mu_{\tilde{A}}(x), \quad \forall (x,y) \in X \times Y \text{ ve } \mu_{\tilde{R}}(x,y) \leq \mu_{\tilde{B}}(y), \quad \forall (x,y) \in X \times Y \text{ ise ;}$$

$$\tilde{R} = \{ [(x,y), \mu_{\tilde{R}}(x,y)] \mid (x,y) \in X \times Y \} \text{ A ve B'deki bulanık bağıntıdır.}$$

3.Durum : R ve Z, aynı örnek uzayında iki bulanık bağıntı olsun. R ile Z'nin Birleşme / Kesişme Özellikleri aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{R} \cup \tilde{Z}}(x,y) = \max\{ \mu_{\tilde{R}}(x,y), \mu_{\tilde{Z}}(x,y) \} \quad (x,y) \in X \times Y \quad (3.13)$$

$$\mu_{\tilde{R} \cap \tilde{Z}}(x,y) = \min\{ \mu_{\tilde{R}}(x,y), \mu_{\tilde{Z}}(x,y) \} \quad (x,y) \in X \times Y \quad (3.14)$$

4.Durum : Max-Min Kompozisyonu : $R_1(x,y), (x,y) \in X \times Y$ ve $R_2(y,z), (y,z) \in Y \times Z$ olmak üzere iki bulanık bağıntıdır.

$\tilde{R}_1$ ve $\tilde{R}_2$ 'nin max-min kompozisyonu

$$\tilde{R}_1 \circ \tilde{R}_2 = \{ [(x,y), \max_y \{ \min\{ \mu_{\tilde{R}_1}(x,y), \mu_{\tilde{R}_2}(y,z) \})] \mid x \in X, y \in Y, z \in Z \}$$

$\mu_{\tilde{R}_1 \circ \tilde{R}_2}$ bulanık bağıntının üyelik fonksiyonudur. (Zimmermann, 1994)

3.2.6. Dilsel değişkenler ve yaklaşık muhakeme

3.2.6.1. Dilsel değişkenler

Bir dilsel değişken $(x, T(x), U, G, M)$ terimleri ile ifade edilebilir. Burada x , değişken ismidir. $T(x)$, x 'in dilsel değerlerinin isimlerinden oluşan bir kümeyi ifade eder. Her değer, U temel değişkeni ile bağlantılı olan U örnek uzayında yer alır. G , x değerlerinin ismini belirlemedeki kuralı ifade eder. M , her x 'in anlamı ile ilgili anlamsal bir kuraldır. $\tilde{M}(x)$, U uzayının bir bulanık alt kümesidir.

Yukarıda anlatılanları bir örnekle açıklamak gerekirse ;

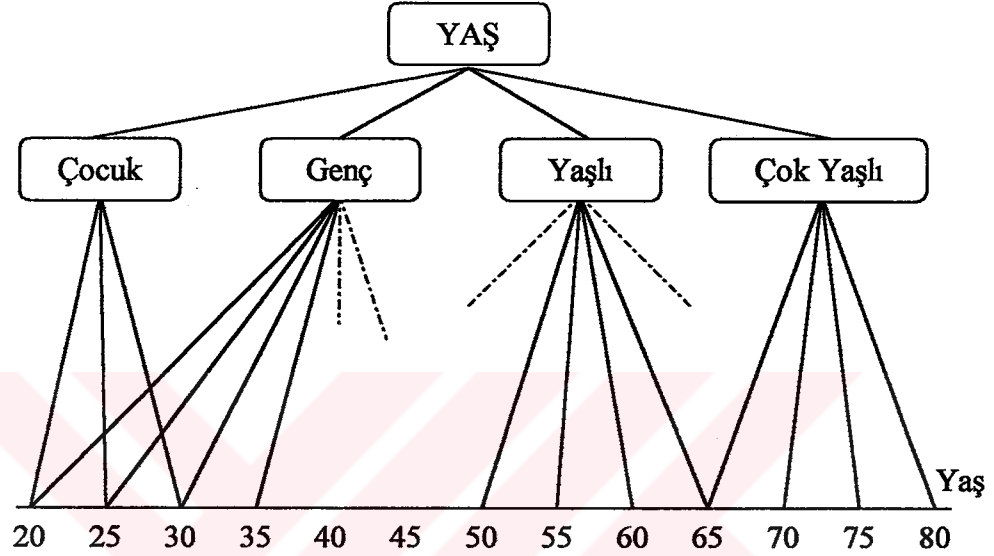
x , “Yaş” terimi ile ilgili $U=[0,100]$ için bir dilsel değişken olsun. Dilsel değişken terimleri olarak “Genç”, “Çok yaşlı” ve bunun gibi ifadeler olabilir. Temel değişken U , yaşın yıl olarak ifadesidir ve bulanık bir kümedir.

$$\tilde{\mu}_{(yaşlı)} = \{ (U, \tilde{\mu}_{(yaşlı)}(U)) \mid U \in [0,100] \}$$

$$\tilde{\mu}_{(yaşlı)}(U) = \begin{cases} 0 & U \in [0,50] \\ (1 + ((U-50)/5)^2)^{-1} & U \in [50,100] \end{cases}$$

$T(yaş) = \{ Yaşlı, Çok yaşlı, Fazla yaşlı değil, Genç, Nispeten genç, Çocuk \}$

Şekil 3.11’de bahsedilen ilişkiyi ifade etmektedir. (Zimmermann, 1994)



Şekil 3.11 “Yaş” dilsel değişkeni gösterimi

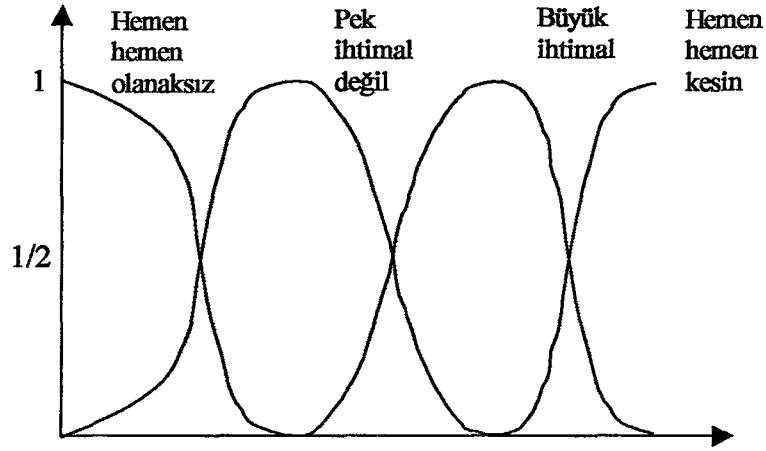
Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık teorisindeki “Gerçek” ve “İhtimal” dilsel değişkenleri Şekil3.12 ve Şekil 3.13.’te görülmektedir. “Gerçek” dilsel değişken kümesi farklı yazarlarca farklı şekillerde ifade edilmiştir. Baldwin, bunu aşağıdaki gibi ifade etmiştir.

$$\mu_{(Çok Doğru)}(V) = (\mu_{(Doğru)}(V))^2 \quad V \in [0,1]$$

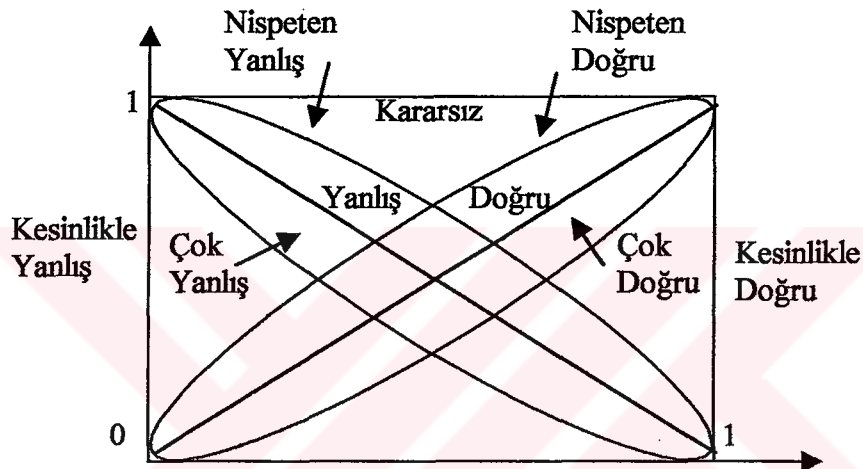
$$\mu_{(Nispeten Doğru)}(V) = (\mu_{(Doğru)}(V))^{1/2} \quad V \in [0,1]$$

Zadeh “Doğru” terimini üyelik fonksiyonu ile ifade etmiştir.

$$\mu_{(Doğru)}(V) = \begin{cases} 0 & 0 \leq V \leq a \text{ için} \\ 2((V-a)/(1-a))^2 & a \leq V \leq (a+1)/2 \text{ için} \\ 1 - 2((V-1)/(1-a))^2 & (a+1)/2 \leq V \leq 1 \text{ için} \end{cases}$$



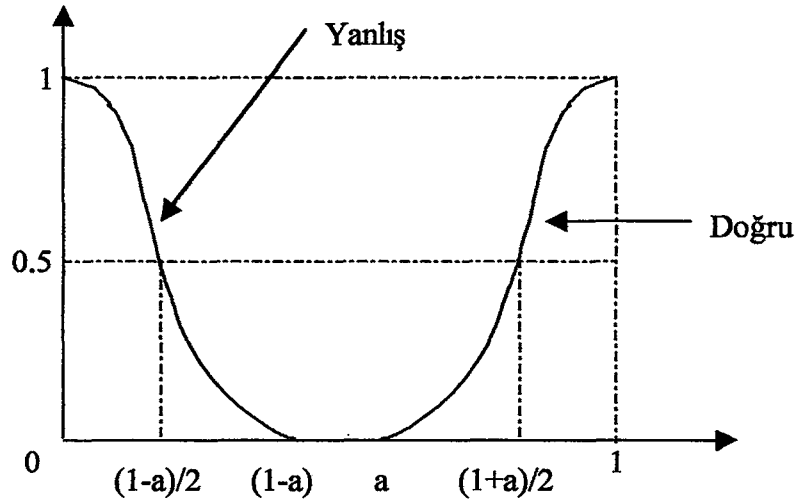
Şekil 3.12 "İhtimal" dilsel değişkeni gösterimi



Şekil 3.13 "Gerçek" dilsel değişkeni gösterimi

"Yanlış" üyelik fonksiyonu, "Doğru" 'nun bir yansıması olarak

$$\mu_{(Yanlış)}(V) = \mu_{(Doğru)}(1-V) \quad 0 \leq V \leq 1 \quad \text{için gibi olacaktır.}$$



Şekil 3.14 "Doğru" ve "Yanlış" dilsel değişkenleri gösterimi

T(Gerçek)= { Doğru, Doğru Değil, Çok Doğru, Çok Doğru Değil,.....,Yanlış, Yanlış Değil, Çok Yanlış,.....,Çok Yanlış ve Çok Yanlış Değil}

3.2.6.2. Yaklaşık muhakeme

Bulanık Mantığın temel aracı sezgisel önermeler hakkında teorik muhakeme yapısının oluşturulmasıdır. Bu amaçla yaklaşık muhakeme kullanılmaktadır. Bulanık bilgiyi ifade etmek için bir kural tabanlı formatımız olduğunu düşünürsek, bu kurallar aşağıdaki şekillerde gösterilebilir.

Kural 1: Eğer $x, \tilde{A}'$ ise o zaman $y, \tilde{B}'$ dir.Buradan $\tilde{B}'$ elde edilebilir. Her iki formül bize aşağıdaki eşitliği vermektedir.

$$\tilde{B}' = \tilde{A}' \circ \tilde{R}$$

$x=\{1,2,3,4\}$ olsun. $\tilde{A}$ =Küçük $=\{ (1,1), (2,0.6), (3,0.2), (4,0) \}$

$\tilde{R}$ = “Yaklaşık olarak eşit” bulanık ilişkisi aşağıdaki şekilde ifade edilsin.

	1	2	3	4
1	1	0.5	0	0
2	0,5	1	0,5	0
3	0	0,5	1	0,5
4	0	0	0,5	1

$$\tilde{R}(x) = \tilde{A}, \quad \tilde{R}(x,y) = \tilde{B} \quad \text{ve} \quad \tilde{R}(y) = \tilde{A} \circ \tilde{B}$$

Burada max-min kompozisyonunu $\tilde{R}(y) = \tilde{A} \circ \tilde{B}'$ 'u hesaplamak için kullanırsak,

$$\tilde{R}(y) = \max_x \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{R}}(x,y) \}$$

= { (1,1), (2,0.6), (3,0.5), (4,0.2) } sonucunun muhtemel yorumu aşağıdaki gibidir.

x küçüktür.

x ve y yaklaşık olarak eşittir.

y az yada çok küçüktür.

3.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

3.3.1. Entropi ağırlığı temeline dayanan bulanık analitik hiyerarşi prosesi

3.3.1.1. Entropi ağırlığı

Sadece olasılık ölçümlerinde kullanılan Shannon Entropisi, H , aşağıdaki şekliyle ispat teorisinde de kullanılmaktadır.

$$H(m) = - \sum_{j=1}^n m(\{x\}) \log_2 m(\{x\}) \quad (3.15)$$

Klasik Bilgi Teorisinin temelini oluşturan bu fonksiyon, sonucu bilinmeyen deneylerden elde edilecek çıktı beklentisi ile ilgili ortalama belirsizliği ölçer ve rankı $[0, \log_2 |x|]$ 'dir.

$$\begin{array}{lll} \text{Eğer, } m(\{x\}) = 1 & x \in X & H(m) = 0 \\ m(\{x\}) = 1/|x| & x \in X & H(m) = \log_2 |x| \end{array}$$

Eğer bulanık yöntem, yönetimle ilgili bilgi edinme problemlerinde etkin olarak kullanılabilirse, tam tarif edilemeyen ölçüler daha iyi açıklanabilir. Örneğin; birbirlerinden farklı bir grup değişkenin birbirlerine olan etkilerinin dereceleri, bir işlemde kullanılan girdilerin her birinin çıktı üzerindeki etkisinin ne ölçüde olduğu, hiyerarşik yapının en alt seviyesinde bulunan bir faktörün daha üst seviyedeki faktörler üzerindeki etkisinin miktarı, vb.

Belirsizlik ölçümlerinin, yönetim belirsizliğinin üç ana prensibi üzerindeki rolü önemlidir. Bunlar, maksimum belirsizlik prensibi, minimum belirsizlik prensibi ve program sapmalarındaki belirsizlik prensibidir. Aşağıdaki örnekte, entropi ağırlığının hesaplanması için maksimum belirsizlik prensibi kullanılmaktadır.

Maksimum entropi olarak da telaffuz edilen maksimum belirsizlik prensibi, klasik bilgi teorileri içinde geliştirilerek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Maksimum entropi prensibinin genel formülü, Shannon Entropisini verilen kısıtlar doğrultusunda maksimize eden ihtimallik dağılımını açıklar.

$$\begin{aligned} \text{Max: } E (P(x_i) \mid i = 1, 2, \dots, n) \\ = - \sum_{j=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\text{Kısıt: } E(x) = \sum_{j=1}^n x_i \cdot P(x_i)$$

Entropi $E(P(x_i) | i=1, 2, \dots, n)$ aşağıdaki üç nedensel ve uyumlu eşitliği/ eşitsizliği tatmin eden tek formüldür.

$$H(P_1, P_2, \dots, P_n) \leq H\left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n}\right)$$

$$H(P_1, P_2, \dots, P_n) = H(P_1, P_2, \dots, P_n, 0) \quad (3.17)$$

$$H(AB) = H(A) + H(B/A)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

S_j : j nci sütunun toplamı, $j = 1, 2, \dots, n$

F_{ij} : ilgili frekans

$$S_j = \sum_{i=1}^m a_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{ve} \quad f_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j} \quad (3-18)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{S_1} & \frac{a_{12}}{S_2} & \dots & \frac{a_{1n}}{S_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{m1}}{S_1} & \frac{a_{m2}}{S_2} & \dots & \frac{a_{mn}}{S_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix}$$

$$H_1 = - \sum_{j=1}^n [f_{1j} \log_2 (f_{1j})]$$

$$H_2 = - \sum_{j=1}^n [f_{2j} \log_2 (f_{2j})]$$

$$\vdots$$

$$H_m = - \sum_{j=1}^n [f_{mj} \log_2 (f_{mj})]$$

(3.19)

Bu eşitlikler sayesinde bulunan sonuçlar normalize edilirse, hiyerarşiyi oluşturan faktörlerin ana amaca katkıları, yani, seçilecek alternatiflere ilişkin entropi

ağırlıkları bulunabilir. Ağırlığı en fazla olan alternatif, aynı zamanda ana amaca en fazla katkıda bulunan alternatiftir.

3.3.1.2. Değerlendirme yöntemleri ve algoritmaları

Çok ölçütlü karar verme problemlerini Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile çözebilmek için aşağıdaki algoritma takip edilmelidir.

(A) Hiyerarşik yapının kurulması için aşağıdaki yol takip edilmelidir.

1. Problemi tanımlayın ve problemin neler istediğini ortaya çıkarın.
2. Ana amaç ve buna bağlı olarak alt amaçları saptayın. “Başarmak için ne yapmalıyım?” sorusunu kendinize sorun.
3. Ana amaca hizmet eden alt amaçları tatmin eden, üst ve alt kriterleri saptayın.
4. Alternatif ve onlara ait çıktıları saptayın. Örneğin, evet veya hayır cevaplı kararlar, alternatiflerin yapılıp yapılmayacağını ortaya koyar.
5. En üst yönetim seviyesinden orta seviyeye, orta seviyeden de problemin kontrol altına alındığı ve çözüldüğü en alt seviyeye kadar hiyerarşik yapı çerçevesini kurun.

(B) Karar verme kriterinin üyelik fonksiyonlarını oluşturulur.

Genellikle karar fonksiyonlarını oluşturan değerler, o konu ile ilgili uzmanların tecrübeleri sonucu ortaya çıkar.

(C) Performans değeri (g_i) hesaplanır.

Elde edilen bulanık küme üyelik fonksiyonu kullanılarak , üyelik fonksiyonu değeri (g_i) hesaplanabilir.

(D) Toplam ağırlıkları hesaplamak için Bulanık AHP yöntemi ve entropi ağırlığı yönteminden yararlanılır. Performans değerleri, karar matrisindeki yerine yazılır. Bulanık karar matrisini temsil etmek için, “aralıklı aritmetik” kullanılır ve entropi ağırlığı yöntemiyle toplam ağırlıklar hesaplanır. Karar verme metodolojisinin hesaplama yöntemi aşağıda özetlenmiştir.

1. Hiyerarşik yapı içerisinde göreceli önemlerini hesaplamak için, faktörlerin performans değerleri, $\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ gibi bulanık rakamlar kullanılarak karşılaştırılır.

2. Toplam bulanık karar matrisi $\tilde{A}$ 'yı kurmak için, bulanık ağırlık vektörü $\tilde{W}$ 'yi, bulanık karar matrisi $\tilde{X}$ (daha önceden her kriter K_i için bulanık karar vektörü $\tilde{x}_i$ yazılarak oluşturulmuştu) ile çarpıyoruz.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 X \tilde{x}_{11} & \tilde{w}_2 X \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{w}_n X \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{w}_1 X \tilde{x}_{21} & \tilde{w}_2 X \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{w}_n X \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{w}_1 X \tilde{x}_{n1} & \tilde{w}_2 X \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{w}_n X \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix}$$

3. Aralıklı aritmetik ve α -kesmeyi kullanarak bulanık çarpma ve toplamalar yapılabilir.

$$\tilde{A}_\alpha = \begin{bmatrix} [a_{11}^\alpha, a_{11}^\alpha], [a_{12}^\alpha, a_{12}^\alpha], \dots, [a_{1n}^\alpha, a_{1n}^\alpha] \\ [a_{21}^\alpha, a_{21}^\alpha], [a_{22}^\alpha, a_{22}^\alpha], \dots, [a_{2n}^\alpha, a_{2n}^\alpha] \\ \vdots \\ [a_{n1}^\alpha, a_{n1}^\alpha], [a_{n2}^\alpha, a_{n2}^\alpha], \dots, [a_{nn}^\alpha, a_{nn}^\alpha] \end{bmatrix}$$

$$a_{ijl}^\alpha = w_{jl}^\alpha x_{ijl}^\alpha, \quad a_{iju}^\alpha = w_{ju}^\alpha x_{iju}^\alpha \quad 0 < \alpha < 1 \quad \forall i, j$$

4. Toplam bulanık karar matrisi $\tilde{A}$ 'nın tatmin derecesini tahmin edilir. α sabit iken, karar vericinin iyimserlik derecesi sayesinde λ 'nın iyimserlik indeksi kurulabilir. İyimserlik indeksi lineer konvektir ve şu eşitlikle tanımlanır:

$$\hat{a}_{ij}^\alpha = (1 - \lambda)a_{ijl}^\alpha + \lambda a_{iju}^\alpha, \quad \forall \lambda \in [0, 1] \quad (3.20)$$

Böylece kesin karar matrisi $\hat{A}$ oluşturulur.

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} \hat{a}_{11}^\alpha & \hat{a}_{12}^\alpha & \dots & \hat{a}_{1n}^\alpha \\ \hat{a}_{21}^\alpha & \hat{a}_{22}^\alpha & \dots & \hat{a}_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{a}_{n1}^\alpha & \hat{a}_{n2}^\alpha & \dots & \hat{a}_{nn}^\alpha \end{bmatrix}$$

5. Son olarak entropi ile ilgili frekans ve entropi, eşitlik (3.17) ve (3.18) formülleri kullanılarak hesaplanır. Çıkan sonuçlar normalize edilir ve yüzde cinsinden ana amaca en fazla katkıda bulunan alternatif, yani entropi ağırlığı en fazla olan alternatif seçilir. (Cheng, 1996)

3.3.2. Bulanık sayıların sıralanmasına dayalı analitik hiyerarşi prosesi

3.3.2.1. Bulanık sayıların sıralanması

Bir çok bulanık karar verme problemlerinde , alternatiflerin aldıkları son değerler bulanık sayılarla ifade edilmektedir. Bulanık sayılar kullanılarak alternatif sıralaması oluşturmakla ilgili bir çok araştırma yapılmış ve ortaya bir çok yöntem konulmuştur. Bu yöntemlerden her birinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bulanık sayıların sıralanması amacıyla ortaya konulan üç yöntem aşağıda açıklandığı gibidir. (Cheng, 1999)

Sezgisel sıralama metodu

Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu eğrisi yardımıyla, bir çok bulanık sayı sezgisel olarak sıralanabilmektedir. Lee ve Li (1988) tarafından ortaya konulan bu yöntemde , insanoğlunun sezgisinin standart sapması düşük ortalama değerlerin bulunması konusunda en iyi araç olduğunu belirtmişlerdir.

α -Kesme ile sıralama metodu

Adamo (1980) tarafından ortaya konulan α -kesme yönteminde $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ gibi iki bulanık sayı karşılaştırılarak $[0,1]$ aralığında α değeri ve $\tilde{A}^\alpha = [a_1, a_2]$, $\tilde{B}^\alpha = [b_1, b_2]$ değerleri belirlenmektedir. Eğer, $a_2 \leq b_2$ ise $\tilde{A} \leq \tilde{B}$ eşitliği ortaya konmaktadır. Bu yöntemde α değerinin 0.5'ten büyük seçilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.

Bulanık ortalama değer ve sapmalar

Bulanık sayıların sıralanması için bulanık olayların ihtimal ölçümlerine dayalı standart sapma ve ortalama değer kullanılması Lee ve Li tarafından bu yöntem ile uygulanmaktadır. Bu yöntem, bulanık ortalama değer ve bulanık dağılımlar olmak üzere iki farklı kriter temelli bulanık sayıları sıralar. Bulanık olaylar / faaliyetler için aşağıda açıklandığı gibi iki çeşit ihtimallik dağılımının olabileceği varsayılmıştır.

(i) Düzgün Dağılım : $f(\tilde{A}) = 1 / |\tilde{A}|$ ve $\tilde{A} \in D$

$$\bar{x}_U(\tilde{A}) = \int_{s(\tilde{A})} x \cdot \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot dx / \int_{s(\tilde{A})} \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot dx \quad (3.21a)$$

$$\sigma_U(\tilde{A}) = \left[\left(\int_{s(\tilde{A})} x^2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot dx / \int_{s(\tilde{A})} \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot dx \right) - (\bar{x}_U(\tilde{A}))^2 \right]^{1/2}$$

$s(\tilde{A})$: Bulanık $\tilde{A}$ kümesinin çözümünün olduğu sınırlardır.

$\tilde{A}$, üçgensel bulanık sayı iken, eşitlik (3.21a) yerine aşağıdaki formüller yazılabilir.

$$\bar{x}_U(\tilde{A}) = \frac{1}{3} (l + m + n)$$

$$\sigma_U(\tilde{A}) = \frac{1}{18} (l^2 + m^2 + n^2 - lm - ln - mn) \quad (3.21b)$$

$$l = \inf S(\tilde{A}), \quad \mu_{\tilde{A}}(m) = 1, \quad n = \sup S(\tilde{A})$$

(ii) Orantılı Dağılım : $f(\tilde{A}) = k \cdot \mu_{\tilde{A}}(x)$, $\tilde{A} \in O$ ve k : orantı sabiti

$$\bar{x}_P(\tilde{A}) = \int_{s(\tilde{A})} x^2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot dx / \int_{s(\tilde{A})} (\mu_{\tilde{A}}(x))^2 dx \quad (3.22a)$$

$$\sigma_P(\tilde{A}) = \left[\left(\int_{s(\tilde{A})} x^2 \cdot (\mu_{\tilde{A}}(x))^2 \cdot dx / \int_{s(\tilde{A})} (\mu_{\tilde{A}}(x))^2 \cdot dx \right) - (\bar{x}_P(\tilde{A}))^2 \right]^{1/2}$$

$\tilde{A}$, üçgensel bulanık sayı iken, Eşitlik (2-22a) yerine aşağıdaki formüller yazılabilir.

$$\bar{x}_P(\tilde{A}) = (l + 2m + n) \quad (3.22b)$$

$$\sigma_P(\tilde{A}) = (3l^2 + 4m^2 + 3n^2 - 2lm - 4ln - 4mn)$$

3.3.2.2. Yöntem ve algoritma

Sıralama metodunun temel özelliği, alternatiflerin kriterlerden aldıkları heterojen performans değerlerini homojen değerlere çevirmesidir. Heterojen performans değerleri, problem içerisinde homojen değerlere çevrilir. Bu yöntem, kriterler arası göreceli ağırlıkları belirlemek için $\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ 'dan oluşan bulanık oran ölçeğini kullanmaktadır. Bulanık oran ölçeği kullanılarak kriterler arası ağırlık vektörü bulunur. Bulanık ağırlık vektörü ile bulanık yargı matrisi çarpılarak, alternatifler arası öncelikler belirlenir.

Karar verme yönteminin hesaplama prosedürü aşağıdaki şekilde olmaktadır.

(A) Hiyerarşik yapının kurulması,

1. Problemi tanımlanır ve problemin gerekleri ortaya konur.

2. Ana amaç ve buna bağlı olarak alt amaçları belirlenir. “Neyi başarmak istiyoruz ?” sorusuna cevap aranır.

3. Ana amaca hizmet eden alt amaçları tatmin eden, kriter ve alt kriterler belirlenir.

4. Alternatif ve onlara ait çıktılar belirlenir. Evet-Hayır cevaplı kararlar, alternatiflerin yapılıp yapılamaz olduğunu ortaya koyar.

5. En üst yönetim düzeyinden ilgili orta düzeylere ve oradan da problemin kontrol altına alındığı ve çözüldüğü en alt seviyeye kadar hiyerarşik yapının kurulması.

(B) Bulanık Yargı Matrisinin Kurulması,

Her düzeydeki öğelerin bir üst düzeydeki kriterlere göre göreceli önemlerini belirtmek için bir bulanık sayı kullanılır. Her kriter için bir bulanık göreceli önem vektörü oluşturulur. Bütün kriterler için oluşturulan bulanık göreceli önem vektörlerinin bir araya getirilmesiyle Bulanık Yargı Matrisi elde edilir.

(C) Bulanık yargı matrisi ile ilgili kriterlerin bulanık ağırlık vektörlerinin çarpılması,

(D) Bulanık sayıların sıralanması,

Bir çok bulanık sayı üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu eğrisi vasıtasıyla, sezgisel olarak sıralanabilmektedir. Eğer, alternatiflerin göreceli önemleri eğri vasıtasıyla sezgisel olarak sıralanamıyorsa; α -kesme metodu veya bulanık ortalama değer ve sapmalar yöntemi ile sıralamaya çalışılır. Örneğin, eğer $i \neq j$ durumu için $\tilde{r}_i > \tilde{r}_j$ ise ($i=1,2,...,m$) o zaman $\tilde{r}_i$, en iyi çözümdür. (Cheng, 1999)

3.3.3. Yager yöntemi

Yager (1978) tarafından ortaya konulan bu yöntem, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesine dayanmaktadır. Yöntemde alternatiflere her bir kriteri karşılama derecesine göre puan verilmektedir. Daha sonra Saaty yöntemiyle, kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinin öz değer vektörleri bulunarak, bu öz değer vektörlerine göre kriterler ağırlıklandırılmaktadır. Elde edilen bu matris değerlerine min max yaklaşımı ile karar verilmektedir. (Çakır, 2001)

Matematiksel olarak ifade edilecek olursa ; $x = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ alternatifler kümesi olsun. Kriterler $\tilde{G}_j$ ($j = 1,2,...,m$) şeklinde ifade edilen bulanık kümelerden

oluşsun. J kriterinin ağırlıkları da W_j olarak ifade edilmiş olsun. Bu durumda alternatif x_i tarafından kriter $\tilde{G}_j$ 'ye olan katkının üyelik derecesi $\mu_{G_j}(x_i)$ şeklinde ifade edilir. Yukarıda yapılan tanıma dayalı olarak bütün bulanık hedeflerin kesişimini ifade eden karar kümesi ise ;

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1^{w_1} \cap \tilde{G}_2^{w_2} \text{ ise } \cap, \dots, \cap \tilde{G}_m^{w_m}$$

eşitliği ile ifade edilir. Optimum alternatif bulanık küme $\tilde{D}$ 'ye en yüksek derecede üyelik fonksiyonuna sahip değerdir. Yöntemin çözüm algoritması şöyledir.

1. Birbirleri arasında amaçların göreceli önemlerini, α_i , karşılaştırarak ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. α_i değerleri bir M matrisinde toplanır.

$$M = \begin{bmatrix} \alpha_1/\alpha_1 & \alpha_1/\alpha_2 & \dots & \alpha_1/\alpha_n \\ \alpha_2/\alpha_1 & \alpha_2/\alpha_2 & \dots & \alpha_2/\alpha_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_n/\alpha_1 & \alpha_n/\alpha_2 & \dots & \alpha_n/\alpha_n \end{bmatrix}$$

2. Saaty'nin önerdiği öz vektör yöntemiyle W_j ağırlıkları hesaplanır.
3. Üssel olarak $\mu_{G_j}(x_i)$ 'nin W_j ağırlıklarına göre hedefe olan katkısı ağırlıklandırılır. Sonuç olarak küme $(\tilde{G}_j(x_i))^{w_j}$ 'dir.
4. Bütün bulanık hedeflerin kesişimini ifade eden karar kümesi aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{D} = \{ (x_i, \min (\mu_{G_j}(x_i))^{w_j}) \quad i = 1, 2, \dots, m \} \quad (3.23b)$$

5. $\tilde{D}$ bulanık kümesinin en yüksek derecesini sağlayan x_i seçilir.

3.3.4. Bulanık uygunluk indeksli çok ölçütlü karar verme yöntemi

İki veya daha fazla kritere sahip alternatifler arasında seçim yapmak, çok kriterli bir karar verme problemidir. Gereksinimler için değişen önem derecelerini sergileyen kriterler, genellikle nitel olarak tanımlanır veya sezgisel olarak ölçülür. Kriterlerin istenen değerleri ve önem ağırlıkları genellikle dilsel olarak tanımlanır. Örneğin seçilen bir alternatifin değeri “Çok iyi” olarak ifade ediliyorsa , bu alternatif “Tavsiye edilen” olarak veya “İyi” olarak ifade ediliyorsa “Kesin değere eşit veya biraz daha küçük” olarak değerlendirilmelidir. Bu şekilde her alternatif için kesin olarak gruplama yapmak pek kolay değildir. Bu sebeple bir seçim sürecindeki bu

sezgisellik nedeniyle Bulanık Uygunluk İndeksli Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi geliştirilmiştir. (Liao, 1996)

Her alternatif farklı fiziksel, mekanik ve kimyasal kriterlere sahiptir. Fiziksel kriterler; yoğunluk, sıcaklık, genişleme, iletkenlik, erime, elektrik ve manyetik kriterleri içerir. Önemli mekanik kriterler ; güç, sertlik, eğilmezlik, yorgunluk ve güç-ağırlık oranı olarak düşünülebilir. Kimyasal kriterler ; oksitlenme, korozyon, zehirlilik ve yanabilirlik olarak düşünülebilir. Alternatif kriterleri ölçümlerine göre iki grupta sınıflandırılabilirler : Nitel kriterler ve nicel kriterler.

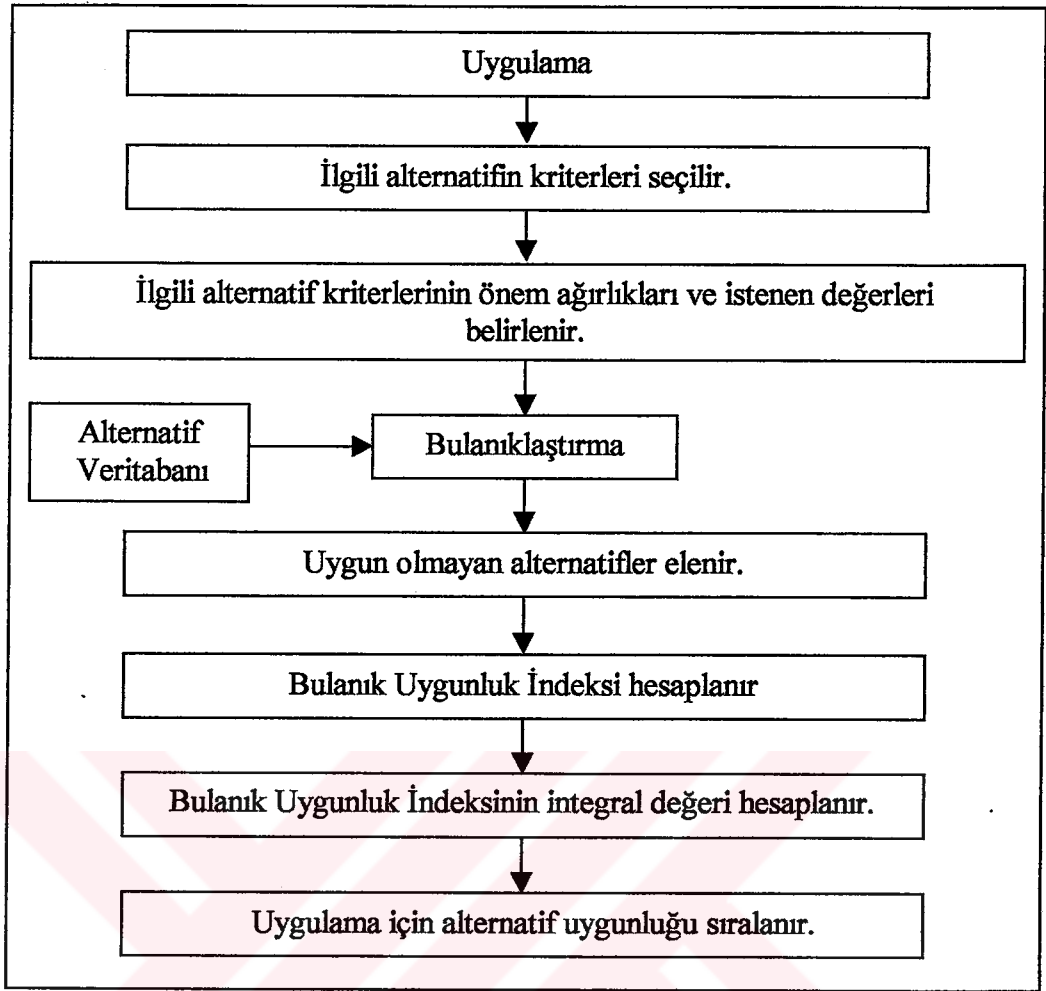
1. Nitel kriterler : Bazı alternatif kriterleri basit bir şekilde ölçülememektedir fakat bulanık ifadeler kullanılarak “Tavsiye Edilir” , “Kabul Edilir” ,”Tavsiye Edilmez” veya “Mükemmel”, “İyi”, “Normal”, “Kötü” gibi farklı kelimelerle nitel olarak tanımlanabilir.

2. Nicel kriterler : Bazı kriterler sayısal olarak ifade edilebilir ve bazıları da genellikle sabit olarak değil de iki değer (min. ve max.) arası bir değer olarak belirtilir. Örneğin Tabancanın ağırlığı 750 gram iken, İsabet Olasılığı [%35- 48] olarak ifade edilebilir.

3.3.4.1. Bulanık küme teorisine dayalı alternatif seçimi

Bulanık Küme Teorisi konseptini kullanarak alternatif seçim problemine sistematik bir yaklaşım öngörülmektedir. Şekil 3.15, alternatif seçim metodolojisine dayalı Bulanık teorisinin akış diyagramını göstermektedir. Önerilen yöntem tek bir KV’yi farz etmektedir.

KV, belirli bir uygulama için ihtiyaç duyulacak kriterleri belirleyerek, bu kriterlere ait önem derecelerini atamaktan sorumludur. Veri tabanındaki her alternatif, uygulama için seçilebilecek bir alternatiftir. Sistem veri tabanındaki tüm alternatiflerin uygunluğunu atar, ileriki safhalar için uygun olmayan alternatifleri eler ve tüm uygun alternatiflere bir nihai sıralama verir.



Şekil 3.15 Alternatif seçim metodolojisine dayalı bulanık küme teorisi akış diyagramı

3.3.4.2. Bir alternatifin üyelik fonksiyonu

Bulanık Küme Teorisine göre X evren uzayında bir alt küme olan $\tilde{A}$ bulanık kümesi $f_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. X uzayında her eleman x 'in gerçek değeri $[0,1]$ aralığındadır. $f_{\tilde{A}}(x)$ fonksiyon değeri $\tilde{A}$ 'daki x 'in üyelik derecesini ifade etmektedir. $f_{\tilde{A}}(x)$ değerinin büyümesi $\tilde{A}$ 'daki x için üyelik derecesinin kuvvetlenmesi anlamına gelir. Bulanık sayı konsepti aşağıdaki gibi tanımlanır.

Tanım : Bir $\tilde{A}$ bulanık sayısı R gerçekteki sayıların özel bir bulanık alt kümesidir. Onun üyelik fonksiyonu $f_{\tilde{A}}(x)$, sürekli olarak R 'den $[0,1]$ kapalı aralığına doğrudur ve bu da aşağıdaki gibi karakteristikleri içerir.

$$-\infty \leq \alpha \leq \beta \leq \tau \leq \delta \leq \infty$$

- $f_A(x) = 0$ $(-\infty, \alpha] \cup [\delta, \infty)$ 'daki tüm x 'ler için,
- $f_A(x)$, $[\alpha, \beta]$ 'de yavaşça artmaktadır.
- $f_A(x) = 1$ $[\beta, \tau]$ 'deki tüm x 'ler için,
- $f_A(x)$, $[\tau, \delta]$ 'de yavaşça azalmaktadır.

$\tilde{A}$ bulanık sayısının $f_A(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}
 f_A(x) &= f_A^L(x) , \quad \alpha \leq x \leq \beta \\
 &= 1 , \quad \beta \leq x \leq \tau \\
 &= f_A^R(x) , \quad \tau \leq x \leq \delta \\
 &= 0 , \quad \text{diğer durumlarda}
 \end{aligned} \tag{3.24a}$$

Burada $f_A^L(x) : [\alpha, \beta] \rightarrow [0,1]$ ve $f_A^R(x) : [\tau, \delta] \rightarrow [0,1]$ durumu mevcuttur.

Yukarıda bahsedilen karakteristiklere sahip bulanık sayılar için bir çok farklı üyelik fonksiyonları tanımlanmaktadır. İki örnek üçgensel ve trapezoidal fonksiyonlardır.

R 'deki $\tilde{A}$ bulanık sayısı, eğer üyelik fonksiyonu $f_A : R \rightarrow [0,1]$

$$\begin{aligned}
 f_A(x) &= (x - \alpha) / (\beta - \alpha) , \quad \alpha \leq x \leq \beta \\
 &= 1 , \quad \beta \leq x \leq \tau \\
 &= (\tau - x) / (\tau - \delta) , \quad \tau \leq x \leq \delta \\
 &= 0 , \quad \text{diğer durumlarda}
 \end{aligned} \tag{3.24b}$$

şeklinde ise bir trapezoidal bulanık sayıdır. Burada $\alpha \leq \beta \leq \tau \leq \delta$ şeklindedir.

Trapezoidal bulanık sayı $(\alpha, \beta, \tau, \delta)$ şeklinde tanımlanabilir.

R 'deki $\tilde{A}$ bulanık sayısı, eğer üyelik fonksiyonu $f_A : R \rightarrow [0,1]$

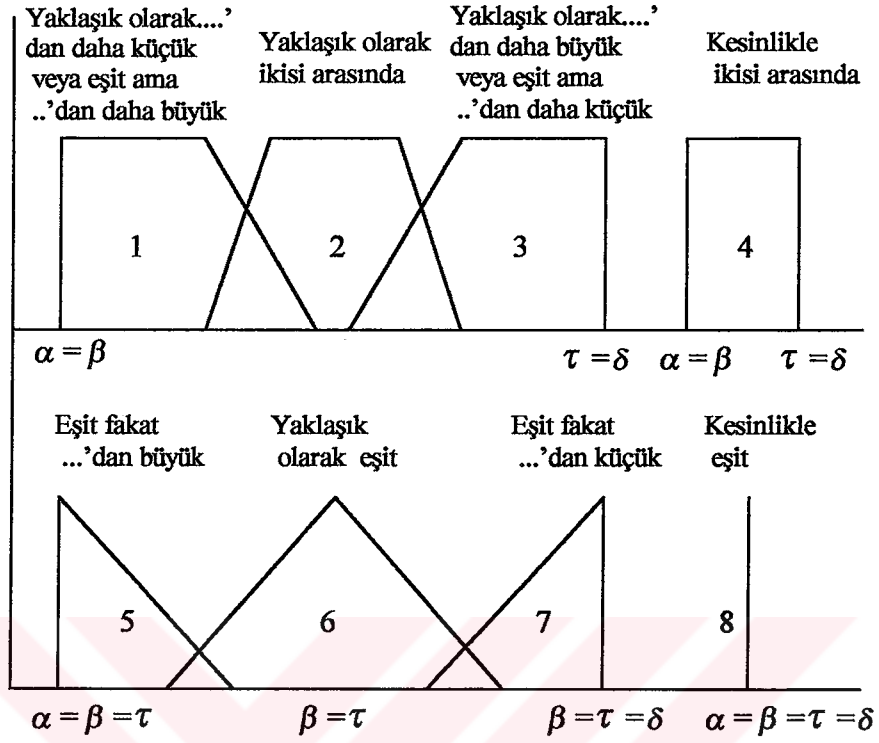
$$\begin{aligned}
 f_A(x) &= (x - \alpha) / (\beta - \alpha) , \quad \alpha \leq x \leq \beta \\
 &= (\tau - x) / (\tau - \delta) , \quad \beta \leq x \leq \delta
 \end{aligned} \tag{3.24c}$$

şeklinde ise bir üçgensel bulanık sayıdır. Burada $\alpha \leq \beta \leq \delta$ şeklindedir

Üçgensel bulanık sayı Trapezoidal bulanık sayının özel bir halidir. Bu nedenle bir üçgensel bulanık sayı, bir trapezoidal sayı gibi ifade edilebilir ve $(\alpha, \beta, \beta, \delta)$ şeklinde gösterilir.

α, β, τ ve δ değerlerine dayanılarak sekiz farklı trapezoidal üyelik fonksiyonu formu oluşturulmuştur. Şekil 3.16 Trapezoidal fonksiyonlarını, karşılıklarını ve dilsel anlamlarını göstermektedir. Örneğin Form 1, $\alpha = \beta$

trapezoidal fonksiyonudur ve anlamı “Yaklaşık olarak.....’ dan daha küçük veya eşit ama’dan daha büyük”tür.



Şekil 3.16 Trapezoidal fonksiyonların formları

3.3.4.3. Nicel kriterler için üyelik değerleri

Nicel bir kriterin değeri yaklaşık olarak bir sayıya eşit veya iki sayı arasında olduğundan dolayı, alternatiflerin nitel kriterlerini ifade etmek için üçgensel fonksiyondan ziyade trapezoidal fonksiyona ihtiyaç duyulur. Örneğin “Yaklaşık olarak 360 ile 400 arasında” bir değere sahip bir kriter (355,360,400,405) (Şekil 3.16 Form 2)’daki gibi ifade edilebilir. Diğer yandan “Yaklaşık olarak 300’e eşit” bir değere sahip (295,300,300,305) (Şekil 3.16 Form 6)’daki şekilde ifade edilebilir.

İstenen bir nicel kriter , “Bulanık bir değere eşit veya küçük” gibi belirlenebilir. Bulanık değer, bazen bulanık eşik olarak da isimlendirilebilir. Örneğin, istenen bir alternatif maliyeti yaklaşık 10\$’a eşit veya küçük ise, böyle bir durumda üyelik fonksiyonu (0,0,10,11) şeklinde tanımlanabilir. Çünkü minimum maliyet kesinlikle 0’dır.

3.3.4.4. Nitel kriterler için üyelik değerleri

Nitel kriter, doğal ve yapay dildeki kelimeler ve cümlelere sahip dilsel değişkenlerdir. Örneğin incelediğimiz tabancalar için “Basitlik” bir dilsel değişkendir. Değerleri de “Basit” ($\tilde{B}$), “Normal” ($\tilde{N}$) ve “Karmaşık” ($\tilde{K}$)’dir. Bulanık Küme Teorisini kullanarak bu dilsel değişkenlere ait üyelik fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

$$\tilde{B} : (0,0,0,20)$$

$$f(x) = 1 - \frac{x}{20}, \quad 0 \leq x \leq 20$$

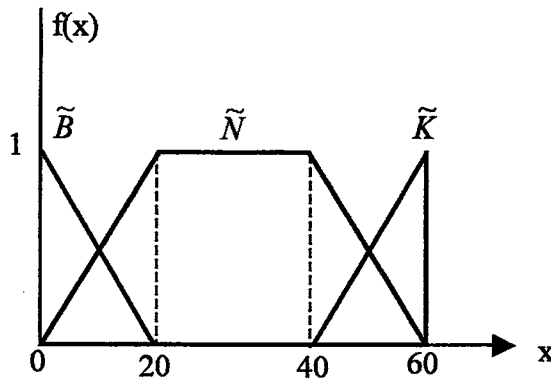
$$\tilde{N} : (0,20,40,60)$$

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{x}{20}, \quad 0 \leq x \leq 20 \\ &= 1, \quad 20 \leq x \leq 40 \\ &= 3 - \frac{x}{20}, \quad 40 \leq x \leq 60 \end{aligned}$$

$$\tilde{K} : (40,60,60,60)$$

$$f(x) = \frac{x}{20} - 2, \quad 40 \leq x \leq 60$$

“Basit”, “Normal” ve “Karmaşık” dilsel değerleri için Üyelik Fonksiyonlarının Grafik Gösterimi Şekil 3.17.’deki gibidir. Diğer dilsel değişkenler için, dilsel değerler “Basitlik”ten farklı tanımlanabilir. Örneğin “Tabanca Emniyetliliği” için muhtemel değerler kümesini $\{ \tilde{ÇK}, \tilde{K}, \tilde{N}, \tilde{İ}, \tilde{Çİ} \}$ şekilde tanımlayabiliriz. Anlamları ise “Çok Kötü”, “Kötü”, “Normal”, “İyi”, “Çok İyi” şeklindedir. Bu değerler için üyelik fonksiyonları ve trapezoidal bulanık sayı tanımlamaları “Önem Ağırlığı” için değerlerin tanımlamasına benzer şekilde tanımlanabilir.



Şekil 3.17 “ $\tilde{B}$ ”, “ $\tilde{N}$ ”, “ $\tilde{K}$ ” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

3.3.4.5. İlgili alternatif kriterlerinin önemi

Alternatif kriterlerinin önem ağırlıkları ya direk ağırlık atamayla ya da ikili karşılaştırmaları kullanarak indirek olarak elde edilebilir.

Direk olarak ağırlık atamak için KV, bir ağırlık kümesine ihtiyaç duymaktadır. Bu amaçla “Çok Düşük”, “Düşük”, “Normal”, “Yüksek”, “Çok Yüksek” anlamlarını ifade eden $\{\tilde{C}\tilde{D}, \tilde{D}, \tilde{N}, \tilde{Y}, \tilde{C}\tilde{Y}\}$ kümesi bir alternatif kriterlerinin önemini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Önem ağırlığı, aşağıda tanımlandığı gibi muhtemel değerler kümesi ile birlikte bir dilsel değişkendir. Alt ve üst sınırları 0 ile 1 değerlerinden oluşmaktadır. Önem ağırlıkları, KV'den kriterleri belirli bir oran ölçeğine uygun ağırlıklandırması istenerek elde edilebilir.

$$\tilde{C}\tilde{D}: (0, 0, 0, 0.3)$$

$$f(x) = 1 - \frac{10x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 0.3$$

$$\tilde{D}: (0, 0.3, 0.3, 0.5)$$

$$f(x) = \frac{10x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 0.3$$
$$= \frac{5}{2} - 5x, \quad 0.3 \leq x \leq 0.5$$

$$\tilde{N}: (0.2, 0.5, 0.5, 0.8)$$

$$f(x) = \frac{10x}{3} - \frac{2}{3}, \quad 0.2 \leq x \leq 0.5$$
$$= \frac{8}{3} - \frac{10x}{3}, \quad 0.5 \leq x \leq 0.8$$

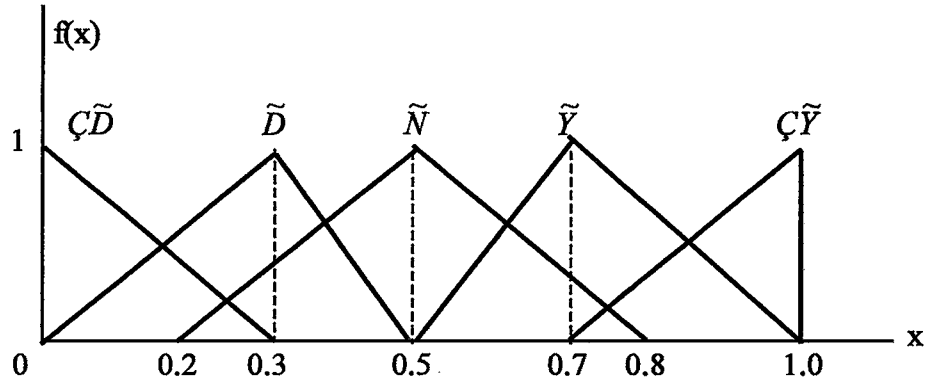
$$\tilde{Y}: (0.5, 0.7, 0.7, 1.0)$$

$$f(x) = 5x - \frac{5}{2}, \quad 0.5 \leq x \leq 0.7$$
$$= \frac{10}{3} - \frac{10x}{3}, \quad 0.7 \leq x \leq 1.0$$

$$\tilde{C}\tilde{Y}: (0.7, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0)$$

$$f(x) = \frac{10x}{3} - \frac{17}{3}, \quad 0.7 \leq x \leq 1.0$$

“Çok Düşük”, “Düşük”, “Normal”, “Yüksek”, “Çok Yüksek” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi Şekil 3.18'deki gibidir.



Şekil 3.18 “ÇD”, “D”, “N”, “Y”, “ÇY” dilsel değerler için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Direk yaklaşımı kullanarak, aynı zamanda alternatif kriterlerinin çok fazla sayılarını değerlendirmek çok zordur. Bu yaklaşım , eğer değerlendirilecek çok fazla alternatif kriteri yok ise kullanımı kolay ve uygundur.

Diğer bir yaklaşımsa daha önce anlatılan Saaty’nin oran ölçeğini kullanarak, kriterleri ikiye ikiye karşılaştırarak ikili karşılaştırmalar matrisinin elde edilmesi ve göreceli önemlerinin bulunması yaklaşımıdır. Hangi yaklaşım kullanılırsa kullanılsın, önem ağırlıkları $\tilde{w}_j = (w_{a_j}, w_{b_j}, w_{c_j}, w_{d_j})$ şeklinde trapezoidal bulanık sayılar olarak ifade edilmelidir.

3.3.4.6. Bir alternatifin uygunluğu

Eğer alternatif kriterlerinden herhangi birinin değeri isteği karşılamıyorsa, bu alternatifin uygun olmadığı düşünülür. Karar, istenilen değer ile kriter değerinin karşılaştırılmasına dayalı olarak verilir.

Bir alternatifin kriterleri $\tilde{P}_j = (pa_j, pb_j, pc_j, pd_j)$ ve bu alternatif için istenilen değerler $\tilde{D}_j = (da_j, db_j, dc_j, dd_j)$ olsun.

Eğer $pd_j \leq da_j$ ise , j değerinin büyük olması istendiği için ; $pa_j \geq dd_j$ ise, j değerinin küçük olması istendiği için, i alternatifi uygun değildir sonucuna varılır.

Yukarıdaki değerlendirmeye dayanarak, uygun olmayan alternatifler, alternatif seçim işleminin ileriki işlemleri düşünülerek belirlenir ve elenir. Bu kurala kesin sınırları belli olmayan aralık değerleri istisna olabilir. En uygun alternatifleri

elememek için, bu kriterler için istenen aralık değerleri dışında değerlere sahip olan alternatifler seçim işleminde ayıklanmalıdır.

Bir alternatifin uygunluğunu belirlemek için “Bulanık Uygunluk İndeksi” kullanılmaktadır. İndeks, alternatif kriterlerinin önemlerini ve alternatiflerin uygunluğunu değerlendirerek belirsizliği ölçmektedir. Bu yöntemde i alternatifine j kriterine göre bir oran atamak için, $\tilde{S}_{ij}$, Bulanık Aritmetik İşlemler kullanılmaktadır. $\tilde{S}_{ij}$, istenilen değer $\tilde{D}_j$ ile düzenlenmiş alternatif kriteri $A\tilde{P}_{ij}$ arasındaki uyuma bağlı olarak değerlendirilir.

Eğer $\tilde{D}_j$ 'nin büyük bir değer olması isteniyorsa, eşitlik (3.25) $\tilde{S}_{ij}$ değerini hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$\tilde{S}_{ij} = (A\tilde{P}_{ij} \ominus \tilde{D}_j) \oslash \tilde{D}_j \quad (3.25a)$$

$$A\tilde{P}_{ij} = nd_j \oplus (pa_{ij}, pb_{ij}, pc_{ij}, pd_{ij}) \quad (3.25b)$$

$$nd_j = | \min (pa_{ij}) - dd_j | \quad (3.25c)$$

Diğer yandan $\tilde{D}_j$ değerinin küçük olması isteniyorsa, eşitlik (3.26) kullanılır.

$$\tilde{S}_{ij} = (\tilde{D}_j \ominus A\tilde{P}_{ij}) \oslash \tilde{D}_j \quad (3.26a)$$

$$A\tilde{P}_{ij} = (pa_{ij}, pb_{ij}, pc_{ij}, pd_{ij}) \ominus nd_j \quad (3.26b)$$

$$nd_j = | da_j - \max (pd_{ij}) | \quad (3.26c)$$

Alternatif kriterlerinin istenen değerleri, alternatif kriter değerleri gibi ya yaklaşık olarak belirtilir ya da aralık değeri olarak KV tarafından belirlenir. Değerler belirlendikten sonra, trapezoidal bulanık sayı olarak ifade edilir.

$\tilde{S}_{ij}$ bir trapezoidal bulanık sayıdır ve $(sa_{ij}, sb_{ij}, sc_{ij}, sd_{ij})$ şeklinde gösterilir.

$\tilde{S}_i$ alternatifi için nihai uygunluk indeksi aşağıdaki eşitlikle elde edilir.

$$\tilde{S}_i = \frac{1}{n} \otimes [(\tilde{S}_{i1} \otimes \tilde{w}_1) \oplus (\tilde{S}_{i2} \otimes \tilde{w}_2) \oplus \dots \oplus (\tilde{S}_{in} \otimes \tilde{w}_n)] \quad (3.27)$$

Burada n , seçilen ilgili alternatif kriterlerinin toplam sayısıdır.

3.3.4.7. Alternatiflerin sıralanması

Bulanık sayıların sıralanması için bir çok yöntem önerilmiştir. Bunlardan bazıları tekrar tekrar incelenmiş ve uygulanmıştır. Genellikle bu yöntemler, iki yaklaşım olarak sınıflandırılabilir.

1. Bir sıralama fonksiyonuna bağlı olarak klasik ilişkileri kullanarak bulanık sayıların sıralanması,
2. En iyi alternatif olmak için farklı üyelik derecelerine sahip her alternatif ile bulanık optimal alternatifler kümesi elde etmek.

Liou ve Wang (1992) tarafından önerilen integral değerleri ile bulanık sayıların sıralanması yöntemi, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında aşağıdaki avantajlara sahip olduğu görülmektedir.

1. Hesaplamalarda nispeten daha basit olması,
2. Sıralama için bulanık sayıların üyelik fonksiyonlarını kesin bir şekilde belirlemeye ihtiyaç olmaması,
3. Fonksiyonların normaliteleri ve kullanılan üyelik fonksiyonlarının tiplerinin bağımsız olması,
4. Bir çok bulanık sayıyı aynı zamanda sıralama kapasitesi,
5. KV'ye kendi iyimserlik seviyesini belirlemeye izin vermesi.

Eğer $\tilde{A}$, tanımda ifade edildiği gibi $f_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık sayı ise, μ iyimserlik indeksi ile birlikte toplam integral değeri

$$I_T^\mu = \mu I_R(\tilde{A}) + (1 - \mu) I_L(\tilde{A}) \quad (3.28)$$

şeklinde tanımlanır. Burada $I_R(\tilde{A})$ ve $I_L(\tilde{A})$, $\tilde{A}$ 'nın sağ ve sol integral değerleridir. $\mu \in [0,1]$ iken $I_L(\tilde{A})$ ve $I_R(\tilde{A})$ aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$I_L(\tilde{A}) = \int_0^1 g_{\tilde{A}}^L(y) dy \quad (3.29)$$

$$I_R(\tilde{A}) = \int_0^1 g_{\tilde{A}}^R(y) dy \quad (3.30)$$

Burada $g_{\tilde{A}}^L(y)$ ve $g_{\tilde{A}}^R(y)$, $f_{\tilde{A}}^L(y)$ ve $f_{\tilde{A}}^R(y)$ 'nin ters fonksiyonlarıdır. İyimserlik indeksi, μ , KV'nin iyimserlik derecesini belirtir. μ 'nün büyümesi iyimserlik derecesinin artmasını ifade eder.

$f_{\tilde{A}}^L(y)$ ve $f_{\tilde{A}}^R(y)$ 'nin ters fonksiyonları $g_{\tilde{A}}^L(y) = \alpha + (\beta - \alpha)y$ ve $g_{\tilde{A}}^R(y) = \delta + (\tau - \delta)y$ 'dir. Bu nedenle ;

$$I_L(\tilde{A}) = \int_0^1 g_{\tilde{A}}^L(y) dy = \int_0^1 [\alpha + (\beta - \alpha)y] dy = \frac{\alpha + \beta}{2} \quad (3.31)$$

ve

$$I_R(\tilde{A}) = \int_0^1 g_{\tilde{A}}^R(y) dy = \int_0^1 [\delta + (\tau - \delta)y] dy = \frac{\tau + \delta}{2} \quad (3.32)$$

Trapezoidal bulanık sayı $\tilde{A}$ için Toplam İntegral Değeri direk olarak aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$I_T^\mu(\tilde{A}) = \frac{1}{2} [\mu(\tau + \delta) + (1 - \mu)(\alpha + \beta)] \quad (3.33)$$

μ değeri KV tarafından belirlenir. Eğer $I_T^\mu(\tilde{S}_1) > I_T^\mu(\tilde{S}_2)$ ise birinci alternatifin sıralaması, ikinci alternatiften daha üsttedir.

4. T.S.K.'NDE KULLANILAN TABANCALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

4.1. Karşılaştırmaya Tabi Tutulacak Tabancalar

Namlu uzunluğu fişek yatağı hariç 30 cm.' yi veya bütün uzunluğu 50 cm.'yi geçmeyen , barut v.b. patlayıcı ve itici güç ile , gülle, mermi ,saçma , gaz veya diğer nesneleri atabilen ateşli silahlara tabanca denir. (Özpınar, 1999)

Tabancalar uzun namlulu silahlara göre hafif, şahlanması fazla,namlusu kısa ve bu nedenle nişan alınması güç ve atış hassasiyeti düşük silahlardır.Tabancaların üretim amacı, yakın mesafelerde etkili atış yapmaktır.Tabancalar normalde 40-50 metrelik bir mesafe içerisinde etkili ve başarılı vuruşlar için kullanılırlar. (Özdemir ve diğ., 1999)

T.S.K.'nin birliklerinde kullanılan farklı tiplerdeki tabancalar arasından dört adedi tezimizde uygulama konusunu teşkil etmektedir. Kara Kuvvetleri KOMutanlığı'nda kadro tabancası olarak kullanılan Kırıkkale tabancası, 1996 yılından itibaren subaylara beylik tabancası olarak verilmeye başlanan Beretta 92 FS tabancası, Özel Kuvvetler Komutanlığı tarafından kullanılan Sig Sauer P 226 tabancası ve Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda kullanılan ve Jandarma Komutanlığı tarafından alınması planlanan Sarsılmaz Kılıç 2000 tabancası tezimizde karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

4.1.1. Kırıkkale

1945 yılından itibaren Walther modeline uygun olarak Makine Kimya Endüstri Kurumu, MKEK, tarafından üretilmektedir. Standart olarak 7.65 mm. ve 9 mm. çaplarında kısa Browning tipi fişek kullanan , yarı otomatik, basit geri tepme sistemi ile çalışan, çift hareketli (Double Action) ateşleme düzenine sahip ve 7 adet fişek kapasiteli şarjör ile beslenen bir tabancadır.

4.1.1.1. Emniyet sistemleri

Kırıkkale tabancalarda ana emniyet sistemi olarak “mandal emniyeti”, yardımcı emniyet sistemleri olarak da “ikaz emniyeti ve tetik emniyeti” olmak üzere üç ayrı emniyet sistemi mevcuttur.

Mandal Emniyeti : Emniyet mandalı, sürgünün gerisinde ve yalnız sol tarafındadır. Mandalın hemen altında kırmızı bir nokta bulunmaktadır. Emniyet mandalı aşağı doğru çevrildiğinde bu kırmızı nokta görünmeyecektir. Bu durumda emniyetin kapalı olduğu anlaşılmamaktadır. Eğer kırmızı nokta görünüyorsa emniyet açık demektir.

Tetik Emniyeti : Emniyet açık iken ve tetik düşmedikçe, düşme, çarpma veya horozun kurulu durumdan kurtulup düşmesi ile kendiliğinden ateş alması tetik emniyeti sayesinde önlenmiş olur.

İkaz Emniyeti : Sürgünün hemen gerisinde ve ateşleme iğnesinin üst tarafında bir “işaret pimi” bulunmaktadır. Fişek yatağında bu pim geriye doğru itilmekte ve dışarıdan rahatça görülebilmektedir.

4.1.1.2. Teknik özellikleri

Çapı	: 9 mm.
Ağırlığı	: 700 gram
Fişek Tipi	: 9 mm. Kısa Browning (9X17 mm.)
Şarjör Kapasitesi	: 7+1
Namlu Uzunluğu	: 98 mm.
Toplam Uzunluğu	: 170 mm.
Yüksekliği	: 112 mm.
Genişlik	: 32 mm.
İlk Hız	: 280 m./sn.
Parça Adedi	: 52 Adet
Yiv Set Adedi	: 6 Adet Sağa Döner
Atış Sürati	: 21 Atım/dk.
Azami Menzil	: 300 m.
Etkili Menzil	: 50 m.
Delme Gücü	: 15 cm. (Ağaç)
Çalışma Sistemi	: Geri Tepme

Ateşleme Sistemi	: Yarı Otomatik, Çift Hareketli
Nişan Düzeni	: Sabit Düz Arpacık, Yarıkli Gez
Üretici Ülke	: Türkiye
Fiyat	: 210 \$.

4.1.2. Sig Sauer P 226

9X19 mm. Parabellum tipi fişek kullanan , geri tepme sistemi ile çalışan, yarı otomatik , 15+1 fişek kapasiteli şarjörle beslenen, çift hareketli atış yapabilme özelliğine sahip yüksek güçlü bir silahtır.

Hacmine rağmen ağırlığı azdır. Asker, özel tim ve polisin ihtiyaçlarına cevap verebilecek niteliktedir. Namlu yekpare olup gövdeye sabit değildir. Gez ve arpacığı dikdörtgen şeklindedir ve değiştirilmesi mümkündür. Gece süratle ve tam hedefe atış yapılabilmesi için gez ve arpacık fosfor ötesi çok belirgin bir madde ile donatılmıştır. Parça sayısı azdır. İç parçaları dövme çelikten yapılmıştır ve darbelere karşı muhafazalıdır. Parçaları alet gerektirmeden kolayca sökülüp takılabilir.

20.000 mermi kullanılabileceğine kadar ana bakım ve parça değiştirmeye gerek yoktur. Sadece periyodik temizlik ve bakımı yapılır. 60.000 mermi ile denenmiştir.

Mekanizmayı harekete geçirmek için birden fazla parça bulunmaması ve küçük parçaların az olması, silahın her türlü hava şartlarında; toz, toprak ve çamurda arızasız çalışmasına imkan verir. (Şenocak, 1996)

P 226 serisi Sig Sauer ABD Savunma Bakanlığı ve FBI testlerini ve teknik şartlarını kazanarak, ABD Denizaltı komando birliklerinde ve FBI birliklerinde hizmet vermektedir. FBI'nın tek tip tabancası olmasına karar verilmiştir. Ayrıca İngiltere Savunma Bakanlığı ve Alman GS-9 anti-terör birimlerinde başarıyla kullanılmaktadır.

4.1.2.1. Emniyet sistemleri

Sig Sauer'de emniyet tertibatı, klasik silahlarda olduğu gibi bir mandalla açılıp kapanmamakta , tetiğe bağlı olarak otomatiktir. Emniyet mandalının olmaması ve emniyetin otomatik oluşu, silahın emniyetsizliği olarak düşünülmemelidir.

Otomatik emniyet yani tetiğin iki kademeli hareketi ile çözülen ateşleme sistemi, herhangi bir darbe veya düşme ile ateşleme olmasını engellemektedir. Buna

“çift hareketli tetik emniyeti” denir. Bu sistemde anlaşılaçağı üzere, fazladan bir emniyet mandalı kullanılmamıştır. Çift hareketli tetiğın ilk hareketiyle emniyet kilidi çözülmekte ve horoz kurulmakta, ikinci hareketi ile de horoz düşürölmekte ve ateşleme gerçekleşmektedir. Silahın kurulu bulunan horoz üzerine düşmesi veya bir yere çarpması halinde dahi ateşlemesi imkansızdır.

Diğeri bir özellik ise “Horoz emniyet çentiğı”dir. Atıcı, horoz kurulu iken atıştan vazgeçerse “tetiğın birinci hareketinin sonunda” sağ baş parmağının ucu ile horoz düşürme mandalına basarak fişek, fişek yatağında iken horozu düşürebilir. Bu durumda ateşleme iğnesi fişeğı ateşlemez. Böylece fişek, fişek yatağında her an atışa hazırdır.

4.1.2.2. Teknik özellikleri

Çapı	: 9 mm.
Ağırlığı	: 750 gram
Şarjör Ağırlığı	: 95 gram
Fişek Tipi	: 9 mm. Parabellum (9X19 mm.)
Şarjör Kapasitesi	: 15+1
Namlu Uzunluğu	: 112 mm.
Toplam Uzunluğu	: 196 mm.
Yüksekliğı	: 139 mm.
Genişlik	: 37 mm.
Gez Arpacık Mesafesi	: 160 mm.
Tetik Ağırlığı	: 5.5 kg.
Yiv Set Adedi	: 6 Adet
Namlu Çıkış Enerjisi	: 500 joule
Ateşleme Sistemi	: Yarı Otomatik, Çift Hareketli
Tetik Çekme Mesafesi	: 1.Hareket 5 mm. 2.Hareket 14 mm.
Kabze Kapakları	: Dayanıklı PVC veya Ceviz
Arızasız Çalışabilme Isı Derecesi	: - 45° C +55°
Yüzey İşlem	: Mat Meneviş
Üretici Ülke	: İsviçre
Fiyat	: 500 \$.

4.1.3. Beretta 92 FS

9X19 mm. apında fişek kullanan, geri tepme sistemi ile çalışan, yarı otomatik, çift hareketli, hafif alaşımli çerçeveli, elik sürgülü ve 15 fişek kapasiteli şarjörle beslenen bir tabancadır. Amerikan ordusunda, Fransız jandarmanında ve bir çok ülkenin ordusunda resmi silah olarak kullanılmaktadır.

Atış kombinasyonu, doğruluğu, emniyeti , güvenilirliği, güvenli kavrama, hedefe isabet yüzdesi yüksek olan bir silahtır. Amerikan askeri eğitim subaylarının raporlarında , askeriye olarak bekledikleri silahın ta kendisi olduğu belirtilmektedir.

Hareketli bir sürgü ile donatılmıştır. Hareketli ve açık sürgü ile boş kovan dışarıya atılır ve fişek yatağının tekrar doldurulması sağlanmıştır. Tetik korkuluğu her iki el ile en rahat tutulacak şekilde dizayn edilmiştir.

Tersine çevrilebilir şarjörü serbest bırakan düğme 15 merminin hızla doldurulmasının yapılmasına izin verir ve hızlı atış yapılmasını sağlar. İşaret fişegi tutucusu ön ve arkayı en iyi kontrol edecek şekilde tasarlanmış ve tetik korkuluğu iki elde en rahat tutulacak şekilde düzenlenmiştir.

4.1.3.1. Emniyet sistemleri

Ultra emniyet dizayn özelliği ve nadir üçlü emniyet mekanizması (mandal emniyeti, horoz emniyeti ve otomatik ateşleme iğne emniyeti) vardır. Kilitleme iğnesine ilave olarak pasif durumda horoz emniyeti bulunur.

Mandal emniyeti açık durumda iken, gerideki ateşleme iğne bloğu kendi eksenini etrafında dönerek horozun çarpmasını önler. Otomatik ateşleme sistemi ön bloğun sürgü ile bağlantısını keser. Bu sebeple kaza ile horoz düşse bile iğne kapsüle darbe yapamayacağı için ateşleme olmaz.

İlave olarak enine kesen parça , silahın kazayla yere düştüğünde, kurulu durumdaki horozla darbe yaparak ateşlemeyi önler. Tetik otomatik çekildiğinde ateşleme iğnesi sistemi harekete geçer.

4.1.3.2. Teknik özellikleri

apı	: 9 mm.
Ağırlığı	: 960 gram
Fişek Tipi	: 9 mm. Parabellum (9X19 mm.)

Şarjör Kapasitesi	: 15+1
Namlu Uzunluğu	: 125 mm.
Toplam Uzunluğu	: 217 mm.
Yüksekliği	: 137 mm.
Genişlik	: 38 mm.
Gez Arpacık Mesafesi	: 155 mm.
Yiv Set Adedi	: 6 Adet
Ateşleme Sistemi	: Yarı Otomatik,Çift Hareketli
Kilitleme Sistemi	: Falling Block
Horoz	: Karşılıycılı
Gez	: İnce, Sürgüye Entegreli
Çerçeve	: Hafif Alaşımli
Üretici Ülke	: İtalya
Fiyat	: 350\$.

4.1.4. Sarsılmaz Kılınç 2000

Kılınç 2000 ; Premium ve Light olmak üzere iki modelden meydana gelmektedir. Farkı; Light 190 gram daha hafif ve gövde döküm çelikten, Premium ise malibdenli dövme çelikten imal edilmiştir. Her ikisi de 9X19 mm. Parabellum fişek kullanan, geri tepme sistemi ile çalışan, yarı otomatik, tek ve çift hareketli çalışabilen; 15+1 ve 17+1 adet fişek kapasiteli şarjörle beslenen ve tamamen yerli olarak üretilen silahlardır.

Bütün parçaları aşınmaya karşı olması gereken maksimum güçte, ısıl işlem prosesiyle sertleştirilmiştir. Ürünlerin kalitesini sağlamak için tüm tabancalar periyodik olarak zorlaştırılmış şartlarda dayanıklılık testine sokulmaktadır. Kabzenin içi plastik, dışı özel bir kauçuk ile kaplanmıştır. Bu, elin kirli ve yağlı iken bile kaymasını engeller. Avuç içersine tam oturan ergonomik bir yapısı bulunmaktadır.

4.1.4.1. Emniyet sistemleri

Sarsılmaz marka tabancalarda üç ayrı emniyet sistemi vardır.

Mandal Emniyeti : Tetiği, tetik manivelasını ve kızakları kilitleyen bir emniyettir. Sağ el baş parmağı ile kolayca kontrolü mümkündür. Horoz inik durumda iken de tabanca mandal emniyetine alınabilir.

İğne Emniyeti : Ateşleme pimi emniyeti de denir. Tetik çekilmediği sürece, ateşleme iğnesinin kapsüle darbe yapmasını engelleyen emniyet sistemidir.

Tetik emniyeti : Tetik çekilinceye kadar horozun düşük kalmasını sağlar.

4.1.4.2. Teknik özellikleri

Çapı	: 9 mm.
Ağırlığı	: 1190 gram
Fişek Tipi	: 9 mm. Parabellum (9X19 mm.)
Şarjör Kapasitesi	: 15+1 ve 17+1
Namlu Uzunluğu	: 118.65 mm.
Toplam Uzunluğu	: 140 mm.
Yüksekliği	: 140 mm.
Kabze Genişliği	: 34 mm.
İlk Hız	: 360 m./sn.
Parça Adedi	: 42 Adet
Yiv Set Adedi	: 6 Adet Sağa Döner
Namlu Ömrü	: 25.000 Atış
Ateşleme Sistemi	: Yarı Otomatik, Çift Hareketli
Üretici Ülke	: Türkiye
Fiyat	: 290\$

4.2. Tabancaların Karşılaştırılmasında Kullanılacak Kriterler

4.2.1. Tutukluk

Tabancalar için en önemli özelliklerden birisidir. Bir tabanca seçiminde, silahın tutukluk yapıp yapmayacağına ve/veya tutukluk oranının minimum olmasına, eğer tutukluk yapıyor ise tutukluk nedeninin basit , hızlı ve emniyetli bir şekilde giderilip giderilmediğine dikkat edilir.

Sürekli olarak yanımızda taşıdığımız tabancayı belki de sadece bir kez kullanma ihtiyacı doğacaktır. Hayati öneme haiz bu anda tutukluk yapıp çalışmayan bir tabanca belki de hayatımızın sonu olacaktır. Bilinmelidir ki yanımızda tutukluk yapan bir tabanca taşıyor isek, tabancanın yerine bir kg.lık demir parçası taşıyoruz demektir. Üretim hatası, mermi ve kullanıcı kaynaklı olabilecek tutukluğun olması

bir tabanca için kabul edilemez bir olaydır. Zor muharebe şartlarında, tabancanın günlük bakımlarının dahi yapılamadığı durumlarda bile , ihtiyaç anında tutukluk yapmayacak şekilde tasarlanarak kullanıcıya sunulan tabancalar tercih konusudur.

Bir tabancanın tutukluk testi olarak, çamur, kum ve uzun süre suyun içerisinde bırakılarak paslanmazlık testinden geçirilmeli; zorlaştırılmış şartlar, ısınma, soğuk ve sıcak ortam testleri yapılmalı ve bu özellikleri layıkıyla sağlayan tabanca kullanıma sunulmalıdır. (Tanrıseven,1994)

4.2.2. Mermi

Günümüz tabanca teknolojisinde bir tabancanın güçlü mermi atması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla ele alınan bir tabancanın ya Parabellum ya da Magnum mermileri atıyor olması tercih konusudur. Magnum , bir silah veya fişek markası değildir. Magnum, barut miktarı kendi çapındakilere göre fazla ve barut cinsi değişik olan bir mermi modelidir. Barutu oluşturan Nitroselülöze Nitrogliserin eklenerek çift bazlı bir karışım elde edilerek barut kuvvetlendirilmiştir. Bu mermiyi atabilen tabancalara da Magnum Modeli denir. 44'lük Smith & Wesson Magnum gibi. Parabellum tıpkı Magnum gibi halk arasında yanlış anlaşılmaktadır. Tabancanın dış yüzeyinde yazılı olan "Para" (Parabellum'un kısaltması), bu tabancanın markasını değil, Parabellum mermisi attığını gösterir. Yani bu tabanca ile Parabellum'dan başka 9 mm. mermi kullanılamaz. Parabellum kısaca 9X19 mm. boyutlarında mermi diye tanımlanır. Burada 9 mm., çap genişliğini, 19 mm. ise kovan uzunluğunu belirtmektedir.

Tezimizde kullandığımız Kırıkkale tabancası 9 mm. kısa Browning mermisi, diğer mukayese edilecek tabancalar ise 9 mm. Parabellum mermisi kullanmaktadırlar. Tezimizde kullandığımız tabancaların mermilerine ait özellikler Tablo 4.1'de belirtildiği şekildedir.

Tablo 4.1 Tabanca mermilerine ait teknik özellikler

ÇAP	Kovan Uzunluğu (mm)	Kovan Çapı (mm)	Çekirdek Çapı (mm)	Çekirdek Ağırlığı (mm)	Enerji (V _o)	İlk Hız (m/sn.)
9 mm. Kısa Browning	17.3	9.1	7.85	6.15	270	224
9 mm. Parabellum	19.15	10	9.02	7.45	396	420

4.2.3. Şarjör kapasitesi

Muharebe sahasında mühimmat ikmali için geçen süre çok önemlidir. Bu nedenle, her an muharebeye hazırlıklı olabilmek için personel üzerinde mümkün olduğunca fazla mühimmatın bulundurulması arzu edilmektedir. Aşırı yük sonucu personelin hareket kabiliyetini kısıtlamamak kaydıyla, bol miktarda mermi doldurulabilen şarjörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çok mermi alan bir şarjör, muharebe esnasında sık sık şarjör değiştirme ve doldurma ile meydana gelen zaman kaybını önleyecektir. Her silahın Teknik Özelliklerinde belirtilen Şarjör Kapasitesi adedi sadece şarjöre konabilen mermi adedini göstermektedir. Namluya sürülen mermi bu adede dahil değildir.

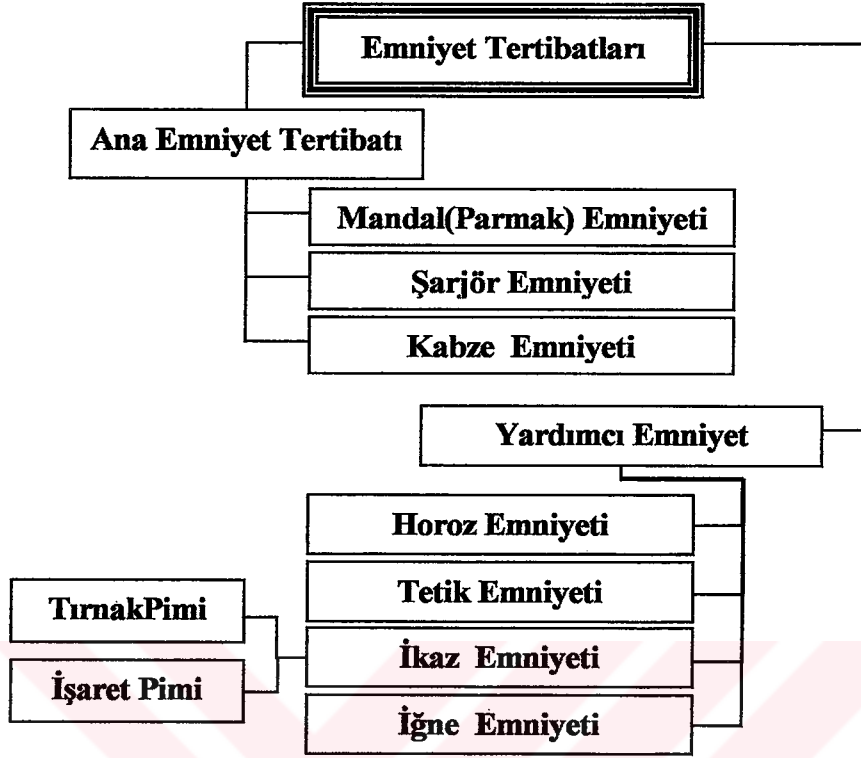
4.2.4. Malzeme

Bir tabancanın tüm parçalarının en küçük mikrometrik ölçümlerine kadar aynı kalitede ve standartlıkta olması beklenir. Tabancasını her zaman üzerinde taşıyacak biri için hafiflik mutlaka çok önemlidir. Bununla beraber, bilinen en sağlam silah yapım malzemesi, amaca uygun çeliktir. Bunun yanında darbe ve sürtünmenin önem kazanmadığı bazı parçalar daha kolay işlenebilen malzemelerden yapılmış olabilir. Bunlardan ilk akla geleni, alüminyum alaşımlardır. Aslında bu metaller, işlenmesi en azından çelik kadar zor olan, ancak kalıplanarak hiç tesviye edilmeden kullanılırsa üreticiye ekonomi sağlayan malzemeler olup, cinslerine göre çok dayanıklıdır.

Diğer taraftan, düşük ergime noktalı çinko alaşımları için aynı şey söylenemez. Bu malzemeler, özellikle zaman ve yalnızca düşük maliyet amacı ile kullanılan, çelikten çok küçük oranda daha ağır, ucuz ürünlerin en iyi göstergesidir. Ağırlık ve yüzey kaplaması özellikleri ile ferro malzemeden ayırımı oldukça zordur ve alıcıyı büyük ölçüde yanıltmaları mümkündür.

4.2.5. Emniyetlilik

Tabancada mevcut emniyet tertibatları, tabancanın kendiliğinden ya da başkaları tarafından kazara da olsa ateş almasına engel olan tertibattır. Merminin ateşlenmesini engelleyen sistemdir. Ana emniyet tertibatı ve yardımcı emniyet tertibatı olarak iki gruba ayrılır. Emniyet tertibatları Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadırlar. (Özdemir ve diğ., 1999)



Şekil 4.1 Tabanca emniyet tertibatları

Bunun yanında atış esnasında barut yanma haznesindeki ani yanmanın ve boş kovan kayması sonucu doğabilecek zararın minimize edilmesi gerekmektedir. Elle hareket ettirilen emniyet tertibatları bugün halen önemini koruyorlarsa da günümüzde tercih, silahın mümkün olduğu kadar yalnızca tetik çekimi ile ateşlemesine cevap veren , başka hiçbir dış etkenin bu istenmeyen olayı gerçekleştirmesine imkan vermeyen otomatik mekanik tertibat şeklindedir.

4.2.6. Basitlik

Tabancanın mekanik çalışma düzeneği, tabanca hakkında hiç eğitim almamış bir personelin dahi söküp, temizleyip, takabileceği kadar basit ve az parça içermelidir. Tabancanın temizlenmesi, parçalarının sökülmesini ve takılmasını, ekstra gayret ve dikkat gerektirmeden ve özel aletler kullanmadan yapılabilmelidir.

Muharebe sahasında bir askerin tabancasıyla veya mühimmatıyla sorun yaşaması, o askerin muharebe dışı kalmasına, ölmesi veya yaralanmasına ve hatta muharebenin kaybedilmesine kadar uzanan sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle tabancanın besleme şebekesi olan şarjörün, silahtan sökülüp takılmasının ekstra güç

ve zaman kaybettirmeyecek şekilde basit; sürtünme ve çarpma gibi basit sebeplerden dolayı yuvasından çıkmayacak kadar sağlam olması gerekmektedir. Nişan almaya ve atış yapmaya yardımcı olan silahın gez ve arpacık donanımlarının, silahın kolayca sıfırlanmasını sağlayacak özellikte olması gerekir. Yapılan sıfırlama işlemi, silahın çarpması, düşmesi veya sürtünmesi gibi basit sebeplerden dolayı bozulmamalı, uzun müddet yeni bir sıfırlama işlemini gerektirmemelidir.

4.2.7. Namlu

Namlu çelikten oyularak veya dövme olarak yapılan, içi boş boru şeklinde bir parçadır. Namlunun madeni yapılarında krom, nikel, çelik ve karbon bulunmaktadır.

Çeşitli silahlarda namlular, “sabit ve hareketli” olabilmektedir. Bazı tabancaların namluları, perçin veya pim ile çerçeveye (gövdeye) sabitleştirilmiş olup, ateş etme esnasında hareket etmediği gibi, söküp takmalarda da çerçeveden ayrılmaz ve sabit kalırlar (Kırıkkale). Diğer bir grupta, namlular söküp-takma sırasında çerçeveden ayrılabilmekte ve aynı zamanda ateş etme anında , ileri-geri veya aşağı-yukarı hareket edebilmektedir (Beretta, Sig Sauer ve Sarsılmaz). Günümüzde bir tabancanın seçimi aşamasında tabanca ile 50.000’den fazla mermi atıldığı düşünüldüğünde namlunun çabuk ısınmaması ve buna bağlı olarak da namlunun değişiyor olması tabanca seçimi için bir tercih konusudur.

4.2.8. Maliyet

T.S.K.’nin envantere dahil edeceği silah sistemleri için uyguladığı seçim kriterlerinden birisi de maliyettir. Bir tabancanın maliyeti, o tabancanın atım ömrü

süresince atım adedine bölünerek, bir atıma düşen tabanca maliyeti bulunabilir. Bu miktar ile bir merminin maliyeti toplanarak, bir atıma düşen toplam maliyet hesaplanır. Hesaplanan veriler ışığında, hangi silah sisteminin daha ekonomik olduğu hakkında karar verilebilir. Her silahın Teknik Özellikler bölümünde verilen fiyatı perakende satış fiyatı olmayıp, toplu satış fiyatlarıdır.

4.2.9. Yedek parça

Kullanılması tercih edilen bir tabanca için yedek parça problemi bulunmamalıdır. Tabanca ve yedek parçanın dışarıdan ithal ediliyor olması, hem teknoloji maliyetlerini yükseltir, hem de dışa bağımlılığı artırır ki çoğunlukla tercih

edilmeyen bir yöntemdir. Üretim teknolojisinin satın alınarak üretilmesi ise, silah ve yedek parçanın dışa bağımlılığı kaldırır ve yedek parça teminini kolaylaştırır. Fakat, savunma sanayiine maddi külfeti oldukça fazla olur. En uygun alternatif, yeni seçilen tabancanın patent ücreti ödendikten sonra teknolojisi satın alınmadan mevcut teknolojiyle üretilmesidir. Bu alternatif, hem teknoloji transfer maliyetlerini azaltır, hem de yedek parça gereksinimin daha hızlı karşılanmasına ve dışa bağımlılığın ortadan kalkmasına imkan verir.

T.S.K., silahları kendi imkanlarıyla, dışa bağımlı olmadan imal edilmeyi, bekâ için imalatın devamlı olmasını, silahın ve yedek parçasının eldeki mevcut teknolojiyle ek maliyet gerektirmeden üretilmesini istemektedir.

4.2.10. Ağırlık

Bir tabancada en kritik özelliklerdendir. Bu özelliğin aranmasında ana kural, karşı konacak olan geri tepme miktarıdır. Yani geri tepme ne kadar çok ise silah o kadar ağır olmalıdır. Öte taraftan özellikle otomatik dolmalı türlerde , kapasite arttıkça bir mermi ölçüsü kadar azalan ağırlık, dengenin en belli başlı düşmanıdır. Şarjörün bitiminde , 9 mm Parabellum çaplı, 15 atışlı bir tabancada , silahtan yaklaşık 170 gram ağırlığın atıldığını hatırlamak, bu olayı daha anlaşılır hale getirecektir. Bu kapasitedeki tabancaların uzun süre dolu olarak taşınması durumunda , silahın diğer aksamının yük olmaması için , mümkün olan en hafif konstrüksiyonda yapılması gerekmektedir.

Tabanca seçiminde beklenen özellik, tabancanın mümkün olduğunca az geri tepmeye sahip olması ve buna bağlı olarak da ağırlığının azalmasıdır.

4.3. Anket Çalışması

T.S.K.'nde kullanılan tabancaların karşılaştırılması için kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesini müteakip, bu karşılaştırmaların yapılabilmesi için bir anket çalışması yapılmıştır. Örneği Eklerde sunulan Anket Çalışması (Canada ve Sullivan, 1989), farklı birliklerdeki birbirlerinden bağımsız 29 subay, 5 Milli Tabanca Atıcısı ve Kara Harp Okulu'nda tabancalar üzerine çalışmaları bulunan bir öğretim görevlisi olmak üzere 35 kişiye bizzat karşılıklı konuşarak uygulanmıştır. Anketin uygulandığı personel , tabancalar üzerine görüş bildirebilecek nitelikte ve tezde

kullanılan tabancaları bizzat kullanmış kişilerdir. Buna rağmen anket uygulamasından önce tutarlılığı artırmak için personele ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Hiyerarşik yapı amaç düzeyi hariç iki düzeyden oluşmaktadır. İlk düzey için belirlenen kriterler birbiriyle karşılaştırılmış , son düzeyde ise 10 kritere göre tabancalar birbirleriyle karşılaştırılmış ve tabancaların göreceli önemleri bulunmuştur. Birinci düzeydeki kriterlerin İkili karşılaştırmalar matrisi Tablo 4.2’de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.2 Tabanca seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırmalar matrisi

	Tutukluk	Mermi	Şarjör Kapasitesi	Malzeme	Emniyetlilik	Basitlik	Namlu	Maliyet	Yedek Parça	Ağırlık
Tutukluk										
Mermi										
Şarjör Kapasitesi										
Malzeme										
Emniyetlilik										
Basitlik										
Namlu										
Maliyet										
Yedek Parça										
Ağırlık										

Anketlere verilen cevapların geometrik ortalamaları alınarak, bir matris altında toplanmıştır. Anket sonucunda, kriterlere ilişkin bulunan ağırlıklar ve matrisin tutarlılığından Uygulama kısmında bahsedilmektedir.

4.4. Uygulama

4.4.1. Analitik hiyerarşi prosesi ile tabancaların karşılaştırılması

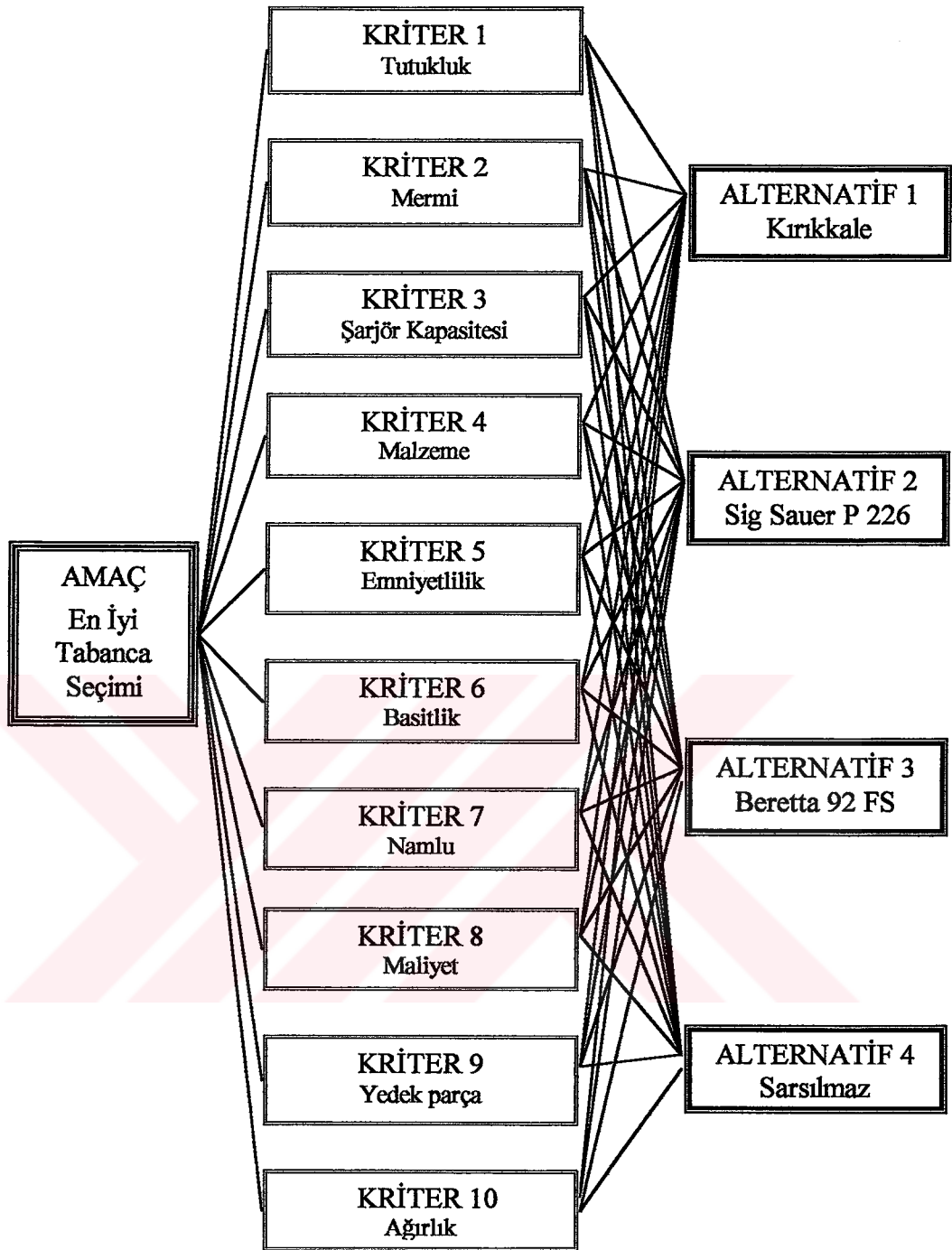
Bu bölümde daha önce belirlenen 10 kritere göre dört tabanca AHP ile karşılaştırılacak ve en iyi tabanca seçilecektir. En iyi tabanca amacına hizmet eden hiyerarşik yapı Şekil 4.3.'te görüldüğü gibidir.

Karşılaştırma ve seçim işlemi için belirlenen 10 kriter : Tutukluk (K_{Tu}), Mermi (K_{Me}), Şarjör Kapasitesi ($K_{ŞK}$), Malzeme (K_{Ma}), Emniyetlilik (K_{Em}), Basitlik (K_{Ba}), Namlu (K_{Na}), Maliyet (K_{Ml}), Yedek Parça (K_{YP}), Ağırlık ($K_{Ağ}$) kriterleridir.

Tabanca karşılaştırma ve seçimi için göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin, tabanca seçimine katkılarının ölçülmesi için EK-A ve EK-B'de gösterilen anketlere verilen cevapların geometrik ortalaması alınarak, ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilmiştir. Tabanca seçimine ait ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi Şekil 4.2'de görülmektedir.

	K_{Tu}	K_{Me}	$K_{ŞK}$	K_{Ma}	K_{Em}	K_{Ba}	K_{Na}	K_{Ml}	K_{YP}	$K_{Ağ}$
K_{Tu}	1	9	3	9	7	9	9	8	7	9
K_{Me}	1/9	1	1	2	3	5	3	2	5	5
$K_{ŞK}$	1/3	1	1	5	5	5	5	5	6	9
K_{Ma}	1/9	1/2	1/5	1	1/5	2	2	1/2	3	5
K_{Em}	1/7	1/3	1/5	5	1	1	1	1/3	3	3
K_{Ba}	1/9	1/5	1/5	1/2	1	1	1/2	1/4	1	1
K_{Na}	1/9	1/3	1/5	1/2	1	2	1	1/3	1	2
K_{Ml}	1/8	1/2	1/5	2	3	4	3	1	5	9
K_{YP}	1/7	1/5	1/6	1/3	1/3	1	1	1/5	1	1/3
$K_{Ağ}$	1/9	1/5	1/9	1/5	1/3	1	1/2	1/9	3	1

Şekil 4.2 Tabanca seçimi için kriterlere ait ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi



Şekil 4.3 Tabanca seçimine ait hiyerarşik yapı

Görelî önemler vektörünü bulmak için Bölmeli İyi Yöntem kullanılırsa, öncelikle her sütunun elemanları toplanır ve her eleman bu toplama bölünür, yani her sütun normalize edilir. Normalize edilen matrisin satır toplamaları, (3.753, 1.142, 1.813, 0.535, 0.604, 0.278, 0.367, 0.985, 0.250, 0.270) olarak sütun vektörü şeklinde bulunur. Her birinin, satır elemanı sayısına bölünüp ortalaması alındığı takdirde, görelî önemler vektörü (0.375, 0.114, 0.181, 0.054, 0.060, 0.028, 0.037, 0.099, 0.025, 0.027) olarak elde edilir. Bu aşamada, elde edilen sonuçların tutarlılığını saptamak

üzere tutarlılık göstergesinin hesaplanması gerekmektedir. İkili karşılaştırmalar matrisi A, elde edilen görelî önemler vektörü ile çarpılır ise, yeni bir vektör elde edilir. Bu son vektörün birinci elemanı görelî önemler vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikiciye vs. bölünür ise bir üçüncü vektör elde edilir. Elde edilen son vektörün elemanları toplanıp eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değeri (λ_{max}) için yaklaşık bir tahmin değeri elde edilir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu değeri ne kadar n değerine yakın ise, sonuç o kadar tutarlı olacaktır. Söz konusu tutarlılık oranı, $(\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ olarak hesaplanan tutarlılık göstergesinin, tesadüfilik göstergesine bölünmesi ile elde edilir.

Burada ikili karşılaştırmalar matrisi, görelî önemler vektörü ile çarpılırsa, (4.645, 1.334, 2.203, 0.591, 0.712, 0.312, 0.408, 1.118, 0.264, 0.271) şeklinde ikinci bir sütun vektörü bulunur. Eğer bu ikinci vektörün her elemanı, görelî önemler vektöründe karşılık gelen elemana bölünür ise (12.387, 11.702, 12.171, 10.944, 11.867, 11.143, 11.027, 11.293, 10.560, 10.037) elde edilir. En son vektörün toplamının ortalaması alınırsa 11.313 elde edilir. Bu değeri λ_{max} 'ın iyi bir tahmin değeridir. λ_{max} değerinden hareketle tutarlılık göstergesi $(11.313-10)/(10-1)=0.146$ olarak elde edilir. Tutarlılık göstergesi, Tablo 3.1'de 10 boyutlu matris için verilen tesadüfilik katsayısına bölünürse, tutarlılık oranı $0.146/1.49 = 0.098$ elde edilir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu oranın %10 veya daha az olması tercih edilmektedir. Bulunan 0.098 değeri, oluşturulan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir. Görelî önemlerin bulunması ile ilgili olarak daha önceki bölümlerde anlatılan dört yöntemden herhangi biri kullanılarak "En İyi Tabanca Seçimi" için birinci düzeye ait görelî önem vektörü aşağıdaki gibi elde edilir.

- 0.375 Tutukluk
- 0.114 Mermi
- 0.181 Şarjör Kapasitesi
- 0.054 Malzeme
- 0.060 Emniyetlilik
- 0.028 Basitlik
- 0.037 Namlu
- 0.099 Maliyet
- 0.025 Yedek Parça
- 0.027 Ağırlık

Birinci düzey için elde edilen görelî önemler vektörünü incelediğimiz takdirde, “En İyi Tabanca Seçimi” ana hedefini en fazla etkileyen faktörün %37.5 ile “Tutukluluk” olduğunu görüyoruz. Bunu %18.1 ile “Şarjör Kapasitesi” ve %11.4 ile “Mermi” izlemektedir. Bu değerlerden hareketle istediğimiz tabancanın hiç tutukluluk yapmayan, şarjör kapasitesi fazla ve güçlü mermi atan bir tabanca olması gerektiği anlaşılmaktadır.

İkinci olarak, bir alt düzey için aynı tür karşılaştırmalar yapılacaktır. Diğer bir deyişle, bu aşamadaki ikili karşılaştırmalarla, birinci düzeydeki faktörlerin her birini gerçekleştirme açısından dört adet tabancanın görelî önemleri saptanacak ve bu inceleme her kriter için tekrar edilecektir. Dolayısıyla, 10 adet 4x4 yargı matrisi elde edilecektir.

Tablo 4.3 En iyi tabanca seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için görelî önemler ve tutarlılıklar

Tutukluluk	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelî Önemler
Kırıkkale	1	1/9	1/8	1/2	0.05
Sig Sauer	9	1	3	7	0.57
Beretta	8	1/3	1	5	0.30
Sarsılmaz	2	1/7	1/5	1	0.08

$$\lambda_{\max} = 4.115 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.038 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.043$$

Mermi	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelî Önemler
Kırıkkale	1	1/3	1/3	1/2	0.11
Sig Sauer	3	1	1	1	0.30
Beretta	3	1	1	1	0.30
Sarsılmaz	2	1	1	1	0.28

$$\lambda_{\max} = 4.022 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.007 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.008$$

Şarjör Kapasitesi	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelî Önemler
Kırıkkale	1	1/5	1/5	1/5	0.06
Sig Sauer	5	1	1	1	0.31
Beretta	5	1	1	1	0.31
Sarsılmaz	5	1	1	1	0.31

$$\lambda_{\max} = 4.003 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.001 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.001$$

Malzeme	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	1/7	1/5	1/2	0.06
Sig Sauer	7	1	2	6	0.52
Beretta	5	1/2	1	5	0.33
Sarsılmaz	2	1/6	1/5	1	0.09

$$\lambda_{\max} = 4.073 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.024 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.027$$

Emniyetlilik	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	4	3	1	0.38
Sig Sauer	1/4	1	1/2	1/4	0.09
Beretta	1/3	2	1	1/3	0.14
Sarsılmaz	1	4	3	1	0.38

$$\lambda_{\max} = 4.024 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.008 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.009$$

Basitlik	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	1/5	1/4	1/2	0.08
Sig Sauer	5	1	2	4	0.50
Beretta	4	1/2	1	2	0.28
Sarsılmaz	2	1/4	1/2	1	0.14

$$\lambda_{\max} = 4.028 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.009 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.010$$

Namlu	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	1/5	1/3	1/2	0.09
Sig Sauer	5	1	2	4	0.50
Beretta	3	1/2	1	3	0.29
Sarsılmaz	2	1/4	1/3	1	0.13

$$\lambda_{\max} = 4.060 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.020 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.022$$

Maliyet	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	4	3	2	0.46
Sig Sauer	1/4	1	1/2	1/3	0.10
Beretta	1/3	2	1	2	0.23
Sarsılmaz	1/2	3	1/2	1	0.21

$$\lambda_{\max} = 4.179 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.060 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.067$$

Yedek Parça	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	2	2	1	0.33
Sig Sauer	1/2	1	1	1/2	0.17
Beretta	1/2	1	1	1/2	0.17
Sarsılmaz	1	2	2	1	0.33

$$\lambda_{\max} = 4.000 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.000 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.000$$

Ağırlık	Kırıkkale	Sig Sauer	Beretta	Sarsılmaz	Görelİ Önemler
Kırıkkale	1	1	2	3	0.35
Sig Sauer	1	1	2	3	0.35
Beretta	1/2	1/2	1	2	0.19
Sarsılmaz	1/3	1/3	1/2	1	0.11

$$\lambda_{\max} = 4.012 \quad \text{Tutarlılık Göstergesi} = 0.004 \quad \text{Tutarlılık Oranı} = 0.004$$

Kriterlerin ikinci düzey görelİ önemler vektörleri incelendiğinde ;

Sig Sauer P 226 tabancasının , “Tutukluluk” bakımından, dört tabanca içinde en büyük ağırlığa sahip olduğu (% 57 görelİ önem), Kırıkkale tabancasının ise en az ağırlığa (% 5 görelİ önem) sahip olduğu görölmektedir. Diğeri bir deyişle, Kırıkkale tabancasının tutukluluk yapma olasılığı diğeri tabancalara göre yüksektir. Sig Sauer P 226 tabancası, “Malzeme” (% 52 görelİ önem), “Basitlik” (% 50 görelİ önem), “Namlu” (% 49 görelİ önem) kriterleri bakımından diğeri tabancalara göre bariz bir üstünlük göstermektedir. Buna rağmen, “Emniyetlilik” (%9 görelİ önem) ve “Maliyet” (% 10 görelİ önem) açısından diğeri tabancalara nazaran bariz bir şekilde düşük ağırlık oranlarına sahiptir. Beretta 92 FS tabancası, “Mermi” bakımından Sig Sauer P 226 ile birlikte eşit önem ağırlığına sahipken (%30 görelİ önem), genelde diğeri tabancalarla karşılaştırmalarda ortalama değerler ile arada bir yer edinmiştir. Sarsılmaz Kılınç Tabancası, “Emniyetlilik” ve “Yedek Parça” olarak Kırıkkale tabancası ile en yüksek görelİ önemleri paylaşmaktadır (%38 görelİ önem ve %33görelİ önem). Bunun yanında “Ağırlık” olarak diğeri tabancalara nazaran en düşük görelİ önem derecesini elde etmiştir (%11 görelİ önem). Kırıkkale tabancası, “Maliyet” olarak diğeri tabancalar içinde bariz bir görelİ üstünlüğe sahiptir (%46 görelİ önem). Bunun yanında “Yedek Parça” ve “Ağırlık” dışında seçim kriterleri içinde varlık gösterememiştir.

Tablo 4.4 En iyi tabanca seçimine ait birleşik görelî önemlerinin bulunuşu

Kriterler	Kırıkkale	Sig Sauer P226	Beretta 92FS	Sarsılmaz Kılınç
Tutukluluk	$0.375 \times 0.05 = 0.0188$	$0.375 \times 0.57 = 0.2138$	$0.375 \times 0.30 = 0.1125$	$0.375 \times 0.08 = 0.0300$
Mermi	$0.114 \times 0.11 = 0.0125$	$0.114 \times 0.30 = 0.0342$	$0.114 \times 0.30 = 0.0342$	$0.114 \times 0.28 = 0.0319$
Şarjör Kapasitesi	$0.181 \times 0.06 = 0.0109$	$0.181 \times 0.31 = 0.0561$	$0.181 \times 0.31 = 0.0561$	$0.181 \times 0.31 = 0.0561$
Malzeme	$0.054 \times 0.06 = 0.0032$	$0.054 \times 0.52 = 0.0281$	$0.054 \times 0.33 = 0.0178$	$0.054 \times 0.09 = 0.0049$
Emniyetlilik	$0.060 \times 0.38 = 0.0228$	$0.060 \times 0.09 = 0.0054$	$0.060 \times 0.14 = 0.0084$	$0.060 \times 0.38 = 0.0228$
Basitlik	$0.028 \times 0.08 = 0.0022$	$0.028 \times 0.50 = 0.0140$	$0.028 \times 0.28 = 0.0078$	$0.028 \times 0.14 = 0.0039$
Namlu	$0.037 \times 0.09 = 0.0033$	$0.037 \times 0.50 = 0.0185$	$0.037 \times 0.29 = 0.0107$	$0.037 \times 0.13 = 0.0048$
Maliyet	$0.099 \times 0.46 = 0.0455$	$0.099 \times 0.10 = 0.0099$	$0.099 \times 0.23 = 0.0228$	$0.099 \times 0.21 = 0.0208$
Yedek Parça	$0.025 \times 0.33 = 0.0083$	$0.025 \times 0.17 = 0.0043$	$0.025 \times 0.17 = 0.0043$	$0.025 \times 0.33 = 0.0083$
Ağırlık	$0.027 \times 0.35 = 0.0095$	$0.027 \times 0.35 = 0.0095$	$0.027 \times 0.19 = 0.0051$	$0.027 \times 0.11 = 0.0030$
BİRLEŞİK GÖRELİ ÖNEMLER	0.1370	0.3938	0.2797	0.1865

Tabancaların AHP ile karşılaştırılmasının son aşaması birleşik görelî önemler vektörünün hesaplanmasıdır. Bu son vektörün bulunması için, her kriter için tabancaların görelî önemler matrisi ile on kriterin görelî vektörü çarpılıp, çarpımların satır toplamaları alınır. Elde edilen vektör, Kırıkkale, Sig Sauer P 226, Beretta 92 FS ve Sarsılmaz Kılınç tabancalarının “En İyi Tabanca Seçimi” ana amacına hizmet etme derecesi olan görelî önemlerini verir. Söz konusu vektörün bulunmasına ilişkin değerler Tablo 4.4’de verilmiştir.

<u>Alternatifler</u>	<u>Birleşik Görelî Önemler</u>
Kırıkkale	0.1370
Sig Sauer P226	0.3948
Beretta 92FS	0.2797
Sarsılmaz Kılınç	0.1865

Birleşik görelî önemler vektörünün incelenmesi sonucunda , “Tutukluluk”, “Malzeme”, “Basitlik”, “Namlu” açısından diğer tabancalara nazaran en yüksek

performansa; “Emniyetlilik” ve “Maliyet” açısından ise en düşük performansa sahip olan Sig Sauer P 226 tabancası , ana hedefi gerçekleştirme açısından da en yüksek görelî öneme sahip olduğu (% 39.48) görülmektedir. Bunu sırasıyla, % 27.97 ile Beretta 92 FS , % 18.65 ile Sarsılmaz Kılınç ve % 13.70 ile Kırıkkale tabancası takip etmektedir.

4.4.2. Bulanık uygunluk indeksli çok ölçütlü karar verme yöntemi ile tabancaların karşılaştırılması

4.4.2.1. Direk ağırlık atama yöntemi kullanılarak tabancaların bulanık uygunluk indeksi ile karşılaştırılması

Bulanık Uygunluk İndeksli Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Tabancaların Karşılaştırılması bu bölümde ağırlıkların KV tarafından direk atanması yöntemi ile belirlenecektir.

Şekil 3.15’teki Seçim Metodolojisine uygun olarak bu safhada tabancaların karşılaştırılması maksadıyla belirlenen nitel ve nicel kriterler İçin üyelik değeri belirlenecektir. Uzman görüşleri alınarak kriterlere ait belirlenen üyelik fonksiyonları ve fonksiyonların grafik gösterimleri aşağıda belirtildiği şekildedir.

Tutukluk kriteri için üyelik fonksiyonu :

$\tilde{K} : (\text{Çok Kötü}) : (0,0,0,3)$

$$f(x) = 1 - \frac{x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 3$$

$\tilde{K} : (\text{Kötü}) : (0,3,3,5)$

$$f(x) = \frac{x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 3$$

$$f(x) = \frac{5}{3} - \frac{x}{2}, \quad 3 \leq x \leq 5$$

$\tilde{N} : (\text{Normal}) : (2,5,5,8)$

$$f(x) = \frac{x}{3} - \frac{2}{3}, \quad 2 \leq x \leq 5$$

$$f(x) = \frac{8}{3} - \frac{x}{3}, \quad 5 \leq x \leq 8$$

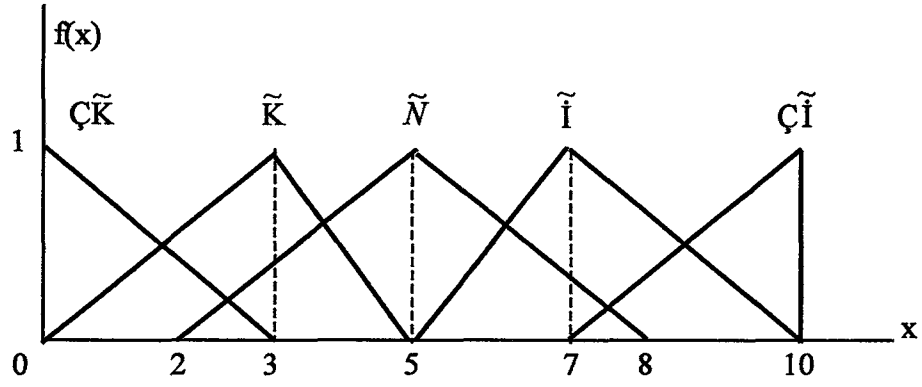
$\tilde{I} : (\text{İyi}) : (5,7,7,10)$

$$f(x) = \frac{x}{2} - \frac{5}{2}, \quad 5 \leq x \leq 7$$

$$f(x) = \frac{10}{3} - \frac{x}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$

$\tilde{Çİ} : (\text{Çok İyi}) : (7,10,10,10)$

$$f(x) = \frac{x}{3} - \frac{7}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$



Şekil 4.4 “Tutukluk” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Mermi kriteri için üyelik fonksiyonu :

$\tilde{ÇZ} : (Çok Zayıf) : (0,0,0,2)$

$\tilde{Z} : (Zayıf) : (0,2,2,3)$

$$f(x) = 1 - \frac{x}{2}, \quad 0 \leq x \leq 2$$

$$f(x) = \frac{x}{2}, \quad 0 \leq x \leq 2$$

$$f(x) = 3 - x, \quad 2 \leq x \leq 3$$

$\tilde{N} : (Normal) : (1,3,3,7)$

$\tilde{G} : (Güçlü) : (3,5,5,10)$

$$f(x) = \frac{x}{2} - \frac{1}{2}, \quad 1 \leq x \leq 3$$

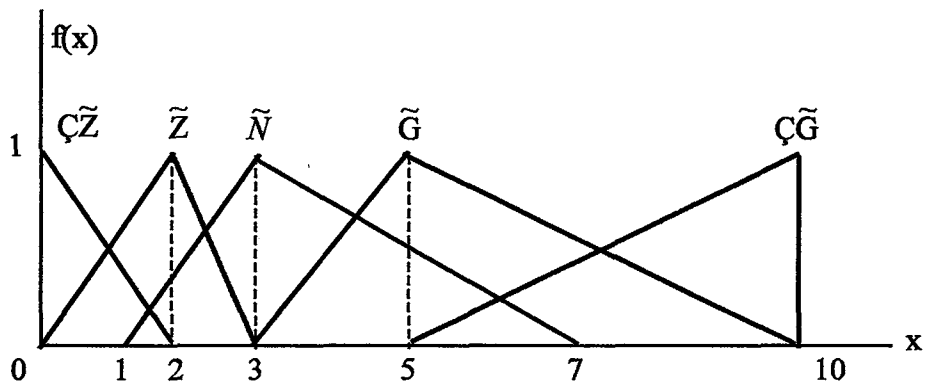
$$f(x) = \frac{x}{2} - \frac{3}{2}, \quad 3 \leq x \leq 5$$

$$f(x) = \frac{7}{4} - \frac{x}{4}, \quad 3 \leq x \leq 7$$

$$f(x) = 2 - \frac{x}{5}, \quad 5 \leq x \leq 10$$

$\tilde{ÇG} : (Çok Güçlü) : (5,10,10,10)$

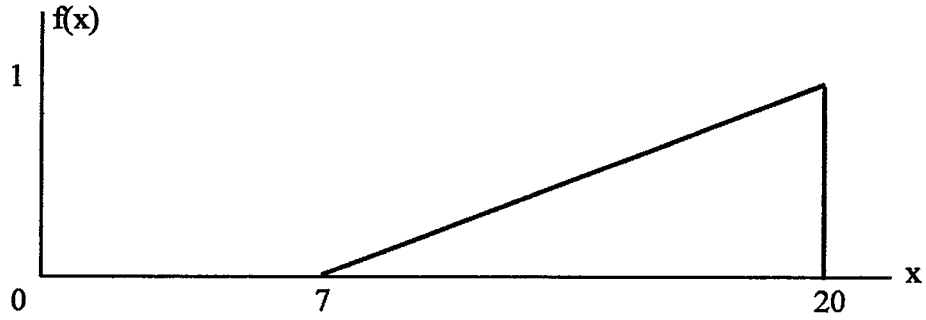
$$f(x) = \frac{x}{5} - 1, \quad 5 \leq x \leq 10$$



Şekil 4.5 “Mermi” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Şarjör Kapasitesi kriteri için üyelik fonksiyonu :

$$f(x) = \frac{x}{13} - \frac{7}{13}, \quad 7 \leq x \leq 20$$



Şekil 4.6 “Şarjör Kapasitesi” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Malzeme kriteri için üyelik fonksiyonu :

$$\tilde{K} : (\text{Çok Kötü}) : (0,0,0,3)$$

$$f(x) = 1 - \frac{x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 3$$

$$\tilde{K} : (\text{Kötü}) : (0,3,3,5)$$

$$f(x) = \frac{x}{3}, \quad 0 \leq x \leq 3$$

$$f(x) = \frac{5-x}{2}, \quad 3 \leq x \leq 5$$

$$\tilde{N} : (\text{Normal}) : (1,5,5,8)$$

$$f(x) = \frac{x-1}{4}, \quad 1 \leq x \leq 5$$

$$\tilde{I} : (\text{İyi}) : (5,7,7,10)$$

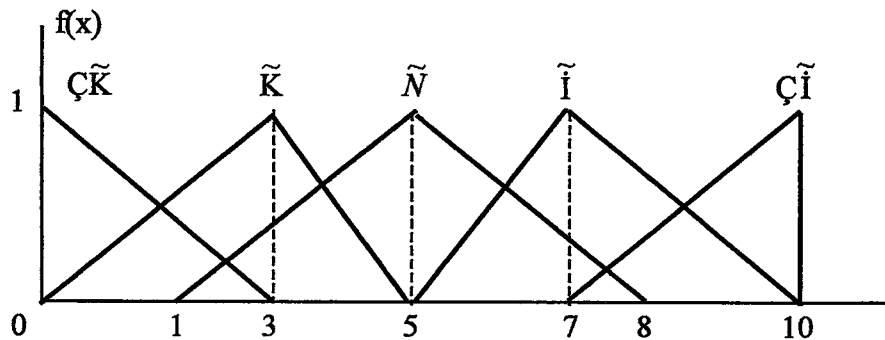
$$f(x) = \frac{x-5}{2}, \quad 5 \leq x \leq 7$$

$$f(x) = \frac{8-x}{3}, \quad 5 \leq x \leq 8$$

$$f(x) = \frac{10-x}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$

$$\tilde{Çİ} : (\text{Çok İyi}) : (7,10,10,10)$$

$$f(x) = \frac{x-7}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$



Şekil 4.7 “Malzeme” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Emniyetlilik kriteri için üyelik fonksiyonu :

$\tilde{ÇK} : (\text{Çok Kötü}) : (0,0,0,1)$

$$f(x) = 1 - x, \quad 0 \leq x \leq 1$$

$\tilde{K} : (\text{Kötü}) : (0,1,1,2)$

$$f(x) = x, \quad 0 \leq x \leq 1$$

$$f(x) = 2 - x, \quad 1 \leq x \leq 2$$

$\tilde{N} : (\text{Normal}) : (0,5,2,2,6)$

$$f(x) = \frac{2x}{3} - \frac{1}{3}, \quad 0,5 \leq x \leq 2$$

$\tilde{İ} : (\text{İyi}) : (2,5,5,10)$

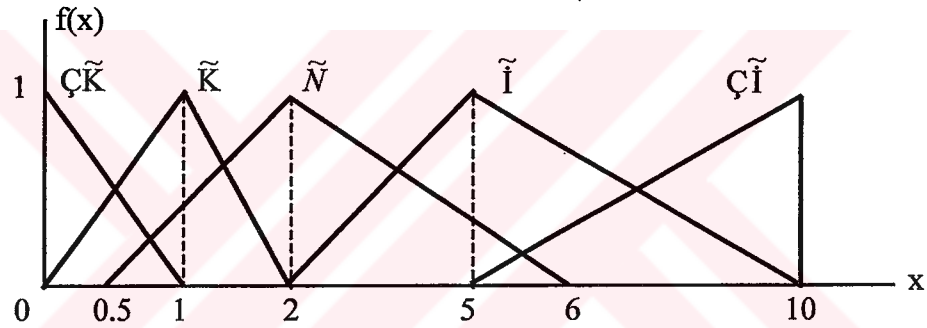
$$f(x) = \frac{x}{3} - \frac{2}{3}, \quad 2 \leq x \leq 5$$

$$f(x) = \frac{3}{2} - \frac{x}{4}, \quad 2 \leq x \leq 6$$

$$f(x) = 2 - \frac{x}{5}, \quad 5 \leq x \leq 10$$

$\tilde{Çİ} : (\text{Çok İyi}) : (5,10,10,10)$

$$f(x) = \frac{x}{5} - 1, \quad 5 \leq x \leq 10$$



Şekil 4.8. “Emniyetlilik” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Basitlik kriteri için üyelik fonksiyonu :

$\tilde{B} : (\text{Basit}) : (0,0,0,20)$

$$f(x) = 1 - \frac{x}{20}, \quad 0 \leq x \leq 20$$

$\tilde{N} : (\text{Normal}) : (0,20,40,60)$

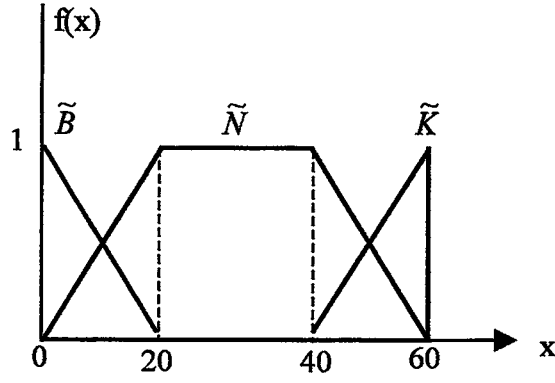
$$f(x) = \frac{x}{20}, \quad 0 \leq x \leq 20$$

$$f(x) = 1, \quad 20 \leq x \leq 40$$

$$f(x) = 3 - \frac{x}{20}, \quad 40 \leq x \leq 60$$

$\tilde{K} : (\text{Karmaşık}) : (40,60,60,60)$

$$f(x) = \frac{x}{20} - 2, \quad 40 \leq x \leq 60$$

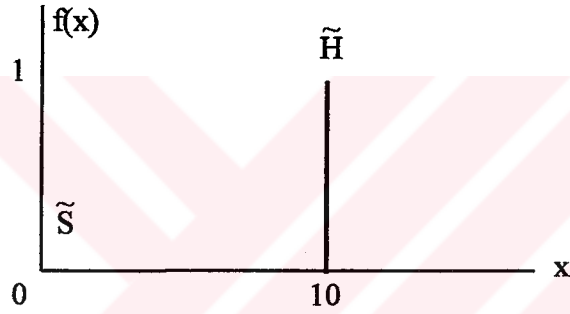


Şekil 4.9 “Basitlik” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Namlu kriteri için üyelik fonksiyonu :

$$\tilde{S} : (\text{Sabit}) : (0,0,0,0) \\ f(x) = 0 \quad , \quad x=0$$

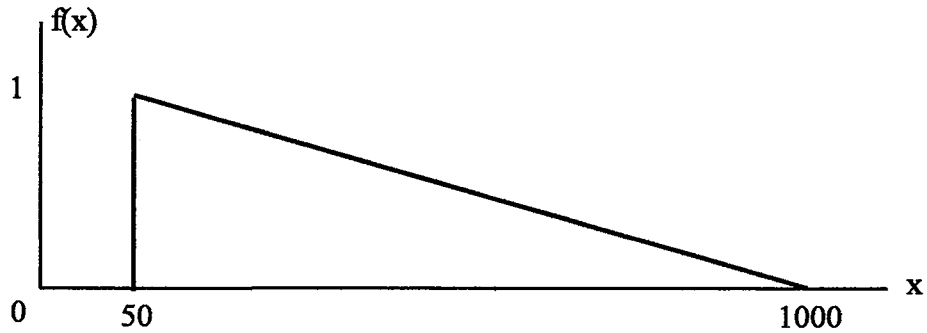
$$\tilde{H} : (\text{Hareketli}) : (10,10,10,10) \\ f(x) = 1 \quad , \quad x=10$$



Şekil 4.10 “Namlu” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Maliyet Kriteri için Üyelik Fonksiyonu :

$$f(x) = \frac{1000}{950} - \frac{x}{950} \quad , \quad 50 \leq x \leq 1000$$



Şekil 4.11 “Maliyet” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Yedek Parça kriteri için üyelik fonksiyonu :

$\tilde{ÇD} : (\text{Çok Düşük}) : (0,0,0,1)$

$\tilde{D} : (\text{Düşük}) : (0,1,1,4)$

$$f(x) = 1 - x, \quad 0 \leq x \leq 1$$

$$f(x) = x, \quad 0 \leq x \leq 1$$

$$f(x) = \frac{4}{3} - \frac{x}{3}, \quad 1 \leq x \leq 4$$

$\tilde{N} : (\text{Normal}) : (0.5,4,4,8)$

$\tilde{Y} : (\text{Yüksek}) : (4,7,7,10)$

$$f(x) = \frac{2x}{7} - \frac{1}{7}, \quad 0.5 \leq x \leq 4$$

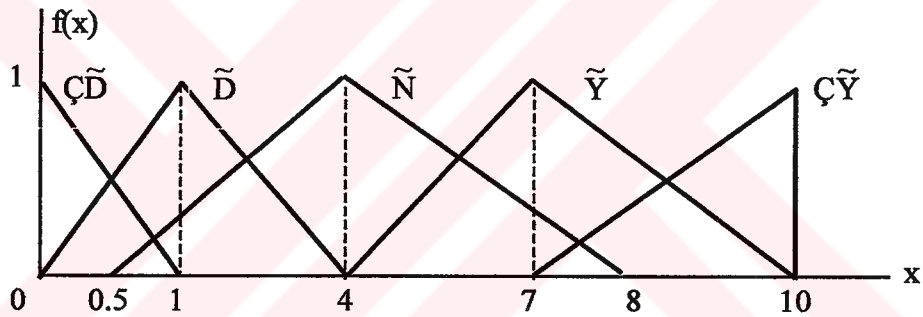
$$f(x) = \frac{x}{3} - \frac{4}{3}, \quad 4 \leq x \leq 7$$

$$f(x) = 2 - \frac{x}{4}, \quad 4 \leq x \leq 8$$

$$f(x) = \frac{10}{3} - \frac{x}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$

$\tilde{ÇY} : (\text{Çok Yüksek}) : (7,10,10,10)$

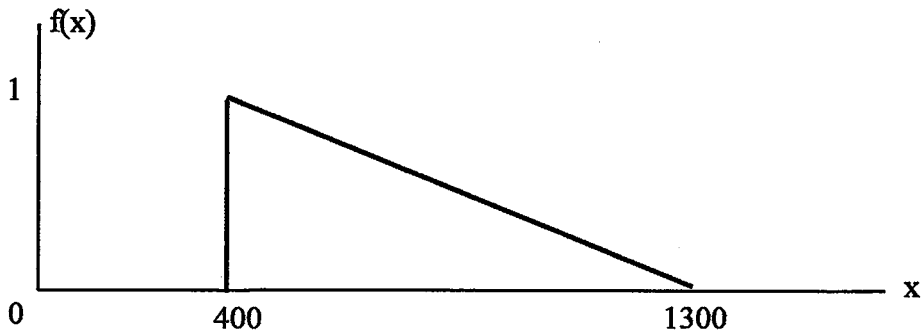
$$f(x) = \frac{x}{3} - \frac{7}{3}, \quad 7 \leq x \leq 10$$



Şekil 4.12 “Yedek Parça” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Ağırlık kriteri için üyelik fonksiyonu :

$$f(x) = \frac{1300}{900} - \frac{x}{900}, \quad 400 \leq x \leq 1300$$



Şekil 4.13 “Ağırlık” dilsel değerleri için üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimi

Kriterlere ait üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasını müteakip daha önce anlatılan tabancalarla ilgili teknik bilgiler ışığında tabancaların performansları, belirlenen 10 kritere göre uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye ait nitel ve nicel değerler Tablo 4.5’de görülmektedir.

Tablo 4.5 Kriterlere göre tabancaların performans değerleri

Kriterler	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
Tutukluk	Normal	Çok İyi	Çok İyi	Normal
Mermi	Normal	Çok Güçlü	Çok Güçlü	Çok Güçlü
Şarjör Kap.	7	15	15	15
Malzeme	Normal	Çok İyi	Çok İyi	İyi
Emniyetlilik	Normal	İyi	Normal	Normal
Basitlik	Normal	Basit	Basit	Normal
Namlu	Sabit	Hareketli	Hareketli	Hareketli
Maliyet	210\$	500\$	350\$	290\$
Yedek Parça	Çok Yüksek	Normal	Normal	Normal
Ağırlık	700 gr.	750 gr.	960 gr.	1190 gr.

Tabancaların bu yöntemle karşılaştırılması işlemi adımlar şeklinde aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Adım : “En İyi Tabanca Seçimi” için istenen kriter değerlerinin belirlenmesi,

Belirlenen 10 kriter için bir tabancadan istenen standart kriter değerleri

$\tilde{D}_j = (da_j, db_j, dc_j, dd_j)$ trapezoidal bulanık sayı olarak ifade edilir. Bu değerler ;

Tutukluk : $\tilde{D}_1 = (7,10,10,10) : (\text{Çok İyi})$

Mermi : $\tilde{D}_2 = (3,5,5,10) : (\text{Güçlü})$

Şarjör Kapasitesi : $\tilde{D}_3 = (13,15,15,17) : (15)$

Malzeme : $\tilde{D}_4 = (5,7,7,10) : (\text{İyi})$

Emniyetlilik : $\tilde{D}_5 = (0.5,2,2,6) : (\text{Normal})$

Basitlik : $\tilde{D}_6 = (0,0,0,20) : (\text{Basit})$

Namlu : $\tilde{D}_7 = (10,10,10,10) : (\text{Hareketli})$

Maliyet	: $\tilde{D}_8 = (225, 250, 450, 495) : (250-450)$
Yedek Parça	: $\tilde{D}_9 = (0.5, 4, 4, 8) : (\text{Normal})$
Ağırlık	: $\tilde{D}_{10} = (630, 700, 1000, 1100) : (700-1000)$

2. Adım : Önem ağırlıklarının belirlenmesi

Kriterlere önem ağırlıkları atanır ve bu önem ağırlıkları trapezoidal bulanık sayı olarak ifade edilir. Şekil 3.18'e uygun olarak Direk Ağırlık Atama işlemi uzman yönlendirmesi ile yapılmıştır ve kriterlere atanan önem ağırlık değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_1} : (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) : (\text{Çok Yüksek})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_2} : (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) : (\text{Çok Yüksek})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_3} : (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) : (\text{Çok Yüksek})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_4} : (0.2, 0.5, 0.5, 0.8) : (\text{Normal})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_5} : (0.5, 0.7, 0.7, 1.0) : (\text{Yüksek})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_6} : (0, 0.3, 0.3, 0.5) : (\text{Düşük})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_7} : (0.2, 0.5, 0.5, 0.8) : (\text{Normal})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_8} : (0.5, 0.7, 0.7, 1.0) : (\text{Yüksek})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_9} : (0, 0.3, 0.3, 0.5) : (\text{Düşük})$$

$$\tilde{W}_{\tilde{D}_{10}} : (0, 0.3, 0.3, 0.5) : (\text{Düşük})$$

3. Adım : Veri tabanındaki tabanca kriter performans değerlerinin trapezoidal bulanık sayılara çevrilmesi Tablo 4.5'de belirtilen Tabanca Performans Değerleri % 10'luk Bulanıklaştırma ile $\tilde{P}_{ij} = (pa_{ij}, pb_{ij}, pc_{ij}, pd_{ij})$ şeklinde trapezoidal bulanık sayılara dönüştürülürler. Bu amaçla performans değerlerinin en alt ve üst değerleri %10 azaltılarak ve %10 artırılarak trapezoidal bulanık sayılar elde edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.6'da belirtilmektedir.

Tablo 4.6 Tabancaların performans değerlerinin trapezoidal bulanık sayılar olarak ifadesi

Kriterler	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
Tutukluk	(2,5,5,8)	(7,10,10,10)	(7,10,10,10)	(2,5,5,8)
Mermi	(1,3,3,7)	(5,10,10,10)	(5,10,10,10)	(5,10,10,10)
Şarjör Kap.	(6,7,7,8)	(13,15,15,17)	(13,15,15,17)	(13,15,15,17)
Malzeme	(1,5,5,8)	(7,10,10,10)	(7,10,10,10)	(5,7,7,10)
Emniyetlilik	(0,5,2,2,6)	(2,5,5,10)	(0,5,2,2,6)	(0,5,2,2,6)
Basitlik	(0,20,40,60)	(0,0,0,20)	(0,0,0,20)	(0,20,40,60)
Namlu	(0,0,0,0)	(10,10,10,10)	(10,10,10,10)	(10,10,10,10)
Maliyet	(189,210,210,231)	(450,500,500,550)	(315,350,350,385)	(261,290,290,319)
Yedek Parça	(7,10,10,10)	(0,5,4,4,8)	(0,5,4,4,8)	(0,5,4,4,8)
Ağırlık	(630,700,700,770)	(675,750,750,825)	(864,960,960,1056)	(1071,1190,1190,1309)

4. Adım : İstenen kriter değerlerine uygun olmayan tabancaların elenmesi

Bu adımda tabancaların performans değerleri ile istenen kriter değerleri karşılaştırılmaktadır. Tablo 4.6 incelendiğinde karşılaştırılan tabancalar içerisinde “Şarjör Kapasitesi” kriteri istenilen değeri (13,15,15,17) ve “Namlu” kriteri istenilen değeri (10,10,10,10) iken, Kırıkkale tabancasının bu değerleri (6,7,7,8) ve (0,0,0,0)’dır. Bir alternatifin uygunluğu bölümünde belirtilen $pd_{ij} > da_j$ özelliğini “Şarjör Kapasitesi” ($8 < 13$) ve “Namlu” ($0 < 10$) kriterlerinde sağlayamadığı için bu adımda Kırıkkale tabancası elenir.

5. Adım : $\tilde{S}_{ij}$ değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3.25) ve (3.26) kullanılarak $\tilde{S}_{ij}$ değerleri hesaplanır. 4.adımda elenmiş olan Kırıkkale tabancası bu adımdan itibaren ihmal edilecektir. Tutukluk ($\tilde{D}_1$), Mermi ($\tilde{D}_2$), Şarjör Kapasitesi ($\tilde{D}_3$), Malzeme ($\tilde{D}_4$), Emniyetlilik ($\tilde{D}_5$), Namlu ($\tilde{D}_7$) ve Yedek Parça ($\tilde{D}_9$) için değerlerin yüksek olması istendiği için Eşitlik (3.25) kullanılacaktır.

$$\tilde{S}_{ij} = (A\tilde{P}_{ij} \ominus \tilde{D}_j) \oslash \tilde{D}_j$$

$$A\tilde{P}_{ij} = nd_j \oplus (pa_{ij}, pb_{ij}, pc_{ij}, pd_{ij})$$

$$nd_j = | \min (pa_{ij}) - dd_j |$$

Diğer yandan Basitlik ($\tilde{D}_6$), Maliyet ($\tilde{D}_8$) ve Ağırlık ($\tilde{D}_{10}$) değerlerinin küçük olması istenildiği için Eşitlik (3.26) kullanılacaktır.

$$\tilde{S}_j = (\tilde{D}_j \ominus A\tilde{P}_j) \oslash \tilde{D}_j$$

$$A\tilde{P}_j = (pa_j, pb_j, pc_j, pd_j) \ominus nd_j$$

$$nd_j = | da_j - \max(pd_j) |$$

Her tabanca için $\tilde{S}_{ij}$ değerlerinin hesaplama işlemi aşağıda ki gibidir.

SIG SAUER P 226

Tutukluluk : $nd_1 = | 2-10 | = 8 \quad A\tilde{P}_{11} = 8 \oplus (7,10,10,10) = (15,18,18,18)$

$$\tilde{S}_{11} = [(15,18,18,18) \ominus (7,10,10,10)] \oslash (7,10,10,10) = (0.50,0.80,0.80,1.57)$$

Mermi : $nd_2 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{12} = 5 \oplus (5,10,10,10) = (10,15,15,15)$

$$\tilde{S}_{12} = [(10,15,15,15) \ominus (3,5,5,10)] \oslash (3,5,5,10) = (0,2,2,4)$$

Şarjör Kapasitesi : $nd_3 = | 13-17 | = 4 \quad A\tilde{P}_{13} = 4 \oplus (13,15,15,17) = (17,19,19,21)$

$$\tilde{S}_{13} = [(17,19,19,21) \ominus (13,15,15,17)] \oslash (13,15,15,17) = (0,0.27,0.27,0.62)$$

Malzeme : $nd_4 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{14} = 5 \oplus (7,10,10,10) = (12,15,15,15)$

$$\tilde{S}_{14} = [(12,15,15,15) \ominus (5,7,7,10)] \oslash (5,7,7,10) = (0.20,1.14,1.14,2)$$

Emniyetlilik: $nd_5 = | 0.5-6 | = 5.5 \quad A\tilde{P}_{15} = 5.5 \oplus (2,5,5,10) = (7.5,10.5,10.5,15.5)$

$$\tilde{S}_{15} = [(7.5,10.5,10.5,15.5) \ominus (0.5,2,2,6)] \oslash (0.5,2,2,6) = (0.25,4.25,4.25,30)$$

Basitlik : $nd_6 = | 0-60 | = 60 \quad A\tilde{P}_{16} = (0,0,0,20) \ominus 60 = (-60,-60,-60,-40)$

$$\tilde{S}_{16} = [(0,0,0,20) \ominus (-60,-60,-60,-40)] \oslash (0,0,0,20) = (2,100,100,100)$$

Burada $\frac{x}{0} = \infty$ olacağı için, ∞ yerine büyük bir değer olan 100 alınmıştır.

Namlu: $nd_7 = | 10-10 | = 0 \quad A\tilde{P}_{17} = 0 \oplus (10,10,10,10) = (10,10,10,10)$

$$\tilde{S}_{17} = [(10,10,10,10) \ominus (10,10,10,10)] \oslash (10,10,10,10) = (0,0,0,0)$$

Maliyet : $nd_8 = | 225-550 | = 325 \quad A\tilde{P}_{18} = (450,500,500,550) \ominus 325$

$$A\tilde{P}_{18} = (125,175,175,225)$$

$$\tilde{S}_{18} = [(225,250,450,495) \ominus (125,175,175,225)] \oslash (225,250,450,495)$$

$$\tilde{S}_{18} = (0, 0.17, 1.10, 1.64)$$

$$\text{Yedek Parça : } nd_9 = | 0.5-8 | = 7.5 \quad A\tilde{P}_{19} = 7.5 \oplus (0.5, 4, 4, 8) = (8, 11.5, 11.5, 15.5)$$

$$\tilde{S}_{19} = [(8, 11.5, 11.5, 15.5) \ominus (0.5, 4, 4, 8)] \oslash (0.5, 4, 4, 8) = (0, 1.88, 1.88, 30)$$

$$\text{Ağırlık : } nd_{10} = | 630-1309 | = 679 \quad A\tilde{P}_{110} = (675, 750, 750, 825) \ominus 679$$

$$A\tilde{P}_{110} = (-4, 71, 71, 146)$$

$$\tilde{S}_{110} = [(630, 700, 1000, 1100) \ominus (-4, 71, 71, 146)] \oslash (630, 700, 1000, 1100)$$

$$\tilde{S}_{110} = (0.44, 0.63, 1.33, 1.75)$$

BERETTA 92 FS

$$\text{Tutukluk : } nd_1 = | 2-10 | = 8 \quad A\tilde{P}_{21} = 8 \oplus (7, 10, 10, 10) = (15, 18, 18, 18)$$

$$\tilde{S}_{21} = [(15, 18, 18, 18) \ominus (7, 10, 10, 10)] \oslash (7, 10, 10, 10) = (0.5, 0.8, 0.8, 1.57)$$

$$\text{Mermi : } nd_2 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{22} = 5 \oplus (5, 10, 10, 10) = (10, 15, 15, 15)$$

$$\tilde{S}_{22} = [(10, 15, 15, 15) \ominus (3, 5, 5, 10)] \oslash (3, 5, 5, 10) = (0, 2, 2, 4)$$

$$\text{Şarjör Kapasitesi : } nd_3 = | 13-17 | = 4 \quad A\tilde{P}_{23} = 4 \oplus (13, 15, 15, 17) = (17, 19, 19, 21)$$

$$\tilde{S}_{23} = [(17, 19, 19, 21) \ominus (13, 15, 15, 17)] \oslash (13, 15, 15, 17) = (0, 0.27, 0.27, 0.62)$$

$$\text{Malzeme : } nd_4 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{24} = 5 \oplus (7, 10, 10, 10) = (12, 15, 15, 15)$$

$$\tilde{S}_{24} = [(12, 15, 15, 15) \ominus (5, 7, 7, 10)] \oslash (5, 7, 7, 10) = (0.2, 1.14, 1.14, 2)$$

$$\text{Emniyetlilik : } nd_5 = | 0.5-6 | = 5.5 \quad A\tilde{P}_{25} = 5.5 \oplus (0.5, 2, 2, 6) = (6, 7.5, 7.5, 11.5)$$

$$\tilde{S}_{25} = [(6, 7.5, 7.5, 11.5) \ominus (0.5, 2, 2, 6)] \oslash (0.5, 2, 2, 6) = (0, 2.75, 2.75, 22)$$

$$\text{Basitlik : } nd_6 = | 0-60 | = 60 \quad A\tilde{P}_{26} = (0, 0, 0, 20) \ominus 60 = (-60, -60, -60, -40)$$

$$\tilde{S}_{26} = [(0, 0, 0, 20) \ominus (-60, -60, -60, -40)] \oslash (0, 0, 0, 20) = (2, 100, 100, 100)$$

$$\text{Namlu : } nd_7 = | 10-10 | = 0 \quad A\tilde{P}_{27} = 0 \oplus (10, 10, 10, 10) = (10, 10, 10, 10)$$

$$\tilde{S}_{27} = [(10, 10, 10, 10) \ominus (10, 10, 10, 10)] \oslash (10, 10, 10, 10) = (0, 0, 0, 0)$$

$$\text{Maliyet : } nd_8 = | 225-550 | = 325 \quad A\tilde{P}_{28} = (315, 350, 350, 385) \ominus 325$$

$$A\tilde{P}_{28} = (-10, 25, 25, 60)$$

$$\tilde{S}_{28} = [(225, 250, 450, 495) \ominus (-10, 25, 25, 60)] \oslash (225, 250, 450, 495)$$

$$\tilde{S}_{28} = (0.33, 0.50, 1.70, 2.24)$$

$$\text{Yedek Parça : } nd_9 = | 0.5-8 | = 7.5 \quad A\tilde{P}_{29} = 7.5 \oplus (0.5, 4, 4, 8) = (8, 11.5, 11.5, 15.5)$$

$$\tilde{S}_{29} = [(8, 11.5, 11.5, 15.5) \ominus (0.5, 4, 4, 8)] \oslash (0.5, 4, 4, 8) = (0, 1.88, 1.88, 30)$$

$$\text{Ağırlık : } nd_{10} = | 630-1309 | = 679 \quad A\tilde{P}_{210} = (864, 960, 960, 1056) \ominus 679$$

$$A\tilde{P}_{210} = (185, 281, 281, 377)$$

$$\tilde{S}_{210} = [(630, 700, 1000, 1100) \ominus (185, 281, 281, 377)] \oslash (630, 700, 1000, 1100)$$

$$\tilde{S}_{210} = (0.23, 0.42, 1.03, 1.45)$$

SARSILMAZ KILINÇ 2000

$$\text{Tutukluk : } nd_1 = | 2-10 | = 8 \quad A\tilde{P}_{31} = 8 \oplus (2, 5, 5, 8) = (10, 13, 13, 16)$$

$$\tilde{S}_{31} = [(10, 13, 13, 16) \ominus (7, 10, 10, 10)] \oslash (7, 10, 10, 10) = (0, 0.30, 0.30, 1.29)$$

$$\text{Mermi : } nd_2 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{32} = 5 \oplus (5, 10, 10, 10) = (10, 15, 15, 15)$$

$$\tilde{S}_{32} = [(10, 15, 15, 15) \ominus (3, 5, 5, 10)] \oslash (3, 5, 5, 10) = (0, 2, 2, 4)$$

$$\text{Şarjör Kapasitesi : } nd_3 = | 13-17 | = 4 \quad A\tilde{P}_{33} = 4 \oplus (13, 15, 15, 17) = (17, 19, 19, 21)$$

$$\tilde{S}_{33} = [(17, 19, 19, 21) \ominus (13, 15, 15, 17)] \oslash (13, 15, 15, 17) = (0, 0.27, 0.27, 0.62)$$

$$\text{Malzeme : } nd_4 = | 5-10 | = 5 \quad A\tilde{P}_{34} = 5 \oplus (5, 7, 7, 10) = (10, 12, 12, 15)$$

$$\tilde{S}_{34} = [(10, 12, 12, 15) \ominus (5, 7, 7, 10)] \oslash (5, 7, 7, 10) = (0, 0.71, 0.71, 2)$$

$$\text{Emniyetlilik : } nd_5 = | 0.5-6 | = 5.5 \quad A\tilde{P}_{35} = 5.5 \oplus (0.5, 2, 2, 6) = (6, 7.5, 7.5, 11.5)$$

$$\tilde{S}_{35} = [(6, 7.5, 7.5, 11.5) \ominus (0.5, 2, 2, 6)] \oslash (0.5, 2, 2, 6) = (0, 2.75, 2.75, 22)$$

$$\text{Basitlik : } nd_6 = | 0-60 | = 60 \quad A\tilde{P}_{36} = (0, 20, 40, 60) \ominus 60 = (-60, -40, -20, 0)$$

$$\tilde{S}_{36} = [(0, 0, 0, 20) \ominus (-60, -40, -20, 0)] \oslash (0, 0, 0, 20) = (0, 100, 100, 100)$$

$$\text{Namlu : } nd_7 = | 10-10 | = 0 \quad A\tilde{P}_{37} = 0 \oplus (10, 10, 10, 10) = (10, 10, 10, 10)$$

$$\tilde{S}_{37} = [(10, 10, 10, 10) \ominus (10, 10, 10, 10)] \oslash (10, 10, 10, 10) = (0, 0, 0, 0)$$

$$\text{Maliyet : } nd_8 = | 225-550 | = 325 \quad A\tilde{P}_{38} = (261, 290, 290, 319) \ominus 325$$

$$\tilde{A\tilde{P}}_{38} = (-64, -35, -35, -6)$$

$$\tilde{S}_{38} = [(225, 250, 450, 495) \ominus (-64, -35, -35, -6)] \oslash (225, 250, 450, 495)$$

$$\tilde{S}_{38} = (0.47, 0.63, 1.94, 2.48)$$

$$\text{Yedek Parça : } nd_9 = | 0.5-8 | = 7.5 \quad \tilde{A\tilde{P}}_{39} = 7.5 \oplus (0.5, 4, 4, 8) = (8, 11.5, 11.5, 15.5)$$

$$\tilde{S}_{39} = [(8, 11.5, 11.5, 15.5) \ominus (0.5, 4, 4, 8)] \oslash (0.5, 4, 4, 8) = (0, 1.88, 1.88, 30)$$

$$\text{Ağırlık : } nd_{10} = | 630-1309 | = 679 \quad \tilde{A\tilde{P}}_{310} = (1071, 1190, 1190, 1309) \ominus 679$$

$$\tilde{A\tilde{P}}_{310} = (392, 511, 511, 630)$$

$$\tilde{S}_{310} = [(630, 700, 1000, 1100) \ominus (392, 511, 511, 630)] \oslash (630, 700, 1000, 1100)$$

$$\tilde{S}_{310} = (0, 0.19, 0.70, 1.12)$$

Tablo 4.7 Tabancaların $\tilde{S}_{ij}$ değerleri

Kriterler	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
Tutukluluk	Elendi.	(0.50,0.80,0.80,1.57)	(0.50,0.80,0.80,1.57)	(0,0.30,0.30,1.29)
Mermi	Elendi.	(0,2,2,4)	(0,2,2,4)	(0,2,2,4)
Şarjör Kap.	Elendi.	(0,0.27,0.27,0.62)	(0,0.27,0.27,0.62)	(0,0.27,0.27,0.62)
Malzeme	Elendi.	(0.20,1.14,1.14,2)	(0.20,1.14,1.14,2)	(0,0.71,0.71,2)
Emniyetlilik	Elendi.	(0.25,4.25,4.25,30)	(0,2.75,2.75,22)	(0,2.75,2.75,22)
Basitlik	Elendi.	(2,100,100,100)	(2,100,100,100)	(0,100,100,100)
Namlu	Elendi.	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
Maliyet	Elendi.	(0,0.17,1.10,1.64)	(0.33,0.50,1.70,2.24)	(0.47,0.63,1.94,2.48)
Yedek Parça	Elendi.	(0,1.88,1.88,30)	(0,1.88,1.88,30)	(0,1.88,1.88,30)
Ağırlık	Elendi.	(0.44,0.63,1.33,1.75)	(0.23,0.42,1.03,1.45)	(0,0.19,0.70,1.12)

6. Adım : Tabancalara ait önem ağırlıkları değerlerini kullanarak bulanık uygunluk indeksi değerlerinin, $\tilde{S}_i$, hesaplanması

$$\tilde{S}_i = \frac{1}{n} \otimes [(\tilde{S}_{i1} \otimes \tilde{w}_1) \oplus (\tilde{S}_{i2} \otimes \tilde{w}_2) \oplus \dots \oplus (\tilde{S}_{in} \otimes \tilde{w}_n)]$$

Eşitlik (3.27) ile, 2. adımda belirlenen önem ağırlıklarını kullanarak $\tilde{S}_i$ değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{S}_1 = & \frac{1}{10} \otimes [(0.5, 0.80, 0.80, 1.57) \otimes (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) \oplus (0, 2, 2, 4) \otimes (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) \\ & \oplus (0, 0.27, 0.27, 0.62) \otimes (0.7, 1.0, 1.0, 1.0) \oplus (0.20, 1.14, 1.14, 2) \otimes (0.2, 0.5, 0.5, 0.8) \\ & \oplus (0.25, 4.25, 4.25, 30) \otimes (0.5, 0.7, 0.7, 1.0) \oplus (2, 100, 100, 100) \otimes (0, 0.3, 0.3, 0.5)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \oplus (0,0,0,0) \otimes (0,2,0.5,0.5,0.8) \oplus (0,0.17,1.10,1.64) \otimes (0.5,0.7,0.7,1.0) \\
& \oplus (0,1.88,1.88,30) \otimes (0,0.3,0.3,0.5) \oplus (0.44,0.63,1.33,1.75) \otimes (0,0.3,0.3,0.5)] \\
\tilde{S}_1 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.35,0.8,0.8,1.57) \oplus (0,2,2,4) \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \\
& \oplus (0.04,0.57,0.57,1.60) \oplus (0.13,2.98,2.98,30) \oplus (0,30,30,50) \oplus (0,0,0,0) \\
& \oplus (0,0.12,0.77,1.64) \oplus (0,0.56,0.56,15) \oplus (0,0.19,0.40,0.88)] \\
\tilde{S}_1 &= \frac{1}{10} \otimes (0.52, 37.49, 38.35, 105,31) \\
\tilde{S}_1 &= (0.05, 3.75, 3.84, 10.53)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{S}_2 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.50,0.80,0.80,1.57) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \oplus (0,2,2,4) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \\
& \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \oplus (0.20,1.14,1.14,2) \otimes (0.2,0.5,0.5,0.8) \\
& \oplus (0,2.75,2.75,22) \otimes (0.5,0.7,0.7,1.0) \oplus (2,100,100,100) \otimes (0,0.3,0.3,0.5) \\
& \oplus (0,0,0,0) \otimes (0.2,0.5,0.5,0.8) \oplus (0.33,0.50,1.70,2.24) \otimes (0.5,0.7,0.7,1.0) \\
& \oplus (0,1.88,1.88,30) \otimes (0,0.3,0.3,0.5) \oplus (0.23,0.42,1.03,1.45) \otimes (0,0.3,0.3,0.5)] \\
\tilde{S}_2 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.35,0.80,0.80,1.57) \oplus (0,2,2,4) \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \\
& \oplus (0.04,0.57,0.57,1.60) \oplus (0,1.93,1.93,22) \oplus (0,30,30,50) \oplus (0,0,0,0) \\
& \oplus (0.17,0.35,1.19,2.24) \oplus (0,0.56,0.56,15) \oplus (0,0.13,0.31,0.73)] \\
\tilde{S}_2 &= \frac{1}{10} \otimes (0.56, 36.61, 37.63, 97.76) \\
\tilde{S}_2 &= (0.06, 3.66, 3.76, 9.78)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{S}_3 &= \frac{1}{10} \otimes [(0,0.30,0.30,1.29) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \oplus (0,2,2,4) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \\
& \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \otimes (0.7,1.0,1.0,1.0) \oplus (0,0.71,0.71,2) \otimes (0.2,0.5,0.5,0.8) \\
& \oplus (0,2.75,2.75,22) \otimes (0.5,0.7,0.7,1.0) \oplus (0,100,100,100) \otimes (0,0.3,0.3,0.5) \\
& \oplus (0,0,0,0) \otimes (0.2,0.5,0.5,0.8) \oplus (0.47,0.63,1.94,2.48) \otimes (0.5,0.7,0.7,1.0) \\
& \oplus (0,1.88,1.88,30) \otimes (0,0.3,0.3,0.5) \oplus (0,0.19,0.70,1.12) \otimes (0,0.3,0.3,0.5)]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_3 &= \frac{1}{10} \otimes [(0,0.30,0.30,1.29) \oplus (0,2,2,4) \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \\ &\quad \oplus (0,0.36,0.36,1.60) \oplus (0,1.93,1.93,22) \oplus (0,30,30,50) \oplus (0,0,0,0) \\ &\quad \oplus (0.24,0.44,1.36,2.48) \oplus (0,0.56,0.56,15) \oplus (0,0.06,0.21,0.56)] \\ \tilde{S}_3 &= \frac{1}{10} \otimes (0.24, 35.92, 36.99, 97.55) \\ \tilde{S}_3 &= (0.02, 3.59, 3.70, 9.76)\end{aligned}$$

7. Adım : $I_T^\mu(\tilde{S}_i)$ değerlerini bularak tabancaların sıralamalarının yapılması

Bu adımda KV'nin iyimserlik durumu μ , dikkate alınmaktadır. Her üç durum da ($\mu=0$, $\mu=0.5$, $\mu=1$) dikkate alınarak Eşitlik (3.33)'e göre $I_T^\mu(\tilde{S}_i)$ değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanarak tabancalara nihai bir sıralama verilir.

$$I_T^\mu(\tilde{S}_i) = \frac{1}{2} [\mu(\tau + \delta) + (1 - \mu)(\alpha + \beta)]$$

$$\underline{\mu = 1}$$

$$I_T^1(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [1(3.84+10.53)] = 7.19$$

$$I_T^1(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [1(3.76+9.78)] = 6.77$$

$$I_T^1(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [1(3.70+9.76)] = 6.73$$

$$\underline{\mu = 0.5}$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [0.5(3.84+10.53) + (1-0.5)(0.05+3.75)] = 4.54$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [0.5(3.76+9.78) + (1-0.5)(0.06+3.66)] = 4.32$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [0.5(3.70+9.76) + (1-0.5)(0.02+3.59)] = 4.27$$

$$\mu = 0$$

$$I_T^0(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [1(0.05+3.75)] = 1.90$$

$$I_T^0(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [1(0.06+3.66)] = 1.86$$

$$I_T^0(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [1(0.02+3.59)] = 1.81$$

Tablo 4.8 Tabancaların $\tilde{S}_i$, $I_T^1(\tilde{S}_i)$, $I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$ ve $I_T^0(\tilde{S}_i)$ değerleri

	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
$\tilde{S}_i$	Elendi.	(0.05,3.75,3.84,10.53)	(0.06,3.66,3.76,9.78)	(0.02,3.59,3.70,9.76)
$I_T^1(\tilde{S}_i)$	Elendi.	7.19	6.77	6.73
$I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$	Elendi.	4.54	4.32	4.27
$I_T^0(\tilde{S}_i)$	Elendi.	1.90	1.86	1.81

Tablo 4.8 incelendiğinde, bulanık uygunluk indeksi ve her üç iyimserlik sonucuna göre tabancaların aldıkları değerler görülmektedir. Bu değerler kendi aralarında büyükten küçüğe sıralandıklarında Tablo 4.9'da görüldüğü gibi tabancaların bulanık uygunluk indeksine göre karşılaştırma nihai sıralamaları görülmektedir.

Tablo 4.9 Tabancaların sıralanması

	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
$\mu = 1$	Elendi.	1	2	3
$\mu = 0.5$	Elendi.	1	2	3
$\mu = 0$	Elendi.	1	2	3

Tablo 4.9'da görüldüğü direk ağırlık atama yöntemi ile bulanık uygunluk indeksine göre her üç iyimserlik durumu için de, tabancaların karşılaştırmaları sonucu oluşan sıralama :

1. Sig Sauer P 226
2. Beretta 92 FS
3. Sarsılmaz Kılınc

şeklinde oluşmuştur.

4.4.2.2. AHP’de elde edilen görelî önemler kullanılarak tabancaların bulanık uygunluk indeksi ile karşılaştırılması

Analitik Hiyerarşi Prosesi ile tabancaların belirlenen 10 kritere göre ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen görelî önemler vektörü ile bulanık uygunluk indeksleri elde edilecektir. Bu amaçla kullanacağımız kriterlerin görelî önemlerini aşağıdaki değerlerde bulmuştuk:

$\tilde{W}_1$: Tutukluk	: 0.375
$\tilde{W}_2$: Mermi	: 0.114
$\tilde{W}_3$: Şarjör Kapasitesi	: 0.181
$\tilde{W}_4$: Malzeme	: 0.054
$\tilde{W}_5$: Emniyetlilik	: 0.060
$\tilde{W}_6$: Basitlik	: 0.028
$\tilde{W}_7$: Namlu	: 0.037
$\tilde{W}_8$: Maliyet	: 0.099
$\tilde{W}_9$: Yedek Parça	: 0.025
$\tilde{W}_{10}$: Ağırlık	: 0.027

Bu yöntemle Direk Ağırlık Atama Yöntemi arasında 6.adıma kadar bir farklılık bulunmamaktadır. 6.adımda tabancalara ait önem ağırlıkları değerlerini kullanarak bulanık uygunluk indeksi değerlerinin , $\tilde{S}_i$, hesaplanması maksadıyla AHP’de elde edilen önem ağırlıkları bu safhada kullanılacaktır.

$$\tilde{S}_i = \frac{1}{n} \otimes [(\tilde{S}_{i1} \otimes \tilde{w}_1) \oplus (\tilde{S}_{i2} \otimes \tilde{w}_2) \oplus \oplus (\tilde{S}_{in} \otimes \tilde{w}_n)]$$

Eşitlik (3.27) ile AHP’de İkili karşılaştırmalar sonucu belirlenen önem ağırlıklarını da kullanarak $\tilde{S}_i$ değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{S}_1 = \frac{1}{10} \otimes & [(0.50,0.80,0.80,1.57) \otimes (0.375) \oplus (0,2,2,4) \otimes (0.114) \\ & \oplus (0,0.27,0.27,0.62) \otimes (0.181) \oplus (0.2,1.14,1.14,2) \otimes (0.054) \\ & \oplus (0.25,4.25,4.25,30) \otimes (0.060) \oplus (2,100,100,100) \otimes (0.028) \\ & \oplus (0,0,0,0) \otimes (0.037) \oplus (0,0.17,1.10,1.64) \otimes (0.099) \\ & \oplus (0,1.88,1.88,30) \otimes (0.025) \oplus (0.44,0.63,1.33,1.75) \otimes (0.027)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_1 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.19, 0.30, 0.30, 0.59) \oplus (0, 0.23, 0.23, 0.46) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.11) \\ &\quad \oplus (0.01, 0.06, 0.06, 0.11) \oplus (0.02, 0.26, 0.26, 1.82) \oplus (0.06, 2.80, 2.80, 2.80) \\ &\quad \oplus (0, 0, 0, 0) \oplus (0, 0.02, 0.11, 0.16) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.75) \oplus (0.01, 0.02, 0.04, 0.05)]\end{aligned}$$

$$\tilde{S}_1 = \frac{1}{10} \otimes (0.29, 3.79, 3.90, 6.83)$$

$$\tilde{S}_1 = (0.03, 0.38, 0.39, 0.68)$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_2 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.50, 0.80, 0.80, 1.57) \otimes (0.375) \oplus (0, 2, 2, 4) \otimes (0.114) \\ &\quad \oplus (0, 0.27, 0.27, 0.62) \otimes (0.181) \oplus (0.20, 1.14, 1.14, 2) \otimes (0.054) \\ &\quad \oplus (0, 2.75, 2.75, 22) \otimes (0.060) \oplus (2, 100, 100, 100) \otimes (0.028) \\ &\quad \oplus (0, 0, 0, 0) \otimes (0.037) \oplus (0.33, 0.50, 1.70, 2.24) \otimes (0.099) \\ &\quad \oplus (0, 1.88, 1.88, 30) \otimes (0.025) \oplus (0.23, 0.42, 1.03, 1.45) \otimes (0.027)]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_2 &= \frac{1}{10} \otimes [(0.19, 0.30, 0.30, 0.59) \oplus (0, 0.23, 0.23, 0.46) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.11) \\ &\quad \oplus (0.01, 0.06, 0.06, 0.11) \oplus (0, 0.17, 0.17, 1.32) \oplus (0.06, 2.80, 2.80, 2.80) \\ &\quad \oplus (0, 0, 0, 0) \oplus (0.03, 0.05, 0.17, 0.22) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.75) \oplus (0.01, 0.01, 0.03, 0.04)]\end{aligned}$$

$$\tilde{S}_2 = \frac{1}{10} \otimes (0.30, 3.72, 3.86, 6.40)$$

$$\tilde{S}_2 = (0.03, 0.37, 0.39, 0.64)$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_3 &= \frac{1}{10} \otimes [(0, 0.30, 0.30, 1.29) \otimes (0.375) \oplus (0, 2, 2, 4) \otimes (0.114) \\ &\quad \oplus (0, 0.27, 0.27, 0.62) \otimes (0.181) \oplus (0, 0.71, 0.71, 2) \otimes (0.054) \\ &\quad \oplus (0, 2.75, 2.75, 22) \otimes (0.060) \oplus (0, 100, 100, 100) \otimes (0.028) \\ &\quad \oplus (0, 0, 0, 0) \otimes (0.037) \oplus (0.47, 0.63, 1.94, 2.48) \otimes (0.099) \\ &\quad \oplus (0, 1.88, 1.88, 30) \otimes (0.025) \oplus (0, 0.19, 0.70, 1.12) \otimes (0.027)]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_3 &= \frac{1}{10} \otimes [(0, 0.11, 0.11, 0.48) \oplus (0, 0.23, 0.23, 0.46) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.11) \\ &\quad \oplus (0, 0.04, 0.04, 0.11) \oplus (0, 0.17, 0.17, 1.33) \oplus (0, 2.80, 2.80, 2.80) \\ &\quad \oplus (0, 0, 0, 0) \oplus (0.05, 0.06, 0.19, 0.25) \oplus (0, 0.05, 0.05, 0.75) \oplus (0, 0.01, 0.02, 0.03)]\end{aligned}$$

$$\tilde{S}_3 = \frac{1}{10} \otimes (0.05, 3.52, 3.66, 6.31)$$

$$\tilde{S}_3 = (0.01, 0.35, 0.37, 0.63)$$

7. Adım : $I_T^\mu(\tilde{S}_i)$ değerlerini bularak tabancaların sıralamalarının yapılması

Direk ağırlık atama yönteminde olduğu gibi her üç durum da ($\mu=0$, $\mu=0.5$, $\mu=1$) dikkate alınarak Eşitlik (3.33)'e göre $I_T^\mu(\tilde{S}_i)$ değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanarak tabancalara nihai bir sıralama verilir.

$$I_T^\mu(\tilde{S}_i) = \frac{1}{2} [\mu(\tau + \delta) + (1 - \mu)(\alpha + \beta)]$$

$$\underline{\mu = 1}$$

$$I_T^1(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [1(0.39+0.68)] = 0.54$$

$$I_T^1(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [1(0.39+0.64)] = 0.52$$

$$I_T^1(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [1(0.37+0.63)] = 0.50$$

$$\underline{\mu = 0.5}$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [0.5(0.39+0.68) + (1-0.5)(0.03+0.38)] = 0.37$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [0.5(0.39+0.64) + (1-0.5)(0.03+0.37)] = 0.36$$

$$I_T^{0.5}(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [0.5(0.37+0.63) + (1-0.5)(0.01+0.35)] = 0.34$$

$$\underline{\mu = 0}$$

$$I_T^0(\tilde{S}_1) = \frac{1}{2} [1(0.03+0.38)] = 0.21$$

$$I_T^0(\tilde{S}_2) = \frac{1}{2} [1(0.03+0.37)] = 0.20$$

$$I_T^0(\tilde{S}_3) = \frac{1}{2} [1(0.01+0.35)] = 0.18$$

Tablo 4.10 Tabancaların $\tilde{S}_i$, $I_T^1(\tilde{S}_i)$, $I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$ ve $I_T^0(\tilde{S}_i)$ değerleri

	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
$\tilde{S}_i$	Elendi.	(0.03,0.38,0.39,0.68)	(0.03,0.37,0.39,0.64)	(0.01,0.35,0.37,0.63)
$I_T^1(\tilde{S}_i)$	Elendi.	0.54	0.52	0.50
$I_T^{0.5}(\tilde{S}_i)$	Elendi.	0.37	0.36	0.34
$I_T^0(\tilde{S}_i)$	Elendi.	0.21	0.20	0.18

Tablo 4.10'de her üç iyimserlik sonucuna göre tabancaların aldıkları değerler görülmektedir. Bu değerler kendi aralarında büyükten küçüğe sıralandıklarında Tablo 4.11'da görüldüğü gibi tabancaların AHP'de elde edilen göreceli önemleri kullanılarak bulanık uygunluk indeksine göre karşılaştırma nihai sıralamaları görülmektedir.

Tablo 4.11 Tabancaların sıralanması

	Kırıkkale	Sig Sauer P 226	Beretta 92 FS	Sarsılmaz Kılınc 2000
$\mu = 1$	Elendi.	1	2	3
$\mu = 0.5$	Elendi.	1	2	3
$\mu = 0$	Elendi.	1	2	3

Tablo 4.11'da görüldüğü AHP'de elde edilen göreceli önemler kullanılarak bulanık uygunluk indeksine göre her üç iyimserlik durumu için de tabancaların karşılaştırmaları sonucu oluşan sıralama Direk Ağırlık Atama yönteminde olduğu gibi :

1.Sig Sauer P 226

2.Beretta 92 FS

3.Sarsılmaz Kılınc

şeklindedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada “En İyi Tabanca Seçimi” problemi Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi, AHP, ile çözümlenerek, çok karmaşık bir yapıya sahip silah sistemleri seçiminin nasıl olması gerektiği konusuna bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

Türk Silahlı Kuvvetleri’nin değişik birliklerinde kullanılan farklı tiplerdeki tabancalar arasından dört adedi tezimizin uygulama konusunu teşkil etmektedir. Bu dört adet tabanca, uzman görüşleri alınarak oluşturulan kriterler (ölçütler) yardımıyla bir karşılaştırma işlemine tabi tutulmuş ve ana amaç olan “En İyi Tabanca” sonucuna ulaşmak için Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bu yöntemin bulanık mantık ortamındaki uygulamaları kullanılmıştır.

“En İyi Tabanca Seçimi” probleminin AHP ile çözümlenmesinin yanında, bulanık mantık ortamında ele alınmasında iki farklı yöntem izlenmiştir. Bunlardan ilki, direk ağırlık atama yöntemi kullanılarak tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksi ile karşılaştırılması ve diğeri de AHP’de elde edilen göreceli önemler kullanılarak tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksi ile karşılaştırılması yöntemidir.

Tabancaların karşılaştırılmasında kullanılacak kriterler (ölçütler) konu uzmanları ile görüşülerek tespit edilmiştir. Belirlenen bu kriterler ışığında; faktörlerin birbirleriyle ayrı ayrı karşılaştırmaları suretiyle ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Bu matris, oluşturulan bir anket yardımıyla konu üzerine görüş bildirebilecek nitelikte ve bizzat tez kapsamındaki tabancaları kullanmış kişiler tarafından doldurulmuştur. Bu sayede kriter ve göreceli ağırlıkların tek bir kişi ile değil bir grup tarafından tespit edilmesi ve subjektifliğin önlenmesi sağlanmıştır.

AHP’nin klasik uygulamalarında bir takım tutarsızlıklar mevcuttur. Bu tutarsızlıkların birincisi; ikili karşılaştırmalar matrisi iki taraflı olup, matrisin bir tarafı 1 ile 9 arası sayılardan oluşurken, diğer yarısı ilk yarıdaki sayıların eşleniği olan $1/9$ ile $1/1$ arası sayılardan oluşmaktadır. Matrisin bir tarafındaki ağırlık oranı $1/1 - 1/9 = 8/9$, diğer tarafındaki ağırlık oranı $9 - 1 = 8$ ile kıyaslanmaktadır. 1 ile 9 arası numaralandırılmış ölçeklerin kullanımının basit olmasına rağmen, KV’nin

kararları ile ilgili belirsizliğin açıklanması ve sayıya dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. İkincisi; hiyerarşi , tek bir yapı olmayıp, kişiden kişiye değişmektedir. İki kişi aynı problem için farklı hiyerarşik yapı kurabilecekleri gibi, aynı yapıyı kursalar bile, tercihlerindeki farklılıklar nedeniyle farklı sonuca ulaşabilmektedirler. İnsanlar, yargılarda, değerlendirmelerde ve hiyerarşi yapısında fikir birliği oluşturmak için bir grup çalışması yapsalar dahi; insan faktöründen kaynaklanan subjektiflik tam olarak önlenememektedir. Bu tutarsızlıkları ortadan kaldırmak için, problem, klasik AHP'nin yanı sıra, Bulanık Küme Teorisi içinde de ele alınmıştır.

“En İyi Tabanca Seçimi” probleminde farklı yöntemler kullanılmasına rağmen, tüm yöntemlerde de tabanca sıralamasının aynı şekilde olduğu görülmüştür.

Bulanık Uygunluk İndeksi kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda alternatiflerin sayısal olarak ifade edilebilen kriterleri için bulanık üyelik fonksiyonları atanmış ve karar vericinin subjektifliği önlenmeye çalışılmıştır. Alternatiflerin sayısal olarak ifade edilemeyen kriterleri ise, uzman görüşlerine başvurularak “İyi-Kötü, Yüksek-Düşük” şeklinde bulanık kümeler teorisi içinde sayısallaştırılarak aynı şekilde subjektifliğin önlenmesi amaçlanmıştır.

Kriterlere ait üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasını müteakip, tabancalara ait teknik bilgiler ışığında tabancaların performansları, belirlenen kriterlere göre uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Seçim işleminde istenen kriter değerlerinin tespiti ve direk ağırlık atama işleminde önem ağırlıklarının belirlenmesi yine uzman yönlendirmesi ile sağlanmıştır.

Kriterlere ait ağırlık vektörleri ve alternatiflere ait performans değerleri, bulanık değerlerle ifade edilmiş ve tahminden kaynaklanan dezavantajlar giderilmeye çalışılmıştır.

Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi, karar vericiye kendi iyimserlik seviyesini belirlemeye izin vermesi bakımından diğer yöntemlere karşı büyük bir avantaja sahiptir. Tabancaların sıralamalarının yapılması esnasında karar vericinin iyimserlik durumu dikkate alınarak, her üç durum için de ($\mu = 0$, $\mu = 0.5$, $\mu = 1$) hesaplamalar yapılmıştır. Böylelikle karar vericinin iyimser ve kötümser olma durumlarına göre farklı hesaplamalar yapılarak sonucun tutarlılığı gözlemlenmiştir.

İhtiyaca cevap verebilecek yeni silah sistemlerinin araştırılması, bulunması, incelenmesi, seçimi, üretim sözleşmesinin yapılması, üretim teknolojisinin kurulması

ve üretilmeye başlanması hem maddi açıdan oldukça külfetli, hem de uzun zaman alan bir süreçtir. Aynı zamanda, bu süreci takiben seçilecek teknoloji uzun süre ihtiyaçlara cevap vermeli ve sistemden maksimum fayda elde edilmelidir. Bu nedenle, silah sistemlerinin seçimi ve geliştirilmesi oldukça detaylı bir incelemeyi ve sonuçta bir çok kriterin dikkate alınmasını zorunlu kılar. Büyüklüğü ve ciddiyeti problemin tahmine dayalı geleneksel yöntemlerle değil, deterministik çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle çözülmesini gerektirir.

Sonuç olarak, silah sistemlerinin seçimi kesinlikle bilimsel metodlar kullanılarak ele alınmalıdır. AHP, problemi sistem yaklaşımı ile birlikte bir bütün olarak ele alması, her faktörün ana amaca olan katkısını ayrı ayrı değerlendirmesi, subjektifliği ortadan kaldırmak için grup kararı almaya elverişli olması nedeniyle en çok tercih edilen Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemidir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin Bulanık Küme Teorisi ile birlikte ele alınmasıyla birlikte sahip olduğu bir takım dezavantajlar da giderilmektedir. Bu nedenle "En İyi Tabanca Seçimi" problemi Bulanık Küme Teorisi içinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ile çözümlenmektedir.

KAYNAKLAR

- Adamo, J.M.**, 1980. Fuzzy Decision Trees, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 4, pp.207-220.
- Akash, B.A., Mamlook, R., Mohsen, M.S.**, 1999. Multi-Criteria Selection of Electric Power Plants Using Analytical Hierarchy Process, Electric Power Systems Research, Vol. 52, pp. 29-35.
- Artuç, A.**, 2001. Askeri Telsiz Sistemlerinin Performanslarının Bulanık Kara Ortamında Değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Barzilai, J. And Golany, B.**, 1994. AHP Rank Reversal, Normalization and Aggregation Rules, INFOR, Vol. 32, No. 2, pp. 57-63.
- Byun, D.**, 2001. AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model, Information and Management, Vol. 38, No. 5, pp. 289-297.
- Canada, J.R. and Sullivan, W.G.**, 1989. Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Cheng, H.C.**, 1996. Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Membership Function, The European Journal of Operational Research, January 96, pp.343-350.
- Cheng, H.C.**, 1999. Evaluating Weapon Systems Using Ranking Fuzzy Numbers, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 107, Elsevier Science, , pp.25-35.
- Cheng, H.C., Yang, K.L., Hwang, C.L.**, 1999. Evaluating Attack Helicopters by AHP based on Linguistic Variable Weight, European Journal Of Operational Research, Vol. 116, pp.423-435.
- Cook, W.D., and Seiford, L.M.**, 1978. Priority Ranking and Consensus Formation, Management Science 24, pp. 1721-1734.
- Çakır, S.**, 2001. Türk Kara Kuvvetleri Ana Muharebe Tankı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodu ve Bulanık Kümeler, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dawes, R.M.**, 1971. A Case Study Of Graduate Admissions : Applications of Three Principles of Human Decision Making, Vol. 38, No. 5, pp. 289-297.
- Dündar, A.Ç.**, 1995. Çok Amaçlı Karar Vermede Yeni Bir Yöntem ve Uygulaması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

- Edwards, W.**, 1977. Use of Multiattribute Utility Measurement for Social Decision Making, In D.E. Bell, R.N. Keeney, H. Raiffa (Eds.), *Conflicting Objectives in Decisions* (pp. 247-276), New York: Wiley.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992a. Yönetimde Karar Verme, İ.T.Ü. Yayını, No. 1478, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992b. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İ.T.Ü. Yayını, No. 1490, İstanbul.
- Farmer, T.A.**, 1987. Testing the Robustness of Multiattribute Utility Theory in An Applied Setting, *Decision Sciences* 18, pp. 178-193.
- Fishburn, P.C.**, 1976. Utility Independence on Subsets of Product Sets, *Operations Research* 24, pp. 245-255.
- Halaç, O.**, 1983. Kantitatif Karar Verme Teknikleri(Yöneylem Araştırmasına Giriş), Cilt I (Geliştirilmiş 2. Baskı), İ.Ü. Yayın no:3078, İstanbul.
- Harker,P.T., and Vargas, L.G.**, 1987. Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, Vol. 33, No. 11, pp. 1383-1403.
- Hobbs, B.F., Chakong, V., Hamadeh, W., and Stakhiv, E.Z.**, 1992. Does Choice of Multicriteria Method Matter ? An Experiment in Water Planning, *Water Resources Research* 28, pp. 1767-1780.
- Hodge, G.L., Canada, J.R., and Masri, W.R.**, 1992. Low Cost Software for Multiattribute Decision Analysis, *The Engineering Economist* 37, pp. 184-191.
- Hwang, C.L. and Yoon, K.**, 1981. *Multiple Attribute Decision Making : Methods and Applications*, Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag.
- Hwang, C.L. and Yoon, K.**, 1995. *Multiple Attribute Decision Making*, Sage Publications, California/U.K./India.
- Hwang, F.P.**, 1987. An Expert Decision Making Support System for Multiple Attribute Decision Making, Unpublished doctoral dissertation, Kansas State University.
- Jaiswal, N.K.**, 1997. *Military Operations Research : Quantitative Decision Making*, Kluwer Academics Publishers, Boston/Dordrecht/London.
- Juang, C.H., Lee, D.H.**, 1991. A Fuzzy Scale for Measuring Weigh Criteria in Hierarchical Structures, *International Fuzzy Engineering Symposium*, pp. 415-421.
- Kahraman, C.**, 1995. İleri İmalat Teknolojilerinin Ekonomik Analizi ve Esneklik Faktörünün Sayısallaştırılmasına Bulanık Kümeler Yaklaşımı, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

- Kahraman, C., Tolga, E., 1998.** Mühendislik Ekonomisinde Bulanık Küme Uygulamaları ve Bulanık Eşdeğer Düzgün Yıllık Nakit Akışı Analizi, Galatasaray Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol. 1, No. 1, pp. 66-76.
- Kahraman, H., 1999.** Türk Silahlı Kuvvetlerinde Piyade Tüfeği Seçimi için Bulanık Karar Ortamında Analitik Hiyerarşi Metodunun Uygulanması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kang, H.G., Seong, P.H., 1999.** Methodology for Evaluating Alarm-Processing Systems Using Informational Entropy-Based Measure and the AHP, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 46, No. 16 IV, pp. 2269-2280.
- Karayağm, İ., 1979.** Harekât Araştırması, İ.T.Ü. Yayını, No. 1132, İstanbul.
- Karni, R., Sanchez, P., and Tummala, V.M.R., 1990.** A Comparative Study of Multiattribute Decision Making Methodologies, Theory and Decision 29, pp. 203-222.
- Karsak, E.E., 1998.** İskontolanmış Nakit Akışı Problemlerinin Tahmin Hatalarını Dikkate Alarak İncelenmesi, Galatasaray Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol. 1, No. 1, pp. 54-65.
- Keeney, R.L. and Raiffa, H., 1976.** Decisions with Multiple Objectives, New York, Wiley.
- Kuhn, H.W., 1955.** The Hungarian Method for the Assignment Problem, Naval Research Logistics Quarterly 2, pp. 83-85.
- Lee, E.S. and Li, R.L., 1988.** Comparison of Fuzzy Numbers Based on the Probability Measure of Fuzzy Events, Comput. Math. Appl. Vol. 15, pp. 887-896.
- Liao, T.W., 1996.** A Fuzzy Multicriteria Decision Making Method for Material Selection, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 15, No. 1, pp. 1-12.
- Libourel, J., 1992.** What are the Top Ten Combat Handguns?, Handguns for Sport & Defense, Vol. 27, pp.36-39.
- Liou, T.S., Wang, J.J., 1992.** Ranking Fuzzy Numbers with Index of Optimism, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 35, pp. 143-150.
- MacCrimmon, K.R., 1968.** Decision Making Among Multiple-Attribute Alternatives: A Survey and Consolidated Approach, RAND Memorandum RM-4823-ARPA.
- MacCrimmon, K.R., 1973.** An Overview of Multiple Objective Decision Making, In J.L. Cochrane and M. Zeleny (Eds.), Multiple Criteria Decision Making (pp. 18-43), Columbia, SC: University of South Carolina Press.

- McAnarney, D.K.**, 1987. Multiple Attribute Decision Making: A Comparative Study, Unpublished master's thesis, Kansas State University.
- Miller, G.A.**, 1956. The Magic Number Seven, Plus or Minus Two, *Psychological Review* 63, pp. 81-97.
- Minch, R.P., and Sanders, G.L.**, 1986. Computerized Information Systems Supporting Multicriteria Decision Making, *Decision Sciences* 17, pp. 395-413.
- Nijkamp, P., and Delft, A.**, 1977. Multi-Criteria Analysis and Regional Decision Making, Leiden, The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Onaran, O.**, 1971. Örgütlerde Karar Verme, A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No:321, Ankara.
- Osgood, C.E., Suci, G.J., and Tannenbaum, P.H.**, 1975. The Measurement of Meaning, Urbana, IL: The University of Illinois Press.
- Özdemir, A., Yavuz, M., Candemir, E., ve Göktepe, F.**, 1999. Silah & Atış, Başkent Matbaacılık, Ankara.
- Özpmar, B.**, 1999. Tabanca ve Atış Kültürü, Öncü Reklamcılık, Ankara.
- Pardee, E.S.**, 1969. Measurement and Evaluation of Transportation System Effectiveness, RAND Memorandum RM-5869-DOT.
- Partov, F.Y., Hapton, W.E.**, 1994. The Analytic Hierarchy Process as Applied to Two Types of Inventory Problems, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 35, No. 1, pp. 13-19.
- Ross, T.J.**, 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, New York.
- Roy, B.**, 1971. Problems and Methods with Multiple Objective Functions, *Mathematical Programming* 1, pp. 239-266.
- Saaty, T.L.**, 1986. Axiomatic Foundation of the Analytical Hierarchy Process, *Management Science*, Vol. 32, No. 7, pp. 841-855.
- Saaty, T.L.**, 1988. The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation, University of Pittsburgh.
- Saaty, T.L.**, 1990. How to Make a Decision : The Analytic Hierarchy Process, *European Journal Of Operational Research*, Vol. 48, pp.9-26.
- Saaty, T.L.**, 1994a. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L.**, 1994b. How to Make a Decision : The Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, November-December, pp. 19-43.

- Suresh, N.C. and Kaparthy, S., 1992.** Flexible Automation Investment: A Synthesis of Two Multi-Objective Modelling Approaches, Computers & Industrial Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 257-272.
- Şenocak, C., 1996.** Maddi Suç Delilleri ve Ateşli Silahlar, Geliştirilmiş 2.Baskı, Özyurt Matbaacılık, Ankara.
- Tanrıseven, S., 1994.** Hafif Silah Atış Nazariyatı Ders Kitabı, Kara Harp Okulu Matbaası, Ankara.
- Tanrıseven, S., 2001.** Tabanca Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Anket Uygulanması, Kişisel Görüşme, Ankara.
- Topçu, Y.İ., 2000.** Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Tversky, A., 1972.** Elimination by Aspects: A Theory of Choice, Psychological Review 79, pp. 281-299.
- Vargas, L.G., 1990.** An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications, European Journal Of Operational Research, Vol. 48, pp.2-8.
- Voogd, H., 1983.** Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning, London: Pion.
- Yager, R.R., 1978.** Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives, FSS1, pp. 87-95.
- Yayan, İ., 2001.** Türk Kara Kuvvetlerinde Taarruz Taktik Keşif Helikopterleri Etkinlik Değerlendirmesi ve Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Zakarian, A., Kusiak, A., 1999.** Forming Teams : An Analytical Approach , IEEE Transactions, Vol. 31, pp. 85-97.
- Zimmermann, H.J., 1994.** Fuzzy Set Theory and It's Applications, 2nd Revised Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.

EKLER

EK A : Birinci Düzey Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları İçin Anket Formu

EK B : İkinci Düzey Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları İçin Anket Formu

EK C : Kırıkkale Tabancası

EK D : Sig Sauer P 226 Tabancası

EK E : Beretta 92 FS Tabancası

EK F : Sarsılmaz Kılınç Tabancası



EK A : Birinci Düzey Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları İçin Anket Formu

<<<< ————— **Önemli** ————— | ————— **Önemli** ————— >>>>

Tamamıyla	Çok Kuvvetli	Kuvvetli	Biraz Daha	Eşit	Biraz Daha	Kuvvetli	Çok Kuvvetli	Tamamıyla
Derecede	Derecede	Derecede	Fazla		Fazla	Derecede	Derecede	
9	7	5	3	1	3	5	7	9
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

En İyi Tabanca Seçimi		9 8 7 6				5 4 3 2				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Tutukluk	A																		B	Mermi
	A																		C	Şar. Kap.
	A																		D	Malzeme
	A																		E	Emniyet.
	A																		F	Basitlik
	A																		G	Namlu
	A																		H	Maliyet
	A																		I	Yedek P.
	A																		J	Ağırlık
Mermi	B																		C	Şar. Kap.
	B																		D	Malzeme
	B																		E	Emniyet.
	B																		F	Basitlik
	B																		G	Namlu
	B																		H	Maliyet
	B																		I	Yedek P..
	B																		J	Ağırlık
Şar. Kap	C																		D	Malzeme
	C																		E	Emniyet.
	C																		F	Basitlik
	C																		G	Namlu
	C																		H	Maliyet
	C																		I	Yedek P.
	C																		J	Ağırlık
	C																			
Malzeme	D																		E	Emniyet.
	D																		F	Basitlik
	D																		G	Namlu
	D																		H	Maliyet
	D																		I	Yedek P.
	D																		J	Ağırlık
Emniyet.	E																		F	Basitlik
	E																		G	Namlu
	E																		H	Maliyet
	E																		I	Yedek P.
	E																		J	Ağırlık

En İyi Tabanca Seçimi		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Emniyet.	E																		F	Basitlik
	E																		G	Namlu
	E																		H	Maliyet
	E																		I	Yedek P.
	E																		J	Ağırlık
Basitlik	F																		G	Namlu
	F																		H	Maliyet
	F																		I	Yedek P.
	F																		J	Ağırlık
Namlu	G																		H	Maliyet
	G																		I	Yedek P.
	G																		J	Ağırlık
Maliyet	H																		I	Yedek P.
	H																		J	Ağırlık
Yedek P.	I																		J	Ağırlık

EK B : İkinci Düzey Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları İçin Anket Formu

<<<< ————— **Önemli** ————— | ————— **Önemli** ————— >>>>

Tamamıyla Çok Kuvvetli Kuvvetli Biraz Daha Eşit Biraz Daha Kuvvetli Çok Kuvvetli Tamamıyla
 Derecede Derecede Fazla Fazla Derecede Derecede
 9 7 5 3 1 3 5 7 9
 ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼

TUTUKLUK	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

MERMI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

ŞARJÖR KAPASİTESİ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

MALZEME	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Kırıkkale A																		B	Sig Sauer
A																		C	Beretta
A																		D	Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C	Beretta
B																		D	Sarsılmaz
Beretta C																		D	Sarsılmaz

EMNİYET.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Kırıkkale A																		B	Sig Sauer
A																		C	Beretta
A																		D	Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C	Beretta
B																		D	Sarsılmaz
Beretta C																		D	Sarsılmaz

BASİTLİK	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Kırıkkale A																		B	Sig Sauer
A																		C	Beretta
A																		D	Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C	Beretta
B																		D	Sarsılmaz
Beretta C																		D	Sarsılmaz

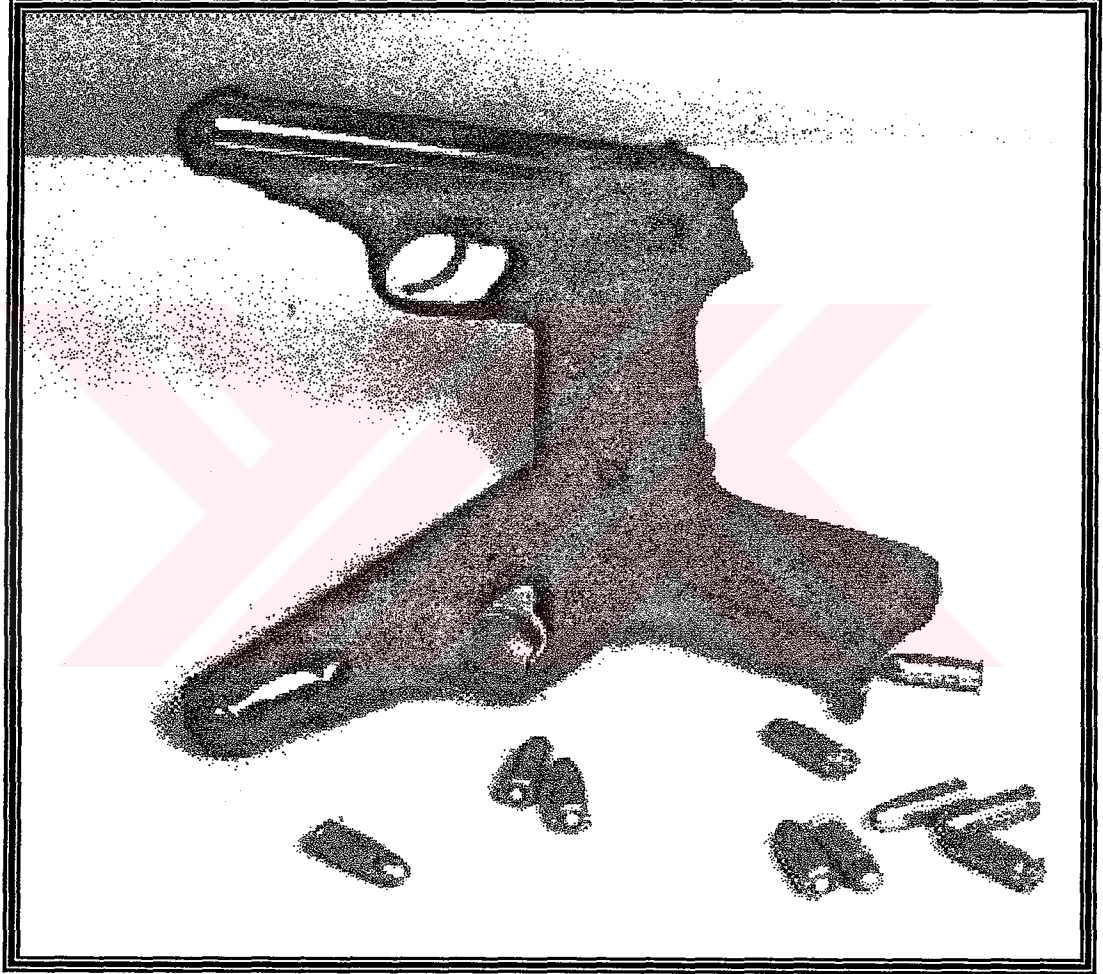
NAMLU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

MALİYET	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

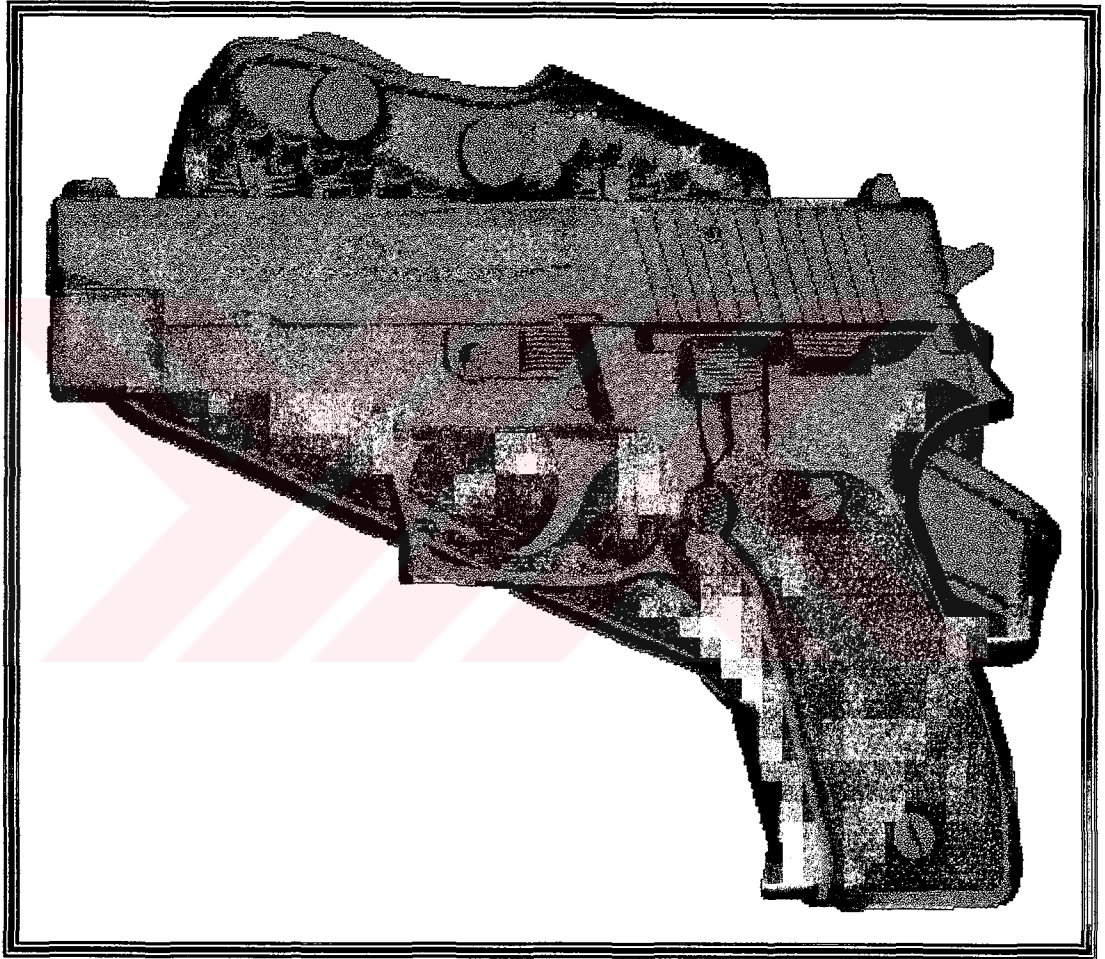
YEDEK PARÇA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

AĞIRLIK	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kırıkkale A																		B Sig Sauer
A																		C Beretta
A																		D Sarsılmaz
Sig Sauer B																		C Beretta
B																		D Sarsılmaz
Beretta C																		D Sarsılmaz

EK C : Kırıkkale Tabancası



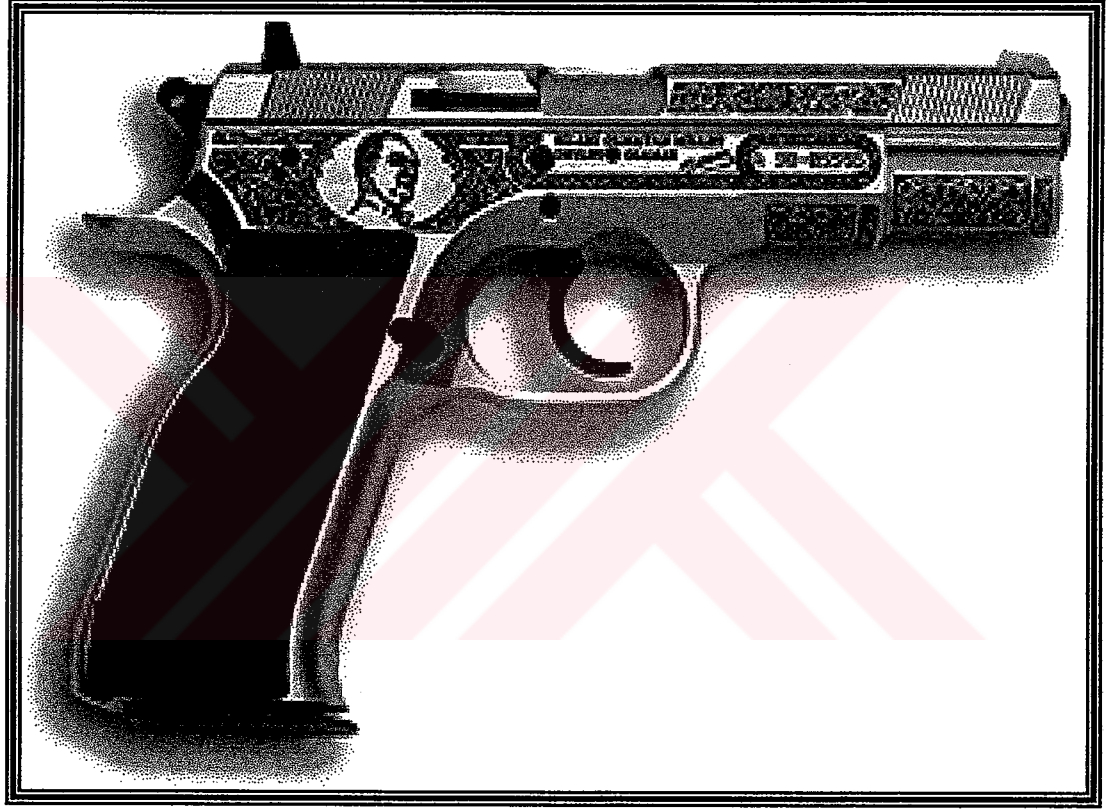
EK D : Sig Sauer P 226 Tabancası



EK E : Beretta 92 FS Tabancası



EK F : Sarsılmaz Kılıç Tabancası



ÖZGEÇMİŞ

Tekeş, 1974 yılında Sivas'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla, Fevzi Paşa İlk Okulu ve Fevzi Paşa Orta Okulu'nda tamamladı. 1988-1992 yılları arasında İzmir Maltepe Askeri Lisesi'nde öğrenim gören Tekeş, 1996 yılında Ankara Kara Harp Okulu'ndan Teğmen olarak mezun oldu. Ankara Polatlı Topçu ve Füze Okulu'nda bir yıllık sınıf eğitimini müteakip Türk Silahlı Kuvvetleri'nin çeşitli birimlerinde Takım Komutanı olarak görev yaptı. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Ana Bilim Dalı Strateji Geliştirme Yüksek Lisans Programına başladı. Tekeş, evli olup, İngilizce bilmektedir.



**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**