

104206

**TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİNDE HAVA
SAVUNMA SİLAHLARININ ETKİNLİĞİNİN
BELİRLENMESİ VE HAVA SAVUNMA
BATARYASININ YENİDEN YAPILANDIRILMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM M. KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet KABAK
(514991408)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 2 Ocak 2001

Tezin Savunulduğu Tarih: 5 Şubat 2001

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Demet BAYRAKTAR
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ
Prof. Dr. Füsun ÜLENGİN

ŞUBAT 2001

12-2-2001

104206

ÖNSÖZ

Bu çalışmada çok amaçlı karar verme yöntemlerinden Hedef Programlama ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak “Türk Silahlı Kuvvetlerinde Hava Savunma Silahlarının Etkinliğinin Belirlenmesi ve Hava Savunma Bataryasının Yeniden Yapılandırılması” uygulamasına yer verilmiştir. Konu ile ilgilenen ve ileride bu konu üzerinde çalışma yapacak olan kişilere faydalı olmaya gayret ettim.

Bu çalışma sırasında, yakın ilgisini ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Demet BAYRAKTAR’a, teşekkür ederim.

Çalışma sırasında bilgi ve kaynak açısından imkanlarını esirgemeyen Hava Savunma Okulu ve Eğitim Merkezi personeline teşekkür ederim.

Tüm yaşıantım boyunca beni teşvik eden ve destek veren eşime ve aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

ŞUBAT 2001

Mehmet KABAK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. İŞLETMELERDE KARAR VERME SÜRECİ	4
2.1. Karar ve Karar Verme Kavramı	4
2.2. Kararların Ortak Özellikleri	5
2.3. Karar Çeşitleri	7
2.3.1. Taşıdığı Riske Göre Karar Çeşitleri	7
2.3.2. Hiyerarşiye Göre Karar Çeşitleri	7
2.3.3. Uygulandıkları Süreye Göre Karar Çeşitleri	8
2.4. Karar Vermede Yönetmel Sorunlar	8
2.4.1. Kararların Niteliği	8
2.4.2. Kararın Çevresi	8
2.4.3. Karar Vermede Psikolojik Faktörler	9
2.4.4. Kararların Zamanlaması	9
2.4.5. Kararların İletilmesi	9
2.5. Çok Amaçlı Karar Verme	9
3. HEDEF PROGRAMLAMA	11
3.1. Hedef Programlamanın Teorisi	11
3.2. Doğrusal Hedef Programa ve Çözüm Yöntemleri	13
3.2.1. Doğrusal Hedef Programlama Probleminin Grafik Yöntemle Çözümlemesi	17
3.2.2. Doğrusal Hedef Programlama Probleminin Simpleks Yöntemle Çözümlemesi	22
3.3. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama	28
3.4. Etkileşimli Hedef Programlama	28
3.5. Hedef Programlamanın Uygulama Alanları	28
4. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ	31
4.1. Hiyerarşi ve Göreli Üstünlükler	31

4.2. Ölçme Karar Verme Süresi	33
4.3. İkili Karşılaştırmalar Matrisi	35
4.4. Tutarlılık ve Görelî Önemler Vektörünün Bulunması	36
4.5. Analitik Hiyerarşi Yönteminin Uygulama Alanları	38
5. KARA KUVVETLERİNDE HAVA SAVUNMA SİLAH SİSTEMLERİ	41
5.1. Hava Savunmanın Temel Unsurları	41
5.1.1. Aktif Hava Savunma Unsurları	41
5.1.1.1. Tespit	42
5.1.1.2. Teşhis	42
5.1.1.3. Önleme	43
5.1.1.4. Tahrip	43
5.1.2. Pasif Hava Savunma Unsurları	44
5.1.2.1. Yönetici Önlem ve Faaliyetler	44
5.1.2.2. Koruyucu Önlem ve Faaliyetler	44
5.1.2.3. Aldatıcı Önlem ve Faaliyetler	44
5.1.2.4. Onarıcı Önlem ve Faaliyetler	45
5.1.3. Tamamlayıcı Hava Savunma Unsurları	45
5.2. Hava Savunma Topçusunun Görevi	45
5.3. Hava Savunmasının Çeşitleri	46
5.3.1. Bölge Savunması	46
5.3.2. Nokta Savunması	47
5.4. Hava Savunma Öncelik Derecelerinin Tespiti	47
5.5. Hava Savunma Topçusunun Kullanım Prensipleri	48
5.5.1. Yoğunluk (Siklet Merkezi)	48
5.5.2. Karışım	48
5.5.3. Hareket Kabiliyeti	48
5.5.4. Entegrasyon (Bütünleme)	49
5.6. Hava Savunma Topçusunun Tertiplenme Kuralları	49
6. ANALATİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE HAVA SAVUNMA SİLAH SİSTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN BULUNMASI	51
6.1. AHY İle Etkinlikleri Bulunacak Silah Sistemleri	51
6.1.1. 40 mm.'lik Çift Namlulu M42 Kundağı Motorlu Uçaksavar Topu	51
6.1.2. 20 mm.'lik Oerlikon Uçaksavar Topu	52
6.1.3. 35 mm.'lik Oerlikon Uçaksavar Topu	52
6.1.4. Stinger Füze Sistemi	52
6.2. Silah Etkinliklerinin Hesaplanmasında Dikkate Alınacak Kriterler	53
6.2.1. Etkili Menzil	53
6.2.2. Silahın Basitliği	54
6.2.3. Silahın Dayanıklılığı	54
6.2.4. Diğer Sistemlerle Birlikte Çalışabilme Özelliği	55
6.2.5. Silahın Ergonomisi	55
6.2.6. Silahın Geliştirilebilme Yeteneği	56

6.2.7. Silah Ağırlığı ve Hareket İmkan Kabiliyeti	56
6.2.8. Silahın Bakım Kolaylığı	57
6.2.9. Silah İçin Yedek Parça Temin Kolaylığı	57
6.3. Hava Savunma Silahlarının Etkinlik Tespitinin Kapsadığı Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi	57
6.4. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çözümün Sayısal Gösterimi	60
7. HEDEF PROGRAMLAMA İLE ETKİN BİR HAVA SAVUNMA SİSTEMİNİN KURULMASI	71
7.1. Hedef Programlama İçin Hedeflerin ve Kısıtların Tanımlanması	71
7.2. Modelin Kurulması ve Çözümü	76
7.3 Duyarlılık Analizi	78
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	84
EKLER	89
ÖZGEÇMİŞ	146



KISALTMALAR

AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
KV	: Karar Verici
HP	: Hedef Programlama
AF	: Amaç Fonksiyonu
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri
KKK	: Kara Kuvvetleri Komutanlığı
NATO	: Kuzey Atlantik Paktı Teşkilatı
K/M	: Kundağı Motorlu
OER.	: Oerlikon
T.	: Top
UÇS.	: Uçaksavar
MM.	: Milimetre
HV. SVN. BT.	: Hava Savunma Bataryası
MİN.	: Minimum
MAKS.	: Maksimum
VB.	: Ve benzeri
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
IFF	: Stinger Füze Dost-Düşman Sorgulama Sistemi
KMS	: Kundağa Monteli Stinger Füze Sistemi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Düzeltilmiş simpleks yöntem başlangıç tablosu.....	23
Tablo 3.2. Saat probleminde başlangıç düzeltilmiş simpleks tablo.....	25
Tablo 3.3. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun ikinci aşaması.....	26
Tablo 3.4. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun üçüncü aşaması.....	26
Tablo 3.5. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun son aşaması.....	27
Tablo 4.1. Analitik Hiyerarşi Yönteminde kullanılan önceliklendirme ölçeği.....	35
Tablo 4.2. İkili karşılaştırmalar matrisi.....	36
Tablo 6.1. Hava savunma silahları etkinlik tespiti probleminde göz önünde bulundurulacak kriterlerin ikili karşılaştırmalar matrisi.....	58
Tablo 6.2. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için etkili menzil kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	64
Tablo 6.3. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın basitliği kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	65
Tablo 6.4. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın dayanıklılığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	65
Tablo 6.5. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın diğer sistemlerle birlikte çalışabilme kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	66
Tablo 6.6. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın ergonomisi kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	66
Tablo 6.7. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın geliştirilebilme yeteneği kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	67
Tablo 6.8. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın ağırlığı ve hareket imkanı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	67
Tablo 6.9. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın bakım kolaylığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	68
Tablo 6.10. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için yedek parça temin kolaylığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar.....	68
Tablo 6.11. Hava savunma silahlarına ait bileşik görelî önemlerinin bulunuşu.....	70
Tablo 7.1. Modelin çözüm sonuçları.....	78
Tablo 7.2. Modeldeki teknolojik katsayıların analizi.....	79
Tablo 7.3. Modeldeki sağ taraf sabitlerinin analizi.....	80
Tablo A.1. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	90
Tablo A.2. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	91

Tablo A.3.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	92
Tablo A.4.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	93
Tablo A.5.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	94
Tablo A.6.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	95
Tablo A.7.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	96
Tablo A.8.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	97
Tablo A.9.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	98
Tablo A.10.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	99
Tablo A.11.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	100
Tablo A.12.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	101
Tablo A.13.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	102
Tablo A.14.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	103
Tablo A.15.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	104
Tablo A.16.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	105
Tablo A.17.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	106
Tablo A.18.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	107
Tablo A.19.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	108
Tablo A.20.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	109
Tablo A.21.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	110
Tablo A.22.	AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenen puanlarının geometrik ortalamaları.....	111
Tablo B.1.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	112
Tablo B.2.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	113
Tablo B.3.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	114
Tablo B.4.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	115
Tablo B.5.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	116

Tablo B.6.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	117
Tablo B.7.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	118
Tablo B.8.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	119
Tablo B.9.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	120
Tablo B.10.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	121
Tablo B.11.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	122
Tablo B.12.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	123
Tablo B.13.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	124
Tablo B.14.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	125
Tablo B.15.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	126
Tablo B.16.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	127
Tablo B.17.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	128
Tablo B.18.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	129
Tablo B.19.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	130
Tablo B.20.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	131
Tablo B.21.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	132
Tablo B.22.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	133
Tablo B.23.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	134
Tablo B.24.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	135
Tablo B.25.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	136
Tablo B.26.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	137
Tablo B.27.	Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması.....	138
Tablo C.1.	Yeni hv. svn. bt. teşkilatı özet çözümü.....	139
Tablo C.2.	Yeni hv. svn. bt. teşkilatı çözümü değişkenleri katsayılarının analizi.....	140
Tablo C.3.	Yeni hv. svn. bt. teşkilatı çözümü kısıtlarının analizi.....	141

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Karar verme süreci.....	6
Şekil 3.1 : Saat probleminde hedef denklemlerin grafik gösterimi.....	21
Şekil 3.2 : Saat probleminde çevre kısıtları ile belirlenen olurlu bölge.....	21
Şekil 3.3 : Saat probleminde çözümdeki en uzlaşık nokta.....	22
Şekil 4.1 : Doğrusal hiyerarşik zincir yapısı.....	32
Şekil 4.2 : Okul problemin hiyerarşilere ayrıştırılması.....	33
Şekil 6.1 : En etkin hava savunma silahının seçimi probleminin hiyerarşilere ayrıştırılması.....	61
Şekil 6.2 : En iyi hava savunma silahı seçimi probleminin kriterlerine ait ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi.....	62



SEMBOL LİSTESİ

A	: Karar değişkenlerin teknolojik katsayıları
B	: Kısıtların sağ taraf sabitleri
C_j	: Değişkenlerin amaç fonksiyonundaki katsayıları
d_i⁻	: Belirlenen hedeften negatif sapma
d_i⁺	: Belirlenen hedeften pozitif sapma
f₁(x)	: Amaç fonksiyonu
g_k(x)	: Kısıt denklemi
h_i	: Hedef denklemi
P_i	: Hedefin öncelik derecesi
w	: Göreli önem vektörü
X	: Karar değişkeni
Z	: Amaç fonksiyonu
λ	: Öz değer



ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Türk Silahlı Kuvvetlerinin yeniden yapılanması sürecinde Kara Kuvvetlerinde kullanılan alçak irtifa hava savunma silahlarının etkinliklerinin belirlenmesi ve hava savunma bataryasının yeniden yapılandırılmasıdır.

Çok amaçlı problemin çözümü için Öncelikli Hedef Programlama Yöntemi izlenmiştir. Modeldeki teknolojik katsayıların bir kısmı konunun uzmanları tarafından ancak sözlü olarak ifade edilebilmektedir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, modeldeki sadece sözlü ifade edilebilen teknolojik katsayıların sayısallaştırılması için kullanılmıştır.

Silahların etkinlik tespitinde dikkate alınan kriterler, envanterde olan silahların günümüzdeki ortak özelliklerinden teşkil edilmiştir. Model, birliklerin genel ihtiyaçlarını kapsamayı amaçlamakta ve herhangi bir değişikliğe karşı kolaylıkla uyarlanabilmektedir.

Modeldeki karar değişkenleri hava savunma bataryasındaki silah sayılarını temsil etmektedir. Modelde yer alan silah çeşitleri aynı maksat için kullanılmaktadır. Ele alınan silah çeşitlerinin özellikleri karşılaştırılabilir niteliktedir. Modele etki eden silah çeşitleri 40mm.'lik K/M Uçs. Topu, 20mm.'lik Oer. Topu, 35mm.'lik Oer. Topu ve Stinger Füzesidir.

Modelde kullanılan sistem kısıtları savunmaya ayrılan maliyet, birliklerin harbe hazırlık durumu ve eğitim ile ilgilidir. Bu amaçla birliklerin iase bedelini, birliklerin yıllık atış eğitimi maliyetini ve birliklerin kıta yükü mühimmat maliyetini kısıt olarak içeren hava savunma bataryasını yeniden yapılandırmaya yönelik model kurulmuştur. Model, öncelik sırasına göre üç hedef içermektedir:

1. Birliklerin hava savunması alınırken herhangi bir şekilde etkinlik standardının altına düşülmemesi.
2. Hava savunma silahlarının mümkün olduğu kadar karşılıklı destek mesafesinde konuşlandırılması ve çepeçevre hava savunmanın tesis edilmesi.
3. Birlikler yeniden yapılandırılırken ilave personele ihtiyaç duyulmayacak şekilde yapılandırılması.

Analitik Hiyerarşi Yönteminde alternatiflerin öncelik derecelerini belirlemek için göreceli ölçek kullanılmıştır. Ölçek birimleri eşit önemli, biraz daha fazla önemli, kuvvetli derecede önemli, çok kuvvetli derecede önemli, tamamıyla önemli olarak belirlenmiştir. Silahların etkinliğinin tespitinde dokuz kriter kullanılmıştır. Bu kriterler; etkili menzile, silahın basitliği, silahın dayanıklılığı, diğer sistemlerle birlikte çalışabilme özelliği, silahın ergonomisi, silahın geliştirilebilme yeteneği, silahın ağırlığı ve hareket imkanı, silahın bakım kolaylığı ve silah için yedek parça temin kolaylığıdır.

Analitik Hiyerarşi Yönteminde kullanılan kriterler araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Hedef Programlama Yöntemi birçok problemin çözümünde kullanılmakla beraber, çalışmadaki model araştırmacı tarafından kurulmuştur.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak hesaplanan çıktılar modelde girdi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmanın 2000 yılından sonraki dönemde Kara Kuvvetleri'nin genel ihtiyaçları hakkında fikirler vereceği umulmuştur. Bu bağlamda belirtilmelidir ki, model herhangi bir değişikliğe kolayca uyarlanabilir.

Modele ait sonuçlar hava savunma bataryalarındaki silah sistemlerinin yalnızca Stinger Füze Sistemlerinden oluşacağını göstermiştir. Yeni yapılanma, namlulu silahların tamamıyla terk edilmesini ve düşmanı sorgulama özelliğine sahip füzelere geçilmesini öngörmektedir. Bazı kişilerce, tamamıyla füze sistemine geçmenin doğru olmayacağının dile getirilmesi olasılık dahilindedir. Bu görüşün dayanak noktası, lançerli silahların yani füzelerin hedef tarafından hedefe varmadan rotasından saptırılabilceği gerçeğidir. Namlulu silahların mermileri hedefe kinetik enerji ile ulaştıklarından, karşı sistemlerle engellenmeleri mümkün değildir. Fakat, uçak ve helikopterlerdeki bu özelliğe karşı füzelerin de karşı koyma özellikleri daima yenilenmektedir ve bu engellemeyi aşabilecek seviyededir. Hava araçlarındaki bu özelliğin etkisi sürekli arttırılırken füzelerdeki sistemin yenilenmeyeceğini düşünmek akılcı bir davranış değildir.

Yeni yapısı ile hava savunma birlikleri görevlerini daha etkin biçimde yerine getirebilecek ve uzun vadede yıllık maliyetleri azalacaktır.

DETERMINING THE AIR DEFENCE BATTERY STRUCTURE AND EFFICIENCY OF AIR DEFENCE WEAPONS BY USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND GOAL PROGRAMMING METHODS

SUMMARY

The purpose of this study is to determine efficiency of short range air defence weapons which are used at Turkish Land Forces and to reorganize the air defence battery at the period of reorganization of Turkish Military Forces.

In order to deal with multiple objectives, the Lexicographic Goal Programming procedure is followed. Some of the technological coefficients at the model can be explained verbally by experts. The Analytic Hierarchy Process is used to make numerical the verbal technological coefficients.

Criteria which are used to determine the efficiency of weapons are based on the common properties of weapons used today. The model includes needs of military units and is easily adaptable to changes.

The decision variables for the model represent the number of weapons in air defence battery. The weapon types used in the model are used for the same purpose. The characteristics of these weapons are comparable. The weapons taken into consideration are 40mm. V/M Air Defence Cannon, 20mm. Oerlikon Cannon, 35mm. Oerlikon Cannon, Stinger Missile System.

The system constraints used in the model are related to cost, readiness for war, training. For this reason, the model which includes constraints as feeding cost, annual training cost, munitions cost is prepared to reorganize air defence battery. The goals of the model are as follows:

1. Minimization of underachievement of standart efficiency.
2. To place weapons in mutual support distance and have air defence all around.
3. Reorganization of air defence battery without extra person.

The way of relative measurement is used in the Analytic Hierarchy Process is to prioritize the alternatives. The scale of intensities are chosen as equal important, a little more important, high important, very high important, completely important. There are nine criteria which influence efficiency of weapons. These are effective range, simplicity, resistance, property of running with other systems, being suitable for human body, possibility for development, weight and movement capacity, care easiness, plenty of spare piece.

Criteria used in the Analytic Hierarchy Process are developed by the researcher. Goal Programming Process is used for solving problems. The model used in the Goal Programming Process is developed by the researcher. The outputs of the Analytic Hierarchy Process are used as inputs in the Goal Programming Method.

It is hoped that the analysis in this study gives a clear idea about the general needs of Turkish Land Forces for the coming years after 2000. It has to be pointed out that the model can be easily adapted to any kind of alterations in this view.

The outputs of the model point out that Stinger Missile System is suggested to be used for air defence alone. Reorganization of air defence battery requires abandonment of weapons with barrel, possession of missile systems which have IFF. Some of experts say that only possession of missile systems is unwise. They say, planes and helicopters can make a missile's route different. There is no possibility for weapons with barrel. Because their bullets go through the target by using kinetic energy. But, missiles have also properties to beware of the trick caused by planes. Idea of missile is not capable to shoot planes correctly is irrational.

Air defence batteries is more effective within new organization. Their annual training cost will also diminish at future.



1. GİRİŞ

Karar verme, olası seçeneklerden, arzulanan amaç veya amaçlara en uygun olanını seçmektir. Eskiden işletmelerin karar vericileri genelde tek amacı içeren modeller kurup çözüme giderlerdi. Dolayısıyla gerçek problemin yapısı ne olursa olsun, problem tanımlanır ve tek amaçlı sınırlı bir modele dönüştürülürdü. Böyle bir model ile elde edilen sonuçların sık sık hayal kırıklığı yarattığı pek şüphe götürmez.

Yıllar geçtikçe işletmelerin faaliyet alanlarının genişlemesi, işletme boyutlarının büyümesi, teknolojinin hızla ilerlemesi, sendika ve sosyal örgütlerin etki alanlarını arttırması karı tek amaç olmaktan çıkarıp, beraberinde çalışanların kişisel tatminlerinin arttırılmasının, çevre kirliliğine sebebiyet verilmemesinin, pazar payı ve üretim kalitesinin arttırılmasının da amaçlanmasına neden olmuştur. Bu şartlar altında çözüm; yalnızca pazarda talebi olan bir ürünü yapıp satarak kar etmek değil, kar amacıyla birlikte varolan birtakım sorunlara ilişkin amaçların da beraber tatminidir. Bu durum, işletmenin artık çok amaçlı karar verme problemleri ile karşı karşıya olduğunu ifade eder. Karar verici çevrenin, sürecin ve kaynakların oluşturduğu kısıtları tatmin eden bir çözüme ulaşmada birden fazla amacı gerçekleştirme durumundadır.

Bilim adamlarınca karar problemine ilişkin farklı yöntemler tanımlanmış ve günümüzde çok amaçlı karar verme problemleri bilimsel temellere dayandırılarak çözümlenmeye başlamıştır. Birbiri ile çelişen amaçlar içeren problemlerin çözümünde tüm amaçlar her zaman aynı öneme sahip değildir. İlave olarak, çözüm sonucu amaçların tatmin edilme düzeyleri de aynı olmayabilir. Bu nedenle, birbiri ile çelişen birden fazla amaç içeren problemlerin çözümünde sıra veya derece gösteren çözüm yöntemleri kullanmak uygundur.

Hedef Programlama Yöntemi, sıra veya derece gösteren bir çözüm yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, karar vericinin amaçlarını önem sırasına göre sıralandırmasında ağırlıklarını sayısal olarak ifade etmesini gerektirmez. Bunu sözlü

olarak ifade edebilir. Ayrıca, Hedef Programlama anlaşılabilir ve doğrusal programlama yöntemleriyle de çözülebilir bir yaklaşımdır. Bu nedenlerden dolayı, Hedef Programlama birbiri ile çelişen birden fazla amaç içeren karmaşık karar problemleri için uygun, esnek ve güçlü bir çözüm yöntemidir.

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinde, karar verici amaçlarını ifade eder. Ayrıca bu amaçlarına ulaşmada kendisini kısıtlayan veya etkileyen faktörleri sayısal olarak ifade eder. Fakat bu faktörlerin sayısal olarak ifadesi işletmelerde hazır halde bulunmayabilir ve bazen faktörler arasında ikili karşılaştırmalar yapmayı gerekli kılabilir. Bazı faktörlerin etkisi ölçümler neticesinde, bazıları istatistik raporlar yardımıyla, bazıları ise sözel ifadelerin sayısallaştırılması neticesinde ifade edilebilir.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi, sözel ifadelerin sayısallaştırılmasında ve ikili karşılaştırmaların yapılmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Deterministik çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi sayesinde karar verici, karmaşık problemleri detaylı olarak algılar ve probleme etki eden faktörleri ihmal etmeden tümüyle ele alır. Diğer bir deyişle Analitik Hiyerarşi Yöntemi, insanoğlunun karmaşık problemleri bir bütün olarak nasıl algılayıp biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir. Analitik Hiyerarşi Yönteminin iki temel özelliği; hiyerarşik yapıya sahip olması ve ikili karşılaştırmalarla sonuca gidilmesidir.

Hiyerarşi, sistemin temel taşlarının analizini ve onların birbirleriyle olan ilişkilerini açıklar. Analitik Hiyerarşi Yöntemi; bir düzeyin tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğenin veri alınarak, alt düzeydeki tüm öğelerin üst düzey öğesi üzerindeki göreceli etkilerinin ikişerli karşılaştırılıp bir matris oluşturulması ve bu matris sayesinde en büyük öz değere sahip öz vektörünün bulunması temeline dayanır. Söz konusu öz vektör, öncelik sıralarının belirlenmesinde, öz değer ise, karar vericiye ait yargının tutarlılığının ölçülmesinde kullanılır.

Silah sistemlerini geliştirme projeleri için Analitik Hiyerarşi Yönteminin çok uygun olduğu savunulmaktadır. 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.

Bu çalışmada, “Türk Silahlı Kuvvetlerinde Hava Savunma Silahlarının Etkinliğinin Belirlenmesi ve Hava Savunma Bataryasının Yeniden Yapılandırılması” problemi Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Hedef Programlama yaklaşımı ile ele alınmış ve en etkili hava savunma silahını kullanan hava savunma bataryasının yeniden yapılandırılmasına çalışılmıştır.



2. İŞLETMELERDE KARAR VERME SÜRECİ

Her insan, günlük yaşantısında ne zaman kalkacağı, ne yiyeceği, ne giyeceği, ne zaman uyuyacağı üzerine karar vermek zorundadır. Bunun yanında yöneticiler ise sadece kişisel yaşantıları üzerine karar vermezler. Onlar aynı zamanda çalıştıkları kuruluşlar ile ilgili kararları da vermek zorundadır.

Karar verme, karar vericiyi ve kararın sonuçlarına katlanan herkesi etkileyen önemli bir süreçtir. Karar, yaşamın vazgeçilmez bir parçasıdır ve her konuda karar verme problemi ile karşılaşırız. Kişisel kararları vermek basittir ve sınırlı sayıda kişiyi etkiler. Yönetim problemlerinde ise çoğunlukla belirsizlik söz konusudur ve olayların oluşumu olasılıklara, karar vericilerin riske karşı tutumlarına, sisteme olan etkilerine bağlıdır ve bunların ışığı altında karar verilmelidir. Bu nedenlerden dolayı bir takım karar verme tekniklerinden yararlanılması kaçınılmaz hale gelir. Bu aşamada karar analizi, karar probleminin matematiksel modelini ortaya koyup, istatistiksel irdelemelere bağlı olarak hareket tarzı seçiminde karar vericiye alternatifler sunar. Böylece konuya bilimsel yaklaşım gerçekleştirilmiş olur.

2.1. Karar Verme ve Karar Verme Kavramı

Karar verme bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek çeşitli hareket biçimlerinden en uygun görüneni seçmektir [1]. Karar, karar vericinin karar anındaki istek ve statüsünden, psikolojisinden, teknik bilgisinden, aynı zamanda ekonomik durum, çevre ve örgüt kararlarından etkilenir.

Bir problemin karar problemi olabilmesi için bazı şartları gerçekleştirmesi gerekir [2]:

1. Birden fazla hareket tarzı olmalıdır.
2. Her bir hareket tarzının sonucu diğerlerinden farklı olmalıdır.
3. Bir hareket tarzını seçmekle gerçekleştirilmek istenen amaçlar olmalıdır.

Sonuçta, karar verme tercih yapma sanatıdır. Mevcutlar arasından amaca en fazla hizmet eden tercih edilmelidir. Başlangıçta sezgi, deneyim, mantık ve kişisel yargılarla karar alınabilirken günümüzde bilgisayar başta olmak üzere çeşitli yardımcılara, hızlı, güvenilir ve tam bilgiye şiddetle ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.1.' de karar verme süreci grafik olarak ifade edilmiştir.

2.2. Kararların Ortak Özellikleri

Karar verme işlemi geleceğe yöneliktir: Karar vericinin kararlarının tamamı geleceğe aittir. Karar sonucunda istenilen neticelerin yanında istenmeyen neticelerin de olması mümkündür.

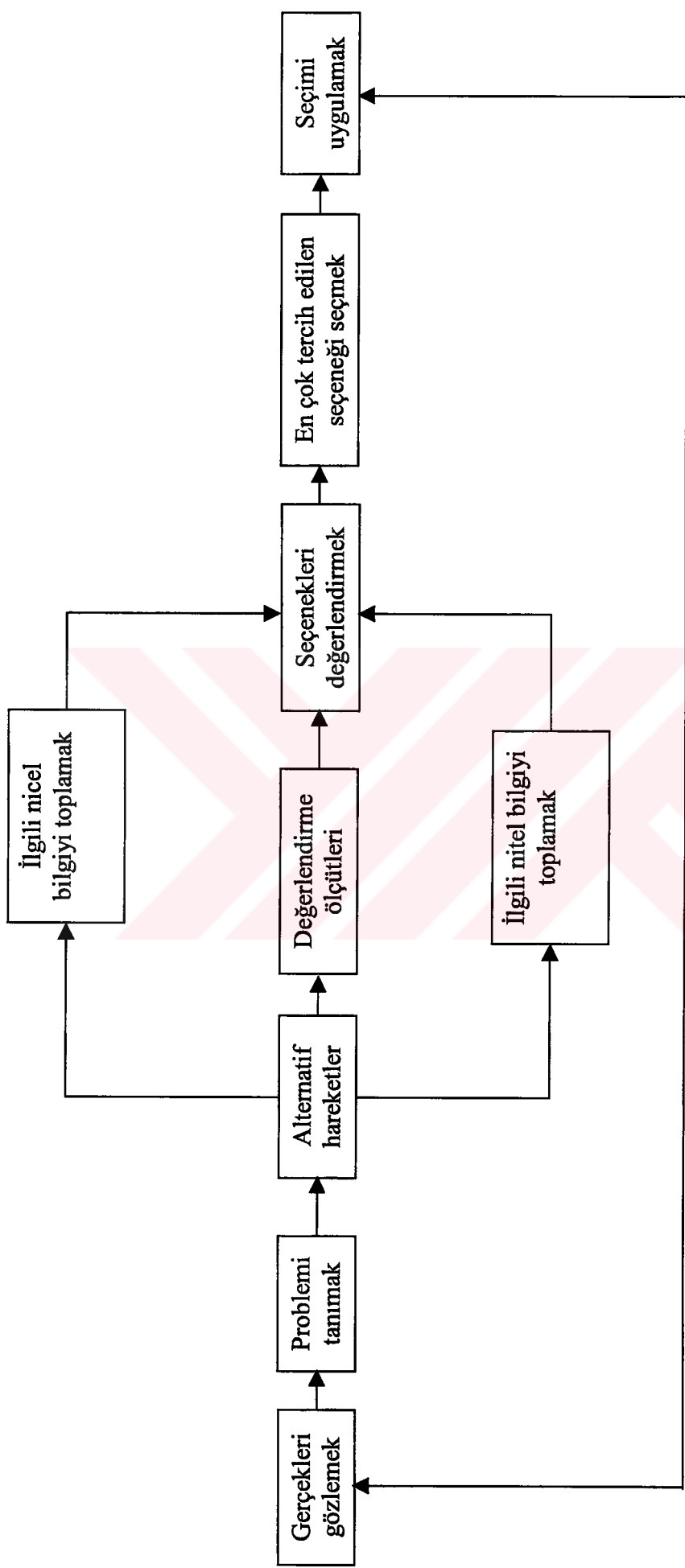
Karar verme psikolojik ve maddi güçlükler taşır: Karar, birden fazla kişiyi etkilemektedir ve bunun sorumluluğu karar vericinin omuzlarındadır. Kararın uygulanmasıyla bazı kaynaklar tüketilir ve bu kaynakların geri dönmesi mümkün değildir. Bu sebepten dolayı insan, karar destek sistemleri geliştirmeye çaba sarf etmektedir.

Karar verme işlemi zaman ve maliyet gerektirir: Doğru kararı verebilmek için gözlem yapılır, veriler toplanır ve işlenir. Araştırmalar yapılır, alternatiflerin sonuçları değerlendirilir ve bir karara varılır. Bütün bu aşamalar zaman ve para gerektirir.

Karar verme faaliyeti etkinlik ve rasyonelliğe dayanır: Verilen kararın uygulanmasıyla sorun ortadan kalkmalı ve faaliyet bilimsel bir yöntemle yapılmalıdır.

Karar verme sorumluluk yükleyen bir iştir: Kararı veren kişi veya kişiler kararın sonucundan sorumlu tutulur. Bu, karar verenler üzerinde psikolojik baskı yaratır.

Karar verme alternatif maliyetler doğurur: Alternatif hareket tarzlarından birini seçmekle diğerlerinin sakıncaları ve faydaları göz ardı edilir. Bu aşamada faydaların göz ardı edilmesiyle alternatif maliyet ortaya çıkar.



Şekil 2.1. Karar verme süreci [3]

2.3. Karar Çeşitleri

Kararlar farklı açılardan bakıldığında gruplara ayrılırlar. Kararları taşıdıkları risk, etkiledikleri süre ve organizasyonun hangi seviyesinde alındıklarına dayanarak gruplara ayırabiliriz [4]:

2.3.1. Taşıdığı Riske Göre Karar Çeşitleri

Olaylar ve gerçekleşme olasılığı açısından kararlar beş gruba ayrılır:

Belirlilik Halinde Karar Verme: Meydana gelecek olay kesinlikle bilinir. Karar matrisinde bir tek olay söz konusudur. Bu çeşit problemler, belirlilik halinde karar verme problemi olarak incelenir.

Risk Halinde Karar Verme: Olay sayısı birden fazla ise ve olayların olasılıkları bilinirse risk halinde karar probleminden söz edilir. Olasılıklar kesikli olarak verilebileceği gibi, bir dağılımdan da elde edilebilir.

Belirsizlik Halinde Karar Verme: Olayların kesinliği yok ve olasılıkları da bilinmiyor ise belirsizlik halinde karar problemi olarak incelenir.

Kısmi Bilgi Halinde Karar Verme: Olayların gerçekleşme olasılıklarının, sadece dağılımı ve standart ölçülerinin bazıları (ortalama, mod, medyan vb.) biliniyorsa kısmi bilgi halinde karar verme söz konusudur.

Oyun Teorisi (Rekabet Halinde Karar Verme): Problemdaki kararlar rekabete dayanır. Karar matrisinin sütunları rakip oyuncunun seçeneklerini gösterir. Çözüm aşamasında matris elemanlarına ödeme denir.

2.3.2. Hiyerarşiye Göre Karar Çeşitleri

Yönetim, işletmenin amaçlarının gerçekleştirilmesinden sorumludur. Yönetimin temel işlevi, amaçlara ulaşılabilmesi için etkin kararların verilmesi ve bunların yerine getirilmesidir. Fakat bütün kararların yönetim tarafından alınması günümüz şartlarında mümkün değildir, hem de gereksizdir. Kararlar, işletmenin geleceğini etkileme oranı, gerektirdiği bilgi seviyesi ve basitliğine göre farklı kademede çalışan yöneticiler tarafından alınır. Kararlar hiyerarşiye göre üç kademede alınabilir:

Tepe Yönetim Kararları (Stratejik Kararlar): Organizasyonların örgütlenmesi, uzun dönemli amaçların belirlenmesi, finansman imkanları, yatırım seçimi gibi kararlardır. Genellikle belirsizlik halinde alınır.

Orta Yönetim Kararları: Orta düzey yöneticileri tarafından alınan ve bir alt düzeyde çalışanlara somut olarak iletilip açıklanan kararlardır. Belirli bir risk altında alınır.

Alt Yönetim Kararları: En alt düzeydeki gözetmenler tarafından bir üst yönetimce verilen kararların daha alt düzeydekiler tarafından uygulanması için alınan kararlardır. Belirlilik altında alınır.

2.3.3. Uygulandıkları Süreye Göre Karar Çeşitleri

Yönetimin aldığı kararlar uygulandıkları süre açısından üçe ayrılır:

Uzun Dönemli Kararlar : Genellikle beş yıldan fazla uygulama süresini kapsayan nitelikte kararlardır.

Orta Dönemli Kararlar : Uygulama süresi bir ile beş yıl arasında olan kararlardır.

Kısa Dönemli Kararlar : Süre olarak bir yılı aşmayan nitelikte kararlardır.

2.4. Kararı Etkileyen Boyutlar

Kararı etkileyen boyutları beş başlık altında toplayabiliriz [5]:

2.4.1. Kararların Niteliği

Doğru karar verme zorunluluğu yöneticiler üzerinde psikolojik baskı yaratır. Bu baskı, stratejik kararlara doğru artar. Bu aşamada karar vericiyi rahatlatan iki unsur vardır: İlki, yöneticiler kendi karar verme davranışlarını analiz edemezler. Karar vermenin belirli bir kuralı yoktur ve yöneticiler kendilerince en doğru kararı vermişlerdir. İkincisi, her insanın hata yapabileceği gerçeğidir. Yöneticiler hızla karar vermeli ve uygulamaya geçmelidir.

2.4.2. Kararın Çevresi

Organizasyonlar asla tek bir kararla yönetilmez. Alınacak karar ya önceki bir kararın sonucundan, ya çevreden, ya da ulaşılmak istenen amaçtan etkilenir. Karar

verici çevrenin değişken koşullarını organizasyonun amacı ile uyumlu kılmak zorundadır. Karar verici , iç etkenlerle birlikte dış etkenleri kontrol edebildiği, en azından değişim yönünü tahmin edebildiği oranda sağlıklı kararlar alabilir. Dış etkenleri; toplumun, devletin ve dünyanın toplumsal, siyasal ve ekonomik olayları oluşturur. İç etkenler; yetki ve iletişim ağları, örgütsel yapı, karar verme davranışları, insan ilişkileri vb. olaylardır.

2.4.3. Karar Vermede Psikolojik Faktörler

Karar verenin psikolojisi kararı etkiler. Bazı insanlar olaylara iyimser, bazıları ise kötümser bakar. Bu yaklaşım, seçilecek hareket tarzı üzerinde etkili olur. Kişisel faktörler arasında karar verenin saygınlığı, ekonomik güvencesi, duyguları, zekası, savunma mekanizması vb. sayılabilir.

2.4.4. Kararların Zamanlaması

Karardan etkilenecek kişiler, kararın gereklerini yerine getirebilecek zamana ihtiyaç duyarlar. Ek olarak, üst düzeyde çalışanlar kararları önceden öğrenerek, bu kararları astlara zamanında iletmede temel bağlantı noktası olabilmelidir. Günümüzde teknoloji şirketleri yeni ürün kararını aldıktan sonra üretip, süratle pazara sürmeyi amaçlamaktadır. Düzeltme kararları sonradan verilir ve ürün yeniden düzenlenir. Böylece pazarın rakiplere kaptırılmaması sağlanmış olur.

2.4.5. Kararların İletilmesi

Kararlar alındığında; uygulayacak, uygulanmasından etkilenecek kişilere süratle iletilmelidir. Bu, organizasyonun alt birimlerinin eş zamanlı çalıştırılabilmesi ve amaca kısa zamanda ulaşılabilmesi için gereklidir.

2.5. Çok Amaçlı Karar Verme

En genel halde karar verici, çevrenin, sürecin ve kaynakların oluşturduğu kısıtları tatmin eden bir çözüme ulaşmada birden fazla kriteri göz önünde bulundurma durumundadır. Klasik matematik en iyileştirme teknikleri ile karar verme problemi, tek kritere dayanan en büyüklenecek veya en küçüklenecek bir amaç fonksiyonu ve genellikle birden fazla kısıt denklemi ile temsil edilmektedir.

Kısıtları tatmin eden ve amaç fonksiyonunu arzu edilen doğrultuda en iyileştiren çözüm en iyi (optimum) çözümdür. Amaç fonksiyonu sayısının artırılması, dolayısıyla uygulamadaki problemleri daha gerçekçi şekilde ele alma gayretleri, çok amaçlı karar verme (ÇAKV) kavramını ortaya çıkarmıştır. Matematiksel olarak bu problem aşağıdaki şekilde ifade edilir [3]:

Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Max } [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

Kısıtlar :

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$X \geq 0 \quad (2.1)$$

f_1 : Karar vericinin hedeflerinden bir tanesi.

g_k : Çevreden veya karar vericinin isteklerinden kaynaklanan kısıtlardan bir tanesi.

X : Karar değişkeni.

Problemin en iyi çözümü tüm amaç fonksiyonlarını birlikte en büyükleyen çözümdür. Fakat genellikle göz önüne alınan amaçlar, birbiri ile çelişkili ve negatif yönde etkileşimlidir. Bu durumda en iyi çözümden söz etmek zorlaşır. Her bir amaç için en iyi olan çözümlerin, belirli bir şekilde karar vericinin tercihlerini de dikkate alarak uzlaştırılması en çıkar yoldur ve çözüme en iyi uzlaşık çözüm denir.

Karar vericinin ve çevrenin özellikleri problemin çözümü esnasında değişik şekillerde göz önüne alınabilir. Bu farklılıklar;

- karar vericinin amaçlar arasındaki tercih bilgisine,
- amaç ve nitelikler arasındaki yararlılık ilişkisine,
- problemde kullanılan kısıtların açık veya kapalı olmasına göre değişir.

ÇAKV yöntemlerinin en yaygın kullanılanı "Hedef Programlama (Goal Programming)" adlı yöntemidir.

3. HEDEF PROGRAMLAMA

Yıllar önce insanlar sadece belirli amaçlar uğruna mücadele ederlerdi; ülke topraklarını genişletmek, karnını doyurmak, barınmak, giyinmek vb. Zaman ilerledikçe kişiler aynı anda birden fazla amaca ulaşmayı arzu ettiler. Baştan sadece barınma ihtiyacını karşılayan evlerin günümüzde, bahçeli olması, havalandırma sistemine sahip, şehre yakın, ulaşımın kolay olduğu yerlerde bulunması arzu edilmektedir.

Çok amaçlı problemleri geleneksel çözüm yöntemleri ile çözmek mümkün görülmemektedir. Maksimum kar, minimum maliyet gibi amaçların yanına bu amaçlarla çakışan diğer amaç fonksiyonlarını ilave etmek ihtiyacı duyulmuştur. Ayrıca mevcut şartlardan ve amaçlardan kaynaklanan kısıt denklemleri de dikkate alınmalıdır. Amaçlar ve kısıtların belirlenmesi ile model kurulmaktadır. Fakat tüm amaçlar kişi için aynı öneme sahip olmayabilir. Bazı kısıtların sağlanması çeşitli sebeplerden ötürü diğerlerine göre çok daha önemli olabilmektedir.

Bu sebeplerden dolayı, amaçların gerçekleştirilmesinde ve kısıtların sağlanmasında farklı önem derecelerine sahip problemlerin çözümünde, derecelendirmeyi göz önüne alan yaklaşımlar dikkate alınmalıdır. Hedef Programlama amaç ve kısıtlardaki önem farkını veya sıralamayı dikkate alan bir yaklaşımdır. Bu yöntem, birbiri ile çelişen amaçlar içeren karmaşık karar problemleri için uygun, esnek ve güçlü bir yöntemdir.

3.1. Hedef Programlamanın Teorisi

Hedef Programlama ilk defa Charnes ve Cooper tarafından, hedeflerdeki sapma değerlerini en azlayarak, çoklu ve çelişkili ölçütler ile karar verme için geliştirilmiş doğrusal bir modeldir. Model, daha sonra Lee, Ijiri, Ignizio tarafından geliştirilmiş ve doğrusal olmayan modeller için de kullanılmıştır[6].

Hedef Programlama uygulanırken karar vericiden her bir amaç için erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirtmesi istenir. Yönteme göre tercih edilen çözüm, bu hedef değerlerden sapmaları en küçükleyen çözümdür. Hedef Programlamanın formülü aşağıdaki gibidir [7]:

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } \left[\sum_{i=1}^m (d_i^- + d_i^+)^a \right]^{1/a} \quad a=1$$

Kısıtlar:

$$g_k(x) \leq 0, \quad k=1,2,\dots,p$$

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1,2,\dots,m$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \forall i$$

$$d_i^- * d_i^+ = 0, \forall i \quad (3.1)$$

$b_i, i=1,2,\dots,m$: Karar verici tarafından amaçlar için belirlenmiş hedef değerler.

d_i^- : Belirlenen hedeften negatif sapma.

d_i^+ : Belirlenen hedeften pozitif sapma.

$g(x)$: Mevcut durumdan kaynaklanan kısıt.

$f(x)$: Hedeflerden kaynaklanan kısıt.

a' nın değeri, karar vericinin değer fonksiyonuna, $D(x)$, bağlıdır.

Karar verici hedef değerleri ifade eder. Fakat sonuca ulaşabilmek için hedeflerin öncelikleri de belirlenmelidir. Çünkü hedefler kendi aralarında çalışmaktadır. Eğer hedeflerin tamamı aynı doğrultuda ilerleseydi böyle bir gereksinim olmayacaktı. Hedeflerin sıralanması karar verici tarafından sözlü olarak ifade edilir. Öncelik sırasına göre hedeflerdeki sapmaların en aza indirildiği modelin formülü aşağıdaki gibidir [7]:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } [P_1 h_1(d^-, d^+), P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, P_n h_n(d^-, d^+)]$$

Kısıtlar:

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0, \forall_i \quad (3.2)$$

Burada, $h_j(d^-, d^+)$, $j=1, 2, \dots, n$ sapma değişkenlerinin doğrusal fonksiyonları olup, başarıma fonksiyonu diye adlandırılır. P_j ' ler boş ağırlıklardır ve P_j, P_{j+1} 'den çok büyüktür. Ayrıca $W + P_{j+1} > P_j$ denklemini gerçekleştirebilecek hiçbir W sayısının olmadığı kabul edilir.

Çözümde, önce $h_1(d^-, d^+)$ en küçüklenir. En küçük değer $h_1 = h_1^*$ olsun. Daha sonra $h_2(d^-, d^+)$ en küçüklenir. Fakat hiçbir zaman h_1, h_1^* 'dan büyük olamaz. Yani daha az öneme sahip başarıma fonksiyonu, daha çok öneme sahip başarıma fonksiyonunun aleyhine tatmin edilemez. Az öncelikli hedefin tatmini amacıyla, çok öncelikli hedeften fedakarlık yapılamaz. Bu işlem $h_1(d^-, d^+)$ en küçüklenene kadar devam eder.

Hedef Programlamada, çoğu yöntemin tersine amaçlara sayısal olarak değer vermek gerekmez. Sadece hedeflerin önem derecelerine göre sıralanmasının sözlü olarak ifade edilmesi yeterlidir.

3.2. Doğrusal Hedef Programlama ve Çözüm Yöntemleri

Bir karar problemi Doğrusal Hedef Programlama modeli olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir [7]:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = [h_1(d^-, d^+), h_2(d^-, d^+), \dots, h_n(d^-, d^+)]$$

Hedef Denklemleri:

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_j^- \cdot d_j^+ = 0, \forall_j$$

$$d_j^-, d_j^+ \geq 0, \forall_j \quad (3.3)$$

Yukarıdaki hedef denklemlerini sağlayan ve karar ortamının belirlediği hedef denklemlerle b_k , karar vericinin orijinal amaçlar için belirlediği hedef değerlerden b_i , sapmaları ifade eden başarıma fonksiyonları $(h_j(d^-, d^+))$ 'nın oluşturduğu yeni amaç fonksiyonunu Z , en küçükleyen çözüm $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ bulunur.

Hedef Programlama formülü kısaca üç adımda gerçekleştirilir:

1. Sapma değişkenleriyle beraber hedefler belirlenir.
2. Hedefler önem derecelerine göre sıralanır.
3. Sapma değişkenleri ve önem sırası dikkate alınarak amaç fonksiyonu belirlenir.

Sayısal Örnek [8]:

Saat üretimi üzerine çalışan bir işletmenin sahibi günlük hangi tip saatten kaç adet üretmesi gerektiğine karar vermeye çalışmaktadır. İşletme alarmlı ve basit yani alarmsız olmak üzere iki tip saat üretmektedir. Ürün sepeti bu iki çeşit saatten oluşacaktır. İşletmenin günlük 1600 saatlik çalışma zamanı ve günlük 1800 saatlik işlem zamanı mevcuttur. Alarmlı saat üretme hattının kapasitesi günlük 350 adetliktir. Her basit saat 2 saatlik çalışma zamanı ve 6 saatlik işlem zamanı gerektirirken, her bir alarmlı saat 4 saatlik çalışma zamanı ve 2 saatlik işlem zamanı gerektirmektedir.

İşletme yönetiminin başlıca üç amacı önem sırasına göre aşağıdaki şekildedir:

P_1 : Günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 450 adedin altına düşmemesi.

P_2 : Basit saat günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 200 adedin altına düşmemesi.

P_3 : Alarmlı saat günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 400 adedin altına düşmemesi.

Görüldüğü gibi problem, birbiriyle çelişen çok amaçlı bir problem olup, klasik doğrusal programlama yaklaşımı ile sonuca ulaşmak zordur. Problem Hedef Programlama yaklaşımı ile çözülecektir.

Problemde iki adet karar değişkeni mevcuttur:

X_1 : Günlük basit saat üretim miktarı

X_2 : Günlük alarmlı saat üretim miktarı

Yukarıdaki karar problemi Hedef Programlama modeli olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = P_1 d_4^- + P_2 d_5^- + P_3 d_6^-$$

Hedef Denklemleri:

$$2x_1 + 4x_2 + d_1^- = 1600$$

$$6x_1 + 2x_2 + d_2^- = 1800$$

$$x_2 + d_3^- = 350$$

$$x_1 + x_2 + d_4^- - d_4^+ = 450$$

$$x_1 + d_5^- - d_5^+ = 200$$

$$x_2 + d_6^- - d_6^+ = 400$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$i=1,2,3,...,6 \quad (3.4)$$

Amaç fonksiyonundaki başarıma fonksiyonları üç önem derecesine ayrılmıştır. Hedef denklemlerindeki ilk üç kısıt çevrenin koyduğu kısıtlardır ve bunlar mutlaka sağlanmalıdır. Amaçlar bu kısıtlar altında gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Diğer üç hedef denklemi karar vericinin ulaşmayı arzuladığı

sonuçlara aittir. Önem derecelerine göre hedeflere ulaşmak amaçlanmaktadır. Problemdeki değişkenlerin anlamları aşağıdaki gibidir:

- X_1 : Günlük basit saat üretim miktarı (Adet)
 X_2 : Günlük alarmlı saat üretim miktarı (Adet)
 d_1^- :Hedeflenen günlük çalışma saatinden negatif sapma (Saat)
 d_2^- :Hedeflenen günlük işlem zamanından negatif sapma (Saat)
 d_3^- :Alarmlı saat üretim hattı kapasitesinin kullanılmayan miktarı (Adet)
 d_4^- :Hedeflenen üretim miktarından negatif sapma (Adet)
 d_4^+ : Hedeflenen üretim miktarından pozitif sapma (Adet)
 d_5^- : Hedeflenen basit saat üretim miktarından negatif sapma (Adet)
 d_5^+ : Hedeflenen basit saat üretim miktarından pozitif sapma (Adet)
 d_6^- : Hedeflenen alarmlı saat üretim miktarından negatif sapma (Adet)
 d_6^+ : Hedeflenen alarmlı saat üretim miktarından pozitif sapma (Adet)

Problemin çözümü sonucunda hesaplanan en uygun değerler aşağıda ifade edilmiştir:

$$X_1=200 \text{ Adet}$$

$$X_2=300 \text{ Adet}$$

$$d_1^-=0$$

$$d_2^-=0$$

$$d_3^-=50 \text{ Adet}$$

$$d_4^-=0$$

$$d_4^+=50 \text{ Adet}$$

$$d_5^-=0$$

$$d_5^+=0$$

$$d_6^-=100 \text{ Adet}$$

$$d_6^+=0$$

(3.5)

Basit saatten 200 adet, alarmlı saatten 300 adet üretilmesi en uzlaşık çözümü vermektedir. Bu durumda birinci ve ikinci hedeflere tamamen ulaşılmış, üçüncü hedefte 100 adetlik bir sapma olmuştur. Üçüncü hedefe tamamen ulaşmaya çalışmak karar vericiyi ikinci hedeften uzaklaştırdığı için çözüm sona ermiştir. Problemi çözmek için ÇAKV yöntemlerinden biri seçildi. Hedeflerin öncelik sıralarına göre Hedef Programlama modeli kuruldu ve kısıtları sağlayarak hangi üründen kaç adet üretilceğine karar verildi.

3.2.1. Doğrusal Hedef Programlama Probleminin Grafik Yöntemle Çözülmesi

Doğrusal Hedef Programlama problemlerinin grafik yöntemle çözülmesi daha kolay anlaşılır. Grafik yöntemde bütün hedef denklemleri bir grafik üzerine taşınır. Bu yöntem genelde iki karar değişkenli, nadiren de üç karar değişkenli problemlerin çözümünde kullanılır. Daha fazla karar değişkenine sahip problemler bu yöntem ile çözülemez.

Sayısal Örnek [8]:

Saat üretimi üzerine çalışan bir işletmenin sahibi günlük hangi tip saatten kaç adet üretmesi gerektiğine karar vermeye çalışmaktadır. İşletme alarmlı ve basit yani alarmsız olmak üzere iki tip saat üretmektedir. Ürün sepeti bu iki çeşit saatten oluşacaktır. İşletmenin günlük 1600 saatlik çalışma zamanı ve günlük 1800 saatlik işlem zamanı mevcuttur. Alarmlı saat üretme hattının kapasitesi günlük 350 adetlidir. Her basit saat 2 saatlik çalışma zamanı ve 6 saatlik işlem zamanı gerektirirken, her bir alarmlı saat 4 saatlik çalışma zamanı ve 2 saatlik işlem zamanı gerektirmektedir.

İşletme yönetiminin başlıca üç amacı önem sırasına göre aşağıdaki şekildedir:

P_1 : Günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 450 adedin altına düşmemesi.

P_2 : Basit saat günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 200 adedin altına düşmemesi.

P_3 : Alarmlı saat günlük üretim miktarının mümkün olduğu kadar 400 adedin altına düşmemesi.

Görüldüğü gibi problem, birbiriyle çelişen çok amaçlı bir problem olup, klasik doğrusal programlama yaklaşımı ile sonuca ulaşmak zordur. Problem Hedef Programlama yaklaşımı içerisinde grafik yöntem ile çözülecektir.

Problemde iki adet karar değişkeni mevcuttur:

X_1 : Günlük basit saat üretim miktarı

X_2 : Günlük alarmlı saat üretim miktarı

Yukarıdaki karar problemi Hedef Programlama modeli olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = P_1 d_4^- + P_2 d_5^- + P_3 d_6^-$$

Hedef Denklemleri:

$$2x_1 + 4x_2 + d_1^- = 1600 \quad (1)$$

$$6x_1 + 2x_2 + d_2^- = 1800 \quad (2)$$

$$x_2 + d_3^- = 350 \quad (3)$$

$$x_1 + x_2 + d_4^- - d_4^+ = 450 \quad (4)$$

$$x_1 + d_5^- - d_5^+ = 200 \quad (5)$$

$$x_2 + d_6^- - d_6^+ = 400 \quad (6)$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$i=1,2,3,\dots,6 \quad (3.6)$$

Problemdeki değişkenlerin anlamları aşağıdaki gibidir:

X_1 : Günlük basit saat üretim miktarı (Adet)

X_2 : Günlük alarmlı saat üretim miktarı (Adet)

d_1^- :Hedeflenen günlük çalışma saatinden negatif sapma (Saat)

d_2^- :Hedeflenen günlük işlem zamanından negatif sapma (Saat)

d_3^- :Alarmlı saat üretim hattı kapasitesinin kullanılmayan miktarı (Adet)

d_4^- :Hedeflenen üretim miktarından negatif sapma (Adet)

d_4^+ : Hedeflenen üretim miktarından pozitif sapma (Adet)

d_5^- : Hedeflenen basit saat üretim miktarından negatif sapma (Adet)

d_5^+ : Hedeflenen basit saat üretim miktarından pozitif sapma (Adet)

d_6^- : Hedeflenen alarmlı saat üretim miktarından negatif sapma (Adet)

d_6^+ : Hedeflenen alarmlı saat üretim miktarından pozitif sapma (Adet)

Şekil 3.1.' deki gibi hedef denklemleri grafik üzerine taşınır. d_i^- 'ler kısıtların altında kalan kısımları, d_i^+ 'lar kısıtların aşıldığı kısımları ifade eder. Eğer hedeflerin çevre kısıtları çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerekirse, problem için olurlu bölge Şekil 3.2.'de görüldüğü şekilde ifade edilir.

Grafik yöntemle çözümde aşağıdaki adımlar takip edilerek çözüme ulaşılır:

1. Şekil 3.2.'de gösterilen (1), (2) ve (3) numaralı kısıtları dikkate alan olurlu bölge çizilir.

2. Birinci hedef yani (4) numaralı kısıt dikkate alınarak olurlu bölge küçültülür.Bu kısıtın seçilme nedeni, amaç fonksiyonunda d_1^- sapmasının birinci derecede öncelikli olmasıdır. d_1^- 'nin azaltılması karar vericinin d_1^+ tarafına bakmayı arzuladığı anlamına gelir. (4) numaralı kısıtın çözüme dahil edilmesi ile olurlu bölge Şekil 3.3.'deki AXBC bölgesi olur.

3. İkinci öncelikli hedef d_2^- sapmasının en aza indirilmesidir. Birinci hedeften taviz vermeden (5) numaralı kısıtın çözüme katılması ile olurlu bölge Şekil 3.3.'deki XBC bölgesi olur.

4. Son hedef, d_3^- ifadesinin en az olmasıdır. Diğer kısıtlar ve daha öncelikli hedefler tarafından belirlenen XBC olurlu bölgesi içinde d_3^- ifadesinin en küçük olduğu nokta X noktasıdır. X noktasının koordinatları aşağıdaki denklemlerin çözülmesi ile bulunur.

$$2X_1 + 4X_2 = 1600$$

$$X_1 = 200 \quad (3.7)$$

Denklemlerin çözümü sonucu günlük 200 adet basit saat, 300 adet alarmlı saat üretilmeye karar verilir. Çözüm sonucunda aşağıdaki değerler bulunmuştur:

$$X_1 = 200 \text{ Adet}$$

$$X_2 = 300 \text{ Adet}$$

$$d_1^- = 0$$

$$d_2^- = 0$$

$$d_3^- = 50 \text{ Adet}$$

$$d_4^- = 0$$

$$d_4^+ = 50 \text{ Adet}$$

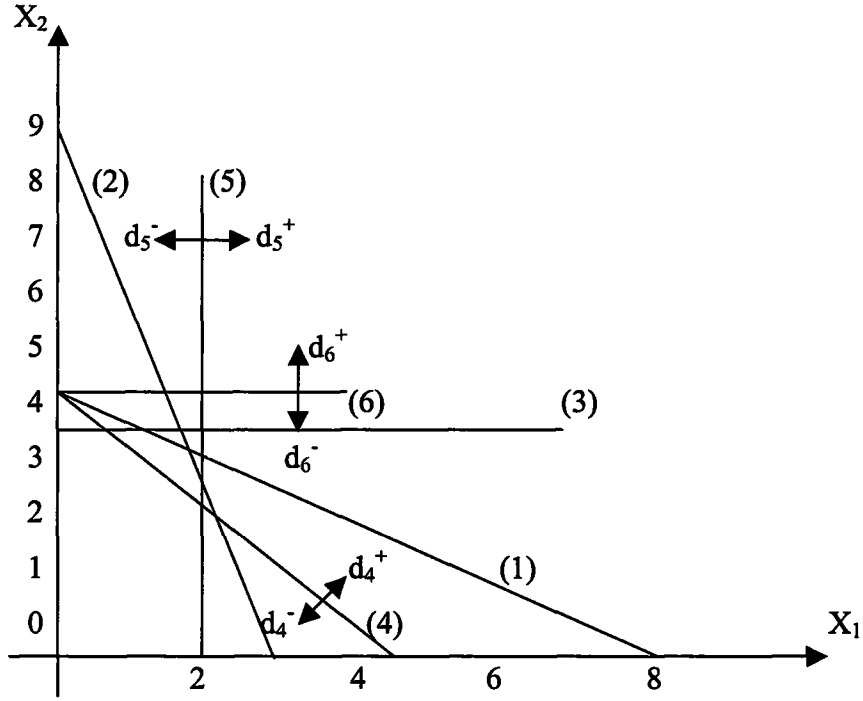
$$d_5^- = 0$$

$$d_5^+ = 0$$

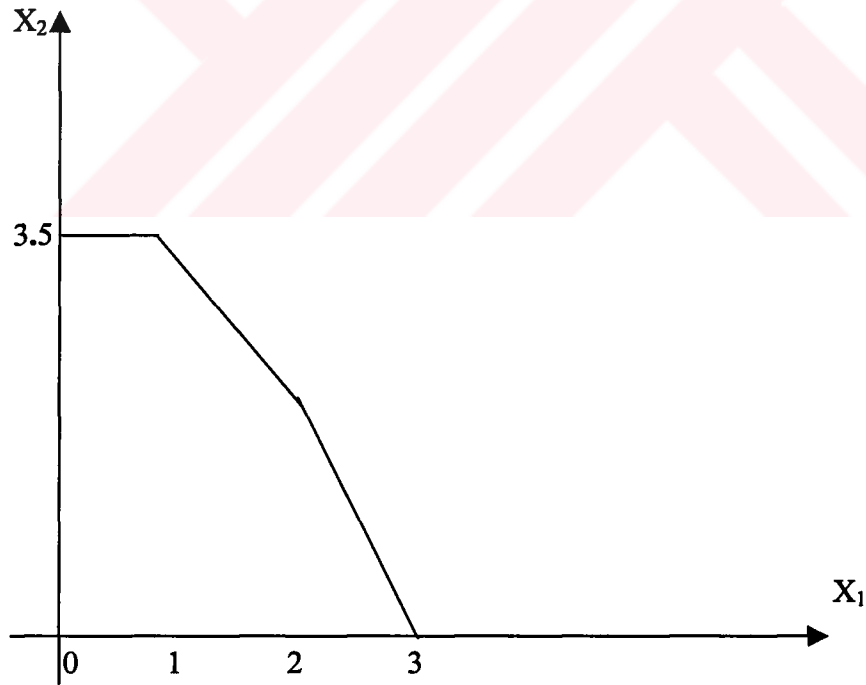
$$d_6^- = 100 \text{ Adet}$$

$$d_6^+ = 0 \quad (3.8)$$

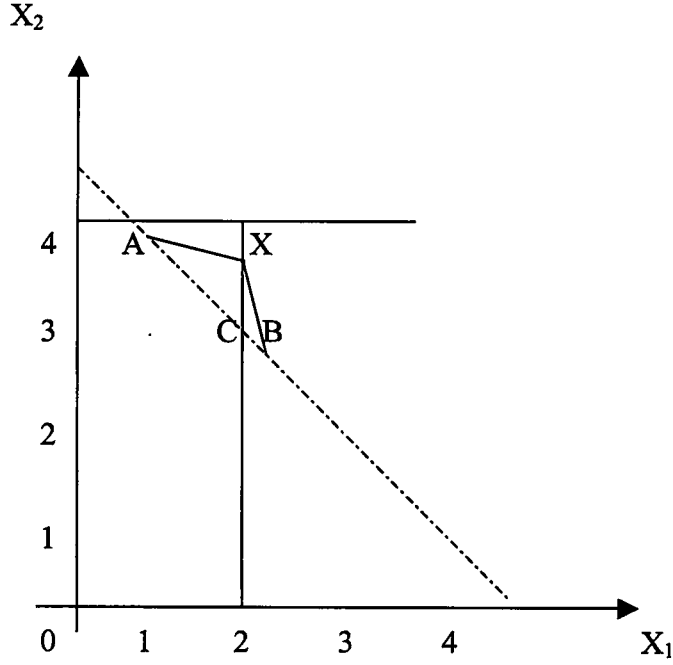
Birinci ve ikinci hedeflere tamamen ulaşılmış, üçüncü hedefte ulaşılamayan 100 adetlik bölüm kalmıştır. Eğer üçüncü hedefe daha fazla ulaşılmak istenirse ikinci hedeften taviz vermek gerekmektedir. Ulaşılan çözüm hedefler doğrultusunda varılan en uzlaşık çözümdür.



Şekil 3.1. Saat probleminde hedef denklemlerin grafik gösterimi [8]



Şekil 3.2. Saat probleminde çevre kısıtları ile belirlenen olurlu bölge [8]



Şekil 3.3. Saat probleminde çözümdeki en uzlaşık nokta (X noktası) [8]

3.2.2. Doğrusal Hedef Programlama Probleminin Simpleks Yöntem Yardımıyla Çözülmesi

Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan Simpleks Yöntem geliştirilerek Doğrusal Hedef Programlama problemlerinin çözümünde de kullanılabilir. Bazı değişiklikler yapılmış olan yöntem, “Düzeltilmiş Simpleks Yöntem (Revised Simplex Method)” adıyla anılır. Simpleks Yöntemde; uygun çözüm alanında sıfır noktasından başlanarak sistemli bir şekilde bir sonraki köşe noktasına giderek optimum çözüme ulaşılmaya çalışılır. Yöntem, optimum çözüme ardışık işlemlerle ulaşmak için iteratif bir süreç kullanan algoritmik bir yaklaşımdır. Süreç esnasında; ilerlenen bir sonraki köşe noktası mevcut köşe noktasına komşudur ve hiçbir zaman ilerleme bir önceki çözüm köşe noktasına doğru olamaz [9,10].

Simpleks Yöntem bütün doğrusal matematik programlama problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Sınırlı sayıda değişken ve kısıt olan problemler elle çözülebilirken, çok sayıda değişken ve kısıt olan problemler bilgisayar programları yardımıyla çözülür. Tablo 3.1.’de Simpleks Yöntemin başlangıç tablosu görülmektedir.

Tablo 3.1. Düzeltilmiş Simpleks Yöntem başlangıç tablosu [9]

C_j			
C_j	Temel Değişkenler	B	Değişkenler
			A
$Z_j - C_j$	Öncelik Değerleri	U	

Sembollerin ifadeleri şöyledir:

C_j : Değişkenlerin amaç fonksiyonundaki katsayıları

B: Kısıtların sağ taraf sabitleri

U: Amaç fonksiyonundaki öncelikler

A: Değişkenlerin teknolojik katsayıları

Z_j : Amaç fonksiyonunda arzulanan değer

Düzeltilmiş Simpleks Yöntem kullanılırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Başlangıç tablosu oluşturulur. Genelde negatif sapma değişkenleri temel çözümde yer alır.
2. Problemden çok sayıda değişken olmasından dolayı tabloların okunmasını kolaylaştırmak amacıyla sıfırların yeri boş bırakılır.
3. $Z_j - C_j$ satırlarında P_1 satırındaki en büyük değerin olduğu kolon anahtar kolondur. Aynı değerde iki sayı mevcut ise bir sonraki satırda değeri büyük olan kolon seçilir.
4. Sağ taraf sabitleri anahtar kolondaki teknolojik katsayılara bölünür. En küçük pozitif değerin olduğu satır anahtar satırdır. Anahtar kolon ve satırın kesiştiği değer anahtar sayıdır.
5. Simpleks Yöntemdeki gibi anahtar sayı bir yapılarak yeni satır değerleri hesaplanır.
6. P_1 satırında pozitif değer yok ise bir sonraki satıra geçilir ve tüm hedef satırları için aynı işlemler tekrarlanır.
7. Eğer $Z_j - C_j$ satırında daha düşük öncelikli bir pozitif eleman var ise, daha yüksek öncelikli seviyede bir negatif eleman oldukça, bu eleman çözüme dahil edilemez.

Sayısal Örnek [8] :

Saat fabrikası örneğinin formülü ve Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi başlangıç tablosu aşağıda ifade edilmiştir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = P_1 d_4^- + P_2 d_5^- + P_3 d_6^-$$

Hedef Denklemleri:

$$2x_1 + 4x_2 + d_1^- = 1600$$

$$6x_1 + 2x_2 + d_2^- = 1800$$

$$x_2 + d_3^- = 350$$

$$x_1 + x_2 + d_4^- - d_4^+ = 450$$

$$x_1 + d_5^- - d_5^+ = 200$$

$$x_2 + d_6^- - d_6^+ = 400$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 6$$

(3.9)

Tablo 3.2. Saat probleminde başlangıç düzeltilmiş simpleks tablo [8]

C _j			P₁ P₂ P₃										
			X ₁	X ₂	d ₁ ⁻	d ₂ ⁻	d ₃ ⁻	d ₄ ⁻	d ₅ ⁻	d ₆ ⁻	d ₄ ⁺	d ₅ ⁺	d ₆ ⁺
	d ₁ ⁻	1600	2	4	1								
	d ₂ ⁻	1800	6	2		1							
	d ₃ ⁻	350		1			1						
P ₁	d ₄ ⁻	450	1	1				1			-1		
P ₂	d ₅ ⁻	200	1						1			-1	
P ₃	d ₆ ⁻	400		1						1			-1
Z _j -C _j	P ₃	400		1									-1
	P ₂	200	1									-1	
	P ₁	450	1	1							-1		

Tablo 3.3. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun ikinci aşaması [8]

Cj			P ₁ P ₂ P ₃										
			X ₁	X ₂	d ₁ ⁻	d ₂ ⁻	d ₃ ⁻	d ₄ ⁻	d ₅ ⁻	d ₆ ⁻	d ₄ ⁺	d ₅ ⁺	d ₆ ⁺
d ₁ ⁻	1200			4	1				-2			2	
d ₂ ⁻	600			2		1			-6			6	
d ₃ ⁻	350			1			1						
P ₁ d ₄ ⁻	250			1				1	-1		-1	1	
X ₁	200		1						1			-1	
P ₃ d ₆ ⁻	400			1						1			-1
P ₃	400			1									-1
Zj-Cj	P ₂	0							-1				
	P ₁	250		1					-1		-1	1	

Tablo 3.4. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun üçüncü aşaması [8]

C _j			P ₁ P ₂ P ₃										
			X ₁	X ₂	d ₁ ⁻	d ₂ ⁻	d ₃ ⁻	d ₄ ⁻	d ₅ ⁻	d ₆ ⁻	d ₄ ⁺	d ₅ ⁺	d ₆ ⁺
d ₁ ⁻	200				1			-4	2		4	-2	
d ₂ ⁻	100				1			-2	8		2	-8	
d ₃ ⁻	100						1	-1	1		1	-1	
X ₂	250			1				1	-1		-1	1	
X ₁	200	1							1			-1	
P ₃	d ₆ ⁻	150						-1	1	1	1	-1	-1
	P ₃	150						-1	1		1	-1	-1
Z _j -C _j	P ₂	0							-1				
	P ₁	0						-1					

Tablo 3.5. Saat probleminde düzeltilmiş simpleks tablonun son aşaması [8]

C_j												
		X_1	X_2	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_4^-	d_5^-	d_6^-	d_4^+	d_5^+	d_6^+
d_4^+	50			1/4			-1	1/2		1	-1/2	
d_2^-	0			-1/2	1			7			-7	
d_3^-	50			-1/4		1		1/2			-1/2	
X_2	300		1	1/4				-1/2			1/2	
X_1	200	1						1			-1	
P_3	d_6^-	100		-1/4				1/2	1		-1/2	-1
P_3	100			-1/4				1/2			-1/2	-1
$Z_j - C_j$	P_2	0						-1				
	P_1	0					-1					

Denklemlerin çözümü sonucu günlük 200 adet basit saat, 300 adet alarmlı saat üretilmeye karar verilir. Çözüm sonucunda aşağıdaki değerler bulunmuştur:

$$X_1 = 200 \text{ Adet}$$

$$X_2 = 300 \text{ Adet}$$

$$d_1^- = 0$$

$$d_2^- = 0$$

$$d_3^- = 50 \text{ Adet}$$

$$d_4^- = 0$$

$$d_4^+ = 50 \text{ Adet}$$

$$d_5^- = 0$$

$$d_5^+ = 0$$

$$d_6^- = 100 \text{ Adet}$$

$$d_6^+ = 0 \quad (3.10)$$

Birinci ve ikinci hedeflere tamamen ulaşılmış, üçüncü hedefte ulaşılabilen 100 adetlik bölüm kalmıştır. P_3 satırında pozitif eleman vardır. Fakat kurala göre ; şayet $Z_j - C_j$ 'de daha düşük öncelikli bir pozitif eleman var ise, daha yüksek öncelikli seviyede bir negatif eleman oldukça bu pozitif eleman çözüme dahil edilemez [7]. Eğer üçüncü hedefe daha fazla ulaşılacak istenirse ikinci hedeften taviz vermek gerekmektedir. Ulaşılan çözüm hedefler doğrultusunda varılan en uzlaşık çözümdür.

3.3. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama

Uygulamada, doğrusal durumlardan ziyade doğrusal olmayan durumlarla karşılaşılır. Ancak, doğrusal olmayan modellerin çözümü zor olduğundan, kısmi doğrusallaştırmalarla çözümlenirler. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama problemlerinin çözümü için iki temel algoritma vardır. Bunlar, İteratif Doğrusal Olmayan Hedef Programlama ve Stewart-Griffith' in Doğrusallaştırmak Suretiyle Doğrusal Olmayan Hedef Programlama çözüm teknikleridir [7].

3.4. Etkileşimli Hedef Programlama

Hedef Programlama yönteminde, karar vericiden hedefleri kendi aralarında sıralaması istenir. Karar verici her zaman bu sıralamayı yapabilecek bilgiye sahip olmayabilir. Bu aşamada, problemin çözümü için Etkileşimli Hedef Programlama Yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde, karar vericiye her amaç için bir hedef değer ve kısıtlar sorulur. Bu şartlar altında problem çözülür ve sonuçlar karar vericiye sunulur. Eğer karar verici tatmin olmamışsa değerler değiştirilerek problem tekrar çözülür. Aynı işlem karar verici tatmin olana kadar devam eder[11, 12].

Diğer ÇAKV yöntemlerinde olduğu gibi Hedef Programlama ile karar problemleri çözümünde de karar değişkenlerinin sayısal olmayan katsayıları genellikle Analitik Hiyerarşi Yöntemi yardımıyla hesaplanır.

3.5. Hedef Programlamanın Uygulama Alanları

Hedef programlamanın geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Bunlar; askeri uygulamalar [13], model kurma [14], yeni ürün geliştirme [15], su

kaynaklarının planlanması [16, 17], güç kaynaklarının seçilmesi [18], portföy seçimi [19, 20], proje seçimi [21], stratejik karar alma [22] gibi konulardır. Bu uygulama alanları ile ilgili bazı çalışmalara kısaca değinelim:

Askeri Uygulama (Nakliye Uçaklarının Yüklmesi) [13]:

Askeri birliklerde yıl içerisinde oldukça fazla miktarda malzeme ve personel yer değiştirmektedir. Bu çalışmada, bazı kriterlere yapılacak yükleme ile uçuş maliyetinden tasarruf etmek amaçlanmıştır. Tasarruf, yüklenen parça sayısının optimum şekilde azaltılması ile sağlanmıştır. Yükleme yapılan parçalar şunlardır; tekerlekli büyük araçlar, paletli araçlar, tekerlekli küçük araçlar, çeşitli malzeme ve personel.

Belirtilen amaçlara bilimsel yöntemle ulaşmak için Hedef Programlama kullanılmıştır. Sorti sayıları karşılaştırıldığında bulunan çözümün eski programa oranla %9 daha az uçuş seferi ile aynı personel ve malzemeyi taşıdığı görülmüştür. Bu, 240 uçuş saatine denk gelmektedir. Bu çalışma sayesinde barış ve savaş şartlarında malzeme ve personelin yerinin değiştirilmesinin daha az zamanda ve daha az maliyetle gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

Stratejik Karar Alma (Havaalanlarında Yer Hizmeti Veren Bir Firma İçin Strateji Belirleme) [22] :

Havaalanlarında uçağın tekerleklerinin yere değmesinden yolcuların gidecekleri yere ulaştırılmasına kadar geçen hizmetler yer hizmeti olarak adlandırılır ve hava yolları firmalarından farklı firmalarca gerçekleştirilir. Çalışmada yer hizmetleri veren bir şirketin belirlediği amaçlara ulaşabilmek için hangi hava yolu şirketleri ile anlaşma yapması gerektiğine karar desteği sağlanmıştır. Şirketin üç amacı vardır:

- Personel sayısını en küçükmek.
- Gelir miktarını en büyükmek.
- Uçuş sayılarındaki muhtemel değişme miktarını en küçükmek.

Üç hedef birbirleri ile çelişmektedir. Aynı anda hepsinin optimum seviyede gerçekleştirildiği çözüm seçeneği amaçlanmıştır. Kısıtlar ifade edilmiştir. Karar

değişkenleri, firmaların küçük veya büyük çaplı uçuş sayısını temsil etmektedir. Çözüm sonucunda hangi firmalarla hangi uçuşlar için anlaşma yapılması gerektiği görülmüştür. Şirketler arası anlaşmalar belirli zaman aralıklarında yapılmaktadır. Bu anlaşmalar imzalanmadan önce firmalar benzer çalışmalar yaparak anlaşma ortamındaki stratejilerini belirleme şansına sahip olabilirler.

Su Kaynaklarının Planlanması [16] :

Bazı Arap ülkelerinde su kıtlığından dolayı deniz suyunun tuzu ayrıştırılmakta ve kullanım suyu olarak dağıtılmaktadır. Bu amaçlarla çeşitli istasyonlar kurulmuştur. Çalışmada benzer bir istasyona amaçların gerçekleştirilebilmesi için bilimsel bir çalışma planı sunulmaktadır.

Ayrıştırma istasyonlarındaki su, karıştırma istasyonlarına optimum miktarda pompalanmalıdır. Su, karıştırma istasyonlarında çeşitli tuzluluk seviyelerine sahip kuyu suları ile karıştırılıyor. Modelin kısıtları; karıştırma istasyonlarına gidecek hedef su miktarı, temin edilmesi gereken kuyu suyu miktarı ve sağlanması gereken tuzluluk oranlarıdır. Modelin beş hedefi, hedef miktarlarından en az sapmayı amaçlamıştır.

Hedef değerleri aşağıdaki gibidir:

1. Karıştırma suyu istem miktarı
2. Tuzluluk seviyelerinin kontrolü
3. Tüketilecek kuyu suyu miktarı
4. Karma istasyonlarında ihtiyaç duyulan tuzlu su miktarları
5. Arındırılmış su üretim miktarları

Model Suudi Arabistan'daki Dammam şehrinin kullanım suyu şebekesinde kullanılmıştır.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ

Ekonomik değerler , hedefler ve hedef ağırlılıklarının her zaman rakamlarla ifade edilmiş şekilde bulunması mümkün değildir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, sözel olan ifadelerin rakamlara dönüştürülmesine imkan tanır. Bütün kriterlerin rakamlarla ifade edilebilmesi karar verme problemlerin çözülmesini kolaylaştırmış, kullanılan çözüm tekniklerinin etkinliğini arttırmıştır. Etkinlik; doğru biçimde ölçülebilen faktör sayısı ile doğru orantılıdır. Fakat kurulan modeller her zaman iyi çalışmazlar. Çünkü önemli etkenler, özellikle sosyal etkenler kabuller yapılarak göz ardı edilir. Hatalara karşı mazeret olarak genelde bilimsel olarak açıklanması zor ifadeler öne sürülür. Eğer gerçekçi modeller kurulmak isteniyorsa basit kabuller yapma alışkanlığı terk edilmelidir. Geliştirilen modeller kriterleri etkileyen tüm faktörleri içermelidir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi yardımıyla tüm bunlar gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Yöntem aynı zamanda gerçek hayatta var olan fikir çatışmalarına da imkan tanır [23].

Analitik Hiyerarşi Yöntemi; kişileri nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir yöntem kullanmaya zorunlu kılmak yerine, onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlayıp bu şekilde daha iyi kararlar vermelerini amaçlar [24].

4.1. Hiyerarşi ve Göreli Üstünlükler

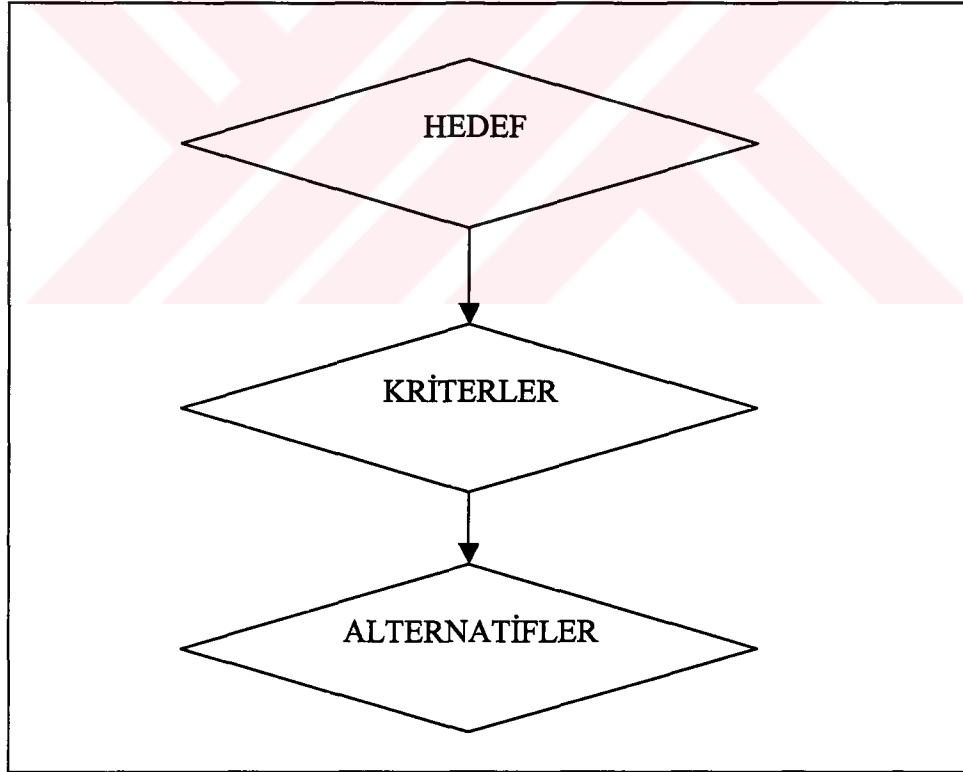
Karar verici genelde karmaşık ilişkiler içeren ögelere sahip karmaşık sistemlerle yüz yüzedir. Karar verici söz konusu karışıklığı anladığı oranda sağlıklı karar verebilir. İnsan, içgüdüsel olarak çok fazla sayıda kontrol edilmesi gereken öge ile karşılaşırsa bunları gruplandırma yoluna gider. Gruplandırma işleminde benzer özellikleri taşıyan öğeleri aynı grupta toplar. Analitik Hiyerarşi Yönteminin çıkış noktası da gruplandırmadır. İlk aşamada oluşturulan gruplar başka bir özelliğe göre kendi aralarında gruplandırılıp sistemin bir üst düzeyini oluştururlar ve aynı işlem

karar verme sürecinin ana ögesine kadar devam eder. Analitik Hiyerarşi Yönteminin uygulanmasında iki temel süreç vardır [23]:

1. Problemin ortaya konması ve hiyerarşik yapının oluşturulması,
2. Öğelerin girdi önemlerinin hesaplanması.

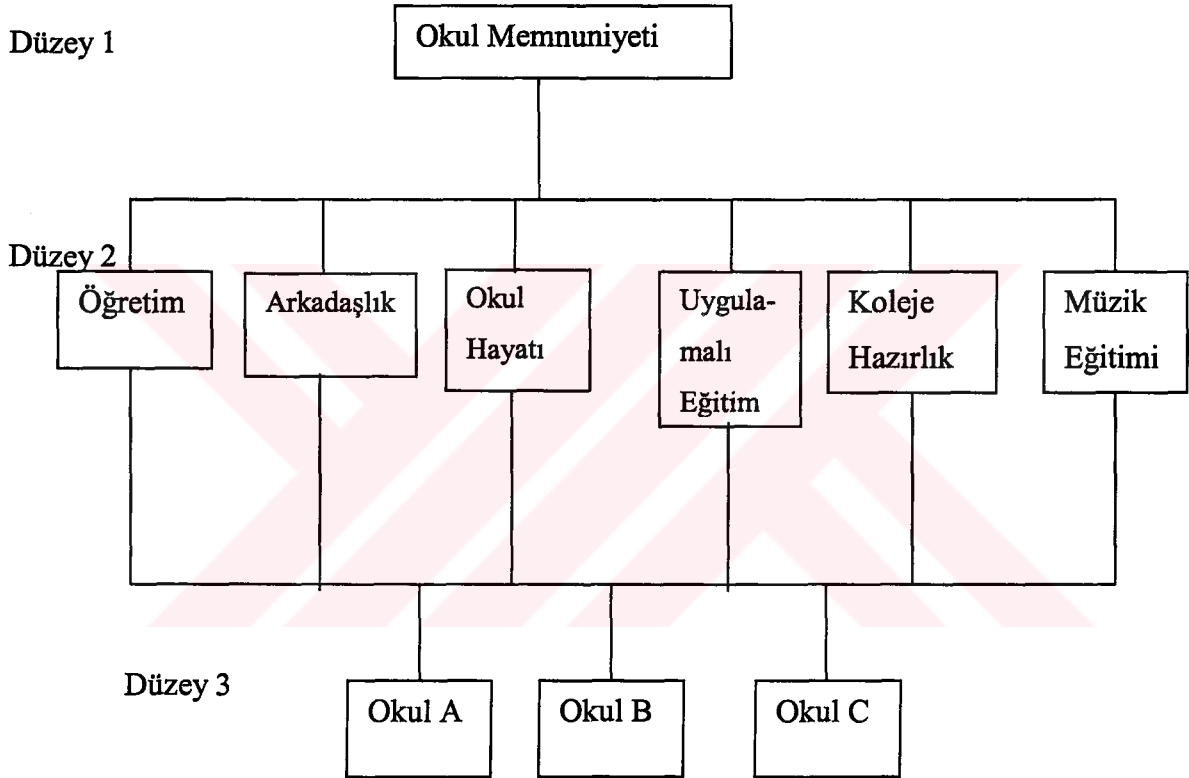
Karar verme işlemi, her biri bir dizi amacı gerçekleyen adımlarla en iyi çözümü bulmaktır. Çözüm gerçekleştirilirken seçeneklerin alt amaçları gerçekleştirmedeki göreceli tartıları, alt amaçların da daha üst düzeydeki amaçları gerçekleştirmedeki göreceli ağırlıkları hesaplanmalıdır. Bunun için kararı etkileyecek tüm faktörler belirlenmeli ve bu faktörler hiyerarşik yapıda temsil edilmelidir.

Hiyerarşik yapı oluşturulurken, büyük ölçekli sistemden en alttaki birim sistemlere doğru yol alınır. Böylece karara etkisi olan tüm faktörler sıralanır. Hiyerarşik yapı, en üst hedeften alternatiflere kadar uzanan doğrusal basamaklardan oluşur. Şekil 4.1.'de [25] doğrusal bir hiyerarşik yapı gösterilmektedir:



Şekil 4.1. Doğrusal hiyerarşik zincir yapısı [25]

Hiyerarşiler çeşitli şekillerde olabilir fakat hepsi bir temel hedeften başlayıp alt hedeflere, alt hedefleri etkileyen kriterlere, kriterleri etkileyen kişilere, onların amaçlarına, politikalarına, stratejilerine ve sonunda stratejilerin çıktıklarına yani alternatiflere doğru bir iniş gösterirler. Kısaca Analitik Hiyerarşi Yönteminde ilk aşamada problem hiyerarşik yapıda ifade edilir ve sonraki aşamada hiyerarşik yapıdaki herhangi bir ögenin etkileri, tekniklerden biri kullanılarak hesaplanır. Şekil 4.2.' de basit bir hiyerarşi örneği verilmiştir.



Şekil 4.2. Okul problemin hiyerarşilere ayrıştırılması [23]

Örnekte, üç okul arzu edilmelerine göre analiz edilmektedir. Bunun için altı adet bağımsız kriter belirlenmiş ve Şekil 4.2.'de gösterildiği şekilde ifade edilmiştir.

4.2. Ölçme ve Karar Verme Süreci

Birden fazla nesneyi ölçmek gerektiğinde iki yöntem kullanılır [23]:

1. Nesnelerden biri ölçülür ve grubun diğer üyeleri ile karşılaştırılır. Gerekirse toplam ağırlığa bölünerek göreceli ağırlık hesaplanır.

2. Gruptaki nesneler ikili olarak karşılaştırılır ve her ikili grup için göreceli ağırlıklar hesaplanana kadar işleme devam edilir. İkinci yöntem sadece iki nesneyi karşılaştırmaya yöneliktir ve daha fazla işlem gerektirmesine rağmen daha basittir. Eğer bir cetvel yoksa ikili karşılaştırmalar tercih edilmelidir.

Analitik Hiyerarşi Yönteminde karşılaştırmalar arasında tutarlılık olduğu kabul edilir ve tutarlılık varsayımından sayısal olarak sapma derecesini ifade eden tutarlılık göstergesi hesaplanır. Çünkü hiçbir ölçüm sıfır hata ile gerçekleştirilemez. Aynı şekilde her problem ölçüm hatalarına aynı derecede hassas değildir. A, B' ye ; B de C' ye tercih ediliyorsa, A' nın C' ye tercih edilmesi kaçınılmazdır ve tutarlılık gereğidir. Bilgi düzeyi arttıkça modeller daha tutarlı oluşturulur.

Thomas L. Saaty (1980), Analitik Hiyerarşi Yönteminde, ikili karşılaştırmaların doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze yapılacak anketler vasıtasıyla gerçekleştirilmesini önermektedir. Eğer karar tek kişi yerine gruptan isteniyorsa uzlaşma için pazarlıklar yapılır.

Kısaca hiyerarşik yapı belirlendikten sonra, göreceli önemlerinin tespiti ve bunların temel hedefe olan etkileri hesaplanır. Bu hesaplama sırasında bir cetvele gereksinim duyulur. Bu cetvel yardımıyla kriterlerin göreceli öncelikleri, kriterlerin genel amaç üzerindeki tercih ve önemleri sıralanır. Bu amaç için Thomas L. Saaty tarafından bir ölçek geliştirilmiş ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi için kullanılmıştır. Ölçek, Tablo 4.1.'de verilmiştir [26].

Tablo 4.1. Analitik Hiyerarşi Yönteminde kullanılan önceliklendirme ölçeği [26]

ÖNEM DERECESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Birinin değerine göre orta derece daha önemli olması	Tecrübe ve yargı, bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli düzeyde önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli düzeyde önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve üstünlüğü uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı düzeyde önem	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.

4.3. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Analitik Hiyerarşi Yöntemi, problemin hiyerarşik olarak ifade edilmesi sonucu, karar vericinin kararda etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde ayrı ayrı bilgi sahibi olmasına imkan tanır. Bu bilgiye, yargıya ulaşmanın en etkili ve kolay yolu öğeleri ikiye ikiye ele alıp onları sadece bir kritere göre değerlendirmek ve bu sırada diğer kriterlerle ilgilenmemektir.

İncelenecek n adet öge A_n ile, A_n ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$) ağırlıkları W_n ile ($W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$) ifade ediliyorsa, her ögenin diğerlerine göre, göreceli ağırlıkları bir matrisin satırları cinsinden Tablo 4.2.'deki gibi yazılır. Her ikiliden daha hafif olan, birim kabul edilip diğerinin onun kaç katı ağır olduğunu ölçmek sureti ile göreceli ağırlıklar bulunur.

Tablo 4.2. İkili karşılaştırmalar matrisi [24]

	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
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
A_n	W_n/W_1	W_n/W_2	.	.	.	W_n/W_n

4.4. Tutarlılık ve Göreceli Önemler Vektörünün Bulunması

Analitik Hiyerarşi Yönteminde, incelenen düzeydeki tüm öğelerin bir üst düzeydeki öge üzerindeki göreceli etkilerini karşılaştırmak amacıyla bir matris oluşturulur ve bu matrisin en büyük öz değere sahip öz vektörü bulunur. Öz değer, λ sembolü yardımı ile ifade edilir. Matrisin tutarlı olması için gerekli ve yeterli şart, matrisin en büyük öz değerinin n ' e eşit olmasıdır. Matris tutarlı ise aşağıdaki denklemler sağlanır [24].

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$a_{jk} = \frac{a_{ik}}{a_{ij}} = a_{ij} \quad (i, j, k = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$\lambda_{\max} = n \quad (4.1)$$

Fakat gerçek hayatta bu ilişkiler iki nedenden dolayı tam sağlanamaz. Birincisi fiziksel ölçümlerin hiçbir zaman tam olarak yapılamaması, ikincisi insan yargılarındaki yanılgılardır. Bu nedenle; $\frac{w_i}{w_j} = a_{ij}$ ideal durumu yerine, geneli ifade eden $w_i = \text{ortalama}$ kullanılır.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (4.2)$$

Kişisel yargılardaki sapmalarda dikkate alınır,

$$w_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (4.3)$$

şekline dönüşür.

Tutarlılık durumunda $\lambda_{\max} = n$ ise, $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ ifadesi söz konusu eşitlikten sapma derecesini gösterecek bir tutarlılık göstergesi olarak kabul edilir. Tutarlılık oranı yeterince küçük ise, w görelî önem vektörünün tahmini değerleri kabul edilir. Aksi halde tutarlılık düzeyi artırılmaya çalışılır. Genel olarak tutarlılık oranının %10 veya daha düşük değerde olması yeterli olarak görülür [24].

Görelî önemler vektörü dört yöntem yardımıyla bulunabilir:

1. En basit ve sapmalı yöntem
2. Daha iyi yöntem
3. Bölmeîi iyi yöntem
4. Çarpmalı iyi yöntem

El ile yapılan uygulamalarda, vektörü doğru tahmin edebilmek ve kolaylık açısından üçüncü yöntem tercih edilir. Eğer matris tutarlı ise dört yöntem de aynı sonucu verecektir.

4.5. Analitik Hiyerarşı Yönteminin Uygulama Alanları

Analitik Hiyerarşı Yönteminin geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Bunlar; askeri uygulamalar [27, 28, 29,30], endüstride AR-GE proje seçimi ve kaynak tahsisi [31, 32], kurumlar için donanım alımı [33], şirket sermaye bütçelerinin hesaplanması [34, 35], yerleşim alanları için arazi tahsisi [36], kamu kuruluş politikalarının belirlenmesi [37, 38], müşteri tercihlerinin belirlenmesi [39], portföy seçimi [40], ürün seçimi ve geliştirilmesi [41, 42], teknoloji seçimi [43] ve döviz kurlarının belirlenmesi [44] gibi alanlardır. Bu uygulama alanları ile ilgili bazı çalışmalara kısaca değinelim:

Askerî Uygulama (Piyade Tüfeğı Seçimi) [28]:

İhtiyaca cevap verebilecek yeni silah sistemlerinin araştırılması, bulunması, incelenmesi, seçimi, üretim sözleşmesinin yapılması, üretim teknolojisinin kurulması ve üretilmeye başlanması hem maddî 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 birçok kriterin dikkate alınmasını zorunlu kılar. Problemin büyüklüğü ve ciddiyeti problemin, tahmine dayalı geleneksel yöntemlerle değil, deterministik çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle çözümlenmesini gerektirir. Problemin tahmine dayalı geleneksel yollarla ele alınması; seçim kriterlerinin çok olmasından dolayı bazı kriterlerin ihmal edilmesine, geriye kalanların da görelî önemlerinin dikkate

alınmadan işleme sokulmasına sebep olur. Geleneksel yöntemlerin bu eksiklikleri, Analitik Hiyerarşi Yönteminin hiyerarşik yapısı sayesinde giderilebilmektedir. Bu nedenle, “Türk Silahlı Kuvvetlerinde Piyade Tüfeği Seçimi” problemi Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile çözülmüştür.

Kaynak Tahsis Edilmesi [32]:

Bir şirket 35 mm.’lik yeni bir kamera yapmıştır ve bunu tanıtmak istemektedir. On iki haftalık bir tanıtım kampanyası için \$1.500.000 ‘lık bütçe ayırmıştır. Tanıtım kampanyasını radyo ve televizyon programlarında, dergi, gazete ve maksimum tanıtım sağlayacak medya araçlarında yapmayı amaçlamaktadır.

Medya araçlarının etkinlikleri hesaplanırken; yayım yapılan saha, medya aracının geçerliliği, prestij, hedef kitleyi etkileme süresi, yayın kalitesi, psikolojik etkiler vb. faktörler dikkate alınmıştır. Şirketin problemini çözebilmek için medya grubundaki tüm araçların etkinlik katsayıları Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile hesaplanmıştır. Çeşitli kısıtlar dikkate alınarak tamsayılı programlama ile hangi medya aracına ne kadar reklam verileceği bulunmuştur.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve tamsayılı programlama medya araçları seçiminde karar destek sistemi olarak kullanılmıştır. Çözüm yöntemi ile sayısal ve sayısal olmayan kriterler dikkate alınmış, çok sayıda alternatif kolayca değerlendirilmiştir.

Kuruluşlara Donanım Alımı [33]:

Bir üniversitedeki bilgisayar merkezi için yeni bilgisayarlar alınması planlanmıştır. Hangi çeşit bilgisayardan kaç adet alınacağına Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile karar verilmiştir. Karar aşamasında; makinelerin eğitime katkı oranı, satın alma maliyetleri, yazılım maliyetleri, bakım masrafları, sisteme uyarlanabilme imkanları, kullanıcılar tarafından istenme oranları vb. kriterler dikkate alınmıştır. Bu aşamada Analitik Hiyerarşi Yönteminin yapısı içerisinde bütün kriterler belirlenmiş ve bu kriterlerin etkinlik katsayıları hesaplanmıştır. İkinci aşamada, satın alma bütçesi, gelecek üç yıldaki bakım maliyeti gibi kısıtlar ifade edilip Tam Sayılı Hedef Programlama Yöntemi ile hangi çeşit bilgisayardan kaç adet alınacağına bilimsel olarak karar verilmiştir.

Sonuç olarak, üniversitenin oldukça fazla kritere dayalı ve karmaşık problemi optimum fayda sağlayacak şekilde çözülmüştür. İlk aşamada Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile her çeşit bilgisayarın etkinlik katsayıları hesaplanmış, ikinci aşamada Tam Sayılı Hedef Programlama ile hangi modelden kaç adet alınacağına karar verilmiştir. Gelecekte benzer bir problem, kriterler ve kısıtlar güncelleştirilerek aynı yöntemle çözümlenebilir.



5. KARA KUVVETLERİNDE HAVA SAVUNMA SİLAH SİSTEMLERİ

Geleceğin muharebeleri kara, deniz, hava ve feza olmak üzere dört sahada gerçekleşecektir. Teknolojik gelişmelerin hava harp silah ve vasıtalarına kazandırdığı sürat, doğruluk ve etkinlik, reaksiyon ve tırmanma süresini kısaltmıştır. Bu imkanlara sahip ülkelerin gerektiğinde kısıtlı hava hareketini da uygulayabilecekleri gözden uzak tutulmamalıdır. Hava savunma birlikleri gelişen hava tehdidine karşı barıştan itibaren hazırlıklı olmalıdır. Mutlak hava üstünlüğünün sağlanmasındaki zorluklar hava savunmasının sürekliliğini gerektirmektedir.

Hava savunma topçusu, kara birliklerimizin hava savunmasının esas unsurudur. Bu unsurun başarısı, kuvvetlerimizin bekasını ve muharebe gücünün muhafazasını sağlayacaktır.

Hava harp silah ve vasıtalarının performanslarındaki gelişim, uyguladıkları taarruz tekniklerinin etkinliğini büyük ölçüde arttırmıştır. Bu etkinliğin tesirsiz hale getirilmesi için nitelik ve sayısal bakımdan kısıtlı olan hava savunma topçusunun çok iyi bir planlama ile kullanılması gerekir. Planlamalarda mevcut hava savunma silahlarının etkinliğinin dikkate alınması gerekir. Bu çalışmada Türk Silahlı Kuvvetlerinde mevcut hava savunma silahlarının etkinliklerinin bulunması amaçlanmıştır.

5.1. Hava Savunmasının Temel Unsurları

Barıştan itibaren düşman hava ve hava savunma güçleri hakkında bilgi toplamakla başlayan hava savunma gayretleri, hedef uçağın tahribi veya görevini başarmasına engel olan bir seri faaliyeti ve unsuru içerir [45].

5.1.1. Aktif Hava Savunma Unsurları

Harbe mani olmak, bunda başarı sağlanamazsa düşmanı kesin neticeli darbeler indirmekten alıkoymak şeklinde tanımlanan aktif hava savunma hareketi,

gayesini dört ana savunma faaliyetini (tespit, teşhis, önleme ve tahrip) yürüterek elde eder. Bu dört ana faaliyet, savunma sisteminin muhtelif kısımları tarafından yapılır.

5.1.1.1. Tespit

Tespit işlemi mütecaviz hava vasıtalarına karşı zamanında harekete geçerek, savunma sistemlerine gerekli ikazı vermek ve hava savunma görevlerinin başarı ile yürütülmesi bakımından lüzumlu planlama bilgilerini sağlamak için yapılır ve stratejik tespit, taktik tespit olarak ikiye ayrılır.

1. Stratejik Tespit: Düşmanın hava kuvvetleri ve bunların muhtemel hareket tarzları hakkında zamanında haber alma, yeterli bir hava savunmanın temeli olup barıştan itibaren yürütülür. Düşmanın ne zaman taarruz edebileceğine, kuvvetlerinin hareket alanlarına geliş ve bilfiil taarruza başlamalarına dair, devamlı ve güvenilir bilgi temini hava savunma imkanlarının artırılmasında hayati önem taşır. Bu da stratejik tespit ile elde edilir.

2. Taktik Tespit: Düşman uçak veya füzesi havalandığı andan itibaren tespit bilgilerinin, anında ilgili makama bildirilmesi gerekir. Mümkün olduğu kadar tespit işlemi ihbar ve kontrol sisteminin diğer bütün unsurlarınca teyit edilmelidir.

5.1.1.2. Teşhis

Baskına uğramamak veya baskını asgari zayıyla atlatabilmek için hava vasıtasının tespit işleminden sonra bu vasıtanın teşhis edilmesi ve dost düşman ayırımının doğrulukla yapılması gerekir. Dost, düşman ayırımının yapılmasında uçuş planı mukayesesi, uçuş yolunun tetkiki, elektronik teşhis, gözle teşhis ve mahalli usullerle teşhis gibi muhtelif usuller kullanılır.

1. Uçuş Planı Mukayesesi: Hava savunma teşhis bölgesine giren hava vasıtasının bu bölgeye giriş zamanı, irtifa, sürati, istikameti gibi çeşitli uçuş teşhis bilgileri mevcut uçuş planına uyuyorsa bu hava vasıtası dost olarak kabul edilir.

2. Uçuş Yolunun Tetkiki: Tespit edilen ve bilinmeyen bir hava vasıtasının istikamet ve irtifa değiştirmeleri ve diğer taktik hareket usulleri hava savunma sistemini şaşırtacak, aldatacak veya normal usuller ile bağdaşmayacak şekilde oluyorsa, bu uçuş yolu şüpheli olarak kabul edilerek teşhis işlemini kolaylaştırıcı tedbirler alınır.

3. Elektronik Teşhis: Şüpheli görülen bir hava vasıtasının elektronik sorgulama suretiyle o vasıtanın dost olup olmadığı anında tanımlanır.

4. Gözle Teşhis: Toplu bir taarruzun dışında münferit hadiseler karşısında hava savunma teşhis bölgesine giren şüpheli hava vasıtasını teşhis etmek gayesi ile dost av uçağı gönderilerek o vasıtanın tipi, numarası, dış yükleri ve gözle görülebilen diğer bilgiler temin edilerek yapılır. Muharebe bölgesindeki gözetleme postaları ile diğer tüm ilgili personelin görerek uçak tanıma bilgilerini kullanarak bir hava vasıtasını teşhis etmesi de gözle teşhis usulüdür.

5. Mahalli Usullerle Teşhis: İhbar kontrol unsurlarıyla irtibatın kesilmesi veya ihbara ilişkin teşhis bilgilerinin başka türlü temin edilemediği hallerde mahalli usullerle teşhis yöntemi uygulanır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır:

- Dost uçakların belirli irtifa bölgelerine uymaları (uçulan-uçulmayan)
- Belirli uçuş paternleri uygulamaları
- Işıklı işaret vermeleri
- Belirli yerlerde bulunma zamanları (Zaman değerlendirmesi yapmaları)
- Telsiz teması ile tanımlama
- Önceden kararlaştırılmış bazı hareketleri yapma

Bu yöntemlerden biri veya bir kaçını uygulayan dost uçaklar kendilerini bölgedeki hava savunma birliklerine dost olarak tanıtabilir.

5.1.1.3. Önleme

Tespit edilen hava vasıtası, düşman kabul edildikten sonra planlı bir sıra ile önleme uçağı, yerden havaya güdümlü füze ve hava savunma topçusu kullanmak sureti ile icra edilen aktif bir harekettir. Bu faaliyet aynı zamanda hava vasıtasına taarruzun yapılacağı noktaya kadar, önleme silahının kontrol ve güdümünü de içine alır. Önleme silahı, yakın veya yayın kontrol usulleri kullanılarak önleme bölgesine sevk edilir.

5.1.1.4. Tahrip

Taarruz eden düşman uçak ve füzesinin imhası veya etkisiz kılınması hava savunma hareketinin gayesidir ve elde mevcut bütün silah sistemleri ile gerçekleştirilmeye çalışılır. Taarruz eden hava vasıtalarının yüksek performansları ve

taşıdıkları silahların öldürücülüğü göz önüne alındığında önlemenin güç olması, ikinci bir önleme imkanının bulunmaması, hedefin diğer savunma vasıtaları tarafından kabiliyetleri dahiline girdikçe ateş altına alınmasını, düşürülmesini ya da görevini terke zorlanmasını gerektirmektedir.

5.1.2. Pasif Hava Savunma Unsurları

Pasif hava savunma unsurları; düşman taarruzlarının etkilerini asgariye indirmek maksadıyla düşman taarruzundan önce, taarruz esnasında ve taarruzdan sonra alınacak ve uygulanacak uzun ve kısa vadeli; yönetici, aldatıcı ve onarıcı önlem ve faaliyetlerin tümüdür.

5.1.2.1. Yönetici Önlem ve Faaliyetler

Bu faaliyetler, sorumlulukların tespitini, teşkilatlanmayı, eğitim ve öğretimi planlama faaliyetlerini, tüm önlem ve faaliyetlerde gözetilecek işbirliği, koordinasyon ve uygulama esasları ile teknik ve yasal hususları kapsar.

5.1.2.2. Koruyucu Önlem ve Faaliyetler

Bu önlemler hava taarruzlarına karşı malzeme, personel ve tesisleri koruma gayesi güden faaliyetlerdir. Bunlar;

- Dağılma,
- Hareket kabiliyeti,
- Tahkimat,
- Erken haber verme ve ikazdır.

5.1.2.3. Aldatıcı Önlem ve Faaliyetler

Tatbik edilmesi ile düşmanı hatalı yollara sevk eden tedbirlerdir. Bunlar;

- Gizleme,
- Sisleme,
- Karartma, kontrollü ışıklandırma,
- Radyo/Seyrüsefer kolaylıklarının kontrolüdür.

5.1.2.4. Onarıcı Önlem ve Faaliyetler

Düşman hava taarruzları neticesinde meydana gelecek her türlü hasarın onarılması ve tehlikeli olacak durumların önlenmesi maksadı ile alınan tedbirlerdir. Bu tedbirlerin önemlileri;

- Sağlık hizmetleri,
- Yangın söndürme,
- Tahliye,
- Patlamayan bombaların imhası,
- Kimyevi, biyolojik ve radyolojik taarruzlara karşı tedbirlerdir.

5.1.3. Tamamlayıcı Hava Savunma Unsurları

Hava savunma gayretlerinin başarısı, hava savunma sistemini oluşturan teşkilatın etkinliğine, sistemin etkin bir şekilde sevk ve idare edilmesine ve bu faaliyetlerin yürütülmesinde en büyük payı olan etkin bir muhabere sisteminin varlığına bağlıdır. Tamamlayıcı hava savunma unsurları;

- Teşkilat,
- Komuta-Kontrol,
- Muhaberedir.

5.2. Hava Savunma Topçusunun Görevi

Hava savunmanın hedefi, manevra elemanı komutanına düşman hava saldırılarının etkisi olmaksızın manevra serbestisi sağlamaktır. Hava savunma topçusunun görevi ise; düşman uçakları ve füzelerini havada tahrip ederek veya tesirlerini azaltarak manevra elemanlarına asıl görevlerini ifada yardımcı olmaktır. Hava savunma topçusu bu görevini silah sistemlerinin kabiliyetlerine göre muhtelif irtifalarda sağlar. Hava savunma kapsamı içerisinde irtifalar beş grupta incelenir[45].

		<u>Metre</u>	<u>Feet</u>
(1)	Çok alçak	0-500	0-500
(2)	Alçak	150-1500	500-5000
(3)	Orta	1500-7500	5000-25.000
(4)	Yüksek	7500-15.000	25.000-50.000
(5)	Çok yüksek	15.000 M.'den yüksek	50.000

Hava savunma silah sistemleri irtifalarına göre genel olarak alçak, orta ve yüksek irtifa silah sistemleri olarak gruplandırılır. Hava savunma topçusu silah sistemlerinin rolü, bu sistemlerin kapasitesi içindeki hava savunma topçusu görevini yapmaktır. Örneğin; Nike Hercules'in rolü, alçak-orta-yüksek irtifa hudutları içinde hava savunması görevini yapmak, alçak irtifa hava savunma silah sistemlerinin rolü, alçak irtifa hava savunmasını yapmaktır.

Hava savunma topçusu, silah sistemlerinin uygunluğu ölçüsünde gerektiğinde yer görevinde de kullanılabilir. Hava savunma topçusu yer görevinde manevra elemanlarına direkt veya dolaylı ateş desteği sağlar. Bu görev hava savunma topçusu için tali bir görevdir. Emrinde hava savunma topçusu bulunan kuvvet komutanı duruma göre mevcut hava savunma topçusunun bütününe hava savunma görevine tahsis edebileceği gibi, gerektiğinde hava savunmasına öncelik vermek suretiyle bir kısmını hava savunma, bir kısmını da yer görevine tahsis edebilir.

5.3. Hava Savunmasının Çeşitleri

Hava savunma topçu kuvvetlerinin tahsisine etki eden diğer göz önünde bulundurulması gereken hususlar hava savunmasının çeşitleridir. Hava savunma topçu sistemleri iki çeşit hava savunması sağlamak üzere tahsis edilebilirler [45].

5.3.1. Bölge Savunması

Geniş bir bölgenin savunulması için tasarlanan durumdur. Esneklikleri, menzilleri, hareket kabiliyetleri ve tekrar kullanabilme özelliklerinden dolayı havadan nakledilebilen hava savunma vasıtaları bölge hava savunması sağlamak için esas sorumluluğa sahiptirler. Bölge hava savunmasında, belirli hiçbir tesis ve teşkil savunma önceliğine sahip değildir.

Kuşak savunması, NATO camiasında bölge hava savunmasının özel bir uygulamasıdır. Bu tip bir savunmada, hava savunma vasıtaları, düşmanın geri bölgelere girme teşebbüsünü erkenden yıpratmak için bir hat şeklinde tertiplenirler. Böyle bir savunma, birlik komutanının önceliklerine en iyi hava savunması sağlamak için gerekli olabilir. Kuşak savunmasında hiçbir özel tesis ve teşkil savunma önceliğine sahip değildir. Bununla beraber ateş birlikleri bir yandan birlik komutanının önceliklerine en iyi korumayı sağlarken, diğer yanda da kuşak

savunmasını devam ettirmek için bir kuşak içinde mevzilendirilebilirler. Kuşak savunmaları, kara kuvvetlerinin esas fonksiyonu olan çabuk ve sürekli bir hava-kara muharebesinin icrasında, hava savunma topçusunun bu hareketi tam olarak desteklemesini doğal olarak menfi yönde etkiler. Hava savunma vasıtalarının sınırlı oluşu ve ateş birliklerinin dar bir hat halinde yayılması, hava savunma topçusunun ateş yoğunluğunu sağlamasına mani olur. Kuşak savunmaları, kanatlarda etraftan dolaşma taktiğine karşı hassastır.

5.3.2. Nokta Savunması

Genel olarak bir kuvvetin ve/veya geri bölgedeki önemli bir tesisin hayati elemanlarının korunmasında, daha sınırlı bir bölgenin korunmasının tasarlandığı durumdur.

Nokta savunması, hava savunma önceliğinin belirli unsurlara verilmesi ile karakterize edilir. Hava savunma önceliği sabit veya seyyar unsurlara verilebildiği gibi kuruluş ve tesislere de verilebilir. Nokta savunması yapan hava savunma topçu silahları, her ne kadar geniş bir coğrafi bölge üzerinde bir hava savunma örtüsü sağarlarsa da “Bölge savunması” terimi kullanılmaz. Çünkü bu bölge içindeki belirli birlik veya teşkiller öncelikle savunulmalıdır. Desteklenen birlik komutanının öncelikli unsurlarını korumak için hava savunma topçu komutanı tarafından seçilen hava savunma tipi, mevcut kuvvetlerin tahditleri dikkate alınarak ve korunacak birlik ve teşkillerin birliklerine göre öncelik dereceleri değerlendirilerek, mümkün olan en iyi hava savunma örtüsünü her bir tesis ve teşkil için sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

5.4. Hava Savunma Öncelik Derecelerinin Tespiti

Hava savunma topçusu muharebe alanında kullanılmadan önce hava savunma öncelik dereceleri saptanmalıdır. Bu görevde komutana yardımcı olmak üzere adım adım karara ulaşmayı sağlayan durum muhakemesi yöntemi geliştirilmiştir. Bu işlem, hava savunma topçu komutanı ile yakın koordinasyon içinde desteklenen vasıtaların sağladığı destek derecesini en iyi seviyeye getirilebilir. Hava savunma topçusu öncelik derecelerinin tespiti, elde mevcut kısıtlı hava savunma kaynaklarının

zorlamasına rağmen desteklenen komutanın ihtiyaçlarını en iyi bir şekilde karşılayan, etkili bir hava savunma planlaması için temel teşkil eder.

5.5. Hava Savunma Topçusunun Kullanım Prensipleri

Dört kullanım prensibi, savunmanın tasarımında esas doktrini teşkil eder ve muharebe alanında hava savunma silahlarının etkin kullanımının temelini oluşturur. Bu prensiplerin taktik durum gereklerine uygun olarak dengeli bir şekilde uygulanması, hava savunmasının etkinliğini ve hava savunma topçusunun ayakta kalma kabiliyetini artırır. Aşağıda bu prensipler açıklanmıştır.

5.5.1. Yoğunluk (Siklet Merkezi)

Yoğunluk, bir saldırıya karşı savunulan unsuru başarılı bir şekilde savunmaya yeterli ateş birliklerinin tahsisi ile meydana getirilen hava savunma muharebe gücünün teksifidir. Alçak irtifa savunma sistemlerinde yoğunluk, genellikle takım çapından küçük olan birliklerle meydana getirilemez. Bununla beraber birçok durumlarda sadece bir takım çapındaki alçak irtifa hava savunma birliği; tabur çapında bir manevra elemanının veya benzer ölçüde sabit bir tesisin hava savunmasına tahsis edilebilir. Portatif hava savunma kısımları hariç; normal olarak takımdan küçük bir birlik hava savunma görevine atanmamalıdır. Yüksek-orta irtifa hava savunma birliklerinde ise, yoğunluk oluşturabilen en küçük birlik taburdur.

5.5.2. Karışım

Karışım; hava savunma uçakları ile hava savunma topçu sistemleri veya birinin kabiliyetleri diğerinin tehditlerini gideren muayyen tipteki hava savunma topçu sistemleri arasındaki dengedir. Karışım, düşmanın bir tek sistem yerine bir dizi sistemlere karşı kendi hava kuvvetlerini savunmaya zorlar. Her biri değişik özellikte ve kabiliyette olan böyle bir dizi hava savunma silahının etkisiz hale getirilmesi çok zordur ve tehdit stratejisini büyük ölçüde karmaşık hale getirir.

5.5.3. Hareket Kabiliyeti

Hareket kabiliyeti, hava savunma kuvvetlerinin bir yandan esas görevlerini ifa yeteneğini muhafaza ederken; bir yandan da bu kuvvetlerin bir yerden bir yere

hareket etmelerine imkan sađlayan kabiliyetidir. Manevra elemanlarına hava savunması sađlamakla görevli hava savunma topçu birlikleri, destekledikleri birliđin hareket kabiliyetine eřit bir hareket kabiliyetine sahip olmalıdırlar. Aynı řekilde sabit tesisleri savunan hava savunma topçu birlikleri de, deđiřtirme ve yedek mevzilerine sűratle mevzi deđiřtirebilmelidirler. Yűksek yođunluklu bir ortamda faaliyet gűsteren hava savunma topçu birlikleri, ayakta kalabilmek için hava savunma kabiliyetlerini olduđu kadar hareket kabiliyetlerine de bűyűk lűde gűvenmek zorundadırlar.

5.5.4. Entegrasyon (Bűtűnleme)

Entegrasyon, harekata katılan kuvvetler arasındaki karıřıklıkları en aza indirirken, műnferit hava savunma sisteminin hareket etkinliđini azamiye çıkaran gayret ve hareket beraberliđinin yakın koordinasyonudur. Entegrasyon, hava-kara muharebe alanındaki tűm faaliyetlerde hayati önem tařır. Hava savunma topçu silahları hava űstűnlűđu muharebesinde olduđu gibi, kuvvet komutanının manevra planı içine de tam olarak entegre edilmelidir. Yođunluk oluřturulmuř, karıřım sađlanmış ve hareket kabiliyetine sahip hava savunma topçu silahları, desteklenen kuvvet komutanının hareketinin ve űst kademedeki hava savunma topçu hareketinin her ikisinin de ayrılmaz birer parçası olup; her ikisine de cevap verebilecek durumda olmak zorundadır.

5.6. Hava Savunma Topçusunun Tertiplenme Kuralları

Hava savunma topçusu kullanım prensipleriyle birlikte, altı adet tertiplenme kuralı ideal bir hava savunmasının arzu edilen özellikleridir. Bu kurallar bir unsurun hava savunmasını oluştururken, műnferit silah mevzilerinin seçiminde hava savunma komutanlarına yardımcı olurlar. Fiili durumda komutan taktik duruma ve mevcut vasıtalarla göre bu kuralların bir karışımını savunmasıyla bűtűnleřtirir. Uygulamada bu kuralların hepsinin tatbiki nadiren műmkűn olur. Savunulan bölgenin şekli ve ebadı, mevcut ateř birliklerinin miktarı, arazinin koruma ve mevzilenmeye uygunluğu ve taktik műlahazalar gibi faktörler komutanın bűtűn kurallara eřit oranda uymasını kısıtlar. Hava savunma tasarımları bu kurallara sıkı sıkıya bağlı kalmaktan ziyade, yeterli bir hava savunması sağlamaya yönelik olmalıdır. Örneđin; kritik bir tesisin alçak irtifa hava savunmasının tasarımında karşılıklı destek ve savunmada dengeyi arttırmak; bunun tabii sonucu olarak ateř birliklerini kritik tesise çok

yaklaştırır. Bu da, asıl amaç olan kritik tesisin hava savunmasının sağlanmasını menfi yönde etkiler. Düşman uçağını yeterince uzaktan ateşle karşılamayarak bombasını atmasına imkan verir.

Geleceğin akıcı, dinamik ve yüksek yoğunluklu muharebelerinde; esneklik, yaratıcılık ve inisiyatif noksanlığı yenilgiye sebep olur. Kara hareketinin desteklenmesinde hava savunma topçu birliklerinin görevlerini başarılı bir şekilde icra etmesini temin etmek için inisiyatif, esneklik ve sağduyunun tatbikinden başka alternatif olmayabilir. Tertiplenme kuralları aşağıda belirtilmiştir:

Dengeli Savunma : Bütün istikametlere hemen hemen eşit savunma ateşleri sağlayacak şekilde, hava savunma silahlarının mevzilendirilmesi ile sağlanır.

Savunmada Kesafet : Bilinen düşman mevkilerine göre birlik açık yanının kapatılması veya düşman yaklaşma istikametlerine hava savunma topçu ateşlerinin teksifi ile sağlanır.

Karşılıklı Destek : Silah sistemlerinin karakteristiklerinden kaynaklanan ve silah mevzilerinin civarında meydana gelen ölü bölgelerin, birbirine komşu diğer bir silah tarafından etkin bir şekilde ateş altına alınabilecek tazda hava savunma silahlarının mevzilendirilmesi suretiyle sağlanır.

Ateş Bölgelerinin Birbiri Üzerine Bindirilmesi : Ateş bölgelerinin birbiri üzerine binecek şekilde hava savunma silahlarının mevzilendirilmesi suretiyle sağlanır. Hava savunma silahlarının mevziileri arttıkça ateş bölgelerinin birbiri üzerine bindirilmesine karar vermede, arazinin önemi gittikçe artar.

Uzaktan Karşılama : Hava savunma silahlarının, düşman uçağı bombasını bırakmadan önce ateş altına alınmasına imkan verecek şekilde mevzilendirilmesi suretiyle sağlanır. Bu kural havadan yere uzun menzilli güdümlü füzeleri ve taktik balistik füzeleri kapsamaz.

Derinlikte Savunma : Hava savunma silahlarının düşman uçağını savunulan tesis veya teşkile yaklaştıkça; gittikçe artan bir ateş yoğunluğu ile ateş altına alınmasına imkan verecek şekilde mevzilendirilmesi suretiyle sağlanır.

6. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE ETKİNLİKLERİ BULUNACAK HAVA SAVUNMA SİLAH SİSTEMLERİ

6.1. AHY İle Etkinlikleri Bulunacak Silah Sistemleri

TSK envanterinde kara birliklerine tahsis edilen hava savunma silah sistemleri aşağıda ifade edilmiştir [45] :

- Stinger Füze Sistemi
- 35mm.'lik Oerlikon Silah Sistemi
- 20mm.'lik Oerlikon Topu
- 20mm.'lik Rheinmetall Topu
- 40mm.'lik K/M M-42 Hava Savunma Topu
- 12.7mm.'lik Uçaksavar Makineli Tüfeği
- M51 ve M55 Tareti

Gerek bazı silah sistemlerinin geleceğinin olmaması, gerekse bazılarının günümüzde hava savunma amacı dışında kullanılması sebebiyle dört silah sistemi incelenecektir.

6.1.1. 40mm.' lik Çift Namlulu M42 K/M Uçaksavar Topu

40 mm.'lik çift namlulu K/M M-42 Uçaksavar Topu; hafif zırhlı, tam tırtıllı, tank tipi bir silahtır. Bu sistem, ileri muharebe bölgesinde, alçak irtifa hava taarruzlarına karşı savunma sağlamak için manevra kuvvetleriyle birlikte kullanılmak üzere imal edilmiştir.

M-42, düşman personeli, hafif zırhlı araçlar, koruganlar ve benzer yer hedefleri karşısında yüksek oranda ateş etme kabiliyetine sahiptir.

Araç, $-54^{\circ}C$ ile $+51^{\circ}C$ ısıları arasında normal çalışma kabiliyetine sahiptir. Aracın şoför bölmesinde, şoför ve top komutanı için oturma yeri mevcuttur. Araç gövdesinin alt kısmında on iki sandık cephe alabilen bir bölme mevcuttur. Dört kişilik top mürettebatı kule bölümünde bulunur. M-42 topu, envanterdeki en eski hava savunma silahlarından biridir [46].

6.1.2. 20mm.'lik Oerlikon Uçaksavar Topu

20mm.'lik Çift Namlulu Oerlikon Uçaksavar Topu alçak irtifa hava savunma sistemidir. Yüksek etkinlikte bilgisayar destekli nişangah ve kendi güç motoru ile donatılmış olan bu silah, uygun yerlere yerleştirildiği ve erken uyarı sistemi ile bütünleştirildiği zaman, düşmanın çok alçak ve alçak irtifadan uçan modern uçaklarına karşı, yüksek takip kabiliyeti, yüksek ateş sürati ve balistik güçlü mühimmatı ile etkili olur.

20mm.'lik Oerlikon Topu iki tekerlekli bir taşıyıcı ile taşınabilen yan ve yükseliş nişanı bir kişi tarafından alınan, üzerinde iki adet silahı olan, çalışması için gereken elektrik enerjisini üzerindeki güç motorundan temin eden, P-56 nişangah ve tevcih ünitesi sistemine sahip, havalı-elektrikli ateşleme düzeni ile ateşi dört ayrı şekilde ayarlanabilen tam otomatik bir hava savunma silahıdır. Hizmeti, biri top komutanı olmak üzere beş kişi tarafından sağlanır. Asgari mürettebatı dört kişidir[47].

6.1.3. 35 mm.'lik Oerlikon Uçaksavar Topu

35 mm.'lik Oerlikon Topu, ateş gücü yüksek, radar kontrollü olduğu gibi, XABA veya Ferranti nişangahı ile tek başına ateş edebilen, elektrikli ve mekanik mevzilenme ve mevzi değiştirme özelliğine sahip, isabet yüzdesi yüksek, otomatik dolduruculu, etkili, kısa menzilli bir hava savunma silahıdır[48].

6.1.4. Stinger Füze Sistemi

Stinger alçak irtifada tek er tarafından taşınabilen, omuzdan ateşlenen, pasif hedefli güdüm sistemi ile sevk olunan, güdümlü bir hava savunma füze sistemidir. Bu sistem yüksek süratle, alçak irtifadan taarruz eden uçaklara karşı etkili olarak kullanılır. Aynı zamanda, helikopter, gözetleme ve nakliye uçaklarına karşı çok etkili bir silahtır. Stinger, tümen ve tugay hareket alanlarındaki olayların yüksek öncelikli

hassas tesis ve birliklerine etkili hava savunması sağlamak için muharebe alanında kolaylıkla ve esneklikle tertiplenir.

Stinger, nişancı ve tim komutanının dost uçaklarını tanımasına yardımcı olan bir dost düşman tanıma (IFF) sistemine sahiptir. Gece veya kötü hava koşullarında kullanılması, nişancının hedefi görebilme ve tanıyabilme yeteneğiyle sınırlıdır. Stinger sistemi dört ana parçadan oluşur: Silah atımı, dost düşman tanıma sistemi, taşıma ve depolama sandığı, römork bağlama kayışı.

Stinger silahı kara birliklerinde kullanılan gelişmeye en fazla açık ve en modern silah sistemidir[49].

6.2. Silah Etkinliklerinin Hesaplanmasında Dikkate Alınacak Kriterler

Silah sanayiinde üretim oldukça pahalıdır ve müşterilerinin ihtiyaçları zamanla değişir. Silahlar tasarlanmadan önce yıllarca kullanıcılarla görüşmeler yapılır. Hangi çeşit silahlara ihtiyaç duyulduğu, gelecekte hangi özelliklere sahip silahların daha etkili olacağı araştırılır. Silah etkinliklerinin hesaplanmasında çeşitli kriterler vardır. Bu faktörlerin bazıları hiç değişmez. Bazıları ise gelişen şartlara göre önemini yitirir. Özelliklerin bazıları rakamsal olarak ifade edilebilir. Bir kısmı ise yaşanan tecrübe neticesinde uzman kişilerce ifade edilebilir. Aşağıda ifade edilen kriterler araştırmacının kendi tecrübesi ve çalışma arkadaşlarıyla yaptığı görüşmeler sonucunda karara bağlanmıştır.

6.2.1. Etkili Menzil

Arazi yapısına göre yükseliş verilmiş bir silah ile ateş edildiğinde; silahın namlu ağzı ile namlu ağzını terk eden merminin bir süre gittikten sonra, yerçekimi ve havanın direnci ile hızının kesilerek yere düştüğü mesafeye silahın azami menzili denir. Silahın ateşinin tam etki sağladığı, büyük ölçüde isabetin öngörüldüğü mesafeye ise etkili menzil denir. Hava hedeflerine yapılan atışlarda genelde sadece etkili menzil dikkate alınır. Merminin nereye düştüğünün atıcı açısından önemi yoktur. Stinger füze sisteminde emniyet tedbiri olarak hedefini bir sebepten dolayı vuramayan füzenin kendini imhası söz konusudur.

Diğer bir ifadeyle namlulu silahlarda atışın yapıldığı mesafe uzadıkça, atışlara ilişkin standart sapma doğal olarak büyür ve atış hattından hedefe doğru genişleyen

bir huni yapar. Bu huniye “dağılma konisi” denir. Dağılma konisinin ağız çapının, hedefinin çapıyla eşit olduğu mesafeye, dağılma konisini oluşturan silahın etkili menzili denir. Diğer bir değişle etkili menzil, silahın hedefini vurabildiği en uzak noktadır.

6.2.2. Silahın Basitliği

Silahın çalışma düzeneği, silah hakkında eğitim almış bir erin dahi söküp, temizleyip, takabileceği şekilde basit olmalıdır. Kullanıcı, silahın temizlenmesini, parçalarının sökülmesini ve takılmasını, az bir gayret ve dikkat sarf ederek, silah avadanlığındaki mevcut aletler yardımıyla yapabilmelidir.

Muharebe sahasında silah mürettebatının silahıyla veya mühimmatıyla sorun yaşaması, o silahın muharebe dışı kalmasına, kolay hedef teşkil etmesine, hava savunması alınan birliğin hava taarruzlarına maruz kalmasına ve hatta muharebenin kaybedilmesine kadar uzanan sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle silah, mühimmatın kolayca doldurulabileceği, meydana gelebilecek olağan aksamaların ekstra güç ve zaman kaybettirmeden giderilebileceği şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Nişan almaya ve atış yapmaya yardımcı olan silahın nişangah donanımı, silahın kolayca sıfırlanmasını sağlayacak özellikte olmalıdır. Yapılan sıfırlama işlemi, silahın engellerden geçmesi, motorunun çalışması, nişancının namluya çarpması veya sürtünmesi gibi basit sebeplerden dolayı bozulmamalı, uzun müddet yeni bir sıfırlama işlemini gerektirmemelidir.

6.2.3. Silahın Dayanıklılığı

Piyade tüfeği gibi küçük çaplı silahların ateşinden etkilenmemeli, darbeye maruz kalma ve benzeri olaylar karşısında esas şeklini kaybetmeyecek ve bozulmayacak şekilde dayanıklı metallerden yapılmalıdır. Her türlü hava ve muharebe şartlarına dayanıklılık göstermeli; çamur, hava ve su ile temasa geçerek paslanma, küflenme ve namlusu karıncalanma yapmayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Silahların seçilirken, tutukluk yapıp yapmadığına veya tutukluk oranlarının minimum olmasına, silahların tutukluk yapması halinde ise tutukluk nedenlerinin basit ve emniyetli bir şekilde giderilip giderilemediğine dikkat edilmelidir. Silahların

güç ve radar üniteleri aksaklık olmadan destek sağlamalıdır. Muharebenin kazanılması, muharebe meydanında silahların tutukluk yapmamasına bağlıdır.

Zor muharebe şartlarında ve silahın günlük bakımlarının yapılamadığı durumlarda bile silah tutukluk yapmayacak şekilde tasarlanmalı, kullanıcıya avantaj sağlamalıdır.

6.2.4. Diğer Sistemlerle Birlikte Çalışabilme Özelliği

Birliklerin hava savunmasını etkili biçimde sağlayabilmek için birden fazla birim ve sistem birlikte ve kusursuz çalışmak zorundadır. Seçilecek silahlar, erken ikazları alma ve iletme imkanına sahip olmalıdır. Silah, özel tasarım askeri elbiseler, çelik başlık, gaz maskesi, eldiven, güneş veya kar gözlüğü ile birlikte kullanılabilir.

Gece atışlarında da gündüz yapılan atışlardaki başarı isteniyorsa, geceleyin görmeyi, nişan almayı ve atış yapmayı kolaylaştıracak aydınlatma ve kolaylık tedbirleri alınmalıdır.

6.2.5. Silahın Ergonomisi

Atıcının silahını ne ölçüde rahat kullanabildiği, silahın ergonomik tasarımının uygunluğuyla ölçülür. Silahın boyutları, kolaylığı, etkili atış pozisyonu sağlayabilmesi, kolayca nişan alınıp atış yapılabilmesi, yani en son teknolojik imkanları kullanarak kullanıcıya sağladıkları avantajların tümü ergonominin konusudur.

Silahın nişangah tertibatı, gece karanlığında kolayca nişan alınmasını sağlayan özellikte olmalıdır.

Silah, nişancının ustalıkla idare edebileceği uygun bir el tutamağına ve etkili bir atış pozisyonuna sahip olmalıdır. Mürettebatla kullanılan silahlarda aynı kolaylıklar şoför ve doldurucular için de sağlanmış olmalıdır. Omuzdan ateşlenen silah, kılıfından veya konulabileceği diğer yerlerden hızlı bir şekilde alınıp, atış pozisyonuna sokulmasına imkan verecek şekilde dizayn edilmelidir. Sağında ve solunda gereksiz çıkıntılar olmamalıdır.

Silahın bir dakika içerisinde atabildiği maksimum mermi sayısına “silahın atış hızı” denmektedir. Atış hızının yüksek olması, silahın toplu hedeflere karşı daha

etkin kullanılmasını sağlar. Muharebe sahasında birliklere taarruzların birden fazla hava aracıyla yapıldığı unutulmamalıdır. Bu nedenle, silahların tasarımı atış hızlarını en büyükleyecek şekilde olmalıdır.

Ateşli silahlar atış esnasında çevreye yaydıkları ses, duman ve ışık nedeniyle kendi yerini belli etmektedirler. Gizliliğin hat safhada olması gerektiği muharebe sahasında, silahların bu tip olumsuz özellikleri birliklere dezavantaj getirmektedir. Yeni tasarımlarıyla silah üreticileri, atış esnasında silahın yaratmış olduğu ses, ışık ve dumanı azaltmış veya ortadan kaldırmışlardır. Ayrıca elektronik karıştırma tedbirleri de uygulanabilmelidir. Körfez savaşında aldatmanın birlikler için vazgeçilmez olduğu bir kez daha ispatlanmıştır.

Hava savunma silahlarının taşınması veya motorlu olanların hareketi sırasında ateşleme sisteminin yanlışlıkla açılmaması için, emniyet sisteminin gizli ve çıkıntısız olması gerekmektedir. Silah, gerektiğinde diğer silahlarla destek mesafesinde bulunarak hava savunma silahlarının da fiziki emniyetini sağlamalıdır.

6.2.6. Silahın Geliştirilebilme Yeteneği

Her şeyin hızla değiştiği dünyada, seçilen yeni silah sisteminin gelecekte geliştirilmeye ihtiyaç duymayacağı konusunda kimse garanti veremez. Bu nedenle, metal, mermi ve silah sanayiinde yaşanan yeni teknolojik buluşlar nedeniyle gelecekte yapılacak değişik tasarım ve yeniliklere seçilen silah sistemi imkan vermelidir.

6.2.7. Silah Ağırlığı ve Hareket İmkânı

Silahın ağırlığı, kullanıcının silahı kolaylıkla kullanabileceği ve ustalıkla idare edebileceği ölçüde olmalıdır. Büyük silahlarda kullanım kolaylığı hidrolik vb. sistemler yardımıyla sağlanabilir.

Ağırlık, silah sistemlerinde beraberinde hantallığı da getirir. Günümüz muharebe sahasında bazen silahlar her atıştan sonra mevzi değiştirmek zorunda kalır. Düşmana giden her merminin yer tespiti için bir işaret olduğu unutulmamalıdır. Bu şartları düşünen tasarımcılar silahları kundağı motorlu yani kendi hareket etme kabiliyeti olan şekle sokmaya başlamışlardır.

6.2.8. Silahın Bakım Kolaylığı

Bir silahın her zaman atışa hazır olabilmesi için bakımının kusursuz yapılması gerekir. Silahların bakımları zorluk derecelerine göre kullanıcı ve teknisyenler tarafından yapılır. Bütün bakımların teknisyenler yani uzman kişiler tarafından yapılması hem maliyet hem de taktik açıdan mümkün değildir. Bu çeşit bakım için muharebe sahasında her silahın arkasına bir bakım aracı ve ekibi ilave etmek gerekir. Silahların temel bakımı kullanıcılar tarafından yapılabilmelidir. Bu, ancak bakımın kolay olması ve çok özel aletler gerektirmemesi ile sağlanabilir.

6.2.9. Silah İçin Yedek Parça Temin Kolaylığı

Silahların yedek parçasının dışarıdan ithal edilmesi, hem donanım maliyetlerini yükseltip, hem de dışa bağımlılığı getireceğinden, çoğunlukla düşünülmez. Bu kabul edilse dahi, bazen firmalar söz konusu silahın üretimini durdurma kararını alabilirler. Yapılan anlaşmalarda benzer durumlarda teknoloji devri veya belirli bir süre üretime devam etme zorunluluğu karara bağlanmalıdır. Üretim teknolojisinin satın alınarak üretilmesi ise, silah ve yedek parçanın dışa bağımlılığını kaldırır ve yedek parça teminini kolaylaştırır. Fakat, savunma sanayiine maddi külfeti oldukça fazla olur.

En uygun seçenek, yeni seçilen silahın patent ücreti ödendikten sonra teknoloji 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. Fakat üretimin karlı hale gelebilmesi için asgari bir üretim miktarı vardır. Bu durumda aynı silahı kullanan dost ülkelerle ortak üretim planlaması yapılabilir veya silah imal edilip üçüncü ülkelere pazarlanabilir.

6.3. Hava Savunma Silahlarının Etkinlik Tespitinin Kapsadığı Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Birinci anket çalışması, problemin Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle çözümünde kullanılan kriterlerin göreceli önemlerini bulmak için uygulanmıştır. Anket, Tablo 6.1.'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Hava savunma silahları etkinlik tespiti probleminde göz önünde bulundurulacak kriterlerin ikili karşılaştırmalar matrisi

	Etkili menzil	Silahın basıtlığı	Silahın dayanıklılığı	Diğer sistemlerle birlikte çalışabilme özelliği	Silahın ergonomisi	Silahın geliştirilebilme yeteneği	Silah ağırlığı ve hareket imkanı	Silahın bakım kolaylığı	Silah için yedek parça temin kolaylığı
Etkili menzil									
Silahın basıtlığı									
Silahın dayanıklılığı									
Diğer sistemlerle birlikte çalışabilme özelliği									
Silahın ergonomisi									
Silahın geliştirilebilme yeteneği									
Silah ağırlığı ve hareket imkanı									
Silahın bakım kolaylığı									
Silah için yedek parça temin kolaylığı									

Anket çalışması, Hava Savunma Okulu ve Eğitim Merkez Komutanlığında birbirlerinden bağımsız yirmi bir kişi üzerinde uygulanmıştır. Anketin uygulandığı kişiler, hava savunma silahlarının etkinliğinin tespit edilmesinde görüş bildirebilecek nitelikteki subay ve astsubaylardan seçilmiştir.

Anketlere verilen cevaplar incelenmiş ve tutarsızlıklar giderilmiştir. Daha sonra, verilen cevapların geometrik ortalaması alınarak, bir matris altında toplanmıştır. Anket sonucunda, kriterlere ilişkin bulunan ağırlıklar ve matrisin tutarlılığından Bölüm 6.4.'de bahsedilmektedir.

Etkili Menzil Kriteri : Hava savunma silahlarının etkili menzili, namlu çapı, hedefe isabet olasılığı, isabet halinde hedefi saf dışı bırakma olasılığı (etkinliği), silah ile taşınabilen maksimum mühimmat miktarı ile saf dışı bırakılan hedef sayısı, atış

esnasında mermi sıkıştırması, geri tepme şiddeti ve emniyet tertibatıyla ilgili emniyetliliği gibi silahların taktik kullanım amacına yönelik hususlarını kapsar.

Silahın Basitliği Kriteri : Hava savunma silahlarında basitlik, silahın erbaş ve erlere kolayca öğretilmesi, eğitimin verimli icra edilebilmesi, atışlarda kullanıcıdan kaynaklanan sorunlarla karşılaşılması ve bakımda ayrıntı gerektirmemesi hususlarını kapsar.

Silahın Dayanıklılığı Kriteri : Hava savunma silahlarının sert cisimlere, darbeye maruz kalma vb. durumlarda esas şeklini kaybetmeyecek ve bozulmayacak, zor hava ve muharebe şartlarına dayanacak, çamur, su ve hava ile temasa geçerek paslanma veya karıncalanma yapmayacak, bakımın uzun süre yapılamadığı durumlarda dahi arıza ve tutukluk yapmayacak şekilde dayanıklı olması gerekmektedir. Bu kriter ayrıca silahın sıfırlamasının kolayca yapılıp zor bozulması konusunu da içermelidir.

Diğer Sistemlerle Birlikte Çalışabilme Özelliği Kriteri : Hava savunma silahları muharebe şartlarına göre karma bir yapıda ve erken uyarı sistemleri ile birlikte kullanılabilir. Bu kriter, silahların mevcut sistemler ve gelecekte geliştirilebilecek muhtemel sistemlerle birlikte çalışabilme hususlarını kapsar.

Silahın Ergonomisi Kriteri : Hava savunma silahları nişancısına rahat bir nişan alma ve sürücüsüne rahat sürüş şekli, mühimmat personeline ise rahat doldurma ve boşaltma imkanlarını sağlamalıdır. Silahın kolaylıkla kullanılabilmesi, atış süratini ve başarısını oldukça fazla etkilemektedir. Bu kriter, silahın insan vücut yapısına uygunluğu ve kullanım rahatlığı hususlarını kapsar.

Silahın Geliştirilebilme Yeteneği Kriteri : Silahın gelişen teknolojiye uydurulması için üzerinde değişiklikler yapmaya elverişli olması, diğer silah ve cihazlarla (erken uyarı radarları, hareketli taşıyıcılar vb.) birleştirilebilmesi gibi hususları kapsar.

Silah Ağırlığı ve Hareket İmkânı Kriteri : Hava savunma birlikleri, muharebede öncelikle diğer birliklerin hava savunmasını almak zorundadır. Desteklenen birlikler taktik gereği yer değiştirebilir, muhaberenin ilerlemesine göre taarruz edebilir veya geri çekilebilir. Birliklerin hava savunması tüm yer değiştirmeler esnasında sürekli olarak tesis edilmelidir. Bu kriter, silahların hava savunmasını aldıkları birliklerin hareket hızına uyum sağlayabilme ve seçilen mevzileri süratle işgal edebilme hususlarını kapsar.

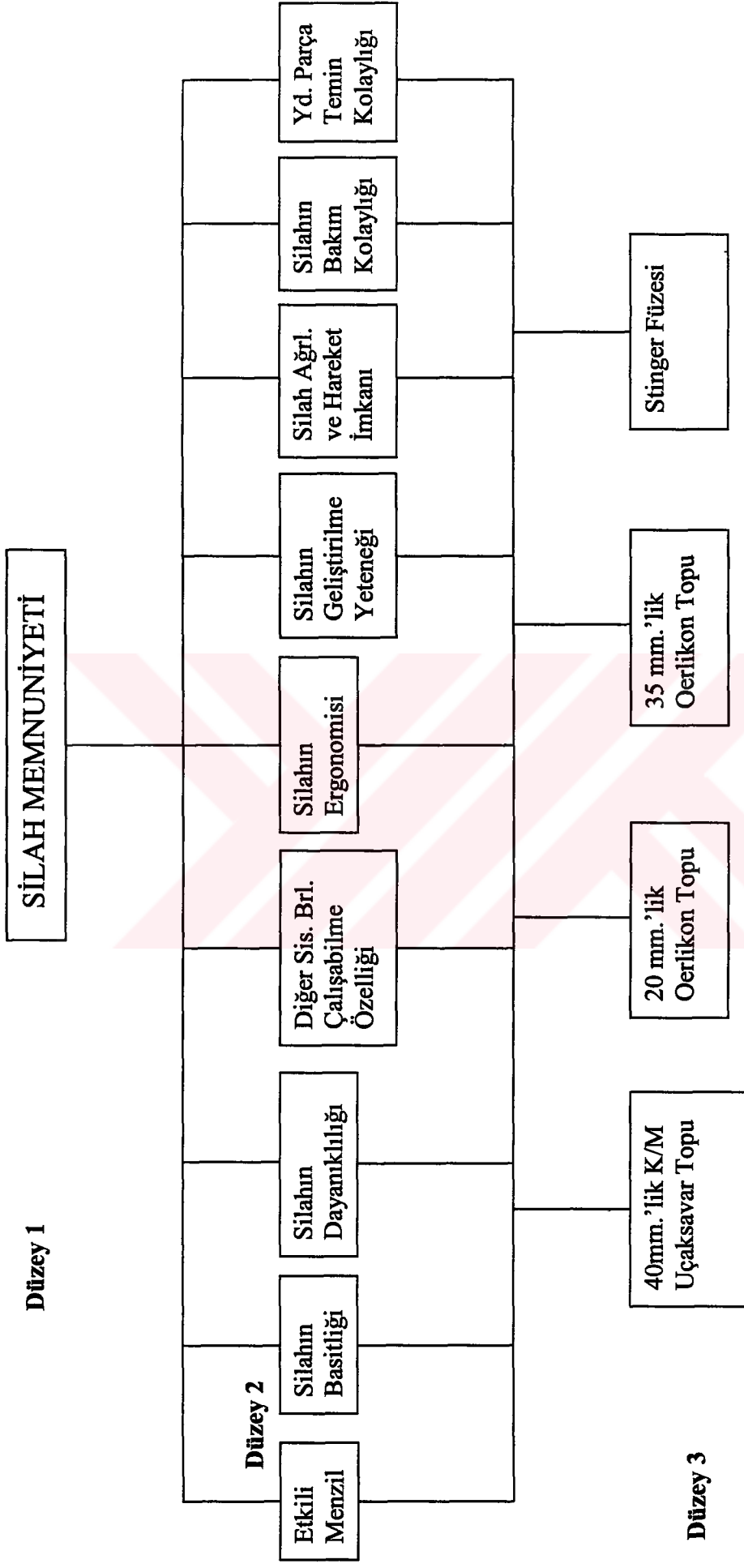
Silahın Bakım Kolaylığı Kriteri : Silah, bakımında ve parçalara ayrılmasında özel teçhizat ve uzman gerektirmemeli ve bakımı kısa sürede yapılabilmelidir. Bu kriter, bakımın kullanıcısı tarafından kısa sürede yapılabilmesi ve ilave teçhizat gerektirmemesi hususlarını kapsar.

Silah İçin Yedek Parça Temin Kolaylığı Kriteri : Hava savunma silahlarında her parçanın farklı kullanım ömrü vardır. Bazı parçalar önceden tahmin edilemeyen sebeplerden ötürü bozulabilir. Silahın görevini kesintisiz olarak yerine getirebilmesi, arızalı parçanın süratle değiştirilebilmesine bağlıdır. Bu kriter, yedek parçanın kolayca bulunabilmesi ve yerine takılabilmesi hususlarını kapsar.

6.4. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çözümün Sayısal Gösterimi

Bu kısımda, dört hava savunma silahı 40mm.'lik K/M Uçs. Topu, 20mm.'lik Oer. Topu, 35mm.'lik Oer. Topu ve Stinger Füzesi hiçbir kriterin ihmal edilmesine izin vermeyen Analitik Hiyerarşi Yöntemi yardımıyla değerlendirmeye tabii tutularak, en etkin silah seçilecektir. Silah etkinliği belirlenmesi problemi için uygun hiyerarşik yapı Şekil 6.1.'de verilmektedir. Seçim, yukarıda sözü edilen dokuz kritere dayanmaktadır. Bunlar; etkili menzil, silahın basitliği, silahın dayanıklılığı, diğer sistemlerle birlikte çalışabilme özelliği, silahın ergonomisi, silahın geliştirilebilme yeteneği, silahın ağırlığı ve hareket imkanı, silahın bakım kolaylığı ve silah için yedek parça temin kolaylığı kriterleridir.

Silah etkinlik belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin, silah etkinlik belirlenmesi seçimi problemine katkılarının ölçülmesi için bir önceki bölümde gösterildiği şekilde, dokuz kriterin ikili karşılaştırmalarından oluşan bir anket hazırlanmış ve Hava Savunma Okulu ve Eğitim Merkez Komutanlığında birbirlerinden bağımsız yirmi bir kişi üzerinde uygulanmıştır. Anketler Ek A.'da, Tablo A.1.-Tablo A.22.'de gösterilmiştir. Bu anketlere verilen cevapların geometrik ortalaması alınarak, ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi aşağıda Şekil 6.2.'de oluşturulmuştur.



Şekil 6.1. En etkin hava savunma silahının seçimi probleminin hiyerarşik yapıda temsil edilmesi

	K_{Em}	K_{Sb}	K_{Sd}	$K_{Dsbç}$	K_{Se}	K_{Sgy}	K_{Sahi}	K_{Sbk}	K_{Syptk}
K_{Em}	1	2,3	1,5	1,9	2,5	1/1,2	1/1,5	1/1,1	1
K_{Sb}	1/2,3	1	1/1,9	1/1,8	1,6	1/3,8	1/2	1,1	1/1,7
K_{Sd}	1/1,5	1,9	1	1	2,6	1/2,2	1/1,3	1	1/1,5
$K_{Dsbç}$	1/1,9	1,8	1	1	2,7	1/1,8	1/1,2	1,1	1/1,6
K_{Se}	1/2,5	1/1,6	1/2,6	1/2,7	1	1/2,9	1/2,2	1/2,5	1/3
K_{Sgy}	1,2	3,8	2,2	1,8	2,9	1	2	1,3	1/1,1
K_{Sahi}	1,5	2	1,3	1,2	2,2	1/2	1	1,7	1
K_{Sbk}	1,1	1/1,1	1	1/1,1	2,5	1/1,3	1/1,7	1	1/1,2
K_{Syptk}	1	1,7	1,5	1,6	3	1,1	1	1,2	1

Şekil 6.2. En iyi hava savunma silahı seçimi probleminin kriterlerine ait ortalama ikili karşılaştırmalar matrisi

En basit ve sapmalı yöntem kullanılırsa, matrisin satır toplamları (12.6, 6.6, 10.1, 10.1, 4.3, 7.1, 12.4, 9.6, 13.1) olarak bulunur. Bu değerlerin toplamı ise 95.9'dur. Eğer, her satır toplamı bu değere bölünürse, göreceli üstünlükler için (0.131, 0.069, 0.105, 0.105, 0.045, 0.178, 0.129, 0.1, 0.138) sütun vektörü bulunur. Burada sütun vektörü, yerden kazanmak için satır olarak yazılmıştır.

Daha iyi yöntem kullanıldığında, sütunların toplamaları (7.8, 16, 10.4, 10.3, 21, 5.8, 7.8, 9.7, 7) olarak bulunur. Bu toplamaların eşlenikleri, (0.128, 0.063, 0.096, 0.097, 0.048, 0.172, 0.128, 0.103, 0.143)'tür. Bu değerler normalize edildiklerinde (0.131, 0.064, 0.098, 0.099, 0.049, 0.176, 0.131, 0.105, 0.147) elde edilir.

Bölmeli iyi yöntem kullanılırsa, öncelikle her sütunun elemanları toplanır ve her eleman bu toplama bölünür, yani her sütun normalize edilir. Normalize edilen matrisin satır toplamaları, (1.185, 0.605, 0.896, 0.906, 0.417, 1.609, 1.196, 0.931, 1.261) bulunur. Her birinin, satır elemanı sayısına bölünüp ortalaması alındığı takdirde, göreceli önemler vektörü (0.132, 0.067, 0.1, 0.101, 0.046, 0.179, 0.133, 0.103, 0.139) olarak elde edilir.

Çarpmalı iyi yöntem ile problem çözülecek olursa, sonuç olarak (0.131, 0.066, 0.1, 0.102, 0.047, 0.177, 0.132, 0.102, 0.143) göreceli ağırlıklar vektörü bulunur.

Bilgisayar çözümü ise (0.132, 0.067, 0.099, 0.101, 0.046, 0.179, 0.133, 0.103, 0.140) olarak bulunur [50].

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 ikinciye vb. bölünür ise bir üçüncü vektör elde edilir. Elde edilen son vektörün elemanları toplanıp eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değeri ($\lambda_{\max}$) 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.

Hatırlanacağı gibi söz konusu matrisin görelî önemler vektörü, bilgisayar çözümü ile (0.132, 0.067, 0.099, 0.101, 0.046, 0.179, 0.133, 0.103, 0.140) bulunmuştu. Eğer A matrisi bu vektör ile çarpılırsa, (1.21, 0.66, 0.92, 0.92, 0.43, 1.65, 1.22, 0.95, 1.29) şeklinde ikinci bir sütun vektörü bulunur. Yerden kazanmak için vektörler satır halinde yazıldı. Eğer bu ikinci vektörün her elemanı, birinci vektörde karşılık gelen elemana bölünür ise (9.17, 9.85, 9.29, 9.1, 9.3, 9.2, 9.17, 9.2, 9.2) elde edilir. En son vektörün toplamının ortalaması alınırsa 9.28 elde edilir. Bu değeri $\lambda_{\max}$ 'ın iyi bir tahmin değeridir.

$\lambda_{\max}$ değerinden hareketle tutarlılık göstergesi $(9.28-9) / 8 = 0.035$ olarak elde edilir. Tutarlılık göstergesi, daha önce verilen tablodaki 9 boyutlu matris için verilen tesadüfilik katsayısına bölünürse, tutarlılık oranı $0.035 / 1.45 = 0.024$ elde edilir. Bilgisayar çözümünde ise tutarlılık oranı 0.02 olarak bulunmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi, bu oranın %10 veya daha az olması tercih edilmektedir. Bulunan 0.02 değeri, oluşturulan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Dört yöntemden herhangi biri veya bilgisayar çözümü kullanılarak “en etkin hava savunma silahının seçimi” probleminin birinci düzeyine ait görelî önem vektörü aşağıdaki gibi elde edilir:

0.179 Silahın Geliştirilebilme Yeteneği

0.140 Silah İçin Yedek Parça Temin Kolaylığı

- 0.133 Silahın Ağırlığı ve Hareket İmkânı
- 0.132 Etkili Menzil
- 0.103 Silahın Bakım Kolaylığı
- 0.101 Diğer Sistemlerle Birlikte Çalışabilme Özelliği
- 0.099 Silahın Dayanıklılığı
- 0.067 Silahın Basitliği
- 0.046 Silahın Ergonomisi

Birinci düzey için elde edilen görelî önemler vektörünü incelediğimiz takdirde, “en etkin hava savunma silahının seçimi” ana hedefini en fazla etkileyen kriterin %17.9 ile silahın geliştirilebilme yeteneği olduğunu görüyoruz. Bunu %14 ile silah için yedek parça temin kolaylığı ve %13.3 ile silahın ağırlığı ve hareket imkânı izlemektedir.

İkinci olarak, bir alt düzey için aynı tür karşılaştırmalar yapılacaktır. Diğer bir deyişle, bu aşamadaki ikili karşılaştırmalarla, birinci düzeydeki kriterlerin her birini gerçekleştirme açısından dört adet hava savunma silahının görelî önemleri saptanacak ve bu inceleme her kriter için tekrar edilecektir. Anketler Ek B.’de Tablo B.1. - Tablo B.27.’de gösterilmiştir. Dolayısıyla, dokuz adet 4x4 yargı matrisi elde edilecektir. Matrisler Tablo 6.2.-Tablo 6.10.’da gösterilmiştir.

Tablo 6.2. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için etkili menzil kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Etkili Menzil	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/1,3	1/2,8	1/2,8	0,129
20mm. Oerlikon T.	1,3	1	1/2	1/2	0,175
35mm. Oerlikon T.	2,8	2	1	1	0,348
Stinger Füzesi	2,8	2	1	1	0,348

$$\lambda_{\max} = 4$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0$$

Tablo 6.3. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın basitliği kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Silahın Basitliği	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1,3	2,4	1/2,3	0,224
20mm. Oerlikon T.	1/1,3	1	2,5	1/3,3	0,179
35mm. Oerlikon T.	1/2,4	1/2,5	1	1/4,5	0,09
Stinger Füzesi	2,3	3,3	4,5	1	0,507

$$\lambda_{\max} = 4$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0$$

Tablo 6.4. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın dayanıklılığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Silahın Dayanıklılığı	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	2,6	1,4	1,8	0,368
20mm. Oerlikon T.	1/2,6	1	1/2,9	1/1,6	0,126
35mm. Oerlikon T.	1/1,4	2,9	1	1/1,5	0,253
Stinger Füzesi	1/1,8	1,6	1,5	1	0,253

$$\lambda_{\max} = 4,08$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0,02$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = ,02$$

Tablo 6.5. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın diğer sistemlerle birlikte çalışabilme özelliği kriterine ait göreceli önemler ve tutarlılıklar

Diğer Sis. Çış. Özelliği	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görel Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/2,9	1/3,6	1/8,2	0,059
20mm. Oerlikon T.	2,9	1	1/2,8	1/5,4	0,109
35mm. Oerlikon T.	3,6	2,8	1	1/4	0,218
Stinger Füzesi	8,2	5,4	4	1	0,614

$$\lambda_{\max} = 4,1$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0,03$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0,03$$

Tablo 6.6. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın ergonomisi kriterine ait göreceli önemler ve tutarlılıklar

Silahın Ergonomisi	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görel Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/5,9	1/5,8	1/8,2	0,043
20mm. Oerlikon T.	5,9	1	1,2	1/4,4	0,196
35mm. Oerlikon T.	5,8	1/1,2	1	1/3,8	0,174
Stinger Füzesi	8,2	4,4	3,8	1	0,587

$$\lambda_{\max} = 4,15$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0,05$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0,05$$

Tablo 6.7. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın geliştirilebilme yeteneği kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Slh. Glş. Yeteneği	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/4,7	1/4	1/5,7	0,056
20mm. Oerlikon T.	4,7	1	1/2,4	1/4,6	0,151
35mm. Oerlikon T.	4	2,4	1	1/3,5	0,229
Stinger Füzesi	5,7	4,6	3,5	1	0,564

$$\lambda_{\max} = 4,24$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0,08$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0,08$$

Tablo 6.8. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın ağırlığı ve hareket imkanı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Slh. Ağr. ve Hrk. İmkanı	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/1,8	1,4	1/4,6	0,104
20mm. Oerlikon T.	1,8	1	2,6	1/7,4	0,149
35mm. Oerlikon T.	1/1,4	1/2,6	1	1/7,9	0,067
Stinger Füzesi	4,6	7,4	7,9	1	0,68

$$\lambda_{\max} = 4,11$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0,03$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0,04$$

Tablo 6.9. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silahın bakım kolaylığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Slh. Bakım Kolaylığı	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1,8	2,1	1/5,6	0,149
20mm. Oerlikon T.	1/1,8	1	1,6	1/6,7	0,1
35mm. Oerlikon T.	1/2,1	1/1,6	1	1/8,4	0,071
Stinger Füzesi	5,6	6,7	8,4	1	0,68

$$\lambda_{\max} = 4,02$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0$$

Tablo 6.10. En etkin hava savunma silahının seçimi hiyerarşisinin ikinci düzeyi için silah için yedek parça temin kolaylığı kriterine ait görelî önemler ve tutarlılıklar

Ydk. Prç. Tmn. Kly.	40mm. K/M	20mm. Oerl.	35mm. Oerl.	Stinger Füzesi	Görelî Önemler Vektörü
40mm. K/M Uçs. Topu	1	1/1,5	1/1,4	1/3,5	0,137
20mm. Oerlikon T.	1,5	1	1	1/1,9	0,209
35mm. Oerlikon T.	1,4	1	1	1/3,1	0,181
Stinger Füzesi	3,5	1,9	3,1	1	0,473

$$\lambda_{\max} = 4,01$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = 0$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 0$$

Yukarıda bulunan değerler irdelendiğinde, 35mm.'lik Oerlikon Topu ve Stinger Füzesinin etkili menzil bakımından eşit ve en büyük ağırlığa (%34,8 görelî önem) sahip olduğu, 40mm.'lik K/M Uçaksavar Topunun ise en az ağırlığa (%12,9) sahip olduğu görülmektedir. Diğeri bir deyişle, 40mm.'lik K/M Uçaksavar Topunun hedefi önceden ateş altına alma ve hedefteki etkinliğı düşüktür. Silahları basitlik açısından incelediğimizde kullanımı en kolay silah Stinger Füzesidir. İlave olarak Stinger Füzesi, diğeri sistemlerle birlikte çalışabilme özelliğı, ergonomi kriterine uygunluğu, geliştirilme yeteneğı, hareket imkan ve kabiliyeti, bakım ve yedek parça temin kolaylığı açısından diğeri silahlara üstünlük sağlamıştır. 40mm.'lik K/M Uçaksavar Topu diğeri sistemlerle birlikte çalışabilme özelliğı, ergonomi kriterine uyuşu, geliştirilebilme yeteneğı, ve yedek parça temin kolaylığı açısından oldukça etkisiz kalmıştır.

Son aşama, hava savunma silahları için bileşik görelî önemler vektörünü bulmaktır. Bu son vektörün bulunması için, her kriter için hava savunma silahlarının görelî önemler matrisi ile dokuz kriterin görelî ağırlıkları çarpılıp, çarpımların sütun toplamaları alınır. Elde edilen vektör, 40mm.'lik K/M Uçs. Topu, 20mm.'lik Oer. Topu, 35mm.'lik Oer. Topu ve Stinger Füzesinin “hava savunma silahlarının en etkin olanını seçme” ana amacına hizmet etme derecesi olan görelî önemlerini verir. Söz konusu vektörün bulunmasına ilişkin değerler Tablo 6.11.'de verilmiştir.

Bilgisayar çözümünde silahların görelî önemleri sırasıyla 0.146, 0.156, 0.209, 0.489 olarak hesaplanmıştır [50]. Bileşik görelî önemler vektörünün incelenmesi sonucunda; silahın basitliğı, diğeri sistemlerle çalışabilme özelliğı, ergonomiye uygunluk, geliştirilme yeteneğı, ağırlık ve hareket imkanı, bakım kolaylığı ve yedek parça temin kolaylığı açısından en etkin olan Stinger Füzesinin, ana hedefi gerçekleme açısından da en yüksek görelî öneme sahip olduğu (%48,9) görülmektedir. Bunu sırasıyla %20,9 ile 35mm.'lik Oer. Topu, %15,6 ile 20mm.'lik Oer. Topu ve %14,6 ile 40mm.'lik K/M Uçs. Topu izlemektedir.

Tablo 6.11. Hava savunma silahlarına ait bileşik görelî önemlerinin bulunuşu

KRİTERLER	40mm.'lik K/M Uçs. Topu	20mm.'lik Oer. Topu	35mm.'lik Oer. Topu	Stinger Füzesi
Etkili Menzil	0,132x0,129 =0,018	0,132x0,175 =0,023	0,132x0,348 =0,046	0,132x0,348 =0,045
Silahın Basitliğı	0,067x0,224 =0,016	0,067x0,179 =0,012	0,067x0,090 =0,006	0,067x0,507 =0,033
Silahın Dayanıklılığı	0,099x0,368 =0,037	0,099x0,126 =0,012	0,099x0,253 =0,025	0,099x0,253 =0,025
Diğer Sistemlerle Birlikte Çalışabilme Özelliğı	0,101x0,059 =,006	0,101x0,109 =0,011	0,101x0,218 =0,023	0,101x0,614 =0,062
Silahın Ergonomisi	0,046x0,043 =0,002	0,046x0,196 =0,009	0,046x0,174 =0,008	0,046x0,587 =0,027
Silahın Geliştirilebilme Yeteneğı	0,179x0,056 =0,010	0,179x0,151 =0,027	0,179x0,229 =0,041	0,179x0,564 =0,100
Silahın Ağırlığı ve Hareket İmkamı	0,133x0,104 =0,014	0,133x0,149 =0,020	0,133x0,067 =0,009	0,133x0,680 =0,090
Silahın Bakım Kolaylığı	0,103x0,149 =0,016	0,103x0,100 =0,011	0,103x0,071 =0,008	0,103x0,680 =0,070
Yedek Parça Temin Kolaylığı	0,140x0,137 =0,020	0,140x0,209 =0,029	0,140x0,181 =0,026	0,140x0,473 0,066
BİLEŞİK GÖRELİ ÖNEMLER	0,139	0,154	0,192	0,518

7. HEDEF PROGRAMLAMA İLE ETKİN BİR HAVA SAVUNMA SİSTEMİNİN KURULMASI

7.1. Hedef Programlama İçin Hedeflerin ve Kısıtların Tanımlanması

TSK bünyesinde birliklerin hava savunmasını sağlamak amacıyla dört çeşit esas hava savunma silahı kullanılmaktadır. Mevcut silah çeşitleri; 40 mm.'lik K/M Uçs.Topu, 20 mm.'lik Oer.Topu, 35 mm.'lik Oerlikon Topu ve Stinger Füzesidir.

Personel Günlük İaşe Bedeli Kısıtı: Tugay çapında bir birliğin hava savunması, bir batarya ve bir Stinger takımı ile sağlanmaktadır. Batarya ve takımın ortalama mevcudu 128 kişidir. TSK verilerine göre içinde bulunduğumuz yılda bir askerin aylık iaşe bedeli 37.000.000 TL., günlük iaşe bedeli 1.250.000 TL.'dir. Bu veriler ışığında bir batarya ve takımda görevli personele günlük iaşe bedeli olarak en çok 160.000.000 TL. tahsis edilebilmektedir. Etkinliği araştırılan silahlarda destek personeli dahil sırasıyla 8, 8, 13, 3 asker görev yapmaktadır. Toplam silah personelleri için günlük iaşe bedelleri sırasıyla 10.000.000 TL., 10.000.000 TL., 16.250.000 TL., 3.750.000 TL.dır. Batarya ve Stinger takımı için günlük iaşe bedeli ortalama 160.000.000 TL.dır.

Yıllık Atış Eğitimi Maliyeti Kısıtı: Bütün askeri birliklerin atış eğitimi için ayrılmış yıllık mühimmat atış payı bulunmaktadır. Hava ve kara hedeflerine atış eğitimi için silahlara tahsis edilen mermi sayısı 40mm.'lik Uçs. Topu için 15, 20mm.'lik Oer. Topu için 56, 35mm.'lik Oer. Topu için 52 adettir. Rakamlar her silahta bir nişancının eğitim yapacağını öngörerek verilmiştir. Stinger Füzesinin yıllık atış payı yoktur. Silahların mühimmat fiyatları sırasıyla 95.750.000 TL., 13.600.000 TL., 28.600.000 TL.'dir. İncelenen diğer silahların TL olarak yıllık atış payları 40 mm.'lik K/M Uçs.Topu için 1.725.000.000 TL., 20 mm.'lik Oer. Topu için 760.000.000 TL., 35 mm.'lik Oer. Topu için 1.500.000.000 TL.'dir. 40mm.'lik K/M

Uçs. Topu ve 20mm.'lik Oer. Topu Bataryalarında 12 adet, 35mm.'lik Oer. Topu Bataryalarında 6 adet silah bulunmaktadır. Silah adetleri ile silah başına ayrılan atış eğitimi maliyetleri çarpılıp ortalaması alınırsa, hava savunma bataryasının yıllık atış eğitimi için mevcut durumda ortalama 13.000.000.000 TL. ayrılabilir.

Kıta Yüğü Mühimmat Maliyeti Kısıtı: TSK'nde her silah için sadece muharebede kullanılmak üzere kıta yüğü mühimmat payı bulunmaktadır. Muharebe destek birliklerinde 40 mm.'lik K/M Uçs.Topu için 720 adet, 20 mm.'lik Oer. Topu için 6000 adet, 35 mm.'lik Oer. Topu için 3300 adet ve Stinger Füzesi için 4 adet mermi kıta yüğü mühimmat olarak ayrılmaktadır. Mermi sayısı ile fiyatlarını çarparak 40 mm.'lik K/M Uçs. Topunun kıta yüğü mühimmatı için 69.000.000.000 TL., 20 mm.'lik Oer. Topu için 81.000.000.000 TL., 35 mm.'lik Oer. Topu için 95.000.000.000 TL. ve Stinger Füzesi için 165.000.000.000 TL. tahsis edildiği görülmektedir. Tugay çapında bir birliğin hava savunma bataryası için kıta yüğü mühimmat alımında kullanılmak üzere ortalama 795.000.000.000 TL., Stinger Takımı ile birlikte ortalama 2.800.000.000.000 TL. tahsis edilmektedir.

Muharebede birliklerin hava savunması tesis edilirken dikkat edilmesi gereken birden fazla hedef vardır. Birinci öncelikli hedef; silah etkinlikleri toplamının mümkün olduğu kadar öngörülen rakamın altına düşmemesidir. Hava savunmasında mevcut şartlarda öngörülen asgari rakam 7,5'tir. Bu orana silahların katkısı 40 mm.'lik K/M Uçs.Topu için 0.146, 20 mm.'lik Oer. Topu için 0.156, 35 mm.'lik Oer. Topu için 0.209 ve Stinger Füzesi için 0.489'dur. Bu sayılar çalışmanın altıncı bölümünde uygulanan Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle hesaplanmıştır. İkinci öncelikli hedef; tugayın savunma hareketinde silahların karşılıklı destek sağlayacak şekilde konuşlandırılmasıdır. Savunmada tugay cephesinin 6 km. olduğu düşünülürse çepeçevre hava savunmasında kapatılacak 24 km.'lik sınır mevcuttur. Tehdidin yönüne ve derecesine göre bir bölgede yoğunluk oluşturulabilir. Bu durumda dahi tehdidin her yönden gelebileceği asla unutulmamalıdır. Hava savunma silahlarının karşılıklı destek mesafeleri sırasıyla 1000m., 1500m., 3000m. ve 3000m.'dir. Silahların karşılıklı destek mesafesinde konuşlandırılması bir bölgenin en az iki hava savunma silahıyla kapatılmasını sağlar. Üçüncü öncelikli hedef; personel sayısının mümkün olduğu kadar azaltılmasıdır. Hava savunma bataryalarında bizzat silah başında görevli asker sayısı 96'dır. Stinger

takımlarındaki 12 timin personeli bu sayıya dahildir. Destek amaçlı kısımlar sayıya dahil edilmemiştir. Silahların mürettebatları sırasıyla 6, 6, 9 ve 2 kişiden oluşur.

Özetle birliklerin hava savunması alınırken ve hava savunma birlikleri teşkil edilirken üç amaç önem kazanır. Bu amaçlar aşağıda açıklanmıştır:

P₁ : Birliklerin hava savunması alınırken herhangi bir şekilde etkinlik standardının altına düşülmemesi.

P₂ : Hava savunma silahlarının mümkün olduğu kadar karşılıklı destek mesafesinde konuşlandırılması ve çepeçevre hava savunmanın tesis edilmesi.

P₃ : Birlikler yeniden yapılandırılırken ilave personele ihtiyaç duyulmayacak şekilde yapılandırılması.

Kısıt denklemlerde sağ taraf sabitleri karar vericinin belirlediği değerlerdir. Kısıt denklemleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Personel harcamalarına ait kısıt 1000 ile sadeleştirilmiş ve TL. olarak ifade edilmiştir.

$$10000X_1 + 10000X_2 + 16250X_3 + 3750X_4 + d_1^- = 160000 \quad (\text{x1000 TL.}) \quad (7.1)$$

Atış eğitimi maliyeti 1000000 ile sadeleştirilmiş ve TL. olarak ifade edilmiştir.

$$1725X_1 + 760X_2 + 1500X_3 + d_2^- = 13000 \quad (\text{x1000000 TL.}) \quad (7.2)$$

Kıta yükü mühimmat maliyeti 1000000000 ile sadeleştirilmiş ve TL. olarak ifade edilmiştir.

$$69X_1 + 82X_2 + 95X_3 + 165X_4 + d_3^- = 2800 \quad (\text{x1000000000 TL.}) \quad (7.3)$$

Burada,

X_1 : 40mm.'lik K/M Uçs. Topu sayısını,

- X_2 : 20mm.'lik Oer. Topu sayısını,
 X_3 : 35mm.'lik Oer. Topu sayısını,
 X_4 : Stinger Füzesi sayısını,
 d_1^- : Personel harcamalarından negatif sapmayı,
 d_2^- : Atış eğitimi maliyetinden negatif sapmayı,
 d_3^- : Kıta yükü mühimmat maliyetinden negatif sapmayı ifade etmektedir.

Etkinliğin Tesisi : Birliklerin hava savunması yeniden oluşturulurken mevcut etkinliğin altına düşülmemesi istenmektedir. Mevcut uygulamada sağlanan ortalama etkinlik 7.5'tir. Bu sayıya 40 mm.'lik K/M Uçs. Bt., 20 mm.'lik Oer. Bt., 35 mm.'lik Oer. Bt.'ndaki silah adetleri ve etkinlik katsayılarının çarpımı ve ortalamasının alınması ile ulaşılmıştır $((12*0,146+12*0,156+6*0,209+12*0,489)\cong 7,5)$. Bu kısıt klasik doğrusal programlamada olduğu gibi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$0,146X_1 + 0,156X_2 + 0,209X_3 + 0,489X_4 \geq 7,5 \quad (7.4)$$

Pozitif ve negatif sapma değişkenleri de dahil edilirse bu kısıt, hedef denklemleri olarak aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$0,146X_1 + 0,156X_2 + 0,209X_3 + 0,489X_4 + d_4^- - d_4^+ = 7,5 \quad (7.5)$$

Burada,

- X_1 : 40mm.'lik K/M Uçs. Topu sayısını,
 X_2 : 20mm.'lik Oer. Topu sayısını,
 X_3 : 35mm.'lik Oer. Topu sayısını,
 X_4 : Stinger Füzesi sayısını,
 d_4^- : Hedeflenen etkinlik değerinden negatif sapmayı,
 d_4^+ : Hedeflenen etkinlik değerinden pozitif sapmayı ifade eder.

Karşılıklı Destek Mesafesinde Hava Savunmasının Tesisi : Hava savunma silahları konuşlandırılırken bölgenin çepeçevre savunmasının alınması ve silahların

karşılıklı destek mesafesinde olması istenir. Böylece her yerin en az iki hava savunma silahı ile ateş altına alınması sağlanır. Tugayın savunmadaki cephesi 6 km.'dir ve çepeçevre savunmada 24 km.'lik bir hattın hava savunması alınmalıdır. Bu kısıt klasik doğrusal programlamada olduğu gibi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$1000X_1 + 1500X_2 + 3000X_3 + 3000X_4 \geq 24000 \quad (7.6)$$

Kısıt 1000 ile sadeleştirilip pozitif ve negatif sapma değişkenleri de dahil edilirse, hedef denklemi olarak aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$X_1 + 1,5X_2 + 3X_3 + 3X_4 + d_5^- - d_5^+ = 24 \quad (7.7)$$

Burada,

X_1 : 40mm.'lik K/M Uçs.Topu sayısını,

X_2 : 20mm.'lik Oer.Topu sayısını,

X_3 : 35mm.'lik Oer.Topu sayısını,

X_4 : Stinger Füzesi sayısını,

d_5^- : Çepeçevre savunulacak mesafeden negatif sapmayı,

d_5^+ : Çepeçevre savunulacak mesafeden pozitif sapmayı ifade eder.

Personel Sayısı : Birliklerin yapısı değiştirilirken ilave maliyet getirmesi arzu edilmez. Bu sebepten ötürü, hava savunma birliklerinin yeni yapısı mevcut personel sayısı ile oluşturulacaktır. Bu kısıt klasik doğrusal programlamada olduğu gibi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$6X_1 + 6X_2 + 9X_3 + 2X_4 \leq 96 \quad (7.8)$$

Pozitif ve negatif sapma değişkenleri de dahil edilirse bu kısıt, hedef denklemi olarak aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$6X_1 + 6X_2 + 9X_3 + 2X_4 + d_6^- - d_6^+ = 96 \quad (7.9)$$

Burada,

X_1 : 40mm.'lik K/M Uçs.Topu sayısını,

X_2 : 20mm.'lik Oer.Topu sayısını,

X_3 : 35mm.'lik Oer.Topu sayısını,

X_4 : Stinger Füzesi sayısını,

d_6^- : Birlikteki görevli personel sayısından negatif sapmayı,

d_6^+ : Birlikteki görevli personel sayısından pozitif sapmayı ifade eder.

Problem, Hedef Programlama yaklaşımı ile çözülebilir ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

7.2. Modelin Kurulması ve Çözümü

Model aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

Amaç fonksiyonu :

$$\text{Min } Z = P_1 d_4^- + P_2 d_5^- + P_3 d_6^+ \quad (7.10)$$

Hedef denklemleri :

$$10000X_1 + 10000X_2 + 16250X_3 + 3750X_4 + d_1^- = 160000 \quad (\text{x1000 TL.})$$

$$1725X_1 + 760X_2 + 1500X_3 + d_2^- = 13000 \quad (\text{x1000000 TL.})$$

$$69X_1 + 81X_2 + 95X_3 + 165X_4 + d_3^- = 2800 \quad (\text{x1000000000 TL.})$$

$$0,146X_1 + 0,156X_2 + 0,209X_3 + 0,489X_4 + d_4^- - d_4^+ = 7,5 \quad (\text{katsayı})$$

$$X_1 + 1,5X_2 + 3X_3 + 3X_4 + d_5^- - d_5^+ = 24 \quad (\text{Km.})$$

$$6X_1 + 6X_2 + 9X_3 + 2X_4 + d_6^- - d_6^+ = 96 \quad (\text{kişi})$$

$$x, d^-, d^+ \geq 0 \quad (7.11)$$

Burada,

- X_1 : 40mm.'lik K/M Uçs.Topu sayısını,
 X_2 : 20mm.'lik Oer.Topu sayısını,
 X_3 : 35mm.'lik Oer.Topu sayısını,
 X_4 : Stinger Füzesi sayısını,
 d_1^- : Personel harcamalarından negatif sapmayı,
 d_2^- : Atış eğitimi maliyetinden negatif sapmayı,
 d_3^- : Kıta yükü mühimmat maliyetinden negatif sapmayı,
 d_4^- : Hedeflenen etkinlik değerinden negatif sapmayı,
 d_4^+ : Hedeflenen etkinlik değerinden pozitif sapmayı,
 d_5^- : Çepeçevre savunulacak mesafeden negatif sapmayı,
 d_5^+ : Çepeçevre savunulacak mesafeden pozitif sapmayı,
 d_6^- : Birlikteki görevli personel sayısından negatif sapmayı,
 d_6^+ : Birlikteki görevli personel sayısından pozitif sapmayı ifade eder.

Modelin bilgisayar programı yardımıyla çözümü aşağıdaki gibi elde edilmiştir [51]:

- X_1 : 0
 X_2 : 0
 X_3 : 0
 X_4 : 17
 d_1^- : 96363
 d_2^- : 13000
 d_3^- : 0
 d_4^- : 0
 d_4^+ : 0,798
 d_5^- : 0

$$\begin{aligned}
d_5^+ & : 26,9 \\
d_6^- & : 62 \\
d_6^+ & : 0
\end{aligned}
\tag{7.12}$$

Modelin QS bilgisayar programı ile çözüm sonuçları Ek C.'de Tablo C.1. – Tablo C.3.'de gösterilmiştir. Lindo bilgisayar programı sonuçları ise Ek D.'de verilmiştir. Çözüm sonunda, hedeflerin tamamına ulaşılmıştır. TSK'nde yeni yapılanmada bütün hava savunma birliklerinde namlulu silahların kaldırılıp Stinger Füzesinin kullanılması gerektiği görüşüne varılmıştır.

7.3. Duyarlılık Analizi

Bilgisayar programı yardımıyla çözüm sonucunda ulaşılan değerler Tablo 7.1.'de gösterilmiştir [51]. Fırsat maliyeti satırdaki değişkenden çözüme bir adet ilave edilmesiyle söz konusu amaç fonksiyonunda meydana gelecek değişimi gösterir. Maksimizasyon amaçlı fonksiyonda azalma, minimizasyon amaçlı fonksiyonda artma olur. Çözüm sonucunda, amaç fonksiyonları sırasıyla, 8.29, 50.9 ve 33.9 değerlerini almıştır.

Tablo 7.1. Modelin çözüm sonuçları

Değişken	Çözüm	Fırsat Maliyeti (1. Amaç F.)	Fırsat Maliyeti (2. Amaç F.)	Fırsat Maliyeti (3. Amaç F.)
X_1	0	+0,05849092	+0,25454551	+5,1366372
X_2	0	+0,08405455	-0,02727263	+5,0181818
X_3	0	+ 0,07254544	-1,2727271	+7,8484855
X_4	16,969696	0	0	0

Çözüm sonucunda ulaşılan amaç fonksiyonları değerleri aşağıda ifade edilmiştir:

Birinci Öncelikli Amaç Fonksiyonu Değeri : 8.298

İkinci Öncelikli Amaç Fonksiyonu Değeri : 50.909

Üçüncü Öncelikli Amaç Fonksiyonu Değeri : 33.939

Tablo 7.2.'de modele ait değişkenlerin amaç fonksiyonu katsayılarının duyarlılık analizi görülmektedir. Temel değişkenlerin fırsat maliyeti yoktur. Temel olmayan değişkenlerin fırsat maliyeti vardır. Maksimizasyon amaçlı problemlerde bir birim temel olmayan değişkenin çözüme girmesi, amaç fonksiyonunun değerini bu değişkenin fırsat maliyeti kadar azaltır. Minimizasyon amaçlı problemlerde tersi geçerlidir.

Tablo 7.2. Modeldeki teknolojik katsayıların analizi

Değişken	Öncelik Seviyesi	Fırsat Maliyeti	Çözümdeki Katsayı	Katsayının Min. Değeri	Katsayının Maks. Değeri
X ₁	1	+ 0,05849092	+0,14600000	- Sonsuz	+0,20449092
X ₂	1	+0,08405455	+0,15600000	- Sonsuz	+0,24005455
X ₃	1	+0,07254544	+0,20900000	- Sonsuz	+0,28154546
X ₄	1	0	+0,48899999	+0,36300004	+ Sonsuz
X ₁	2	+0,25454551	+1,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₂	2	-0,02727263	+1,50000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₃	2	-1,2727271	+3,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₄	2	0	+3,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₁	3	+5,1636372	+6,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₂	3	+5,0181818	+ 6,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₃	3	+ 7,8484855	+9,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz
X ₄	3	0	+2,00000000	- Sonsuz	+ Sonsuz

Tablo 7.3.'de modeldeki sağ taraf sabitlerinin analizi görülmektedir. Bol kaynak, kısıt ile ifade edilen kaynağın tamamıyla kullanılmadığını gösterir. Kıt

Tablo 7.3. Modeldeki sağ taraf sabitlerinin analizi

Kıst	Kaynak Durumu	Sağ Taraf Sabiti	Gölge Fiyat (1. Amaç F.)	Gölge Fiyat (2. Amaç F.)	Gölge Fiyat (3. Amaç F.)	Athl Kapasite	Min. Sağ Taraf Sabiti	Maks. Sağ Taraf Sabiti
1	Bol	$\leq +160000,0$	0	0	0	+96363,633	63636,367	+ Sonsuz
2	Bol	$\leq +13000,00$	0	0	0	+13000,000	0	+ Sonsuz
3	Kıt	$\leq +2800,000$	+0,00294545	+0,01818182	-0,01212121	0	+2530,6748	+7040,0000
4	Bol	$\geq +7,500000$	0	0	0	+0,7981817	- Sonsuz	+8,2981815
5	Bol	$\geq +24,00000$	0	0	0	+26,909090	- Sonsuz	+50,909888
6	Bol	$\leq +96,00000$	0	0	0	+62,060608	+33,939392	+ Sonsuz

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde problemlerin iki temel özelliğinden; yapılarında birden çok amaç taşımaları ve problemin tanımlanmasında insan unsurundan kaynaklanan belirsizliklerin olmasından bahsedilir. Ayrıca, problemlerin nasıl çözüleceğine karar verilmesi ve sonuçların yorumlanması insan hayatında çok önemli yer tutar.

Günümüz koşullarında özellikle maliyetlerin milyar dolarla ifade edildiği ortamda TSK de üzerine düşeni yapmak için yeni bir yapılanmaya yönelmiştir. Amaç, küçük ama ateş gücü yüksek birlikler oluşturmaktır. Kara Kuvvetleri bünyesinde hava savunma sınıfının görevini daha etkin bir şekilde yerine getirebilmesi için 1997 yılı itibariyle sınıf, topçu sınıfından ayrılmıştır. Bir yıl sonra İstanbul'da sınıf okulu kurulmuş ve süratle mevcut kaynaklarla sınıfın daha etkin kılınması çalışmaları başlamıştır. Yine, bugünün koşullarına ve teknolojisine uygun silah sistemlerinin seçimi ve bataryaların yeniden yapılandırılması öncelikli hedefler arasındadır.

Bu çalışmada, "Türk Silahlı Kuvvetlerinde Hava Savunma Silahlarının Etkinliğinin Belirlenmesi ve Hava Savunma Bataryasının Yeniden Yapılandırılması" problemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Hedef Programlama Yaklaşımı ile çözülmeye çalışılmıştır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile silah etkinliklerinin belirlenmesi problemi, hiçbir kriter göz ardı edilmeksizin bütün yönleriyle ele alınmış, hiyerarşik yapının kurulmasıyla bir sistem dahilinde modellendirilmiş, alt seviyesindeki kriter veya kriterlerin bir üst kritere, dolayısıyla ana amaca olan katkıları ayrı ayrı ölçülebilmektedir.

Probleme etki eden kriterler, konunun uzmanları tarafından belirtilen görüşler neticesinde araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Kriterlerin birbirleriyle ayrı ayrı karşılaştırılmaları suretiyle ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Matris, bir anket çalışması ile konu üzerinde görüş bildirecek kişiler tarafından doldurulmuştur.

Bu sayede, problemin kriterlerine ait görelî ağırlıklar bir grup tarafından tespit edilmiş ve öznellik önlenmeye çalışılmıştır.

Silah sistemlerinin geliştirilmesi veya seçilmesi kesinlikle bilimsel bir yöntemle ele alınmalıdır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, problemleri top yekûn ele alması, her kriterin ana amaca katkılarını ayrı ayrı değerlendirmesi, grupça karar almaya elverişli olması yönüyle çok tercih edilen bir karar verme metodudur. Bu özellikleriyle Analitik Hiyerarşi Yöntemi, bu çeşit problemlerin çözümü için çok uygundur. Bu nedenlerle, “Türk Silahlı Kuvvetlerinde Hava Savunma Silahlarının Etkinliğinin Belirlenmesi” probleminin, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile incelenmesi uygun görülmüştür.

Hava savunma silahlarının etkinliğinin belirlenmesi çalışması, sonuçlarının kullanılması ile doğru orantılı olarak faydalı olacaktır. Silah etkinlikleri belirlendikten sonra sonuçlara göre etkili silahları kullanan yeni bir batarya yapısının oluşturulması amaçlanmıştır.

Hedef Programlama Yöntemi, sıra veya derece gösteren bir çözüm yaklaşımıdır. Yeniden yapılanma esnasında birbiri ile çelişen, önem derecelerinin sadece sözel olarak ifade edilebildiği üç hedefimiz bulunmaktadır. Hedeflerimiz, yeni yapılanma ile mevcut etkinliğin altına düşülmemesi, muharebe sahasında emrinde olunan birliğin çepeçevre hava savunmasının alınması ve tüm bu işlerin bataryadaki mevcut personel ile yapılmasıdır. Çözümün Hedef Programlama ile yapılması, hedeflerin ağırlık belirtilmeden sadece sözel olarak ifade edilmesiyle sonuca ulaşmayı olanaklı kılmıştır. Hedef Programlama ayrıca anlaşılabilir ve doğrusal programlama yöntemleriyle de çözülebilir bir yaklaşımdır. Bu sebeple model, doğrusal programlama modeli olarak da çözülmüş ve aynı sonuca ulaşılmıştır.

Yeni yapılanmaya giderken süreklilik arz edecek ilave personel, malzeme, yıllık eğitim ve bakım maliyeti, tesis vb. hususlarda istek yapılmaması temel ilke olarak kabul edilmiştir. Bu, yeni yapılanmanın sadece başlangıçta bir ilk maliyet gerektirebileceği, fakat sonraki yıllarda hava savunma sınıfına ilave bir kaynak tahsisine ihtiyaç duyulmayacağı anlamına gelmektedir. Modelin kurulup çözülmesi sonucunda başlangıç maliyetinin de gerekmediği, yıllık giderden sağlanan tasarrufla yapılanmanın finanse edilebileceği görülmüştür. Yapılanmanın TSK'nin görevini

tehlikeye düşürmeden, hangi bölgelerde ve hangi aralıklarla yapılması gerektiği ayrı bir araştırma konusudur.

Çalışma, 2000 yılı içerisinde konusunda uzman subay ve astsubayların meslek yaşamları boyunca kazandıkları tecrübelerini ifade etmeleri ve bunların bilimsel yöntemlerle gelecekteki kararları almada kullanılmasını içermektedir. Çalışmanın sonucunun doğruluğunu, endüstri alanında 2000 yılı verileri ile 2001 yılı tahminleri yapılan bir çalışma gibi kanıtlamak imkanı mevcut şartlarda oldukça zordur. Çalışmanın doğruluğunu, TSK'nın Aselsan gibi savunma sanayiindeki şirketlerle yürüttüğü projeler ve sınıf okullarının muharebe araştırma ve geliştirme laboratuvarlarında görevli personelin görüşleri ispatlayabilir. Günümüzde Aselsan ve TSK tarafından ortaklaşa yürütülen, Stinger Füze Sisteminin ileri versiyonu olan Kundağa Monteli Stinger Füze Sistemi (KMS) üzerindeki çalışmalar süratle devam etmektedir. Atılgan, Kara Kuvvetleri , Zıpkın ise Deniz Kuvvetleri için düşünülen füze sistemidir.

Yeni yapılanma, namlulu silahların tamamıyla terk edilmesini ve düşmanı sorgulama özelliğine sahip füzelere geçilmesini öngörmektedir. Bazı kişilerin, tamamıyla füze sistemine geçmenin doğru olmayacağını dile getirmeleri olasılık dahilindedir. Bu görüşün dayanak noktası, lançerli silahların yani füzelerin hedef tarafından hedefe varmadan rotasından saptırılabilceği gerçeğidir. Namlulu silahların mermileri hedefe kinetik enerji ile ulaştıklarından, karşı sistemlerle engellenmeleri mümkün değildir. Fakat, uçak ve helikopterlerdeki bu özelliğe karşı füzelerin de karşı koyma özellikleri daima yenilenmektedir ve bu engellemeyi aşabilecek seviyededir. Hava araçlarındaki bu özelliğin etkisi sürekli arttırılırken füzelerdeki sistemin yenilenmeyeceğini düşünmek akılcı bir davranış değildir.

Yeni yapısı ile hava savunma birlikleri görevlerini daha etkin biçimde yerine getirebilecek ve uzun vadede maliyetlerini azaltacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Öztürk, A., 1980. Yönetici Kararlarında Leontief Modeli, B.İ.T.İ.A., n.41, Kalite Matbaası, Ankara.
- [2] Barish, N.N. and Kaplan, S., 1978. Economic Analysis for Engineering and Managerial Decision Making, Mc.Graw-Hill.
- [3] Öztürk, A., 1997. Yöneylem Araştırması, 5.Baskı, Ekin Kitap Evi, Bursa.
- [4] Halaç, O., 1983. Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması), 2.Baskı, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- [5] Can, H. ve Tecer, M., 1978. İşletme Yönetimi, Türkiye ve Ortadoğu Amme İdaresi Enstitüsü, Ankara.
- [6] Benjamin, C.O., Ehie, I.C. and Omurtag, Y., 1989. An Integrated Multi-Objective Decision Model for Facilities Planning in an Academic Environment, University of Missouri-Rolla, *Southeast Missouri State University, Working Paper Series*, 89, 21-24.
- [7] Evren, R. ve Ülengin, F., 1992. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [8] Gordon, G., Pressman, I., Cohn, S., 1990, Quantitative Decision Making for Business, Prentice-Hall, Inc., U.S.
- [9] Ignizio, J.P., 1985. Introduction to Linear Goal Programming, The Pennsylvania State University, Sage Publications Inc.
- [10] Zeleny, M., 1982. Multiple Criteria Decision Making, Mc Graw Hill Book Company, New York.

- [11] Reeves, G.R. and Hedin, S.R., 1993. A Generalised Interactive Goal Programming Procedure, *Computers&Operations Research*, **20**, 747-753.
- [12] Masud, A.S. and Hwang, C.L., 1981. Interactive Sequential Goal Programming, *Journal of Operational Research Society*, **32**, 391-400.
- [13] Kevin, Y.K., 1992. A Multi Criteria Optimisation Approach to Aircraft Loading, *Operations Research*, **40**, 1200-1205.
- [14] Mylopoulos, J., Chung, L. and Yu, E., 1999. From Object-Oriented to Goal-Programming Requirements Analysis, *Communucations of the ACM*, **42**, 31.
- [15] Schniederjans, M.J. and Hong, S., 1996. Multiobjective Concurrent Engineering: A Goal Programming Approach, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **43**, 202-210.
- [16] Alidi, A.S. and Al-Faraj, T.N., 1994. Goal Programming Model for Distributing and Blending Desalinized Water, *Journal of Water Resources Planning and Management*, **120**, 267-276.
- [17] Mao, N. and Mays, L.W., 1994. Goal Programming Models for Determining Freshwater Inflows to Estuaries, *Journal of Water Resources Planning And Management*, **120**, 316-330.
- [18] Moro, L.M. and Ramos, A., 1999. Goal Programming Approach to Maintenance Scheduling of Generating Units in Large Scale Power Systems, **14**, 1021-1029.
- [19] Schniederjans, M.J., Zorn, T.S. and Johnson, R.R., 1993. Allocation Total Wealth: A Goal Programming Approach, *Computers&Operations Research*, **20**, 679-685.
- [20] Kumar, P.C., Philippatos, G.C. and Ezzell, J.R., 1978. Goal Programming and the Selection of Portfolios by Dual Purpose Funds, *Journal of Finance*, **33**, 303-310.

- [21] **Santhanam, R. and Kyparisis, J.**, 1995. A Multiple Criteria Decision Model for Information System Project Selection, *Computers&Operations Research*, **22**, 807-818.
- [22] **Kubatoğlu, M. B.**, 1998. Havaalanlarında Yer Hizmeti Veren Bir Firma İçin Hedef Programlama Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [23] **Saaty, T. L.**, 1990. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.
- [24] **Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992. Yönetimde Karar Verme, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [25] **Saaty, T.L.**, 1994. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh.
- [26] **Saaty, T.L.**, 1989. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.
- [27] **Erkiletlioğlu, A.**, 2000. Askeri Lojistik Politikalarının Belirlenmesinde Analitik Şebeke Yöntemi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] **Kahraman, H.**, 2000. Türk Silahlı Kuvvetlerinde Piyade Tüfegi Seçimi İçin Bulanık Karar Ortamında AHY'nin Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] **Uzun, G.**, 2000. Integrated Approaches for Determining The Turkish Naval Force Stucture by Using the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Methods, *M.S. Thesis*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] **Chen, S.**, 1996. A New Method for Evaluating Weapon Systems Using Fuzzy Set Theory, *IEEE Transactions On Systems Mans, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, **26**, 493-497.
- [31] **Barbarosoğlu, G. and Pinhas, D.**, 1995. Capital Rationing in the Public Sector Using the Analytic Hierarchy Process, *Engineering Economist*, **40**, 315-342.

- [32] Dyer, R.H., Forman, E.H. and Mustafa, M.A., 1992. Decision Support for Media Selection Using the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Advertising*, **21**, 59-73.
- [33] Park, Y.H., Park, E.H. and Ntuen, C.A., 1994. Pc Selection for a University Computer Center :A Multiple Criteria Decision Analysis Approach, *Proceedings of 16th International Conference on Computers&Industrial Engineering*, March 7-9, 544-547.
- [34] Partovi, F.Y., 1999. A Quality Function Deployment Approach to Strategic Capital Budgeting, *Engineering Economist*, **44**, 239.
- [35] Boucher, T.O., Gogus, O. and Wicks, E.M., 1997. A Comparison Between Two Multiattribute Decision Methodologies Used in Capital Investment Decision Analysis, *Engineering Economist*, **42**, 179-202.
- [36] Bender, A., Din, A., Favarger, P., Hoesli, M. and Laakso, J., 1997. An Analysis of Perceptions Concerning the Environmental Quality of Housing in Geneva, *Urban Studies*, **34**, 503-514.
- [37] Mollaghasemi, M., Edwards, J.P. and Gupta, U., 1995. A Multiple Criteria Buy Versus Lease Analysis for Government Contracts, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **42**, 278-288.
- [38] Carlson, C. and Walden, P., 1995. AHP in Political Group Decisions: A Study in the Art of Possibilities, *Interfaces*, **25**, 14-29.
- [39] Armacost, R.L., Compton, P.J., Mullens, M.A. and Swart, W.W., 1994. An AHP Framework for Prioritizing Customer Requirements in QFD: An Industrialized Housing Application, *IIE Transactions*, **26**, 72-80.
- [40] Carter, W.K., 1992. To Invest in Technology or Not? New Tools for Making the Decision, *Journal of Accountancy*, **173**, 58-63.
- [41] Singh, D.K. and Evans, R.P., 1993. Effective Benchmarking: Taking the Effective Approach, *Industrial Engineering*, **25**, 22-25.

- [42] Skibniewski, M. and Chao, L.C., 1992. Evaluation of Advanced Construction Technology with AHP Method, *Journal of Construction Engineering and Management*, **118**, 557-594.
- [43] Boucher, T.O. and MacStravic, E.L., 1991. Multiattribute Evaluation within a Present Value Framework and its Relation to Analytic Hierarchy Process, *Engineering Economist*, **37**, 1-32.
- [44] Ülengin, F. and Ülengin, B., 1994. Forecasting Foreign Exchange Rates: A Comparative Evaluation of AHP, *Omega. Int. J. Sci.*, **22**, 505-519.
- [45] Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 1987. Hava Savunma Topçusunun Kullanılması (KKT.44-1), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- [46] Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 1987. 40mm.'lik Çift Namlulu M42 Kundağı Motorlu Uçaksavar Topunun Çalıştırılması ve Birlik Bakımı, Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- [47] Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 1996. 20mm.'lik Uçaksavar Topu Malzeme ve Hizmet Talimnamesi (KKT. 44-60-3), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- [48] Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 1997. 35mm.lik Oerlikon Hava Savunma Topu Personeli Eğitim Kılavuzu (TEK. 44-03), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- [49] Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 1987. Hava Savunmasında Stinger'in Kullanılması (KKT. 44-18), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- [50] Expert Choice For Windows User Manual, (Version 9.0) 1986.
- [51] Quant Systems User Manual, (Version 2.0).

EKLER

EK A. AHY Modelindeki Silah Kriterlerinin Uzman Kişilerce Belirlenmesi Çalışması	90
EK B. Silahların Belirlenen Kriterlere Göre İkili Karşılaştırılmaları	112
EK C. QS 2.0 Bilgisayar Programı Çözüm Sonuçları	139
EK D. Modelin Lindo Çözüm Sonuçları	142

EK A. AHY MODELİNDEKİ SİLAH KRİTERLERİNİN UZMAN KİŞİLERCE BELİRLENMESİ ÇALIŞMASI

Tablo A.1. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynklğı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Klylğı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	5	7	1/5	1/9	1/7	9	1/9	1/9
Silahın Basitliği	1/5	1	1/7	1/7	1/7	1/9	5	1/3	1/5
Silahın Dayanıklılığı	1/7	7	1	1/7	1/5	1/7	9	1/9	1/9
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	5	7	7	1	9	1/9	9	1/9	9
Silahın Ergonomisi	9	7	5	1/9	1	1/9	9	1/9	1/9
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	7	9	7	9	9	1	9	1/9	1/9
Silahın Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/9	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1/9	1/9
Silahın Bakım Kolaylığı	9	3	9	9	9	9	9	1	1/9
Yedek Parça Temin Kolaylığı	9	5	9	1/9	9	9	9	9	1
önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara de									

Tablo A.2. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Klylğı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	9	1/9	1/7	1/5	3	1/7	1/9	1/9
Silahın Basitliği	1/9	1	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1
Silahın Dayanıklılığı	9	7	1	1	3	1/3	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	7	7	1	1	1/3	1/9	1	1/3	1/5
Silahın Ergonomisi	5	7	1/3	3	1	1	1	1/3	1
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	1/3	7	3	9	1	1	5	5	1/7
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	7	7	1	1	1	1/5	1	1	1/3
Silahın Bakım Kolaylığı	9	1	1	3	3	1/5	1	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	9	1	1	5	1	7	3	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.3. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	1	5	3	3	1/3	1/3	1/3	1/2
Silahın Basitliği	1	1	1/2	1/3	2	5	1/3	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1/5	2	1	1/4	1	1/4	1/5	1/6	1/3
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/3	3	4	1	3	1/2	1/2	1	1
Silahın Ergonomisi	1/3	1/2	1	1/3	1	1/4	1/2	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	3	1/5	4	2	4	1	2	4	4
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	3	3	5	2	2	1/2	1	1	1
Silahın Bakım Kolaylığı	3	1	6	1	1	1/4	1	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	2	1	3	1	1	1/4	1	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.4. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.İmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	9	1/5	1	1	1/9	1	1	1/9
Silahın Basitliği	1/9	1	1	1/7	1/7	1/9	1	1	1
Silahın Dayanıklılığı	5	1	1	1	1	1/7	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1	7	1	1	1	1	1	1	1/7
Silahın Ergonomisi	1	7	1	1	1	1/3	1	1	1/3
Silahın Geliştirilme Yeteneği	9	9	7	1	3	1	3	1	1
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1	1	1	1	1	1/3	1	1	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	9	1	1	7	3		1	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.5. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	X	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özellığı	Silahın Erg.	Gıştrl. Yteneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil		1	1/7	7	1/5	5	3	1	3	1
Silahın Basitliği		7	1	5	1/4	5	1/7	1/5	7	1/6
Silahın Dayanıklılığı		1/7	1/5	1	1/5	4	1/6	1/5	1	1/3
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özellığı		5	4	5	1	5	1/3	1	3	1/3
Silahın Ergonomisi		1/5	1/4	1/4	1/5	1	1/9	1/7	1/7	1/7
Silahın Geliştirilme Yeteneğı		1/3	7	6	3	9	1	1/7	1/6	1/9
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı		1	5	5	1	7	7	1	5	1
Silahın Bakım Kolaylığı		1/3	1/7	1	1/3	7	6	1/5	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı		1	6	3	3	7	9	1	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler										

Tablo A.6. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	1	1	7	9	1/9	1/9	1	1
Silahın Basitliği	1	1	1	3	7	1/9	1/9	7	1/7
Silahın Dayanıklılığı	1	1	1	1	9	1	1	1	1/5
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1/7	1/3	1	1	7	1/9	1	3	1/5
Silahın Ergonomisi	1/9	1/7	1/9	1/7	1	1/7	1/5	1/3	1/9
Silahın Geliştirilme Yeteneği	9	9	1	9	7	1	7	6	2
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	9	9	1	1	5	1/7	1	5	1/7
Silahın Bakım Kolaylığı	1	1/7	1	1/3	3	1/6	1/5	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1	7	5	5	9	1/2	7	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.7. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özellili	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylılı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	7	1/5	9	9	1/7	1/5	1	1/2
Silahın Basitlili	1/7	1	1/5	1	1	1/9	1	1	1/7
Silahın Dayanıklılığı	5	5	1	1	5	1/9	1/3	1	1/5
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özellili	1/9	1	1	1	5	1	1	5	1/5
Silahın Ergonomisi	1/9	1	1/5	1/5	1	1/9	1/9	1/5	1/9
Silahın Geliştirilme Yeteneği	7	9	9	1	9	1	1	1/7	1/8
Silah Ağırlılığı ve Hareket İmkanı	5	1	3	1	9	1	1	1/2	1
Silahın Bakım Kolaylılı	1	1	1	1/5	5	7	2	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylılı	2	7	5	5	9	8	1	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.8. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	9	1/7	4	4	5	1/7	1/6	6
Silahın Basitliği	1/9	1	1/8	1	4	1/9	1/8	1/6	1/5
Silahın Dayanıklılığı	7	8	1	6	9	1	1	7	6
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1/4	1	1/6	1	5	3	1/7	6	1/4
Silahın Ergonomisi	1/4	1/4	1/9	1/5	1	1/4	1/7	1/5	1/5
Silahın Geliştirilme Yeteneği	1/5	9	1	1/3	4	1	6	6	1
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	7	8	1	7	7	1/6	1	3	3
Silahın Bakım Kolaylığı	6	6	1/7	1/6	5	1/6	1/3	1	1/5
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/6	5	1/6	4	5	1	1/3	5	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.9. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	5	3	5	7	7	1/5	5	1/9
Silahın Basitliği	1/5	1	1/5	1/7	5	1/3	1/7	1/9	1/9
Silahın Dayanıklılığı	1/3	5	1	7	9	3	1/7	1/5	1/9
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/5	7	1/7	1	7	7	1/9	1/9	1/9
Silahın Ergonomisi	1/7	1/5	1/9	1/7	1	3	1/7	1/9	1/9
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	1/7	3	1/3	1/7	1/3	1	1/7	1/9	1/9
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	5	7	7	9	7	7	1	5	3
Silahın Bakım Kolaylığı	1/5	9	5	9	9	9	1/5	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	9	9	9	9	9	9	1/3	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.10. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	7	5	7	9	9	7	5	7
Silahın Basitliği	1/7	1	1/5	3	7	1/3	3	5	5
Silahın Dayanıklılığı	1/5	5	1	1	5	3	7	3	3
Diğer Sis. Birikte Çalış. Özelliği	1/7	1/3	1	1	3	1	3	1	1
Silahın Ergonomisi	1/9	1/7	1/5	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3
Silahın Geliştirilme Yeteneği	1/9	3	1/3	1	3	1	5	3	3
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/7	1/3	1/7	1/3	1	1/5	1	1/3	1/3
Silahın Bakım Kolaylığı	1/5	1/5	1/3	1	3	1/3	3	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/7	1/5	1/3	1	3	1/3	3	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.11. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynklğı.	Bir.Çlş. Özelliğı	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	1/3	5	5	5	1/7	1/5	3	3
Silahın Basitliği	3	1	1/3	3	3	1/7	1/5	3	3
Silahın Dayanıklılığı	1/5	3	1	3	3	1/5	1/3	3	3
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1/7	1/3	1/3
Silahın Ergonomisi	1/5	1/3	1/3	5	1	1/5	1/3	1/3	1/3
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	7	7	5	5	5	1	3	3	3
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	5	5	3	7	3	1/3	1	7	5
Silahın Bakım Kolaylığı	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	1/7	1	3
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	1/5	1/3	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.12. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	3	1	1/5	1	1/5	1	1	3
Silahın Basitliği	1/3	1	1	1/5	1	1/3	1/3	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	5	5	1	1	3	1	1	1	1
Silahın Ergonomisi	1	1	1	1/3	1	1/3	1/5	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneği	5	3	3	1	3	1	1/3	1	1
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1	3	3	1	5	3	1	5	5
Silahın Bakım Kolaylığı	1	1	1	1	1	1	1/5	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/3	1	1	1	1	1	1/5	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.13. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynklğı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	9	5	5	9	1	5	5	5
Silahın Basitliği	1/9	1	5	1	9	1	3	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1/5	1/5	1	1	5	1	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/5	1	1	1	9	1	9	9	9
Silahın Ergonomisi	1/9	1/9	1/5	1/9	1	1	1	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	1	1	1	1	1	1	8	9	7
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/5	1/3	1	1/9	1	1/8	1	1	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1/5	1	1	1/9	1	1/9	1	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/5	1	1	1/9	1	1/7	1	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.14. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Klylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	5	5	5	9	1	5	5	5
Silahın Basitliği	1/5	1	1	1	1	1	1	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1/5	1	1	1	5	1	1	3	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1/5	1	1	1	9	5	1	3	7
Silahın Ergonomisi	1/9	1	1/5	1/9	1	1	1	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneği	1	1	1	1/5	1	1	5	7	7
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/5	1	1	1	1	1/5	1	3	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1/5	1	1/3	1/3	1	1/7	1/3	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/5	1	1	1/7	1	1/7	1	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.15. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	X	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılığı.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil		1	1/4	1	3	1/3	1/5	1/3	1/3	2
Silahın Basitliği		4	1	1	1	1	1/4	1/2	1	2
Silahın Dayanıklılığı		1	1	1	2	1/2	1/2	1	1	1
Diğer Sis. Birikte Çalış. Özelliği		1/3	1	1/2	1	1/3	1/5	1/6	1/4	1/2
Silahın Ergonomisi		3	1	2	3	1	1	1/2	1	1/2
Silahın Geliştirilme Yeteneği		5	4	2	5	1	1	1/2	1/2	3
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı		3	2	1	6	2	2	1	4	3
Silahın Bakım Kolaylığı		3	1	1	4	1	2	1/4	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı		1/2	1/2	1	2	2	1/3	1/3	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler										

Tablo A.16. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	4	6	3	9	1	5	4	5
Silahın Basitliği	1/4	1	1	1	1	1	1	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1/6	1	1	1	5	1	1	3	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1/3	1	1	1	8	5	1	3	7
Silahın Ergonomisi	1/9	1	1/5	1/8	1	1	1	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneği	1	1	1	1/5	1	1	4	6	7
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/5	1	1	1	1	1/4	1	3	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1/4	1	1/3	1/3	1	1/6	1/3	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/5	1	1	1/7	1	1/7	1	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.17. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	9	5	6	9	1	5	5	5
Silahın Basitliği	1/9	1	5	1	9	1	3	1	1
Silahın Dayanıklılığı	1/5	1/5	1	1	5	1	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği	1/6	1	1	1	8	1	9	9	9
Silahın Ergonomisi	1/9	1/9	1/5	1/8	1	1	1	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneği	1	1	1	1	1	1	8	7	7
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1/5	1/3	1	1/9	1	1/8	1	1	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1/5	1	1	1/9	1	1/7	1	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/5	1	1	1/9	1	1/7	1	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.18. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.İmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	1/3	5	5	5	1/7	1/5	3	3
Silahın Basitliği	3	1	1/4	3	3	1/8	1/5	3	3
Silahın Dayanıklılığı	1/5	4	1	3	3	1/5	1/2	3	3
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1/7	1/3	1/3
Silahın Ergonomisi	1/5	1/3	1/3	5	1	1/5	1/3	1/3	1/3
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	7	8	5	5	5	1	3	3	3
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	5	5	2	7	3	1/3	1	6	5
Silahın Bakım Kolaylığı	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	1/6	1	3
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	1/5	1/3	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.19. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	X	Etkili Menzil	Silahın Bastitlığı	Silahın Dynkılığı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil		1	2	1	1/4	1	1/5	1	1	3
Silahın Bastitlığı		1/2	1	1	1/6	1	1/3	1/3	1	1
Silahın Dayanıklılığı		1	1	1	1	1	1/2	1/3	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı		4	6	1	1	2	1	1	1	1
Silahın Ergonomisi		1	1	1	1/3	1	1/4	1/5	1	1
Silahın Geliştirilme Yeteneğı		5	3	3	1	4	1	1/3	1	1
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı		1	3	3	1	5	3	1	4	6
Silahın Bakım Kolaylığı		1	1	1	1	1	1	1/4	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı		1/3	1	1	1	1	1	1/6	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler										

Tablo A.20. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	X	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkliği.	Bir.Çış. Özelliği	Silahın Erg.	Gıştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil		1	1/4	1	2	1/3	1/5	1/3	1/3	2
Silahın Basitliği		4	1	1	1	1	1/4	1/2	1	2
Silahın Dayanıklılığı		1	1	1	2	1/2	1/2	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliği		1/2	1	1/2	1	1/3	1/5	1/6	1/4	1/2
Silahın Ergonomisi		3	1	2	3	1	1	1/3	1	1/2
Silahın Geliştirilme Yeteneği		5	4	2	5	1	1	1/2	1/3	3
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı		3	2	1	6	3	2	1	5	3
Silahın Bakım Kolaylığı		3	1	1	4	1	3	1/5	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı		1/2	1/2	1	2	2	1/3	1/3	1	1
1: Eşit önemli 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemli 7: Çok kuvvetli derecede önemli 9: Tamamıyla önemli 2,4,6,8: Ara dereceler										

Tablo A.21. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenmesinde uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı	Bir.Çış. Özellili	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneği.	Ağırlık Hrk.lmk.	Bakım Kılığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	1/3	1	3	1/3	1/4	1/3	1/3	3
Silahın Basitliği	3	1	1	1	1	1/5	1/2	1	2
Silahın Dayanıklılığı	1	1	1	2	1/2	1/2	1	1	1
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özellili	1/3	1	1/2	1	1/3	1/5	1/6	1/4	1/2
Silahın Ergonomisi	3	1	2	3	1	1	1/2	1	1/2
Silahın Geliştirilme Yeteneği	4	5	2	5	1	1	1/3	1/2	3
Silah Ağırlılığı ve Hareket İmkanı	3	2	1	6	2	3	1	4	3
Silahın Bakım Kolaylığı	3	1	1	4	1	2	1/4	1	1
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1/3	1/2	1	2	2	1/3	1/3	1	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

Tablo A.22. AHY yardımıyla silah seçim kriterlerinin belirlenen puanlarının geometrik ortalamaları

Y'nin X'e göre önemi nedir? Y	Etkili Menzil	Silahın Basitliği	Silahın Dynkılı.	Bir.Çış. Özelliğı	Silahın Erg.	Glştrl. Ytneğı.	Ağırlık Hrk.İmk.	Bakım Kıylığı.	Ydk. P. Tmn. K.
Etkili Menzil	1	2,3	1,5	1,9	2,5	1/1,2	1/1,5	1/1,1	1
Silahın Basitliği	1/2,3	1	1/1,9	1/1,8	1,6	1/3,8	1/2	1,1	1/1,7
Silahın Dayanıklılığı	1/1,5	1,9	1	1	2,6	1/2,2	1/1,3	1	1/1,5
Diğer Sis. Birlikte Çalış. Özelliğı	1/1,9	1,8	1	1	2,7	1/1,8	1/1,2	1,1	1/1,6
Silahın Ergonomisi	1/2,5	1/1,6	1/2,6	1/2,7	1	1/2,9	1/2,2	1/2,5	1/3
Silahın Geliştirilme Yeteneğı	1,2	3,8	2,2	1,8	2,9	1	2	1,3	1/1,1
Silah Ağırlığı ve Hareket İmkanı	1,5	2	1,3	1,2	2,2	1/2	1	1,7	1
Silahın Bakım Kolaylığı	1,1	1/1,1	1	1/1,1	2,5	1/1,3	1/1,7	1	1/1,2
Yedek Parça Temin Kolaylığı	1	1,7	1,5	1,6	3	1,1	1	1,2	1
1: Eşit önemi 3: Biraz daha fazla 5: Kuvvetli derecede önemi 7: Çok kuvvetli derecede önemi 9: Tamamıyla önemi 2,4,6,8: Ara dereceler									

EK B. SİLAHLARIN BELİRLENEN KRİTERLERE GÖRE İKİLİ KARŞILAŞTIRILMALARI

Tablo B.1. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Etkili Menzil		X									Y									X'den daha önemlidir.									Y																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	5

Tablo B.2. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Etkili Menzil		X Y'den daha önemlidir.									Y X'den daha önemlidir.																	
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	5	6	7	Çok Kuv. Der. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	5	6	7	Çok Kuv. Der. Önemli	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																											
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											

Tablo B.5. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Basitliği		X									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	Tamamıyla Önemli								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu										X	X																
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu										X	X	X															
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi										X	X	X	X														
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu												X	X	X													
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi												X	X	X	X												
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi														X	X	X	X										

Tablo B.6. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Basitliği		X									Y														
		Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.														
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	1	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																								
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																								
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																								
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																								
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																								
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																								

Tablo B.7. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Dayanıklılığı		X						Y					
X	Y	Tamamıyla Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli		Der. Önemli	Kuvvetli	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	1	Tamamıyla Önemli
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu												
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu												
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi												
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu												
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi												
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi												

Tablo B.8. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Dayanıklılığı		X									Y								
X	Y	Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.								
		Tamamıyla Önemli	8	7	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	Kuvvetli Der. Önemli	6	Çok Kuv. Der. Önemli	8	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.9. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Dayanıklılığı		X									Y								
X	Y	Tamamıyla Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	1	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	Tamamıyla Önemli
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.10. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Diğer Sis. Birlikte Çalışılma Ö.		X									Y								
		Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	3	4	5	6	7	8	Tamamıyla Önemli
		9																	
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.1.1. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Diğer Sis. Birlikte Çalışabilme Ö.	X	Y'den daha önemlidir.									Y								
		Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	3	2	1	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	5	6	7	8	Tamamıyla Önemli
X	Y																		
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.12. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

[illegible]

Tablo B.13. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Ergonomisi		X									Y								
		Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	2	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	Kuvvetli Der. Önemli	6	Çok Kuv. Der. Önemli	8	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.14. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Ergonomisi		X									Y								
X	Y	Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.								
		Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	3	2	1	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	3	2	1	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.15. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Ergonomisi		X									Y														
		Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.														
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	2	Eşit Önemli	1	2	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																								
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																								
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																								
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																								
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																								
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																								

Tablo B.16. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Geliştirilebilme Yeteneği		X									Y								
X	Y	Tamamıyla Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	8	Tamamıyla Önemli
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	3	4	5	6	7	8	9	8	9
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																		
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																		
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																		
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																		

Tablo B.17. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Geliştirilebilme Yeteneği		X									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	1	Eşit Önemli	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	8	9	Tamamıyla Önemli							
		9	8	7	6	5	4	3	2	1		3	2	1		5	4	3	2	1	9							
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																											
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											

Tablo B.18. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Geliştirilebilme Yeteneği		X									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.																	
		Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	2	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	4	5	6	7	Çok Kuv. Der. Önemli	8	9	Tamamıyla Önemli					
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																											
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																											
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											

Tablo B.20. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silh. Ağırlığı ve Hrk. İmk. Kabiliyet		X									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	1	Eşit Önemli		Biraz Daha Fzl. Önemli	2	1	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	7	8	Tamamıyla Önemli				
		9																										
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												
40mm.lik K/M Uçs.Topu																												

Tablo B.22. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Bakım Kolaylığı		X									Y									X'den daha önemlidir.																
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	7	6	5	4	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	0	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	3	2	1	0	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	1	0	Çok Kuv. Der. Önemli	6	5	4	3	2	1	0	Tamamıyla Önemli	
		9	8	7	6	5	4	3	Biraz Daha Fzl. Önemli	Eşit Önemli	2	1	0	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	3	2	1	0	Kuvvetli Der. Önemli	5	4	3	2	1	0	Çok Kuv. Der. Önemli	6	5	4	3	2	1	0	Tamamıyla Önemli	
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																																			
40mm.lik K/M Uçs. Topu	35mm.lik Oer. Topu																																			
40mm.lik K/M Uçs. Topu	Stinger Füzesi																																			
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer. Topu																																			
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																																			
35mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																																			

Tablo B.23. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Bakım Kolaylığı		X									Y																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
X	Y	Y'den daha önemlidir.									X'den daha önemlidir.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Tamamıyla Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli	Der. Önemli	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	Çok Kuv. Der. Önemli	Tamamıyla Önemli																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Tablo B.24. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silahın Bakım Kolaylığı		X									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	1	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer. Topu																											
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																											
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																											
20mm.lik Oer. Topu	35mm.lik Oer.Topu																											
20mm.lik Oer. Topu	Stinger Füzesi																											
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																											

Tablo B.25. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Slh. İçin Yd. Parça Temin Kolaylığı		X									Y'den daha önemlidir.									Y									X'den daha önemlidir.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
X	Y	X									Y'den daha önemlidir.									Y									X'den daha önemlidir.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	1	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
40mm.lik K/M Uçs. Topu	20mm.lik Oer. Topu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Tablo B.27. Silahların belirlenen kriterler doğrultusunda ikili karşılaştırılmaları için uzman kişilere uygulanan anket çalışması

Silh. İçin Yd. Parça Temin Kolaylığı		X									Y'den daha önemlidir.									Y									X'den daha önemlidir.								
X	Y	Tamamıyla Önemli	8	Çok Kuv. Der. Önemli	6	Kuvvetli Der. Önemli	4	Biraz Daha Fzl. Önemli	2	Eşit Önemli	1	2	Biraz Daha Fzl. Önemli	3	4	Kuvvetli Der. Önemli	5	6	Çok Kuv. Der. Önemli	7	8	9	Tamamıyla Önemli														
		9																																			
40mm.lik K/M Uçs.Topu	20mm.lik Oer.Topu																																				
40mm.lik K/M Uçs.Topu	35mm.lik Oer.Topu																																				
40mm.lik K/M Uçs.Topu	Stinger Füzesi																																				
20mm.lik Oer.Topu	35mm.lik Oer.Topu																																				
20mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																																				
35mm.lik Oer.Topu	Stinger Füzesi																																				

EK C. QS 2.0 BİLGİSAYAR PROGRAMI ÇÖZÜM SONUÇLARI

Tablo C.1. Yeni hv. svn. bt. teşkilatı özet çözümü

Summarized Solution for Yeni Hv.Svn. Bt. Teşkilatı						
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost- Obj. 1	Opportunity Cost- Obj. 2	Opportunity Cost- Obj. 3	
1	X1	0	0,05849092	0,25454551	5,1636372	
2	X2	0	0,08405455	-0,02727263	5,0181818	
3	X3	0	0,07254544	-1,2727271	7,8484855	
4	X4	16.969.696	0	0	0	
Priority Level 1: Maximized Objective Function (Goal) = +8.2981815 Priority Level 2: Maximized Objective Function (Goal) = +50.909092 Priority Level 3: Minimized Objective Function (Goal) = +33.939392 Iteration = 9 Elapsed CPU second = .0625						

Tablo C.2. Yeni hv. svn. bt. teşkilatı çözümü değişkenleri katsayılarının analizi

Analysis of OBJ Coefficients for Yeni Hv.Svn. Bt. Teşkilatı						
Number	Variables	Priority Level	Opportunity Cost	Objective Coefficient	Minimum Obj. Coeff.	Maximum Obj. Coeff.
1	X1	1	0,05849092	0,146	- Infinity	0,20449092
2	X2	1	0,08405455	0,156	- Infinity	0,24005455
3	X3	1	0,07254544	0,20900001	- Infinity	0,28154546
4	X4	1	0	0,48899999	0,36300004	+ Infinity
5	X1	2	0,25454551	1	- Infinity	+ Infinity
6	X2	2	-0,02727263	1,5	- Infinity	+Infinity
7	X3	2	-1,2727271	3	- Infinity	+ Infinity
8	X4	2	0	3	- Infinity	+ Infinity
9	X1	3	5,1636372	6	- Infinity	+ Infinity
10	X2	3	5,0181818	6	- Infinity	+ Infinity
11	X3	3	7,8484855	9	- Infinity	+ Infinity
12	X4	3	0	2	- Infinity	+ Infinity

Tablo C.3. Yeni hv. svn. bt. teşkilatı çözümü kısıtlarının analizi

Analysis of Constraints for Yeni Hv.Svn. Bt. Teşkilatı						
Constraint	Status	RHS	Shadow Price	Slack or Surplus	Minimum RHS	Maximum RHS
1	Loose	< 160000,00	0	96363,63	63636,367	+ Infinity
2	Loose	< 13000,000	0	13000,00	0	+ Infinity
3	Tight	< 2800,0000	0,01818182	0,00	2530,6748	7040
4	Loose	> 7,5000000	0	0,79818171	- Infinity	8,2981815
5	Loose	> 24,0000000	0	27	- Infinity	50,909088
6	Loose	< 96,0000000	0	62	33,9393	+ Infinity

EK D. Modelin Lindo Çözüm Sonuçları

$$d_1^- = N_1 \quad d_2^- = N_2$$

$$d_3^- = N_3 \quad d_4^- = N_4$$

$$d_5^- = N_5 \quad d_6^- = N_6$$

$$d_4^+ = P_4 \quad d_5^+ = P_5$$

$$d_6^+ = P_6 \quad R_1 = N_4$$

$$R_2 = N_5 \quad R_3 = P_6$$

$$R_1 - N_4 = 0 \quad R_2 - N_5 = 0$$

$$R_3 - P_6 = 0$$

$$\text{MIN } R_1 + R_2 + R_3$$

ST

$$10000X_1 + 10000X_2 + 16250X_3 + 3750X_4 + N_1 = 160000$$

$$1725X_1 + 760X_2 + 1500X_3 + N_2 = 13000$$

$$69X_1 + 81X_2 + 95X_3 + 165X_4 + N_3 = 2800$$

$$0.146X_1 + 0.156X_2 + 0.209X_3 + 0.489X_4 - P_4 = 7.5$$

$$X_1 + 1.5X_2 + 3X_3 + 3X_4 - P_5 = 24$$

$$6X_1 + 6X_2 + 9X_3 + 2X_4 + N_6 = 96$$

$$R_1 - N_4 = 0$$

$$R_2 - N_5 = 0$$

$$R_3 - P_6 = 0$$

END

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

EK D. Modelin Lindo Çözüm Sonuçları (Devamı)**OBJECTIVE FUNCTION VALUE**

1) 0,0000000E+00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
R1	0,000000	1,000000
R2	0,000000	1,000000
R3	0,000000	1,000000
X1	0,000000	0,000000
X2	0,000000	0,000000
X3	0,000000	0,000000
X4	15,337423	0,000000
N1	102484,664062	0,000000
N2	13000,000000	0,000000
N3	269,325104	0,000000
P4	0,000000	0,000000
P5	22,012270	0,000000
N6	65,325150	0,000000
N4	0,000000	0,000000
N5	0,000000	0,000000
P6	0,000000	0,000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0,000000	0,000000
3)	0,000000	0,000000
4)	0,000000	0,000000
5)	0,000000	0,000000
6)	0,000000	0,000000
7)	0,000000	0,000000
8)	0,000000	0,000000
9)	0,000000	0,000000
10)	0,000000	0,000000

NO. ITERATIONS= 0

EK D. Modelin Lindo Çözüm Sonuçları (Devamı)

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
COEF		INCREASE	DECREASE
R1	1,000000	INFINITY	1,000000
R2	1,000000	INFINITY	1,000000
R3	1,000000	INFINITY	1,000000
X1	0,000000	INFINITY	0,000000
X2	0,000000	INFINITY	0,000000
X3	0,000000	INFINITY	0,000000
X4	0,000000	0,000000	0,000000
N1	0,000000	0,000000	INFINITY
N2	0,000000	0,000000	INFINITY
N3	0,000000	0,000000	INFINITY
P4	0,000000	INFINITY	0,000000
P5	0,000000	INFINITY	0,000000
N6	0,000000	0,000000	INFINITY
N4	0,000000	INFINITY	1,000000
N5	0,000000	INFINITY	1,000000
P6	0,000000	INFINITY	1,000000

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	RHS	INCREASE	DECREASE
2	160000,000000	INFINITY	102484,664062
3	13000,000000	INFINITY	13000,000000
4	2800,000000	INFINITY	269,325104
5	7,500000	0,798182	3,588000
6	24,000000	22.012270	INFINITY
7	96,000000	INFINITY	65,325150
8	0,000000	0,000000	INFINITY

EK D. Modelin Lindo Çözüm Sonuçları (Devamı)

9	0,000000	0,000000	INFINITY
10	0,000000	0,000000	INFINITY



ÖZGEÇMİŞ

Mehmet KABAK 1988 yılında Bursa Çınar Lisesinin ortaokul bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Kuleli Askeri Lisesini kazandı. 1996 yılında Kara Harp Okulundan teğmen olarak mezun oldu. Türk Silahlı Kuvvetlerinde üç yıl aktif olarak çalıştıktan sonra 1999 yılında İ.T.Ü.'de Kara Kuvvetleri adına yüksek lisans programına katıldı. Aynı yıl üsteğmen rütbesine atandı. Evlidir ve İngilizce bilmektedir.

