

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE HAVA SAVUNMA SİSTEMİ
SEÇİMİ

İsmail DUMAN

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

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ

Haziran-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

İsmail DUMAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı 'Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Hava Savunma Sistemi Seçimi' başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca "değerlendirilerek kabul edilmiştir.

28/06/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Özden ÜSTÜN
Bölüm Başkanı, Endüstri Mühendisliği Bölümü

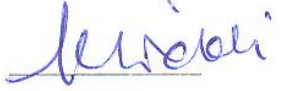
Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ
Danışman, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Özden ÜSTÜN
Bölüm Başkanı, Endüstri Mühendisliği Bölümü

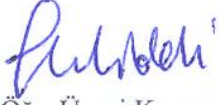
Dr. Öğr. Üyesi N. Fırat ÖZKAN
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ
Danışman, Endüstri Mühendisliği Bölümü

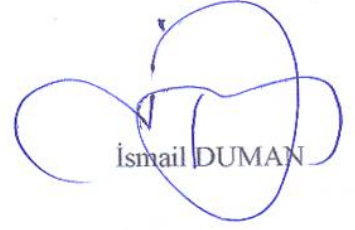



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %14 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ



İsmail DUMAN

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE HAVA SAVUNMA SİSTEMİ SEÇİMİ

İsmail DUMAN

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ

ÖZET

Türkiye'nin yakın gelecekte savunma sanayi alanında yapacağı yatırımlar ve jeopolitik risklerden doğan muhtemel hava saldırıları göz önüne alındığında, düşman ve düşman olması muhtemel unsurların etkili bir hava savunma sistemi ile caydırıcılığının sağlanması hayati öneme sahiptir. Türkiye'nin sınır komşularında mevcut olan hava savunma sistemleri ve orta/uzun menzilli balistik füze kabiliyetleri ele alındığında ülke bekasının gelişmiş teknoloji hava savunma sistemleri ile korunması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin yakın gelecekte sahip olacağı hava savunma sistemlerinin çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile belirlenmesidir. Alınacak hava savunma sistemleri hem ekonomik hem de askeri anlamda büyük bir yere sahip olacağı için oldukça önemli stratejik bir karar sürecine sahiptir. Çalışmada Türkiye'nin yakın geçmişte ilgilendiği ve hali hazırda pek çok sınır komşusu tarafından kullanılan hava savunma sistemleri ele alınmıştır. Seçenekler arasında S-400, Patriot, ASTER, MEADS ve HQ-9 hava savunma sistemleri bulunmaktadır. Seçim aşamasında kullanılan kriterler ise maliyet, menzil, irtifa, maksimum hız, füze ağırlığı ve radar menzildir. Daha sonra bu hava savunma sistemlerinin etkin karar ölçütleri belirlenerek Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS, Analitik Serim Süreci, Basit Toplamlı Ağırlıklandırma, Ağırlıklı Çarpım ve ELECTRE yöntemleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Tüm yöntemlerde belirlenen kriterler altında alternatifler arasından seçilecek sistemin S-400 hava savunma sistemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava Savunma Sistemleri, Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS, Analitik Serim Süreci, Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi, Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, ELECTRE.

AIR DEFENSE SYSTEM SELECTION WITH MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS

İsmail DUMAN

Industrial Engineering, M. Sc. Thesis, 2019

Supervisor: Asst. Prof. Kerem CİDDİ

SUMMARY

It is necessary to provide deterrence effect for element of enemies or possible enemies with an effective air defence system, when you take into consideration of possible air strike arising from geopolitical risks and investments in defence industry made by Turkey in near future. When you take into consideration of air defence system and medium / long range ballistic missiles that Turkey's border neighbours possess, it is emerging that country's survivability requires using advanced technology air defence system. The purpose of this study is to determine the air defence system, with multi-purpose decision making methods which Turkey will have in near future. Because the air defence system to be purchased, has a great significance both in economic and military meaning and requires strategic decision making process. In this study, the air defence systems which are being used by many border neighbours at present and interest in by Turkey in near past, are discussed. Options are that S-400, Patriot, ASTER, MEADS ve HQ-9 air defence system. Selection criteria is that cost, range, altitude, maximum speed, missile weight and radar range. Afterwards, by effective decision criteria of these air defense systems are determined, the comparison with method of Analytic Hierarchy Process, TOPSIS, Analytic Network Process, Simple Additive Weighting method, Weighted Product and ELECTRE method have been made. In all methods, it is concluded that the systems to be selected among the alternatives under the determined criteria is S-400 air defence system.

Keywords: Air Defence System, Analytic Hierarchy Process, TOPSIS and Analytic Network Process, Simple Additive Weighting Method, Weighted Product, ELECTRE.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın planlanmasında bana yardımcı olan, engin bilgi ve tecrübesiyle rehberliğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım ve çok değerli hocam Dr. Öğr. Üye. Kerem CİDDİ'ye, sağladığı huzurlu ve birlik içindeki çalışma ortamı ve çalışma azmi aşılayan anlayışı için Bölüm Başkanımız ve değerli hocam Prof. Dr. Özden ÜSTÜN'e, jüri üyemiz sayın Dr. Öğr. Üyesi N. Fırat ÖZKAN'a, zor zamanlarımda desteğiyle beni hiç yalnız bırakmayan eşim Şeyma DUMAN'a en içten sevgi, saygı ve şükranlarımı sunar, teşekkür etmeyi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ	3
2.1. FD-2000 Hava Savunma Sistemi	4
2.1.1 FD-2000/HQ-9 Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri.....	4
2.2. PAC 3-MSE Hava Savunma Sistemi.....	5
2.2.1. PAC 3 Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri	5
2.3 MEADS Hava Savunma Sistemi	5
2.3.1. MEADS Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri	6
2.4. ASTER Hava Savunma Sistemi	6
2.4.1. ASTER Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri	6
2.5. S-400 Hava Savunma Sistemi	7
2.5.1. S-400 hava savunma sisteminin teknik özellikleri	7
3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	9
3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)	9
3.1.1. Analitik hiyerarşi sürecinin adımları	10
3.2. AHP Temelli TOPSIS	13
3.2.1. TOPSIS sürecinin adımları.....	13
3.3. Analitik Serim Süreci	16
3.3.1. Analitik serim sürecinin adımları	16
3.4. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi (SAW)	17
3.4.1. SAW yönteminin aşamaları	17

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

3.5. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WP).....	18
3.5.1. Ağırlıklı Çarpım yöntemi adımları	19
3.6 ELECTRE Yöntemi	19
3.6.1. ELECTRE yönteminin adımları	19
4. LİTERATÜR TARAMASI	24
5. HAVA SAVUNMA SİSTEMİ SEÇİMİ UYGULAMASI	26
5.1 AHP ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması	26
5.2 AHP Temelli TOPSIS ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması	35
5.3 ASS ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması.....	37
5.4 Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması.....	40
5.5 Ağırlıklı Çarpım ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması.....	42
5.6 ELECTRE ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması.....	43
6. SONUÇ	48
KAYNAKLAR DİZİNİ	50
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. HQ-9 Hava savunma sistemi.	3
3.1. Üç seviyeli analitik hiyerarşi modeli.	10
5.1. Hiyerarşik yapı.	27
5.2. Analitik Serim Süreci Yönteminin Ağ Yapısı.	38
5.3. Kriterlerin kriterleri etkileme oranı.	38
5.4. Ağırlıklandırılmamış süpermatris.	39
5.5. Ağırlıklandırılmış süpermatris.	39
5.6. Alternatif hava savunma sistemlerinin öncelik değerleri ve tercih sıralaması.	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Hava savunma sistemleri ve özellikleri.	8
3.1. Standart tercih tablosu.	11
3.2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi.	11
3.3. Rastgele değer indeksi.	12
5.1. Kriterlerin kriterler açısından karşılaştırma matrisi.	27
5.2. Alternatiflerin maliyet kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	27
5.3. Alternatiflerin menzil kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	28
5.4. Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	28
5.5. Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	28
5.6. Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	29
5.7. Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.	29
5.8. Kriterlerin kriterler açısından normalize matrisi.	29
5.9. Alternatiflerin maliyet kriteri açısından normalize matrisi.	30
5.10. Alternatiflerin menzil kriteri açısından normalize matrisi.	30
5.11. Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından normalize matrisi.	30
5.12. Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından normalize matrisi.	31
5.13. Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından normalize matrisi.	31
5.14. Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından normalize matrisi.	31
5.15. Kriterlerin kriterler açısından öncelik vektör matrisi.	32
5.16. Alternatifleri kriterlerin açısından öncelik vektör matrisleri.	32
5.17. Kriterlerin kriterler açısından sütun vektör matrisi.	32
5.18. Alternatiflerin kriterler açısından sütun vektör matrisi.	33
5.19. Kriterlerin kriterler açısından temel değerleri excel tablosu.	33
5.20. Alternatiflerin kriterler açısından temel değerleri excel tablosu.	33
5.21. Alternatiflerin kriterler açısından λ değerleri excel tablosu.	34
5.22. Alternatiflerin kriterler açısından tutarlılık indeksleri excel tablosu.	34
5.23. Alternatiflerin kriterler açısından tutarlılık oranları excel tablosu.	34
5.24. AHP ağırlık değerleri.	35
5.25. TOPSIS karar matrisi.	35
5.26. Normalize edilmiş karar matrisi.	36
5.27. Ağırlıklandırılmış karar matrisi.	36

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.28. Pozitif ve negatif ideal veri setleri excel tablosu.	36
5.29. Pozitif ideal çözüme uzaklık değerleri excel tablosu.	37
5.30. Negatif ideal çözüme uzaklık değerleri excel tablosu.	37
5.31. İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri excel tablosu.	37
5.32. Hava savunma sistemi seçimi modelinde yer alan kriterlerin öncelik değerleri.	39
5.33. Karar matrisi.	41
5.34. Normalize edilmiş karar matrisi.	41
5.35. Alternatiflerin toplam tercih değerleri excel tablosu.	41
5.36. Toplam tercih değeri kriterinin normalleştirilmiş değerleri excel tablosu.	42
5.37. Ağırlık çarpım karar matrisi.	42
5.38. Performans sıralaması excel tablosu.	43
5.39. ELECTRE karar matrisi.	43
5.40. Normalize karar matrisi.	44
5.41. Ağırlıklı karar matrisi.	44
5.42. Uyum ve uyumsuzluk setleri excel tablosu.	45
5.43. Uyum matrisi.	45
5.44. Uyumsuzluk matrisi.	46
5.45. Karar noktalarının birbirlerine göre üstünlük sırala excel tablosu.	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
λ	Öz Değer
RI	Rassalık Göstergesi
CI	Tutarlılık Göstergesi
CR	Tutarlılık Oranı
N	Rassalık Değer İndisi
A	Karar Matrisi
R	Normalize Edilmiş Karar Matrisi
W	Kriterlerin Ağırlığı
V	Ağırlıklı Karar Matrisi
A^*	İdeal Çözüm Setleri
A^-	Negatif İdeal Çözüm Setleri
S_i^*	Ayrım Ölçütleri
S_i^-	Negatif Ayrım Ölçütleri
C_i^*	Adım İdeal Çözüme Göreli Yakınlık
r_{ij}	Fayda Kriteri
S_j	Alternatiflerin Toplam Tercih Değeri
S_j^*	Ortalama Alternatif Tercih Değerleri
X_{ij}	Alternatiflerin Öncelik Değeri
W_j	Kriterin Öncelik Değeri
C_{kl}	Uyum Seti
D_{kl}	Uyumsuzluk Seti
$\underline{C}$	Uyum Eşik Değeri
$\underline{D}$	Uyumsuzluk Eşik Değeri

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
NATO	North Atlantic Treaty Organization
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ASS	Analytic Network Process
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
SAM	Surface to Air Missile
İHA	İnsansız Hava Aracı
TBF	Taktik Balistik Füze
BF	Balistik Füze
YİHSF	Yüksek İrtifa Hava Savunma Sistemi Füzesi
ABM	Anti Ballistic Missile
PAC	Patriot Advanced Capability

1. GİRİŞ

1991 yılında Sovyet Rusya'nın yıkılarak Soğuk Savaşın sona ermesiyle birlikte çok kutuplu dünya düzeninde tüm dünya ülkeleri yerini almaya başlamıştır. Bu tarihten itibaren gerek NATO'da gerekse de Varşova Paktı'nda yer alan ülkelerin artık blok olarak değil de satır olarak savunma yapacağı gerçeği ile hızlı bir silahlanma yarışına girilmiştir. Hal böyle olunca soğuk savaş döneminden beri devam eden ve hala günümüzde popülerliğini sürdüren hava ve uzay çalışmaları silahlanma yarışının da ana konusu olmuştur.

Savunma sanayisine yapılan harcamaların artmasıyla birlikte pek çok sanayi kolu da büyüme içerisine girmiştir. Savunma sanayisine yapılan harcamalar hiçbir zaman kâr amacı taşımadığı için kazanımlarını ölçmek bir hayli zordur. Savunma sanayisine yapılan harcamalar doğrudan ülke refahına ve özgürlüğüne katkı yapmaktadır. Bu nedenle pek çok ülke hava savunma sistemleri başta olmak üzere savunma sanayisine büyük yatırımlar yapmaktadır.

Ülkelerde tıpkı işletmeler gibi yatırım kararları alırken kısıtlı finansal kaynaklara sahip oldukları için alternatifler arasından kendilerine en uygun yatırımları seçmek zorundadır. Hava savunma sistemlerinin ithal edilmesinde de ülke çıkarları göz önünde bulundurularak en uygun sistemin ithal edilmesi söz konusudur. Bu nedenle Türkiye'de gerek finansal kaynakları göz önünde bulundurularak gerekse de sınır ülkelerden gelecek hava saldırılarına cevap verecek kapasitede hava savunma sistemi almak istemektedir. Öyle ki havacılık sektörüne yapılacak yatırımların tamamı ülke ekonomisini ciddi oranda etkileyeceği için milli refah düzeyinin sağlanması oldukça önemlidir.

Karar verici konumunda olan ülke yönetiminin böylesi stratejik bir konuda hata yapması durumunda hem ciddi ekonomik sıkıntılar yaşanacağı gibi esas amaç olan ülke savunması da sektöre uğrayacaktır. Bu nedenle mevcut ülke yönetimi belirli bir riski kabul ederek en doğru tercihi yapmak zorundadır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri karar verme sürecinde karar vericiye büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte havacılık sektörünün de hızla büyüdüğü yeni dünya düzeninde yer alabilmek ve konumlanan mevcut jeopolitik bölgede söz sahibi olabilmek için artık etkili bir hava savunma sistemine ihtiyaç vardır. İşte böylesi bir karar aşamasında daha akılcı, hızlı ve bilimsel metotların kullanılması mevcut tüm ihtimallerin göz önüne alınabilmesine imkân tanımaktadır.

Yatırımcıya karar verme aşamasında yardımcı olacak çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin önemi de bir hayli artmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır: AHP, ASS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, DEMATEL, TOPSIS. Seçilecek hava savunma sistemlerinden mevcut kriterlere göre en etkili olanın seçilmesine yardımcı olacak çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bir veya birkaçı aynı problem için kullanabilmektedir.

Çalışma “Giriş” bölümü ile altı bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Türkiye’nin son yıllarda ilgilendiği ve savunma sanayisine en yakın hava savunma sistemlerine yer verilmiştir. Bu hava savunma sistemleri ekseriyetle orta ve uzun menzilli füzelerden oluşmaktadır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden en sık kullanılan analitik hiyerarşi prosesi AHP, TOPSIS, ASS, ELECTRE, SAW ve WP yöntemleri ile ilgili tanımlamalar ve açıklamalar yapılmıştır. Çalışmada AHP yönteminin kullanılmasının sebebi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin temelini oluşturması ve yapılan pek çok çalışmada tercih edilmesinden kaynaklanmaktadır. TOPSIS yöntemi ile AHP tabanlı çalışma yapılacağı için AHP yönteminde alınan kararların doğruluğu bu yöntem ile pekiştirilecektir. ASS yöntemi ile de birbirini etkileyen kriterler ve alternatiflerin ortaya çıkaracağı sonuçlar AHP ve TOPSIS yöntemleri ile karşılaştırılacaktır.

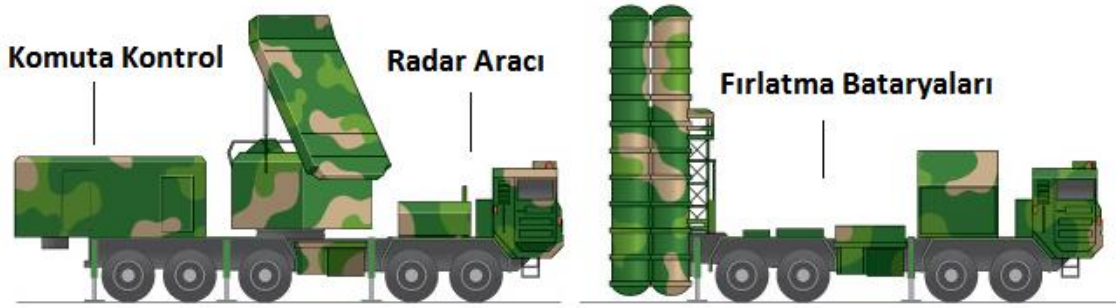
Çalışmanın dördüncü bölümünde daha önce hava savunma sistemlerinin seçimi üzerine ve çok ölçütlü karar verme sistemleri ile savunma sanayi alanında yapılan çalışmaların literatür taraması yapılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde seçilen hava savunma sistemlerinin belirlenen karar ölçütlerine göre altı farklı yöntem ile seçim işlemi yapılmıştır.

Çalışmanın altıncı ve son bölümünde ise ele alınan tüm yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmış ve sonuçların birbirleri ile tutarlılıkları ölçülmüştür. Bu bölümde ayrıca ele alınmayan kriterler hakkında yorumlar yapılmış, karar verme süreci üzerinde etkisi bulunan politik gelişmelerin etkisi üzerine önerilerde bulunulmuştur.

2. HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ

Yüksek irtifa hava savunma füzeleri (YİHSF) bataryaları Entegre Hava Savunmanın genel karakteristiğini oluşturmaktadır. Hava savunma sistemleri genel itibariyle bir batarya, bataryayı kontrol eden komuta-kontrol aracı ve muhtemel düşman saldırılarını gözetleyen radarlardan oluşmaktadır. Kurulu radarlar aldığı verileri bataryaların entegre olduğu komuta-kontrol merkezlerine ileterek karşılıklı bilgi alışverişini ve kontrol sahalarının emniyetinin tesisini sağlamaktadır. Komuta-Kontrol-Haberleşme merkezinin bulunduğu mobil araçlar doğrudan savunulacak bölgede konuşlu SAM (Karadan-Havaya-Füze) bataryalarına bağlıdır. Yani hiçbir hava savunma bataryası kendi kendine bir hedefe angaje olamaz. Şekil 2.1’de de HQ-9 hava savunma sisteminin bir görsel hali verilmiştir.



Şekil 2.1. HQ-9 Hava savunma sistemi.

Hava savunma sistemleri genellikle Yüksek İrtifa Hava Savunma Füzelere (YİHSF) olarak bilinmekle birlikte hava soluyan hedefleri ve balistik füzeleri (BF) önlemek amacıyla kullanılmaktadır. YİHSF radarları sayesinde çok kısa bir sürede havada mevcut olan düşman hava unsurlarını ve BF’leri tespit ederek imha edebilmektedir. Çoğu YİHSF artık BF savunmasında da kullanıldığı için bu sistemler aynı zaman Anti Balistik Füze (ABM) özelliği de taşımaktadır.

Türkiye ise uzun süredir hava sahasının hava savunmasını uçaklarla yapan bir Hava Kuvvetleri Komutanlığı’na sahiptir. Yani her türlü hava unsuru tehdidine karşı yapılacak önlemler F-16 savaş uçakları ile yapılmaktadır. Bu durum hem insan gücünü gereksiz harcaması hem de yüksek maliyete sebep olması bakımından büyük bir külfete neden olmaktadır. Zaten böylesi bir durum sahip olunacak YİHSF kadar etkili olamamaktadır. Çünkü YİHSF’lerinin varlığı dahi düşman ülkeler tarafından büyük bir caydırıcılığa sahiptir. Bu nedenle Türkiye mevcut sınır tehditlerini bertaraf etmek ve coğrafi bölgenin üstünlüğünü elinde bulundurmak için etkili bir hava savunma sistemi almak istemektedir. Bunun için yapılan ülkeler arası uzun süreli

ikili görüşmelerde birkaç hava savunma sistemi ön plana çıkmıştır. İlk seçenek, Türkiye'nin ilk talip olduğu Çin menşeli FD-2000, YİHSF ve ABM füzesinin HQ-9 C modelidir. İkincisi seçenek, 2015 yılına kadar Malatya Kürecikte radarlarının da kurulu olduğu ABD menşeli ve Patriot'ların son sürümü olan PAC-3 MSE. Üçüncü seçenek, Alman-İtalyan ortak yapımı olan ve PAC-3 MSE ile benzerlik gösteren MEADS. Dördüncü seçenek, Fransa ve İtalya'nın ortak yapımı olan ASTER.

2.1. FD-2000 Hava Savunma Sistemi

Tam adı Hong Qi 9 olan HQ-9 Çin menşeli bir hava savunma sistemidir. Alt yapı ve genel karakteristik olarak Rus S-300 hava savunma sistemine benzerdir. Bu hava savunma sistemi 1997 yılından bu yana Çin Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılmaktadır. Hali hazırda Türkmenistan ve Özbekistan Silahlı Kuvvetleri'nin envanterlerinde de yer almaktadır. HQ-9 füzeleri çeşitli uçak, helikopter, İHA, cruise (seyir) füzeleri, havadan yere füzeler, rehberli bombalar ve tiyatro balistik füzelerini orta ve uzun menzilli rotalarda engelleyebilmektedir (<http://www.military-today.com>).

HQ-9 yüzeyden havaya füze sistemi Rus S-300'ün daha ileri teknolojisi olarak geliştirildi son yapılan modernizasyonlarla birlikte daha teknolojik hale geldi. HQ-9 aküsü, füzeleri bulunan 8 TEL aracından teşkil olmakla birlikte, Taian TA5570 10x10 şasiyi temel alan mobil etkileşim radarı ile Kuzey-Benz ND1260 serisi kamyon şasisine dayanan angajman radarına, komuta ve kontrol aracına, füzeleri yeniden yükleyen araçlara ve çeşitli destek araçlara sahiptir (<http://www.military-today.com>).

HQ-9'nin sahip olduğu güdüm sistemi ise hem ASTER-30 B1 hem de PAC-3'lerde kullanılan G Band Aktif Arayıcı başlıkla donatılmıştır. Ayrıca HQ-9'un deniz tabanı versiyonu da bulunmaktadır. HQ-9A deniz tabanı versiyonudur (<http://www.kokpit.aero>).

2.1.1 FD-2000/HQ-9 Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri

HQ-9 hava savunma sistemi itme vektör kontrollü olarak iki aşamalı füzeleri kullanılır. Füzelelerin uçaklara karşı 125 km, seyir ve balistik füzelere karşı 15-25 km'lik bir menzili bulunmaktadır. Yani belirtilen menziller dâhilinde hava hedeflerini imha edebilir. Füzeleler, 27 km yükseklikte uçağa, 15-25 km yükseklikte seyir ve balistik füzelere önleme yapabilmektedir. Füzenin orta yön güncelleme ve terminal aktif radar homing ile atalet yönlendirmesi vardır. Bu sayede HQ-9 hava savunma sistemi her türlü hava şartında ve yoğun elektronik sarsıntılar altında çok büyük bir hava saldırısına karşı etkili olabilmektedir.

HQ-9 başlatıcısı Taian TA5380 8x8 yüksek hareket kabiliyetine sahip şasiye bağlıdır. Her başlatıcının konteynırların da 4 füze yer almaktadır. Füzeler ise dikey olarak fırlatılmaktadır (<http://www.military-today.com>).

HQ-9 hava savunma sistemi bir komuta merkezi, birer adet güdüm ve takip radarı ve 8 füze lançerinden teşkil edilmiştir. Dikey atıldığında hızı maksimum 4 Mach'a kadar çıkmaktadır.

2.2. PAC 3-MSE Hava Savunma Sistemi

PAC-3 (Patriot Gelişmiş Yetenek), Patriot hava savunma sisteminin geliştirmiş halidir. PAC-2'ler her ne kadar anti-balistik özelliğine sahip olsalar da gelişen balistik füze teknolojisiyle birlikte PAC-2'ler de eskimeye başlamıştır. PAC-3 rampaları ABD Ordusu tarafından PAC-2 uzun menzilli hava savunma füze rampaları ile kullanılmaktadır. Son yıllarda PAC-3 anti-balistik füze sistemi Almanya, Japonya, Kuveyt, Hollanda ve Tayvan'a ihraç edildi.

PAC-3 füze rampalarına yerleştirilmek üzere de MIM-104F füzeleri geliştirilmiştir. Bu füzelere PAC-2 füzelerinden daha küçüktür. Aynı zamanda MIM-104F füzesi bir önceki füzelere göre daha yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Tahrip gücünü artırmak ve öldürme olasılığını yükseltmek içinde küçük bir HE-FRAG savaş başlığına sahiptir (<http://www.military-today.com>).

2.2.1. PAC 3 Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri

Daha küçük ebatlara sahip olan MIM-104M füzelerinin dört tanesi tek bir kapta taşınır. Bundan dolayı tek bir PAC-3 fırlatıcısı 4 yerine 40 füze taşıyabilir. Fırlatma ünitesi ve radar sistemleri kendi motor gücü ve yakıtına sahiptir. Bu nedenle rampalar ve radar üniteleri insansız olarak çalışmaktadır. Patriot sistemini ateşlemek için yapılacak hazırlık süresi yaklaşık 30 dakikadır.

PAC-3 modernize edilmiş MPQ-65 radar sistemini kullanır. Üstün arama, algılama ve izleme kabiliyetine sahip olan radar sistemi 120 derecelik bir alanı taramaktadır. Bu nedenle 360 derecelik bir kaplama için 3 yöne bakan, 3 radar ünitesi kullanılmalıdır. PAC-3 MSE'ler ise 360 dereceyi tarayan bir radar sistemine sahiptir (<http://www.kokpit.aero>).

2.3 MEADS Hava Savunma Sistemi

MEADS, 2015 yılında ana yüklenicisi Lockheed Martin olmakla birlikte MBDA ortak projesi olarak envantere girmeye başlamıştır. Projede Almanya'nın %25, Lockheed Martin'in %58 ve İtalya'nın %17'lik payı bulunmaktadır (<http://www.kokpit.aero>).

MEADS hava savunma sistemi geliştirme çalışmaları 2004 yılında İtalya ve ABD tarafından başlatıldı. 2005 yılında Almanya resmi olarak programa dahil olduktan sonra, Birleşik Devletler başlangıçta 1 528 füze ile 48 MEADS rampası elde etmeyi planladı, ancak 2011 yılında Pentagon tedarik sürecinden vazgeçerek sadece füze geliştirmeyi finanse etmeye devam etmeye karar verdi. MEADS'in geliştirilmesinde temel amaç, uçaklar, helikopterler, İHA'lar ve taktik ve kısa menzilli balistik füzeler (1000 km'ye kadar olan maksimum menzilli) ve gemi füzelerine etkin önleme yapmaktır (<http://www.military-today.com>).

2.3.1. MEADS Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri

MEADS sistemi tıpkı PAC-3'ler gibi MIM-104F füzeleri kullanmaktadır. Her ne kadar bu füzeler yüksek manevra kabiliyetine sahip olsa da öldürme olasılığını artırmak için küçük bir HE-FRAG savaş başlığı mevcut durumda. MEADS'in her bir lançeri 12 füze ile donatılmıştır. Sabit bir ateşleme açılarında patlayan Patriot başlatıcının aksine, MEADS fırlatıcısı neredeyse dikey olarak 70 ° fırlatma pozisyonunda patlar ve hedeflere 360 derece boyunca angaje olabilir (<http://www.military-today.com>).

MEADS rampaları, genellikle paletli bir yük taşıyıcıyla birlikte kullanılmaktadır. Patriot radarları 120 derecelik açı ile tarama yapabiliyorken, MEADS'in radarları 360 derecelik bir tarama alanına sahiptir. Ayrıca, fırlatıcı, radar ve komuta-kontrol merkezi birbirinden bağımsız noktalarda konuşlandırılabilir (<http://www.military-today.com>).

2.4. ASTER Hava Savunma Sistemi

Avrupa ülkelerinden Fransa- Almanya-İspanya-İtalya ve İngiltere'nin konsorsiyumu ortaya çıkan MBDA, Avrupa'nın öncü savunma sanayi firması haline gelmiştir. MBDA'nın ortaklarından Fransa ve İtalya ile yine Fransız Thales firması ortak bir konsorsiyum ile EUROSAM şirketini kurdu. EUROSAM, hava savunma ihtiyaçlarını karşılamak için Aster füzesi kullanan SAMP/T satıhtan havaya füze platformunu geliştirdi (<http://www.kokpit.aero>).

ASTER füzeleri hem bölge hem insanlı ve insansız hava araçlarına hem de seyir füzeleri ile anti radyasyon füzelerine karşı önleme yapabilmektedir.

2.4.1. ASTER Hava Savunma Sisteminin Teknik Özellikleri

Aster füzesi yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Bu sayede Aster yüksek vuruş kabiliyetine ulaşmaktadır. Sistem aynı anda 10 farklı hedefe angaje olabilmektedir.

Genellikle 14 kişiden oluşan bir Aster bataryası, 10 tonluk 8X8 kamyon üzerinde Arabel Radar ünitesi ve komuta-kontrol istasyonu ile hizmet vermektedir. 4 ya da 6 adet 8X8 araçlar üzerine yüklü dikey fırlatma araçları sayesinde ateşleme yapılır. Her bir araçta 8 füze bulunmaktadır. Son geliştirmeler ile 10 saniye içinde tüm füzeler salvo atışla hedefe kilitlenebilir (<http://www.kokpit.aero>).

2.5. S-400 Hava Savunma Sistemi

S-400 hava savunma sistemi geliştirilmesine 1990'da başlanan S-300 PMU-2 Favorit'den geliştirilmiştir. Eski teknolojiye sahip S-200 ve S-300 füzelerinin yerine düşünülen S-400 füzeleri genellikle ihracat odaklı geliştirilmiştir. Füzenin ilk müşterisi ise Çin'dir.

S-400 füzeleri uçak, balistik ve cruise füzelerini önleme amacıyla geliştirilmiştir. Öte yandan gelişmiş radar sistemi sayesinde görünmezlik özelliği bulunan uçaklarında tespit edilerek imha edilebileceği bilinmektedir (<http://www.military-today.com>).

2.5.1. S-400 hava savunma sisteminin teknik özellikleri

S-400 TEL yarı römork, BAZ-64022 6x6 traktör kamyonuyla çekilir. S-400 radarı ise MZKT-7930 8x8 kamyon tarafından taşınmaktadır. Komuta-kontrol merkezi, Ural-532301 8x8 kamyonu ile hazırlanmıştır.

S-400 hava savunma sistemi 40N6 tipli bir füzeye sahip ve füze aktif radar güdümlüdür. Füzenin sahip olduğu radar ile yüksek irtifada seyreden AWACS, J-STAR gibi istihbarat uçaklarını dahi gerektiğinde önleyebilir. S-400'ün sahip olduğu bir diğer füze ise 9M96 füzesidir. 96M96E2 ise 420 kg ağırlığa 30 000 m irtifaya kadar ulaşabilmektedir. Bu füzede TVM güdümüne sahiptir. Füzelerin maksimum sürati 5 Mach'tır.

96L6E radar menzili ise 300 km'ye kadar çıkabilmektedir. Bu menzille birlikte ABD'nin sahip olduğu F-22/B-2/F-35'leri önleyebilmektedir (<http://www.kokpit.aero>).

Çizelge 2.1. Hava savunma sistemleri ve özellikleri.

Özellikler\Alternatifler	HQ-9	PAC 3 MSE	MEADS	ASTER	S-400
Füze Uzunluğu	5,8 m	5,21 m	5,21 m	4,9 m	4,75 m
Füze Çapı	0,7 m	0,41 m	0,41 m	0,18 m	0,3 m
Füze Ağırlığı	1 300 kg	312 kg	312 kg	450 kg	333 kg
Warhead Ağırlığı	180 kg	73 kg	73 kg	40 kg	24 kg
Maksimum Mesafe	125 km	80 km	80 km	100 km	120 km
Maksimum İrtifa	27 km	20 km	20 km	20 km	30 km
Radar Menzili	120 km	100 km	100 km	120 km	300 km
Maliyet	4B \$	7B \$	5B \$	4B \$	5B \$

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri içinde kullanılacak alternatifler ve karar ölçütleri için ele alınacak kriterlerin bilgileri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

İnsanlık tarihi boyunca her dönemde insanoğlu hayatını etkileyecek her konuda en doğru kararı verebilmek için emek harcamış ve harcamaya da devam etmektedir. İlerleyen süreçte karar verme sürecinde daha isabetli kararlar verebilmek için çok ölçütlü yöntemler geliştirilmiştir. Modern karar verme yaklaşımlarından olan çok ölçütlü karar verme yöntemleri bireysel tercihlerden kurumsal tercihlere kadar pek çok alanda faydalanılmaktadır (Akyüz vd, 2011).

Çok Ölçütlü karar verme yöntemleri hem nitel ve hem de nicel kısıtlara veya niteliklere göre alternatifler arasından en iyi olanı seçmeyi hedefler (Cho, 2003). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, karar vericiye yardımcı olma sürecinde kullanılan en etkili yol gösterici olmakla birlikte ve çelişen kriterlere göre farklı niteliklere sahip alternatifler arasından en uygun olanı seçmekte veya alternatifler arasında sıralama yapmaktadır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde esasında karar vericiler alternatifleri farklı karar ölçütlerine göre değerlendirmektedirler (Türkmen ve Çağıl, 2012).

Çalışmanın kalitesi için hava savunma alanında göre yapan personellere yapılan anket sonucunda her bir karar noktasının ağırlığı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan AHP yöntemi ile elde edilmiştir. Ardından kriter ağırlıkları TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinde kullanılmıştır. Yine bu yöntemlerde oluşturulan karar matrisleri SAW ve WP yöntemlerinde kullanılmıştır. Son olarak ASS yöntemi ile de birbirini etkileyen karar ölçütleri ve karar ölçütlerini etkileyen alternatifler göz önünde bulundurularak birbirileri ile etkileşim içinde olan durumlara göre seçim yapılmıştır.

3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

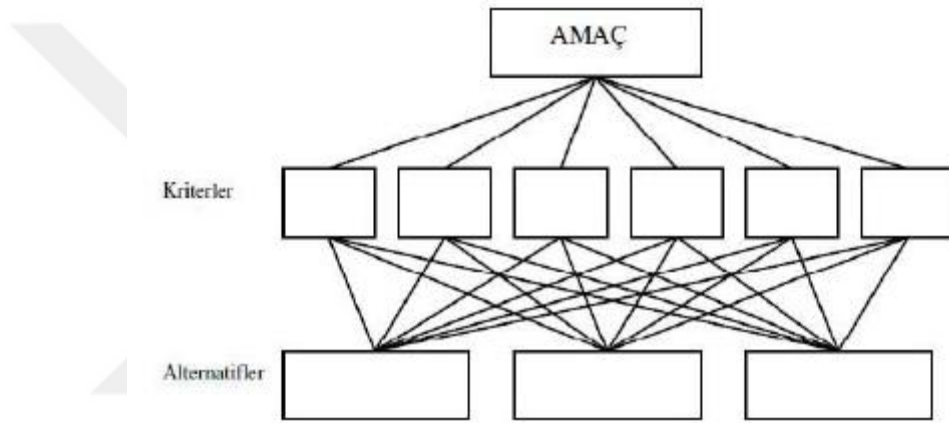
Thomas L. Saaty tarafından ortaya konan AHP, birden fazla kriterli ve daha komplike problemlerin çözümünde faydalanılacak bir karar verme sürecidir. AHP'nin temelinde ele alınan problemin ana hedefi, kısıtları, varsa alt kriterleri ve kriterlere uygun alternatifler arasında oluşan ilişkiyi ortaya koyan bir hiyerarşik yapıda modellemeleri ortaya koymaktadır. AHP karar vericiye daha çok hem objektif hem de subjektif düşüncelerinin karar verme aşamasında etkili olmasını sağlamaktadır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Hiyerarşide yer alacak kriterleri belirleyebilmek için anket çalışması yapılmalıdır. Anket çalışması genellikle tutarlı olabilmesi için uzman kişilerin görüşlerine başvurularak yapılmalıdır (Dağdeviren vd., 2004).

3.1.1. Analitik hiyerarşi sürecinin adımları

Pek çok uygulamada kullanılan ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemi olan AHP'nin 6 adımı bulunmaktadır (Saaty, 1990: 9–26).

Adım-1 Hiyerarşik Yapının Kurulması: Bu yöntemin ilk adımı hiyerarşik yapının kurulmasından oluşur. Karar probleminin açık, anlaşılabilir ve değerlendirilebilir olması oldukça önemlidir. Bunun için Şekil 3.1'de belirtildiği gibi amaç, alternatiflere ait kriterler ve seçimde kullanılacak alternatifler ortaya konur.



Şekil 3.1. Üç seviyeli analitik hiyerarşi modeli.

Adım-2 Önceliklerin Belirlenmesi: Çizelge 3.1'de karar kriterlerinin ve kriterlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırmasında kullanılan bir ölçek geliştirmiştir.

Çizelge 3.1. Standart tercih tablosu.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önem	İki kriter de eşit derece öneme sahiptir.
3	Biraz Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı biraz önemli kılar.
5	Fazla Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı güçlü şekilde önemli kılmaktadır.
7	Çok Fazla Önemli	Önemli kriter diğerine göre çok güçlü şekilde üstündür.
9	Son Derece Önemli	Eldeki bilgiler ve deneyimler bir kriterin diğerine göre çok büyük oranda üstün olduğunu belirtmektedir.
2,4,6,8	Ara Önem Dereceleri	Ara rakamlar gerektiğinde kullanılabilir.

Bu ölçek sayesinde karar kriterleri ve kriterlere göre alternatiflerin karşılaştırılması önem değerlerine göre değerlendirilir.

Adım-3 İkili Karşılaştırma Matrisi: İkili karşılaştırma matrisinde kriterler birbirleri ile önem derecesine göre karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmalarda karar vericinin veya uzman görüşlerinin vereceği önem derecelerine göre belirlenir.

Çizelge 3.2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi.

	Kriter 1	Kriter 2		Kriter n
Kriter 1	W_1/W_1	W_1/W_2		W_1/W_n
Kriter 2	W_2/W_1	W_2/W_2		W_2/W_n
.....				
Kriter n	W_n/W_1	W_n/W_2		W_n/W_n

Süreçte kullanılacak kriterlerin ikili karşılaştırmaları Çizelge 3.2’de görüldüğü gibidir. Bu matriste n kriter, $i=1, 2, \dots, n$ ’e kadar ve $j=1, 2, \dots, n$ ’e kadar olacak şekilde satır ve sütunlarda sıralanmıştır. Matristeki W_i/W_j terimi, ikili karşılaştırma matrisinde i. kriterin j. kritere göre ne kadar daha önemli olduğunu göstermektedir.

Matematiksel ifade ile bu ilişki şu şekilde ifade edilir; $W_i/W_j = a_{ij}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$) (W_i : i’nci alternatifin ağırlığı W_j : j’nci alternatifin ağırlığı) ile ifade edilir. A ikili karşılaştırmalar matrisi, aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{ij} & \dots & a_{nm} \\ . & 1 & & & . \\ . & & 1 & & . \\ . & & & 1 & . \\ \frac{1}{a_{nm}} & \dots & .. & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Adım-4 Öncelik Vektörünün Oluşturulması: Bu adımda ağırlık vektörlerinin bulunabilmesi için elde edilen matrisler normalleştirilmelidir. Her bir sütun değerinin tek tek bulunduğu sütundaki elemanların toplamına bölünmesi ile elde edilen matrise normalleştirilmiş matris denir. Elde edilen normalleştirilmiş matrisin satır değerlerinin ortalamasının bulunması ile de her bir kriterin veya alternatifin öncelik vektörü elde edilir.

Adım-5 Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Elde edilen öncelik vektörlerinin mantıksal veya matematiksel ilişkisi tutarlı olmalıdır. Bunun için AHP modellemesi yapılırken, süreç içinde kullanılacak olan alternatiflerin ve alternatiflere ait kriterlerin göreceli önem düzeyleri saptanarak karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanmalıdır.

Kriterlerin göreceli önem matrisini oluşturmak için ilk olarak “sütun vektörü” elde edilir. Bu matris sayesinde de “göreceli önemler vektörü” bulunur. Elde edilen bu vektörün aritmetik ortalamasından elde edilen öz değer ise “ $\lambda_{\max}$ ” olarak adlandırılır. Tutarlılığın hesaplanması içinde Eşitlik (3.1.)’de yer alan tutarlılık göstergesi ve oranı kullanılarak sonuç kontrol edilir.

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3.1.)$$

$$CR = CI / RI \quad (3.2.)$$

Yukarıda yer alan Eşitlik (3.2.)’nin kullanılabilmesi için Rastgele Değer İndeks Tablosu kullanılmalıdır. Kullanılacak tablo değerleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Rastgele değer indeksi.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassallık Göstergesi	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tutarlılık analizi değerlendirme aşamalarının tamamında kullanılabilir. Bu yöntem karar vericinin sağlıklı ve tutarlı karar vermesinde en büyük yol göstericidir. Tutarlılık testini kapsadığı için bu yöntem diğerlerine göre daha güvenilir.

Tutarlılık analizi ile karşılaştırmaların tutarlılıkları test edilir ve tutarlılığın sağlanamaması durumunda karar vericiden kararını gözden geçirmesi istenir. Ardından ikili karşılaştırma matrislerinden göreceli ağırlıklar yeniden hesaplanır. Son adıma gelindiğinde ise hiyerarşik yapı da yer alan alternatiflerin istenen genel amaca göre ağırlıkları elde edilir.

3.2. AHP Temelli TOPSIS

TOPSIS yöntemi çok ölçütlü karar verme süreçlerinden bir tanesidir. TOPSIS yönteminin temelinde, çözüm sürecinde yer alan alternatiflerin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafeleri ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafeleri yatmaktadır (Öktür, 2008).

TOPSIS yöntemi kullanılırken çözüm sürecinde yer alan alternatiflerin, alternatiflere ait kriterler ışığında ve bu kriterlerin alabilecekleri en yüksek ve en düşük değerlerin karşılaştırılmasıyla çözüm yolu oluşturulur. TOPSIS yönteminde nitel değerler üzerinde bir çevrim yapılmamaktadır. Bunun yerine direkt gerçek veriler üzerinden sonuca gidilmektedir (Eleren ve Karagül, 2008).

Oldukça geniş uygulama alanı olan ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri arasında da sıkça tercih edilen TOPSIS yönteminin 6 adımı bulunmaktadır.

3.2.1. TOPSIS sürecinin adımları

Adım-1 Karar Matrisinin (A) Oluşturulması: Karar matrisi oluşturulurken satırlarda seçim aşamasında kullanılacak alternatif seçenekler, sütunlarında ise alternatiflerin seçiminde kullanılacak kriterler yer alır (Yaraloğlu, 2010: 23). Karar noktalarının seçim sırasındaki performansını tespit edebilmek için oluşturulan karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur (Shyur, 2006: 251-259).

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

Adım-2 Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması: Aşağıdaki eşitlik sayesinde A matrisinin de elemanları kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur (Ergül, 2010: 63-65).

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (3.3.)$$

Eşitlik (3.3.) kullanılarak aşağıdaki gibi normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

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

Adım-3 Ağırlıklı Karar Matrisi (V) Oluşturulması: Normalize karar matrisinin sütunlarında yer alan değerler, W_j değerleri ile çarpılır (Çalışkan vd., 2012). Ayrıca kriterlere ağırlıklar verilirken karar vericinin kendi görüşleri de önem arz etmektedir (Demireli, 2010).

$$v_{ij} = W_i R_{ij} \quad (3.4.)$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (\text{Opricovic ve Tzeng, 2004: 449}) \quad (3.5.)$$

Ardından elde edilen R matrisi W_{ij} değerleri ile çarpılarak V_{ij} matrisi elde edilir (Supçiler ve Çapraz, 2011).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım-4 İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerinin Oluşturulması: TOPSIS yöntemine göre çözümde yer alan her bir değerlendirme faktörü bir trend sergilemektedir (Alp ve Engin, 2011). Buna göre en uygun çözüm, TOPSIS yönteminde elde edilen ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde yer alan değerlerden elde edilmektedir (Ustasüleyman, 2009).

İdeal çözüm setleri oluşturulurken Eşitlik (3.6.) kullanılırken, negatif ideal çözüm setleri içinse Eşitlik (3.7.)'den yararlanılır.

$$A^* = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (3.6.)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (3.7.)$$

Hem ideal hem de negatif ideal çözüm setleri, değerlendirme faktör sayısı kaç ise o kadar elemandan oluşmaktadır (Alp ve Engin, 2011).

Adım-5 Ayırım Ölçütlerinin Hesaplanması: Seçim aşamasında kullanılan her bir alternatifin ideal çözüme uzaklığı hesaplanırken aşağıdaki eşitlik kullanılır (Yoon ve Hwang, 1995).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.8.)$$

Yine ideal çözüm setlerinde olduğu gibi negatif ideal çözüm setleri de aşağıdaki eşitlik ile bulunur (Opricovic ve Tzeng, 2004: 449).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.9.)$$

Eşitliklerin çözümünde elde edilen S_i^* ve S_i^{-*} değerleri karar noktası sayısı kadar olmalıdır (Yaralıoğlu, 2010: 26).

Adım-6 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: İdeal ve negatif ideal çözüm setleri elde edildikten sonra karar noktalarının ideal çözüme göreli yakınlık aşağıdaki eşitlik ile elde edilir (Jadidi vd, 2008: 765).

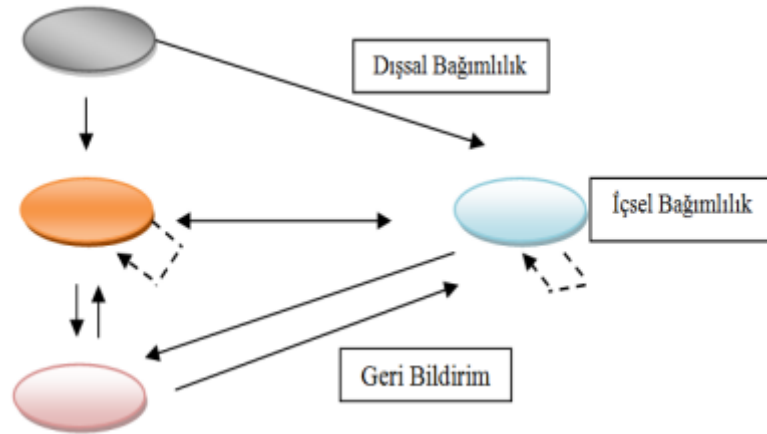
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.10.)$$

İdeal çözüme göre yakınlığın hesaplanması aslında, negatif ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsüne oranıdır. C_i^* 'nin alacağı değerler $0 \leq C_i^* \leq 1$ şeklindedir. Ayrıca eğer C_i^* değeri 1'e eşit olursa bu karar noktasının pozitif ideal çözüm noktasında yer aldığını gösterirken, C_i^* değerinin 0'a eşit olması yine bu karar noktasının negatif ideal çözüm noktasında yer aldığını göstermektedir (Özdağoğlu, 2012).

3.3. Analitik Serim Süreci

Son yıllarda yapılan çalışmalarda oldukça sık kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bir tanesi de Analitik Serim Sürecidir. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ASS en sık kullanılan karar verme yöntemlerindendir (Dağdeviren ve Yüksel, 2007; Saaty ve Shih, 2009: 872). Bu yöntem diğer karar verme süreçlerinden farklı olarak oluşturulan grupların hem kendi içindeki hem de gruplar arasındaki bağımlılıkları ortaya koymaktadır (Dağdeviren ve Yüksel, 2007; Saaty ve Shih, 2009: 872).

ASS yöntemi uygulanırken bir ağ modeli oluşturulur. Bu ağ modelinde kriterler arası ve kriterlerin alternatiflere bağılılıkları incelenmektedir. Bu sayede belli bir hiyerarşik yapıya sahip olan ve modellemesi zor problemlerin daha kolay bir şekilde ele alınmasına imkân sağlamaktadır. Analitik serim sürecinin şematik yapısı Şekil 3.2'de gösterilmektedir (Karsak vd., 2002).



Şekil 3.2. Analitik Serim Sürecinin Yapısı (Karsak vd., 2002).

3.3.1. Analitik serim sürecinin adımları

ASS yöntemi toplam dört adımla sonuca gitmektedir (Dağdeviren vd., 2005; Bayazit, 2006).

Adım-1 Amacın Belirlenmesi ve Modelin Oluşturulması: Birbiri ile ilişkili olan kriterler aynı küme içinde sınıflandırılır. Bu işlem alternatifler içinde uygulanmaktadır. Ardından birbiri içinde etkileşimde olan kümeler belirlenir. Bu sayede ağ yapısı oluşturulur.

Adım-2 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturularak Özvektörün Hesaplanması: Etkileşim içerisinde bulunan tüm kriterler ve alternatifler arasında bir karşılaştırma yapılır. Bu karşılaştırmalar da standart tercih tablosuna göre yapılır.

AHP’de yapılan tutarlılık analizinin aynısı burada da ikili karşılaştırmalar için yapılmaktadır. Eğer kriterler kendi içinde etkileşimde değil ise bu durum matrisin ilgili bölmesine sıfır değeri ile yansıtılmaktadır. Bu netice ile de özvektör elde edilmektedir. Daha sonra özvektörler ile de ağırlıklandırılmamış süpermatris oluşturulmaktadır.

Adım-3 Ağırlıklandırılmış Süpermatrisin Hesaplanması: Özvektörler ile elde edilen ağırlıklandırılmamış süpermatristeki her bir değer o kümenin sahip olduğu ağırlıklarıyla çarpımı ile yeni bir matris elde edilir. Ağırlıklandırılmış süpermatris bu şekilde oluşturulur. Eğer elde edilen ağırlıklandırılmış süpermatrisin her bir sütun değerleri toplamı bire eşit olmuyorsa sütun toplamları bire eşitlemek için normalleştirme işlemi yapılmalıdır.

Adım-4 Alternatiflerin Sıralanması: Son adımda kriterlerin ve alternatiflerin öncelikleri belirlenmiştir. Öncelik belirleme işlemi için normalize adımı uygulanmıştır.

3.4. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi (SAW)

West Churchman ve Russell Ackoff tarafından geliştirilen ve ilk olarak portföy seçim probleminde kullanılan Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi uygulanması çok basit olduğu için literatürde yer alan çalışmalarda bir hayli fazla kullanılmaktadır (Çakır ve Perçin, 2013).

Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi kullanılırken her bir karar noktasının katkılarının toplamıyla bir indeks elde edilmektedir. Elde edilen bu indeksler farklı birimlere sahip oldukları için normalize işlemi uygulanmaktadır. Ardından seçim aşamasında yer alacak tüm karar noktalarına ait toplam sonuç, o karar noktasının farklı kriterdeki normalize edilmiş değerleri ile kriterlere ait ağırlıklarının çarpılması sonucu elde edilir (Ersöz ve Kabak, 2010).

3.4.1. SAW yönteminin aşamaları

Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi sadece iki adımda sonucu vermektedir (Yeh, 2003).

Adım-1 Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: SAW yönteminin ilk adımında tüm kriterlerin türü belirlenmektedir. Kriterler maksimizasyon ve minimizasyon yönlü olarak tanımlanmalıdır. Ele alınan kriter maksimizasyon yönlü ise fayda kriteri için geliştirilen Eşitlik (3.11.)'in ilk satırı kullanılır. Kriter minimizasyon yönlü ise eşitliğin ikinci satırı kullanılmalıdır.

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \\ \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \end{cases} \quad i = 1, \dots, m ; \quad j = 1, \dots, n \quad (3.11.)$$

Eşitliklerde elde edilen tüm değerler pozitif olmalıdır. Eğer negatif değer elde edilirse pozitive dönüştürmek için Eşitlik (3.12.)'den faydalanılır.

$$r_{ij} = r_{ij} + |\min r_{ij}| + 1 \quad (3.12.)$$

Adım-2 Alternatiflerin Tercih Değerlerinin Hesaplanması: Her bir kriterin hesaplanmış değerleri ile ağırlıklarının çarpılması sonucunda elde edilen sonuç her bir alternatifin toplam tercih değerlerini verir.

$$S_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.13.)$$

Hesaplanan alternatif tercih değerlerinin (S_j) alacağı skorlar sıfır ile bir aralığında olmalıdır.

S_j değeri ne kadar büyük olursa ilgili alternatif daha fazla tercih edilmiş demektir. Ortalama alternatif tercih değerleri ($S_j^{\%}$) elde edilirken her bir değer toplam alternatif değere bölünmesiyle elde edilir. Bu sayede yüksek değere sahip olan alternatif ilk sırada yer almaktadır.

$$S_j^{\%} = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} \quad (3.14.)$$

3.5. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WP)

Bu yöntem Basit Ağırlıklı Toplama yöntemine çok benzemektedir. Uygulanması ve anlaşılması oldukça kolay olduğu için sık kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde, karar kriterleri sayısal ve karşılaştırılabilir olmalıdır. WP yönteminde karar matrisinin satırlarında alternatifleri, sütunlarda ise kriterleri taşımaktadır.

3.5.1. Ağırlıklı Çarpım yöntemi adımları

Ağırlıklı çarpım yöntemi iki adımdan oluşmaktadır.

Adım-1 Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar aşamasında yer alacak alternatifler ve alternatiflere ait kriterlerin yer aldığı karar matrisi oluşturulur.

Adım-2 Seçeneklerin Sıralanması: Aşağıda gösterilen eşitlik ile her bir alternatifin genel performansı hesaplanır. Ardından alternatiflerin aldığı değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sayede performansı en büyük olan alternatif ilk sırada yer alır (Savitha ve Chandrasekar, 2011).

$$V(A_i) = \prod_{j=1}^n X_{ij}^{w_j} \quad (3.15.)$$

X_{ij} j. kritere göre i. alternatifin öncelik değerini ve W_j , j. kriterin öncelik değerini göstermektedir.

3.6 ELECTRE Yöntemi

ELECTRE kelimesinin anlamı gerçeği yansıtan eleme ve seçim demektir (Türker, 1988). ELECTRE yönteminde alternatifler için uyum ve uyumsuzluk indeksleri kullanılır (Wang ve Triantaphyllou, 2008).

Bu yöntem genellikle nitel verilerin ağırlıklı olduğu ve bu verileri nicel hale dönüştürerek problemlerin çözümün sağlandığı bir metottur. Yöntemin temelinde tercih edilen veya tercih edilemeyen karar noktaları arasında bir üstünlük bağı kurulması bulunmaktadır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010).

3.6.1. ELECTRE yönteminin adımları

ELECTRE yöntemi aşağıdaki adımları takip etmektedir.

Adım-1 Karar matrisinin (A) oluşturulması: Karar matrisi bir başlangıç matrisidir. Bu matris aşağıda gösterildiği gibi oluşturulur (Soner ve Önüt, 2006:111).

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım-2 Normalize edilmiş karar matrisinin (X) oluşturulması: Bir önceki adımda oluşturulan A matrisinin elemanları yardımıyla bulunur normalize karar matrisi oluşturulur. Kriterler arasında maliyet ve fayda yönlü olanlar farklı normalizasyon formülleri ile hesaplanır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010). Maliyet kriterleri için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$x_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\frac{1}{a_{ij}})^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (3.16.)$$

Fayda kısıtı için ise aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (a_{ij})^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (3.17.)$$

Hesaplamalar neticesinde X matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım-3 Ağırlıklı karar matrisi (V) oluşturulması: Ağırlıklı karar matrisinin elde edilmesi için öncelikle karar verici kriterlerin ağırlıklarını belirlemelidir. Ardından normalize edilmiş karar matrisi elemanları ile ağırlıklar çarpılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi bulunur. (Soner ve Önüt, 2006:112).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım-4 Uyum (C_{kl}) ve uyumsuzluk (D_{kl}) setlerinin belirlenmesi: Tüm ikili karar noktası karşılaştırması için kriterler iki ayrı küme halinde ayrılır. Seçim aşamasında yer alan alternatiflerin tüm kriterlere göre “en iyi” olmadığı durumlarda, alternatiflerin bu kriterlerin büyük çoğunluğuna göre “iyi” olması istenir ve buna göre ikili karşılaştırmalar yapılır.

A_k ve A_l ($1, 2, \dots, m$ ve $k \neq l$) uyum kümesinde A_k seçeneği A_l seçeneğine tercih edilir.

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (3.18.)$$

Eğer A_k seçeneği A_l seçeneğinden daha kötü bir tercih ise “uyumsuzluk” kümesi oluşturulur (Çağıl, 2011).

$$D_{kl} = \{j, V_{kj} < V_{lj}\} \quad (3.19.)$$

Eşitliğin temelinde satırlarda yer alan alternatif değerlerinin büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Oluşturulan karar problemindeki toplam uyum seti sayısı ($m.m - m$) adettir. Bunun sebebi uyum setleri elde edilirken k ve l indisleri için $k \neq l$ olmak zorundadır. Oluşturulacak uyum setinde eleman sayısı her zaman en fazla kriter sayısı kadar olmalıdır (Yaralıoğlu, 2010).

Bu yöntemde mutlaka uyum (C_{kl}) ve uyumsuzluk setleri (D_{kl}) bulunmalıdır. Yani uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti de bulunmalıdır (Yücel ve Ulutaş, 2009).

Adım-5 Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması: Uyum matrisi (C) oluşturulurken uyum setlerinden yararlanılır. Uyum matrisi $m \times m$ boyutludur ve $k = l$ için değer almaz. Uyum matrisinin elemanları aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır (Yücel ve Ulutaş, 2009).

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (3.20.)$$

C matrisi de şu şekilde oluşturulmaktadır:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Uyumsuzluk matrisi elemanları ise şu şekilde hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (3.21.)$$

Uyum matrisi de uyumsuzluk matrisi gibi $m \times m$ boyutludur. D matrisi de şu şekilde oluşturulmuştur (Yücel ve Ulutaş, 2009):

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım-6 Uyum ($\underline{C}$) ve uyumsuzluk ($\underline{D}$) eşik değerlerinin belirlenmesi: Uyum eşik değeri aşağıda verilen eşitlik elde edilir (Yücel ve Ulutaş, 2009):

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (3.22.)$$

Başka bir deyişle $\underline{d}$ değeri $\frac{1}{m(m-1)}$ ile uyumsuzluk matrisini (D) oluşturan elemanların

çarpımından elde edilir (Yücel ve Ulutaş, 2009).

Adım-7 Karar noktalarının birbirine göre üstünlüklerinin belirlenmesi: m adet karar noktası için uyum ve uyumsuzluk matrislerinin tüm elemanları kendi eşik değerleri ile kıyaslanır.

Eğer $C_{pq} \geq \underline{C}$ ve $D_{pq} \leq \underline{D}$ ise A_p karar noktası A_q karar noktasından daha üstündür (Yarahoğlu, 2010).



4. LİTERATÜR TARAMASI

Uçakcıoğlu, hava savunma sanayisinde yatırım projeleri seçiminin çok ölçütlü karar verme ve hedef programlama ile yapılması hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, AHP ve VIKOR yöntemleri ile havacılık alanında yatırım yapılabilecek projelerin seçim işlemi yapılmıştır. Öte yandan yine aynı amaç doğrultusunda matematiksel model de kurulmuştur (Uçakcıoğlu, 2017).

Çakmak, Karar almada kullanılan analitik hiyerarşi metodu ve hava savunma sistemlerinde bir uygulama çalışması yapmıştır. Bu çalışmada hava savunma silah sistemlerinin harekât ortamındaki taktik gereksinimler, teknolojik ihtiyaçlar, hareketlilik ve desteklenebildik kriterleri açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. (Çakmak, 2000).

Tüysüz, Çok kriterli karar verme teknikleri ile savaş uçağı seçimi uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmada uluslararası alanda en etkili uçaklardan beşi Çok Kriterli Karar Verme teknikleri ile belli kriterler çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Belirlenen kriterler açısından en uygun olan uçak Analitik Hiyerarşi Prosesi, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir (Tüysüz, 2014).

Bulut, çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile gemi yatırımları ele alınmıştır. Bu çalışmada TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Nicel veriler ile kullanılan NBD sonuçları ile TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir (Bulut, 2008).

Atalay, çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanarak Hava Kuvvetleri Komutanlığı personel seçim sisteminin en iyilenmesi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada, İnsan Kaynakları ve Personel Temininin Önemi AHP, PROMETHEE ve Doğrusal Programlama yöntemleri kullanılarak yeni bir personel seçim sistemi oluşturulmuştur (Atalay, 2009).

Tekeş, Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile TSK envanterinde yer alan tabancaların bulanık uygunluk indeksli analitik hiyerarşi prosesi ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada "En İyi Tabanca Seçimi" problemi ele alınmış, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi çözüm süreci ortaya konmuştur. Tabancaların hem nicel hem de nitel özellikleri bulanık küme teorisi çerçevesinde üyelik fonksiyonları ile ele alınmış ve bu sayede en iyi tabanca seçim işlemi gerçekleştirilmiştir (Tekeş, 2002).

Yapılan literatür çalışmaları göz önüne alındığında ülke savunmasına katkı sunması amaçlanan hava savunma sistemlerinin seçimi için herhangi bir çalışma yapılmadığı

gözlemlenmiştir. Bu nedenle gerek ekonomik gerekse de stratejik açıdan büyük maliyet ve sorumluluk doğuracak bu seçim işleminin yapılmasının gerekli olduğu aşikârdır. Bizde bu çalışmada kriterlere uygun alternatifler arasından en doğru tercihi yapmak için çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile süreci ele alınmıştır.

Literatürde yer alan çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ele alınan çalışmalar arasında savunma sanayinde kullanılan veya alımı yapılacak projelerin seçimi yapılmıştır. Ancak ülke savunmasında kullanılması planlanan hava savunma sistemlerinin seçimi üzerine bir çalışma yapılmamıştır. Bu tez literatürde yer alan çalışmalardan özgün olmasının yanı sıra ekonomik ve stratejik açıdan yüksek katma değere sahiptir.

Yapılan çalışma sonucunda Analitik hiyerarşi prosesi, TOPSIS, ELECTRE, Analitik Serim süreci, Ağırlıklı çarpım ve Basit toplamli ağırlıklandırma yöntemleri ile süreci ele aldıktan sonra tüm yöntemlerde sonucun değişmediği ortaya çıkmıştır.

5. HAVA SAVUNMA SİSTEMİ SEÇİMİ UYGULAMASI

Çalışmada sırasıyla AHP, AHP temelli TOPSIS, Basit Toplamlı Ağırlıklandırma yöntemi, Ağırlıklı çarpım ve ELECTRE yöntemleri uygulanmıştır. Tüm yöntemlerin sonucu karşılaştırıldığında sonucun değişmediği seçilecek alternatifin S-400 hava savunma sistemi olacağı ortaya konmuştur.

5.1 AHP ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile problemin çözümü adımlar halinde uygulanmıştır. AHP yönteminde uygulanacak adımlarda aşağıda sıralanmıştır.

Adım-1 Problemin Tanımlanması ve problemin çözümüne yönelik hedeflerin saptanması: Türkiye'nin yakın gelecekte alacağı hava savunma sisteminin seçimi yapılacaktır. Bunun için ülkemizin son 10 yılında yakından ilgilendiği hava savunma sistemleri alternatif seçenekler olarak belirlenmiştir. Seçim aşamasında kullanılacak kriterler ise ekonomik, stratejik ve caydırıcılık ilkelerini temel alacak ölçüde seçilmiştir. Kriterlerin seçiminde alanında uzman 20 kişiden oluşan bir ekibe anket uygulanmıştır.

Adım-2 Kriterlerin Belirlenmesi: Kriterlerin belirlenmesi sürecinde alanında uzman ekibe yapılan ankette ülkemizin envantere katmasını planladığı hava savunma sisteminin seçiminde etkili olması gereken kriterler sorulmuştur. Elde edilen verilerin geometrik ortalaması alınarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Alınan sonuçlara göre belirlenen kriterler şunlardır:

Sistemin maliyeti: Hava savunma sistemlerinin toplam maliyeti.

Füze menzili: Hava savunma sistemlerinin kullandıkları füzelerin menzili.

Füzenin Maksimum irtifa: Hava savunma sistemlerinin kullandıkları füzelerin çıkabileceği maksimum irtifa.

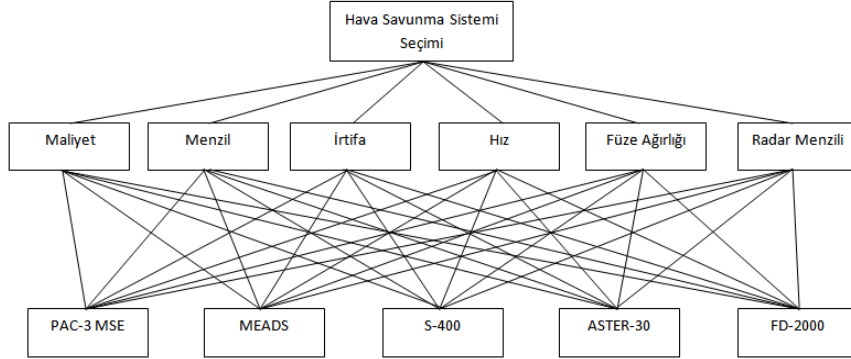
Füzenin maksimum hızı: Hava savunma sistemlerinin kullandığı füzelerin maksimum hızı.

Füze ağırlığı: Hava savunma sistemlerinin kullandığı füzelerin ağırlığı.

Radar menzili: Hava savunma sistemlerinin entegre olduğu radarın menzili.

Adım-3 Alternatiflerin Belirlenmesi: Seçilecek hava savunma sistemleri için göz önünde bulundurulacak alternatifler Türkiye'nin hava savunma sistemi ihtiyacını duyurduğu ve ihalelere çıktığı tarih olan 2006 yılından bugüne ilgilendiği tüm sistemlerden seçilmiştir.

Adım-4 Hiyerarşik Yapı Oluşturulması: AHP yönteminin temel alacağı hiyerarşik yapı Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Hiyerarşik yapı.

Adım-5 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması: Alternatiflerin her bir kriter bakımından ikili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin kriterler açısından karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Kriterlerin kriterler açısından karşılaştırma matrisi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kriterlerin kriterler açısından karşılaştırma matrisi.

Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
Maliyet	1	2	5	3	5	5
Menzil	0,5	1	5	3	2	3
İrtifa	0,2	0,2	1	0,333	3	0,333
Max. Hız	0,333	0,333	3	1	2	2
Füze Ağırlığı	0,2	0,5	0,333	0,5	1	0,333
Radar Menzili	0,2	0,333	3	0,5	3	1

Alternatiflerin maliyet kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Alternatiflerin maliyet kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	0,333	0,333	0,2	0,2
MEADS	3	1	1	0,333	0,333
S-400	3	1	1	0,333	0,333
ASTER	5	3	3	1	1
HQ-9	5	3	3	1	1

Alternatiflerin menzil kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Alternatiflerin menzil kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	1	4	5	3
MEADS	1	1	0,333	2	3
S-400	0,25	3	1	9	7
ASTER	0,2	0,5	0,111	1	2
HQ-9	0,333	0,333	0,143	0,5	1

Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	1	5	5	7
MEADS	1	1	5	5	7
S-400	0,2	0,2	1	1	3
ASTER	0,2	0,2	1	1	3
HQ-9	0,143	0,143	0,333	0,333	1

Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	1	0,333	1	2
MEADS	1	1	0,333	1	2
S-400	3	3	1	3	5
ASTER	1	1	0,333	1	2
HQ-9	0,2	0,2	0,2	0,2	1

Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	1	3	5	9
MEADS	1	1	3	5	9
S-400	0,333	0,333	1	3	7
ASTER	0,2	0,2	0,333	1	5
HQ-9	0,111	0,111	0,143	0,2	1

Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	1	1	0,2	0,333	0,333
MEADS	1	1	0,2	0,333	0,333
S-400	5	5	1	2	2
ASTER	3	3	0,5	1	1
HQ-9	3	3	0,5	1	1

Adım-6 Normalize Matrisinin Oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen normalize matrisler aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.8’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.8. Kriterlerin kriterler açısından normalize matrisi.

Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
Maliyet	0,411	0,458	0,288	0,360	0,313	0,429
Menzil	0,206	0,229	0,288	0,360	0,125	0,257
İrtifa	0,082	0,046	0,058	0,040	0,188	0,029
Hız	0,137	0,076	0,173	0,120	0,125	0,171
Füze Ağırlığı	0,082	0,115	0,019	0,060	0,063	0,029
Radar Menzili	0,082	0,076	0,173	0,060	0,188	0,086

Alternatiflerin maliyet kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.9’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.9. Alternatiflerin maliyet kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3 MSE	0,040	0,024	0,024	0,050	0,050
MEADS	0,200	0,122	0,122	0,119	0,119
S-400	0,200	0,122	0,122	0,119	0,119
ASTER	0,280	0,366	0,366	0,356	0,356
HQ-9	0,280	0,366	0,366	0,356	0,356

Alternatiflerin menzil kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.10’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.10. Alternatiflerin menzil kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3 MSE	0,113	0,113	0,104	0,182	0,125
MEADS	0,113	0,113	0,104	0,182	0,125
S-400	0,679	0,679	0,649	0,545	0,5625
ASTER	0,038	0,038	0,071	0,061	0,125
HQ-9	0,057	0,057	0,071	0,030	0,0625

Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.11’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.11. Alternatiflerin maksimum irtifa kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3 MSE	0,393	0,393	0,405	0,405	0,333
MEADS	0,393	0,393	0,405	0,405	0,333
S-400	0,079	0,079	0,081	0,081	0,143
ASTER	0,079	0,079	0,081	0,081	0,143
HQ-9	0,056	0,056	0,027	0,027	0,048

Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.12’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.12. Alternatiflerin maksimum hız kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	0,154	0,154	0,151	0,154	0,167
MEADS	0,154	0,154	0,151	0,154	0,167
S-400	0,462	0,462	0,455	0,462	0,417
ASTER	0,154	0,154	0,151	0,154	0,167
HQ-9	0,077	0,077	0,091	0,077	0,083

Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.13’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.13. Alternatiflerin füze ağırlığı kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	0,378	0,378	0,401	0,352	0,290
MEADS	0,378	0,378	0,401	0,352	0,290
S-400	0,126	0,126	0,133	0,211	0,225
ASTER	0,076	0,076	0,044	0,07	0,161
HQ-9	0,042	0,042	0,019	0,001	0,032

Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Çizelge 5.14’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.14. Alternatiflerin radar menzili kriteri açısından normalize matrisi.

Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
PAC-3	0,077	0,077	0,083	0,075	0,071
MEADS	0,077	0,077	0,083	0,075	0,071
S-400	0,385	0,385	0,417	0,409	0,429
ASTER	0,231	0,231	0,208	0,219	0,214
HQ-9	0,231	0,231	0,208	0,219	0,214

Adım-7 Öncelik Vektör Matrisinin Oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak elde edilen öncelik vektör matrisleri aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen öncelik vektör matrisi Çizelge 5.15’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.15. Kriterlerin kriterler açısından öncelik vektör matrisi.

Kriterler	Ağırlık
Maliyet	0,376
Menzil	0,244
İrtifa	0,074
Hız	0,134
Füze Ağırlığı	0,061
Radar Menzili	0,111

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik vektör matrisleri Çizelge 5.16’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.16. Alternatifleri kriterlerin açısından öncelik vektör matrisleri.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,038	0,127	0,386	0,156	0,075	0,076
MEADS	0,136	0,127	0,386	0,156	0,075	0,076
S-400	0,136	0,623	0,092	0,451	0,409	0,409
ASTER	0,345	0,066	0,092	0,156	0,219	0,220
HQ-9	0,345	0,055	0,043	0,081	0,219	0,220

Adım-8 Sütun Vektör Matrisinin Oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sütun vektör matrisleri sırasıyla Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.17. Kriterlerin kriterler açısından sütun vektör matrisi.

Kriterler	Sütun Vektörü
Maliyet	2,494
Menzil	1,657
İrtifa	0,463
Hız	0,905
Füze Ağırlığı	0,387
Radar Menzili	0,739

Çizelge 5.18. Alternatiflerin kriterler açısından sütun vektör matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,190	0,665	1,997	0,780	9,134	0,380
MEADS	0,691	0,665	1,997	0,780	9,134	0,380
S-400	0,691	3,250	0,468	2,260	4,196	2,047
ASTER	1,771	0,331	0,468	1,075	1,970	1,288
HQ-9	1,771	0,288	0,215	0,405	0,665	1,099

Adım-9 Temel Değerin Elde Edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisleri sırasıyla Çizelge 5.19’da ve Çizelge 5.20’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.19. Kriterlerin kriterler açısından temel değerleri excel tablosu.

Kriterler	Temel Değer
Maliyet	6,625
Menzil	6,784
İrtifa	6,285
Hız	6,767
Füze Ağırlığı	6,325
Radar Menzili	6,667

Çizelge 5.20. Alternatiflerin kriterler açısından temel değerleri excel tablosu.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	5,032	5,219	5,171	5,003	6,355	5,001
MEADS	5,070	5,219	5,171	5,003	6,355	5,001
S-400	5,070	5,215	5,060	5,008	4,755	5,01
ASTER	5,136	4,977	5,060	6,896	3,868	5,865
HQ-9	5,136	5,194	5,017	5,001	5,622	5,005

Adım-10 Lamda (λ) Değerinin Elde Edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen λ değerleri aşağıda verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen λ değeri 6,575 olarak bulunmuştur.

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen λ değerleri Çizelge 5.21’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.21. Alternatiflerin kriterler açısından λ değerleri excel tablosu.

Alternatifler/ λ Değerleri	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
	5,09	5,17	5,1	5,38	5,39	5,18

Adım-11 Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri aşağıda verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık indeksi 0,115 olarak bulunmuştur.

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri Çizelge 5.22’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.22. Alternatiflerin kriterler açısından tutarlılık indeksleri excel tablosu.

Alternatifler/ Tutarlılık İndeksi	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
	0,02	0,03	0,02	0,08	0,08	0,045

Adım-12 Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık oranları aşağıda verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık oranı 0,095 olarak bulunmuştur. Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık oranları Çizelge 5.23’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.23. Alternatiflerin kriterler açısından tutarlılık oranları excel tablosu.

Alternatifler/ Tutarlılık Oranları	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
	0,021	0,041	0,024	0,095	0,097	0,04

Adım-13 Sonucun Bulunması: Alternatiflerin öz vektörleri (ağırlıkları) ile kriterlerin öz vektörlerinin çarpılması ile elde edilen en yüksek sonuç değerine göre seçim yapabiliriz. Hesaplama sonuçlarına ilişkin ağırlıklar Çizelge 5.24’de belirtilmiştir.

Çizelge 5.24. AHP ağırlık değerleri.

Alternatifler	Ağırlık
PAC-3	0,107
MEADS	0,144
S-400	0,340
ASTER	0,211
HQ-9	0,194

AHP ağırlık değerlerine göre en yüksek değere sahip karar noktası S-400 hava savunma sistemidir. Bu nedenle AHP yöntemine göre seçilmesi gereken en uygun alternatif sistem S-400 hava savunma sistemidir.

5.2 AHP Temelli TOPSIS ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

TOPSIS yöntemi ile problemin çözümü adımlar halinde uygulanmıştır. TOPSIS yönteminde uygulanacak adımlarda aşağıda sıralanmıştır.

Adım-1 Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu adımda oluşturulacak matrisin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler yer alır. Karar matrisi Çizelge 5.25’de oluşturulmuştur.

Çizelge 5.25. TOPSIS karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	1	3	7	4	7	2
MEADS	3	3	7	4	7	2
S-400	3	10	2	8	7	5
ASTER	5	2	2	5	5	2
HQ-9	5	2	1	1	1	2

Adım-2 Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: Karar matrisinin normalleştirilmesi; sütun elemanlarının her birinin, ilgili sütundaki bütün değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünmesi ile oluşturulmuştur. Karar matrisinin normalize edilmiş hali Çizelge 5.26’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.26. Normalize edilmiş karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,12	0,80	4,74	1,45	3,73	0,625
MEADS	1,08	0,80	4,74	1,45	3,73	0,625
S-400	1,08	8,91	0,39	5,79	3,73	3,904
ASTER	3,01	0,36	0,39	2,26	1,90	0,625
HQ-9	3,01	0,36	0,10	0,09	0,08	0,625

Adım-3 Ağırlıklı Karar Matrisinin Oluşturulması: Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra, AHP yönteminde hesaplanan ağırlık katsayıları kullanılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi bulunur. Ağırlıklandırılmış karar matrisi Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Ağırlıklandırılmış karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,05	0,20	0,35	0,19	0,23	0,069
MEADS	0,41	0,20	0,35	0,19	0,23	0,069
S-400	0,41	2,17	0,03	0,78	0,23	0,433
ASTER	1,13	0,09	0,03	0,30	0,12	0,069
HQ-9	1,13	0,09	0,01	0,01	0,005	0,069

Adım-4 Pozitif ve Negatif İdeal Veri Setlerinin Belirlenmesi: Ağırlıklı karar matrisi bulunduktan sonra pozitif ideal ve negatif ideal veri setleri seçilir. Kriterlere ait pozitif ve negatif ideal veri setleri Çizelge 5.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. Pozitif ve negatif ideal veri setleri excel tablosu.

	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
Pozitif İdeal Veri Setleri(S*)	0,05	2,17	0,35	0,78	0,005	0,433
Negatif İdeal Veri Setleri(S-)	1,13	0,09	0,01	0,01	0,23	0,069

Adım-5 İdeal Uzaklıkların Hesaplanması: Her kriter için ideal pozitif ve negatif veri setleri bulunduktan sonra ideal uzaklıklar hesaplanır. Bunun için; her bir sütundaki kriter değerlerinin sırasıyla en büyük ve en küçük değerden çıkarılıp karesi alınarak bulunmaktadır. Pozitif ideal çözüme uzaklık değerleri Çizelge 5.29’da negatif ideal çözüme uzaklık değerleri de Çizelge 5.30’da oluşturulmuştur.

Çizelge 5.29. Pozitif ideal çözüme uzaklık değerleri excel tablosu.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,0000224	3,8981162	0,0000003	0,3432687	0,0493948	0,1322478
MEADS	0,1277246	3,8981162	0,0000003	0,3432687	0,0493948	0,1322478
S-400	0,1277246	0,0000139	0,1032881	0,0000127	0,0493948	0,0000001
ASTER	1,1699170	4,3391015	0,1032881	0,2272479	0,0123085	0,1322478
HQ-9	1,1699170	4,3391015	0,1175435	0,5896216	0,0000001	0,1322478

Çizelge 5.30. Negatif ideal çözüme uzaklık değerleri excel tablosu.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	1,176650	0,01116	0,11597	0,03390	0,00001	0,0000001
MEADS	0,522171	0,01116	0,11597	0,03390	0,00001	0,0000001
S-400	0,522171	4,34191	0,00035	0,58742	0,00001	0,1327744
ASTER	0,000003	0,00001	0,00035	0,08602	0,01301	0,0000001
HQ-9	0,000003	0,00001	0,00001	0,00000	0,05079	0,0000001

Adım-6 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: Pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri bulunduğundan sonra ideal çözüme göre yakınlık hesaplanır. İdeal çözüme göreli yakınlık ise Çizelge 5.31’de oluşturulmuştur.

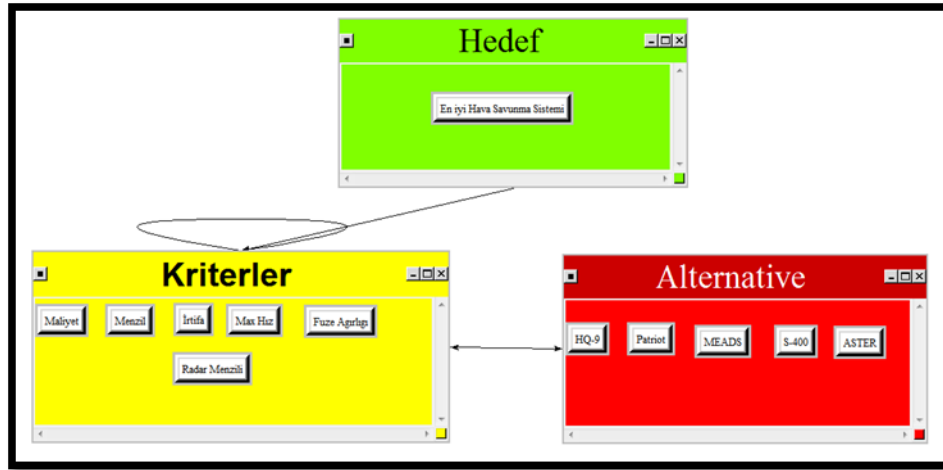
Çizelge 5.31. İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri excel tablosu.

C	Değer
C ₁	0,232173
C ₂	0,129018
C ₃	0,953439
C ₄	0,016686
C ₅	0,008356

Adım-7 Sonucun bulunması: TOPSIS yöntemine göre elde edilen sonuçlara göre seçilmesi gereken en uygun hava savunma sistemi 3’üncü seçenek olan S-400 hava savunma sistemidir.

5.3 ASS ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

Çalışmanın bu bölümünde hava savunma sistemlerinin seçiminde ASS yöntemi uygulanırken “Super Decision” paket programından faydalanılmıştır. ASS yönteminin ağ yapısı ise Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Analitik Serim Süreci Yönteminin Ağ Yapısı.

Şekil 5.2’de Analitik ağ yapısının kriterlerin kriterleri etkileme değerlerinin olduğu görülmektedir. ASS sürecinde kriterlerin kriterler üzerindeki etkisini saptayabilmek için uzman görüşlerine ihtiyaç duyulmuştur.

ASS yönteminde de AHP yöntemine benzer olarak kriterler ve alternatifler için ikili karşılaştırmalar yapılmış ve kendi içlerindeki tutarlılık oranları ve değerleri belirlenmiştir. ASS yönteminde de kriterlerin ikili karşılaştırma değerleri ve öncelik matris değerleri AHP yöntemindekiler ile aynıdır. Ancak ASS yönteminde AHP sürecinden farklı olarak kriterlerin birbirlerini ve alternatiflerin de kriterleri etkileme durumları bulunmaktadır.

Şekil 5.3’de da kriterlerin kriterleri etkileme oranları 1-9 skalasına göre oluşturulmuştur.

Inconsistency	İrtifa ~	Maliyet ~	Max Hız ~	Menzil ~	Radar Menz~
Fuze Ağırl~	↑ 3.0000	↑ 5	↑ 2	↑ 2	↑ 3.0000
İrtifa ~		↑ 5	↑ 3.0000	↑ 5	← 3
Maliyet ~			← 3	← 2	← 5
Max Hız ~				↑ 3.0000	← 2
Menzil ~					← 3

Şekil 5.3. Kriterlerin kriterleri etkileme oranı.

Super Decisions 2.0 programına gerekli verilerin girilmesinden sonra sırasıyla Şekil 5.4’de verilen ağırlıklandırılmamış süpermatris ve Şekil 5.5’de verilen ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilmiştir.

Super Decisions Main Window: hava savunma sistemi seçimi.sdmod: Unweighted Super Matrix									
Cluster Node Labels		Alternative					Hedef	Kriterler	
		ASTER	HQ-9	MEADS	Patriot	S-400	En iyi Hava Savunma Sistemi	Fuze Ağırlığı	İrtifa
Alternati ve	ASTER	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.083053	0.067182
	HQ-9	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.028924	0.039717
	MEADS	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.299870	0.378152
	Patriot	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.379790	0.378152
	S-400	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.208362	0.136798
Hedef	En iyi Hava Savunma Sistemi	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Kriterle r	Fuze Ağırlığı	0.066942	0.079090	0.070576	0.051938	0.047075	0.058101	0.166667	0.166667
	İrtifa	0.043002	0.045416	0.048749	0.035943	0.031387	0.101339	0.166667	0.166667

Şekil 5.4. Ağırlıklandırılmamış süpermatris.

Super Decisions Main Window: hava savunma sistemi seçimi.sdmod: Weighted Super Matrix									
Cluster Node Labels		Alternative	Hedef	Kriterler					
		S-400	En iyi Hava Savunma Sistemi	Fuze Ağırlığı	İrtifa	Maliyet	Max Hız	Menzil	Radar Menzili
Alternati ve	ASTER	0.000000	0.000000	0.041526	0.033591	0.117259	0.109810	0.031806	0.109810
	HQ-9	0.000000	0.000000	0.014462	0.019858	0.175764	0.109810	0.027528	0.109810
	MEADS	0.000000	0.000000	0.149935	0.189076	0.066863	0.037965	0.064010	0.037965
	Patriot	0.000000	0.000000	0.189895	0.189076	0.017363	0.037965	0.064010	0.037965
	S-400	0.000000	0.000000	0.104181	0.068399	0.122751	0.204450	0.312646	0.204450
Hedef	En iyi Hava Savunma Sistemi	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Kriterle r	Fuze Ağırlığı	0.047075	0.058101	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.125000
	İrtifa	0.031387	0.101339	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.125000

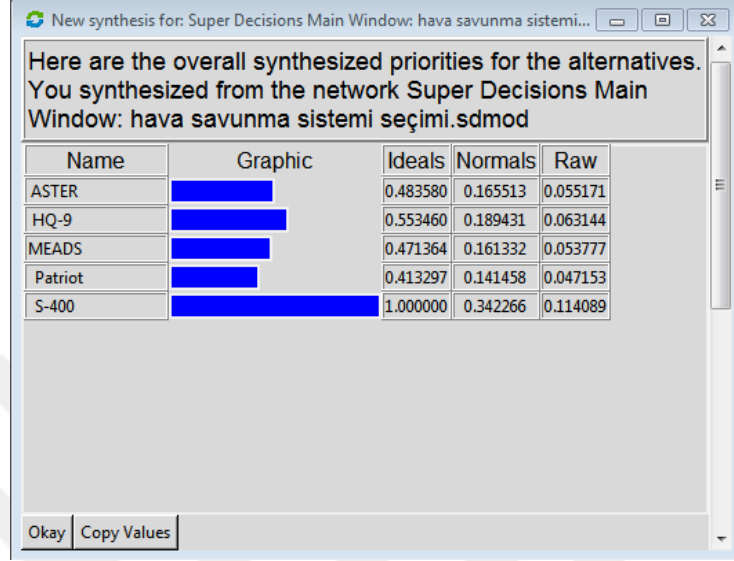
Şekil 5.5. Ağırlıklandırılmış süpermatris.

Ardından programın sonuç ekranından, modelde yer alan kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiştir. Çizelge 5.32’de yer alan kriterlerin öncelik değerlerine bakıldığında, en iyi hava savunma sistemi seçimi modeli için, en önemli kriterin 0.370 öncelik değeri ile “maliyet” kriteri olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.32. Hava savunma sistemi seçimi modelinde yer alan kriterlerin öncelik değerleri.

Fuze Ağırlığı	0.0581
İrtifa	0.10134
Maliyet	0.37055
Max Hız	0.13772
Menzil	0.25551
Radar Menzili	0.07678

Kriter ağırlıklarının hesaplanmasından yola çıkılarak, alternatif hava savunma sistemleri öncelik değerleri ve tercih sıralaması Şekil 5.6'de yer almaktadır.



Şekil 5.6. Alternatif hava savunma sistemlerinin öncelik değerleri ve tercih sıralaması.

Şekil 5.6'da da görüldüğü üzere, S-400 hava savunma sistemi, %34,22 öncelik değeriyle ilk sırada yer almaktadır. Diğer hava savunma sistemlerinden, HQ-9 %18,94 öncelik değeri ile ikinci ve ASTER %16,55 öncelik değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır. Öncelik değerlerine bakıldığında PATRIOT ve MEADS hava savunma sistemleri en son tercih edilebilecek sistemler arasında yer almaktadır. Bu sonuca göre Alternatifler arasından S-400 hava savunma sisteminin ilk sırada tercih edilmesi modelde yer alan kriterlere göre daha uygun olacaktır.

5.4 SAW Yöntemi ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

Basit toplamli ağırlıklandırma yönteminde ilk olarak alternatifler ve alternatiflere ait kriterlerin oluşturduğu karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan karar matrisi Çizelge 5.33'de verilmiştir.

Çizelge 5.33. Karar matrisi.

Kriterler\Alternatifler	Kriter Türü	Ağırlık	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9	İdeal Değer
Maliyet	Enk.	0,376	7	5	5	4	4	4,2
Menzil	Enb.	0,244	35	35	60	20	25	65
İrtifa	Enb.	0,074	45	45	30	30	25	48
Max. Hız	Enb.	0,134	5	5	6,5	4,5	4	6,5
Füze Ağırlığı	Enk.	0,061	312	312	333	450	1300	250
Radar Menzili	Enb.	0,111	100	100	300	120	120	350

Oluşturulan karar matrisinde yer alan kriterler arasına maksimizasyon ve minimizasyon olan kriterler bulunmaktadır. Buna göre maliyet ve füze ağırlığı kriterleri maliyet kriterinde yer alırken, menzil, irtifa, max. Hız ve radar menzili fayda kriterleri arasında yer almaktadır.

Karar matrisinin normalize edilmesi için işlemde Eşitlik (3.11.) kullanılmıştır. Normalize işlemi sonucunda elde edilen normalize edilmiş karar matrisi Çizelge 5.34’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34. Normalize edilmiş karar matrisi.

Kriterler\Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER-30	HQ-9
Maliyet	0,600	0,840	0,840	1,050	1,050
Menzil	0,538	0,538	0,923	0,308	0,385
İrtifa	0,938	0,938	0,625	0,625	0,521
Max Hız	0,769	0,769	1	0,692	0,615
Füze Ağırlığı	0,801	0,801	0,751	0,556	0,192
Radar Menzili	0,286	0,286	0,857	0,343	0,343

Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra normalize edilmiş değerler kriter ağırlıkları ile çarpılarak her bir alternatifin toplam tercih değerleri elde edilmektedir. Her bir alternatifin toplam tercih değeri de Çizelge 5.35’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.35. Alternatiflerin toplam tercih değerleri excel tablosu.

Kriterler\Alternatifler	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
Maliyet	0,226	0,316	0,316	0,395	0,395
Menzil	0,131	0,131	0,225	0,075	0,094
İrtifa	0,069	0,069	0,046	0,046	0,039
Max Hız	0,103	0,103	0,134	0,093	0,082
Füze Ağırlığı	0,049	0,049	0,046	0,034	0,012
Radar Menzili	0,032	0,032	0,095	0,038	0,038
	0,610	0,700	0,862	0,681	0,659

Görelî toplam tercih değerleri Eşitlik (3.14.)’de verilen normalize formülü ile belirlenebilir. Normalleştirilmiş değerleri alınan toplam tercih değerleri Çizelge 5.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.36. Toplam tercih değeri kriterinin normalleştirilmiş değerleri excel tablosu.

PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9	
0,61	0,7	0,862	0,681	0,659	3,512
0,174	0,199	0,245	0,194	0,188	

Basit toplamlı ağırlıklandırma yönteminde de görüldüğü üzere mevcut kriterler üzerinden seçim yapılma ihtimali en yüksek olan alternatif S-400 hava savunma sistemidir.

5.5 Ağırlıklı Çarpım ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

Basit toplamlı ağırlıklandırma yönteminde elde edilen karar matrisi burada da kullanılmaktadır. Karar matrisi Çizelge 5.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.37. Ağırlık çarpım karar matrisi.

Kriterler\Alternatifler	Ağırlık	PAC-3	MEADS	S-400	ASTER	HQ-9
Maliyet	0,376	1	3	3	5	5
Menzil	0,244	3	3	10	2	2
İrtifa	0,074	7	7	2	2	1
Max Hız	0,134	4	4	8	5	1
Füze Ağırlığı	0,061	7	7	7	5	1
Radar Menzili	0,111	2	2	5	2	2

Her bir alternatifin performans değeri, Çizelge 5.37’de verilen başlangıç karar matrisi dikkate alınarak Eşitlik (3.15.)’de verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır. Daha sonra alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Çizelge 5.38’de de alternatiflerin performans değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.38. Performans sıralaması excel tablosu.

Alternatifler	Performans Değeri
PAC-3	1,744
MEADS	3,342
S-400	4,964
ASTER	3,375
HQ-9	2,342

Ağırlıklı çarpım yönteminde performansı en yüksek olan alternatif ilk seçilecek alternatiftir. Çizelge 5.38’de de görüldüğü üzere performans değeri en yüksek olan alternatif S-400 hava savunma sistemidir.

5.6 ELECTRE ile Hava Savunma Sistemi Seçim Uygulaması

Hava savunma sistemlerinin seçiminde kullanılacak ELECTRE yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmiştir.

Adım-1 Karar Matrisinin Oluşturulması: ELECTRE uygulanırken ilk olarak başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu karar matrisi TOPSIS yönteminde kullanılan matrisle aynı olup Çizelge 5.39’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.39. ELECTRE karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	1	3	7	4	7	2
MEADS	3	3	7	4	7	2
S-400	3	10	2	8	7	5
ASTER	5	2	2	5	5	2
HQ-9	5	2	1	1	1	2

Adım-2 Karar Matrisinin Elde edilmesi: Karar matrisi oluşturulduktan sonra bu matris normalize edilir. TOPIS yönteminde de kullanılan normalize işleminde elde edilen matris Çizelge 5.40’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.40. Normalize karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,12	0,80	4,74	1,45	3,73	0,625
MEADS	1,08	0,80	4,74	1,45	3,73	0,625
S-400	1,08	8,91	0,39	5,79	3,73	3,904
ASTER	3,01	0,36	0,39	2,26	1,90	0,625
HQ-9	3,01	0,36	0,10	0,09	0,08	0,625

Adım-3 Ağırlıklı Karar Matrisinin Oluşturulması: Standart karar matrisi elde edilirken normalize matriste yer alan her bir değer ağırlık katsayısı ile çarpılmaktadır. Oluşturulan ağırlıklı karar matrisi ise Çizelge 5.41’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.41. Ağırlıklı karar matrisi.

Alternatifler\Kriterler	Maliyet	Menzil	İrtifa	Max Hız	Füze Ağırlığı	Radar Menzili
PAC-3	0,05	0,20	0,35	0,19	0,23	0,069
MEADS	0,41	0,20	0,35	0,19	0,23	0,069
S-400	0,41	2,17	0,03	0,78	0,23	0,433
ASTER	1,13	0,09	0,03	0,30	0,12	0,069
HQ-9	1,13	0,09	0,01	0,01	0,005	0,069

Adım-4 Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi: Bu adımda uyum ve uyumsuzluk setlerinin oluşturulması için ağırlıklı karar matrisinden yararlanılır. Uyum ve uyumsuzluk setleri Çizelge 5.42’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.42. Uyum ve uyumsuzluk setleri excel tablosu.

C(S1;S2)	2,3,4,5,6	D(S1;S2)	1
C(S1;S3)	3,5	D(S1;S3)	1,2,3,6
C(S1;S4)	2,3,6	D(S1;S4)	1,4,5
C(S1;S5)	2,3,4,5,6	D(S1;S5)	1
C(S2;S1)	1	D(S2;S1)	-
C(S2;S3)	1,3,5	D(S2;S3)	2,4,6
C(S2;S4)	2,3,5,6	D(S2;S4)	1,4
C(S2;S5)	2,3,4,5,6	D(S2;S5)	1
C(S3;S1)	1,2,4,5,6	D(S3;S1)	3
C(S3;S2)	1,2,4,5,6	D(S3;S2)	3
C(S3;S4)	2,3,4,5,6	D(S3;S4)	1
C(S3;S5)	2,3,4,5,6	D(S3;S5)	1
C(S4;S1)	1,4,6	D(S4;S1)	2,3,5
C(S4;S2)	1,4,6	D(S4;S2)	2,3,5
C(S4;S3)	1,3	D(S4;S3)	2,4,5,6
C(S4;S5)	1,2,3,4,5,6	D(S4;S5)	-
C(S5;S1)	1,6	D(S5;S1)	2,3,4,5
C(S5;S2)	1,6	D(S5;S2)	2,3,4,5
C(S5;S3)	1	D(S5;S3)	2,3,4,5,6
C(S5;S4)	1,2,6	D(S5;S4)	3,4,5

Adım-5 Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması: Gerekli setler oluşturulduktan sonra bu setlerin matrisleri oluşturulmalıdır. Uyum matrisi oluşturulurken her uyum setinde yer alan numaralara karşılık gelen kriterlerin ağırlıkları toplanmıştır. Oluşturulan uyum matrisi Çizelge 5.43’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.43. Uyum matrisi.

-	0,624	0,135	0,429	0,624
0,376	-	0,511	0,490	0,624
0,926	0,926	-	0,624	0,624
0,621	0,621	0,450	-	1,000
0,487	0,487	0,376	0,731	-

Uyumsuzluk matrisinin oluşturulması içinde Eşitlik (3.21.)’den yararlanılmıştır. Örneğin d_{13} için $D_{13} = \{1,2,3,6\}$ uyumsuzluk seti dikkate alınır. Bu set için formülün pay kısmı,

$$J = 1 \Rightarrow |y_{1;1} - y_{3;1}| = |0,05 - 0,41| = 0,36$$

$$J = 2 \Rightarrow |y_{1;2} - y_{3;2}| = |0,20 - 2,17| = 1,97$$

$$J = 3 \Rightarrow |y_{1;3} - y_{3;3}| = |0,35 - 0,03| = 0,32$$

$$J = 6 \Rightarrow |y_{1;6} - y_{3;6}| = |0,069 - 0,069| = 0$$

Payda kısmı için de,

$$J = 1 \Rightarrow |y_{11} - y_{31}| = |0,05 - 0,41| = 0,36$$

$$J = 2 \Rightarrow |y_{12} - y_{32}| = |0,2 - 2,17| = 2,15$$

$$J = 3 \Rightarrow |y_{13} - y_{33}| = |0,35 - 0,03| = 0,32$$

$$J = 4 \Rightarrow |y_{14} - y_{34}| = |0,19 - 0,78| = 0,59$$

$$J = 5 \Rightarrow |y_{15} - y_{35}| = |0,23 - 0,23| = 0$$

$$J = 6 \Rightarrow |y_{16} - y_{36}| = |0,69 - 0,433| = 0,364$$

O halde $D(A1;A2)$ şu şekilde hesaplanır;

$$DA_{1,2} = \frac{\max\{0,36;1,97;0,32;0\}}{\max\{0,36;2,15;0,32;0,59;0;0,364\}} = \frac{1,97}{2,15} = 0,916$$

Matrisin diğer tüm değerleri de benzer şekilde hesaplanmıştır. Elde edilen uyumsuzluk matrisi Çizelge 5.44'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.44. Uyumsuzluk matrisi.

-	1,000	1,000	1,000	1,000
0	-	1,000	1,000	1,000
0,149	0,148	-	0,346	0,346
0,296	0,444	1,000	-	0,000
0,398	0,472	1,000	1,000	-

Adım-6 Uyum ve Uyumsuzluk Eşik Değerlerinin Belirlenmesi: Bu adımda her iki matrisinde üstünlük değerlerini bulmak için eşik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu $\underline{C} = 0,584$ $\underline{D} = 0,63$ değerleri elde edilmiştir. Daha sonra $C_{pq} \geq \underline{C}$ ve $D_{pq} < \underline{D}$ ise A_p alternatifi A_q alternatifine tercih edilecektir.

Çizelge 5.45. Karar noktalarının birbirlerine göre üstünlük sırala excel tablosu.

	$C(p, q)$	$C(p, q) \geq \underline{C}$	$D(p, q)$	$D(p, q) < \underline{D}$	$A_p \rightarrow A_q$
S(A1;A2)	0,624	Evet	1	Hayır	
S(A1;A3)	0,135	Hayır	1	Hayır	
S(A1;A4)	0,429	Hayır	1	Hayır	
S(A1;A5)	0,624	Evet	1	Hayır	
S(A2;A1)	0,376	Hayır	0	Evet	
S(A2;A3)	0,511	Hayır	1	Hayır	
S(A2;A4)	0,49	Hayır	1	Hayır	
S(A2;A5)	0,624	Evet	1	Hayır	
S(A3;A1)	0,926	Evet	0,149	Evet	$3 \rightarrow 1$
S(A3;A2)	0,926	Evet	0,148	Evet	$3 \rightarrow 2$
S(A3;A4)	0,624	Evet	0,346	Evet	$3 \rightarrow 4$
S(A3;A5)	0,624	Evet	0,346	Evet	$3 \rightarrow 5$
S(A4;A1)	0,621	Evet	0,296	Evet	$4 \rightarrow 1$
S(A4;A2)	0,621	Evet	0,444	Evet	$4 \rightarrow 2$
S(A4;A3)	0,45	Hayır	1	Hayır	
S(A4;A5)	1	Evet	0	Evet	$4 \rightarrow 5$
S(A5;A1)	0,487	Hayır	0,398	Evet	
S(A5;A2)	0,487	Hayır	0,472	Evet	
S(A5;A3)	0,376	Hayır	1	Hayır	
S(A5;A4)	0,731	Evet	1	Hayır	

Bunun içinde Çizelge 5.45’de oluşturulan üstünlük tablosuna göre eğer bu eşitlikler sağlanıyorsa karşılıklarına Evet, sağlanmıyorsa Hayır yazılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında ise 20 üstünlük karşılaştırmasının 7’sinde üstünlük ilişkisi olduğu oluşturulan uyum ve uyumsuzluk matrislerinde görülmüştür. Çizelge 5.45’de sonuçların üstünlük sıralamasını 3, 4, 1, 2, 5 şeklindedir. Yani 3’üncü alternatif olan S-400 hava savunma sistemi diğer alternatiflere göre daha üstündür.

6. SONUÇ

Havacılık sektörünün hızla gelişmesi ve harp sahalarının karadan havaya kayması ile hava savunma sistemleri büyük önem arz eder hale gelmiştir. Yakın coğrafyada kullanımı zorunlu hale gelen ve kritik tesislerin kullanılmasında elzem olan alçak irtifa hava savunma sistemlerinin yanında komşu ülkelerden ve kıtalararası uzaklıklardan gelebilecek tehditlere karşı caydırıcılık sağlaması bakımından yüksek irtifa hava savunma sistemlerinin de kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda çalışmada Türkiye’de henüz bulunmayan ve envantere katılması planlanan yüksek irtifa hava savunma sistemlerini belirli kriterler altında 6 farklı yöntemle seçme ve sıralama işlemi yapıldı. En sık kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve devamında kullanılan AHP temelli TOPSIS yöntemlerinin yanı sıra ASS, ELECTRE, SAW ve WP yöntemleri de kullanılmıştır.

Toplam 5 farklı alternatif arasından yapılan seçim sürecinde kullanılan tüm yöntemlerde alınan sonuçlara göre seçilmesi en uygun olan hava savunma sistemi 3 numaralı sistem olan S-400 hava savunma sistemidir. Rus yapımı olan ve S-300 hava savunma sisteminin modernize hali şeklinde tasarlanan bu sistemin mevcut kriterler altında seçiminin en uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan alternatiflere ait kriterler göz önüne alındığında AHP, AHP temelli TOPSIS, WP, ASS, ELECTRE ve SAW yöntemleri ile seçilecek alternatiflerden en uygun olanının S-400 hava savunma sistemi olduğu ortaya çıkmaktadır. AHP sürecinde yapılan uzman anketleri sonucunda kriterlerin ağırlıkları ortaya konmuştur. Oluşturulan öncelik matrisleri sayesinde mevcut kriterler altında seçilecek en doğru alternatifin S-400 hava savunma sistemi olduğu ortaya konmuştur. TOPSIS yönteminde ise ideal çözüme göre yakınlık hesaplanarak en ideal hava savunma sistemi belirlenmiştir. WP yönteminde ise her alternatifin genel performans değerleri ele alınmıştır.

ELECTRE ve SAW yöntemine karşın ASS yönteminde birbirini etkileyen kriterler göz önüne alınmasına karşın sonuç değişmemiştir. SAW yönteminde ise kriterler diğer yöntemlerden farklı olarak maksimizasyon ve minimizasyon olarak sınıflandırılarak fayda ve maliyet kriterleri oluşturulmuştur. Bu sınıflandırmanın sonucunda yapılan çözüm süreci sonunda seçilecek alternatif yine aynı kalmıştır.

Tüm yöntemlerde her ne kadar çözüm süreci farklı işlese de sonuç değişmemiştir. Tabi bu seçim sürecinde politik kararlar, entegrasyon ve ülkeler arası ilişkiler gibi ölçümü zor kriterler göz ardı edilmiştir. Ayrıca bu seçim işleminde Analitik Serim Süreci gruplar arası etkileşimi de göz önünde bulundurduğu için elde edilen sonuçlar daha anlamlı çıkmaktadır.

Çalışmanın geliştirilmesi adına karar değişkenleri ikili değişken olarak alınıp (seçim problemini ifade edebilmek için) belli amaçları oluşturulan bazı kısıtlar altında optimize etmeye çalışan bir matematiksel model kurulup çözülebilir. Ayrıca bulanık ortamda analizler yapılabilir. Etkinlik ve verimlilik ölçümü içinse ONAX yöntemi uygulanabilir.

Konu üzerine yapılacak yeni çalışmalarda bu çalışmada kullanılmayan karar ölçütleri (entegrasyon, politik kararlar, devlet politikaları vb.) ilerleyen çalışmalarda ele alınarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca PROMETHEE, VIKOR ve DEMATEL gibi çok ölçütlü karar verme yöntemleri ileri ki çalışmalarda kullanılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akyüz Y., Bozdoğan T. ve Hantekin E., (2011), “TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1): 73-92.

Alp S. ve Engin T., (2011), “Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin, TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(19): 65-87.

Atalay, M. (2009). Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Kullanarak Hava Kuvvetleri Komutanlığı Personel Seçim Sisteminin En İyilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 163s.

Bayazıt O. (2006), “Use of Analytic Network Process in Vendor Selection Decisions”, *Benchmarking: An International Journal*, 13(5): 566-579.

Bulut, E. (2008). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Gemi Yatırımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 96s.

Cho, K.T., (2003), “Multicriteria Decision Methods: An Attempt to Evaluate and Unify”, *Mathematical and Computer Modeling*, 37(9-10): 1099–1119.

Çakır S. ve Perçin S (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış*, 13(4): 452.

Çakmak, O. (2000). Karar Almada Kullanılan Analitik Hiyerarşi Metodu Ve Hava Savunma Sistemlerinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 92.

Çalışkan, H., Kurşuncu, B., Kurbanoglu, C. ve Güven, Ş.Y., (2012), “TOPSIS Metodu Kullanılarak Kesici Takım Malzemesi Seçimi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3): 35-42.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çelik N. ve Murat G. (2010), “Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Üniversite Dinamik Entegre Strateji Modeli Geliştirilmesi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 27(67): 32-51.

Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M., (2004), “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2): 131-138.

Dağdeviren M. ve Yüksel I. (2007), “Personnel Selection Using Analytic Network Process”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(6): 99-118.

Dağdeviren M., Eraslan E., Kurt M. ve Dizdar, E.N. (2005), “Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım”, *Teknoloji Dergisi*, 8(2): 115-122.

Demireli, E., (2010), “TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye’deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama”, *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5(1): 101-112.

Eleren, A. ve Karagül, M., (2008), “1986-2006 Türkiye Ekonomisi’nin Performans Değerlendirmesi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15(1): 1-14.

Ergül, N., (2010), İMKB’de İşlem Gören Enerji Şirketlerinin Mali Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile Analizi, Beta Yayınları, İstanbul.

Ersöz F. ve Kabak M. (2009), “Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, 9: 110.

Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., (2010), “ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, 25(2): 23-41.

<http://www.military-today.com/missiles/hq9.htm>, Erişim Tarihi: 2017.

http://www.military-today.com/missiles/patriot_pac3.htm, Erişim Tarihi: 2017.

<http://www.kokpit.aero/encok-haber-yapilan-fuze>, Erişim Tarihi: 2006.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

<http://www.kokpit.aero/hava-savunma-fuzeleri-meads>, Erişim Tarihi: 2006.

<http://www.military-today.com/missiles/meads.htm>, Erişim Tarihi: 2015.

<http://www.kokpit.aero/avrupali-aster-fuzesi>, Erişim Tarihi: 2015.

<http://www.kokpit.aero/hakan-kilic-cin-fuzesi-almali-miyiz>? Erişim Tarihi: 2015.

http://www.military-today.com/missiles/s400_triumph.htm, Erişim Tarihi: 2015.

<http://www.kokpit.aero/hakan-kilic-s400>, Erişim Tarihi: 2006.

Jadıdı, O., Hong, T.S., Firouzi F., Yusuf R.M. and Zulkıflı N., (2008), “TOPSIS ve Fuzzy Multi-Objective Model Integration for Supplier Selection Problem”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 31(2): 762-769.

Karsak E.E., Sozer S. ve Alptekin S.E. (2002), “Product Planning in Quality Function Deployment Using A Combined Analytic Network Process and Goal Programming Approach”, *Computers & Industrial Engineering*, 44(1): 171-190.

Kuruüzüm A ve Atsan N., (2001), “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”, *Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1: 83.

Opricovic, S. and Tzeng, G-H., (2004), “Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR ve TOPSIS”, *European Journal of Operational Research*, 156(2): 445-455.

Öktür, F., (2008), Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Tedarikçi Bütünleşmesinin Topsis Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 113s.

Özdağoğlu, A., (2012), “Üretim Yapan İşletmeler için Hidrolik Giyotin Alternatiflerinin TOPSIS Yöntemi ile İncelenmesi”, *Ege Akademik Bakış*, 12(4): 549-562.

Savitha, K., Chandrasekar, C., (2011), “Vertical Handover decision schemes using BAT and AÇM for Network selection in Heterogeneous Wireless Networks”, *Global Journal of Computer Science and Technology*, 11(9): 21-22.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Saaty T.L. ve Shih H-S. (2009), “Structures in Decision Making: On The Subjective Geometry of Hierarchies and Networks”, *European Journal of Operational Research*, 199(3): 867-872

Shyur, H., (2006), “COTS Evaluation using Modified TOPSIS and ASS”, *Applied Mathematics and Computation*, 177(1): 251-259.

Soner, S. ve Önüt, S., (2006), “Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir ELECTRE-AHP Uygulaması”, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma* 4: 110-120.

Supçiler, A.A. ve Çapraz, O., (2011), “AHP-TOPSIS Yönetimine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13: 1-22.

Tekeş, M. (2002). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 173s.

Thomas L.Saaty, (1990), “How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process” *European Journal Of Operational Research*, 9(24): 9–26.

Türker, A., (1988), “Çok Ölçekli Karar Verme Tekniklerinden ELECTRE”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38(3): 72–87.

Türkmen S.Y. ve Çağıl G., (2012), “İMKB’ye Kote Bilişim Sektörü Şirketlerinin Finansal Performanslarının TOPSIS Yöntemi İle Değerlendirilmesi”, *Maliye Finans Yazıları*, 26(95): 59-78.

Tüysüz, G. (2014). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Savaş Uçağı Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 65.

Uçakçioğlu, B. (2010). Hava Savunma Sanayisinde Yatırım Projeleri Seçiminin Çok Ölçütlü Karar Verme Ve Hedef Programlama İle Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 121s.

Ustasüleyman, T., (2009), “Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: AHS-TOPSIS Yöntemi”, *Bankacılar Dergisi*, 69: 33-43.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wang, X. ve Triantaphyllou, E., (2008), “Ranking Irregularities when Evaluating Alternatives by using some ELECTRE Methods”, *Omega the International Journal of Management Science*, 36(1): 45-63.

Yaralıoğlu, K., (2010), *Karar Verme Yöntemleri*, Detay Yayıncılık, Ankara.

Yeh C., (2003), “The Selection of Multi-Attribute Decision Making Methods for Scholarship Student Selection”, *International Journal of Selection and Assessment*, 11(4): 291.

Yoon, K.P. ve Hwang, C., (1995), Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, *Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Science*, 07-104.

Yücel, M. ve Ulutaş, A., (2009), “Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya’da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi”, *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11(17): 327-344.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DUMAN İsmail
Doğum tarihi ve yeri : 30.03.1992 / Kayseri
e-mail : ismail.duman@ogr.dpu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	İstanbul Hava Harp Okulu	2014
Lise	Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü A.D.L	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-2017	Hava Er Eğitim Tugay Komutanlığı/Kütahya	Bölük Komutanı