

93612

**ASKERİ HELİKOPTER ALIMI PROBLEMİNE ANALİTİK  
HİYERARŞİ METODU İLE BİR YAKLAŞIM**

**Doğın Şafak POLAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

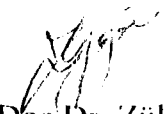
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2000**

**ANKARA**

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

Doğan Şafak POLAT tarafından hazırlanan ASKERİ HELİKOPTER ALIMI  
PROBLEMİNE ANALİTİK HİYERARŞİ METODU İLE BİR YAKLAŞIM  
adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

  
Doç.Dr. Zülal GÜNGÖR

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

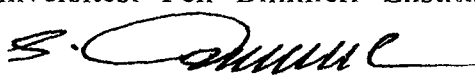
Başkan :   
: Doç.Dr. Zülal GÜNGÖR

Üye : Y.Doç.Dr. Fulya ALTIPARMAK 

Üye : Y.Doç.Dr.Faruk BAYKOÇ 

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına  
uygundur. 

## İÇİNDEKİLER

|                                                                            | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET.....                                                                  | i     |
| ABSTRACT.....                                                              | ii    |
| TEŞEKKÜR.....                                                              | iii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                                  | iv    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                                    | vii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                               | viii  |
| <br>                                                                       |       |
| 1. GİRİŞ.....                                                              | 1     |
| <br>                                                                       |       |
| 2. KARAR VERME.....                                                        | 4     |
| 2.1. Bir Karar Verme Problemi Nasıl Yapılandırılır?.....                   | 4     |
| <br>                                                                       |       |
| 3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES.....                                          | 10    |
| 3.1. İkili Karşılaştırma Matrisi.....                                      | 16    |
| 3.2. Matris Bilgilerinin Tutarlılığı, CI ve CR Değerlerinin Bulunması..... | 18    |
| 3.3. Matris Değer Ölçüsü.....                                              | 19    |
| 3.4. Bölümlere Ayırma ve Birleştirme.....                                  | 21    |
| 3.5. Toplam Ağırlık Vektörünün Elde Edilmesi.....                          | 22    |
| 3.6. AHP Metodunun Zayıflıkları.....                                       | 22    |
| 3.7. Araştırma Alanları.....                                               | 24    |
| 3.7.1. AHP'nin kullanım alanları.....                                      | 26    |
| 3.8. AHP Örneği.....                                                       | 27    |

|          |                                                                                                  |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.       | HELİKOPTER SEÇİMİ PROBLEMİNİN AHP METODUNUN KULLANILMASI YOLUYLA ÇÖZÜMÜ.....                     | 34 |
| 4.1.     | Problemin Tanımı ve Alternatifler.....                                                           | 34 |
| 4.1.1.   | B0 105 CBS-5 ARMY veya NAVY .....                                                                | 34 |
| 4.1.2.   | COUGAR AS 532 UE .....                                                                           | 35 |
| 4.1.3.   | FENNEC AS 550 C3 .....                                                                           | 36 |
| 4.1.4.   | PANTHER AS 565 UB.....                                                                           | 37 |
| 4.1.5.   | TIGER HAP.....                                                                                   | 38 |
| 4.2.     | Helikopter Seçim Hiyerarşisi.....                                                                | 39 |
| 4.2.1.   | Teknik faktörler.....                                                                            | 40 |
| 4.2.2.   | Finans faktörleri.....                                                                           | 41 |
| 4.2.3.   | Sosyal faktörler.....                                                                            | 42 |
| 4.2.4.   | Çevresel faktörler.....                                                                          | 43 |
| 4.2.5.   | Lojistik faktörler.....                                                                          | 44 |
| 5.       | UYGULAMA HESAPLAMALARI.....                                                                      | 47 |
| 5.1.     | Satın Alınacak Helikopter Memnuniyeti Dikkate Alınarak Kriterlerin Karşılaştırılması.....        | 47 |
| 5.2.     | Teknik Faktörler.....                                                                            | 48 |
| 5.2.1.   | Helikopterlerin beş adet teknik kritere göre ikili karşılaştırmaları.....                        | 50 |
| 5.2.1.1. | Maksimum ağırlık.....                                                                            | 51 |
| 5.2.1.2. | Kapasite.....                                                                                    | 51 |
| 5.2.1.3. | Maksimum havalanma gücü.....                                                                     | 52 |
| 5.2.1.4. | En yüksek seyir hızı.....                                                                        | 52 |
| 5.2.1.5. | Standart yakıt tankı ile aracın gidebileceği maksimum mesafe.....                                | 53 |
| 5.2.2.   | Helikopterlerle ilgili olarak teknik faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması..... | 54 |

## Sayfa

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3. Finans Faktörü.....                                                                                     | 55 |
| 5.3.1. Helikopterlerin beş adet finans kriterine göre ikili karşılaştırmaları....                            | 57 |
| 5.3.1.1. Fiyatı.....                                                                                         | 57 |
| 5.3.1.2. Ekonomik ömür.....                                                                                  | 58 |
| 5.3.1.3. Ödeme kolaylığı.....                                                                                | 59 |
| 5.3.1.4. Yakıt tüketimi.....                                                                                 | 59 |
| 5.3.1.5. Personel adedi.....                                                                                 | 60 |
| 5.3.2. Helikopterlerle ilgili olarak finans faktörü dikkate alınarak genel<br>sıralamanın yapılması.....     | 61 |
| 5.4. Sosyal Faktörler.....                                                                                   | 63 |
| 5.4.1. Helikopterlerin beş adet sosyal kritere göre ikili karşılaştırmaları.....                             | 64 |
| 5.4.1.1. Harpte etkin kullanımı.....                                                                         | 65 |
| 5.4.1.2. Kurtarma.....                                                                                       | 65 |
| 5.4.1.3. Tahliye.....                                                                                        | 66 |
| 5.4.1.4. Diğer maksatlar için kullanımı.....                                                                 | 66 |
| 5.4.1.5. Kullanım kolaylığı.....                                                                             | 67 |
| 5.4.2. Helikopterlerle ilgili olarak sosyal faktörler dikkate alınarak genel<br>sıralamanın yapılması.....   | 68 |
| 5.5. Çevresel Faktörler.....                                                                                 | 70 |
| 5.5.1. Helikopterlerin beş adet çevresel kritere göre ikili karşılaştırmaları....                            | 71 |
| 5.5.1.1. Ses kirliliği.....                                                                                  | 72 |
| 5.5.1.2. Yakıt kirliliği.....                                                                                | 72 |
| 5.5.1.3. İniş alanı.....                                                                                     | 73 |
| 5.5.1.4. Depolama alanı.....                                                                                 | 73 |
| 5.5.1.5. İniş/Kalkış kolaylığı.....                                                                          | 74 |
| 5.5.2. Helikopterlerle ilgili olarak çevresel faktörler dikkate alınarak genel<br>sıralamanın yapılması..... | 75 |

## Sayfa

|          |                                                                                                    |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.6.     | Lojistik Faktörler.....                                                                            | 77  |
| 5.6.1.   | Helikopterlerin beş adet lojistik kritere göre ikili karşılaştırmaları.....                        | 78  |
| 5.6.1.1. | Üzerindeki silahlar.....                                                                           | 79  |
| 5.6.1.2. | Bakım kolaylığı.....                                                                               | 79  |
| 5.6.1.3. | Yedek parça temini.....                                                                            | 80  |
| 5.6.1.4. | Tedarik kolaylığı.....                                                                             | 80  |
| 5.6.1.5. | Faydalı yük ağırlığı.....                                                                          | 81  |
| 5.6.2.   | Helikopterlerle ilgili olarak lojistik faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması..... | 82  |
| 5.7.     | Satın Alınacak Helikopter Memnuniyeti.....                                                         | 84  |
| 5.8.     | Satın Alınacak Helikopterin Seçimi.....                                                            | 86  |
| 5.9.     | Helikopterlerle İlgili Olarak Tüm Faktörler Dikkate Alınarak Genel Sıralamanın Yapılması.....      | 87  |
| 5.10.    | Geri Besleme Yöntemi ile Karar Analizi.....                                                        | 88  |
| 5.10.1   | Süpermatris tekniği.....                                                                           | 90  |
| 5.11.    | Grafik Yöntemi ile Karar Analizi.....                                                              | 95  |
| 6.       | SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                                             | 99  |
|          | KAYNAKLAR.....                                                                                     | 105 |
|          | ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                      | 118 |

**ASKERİ HELİKOPTER ALIMİ PROBLEMİNE ANALİTİK  
HİYERARŞİ METODU İLE BİR YAKLAŞIM  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Doğan Şafak POLAT**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Temmuz 2000**

**ÖZET**

Çok Kriterli Karar Verme problemleriyle Türk Silahlı Kuvvetleri'nde sıkça karşılaşılmaktadır. Problemlerin çözümüne ilişkin olarak problemin özelliğine uygun çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Hazırlanmış olan bu Yüksek Lisans çalışmasında çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde çok sık olarak karşılaşılan Analitik Hiyerarşi Proses metodu anlatılmakta ve askeri helikopter alımı safhasında uygulaması sunulmaktadır. Çalışma dahilinde toplam 5 adet savaş helikopteri arasından en iyi olanı AHP metodu kullanılarak seçilecektir.

Bilim Kodu : 605.02.01  
Anahtar Kelimeler : Analitik Hiyerarşi Proses(AHP), İkili Karşılaştırma  
Sayfa Adedi : 118  
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Zülal GÜNGÖR

**AN APPROACH TO BUY AN ARMY HELICOPTER BY USE OF  
ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)  
(M.Sc.Thesis)**

**Doğan Şafak POLAT**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
July 2000**

**ABSTRACT**

It has been frequently run into Multiple Criteria Decision Making problems in the Turkish Armed Forces. A lot of convenient methods are used in order to solve these problems. In this study, it is tried to present AHP method and its application to buy an army helicopter. During this study five war helicopters were taken into consideration to select the best war helicopter.

Science Code : 605.02.01  
Key Words : Analytic Hierarchy Process(AHP), Pairwise  
Comparison  
Page Number : 118  
Adviser : Asst.Prof.Dr. Zülal GÜNGÖR

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Doç.Dr. Zülal GÜNGÖR'e, bölüm başkanı Sayın Prof. Dr. Fevzi KUTAY'a, çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen tüm Kara Havacılık Okulu helikopter pilotlarına ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Aileme teşekkürü bir borç bilirim.



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                         | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Matris değer ölçüsü(skalası).....                                                                                  | 21    |
| Çizelge 3.2. Karşılaştırma matrisleri ve lokal öncelikler.....                                                                  | 30    |
| Çizelge 3.3. İkili karşılaştırma matrisi(1 nci seviye için).....                                                                | 33    |
| Çizelge 3.4. Lokal ve global öncelikler.....                                                                                    | 33    |
| Çizelge 4.1. BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY helikopteri teknik özellikleri.....                                                    | 35    |
| Çizelge 4.2. COUGAR AS 532 UE helikopteri teknik özellikleri.....                                                               | 36    |
| Çizelge 4.3. FENNEC AS 550 C3 helikopteri teknik özellikleri.....                                                               | 37    |
| Çizelge 4.4. PANTHER AS 565 UB helikopteri teknik özellikleri.....                                                              | 38    |
| Çizelge 4.5. TIGER HAP helikopteri teknik özellikleri.....                                                                      | 39    |
| Çizelge 4.6. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak teknik alt kriterler....                                                | 41    |
| Çizelge 4.7. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak finans alt kriterler....                                                | 42    |
| Çizelge 4.8. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak sosyal alt kriterler....                                                | 43    |
| Çizelge 4.9. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak çevresel alt kriterler....                                              | 44    |
| Çizelge 4.10 Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak lojistik alt kriterler....                                              | 45    |
| Çizelge 4.11. Alternatifler.....                                                                                                | 45    |
| Çizelge 5.1. Teknik kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris.....                                                  | 48    |
| Çizelge 5.2. Çizelge 5.1.'deki karşılaştırma matrisinin ana öz değer vektörü .....                                              | 50    |
| Çizelge 5.3. Teknik kriterlerin ağırlıkları.....                                                                                | 50    |
| Çizelge 5.4. İkili karşılaştırmalar.....                                                                                        | 51    |
| Çizelge 5.5. Çizelge 5.4.'deki 5 karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen(öz değer) vektörleri(ağırlık Vektörleri)..... | 53    |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                              | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.6. Alternatiflerin teknik açıdan genel değerlendirilmesi.....                                                     | 55           |
| Çizelge 5.7. Finans kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matrisi.....                                             | 55           |
| Çizelge 5.8. Çizelge 5.7'deki karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü<br>.....                                           | 56           |
| Çizelge 5.9. Finans kriterlerin ağırlıkları.....                                                                            | 57           |
| Çizelge 5.10. İkili karşılaştırmalar.....                                                                                   | 58           |
| Çizelge 5.11. Çizelge 5.10'daki beş karşılaştırma matrisinin normalize<br>edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörler)..... | 60           |
| Çizelge 5.12. Alternatiflerin finans açıdan genel değerlendirilmesi.....                                                    | 62           |
| Çizelge 5.13. Sosyal kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris.....                                             | 63           |
| Çizelge 5.14. Çizelge 5.13'deki karşılaştırma matrisinin ana öz değer<br>vektörü.....                                       | 64           |
| Çizelge 5.15. Sosyal kriterlerin ağırlıkları.....                                                                           | 64           |
| Çizelge 5.16. İkili karşılaştırmalar.....                                                                                   | 65           |
| Çizelge 5.17. Çizelge 5.16'daki 5 karşılaştırma matrisinin normalize<br>edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörleri).....  | 67           |
| Çizelge 5.18. Alternatiflerin sosyal açıdan genel değerlendirilmesi.....                                                    | 69           |
| Çizelge 5.19. Çevresel kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris.....                                           | 70           |
| Çizelge 5.20. Çizelge 5.19'daki karşılaştırma matrisinin ana eigen<br>vektörü.....                                          | 71           |
| Çizelge 5.21. Çevre kriterlerin ağırlıkları.....                                                                            | 71           |
| Çizelge 5.22. İkili karşılaştırmalar.....                                                                                   | 72           |
| Çizelge 5.23. Çizelge 4.22'deki 5 karşılaştırma matrisinin normalize<br>edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörleri).....  | 74           |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                          | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.24. Alternatiflerin çevresel açıdan genel değerlendirilmesi.....                                              | 76           |
| Çizelge 5.25. Lojistik kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris.....                                       | 77           |
| Çizelge 5.26. Çizelge 5.25'deki karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü.....                                         | 78           |
| Çizelge 5.27. Lojistik kriterlerin ağırlıkları.....                                                                     | 78           |
| Çizelge 5.28. İkili karşılaştırmalar.....                                                                               | 79           |
| Çizelge 5.29. Çizelge 5.28'deki 5 karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörleri)..... | 81           |
| Çizelge 5.30. Alternatiflerin lojistik açıdan genel değerlendirilmesi.....                                              | 83           |
| Çizelge 5.31. Kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris.....                                                | 84           |
| Çizelge 5.32. Çizelge 5.31'deki karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü.....                                         | 85           |
| Çizelge 5.33. Kriterlerin ağırlıkları.....                                                                              | 85           |
| Çizelge 5.34. 5 karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörleri).....                   | 86           |
| Çizelge 5.35. Alternatiflerin genel değerlendirilmesi.....                                                              | 88           |
| Çizelge 5.36. Helikopter örneği için oluşturulan süper matris.....                                                      | 93           |
| Çizelge 5.37. Nihai önceliklendirme matrisi.....                                                                        | 94           |
| Çizelge 5.38. Fiyat kriteri ile teknik kriterin oranı.....                                                              | 95           |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil      | Sayfa                                                                     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Şekil 3.1. | Satın Alınacak Ev Memnuniyeti.....28                                      |
| Şekil 4.1. | BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY helikopteri.....34                            |
| Şekil 4.2. | COUGAR AS 532 UE helikopteri.....35                                       |
| Şekil 4.3. | FENNEC AS 550 C3 helikopteri.....36                                       |
| Şekil 4.4. | PANTHER AS 565 UB helikopteri.....37                                      |
| Şekil 4.5. | TIGER HAP helikopteri.....38                                              |
| Şekil 4.6. | Helikopter memnuniyet hiyerarşik yapısı.....46                            |
| Şekil 5.1. | Satın alınacak helikopter memnuniyeti için geri besleme modeli<br>.....89 |
| Şekil 5.2. | Grafiksel gösterim.....96                                                 |
| Şekil 5.3. | Problem çözümünde safhalar.....97                                         |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

|    |                  |
|----|------------------|
| CI | Tutarlık Endeksi |
| CR | Tutarlılık Oranı |

### Kısaltmalar

|      |                                                    |
|------|----------------------------------------------------|
| AHP  | Analitik Hiyerarşi Proses                          |
| MCDM | Çok Kriterli Karar Verme                           |
| ANP  | Analitik Network Proses(Çözümlemeli Şebeke İşlemi) |
| ODTÜ | Orta Doğu Teknik Üniversitesi                      |
| TSK  | Türk Silahlı Kuvvetleri                            |

## 1. GİRİŞ

İnsanlar gerek bireysel faaliyetlerinde gerekse organizasyonlardaki görevleri gereği, sürekli olarak kararlar vermek ve sorunları çözmek zorundadırlar. Problemler, gerçek durumun koşulları istenen durumun koşullarından farklı olduğunda ortaya çıkar. Bazen, problemler beklenilenin tersine yeni fırsatların yaratılmasına yardımcı olur. Bu durumlarda kişi bir yandan problemi çözerken, diğer yandan fırsatları değerlendirmiş olur. Belirli bir problemi çözmede kişinin karar vermesi gerekir. Karar verme, en basit tanımı ile, hareket tarzları içinden en uygun seçeneği belirlemektir. Her bir karar beraberinde başka karar ihtiyaçlarını ve problem çözmeye dönük faaliyetleri gerekli kılar.

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemde “en iyi” kararın bulunması çok önemlidir. Doğru ve zamanında verilmiş kararlar verimliliği ve parasal girdinin etkin biçimde kullanılmasını sağlar. Kararların en iyi olabilmesi için söz konusu olabilecek bütün amaç ve araçları, bunların nitelikleri ve bu niteliklerin kontrolünü mümkün kılacak kısıtları ve kararın uygulanacağı zamanda kararı etkileyebilecek şartların değişmelerini bilmek ve bütün bu hususlar hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Gelecek belirsizliklerle doludur. Belirsizlikleri azaltmanın yolu ise bilgi seviyesinin yükseltilmesidir. Karar süreci davranışa temel oluşturan kapsamlı bir faaliyettir. Karar verme süreci; problemin tanımıyla başlar, alternatif hareket tarzlarını ortaya koyar, uygulaması muhtemel hal tarzlarını belirler ve tercihle (karar) son bulur.

Karar problemlerinin çözümünde yöneylem araştırması yöntemleri büyük ölçüde kullanılmaktadır. Problemin matematik formüller veya modeller halinde ifadesi, sonuçları etkileyen faktörlerin sayısal olarak ölçülmesi ve sonuçları değerlendirmek için bir sayısal ölçünün bulunmasında yöneylem

araştırması teknikleri sık olarak kullanılır. Ancak, unutulmaması gereken bir husus yöneylem araştırması tek başına sihirli değnek değildir. Sayısal yöntemlerden etkin bir şekilde faydalanabilmek için; problemin tespit ve tanımı yapıp, uygun alternatiflerin teşhisi veya ortaya konması gerekir. Esas itibariyle, karar vermenin bu yönlerine problem üzerinde çalışan bütün kişilerin katılması uygun olacaktır. Kişi tek bir amacı gerçekleştirmek istiyor ise ve seçenekleri az ise sonuca çok kısa sürede gidebilir. Bu maksatla geliştirilmiş Doğrusal Programlama gibi yöneylem araştırması teknikleri kullanılabilir. Tek amacı sağlayıcı çözümler matematiksel modelin oluşturulması ile birlikte kısa sürede çözülebilir. Ancak, günümüzde karar problemleri oldukça karmaşık hale gelmiştir. Bir çok amacı sağlayabilecek, bir çok alternatif arasından optimal kararın seçilmesi oldukça güçtür. Biz bu tür problemlere çok amaçlı karar problemi, çözüm sağlayan teknikleri de çok amaçlı karar verme teknikleri olarak adlandırıyoruz. Günümüzde en çok karşılaştığımız karar problemleri bu türdendir. Kararların faydalı olabilmesi için kararlar etkili ve verimli olmalıdır. Ayrıca, kararlar hızlı ve zamanında alınmalıdır. Kararın etkili olmasında belki de en önemli faktör zamandır. Bu nedenle, çok amaçlı karar verme problemlerinin çok kısa sürede çözümü için akıllı karar sistemleri kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Bilgi teknolojisinin gelişmesi ile birlikte karar vericilerin her an başvurabileceği veri tabanı oluşturmakta ve çok amaçlı karar verme problemleri bilgisayar sistemlerinin yardımıyla kolaylıkla çözümlenebilmektedir. Bu tezde, ortaya konulan örnek problemin çözümünde Analitik Hiyerarşi Proses(AHP) metodu kullanılmıştır.

AHP metodu çok amaçlı karar verme problemlerinde sık olarak kullanılan ve ilk kez Thomas SAATY(1980) tarafından ortaya konmuş, kullanımı kolay olan popüler ve pratik bir araçtır. Uygulama alanları oldukça fazladır. Expert Choice gibi yazılım programları ile de desteklenmektedir. AHP, Karar

Vericiye karmaşık bir problemi hiyerarşik yapıda inceleyerek, amaç, kriterler, alt-kriterler ve alternatifler arasında ilişkiyi gösterir. Karar verici her seviyede değerlendirmelerini ikili karşılaştırmalar yoluyla kolaylıkla yapar.

Hazırlanmış olan bu Yüksek Lisans çalışmasında Türk Silahlı Kuvvetlerinde özellikle tedarik aşamasında oldukça sık kullanılabilecek olan AHP metodunun “Helikopter Alımı” safhasında bir çok kriterli karar verme olayına uygulanışı sunulmaktadır. Çalışma dahilinde toplam 5 adet savaş helikopteri arasından en iyi olanı, AHP metodu kullanılarak seçilecektir.

Bu tez, giriş bölümü dahil toplam altı bölümden oluşmuştur. İkinci bölümde, karar verme işlemi ile ilgili genel konular özet olarak aktarılmıştır. Üçüncü bölümde, AHP metodundan kısaca bahsedilecek ve küçük bir örnek üzerinden metod anlatılacaktır. Ayrıca ikinci bölümün sonunda söz konusu metodun kısa bir kritiği de yapılacaktır. Dördüncü bölümde, problem ortaya konulacak ve en iyi sonuca ulaşmak için var olan alternatifler detaylı olarak tanıtılacak ve nihayet problemimizin hiyerarşisi oluşturulacaktır. Beşinci bölümde, en iyi alternatifin bulunabilmesi için gerekli hesaplamalar yapılacaktır. Alternatiflerin ve kriterlerin çok olması nedeniyle, özellikle büyük boyuttaki matris hesaplamalarının elle çözümünün zor olacağı dikkate alındığından bilgisayar yazılımı yardımıyla en iyi alternatifin seçimi sağlanacaktır. Seçimi belirlemede kullanılacak araç “MATLAB Version 5.1.0.421” yardımcı araçtır. Altıncı bölümde ise problemin çözümü neticesinde elde edilen sonuç tartışılacaktır.

## 2. KARAR VERME

Son zamanlarda gerek psikolojik ve gerekse davranış bilimleri üzerine yapılan deneyler neticesinde, gerçek manada insan düşüncesinin mantık kurallarına göre modellenemeyeceği ve konuyla ilgili matematiksel hesaplamaların yapılamayacağını ortaya koymuştur. Ancak, günümüzde öncelik oluşturmalarda bir çok metot etkin olarak kullanılmaktadır. Karar verme işlemi klasik modelin ötesinde sadece tek bir amaca yönelik olmaktan çok bir çok amacı karşılayabilecek uygun çözümleri bulmaya yönelik olmaktadır.

Karar verme işlemi her insan tarafından yapılır. Birçok karar problem çözme ile ilgili olsalar da bazıları değildir. Yöneticiler tamamen yeni performans standartlarını kendi firmalarında uygulamak için karar alabilirler veya kendi firmaları için amaçlar yeni hedefler ortaya koyabilirler. İleride açıklanacağı gibi yönetimle ilgili çoğu işlemler, problem çözme, stratejik planlama ve kaynak tahsisi gibi bir veya daha çok karar verme işlemini içerir.

### 2.1. Bir Karar Verme Problemi Nasıl Yapılandırılır?

Her insanın karara ulaşmada kendine ait problem çözme teknikleri veya usulleri vardır. Ancak, aşağıda çok geniş olarak kabul görmüş olan karar verme işleminin üç fazından bahsedilecektir. Bunlar;

- Araştırma
- Tasarlama
- Seçme

Araştırma devresi problemin ortaya konulmasını kapsar. Bu safhada birçok kişiden(müşteri, diğer firmalar, memurlar vb.) bilgi alınabilir. Çevre taraması yapılabilir. Problemin kaynaklarının ya da nedenlerinin neler olduğu araştırılabilir.

*ARAŞTIRMA* aşaması, problemin ortaya konması ve detaylı açıklamasının yapılması aşamasıdır.

- İnsanlar dinlenir,
- İç ve dış bilgi kaynaklarından faydalanılır,
- Beyin fırtınası yöntemi kullanılır,
- Organizasyonun zayıf ve kuvvetli tarafları analiz edilir.

*TASARLAMA* aşamasında ise alternatif çözümler ortaya çıkartılır. Alternatif çözüm üretmenin sayısız yolu vardır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Beyin fırtınası,
- Literatürün gözden geçirilmesi,
- Araştırma yapma,
- Başka bir firmadan çözümün benzerini aynen alma,
- Alternatif çözümlerle ilgili bilgiler toplanabilir.

Bahsedilen bu yöntemlerden beyin fırtınası yöntemi en fazla kullanılan yöntemdir.

*SEÇİM* aşamasında; en iyi alternatifin veya bir alternatifler kümesinin seçilmesine çalışılır. En iyi nedir? En iyi çözüm veya en iyi çözümün seçiminden ne kastedilir? Bir düzine seçenekten hangisi en iyisidir? Göz önüne

alınan seçenek eğer fiyat ise, en düşük fiyatı olanı seçilir. Hız önemli ise en güçlü motoru olan araç seçilir. Oldukça basit gibi görünüyor olmasına rağmen gerçek hayatta böyle değildir. Örneğin, bir araba 60 km/s hız yapabilmekte diğer araba ise 90 km/s hız yapılabilmektedir. Bu arabalardan hangisi iyidir? Bu probleme ilave olarak düşük fiyatlıyı seçme alternatifi de koyulduğunda problem biraz daha karmaşık bir hal alır. Bu örneğe arabanın bagaj durumu, konforu, yakıt tasarrufu, modeli gibi seçenekleri dahil edilerek problem daha da zenginleştirilebilir. Bu durumda hangi alternatif en iyidir? Bunun cevabı da oldukça basittir. Cevap amaca bağlıdır. “En iyi çözüm ya da en makul çözüm amacı en iyi karşılayan çözümdür.”

*SEÇİM* aşaması bir çözümün veya çözümler kümesinin seçilmesi aşamasıdır. Bu aşama, karar verme işleminin en zor safhasıdır. Bu aşamada karar verici alternatiflerden veya alternatif gruplarından en iyisini seçer.

Yukarıda bahsedilen üç aşamadan birkaçı karara ulaşmak için göz önünde bulundurulabilir. Zihinsel olarak yapılan bu prosedürlerin tamamına “Karar Verme Prosesi” denilir. Çözmek istenilen probleme de “Çok Amaçlı Karar Verme Problemi” denilir.

*Kısa bir tarif verilecek olursa;*

Çok kriterli karar verme, bilimsel terminolojinin desteği ile yaratma yeteneğini kullanarak insanları tatmin etmek maksadıyla sayı üretimi şeklinde tanımlanabilir. Ya da problemin çözümünü etkileyen birden fazla kriter düşünülerek karara ulaşma şeklinde tarif edilebilir.

Normal olarak, kişi bu kriterler arasındaki karşılaştırmayı zihninden her zaman yapar. Örneğin bir TV satın alacaksa 30 alternatif için en az 5 kriteri dikkate alır. Bunlar ekran genişliği, stereo ve mono, kablolu TV'ye veya uydu sistemlerine uyumu, Teletext vb

Kişi şayet bir araba alacaksa 20 alternatif içinden en az 10 tane kriteri hesaba katılarak seçim yapabilir. Bilgisayar satın almak isterse 15 alternatif arasında 20 kriter göz önünde bulundurularak seçim yapabilir. şayet birisi uçak satın almak isterse en az 10 alternatif arasından 100 kriteri düşünerek seçim yapabilir.

#### *Çok Kriterli Problemler Nasıldır?*

Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde bir takım somut alternatifler arasından seçim yapmayla karşı karşıya kalınır. Çok Kriterli Karar Verme problemleri de birçok amaç veya kriterle alakalı olmalarına göre ayrıca kategorize edilebilirler. Çok Amaçlı karar verme yaklaşımı, daha çok devamlı problemlere kullanılır.

Günümüzde çok fazla sayıda Çok Kriterli Karar Verme metotları geliştirilmesine rağmen, karar verici karar verme aşamasında bu metotlardan hangisini kullanacağını seçiminde zorlanır. Duruma uygun olarak seçeceği metot belki de en iyi karar verme metodu olmayabilir. Öyleyse, Karar Verici en uygun metodu nasıl seçebilir?

Çok kriterli karar verme doğrusal olmayan devamlı bir iştir ve dört aşamalıdır. (i) karar probleminin oluşturulması, (ii) önceliklerin sıralanması (iii) alternatif değerlendirmelerin(tercihlerin) toplanması ve (iv) önerilerin yapılması. Gerçek hayatta bir karar verici ya da bir analist, bir karar verme durumunda, önce problemi anlamaya ya da ortaya koymaya çalışır. Burada durumun ortaya koyulması en önemli aşama olarak değerlendirilebilir. Bu aşama çeşitli alternatifler, neticeler ve önemli kriterler, bilginin nitelik ve niceliği gibi konuların karar verilmesini kapsar. Genel olarak, faaliyete başlanılmadan önce ne alternatifler ne de kriterler önceden bilinmez. Daha sonra duruma en uygun çok amaçlı karar verme metodu seçilir ve uygulanır.

1940'lı yılların ortalarında ortaya çıkan yöneylem araştırması tekniklerinden matematiksel programlar genellikle tek amaçlı problemler üzerinde odaklanmışlardır. Gerçek hayatta tek amaçlı modellerin oldukça sınırlı kullanılabiliyor olması ve fazla sayıda çok amaçlı problemin mevcudiyeti, özellikle 1950'lerde, bugün de geçerliliğini sürdüren bir felsefenin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu felsefe, bireysel ya da örgütsel pek çok karar verme yapısının optimal yerine tatminkar çözümleri barındırdığını ortaya koymuştur. Tatminkarlık kavramı, çok amaçlı optimizasyonun temelini oluşturur.

1970'lerden sonra fayda-değer analizinin kullanıldığı ve etkileşimli programlama metodları gibi pratik metodolojiler karar vermenin gerçek yapısını destekleyici araçlar olarak geliştirilmiş ve çok amaçlı karar verme konusunda pek çok yayın erişilebilir hale gelmiştir. Bilgisayar kolaylıklarının hız, kapasite ve esnekli açısından gösterdiği büyük gelişme hızı sayesinde; geleneksel matematiksel programlama algoritmalarına kıyasla daha büyük kapasite ve CPU zamanına ihtiyaç duyulan çok amaçlı programlama

algoritmalarını çözebilir hale gelmiştir. Bunun yanı sıra bilgisayarın yazılım ve donanımının esnekliğini gerekli kılan pek çok interaktif çok amaçlı algoritma bu sayede çözülebilmektedir.

Günümüzde çok kriterli karar verme pek çok alternatif yaklaşımla beraberce uygulanmasıyla güncelliğini yitirmeden ve etkinliğini arttırarak gelişmeye devam etmektedir. Bu alternatif yaklaşımlardan biri de Analitik Hiyerarşi Proses(AHP) metodudur.

### *Niçin AHP?*

Analitik Hiyerarşi Proses(AHP)'in en önemli özelliği, ölçülebilir somut faktörlerin ölçülemeyen soyut faktörlerle beraber değerlendirilerek karara ulaşılmasıdır. Bir diğer özelliği de hiyerarşik yapının oluşturulması esnasında problemin en ince ayrıntısına kadar ortaya konmasıdır. Ayrıca, kullanımı oldukça kolay olup, çok kriterli problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES (AHP)

Analitik Hiyerarşi Proses(AHP) metodu ilk kez Thomas SAATY tarafından ortaya konmuş, karmaşık problemlerin çözümünde popüler ve pratik bir araç olarak kullanılmıştır. Çok amaçlı fayda teorileri karar vericinin kararsız olduğu durumlarda yardımcı olmak maksadıyla dizayn edilmiştir.

AHP, Karar Vericiye karmaşık bir problemi hiyerarşik yapıda inceleyerek, Amaç, Kriterler, Alt-kriterler ve Alternatifler arasında ilişkiyi gösterir.

*AHP*, aşağıdaki 5 safhada karar vermede kullanılır.

1 nci Safha : Problemin karar elemanlarının hiyerarşik olarak sıralanması safhasıdır. Böylece problem parçalara ayrılarak karar hiyerarşisi yaratılır.

2 nci Safha : Karar elemanlarının ikili karşılaştırılması ile girdi toplanması.

3 ncü Safha : Girdi bilgilerinin tutarlılık testini sağlayıp sağlamadığının kontrolü yapılır. Eğer sağlamıyorsa tekrar 2 nci safhaya dönülür ve ikili karşılaştırmalar yeniden yapılır.

4 ncü Safha : Karar elemanlarının karşılaştırmalı ağırlıkları hesaplanır.

5 nci Safha : İlgili ağırlıkları toplanarak toplam elde edilir. Böylece alternatiflerin sıralaması kolaylıkla yapılır.

*AHP*'nin çok kişi tarafından çok tutulmasının nedeni, özellikle 1 nci ve 2 nci safhanın çok fazla ileri matematik bilgisi gerektirmemesidir. Ancak, bu

basamaklar karar vericinin en fazla iştirak ettiği bölümlerdir. Karar vericinin problemi anlamasına göre, karar verici hiyerarşiyi düzenler ve ikili karşılaştırmaları karar elemanları arasında yapar. Karmaşık problemlerde 3, 4 ve 5 nci safhalar daha çok bilgisayar programları(Expert Choice vb.) yardımıyla çözülür.

Amacın, bu amaca etki eden faktörlerin, kriterlerin ortaya konulmasının nedeni;

(i) Problemin karmaşık yapısının aydınlatılması ve

(ii) Karar vericiye problemin yapısının gerçekten oluşturulan bu yapı olup, olmadığının görmesini sağlamaktır.

AHP metodunda karar verici her seviyedeki  $n$  tane alt kriter yada alternatif için  $1/2 n(n-1)$  ikili karşılaştırma yapmak zorundadır. ( $n$ , her seviyede farklı sayıda olabilir). Bu ikili karşılaştırmalar, alt kriterlerin ya da alternatiflerin bir üst seviyedeki kritere göre göreceli ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır. Bu göreceli ağırlıklar bulunduktan ya da sentezlendikten sonra yukarı doğru ötelenir ve alternatiflerin nihai ağırlıkları tespit edilir. AHP, metodunun en zor yanı da  $1/2 n(n-1)$  ikili karşılaştırma yapılması safhasıdır.

Hiyerarşik (Kademeli) seviyenin boyutu büyüdükçe gerekli olan ikili karşılaştırma miktarı da üstel olarak artacaktır. Örneğin üç seviyemiz olsun ve her seviyede 5 kriterimiz (alt-kriter) olsun bu durumda her bölüm için minimum  $(10 = 5/2 (5-1))$  karşılaştırma olacaktır. Bu durumda yapılacak minimum soru sorma sayısı dört olacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken husus 3 ncü seviyeye ulaşıncaya kadar toplam 1560 karşılaştırma yapılmasıdır.

Kriterler, alt-kriterler ve alternatiflerin sayısının artmasıyla oluşturulacak matrislerin boyutları büyüyecek ve matrislerin elle çözümleri oldukça zor olacaktır.

*AHP metodunun genel değerlendirilmesi ve kullanım alanları :*

AHP, sayılabilir kriterlerin ölçümüyle ilgili bir metot olup, karar verme teorilerinde zengin kullanım alanı bulmuştur. Bu metot esas olarak, karar verirken kişilerin deneyim ve bilgilerini, kullanılan veriler kadar önemli görme esasına dayanır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi AHP’de karar verme işlevi iki aşamada yapılır. Hiyerarşik tasarım ve değerlendirme, hiyerarşik tasarım aşaması, problem alanında deneyim ve bilgi sahibi olmayı öngörür. Normal olarak iki ayrı karar verici belki de aynı problemi iki ayrı hiyerarşik yapıda ortaya koyar. Bu nedenle, hiyerarşik yapı yalnızca bir tanedir diyemeyiz. Diğer taraftan, aynı hiyerarşik yapı bile oluşturulsa, karar vericilerin öncelikleri farklı olabilir. Ancak, bir grup kişinin beraber çalışmasıyla hiyerarşik yapının oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde bir uzlaşma sağlanabilir.

Değerlendirme safhası ikili karşılaştırma esasına dayanır. Hiyerarşik yapının her hangi bir seviyesindeki elemanlar bir üst seviyedeki kriteri ne kadar sağladıklarına bakılarak karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırma işleminde elemanların önceliklerini ve ağırlıklarını karşılaştırırken göreceli ölçüm skalası kullanılır.

İkili karşılaştırmalar bir üst seviyedeki elemanlar dikkate alınarak yapılır. Elemanların nihai ağırlıkları hiyerarşik yapıdaki bir altındaki seviyede bulunan

elemanların ağırlıklarının toplanması neticesinde ortaya çıkar. Hiyerarşik yapının en üstte bulunan seviyesindeki ağırlık değeri diğer alt seviyelerdeki ağırlıkların seviye seviye eklenerek ötelenmesi neticesinde elde edilir. Bu faaliyet hiyerarşik karşılaştırma prensibi olarak adlandırılır.

AHP'nin en faydalı olduğu özelliklerden birisi de ölçülebilir somut faktörlerin ölçülemeyen yani soyut faktörlerle beraber karşılaştırma skalası vasıtasıyla değerlendirilmesi ya da ağırlıklandırılmasıdır. Buna ilave olarak AHP'nin en önemli özelliği hiyerarşik yapı oluşturulması esnasında problemin en ince ayrıntısına kadar ortaya konulması ve ayrıştırılmasıdır. İlgili bölümlere ayrılarak alt gruplara ayrılan elemanlar ikili karşılaştırmalar yapılarak çözüme başlanır. Dolayısıyla basitten başlayarak yukarıya doğru çıkılır. Bu nedenle metodun kullanımı oldukça kolaydır.

AHP dünyada bir çok alanda yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Basit kişisel problemlerden karmaşık yatırım problemlerine kadar her türlü karar verme işleminde kullanılabilir. Bu metodun bu kadar yaygın kullanımının sebebi metodun sağlamlığı (her alanda kullanılabilir olması) ve kullanımının kolaylığıdır. Bu teorinin kullanımından önce gerçekliliği kabul edilen bazı hususlar vardır. Bunlar;

Kabul 1: (Reciprocal Comparison) : Karar verici tercih yapabilecek durumda olmalı ve önceliklerinin kuvvetini belirtecek durumda olmalı. Bu tercihlerin yoğunluğu karşılıklı durumları tatmin etmeli, yani eğer A, B'den x defa fazla tercih ediliyorsa oğleyse B, A'dan  $1/x$  kere daha fazla tercih ediliyor. (Mütekabil karşılaştırma)

Kabul 2: (Homogeneity) : Tercihler belirli tek bir skala üzerinden yapılacaktır.

Kabul 3: (Independence) : Tercihlerin belirlenmesinde, kriterlerin alternatiflerin özelliklerinden bağımsız olduğu farz ve kabul edilir.

Kabul 4: (Expectation) : Karar verebilmek için hiyerarşik yapının mutlaka tamamlanmış olması gereklidir.

Kabul 1'in gevşekliği ikili karşılaştırmaların gerektiği gibi yapılmadığını gösterir. Şayet Kabul 2 tatmin edici değilse elemanların homojen olmadığı ve yeniden oluşturulması gerektiğini ortaya çıkarır. Kabul 3 düşünülen kriterler alternatiflerden

bağımsız olarak ağırlıklandırılırlar. Yukarıda bahsedilen kabullerin ihlalini öncelik maksadıyla AHP süper matris genellemesi kullanılır. Sonuç olarak, eğer kabul 4 sağlanmazsa bu durumda karar vericinin tüm kriterleri ve alternatifleri amacın gerçekleştirilmesi için kullanılmadığı ve dolayısıyla kararın eksik olduğu yargısına varılır.

*Hiyerarşik (Kademeli) Yapının Tasarımı:*

Bu aşamada birbiri ile ilişkisi ve bağı olmayan üç işlem yapılır.

- (i) Seviye ve elemanların belirlenmesi,
- (ii) Elemanların tariflerinin ya da açıklamalarının yapılması ve
- (iii) Soru formüle etme.

İlk aşamada, seviye ve elemanlar belirlenir ve açıklanır. Daha sonra elemanların tarifleri yapılır ve formülasyon aşamasına gelinir. Karar verici bu sorulara cevap verir. Şayet karar verici sorulara cevap veremez ise seviye veya elemanlar değiştirilebilir. Dolayısıyla hiyerarşik yapı tasarımı sürekli bir faaliyettir. Burada dikkat edilmesi gereken bir önemli husus karar vericinin cevaplayacağı soruların çok açık ve anlaşılır olmasıdır. Aksi takdirde yanlış alternatifin seçimi yapılabilecektir. Bu nedenle en önemli husus hiyerarşik yapının problemi iyi ifade edecek şekilde tasarlanmasıdır.

#### *Hiyerarşik (Kademeli) Yapının Değerlendirilmesi:*

Bu aşamada karar verici topladığı bilgileri ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirir. Örneğin, bir kriter ve iki alternatif A ve B verilsin. Bu iki alternatifi karşılaştırmak için şu soru sorulabilir. “Hangi alternatif amacı daha fazla tatmin ediyor, karşılıyor ve ne kadar fazla?”. Cevabı ikili karşılaştırma matrisinden görülebilir. Bu yöntem her seviyede tüm elemanlara uygulanır. Şayet karar verici bir cevap veremez ise ya soru çok anlamlı değildir ya da alternatifler karşılaştırılamadığı sonucunu doğurur. Karşılaştırılabilir olması demek, homojen olması demektir. Yani bir kaya, bir yıldız ile ağırlık kriteri dikkate alınarak karşılaştırılamaz. Zira yıldızın ağırlığına göre ölçüm skalasının üst sınırının ne olabileceğini bilinemez. Bilinse bile karşılaştırma yapmak çok anlamlı olmaz. Ayrıca, AHP’de üst sınır 9 olarak kabul edilmiştir. Karşılaştırmalar homojen bir grup içinde yapılacak ise bu rakam oldukça uygundur.

Sonuç olarak, birbirinden birkaç seviye ayrı olan elemanların önceliklerini ölçmek için; bu elemanların ağırlıkları hemen bir alt seviyedeki elemanların seviyelerine indirecek şekilde taşınır. Bu işlem hiyerarşik karşılaştırma prensiplerine uygun olarak yapılır.

### 3.1. İkili Karşılaştırma Matrisi

AHP teorisi  $n$  tane alternatifin ve bu alternatiflerin birbirleri ile ikili(pairwise) oranlaması faaliyetine dayanır.  $a_{ij}$  ,  $w_i/w_j$  'ye oranlanması sonucunda elde edilir ve  $i$  alternatifinin  $j$ 'ye göre ağırlığı olarak ele alınır. Karar verici önceden  $w_i/w_j$  oranını bilmez. Hiyerarşiye bakıldığında en üst seviyede amaç bulunur. 2 nci seviyede kriterler bulunur, son olarak üçüncü seviyede ise alternatifler vardır. AHP'nin temelinde her karar hiyerarşisinde  $i \times j$  matrisinin tamamlanmasıdır. Bu  $A$  matrisi  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  ,  $a_{ij} > 0$  ; şeklinde oluşur. Yani  $A$  pozitif değerli karşıt(reciprocal) matristir. Temel teori, üzerinde düşünülen  $n$  tane alternatifin göreceli değerlerinin ( $w_i/w_j$  ) yaklaştırılmasına dayanır.  $a_{ij}$ 'ye verilebilecek değer tipik olarak  $[1/9,9]$  arasında bulunur. Beklenen ağırlık vektörü  $w$  eigen vektör problemin sonucunda elde edilir.

$$A.w = \lambda_{\max} .w$$

Burada  $\lambda_{\max}$  ,  $A$ 'nın eigen değeridir. Böylece,

$A_i$  : Elemanlar (  $i=1,2,3,...n$  )

$w_i$  : Elemanların ağırlıkları (  $i=1,2,3,...n$  ) olmak üzere;

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & w_2 / w_n \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & w_n / w_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

şeklinde yazılabilir. Yukarıda da görüldüğü gibi;

$a_{ij}$ ,  $w_i/w_j$  oranı sonucunda elde edilir ( $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

AHP metodunda değer matrisi karşıt (reciprocal) matristir ( $a_{ij}=1/a_{ji}$ ) ve tüm girdiler matrisin üst yarım üçgen bölümünde verilir. Yani  $n(n-1)/2$  karşılaştırma yapılır. Ana matrisin normalize edilmiş eigenvektörü ağırlık vektörü olarak alınır. Elde edilmiş olan bu matris tek olup, pozitif karşıt (reciprocal) vektör olarak belirtilir.

Bu durum bir örnekle açıklanacak olursa;

3 adet makina var. Bu makinaların bozuk olması durumunda geçecek zaman dikkate alındığında a, b, c makinalarının bozuk kalma süreleri sırasıyla 3, 5, 7 saat olsun. Burada bu değerler dikkate alınarak matris yazılacak olursa, ikili karşılaştırmalar da dikkate alındığında,

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \end{matrix} & \begin{bmatrix} 3/3 & 3/5 & 3/7 \\ 5/3 & 5/5 & 5/7 \\ 7/3 & 7/5 & 7/7 \end{bmatrix} \end{matrix} \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 7 \end{bmatrix} = 3 \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 7 \end{bmatrix} = n.w$$

AHP’de önceliklerin değeri karar vericiye sorulan sorularla ikili karşılaştırmanın sonucunda ortaya çıkar. Öncelikler 1-9 arasındaki skalada karar verici tarafından seçilen değere göre belirlenir. Daha sonra karşılaştırma matrisi kurulur ve öncelik vektörü bu matrisin eigen vektörü olarak elde edilir. Karar vericiye sorarak ikili karşılaştırma yaparak öncelikleri belirlemek çoğu zaman kolaydır. Ancak, bazı durumlarda karar verici tarafından karar verme prosesine iştirak edinilmez ise çözüm oldukça güçleşir.

### 3.2. Matris Bilgilerinin Tutarlılığı, CI ve CR Değerlerinin Bulunması

Matrisin eigen değerlerini  $\lambda_i$  ( $i=1,2,3,...,n$ ) olarak tanımlayabiliriz. Şayet karşıt(reciprocal) matrisimiz tutarlı ise yani  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$  Bu durumda  $\lambda_{\max}$  en büyük sıfırdan farklı eigen değeri  $n$  sayısına eşit olacaktır. Bununla beraber  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$  eşitliğinin sağlanamadığı durumda sıfırdan farklı birden fazla  $\lambda$  değeri olacak ve  $\lambda_{\max}$   $n$  sayısından daha büyük olacaktır. Bu durumda matris tutarsız olarak adlandırılır.

Burada AHP metodu için en önemli husus şayet elde en büyük edilen eigen değer  $n$  sayısına yakınsa bu matrisin tutarlılığı iyidir diyebiliriz (Saaty, 1977). Bir matrisin tutarlı olabilmesi için öncelik değerlerinin mutlaka uzman personel tarafından belirlenmesi gerekmektedir.

CI, tutarlılık indeksi ise  $CI=(\lambda_{\max} - n)/(n-1)$  olarak hesaplanmaktadır. Buradan da görüldüğü üzere  $\lambda_{\max} = n$  durumunda sonuç sıfır olacaktır. Bu durumda karar verici tarafından meydana getirilen matristeki değerlerin uygun olduğu söylenebilir. Bu durumda matris güvenilir yani tutarlıdır. Bazen yapılan

hesaplamalarda  $\lambda_{\max} = n$  eşitliğinin sağlanmadığı ancak,  $\lambda_{\max}$  değerinin  $n$  sayısına çok yakın olduğu durumda sonuç sıfırdan farklı olacaktır. Bu durumda karar vericinin fikirleri alınarak oluşturulan matrisin tutarlılığı nasıl kontrol edilebilir? Bu sorunu çözmek için Oak Ridge Ulusal Laboratuvarlarında 1-9 arasında rast gele değerler verilerek oluşturulan çeşitli boyuttaki matrislerin (1-15 boyutlu) tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve aşağıda belirtilen değerler(ikinci satır) ortalama rast gele(random) indeks olarak kabul edilmiştir.

| <b>n</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>14</b> | <b>15</b> |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>RI</b> | 0        | 0        | 0,58     | 0,90     | 1,12     | 1,24     | 1,32     | 1,41     | 1,45     | 1,49      | 1,51      | 1,48      | 1,56      | 1,57      | 1,59      |

$\lambda_{\max}$  değerinin  $n$  sayısına çok yakın olduğu durumda sonuç sıfırdan farklı olacağı yukarıda belirtilmişti. Bu durumda karar vericinin fikirleri alınarak oluşturulan matrisin tutarlılığının kontrolünün yapılabilmesi için sıfırdan farklı olarak elde edilen tutarlılık indeksi(CI), oluşturulan matrisin boyutuna göre yukarıdaki tablodan alınacak değere bölüldüğünde elde edilecek tutarlılık oranı(CR),  $CR=CI/RI$  değeri 0,10'den küçük ise bu matris kabul edilebilir bir matris olarak değerlendirilir. Aksi takdirde, değerlerin karar verici tarafından tekrar gözden geçirilmesi istenilir.

### 3.3. Matris Değer Ölçüsü

AHP metodunda ikili karşılaştırma neticesinde oluşturulacak matrislerinin hazırlanmasında belirlenecek değerler 1-9 arasındaki değerlerden oluşur (Bkz. Çizelge 3.1). Burada oluşturulacak bilgiler uzman kişi veya kişilerin görüşlerinin analizi neticesinde elde edilir.

Ölçek olarak 1-9 arasında değer seçimi konusunu SAATY şu şekilde açıklamıştır:

Ölçek veya skala seçimi aşağıdaki belirtilen hususları sağlaması gerektiği;

1. Farklı kişi ve düşünceleri yansıması neticesinde karşılaştırma yapılmalı,
2. Şayet ölçek değerleri  $a_1, a_2, \dots, a_n$  olarak belirtilirse ve

$$x_{i+1} - x_i = 1, i = 1, \dots, n-1 \text{ olsun}$$

Burada unutulmaması gereken husus Miller tarafından yapılan psikolojik deneyler neticesinde, kişilerin aynı anda yediden(artı, eksi iki) fazla şeyi karşılaştırmakta zorlandıklarını ve zihinlerinin karıştığını belirtmiştir. Bu nedenle,  $n = 7+2$  olarak seçilmiştir.

İnsan zihninin  $7+2$  veya  $7-2$  maddenin aynı anda karşılaştırılabilmesi ile sınırlı olması sebebiyle, Saaty'nin metodunun on'dan az olan alternatifler için uygun olduğu söylenebilir. Bu nedenle 3 ncü bölümdeki uygulamada alternatif olarak 5 adet helikopter bulunmaktadır.

AHP, genelde iki çeşit ölçü kullanır(göreceli ve mutlak). Göreceli ölçüde Hiyerarşik yapı içinde alternatiflerin üzerindeki seviyedeki kriterlere göre ikili karşılaştırma yapılır. Mutlak ölçüde ise ikili karşılaştırmalar alternatifler hariç hiyerarşik (kademeli) yapının diğer seviyelerinde kullanılır.

Çizelge 3.1. Matris değer ölçüsü

| Mutlak Skala | Tanım                               | Açıklama                                                       |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1            | Eşit öneme sahip                    | Her iki aktivite de eşit derecede amaca katkısı var.           |
| 3            | Biri diğerinden biraz daha önemli   | Tecrübe ve yargı bir aktivitenin diğerinden daha önemli olması |
| 5            | Kuvvetli önemli (Daha fazla önemli) | Bir aktivite diğerine nazaran daha çok daha önemli             |
| 7            | Çok çok önemli                      | Bir aktivite diğerinden mutlak hakim.                          |
| 9            | En fazla önemi olan                 | En yüksek önceliğe sahip                                       |
| 2, 4, 6, 8   | Ara değerler                        | Bir uzlaşım gerektiğinde kullanılır.                           |

### 3.4. Bölümlere Ayırma ve Birleştirme

Bir önceki bölümde 7 alternatif sayısının, insan sınırları veya zekası dikkate alındığında aynı anda yapılabilecek karşılaştırmalar için optimum değer olduğu bahsedilmişti.

Şayet alternatif sayısı 7'den fazla ise ve bunları karşılaştırarak değer verilmesi isteniyor ise ne yapılır? Bu sorunu da Saaty şu şekilde çözmüştür:

Önce tüm alternatifler eşit alt kısımlara ayrılmalıdır. Eğer gerekirse bu alt gruplar da 7 şerli alt gruplara ayrılabilir. Nihayetinde 7 veya daha az sayı elde edilinceye kadar bu işleme devam edilir. Saaty çok karmaşık bir problemi bölümlere ayırmanın faydalarını şu şekilde belirtmiştir(Saaty, 1977). İkili karşılaştırma yapılırken daha fazla esneklik sağlanmış olur. Örneğin, 98

elemanlı bir problemde, aynı anda karşılaştırma yapabileceği düşünülse 4753 karşılaştırma yapılması gerekir. Şayet hiyerarşik yani alt gruplara ayırma şeklinde yapılırsa bu karşılaştırma sayısı 322 'ye düşer. Ayrıca, sınırlı sayıda yani daha az eleman karşılaştırıldığında daha doğru netice alınır.

Burada dikkate almamız gereken önemli husus elemanları aynı grup altında toplamak olmalıdır. İyi yapılmış bir grupta yada alt grupta neticesinde elde edilecek sonuç büyük çoğunlukla gruplara ayırmadığımız zaman yapılabilecek sonuç ile hemen hemen aynı olacaktır.

### 3.5. Toplam Ağırlık Vektörünün Elde Edilmesi

Hiyerarşik yapıda her seviyenin bir üst seviyedeki her bir kritere göre ağırlık değeri vardır. Bu değer vektörleri, bu seviyenin ağırlık vektöründeki sütun değerleri olarak belirtilir.

Bir seviyedeki ağırlık matrisi bir yukarıdaki ağırlık matrisi ile çarpılır. Şayet hiyerarşik yapının en üst seviyesi tek bir değeri taşıyorsa, bu durumda çarpım sonucunda tek bir ağırlık vektörü ortaya çıkacaktır ki bu toplam ağırlık vektörü olarak adlandırılır. Bu vektör, hiyerarşik yapının en önemli hedefini gerçekleştirmek için en alt seviyedeki elemanların göreceli önceliğini gösterir. Şayet bir karar gerekirse değeri en fazla olan alternatif seçilmelidir.

### 3.6. AHP Metodunu Zayıflıkları

AHP metodunun ilk kez Thomas SAATY tarafından ortaya konmuş olduğunu ve karmaşık problemlerin çözümünde popüler ve pratik bir araç olarak kullanıldığını ayrıca, karar verme teorilerinde geleneksel çok amaçlı fayda

teorilerinden çok kullanılan bir teknik olarak kabul edildiğini yukarıdaki bölümlerde belirtmiştik. Ancak yine de AHP metodunun bazı zayıflıklarının olduğu bazı kişiler tarafından belirtilmiştir.

Belton ve Gear (1983), “tutarlılık” hususunda bazı sorular ortaya atmıştır. Bu yazarlar, Saaty tarafından AHP metodunun en uygun ölçüm tutarlılığını sağladığı (Saaty, 1977) iddiasını yalanlayarak bu metodun tutarlılık ölçümlerinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı zamanda bu yazarlar (Belton ve Gear ,1983), ilgili olmayan aralarında ilişki bulunmayan bağımsız alternatifler için AHP metodunun uygulanmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir. Bu yazarlara göre, tutarlılık matrisini karar verici mükemmel olarak oluştursa bile yeni bir alternatifin analiz edilmesi neticesinde daha önce yapılan alternatif sıralaması değişebilecektir. Saaty ve Vargas (1984b)’ye göre aralarında ilişki bulunmayan bağımsız alternatiflerin iyi bir karar verme prensibi olmadığını savunmuşlardır. Bu yazarlara göre yeni bir alternatifin sıralamayı değiştirmesinin uygun olduğu hatta bu yeni alternatifle karar vericinin önceliklerinin değişmesinin kötü bir şey olmadığını belirtmişlerdir.

Bir başka önemli eleştiri de Watson ve Freeling (1982, 1983) ile French(1986) tarafından ortaya atılmış olup, ölçekleme ile ilgilidir. Saaty tarafından ikili karşılaştırmalarda kullanılan 1-9 arası ölçeğin tatminkar olmadığını belirtmişlerdir. French’e göre karar vericiye mutlaka ölçek anlatılmalı ve daha sonra değerlendirme yapılmalıdır. Karar vericinin bilinçsizce davranışı sonucu büyük oranda değiştirebilecektir.

Yukarıda bahsedilen tüm eleştirilere rağmen AHP metodu özellikle son 15 yıl içinde başta finans sektörü olmak üzere birçok alanda kullanılmaya devam edilmektedir.

### 3.7. Araştırma Alanları

Gerek teorik gerekse uygulama alanında AHP metodu oldukça sık kullanılmaya başlamıştır. Yapılan inceleme neticesinde AHP metodu ile ilgili olarak oldukça fazla sayıda doküman(makale, kitap vs.) yazılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

AHP teorisinin diğer çok kriterli karar verme teorileriyle ilişkisi, (Uppuluvu, 1986; Vargas, 1986,1987; Zahedi, 1987), Çok amaçlı karar problemlerinin analizinde, (Anderson D,D, Sweeney, and T.Williams, 1986), problemlere çözüm sağlamada bir model olarak (Barzilai J., W.D.Cook and B.Golony, 1992), Modern Karar Verme Metodları ve Kullanımı, (Cupic, M.E. and V.M.R. Tummala; 1991), AHP Metodu ve Kullanım Teknikleri, (Kinoshita, E., 1993), AHP’de Yargı Matrislerinin Oluşturulması ve Değiştirilmesi, (Naidong, C., M. - X.Guo, 1993),Karar Verme ve Önceliklendirme Teorilerinin Temel Yapıları, (Saaty, T.L., 1994), Çok Kriterli Karar Vermede Sıralama Uyumsuzluğu (Buede, D.M., and D.T. maxwell. 1995), AHP’de Önceliklendirmelerin Yapılması (Barzilai, J., 1996), Fikirler ve Karar (Saaty. Thomas, 1996), AHP’ye İstatiksel Yaklaşım (Linda M. Haines, 1997), Ağırlık Değerlendirmelerinin Yapılması (Gwo Hshiung Tzeng, Ting-Yu Chen, Jih-Chang Wang, 1997), Para Yatırımında İki MADM Tekniğinin Karşılaştırılması (Thomas O. Boucher, Ozerk Gogus, Elin M.Wicks, 1997).

Yukarıda AHP ile ilgili olarak 1984-1997 yılları arasında yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalara ilave olarak AHP metodunun çeşitli alanlarda kullanımına ilişkin kitaplar da yazılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Pazarlama Kararlarında Bir Durum Çalışmasında Expert Choice'in Kullanılması ( Expert Choice Publication,Robert F.Dyer&Ernest H.Forman,1988), Zeka: Nasıl Çalıştığının Aydınlatılması (Thomas L,Saaty), Çatışma Çözümü: AHP (Thomas L,Saaty&Joyce M.Alexander,Præger Publ.,1989), MCDM AHP (Volume1, AHP Series, Thomas L.Saaty,1990),“An Analytic Approach To Marketing Decision”(Prentice-Hall Publication,Robert F.Dyer&Ernest H.Forman,1991),Tahmin konusunda “Prediction, Projection, and Forecasting”(Thomas L,Saaty & Luis G.Vargas,Kluwer Academic Publ.,1991), AHP'deki hiyerarşik yapıya ilişkin olarak “The Hierarchon: Adictionary of Hierarchies”( AHP Series, Thomas L.Saaty,1992), Karar verme işlevinin temel nitelikleri ve AHP'de kullanılan önceliklendirmeye ilgili olarak “The Fundamentals Of Decision Making and Priority Theory with The AHP” (AHP Series, Thomas L.Saaty,1994), Ekonomik, politik, sosyal ve teknolojik çevreye ilişkin olarak karar verme faaliyetleriyle ilgili “Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments”, Liderler için karar verme faaliyetiyle ilgili “Decision Making For Leaders”( Thomas L.Saaty,1995), “Decision Making With Dependence and Feedback:The Analytic Network Process”(RWS Publications,Thomas L.Saaty,1996).

### 3.7.1. AHP'nin kullanım alanları

AHP, ekonomik sorunların çözümünde, yönetimle ilgili sorunların çözümünde etkin olarak kullanılabilir. Ayrıca, kesin hesap faaliyetinde Lin et al. (1984) tarafından, veri tabanı seçiminde Zahedi (1985) tarafından kullanılmıştır. Tasarım ve yapılandırmada Saaty and Beltran (1982) tarafından kullanılmıştır. AHP metodu kullanılarak büyük ölçekli problemlerin anlaşılabilir hale getirilmesinde Weiss and Rao (1986) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Ekonomi alanında Vargas and Saaty (1981). Jensen (1987 a.b.) çalışma yapılmıştır. Ayrıca, Saaty (1987), makro ekonomik tahminler ile ilgili bir çalışma yapmış yine AHP'den pazarlama alanında da sık olarak faydalanılmıştır. Tüketicinin seçimi ile ilgili olarak Bahmani, Javalgi and Blumberg (1986) ile Simpson (1986). Bahmani ve Blumberg (1987) çalışma yapmışlardır. Ürün tasarımı alanında Wind ve Mahajan (1981) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Yine AHP metodundan özellikle strateji belirlenmesi Wind ve Saaty (1980), Wind (1987), planlama yapılması Emshoff ve Saaty (1982), portföy seçimi Saaty Rogers ve Pell (1980). Wind ve Douglas (1981), kolaylıkların tesislerinin belirlenmesi: Tone ve Yanagisawa (1989), tahmin Saaty ve Gholamnezhad (1981). Cook, Falchi ve Mariano (1984), Mac-Cormac (1989) konularında faydalanılmıştır. Bununla beraber, kaynak tahsisi problemlerinin çözümünde Arbel (1983). Sinuany-Stern (1984), enerji problemlerinde Saaty ve Bennett (1977c). Saaty ve Mariano (1979). Gholamnezhad ve Saaty (1982). Hamalainen ve Seppalainen (1986). Hamalainen. Seppalainen ve Ruunsunen (1986). Xu ve Liu (1986) kullanılmıştır. AHP metodu, sağlık konusunda Dougherty ve Saaty (1977). Lusk (1979), ardışık karar vermede Weiss (1987), politika/strateji belirlemede Saaty Ma ve Blair (1977), ulaştırma problemlerinin çözümünde Saaty (1977 a.b.). Saaty (1981 a), silahların kontrolü konusunda Saaty (1984). Arbel.Saaty

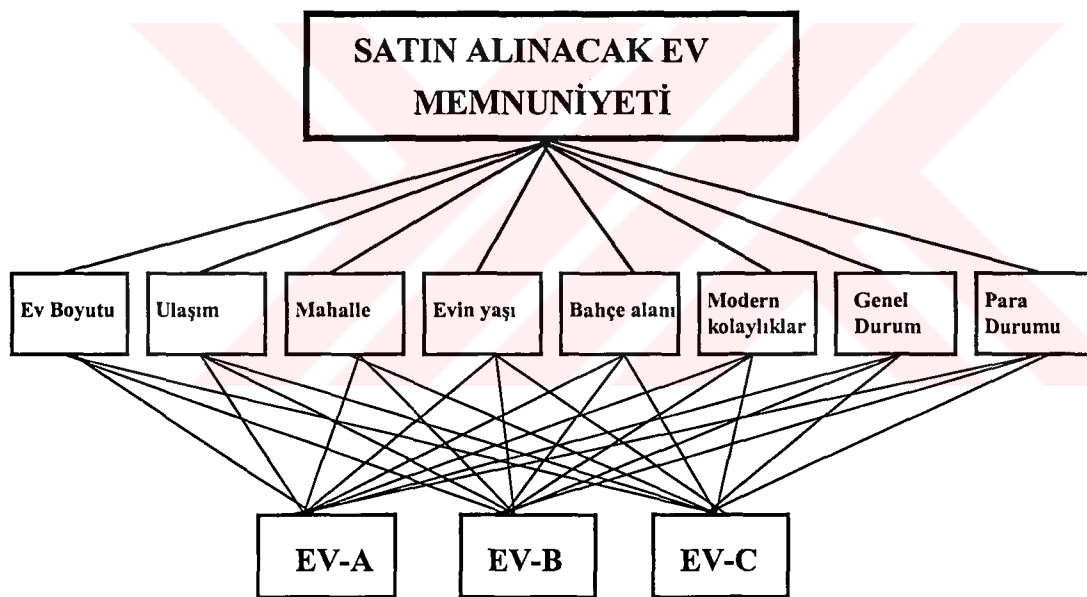
ve Vargas (1987), anlaşmazlık ve uzlaşım durumunda Alexander ve Saaty (1977a,b), Saaty ve Bennett (1977b). Tarbell ve Saaty (1980). Gholamnezhad (1981). Saaty, Vargas ve Barzilai (1982). Vargas (1983). Saaty (1983). Saaty (1988) Wedley ve Saaty (1988). Saaty Sethi ve Makhija (1989) kullanılmıştır. Bunlara ilave olarak AHP, politikada adaylık konusunda Saaty ve Bennett (1977a), güvenlik kıymetlendirilmesi konusunda Vlahakis ve Partridge (1989), savaş oyunları konusunda Might ve Daniel (1989), sosyal problemlerin belirlenmesi konusunda, rekabet ortamında davranış konusunda Saaty ve Vargas (1980), eğitim konusunda Saaty ve Rogers (1976). Saaty ve Ramahujal (1983) tarafından kullanılmıştır. Bütün bunlara ilave olarak, AHP metodu kullanılarak çevre konusunda Saaty ve Gholamnezhad (1981). Saaty (1986). Lewis ve Levy (1989) tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, sağlık konusunda Odynecki (1979). Saaty (1981b), Hukuk konusunda Dorweiler (1987) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Özellikle tıp konusunda kullanılan ilaçların etkislerinin tespitinde Vachnadze ve Marko-zashvili (1987), tedavi seçiminde Dolan (1989), AHP'den faydalanılmıştır. Ayrıca, bölgelerarası yayılım şekilleri Harker (1986), nüfus boyutu Saaty ve Wong (1983), nüfus sektörü Grizzle (1987) gibi nüfus konularında AHP'den istifade edilmiştir. Pazar seçimi Arbel (1987), portföy seçimi Lauro and Vepsalainen (1986), pazarlama kararlarının analitik çerçevesi konusunda Text ve Cases, R.F.Dyer ve E.H. Forman. Prentice-Hall. Eglewood Cliffs. NJ. 1989, tahmin konusunda T.L. Saaty ve L.G. Vargas, Kluwer-Nijhoff Dordrecht. 1990 çalışma yapmışlardır.

### 3.8. AHP Örneği

Konunun daha iyi irdelenebilmesi için AHP metodu bir örnek üzerinde incelenecektir. Problem satın alınacak en iyi evin seçimi olsun. Orta gelirli bir

aile ev satın almak istemektedir. Aile, bir ev satın alınırken dikkate alınacak 8 adet kriter belirlemiştir. Bu kategoriler, ekonomik, coğrafi ve fiziksel olmak üzere 3 grupta toplanabilir. Aile 3 ev üzerinde karar verecektir, yani 3 alternatifi vardır.

Birinci aşama problemin hiyerarşik yapısının kurulmasıdır. En üst seviyeye amacı “Ev memnuniyeti” yazılır. İkinci seviyeye ise amacı gerçekleştireceği düşünülen ve tespit edilmiş olan 8 adet kriter yazılır. Üçüncü (son) seviyede ise aday üç ev sıralanır.



Şekil 3.1. Satın alınacak ev memnuniyeti

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi hiyerarşik (Kademeli) yapımız üç seviyeden oluşmaktadır.

1 nci seviye : Satın alınacak ev memnuniyeti(tatmini)

2 nci seviye : Satın alınacak ev seçiminde göz önünde bulundurulacak kriterler.

3 ncü seviye : Satın alınabilecek evler yani alternatifler.

Aile bireyleri için önemli olan *kriterler*;

(1) *Evin büyüklüğü*: Depo genişliği, odaların genişliği, oda sayısı, evin toplam genişlik alanı.

(2) *Otobüs hatlarının yeri*: Uygun otobüs hatlarına uzaklık göz önünde bulundurulur.

(3) *Komşuların durumu*: Trafik durumu, emniyet, manzara, düşük vergi, komşuların durumu.

(4) *Evin yaşı*

(5) *Bahçe genişliği*: Ön ve arka bahçe, komşulara uzaklık.

(6) *Modern kolaylıklar*: Bulaşık makinası, çöp övütücü, klima, alarm sistemi gibi eve ait demirbaşlar.

(7) *Genel durum*: Onarım gerekiyor mu? duvarların, halının, panjurların durumu, evin temizliği, kablo sistemi.

(8) *Eldeki para*: İpotek durumu, satıcının sağlayabileceği kolaylıklar, banka kredileri.

İkinci aşama olarak ikili karşılaştırmaların sonuçlarının değerlendirilmesi gerekir. Matris şeklinde tüm elemanlar yazılır. Burada verilen değerler yukarıda bahsettiğim 1-9 arasındaki rakamlar kullanılır. Bazen de uzlaşım gerektiğinde 2, 4, 6, 8 rakamları da kullanılabilir.

İki kriteri karşılaştırırken sorulacak sorular şu şekilde olabilir. Bu iki kriterden hangisi esas amacı gerçekleştirmek için daha önemlidir. Eğer elemanlar gerçekten birbirlerine çok yaklaşıklarsa yüzde oranlarına göre de sıralanabilir. Çizelge 3.2’de ikili karşılaştırma ve beraberinde öncelik sonuç vektörü gösterilmiştir. İkili karşılaştırmalar neticesinde oluşturulan çizelgeden de görüleceği gibi 8 nci kriter ( Para Durumu) % 33 ile en önemli ve en öncelikli kriter durumundadır (Bkz. Çizelge 3.3).

Çizelge 3.2. Karşılaştırma matrisleri ve lokal öncelikler

| Evin Boyutu                                        | A   | B   | C | Öncelik Vektörü | Bahçe Boyutu                                       | A   | B | C   | Öncelik Vektörü |
|----------------------------------------------------|-----|-----|---|-----------------|----------------------------------------------------|-----|---|-----|-----------------|
| A                                                  | 1   | 6   | 8 | 0,754           | A                                                  | 1   | 5 | 4   | 0,674           |
| B                                                  | 1\6 | 1   | 4 | 0,181           | B                                                  | 1\4 | 1 | 1\3 | 0,101           |
| C                                                  | 1\8 | 1\4 | 1 | 0,065           | C                                                  | 1\4 | 3 | 1   | 0,226           |
| $\lambda_{\max}=3,136$ , $CI= 0,068$ , $CR= 0,117$ |     |     |   |                 | $\lambda_{\max}=3,086$ , $CI= 0,043$ , $CR= 0,074$ |     |   |     |                 |

Çizelge 3.2. Devam Karşılaştırma matrisleri ve lokal öncelikler

| Ulaşım                                        | A   | B | C   | Öncelik Vektörü | Modern Kolaylıklar                            | A   | B | C   | Öncelik Vektörü |
|-----------------------------------------------|-----|---|-----|-----------------|-----------------------------------------------|-----|---|-----|-----------------|
| A                                             | 1   | 7 | 1\5 | 0,233           | A                                             | 1   | 8 | 6   | 0,747           |
| B                                             | 1\7 | 1 | 1\8 | 0,005           | B                                             | 1\8 | 1 | 1\5 | 0,060           |
| C                                             | 5   | 8 | 1   | 0,713           | C                                             | 1\6 | 5 | 1   | 0,193           |
| $\lambda_{\max}=3,247$ , CI= 0,124, CR= 0,213 |     |   |     |                 | $\lambda_{\max}=3,197$ , CI= 0,099, CR= 0,170 |     |   |     |                 |

Çizelge 3.2. Devam Karşılaştırma matrisleri ve lokal öncelikler

| Mahalle Komşular                              | A   | B | C   | Öncelik Vektörü | Genel Durumu                                  | A | B   | C   | Öncelik Vektörü |
|-----------------------------------------------|-----|---|-----|-----------------|-----------------------------------------------|---|-----|-----|-----------------|
| A                                             | 1   | 8 | 6   | 0,745           | A                                             | 1 | 1\2 | 1\2 | 0,200           |
| B                                             | 1\8 | 1 | 1\4 | 0,065           | B                                             | 2 | 1   | 1   | 0,400           |
| C                                             | 1\6 | 4 | 1   | 0,181           | C                                             | 2 | 1   | 1   | 0,400           |
| $\lambda_{\max}=3,136$ , CI= 0,068, CR= 0,117 |     |   |     |                 | $\lambda_{\max}=3,000$ , CI= 0,000, CR= 0,000 |   |     |     |                 |

Çizelge 3.2. Devam Karşılaştırma matrisleri ve lokal öncelikler

| Evin Yaşı                                     | A | B | C | Öncelik Vektörü | Parasal Durum                                 | A | B   | C   | Öncelik Vektörü |
|-----------------------------------------------|---|---|---|-----------------|-----------------------------------------------|---|-----|-----|-----------------|
| A                                             | 1 | 1 | 1 | 0,333           | A                                             | 1 | 1\7 | 1\5 | 0,072           |
| B                                             | 1 | 1 | 1 | 0,333           | B                                             | 7 | 1   | 3   | 0,650           |
| C                                             | 1 | 1 | 1 | 0,333           | C                                             | 5 | 1\3 | 1   | 0,278           |
| $\lambda_{\max}=3,136$ , CI= 0,068, CR= 0,117 |   |   |   |                 | $\lambda_{\max}=3,065$ , CI= 0,032, CR= 0,056 |   |     |     |                 |

Görüldüğü gibi, CI (Tutarlılık Endeksi),  $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1)$  ve CI'nın çok geniş matrislerin karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan rakamla karşılaştırılması neticesinde CR (Tutarlılık oranı) ortaya çıkar.

Bununla beraber, Çizelge 3.2.'de kriterleri adlandırma yerine daha öncede bahsedildiği gibi sayılarla belirlenmiştir. Daha sonra en alt seviyede ikili karşılaştırmalar yapılır. Eleman bazında her kriter için üç ev karşılaştırılır. Yani 8 adet 3x3 karar matrisi elde edilir.

Değerlendirmeyi daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki örnek verilmiştir.

*Ev-A.* Bu ev diğerleri ile karşılaştırıldığında en büyüğüdür. Çok az bir trafiğin olduğu bir yerde ve oldukça az vergi yükü var. Bahçesi Ev-B ve Ev-C'ye göre oldukça geniştir. Ancak evin genel durumu iyi sayılmaz, temizlenmeye ve boyaya ihtiyacı vardır. Ekonomik duruma bakılacak olursa yeterli sayılmaz . Zira bankadan yüksek faizde para alınması gerekebilir.

*Ev-B.* Bu ev Ev-A'dan biraz daha küçüktür. Otobüs durağına yakın değildir. Mahalle, trafik durumuna bakıldığında fazla güvenli olmadığı düşünülüyor. Bahçe alanı oldukça küçük ve modern kolaylıklar yok. Diğer taraftan, evin genel durumu iyi, düşük faizli makul bir ipotek durumu mevcut.

*Ev-C.* Bu ev çok küçük ve oldukça fazla modern kolaylıkları var. Mahalledeki evler çok fazla vergi ödüyorlar. Acak evin durumu iyi ve emniyetli görünüyor. Bahçe alanı Ev-B'den daha büyüktür. Ancak Ev-A dan oldukça küçük. Evin genel durumu iyi, panjurlar ve halı çok iyi durumdadır. Kriterlere ve çevre önceliklerine göre evlerin karşılaştırma matrisleri Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. İkili karşılaştırma matrisi (1 nci seviye için)

|   | 1   | 2   | 3   | 4 | 5   | 6   | 7   | 8   | Öncelik Vektörü |
|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| 1 | 1   | 5   | 3   | 7 | 6   | 6   | 1\3 | 1\4 | 0,173           |
| 2 | 1\5 | 1   | 1\3 | 5 | 3   | 3   | 1\5 | 1\7 | 0,054           |
| 3 | 1\3 | 3   | 1   | 6 | 3   | 4   | 6   | 1\5 | 0,188           |
| 4 | 1\6 | 1\5 | 1\6 | 1 | 1\3 | 1\4 | 1\7 | 1\8 | 0,018           |
| 5 | 1\7 | 1\3 | 1\3 | 3 | 1   | 1\2 | 1\5 | 1\6 | 0,031           |
| 6 | 1\6 | 1\3 | 1\4 | 4 | 2   | 1   | 1\5 | 1\6 | 0,036           |
| 7 | 3   | 5   | 1\6 | 7 | 5   | 5   | 1   | 1\2 | 0,167           |
| 8 | 4   | 7   | 5   | 8 | 6   | 6   | 2   | 1   | 0,333           |

3 ncü aşama evlerin genel önceliklerinin belirlenmesi aşamasıdır. Çevre öncelikleri matristeki genel önceliklere göre sıralanır. Daha sonra her kolon ilgili kriterin önceliği ile çarpılır.

Çizelge 3.4. Lokal ve global öncelikler

|   | 1<br>(0,173) | 2<br>(0,054) | 3<br>(0,188) | 4<br>(0,018) | 5<br>(0,031) | 6<br>(0,036) | 7<br>(0,167) | 8<br>(0,333) | Öncelik Vektörü |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| A | 0,754        | 0,233        | 0,745        | 0,333        | 0,674        | 0,747        | 0,200        | 0,072        | 0,396           |
| B | 0,181        | 0,005        | 0,065        | 0,333        | 0,101        | 0,060        | 0,400        | 0,650        | 0,341           |
| C | 0,065        | 0,713        | 0,181        | 0,333        | 0,226        | 0,193        | 0,400        | 0,278        | 0,263           |

Çizelge 3.4’de *Ev-A* para durumu göz önünde bulundurulduğunda 0.072 ile (en düşük öncelikli kriter) en az arzu edilendir. Beklenenin aksine *Ev-A* buradan da görüldüğü gibi en fazla önceliği(0,396) olandır. Bu durumda satın alınacak ev *Ev-A* olacaktır.

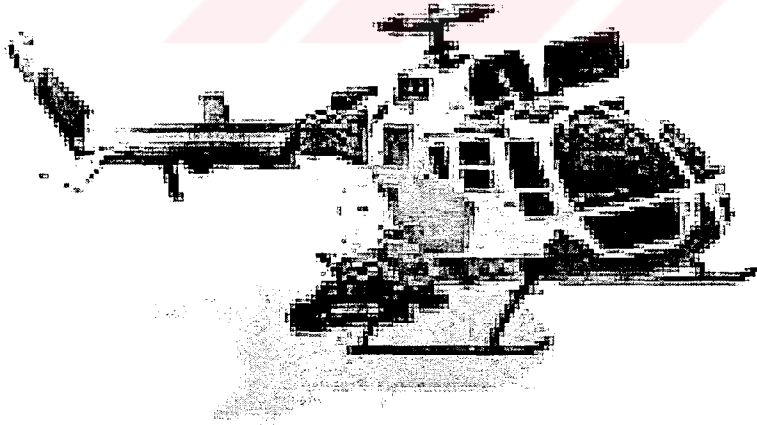
## 4. HELİKOPTER SEÇİMİ PROBLEMİN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METODUNUN KULLANILMASI YOLUYLA ÇÖZÜMÜ

### 4.1 Problemin Tanımı ve Alternatifler

Türk Silahlı Kuvvetlerinde kullanılabilecek savaş helikopteri alınmak istenildiğini farz edelim. Örnek olarak yapılan araştırma neticesinde aşağıda teknik özellikleri belirtilen helikopterler arasında seçim yapılarak amaca en uygun olanının seçileceğini farz edelim.

Satın alınabilecek birçok helikopter arasından 5 tanesinin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

#### 4.1.1 BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY



Şekil 4.1. BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY helikopteri

Çizelge 4.1. BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY helikopteri teknik özellikleri

| TEKNİK ÖZELLİKLER<br>(Deniz seviyesi, ISA) | BO 105 CBS-5 ARMY veya<br>NAVY |
|--------------------------------------------|--------------------------------|
| Maksimum ağırlık                           | 2,500 kg/5,512 lb              |
| Kapasite                                   | 1 pil.+4/5 asker               |
| Yakıt dahil maksimum faydalı yük           | 1,190 kg/2,624 lb              |
| Asılı yük taşıma kapasitesi                | 1,200 kg/2,646 lb              |
| Dış yük ile maksimum hareket ağırlığı      | 2,600 kg/5,732 lb              |
| Güç alanı                                  | 2 ALLISON 250-C20B             |
| Kalkış gücü (A.E.O.)                       | 313 kW/420 shp                 |
| Maksimum devamlı güç (A.E.O.)              | 298 kW/400 shp                 |
| Maksimum ağırlıkla en fazla seyir hızı     | 243 km/h-131 kts               |
| Maksimum hareket sığası                    | 564 km-305 n.m.                |

#### 4.1.2. COUGAR AS 532 UE

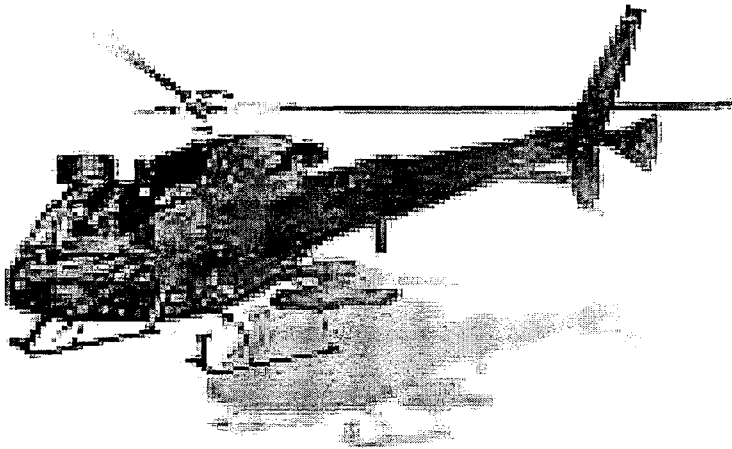


Şekil 4.2. COUGAR AS 532 UE helikopteri

Çizelge 4.2. COUGAR AS 532 UE helikopteri teknik özellikleri

| <b>TEKNİK ÖZELLİKLER</b><br>(Deniz seviyesi, ISA) | <b>COUGAR AS 532 UE</b> |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Maksimum ağırlık</b>                           | 9,000 kg/19,840 lb      |
| <b>Kapasite</b>                                   | 2 pil.+20 asker         |
| <b>Yakıt dahil maksimum faydalı yük</b>           | 4,515 kg/9,953 lb       |
| <b>Asılı yük taşıma kapasitesi</b>                | 4,500 kg/9,920 lb       |
| <b>Dış yük ile maksimum hareket ağırlığı</b>      | 9,350 kg/20,615 lb      |
| <b>Güç alanı</b>                                  | 2 TURBOMECA MAKILA 1A1  |
| <b>Kalkış gücü (A.E.O.)</b>                       | 1,357 kW/1,819 shp      |
| <b>Maksimum devamlı güç (A.E.O)</b>               | 1,185 kW/1,588 shp      |
| <b>Maksimum ağırlıkla en fazla seyir hızı</b>     | 249 km/h-134 kts        |
| <b>Maksimum hareket sığası</b>                    | 769 km-416 n.m.         |

#### 4.1.3. FENNEC AS 550 C3

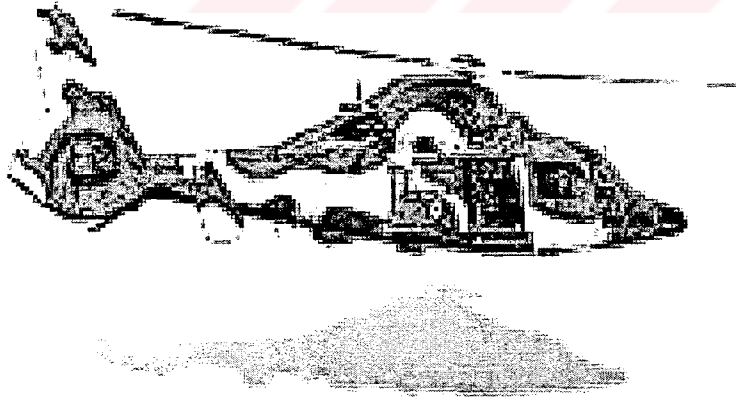


Şekil 4.3. FENNEC AS 550 C3 helikopteri

Çizelge 4.3. FENNEC AS 550 C3 helikopteri teknik özellikleri

| <b>TEKNİK ÖZELLİKLER</b><br>(Deniz seviyesi, ISA) | <b>FENNEC AS 550C3</b> |
|---------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Maksimum ağırlık</b>                           | 2,250 kg/4,960 lb      |
| <b>Kapasite</b>                                   | 1 pil.+5 asker         |
| <b>Yakıt dahil maksimum faydalı yük</b>           | 1,046 kg/2,306 lb      |
| <b>Asılı yük taşıma kapasitesi</b>                | 1,400 kg/3,086 lb      |
| <b>Dış yük ile maksimum hareket ağırlığı</b>      | 2,800 kg/6,172 lb      |
| <b>Güç alanı</b>                                  | 1 TURBOMECA ARRIEL 2B  |
| <b>Maksimum kalkış gücü</b>                       | 632 kW/847 shp         |
| <b>Maksimum ağırlıkla en fazla seyir hızı</b>     | 245 km/h-133 kts       |
| <b>Maksimum hareket sığası</b>                    | 650 km-350 n.m.        |

#### 4.1.4. PANTHER AS 565 UB

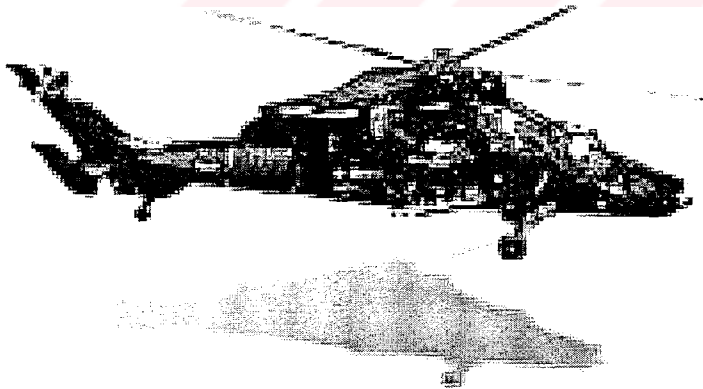


Şekil 4.4. PANTHER AS 565 UB helikopteri

Çizelge 4.4. PANTHER AS 565 UB helikopteri teknik özellikleri

| TEKNİK ÖZELLİKLER<br>(Deniz seviyesi, ISA) | PANTHER AS 565 UB      |
|--------------------------------------------|------------------------|
| Maksimum ağırlık                           | 4,300 kg/9,480 lb      |
| Kapasite                                   | 2 pil.+10 asker        |
| Yakıt dahil maksimum faydalı yük           | 1,995 kg/4,398 lb      |
| Asılı yük taşıma kapasitesi                | 1,600 kg/3,527 lb      |
| Dış yük ile maksimum hareket ağırlığı      | 4,300 kg/9,480 lb      |
| Güç alanı                                  | 2 TURBOMECA ARRIEL 2 C |
| Kalkış gücü (A.E.O.)                       | 635 kW/851 shp         |
| Maksimum devamlı güç (A.E.O.)              | 597 kW/800 shp         |
| Maksimum ağırlıkta en fazla seyir hızı     | 275 km/h-148kts        |
| Maksimum hareket sığası                    | 814km-440 n.m.         |

## 4.1.5. TIGER HAP



Şekil 4.5. TIGER HAP helikopteri

Çizelge 4.5. TIGER HAP Helikopteri Teknik Özellikleri

| TEKNİK ÖZELLİKLER<br>(Deniz seviyesi, ISA) | TIGER HAP                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| Maksimum ağırlık                           | 5,925 kg/13,060 lb                   |
| Kapasite                                   | 1 pil.+1 nişancı                     |
| Yakıt dahil maksimum faydalı yük           | TIGER (mast sight) 1,650 kg/3,638 lb |
| Dış yük ile maksimum hareket ağırlığı      | 6,000 kg/13,230 lb                   |
| Güç alanı                                  | 2 MTR 390                            |
| Kalkış gücü (A.E.O.)                       | 958 kW/1,285 shp                     |
| Maksimum devamlı güç (A.E.O.)              | 873 kW/1,171 shp                     |
| Maksimum ağırlıkla en fazla şehir hızı     | TIGER (mast sight) 260 km/h-140 kts  |
| Maksimum hareket sığası                    | 800 km-432 n.m.                      |

Bu bölümden itibaren yukarıda isimleri ve özellikleri belirtilen helikopterler çok kriterli karar problemi olarak ele alınacak ve çözüm için Analytic Hierarch Process(AHP) kullanılacaktır. Bu bölüm kademeli yapının oluşturulmasını kapsamaktadır. Beşinci bölümde ise hesaplamalar yapılacaktır.

#### 4.2. Helikopter Seçim Hiyerarşisi

Yukarıdaki bölümde “ev seçimi” probleminde belirttiği gibi, satın alınacak helikoptere ait kademeli yapıyı da de üç seviyeli olarak tasarlanmıştır (Bkz. Şekil 3.1).

Birinci seviye “satın alınacak helikopter memnuniyeti” seviyesi, ikinci seviye seçilecek beş adet helikoptere ait “ana kriterler” bulunmaktadır. Üçüncü seviyede ise karşılaştırma yapılacak helikopterlere ait “alt kriterler” bulunmaktadır. Dördüncü seviyede ise karşılaştırma yapılacak helikopterler bulunmaktadır. Bu çalışmada, “satın alınacak helikopter memnuniyeti” için beş

Çizelge 4.6. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak teknik alt kriterler

| Kriter No | Kriter Adı                                                     | Kısaltma       |
|-----------|----------------------------------------------------------------|----------------|
| (1)       | <i>Maksimum Ağırlık</i>                                        | <b>MA</b>      |
| (2)       | <i>Kapasite</i>                                                | <b>K</b>       |
| (3)       | <i>Maksimum Havalanma Gücü</i>                                 | <b>MHG</b>     |
| (4)       | <i>En Yüksek Seyir Hızı</i>                                    | <b>EYSH</b>    |
| (5)       | <i>Stand. Yakıt Tankı İle Aracın Gidebileceği Maks. Mesafe</i> | <b>SYTAGMM</b> |

#### 4.2.2. Finans faktörleri

Seçilecek helikopterlerin ekonomik boyut göz önünde bulundurularak karşılaştırılmasında kullanılacak alt kriterleri kapsar. Bunlar;

(1) *Fiyatı* : Aracın pazar fiyatını gösterir. Yaklaşık olarak Helikopter fiyatı 28.5 Milyon \$ olup, üzerindeki teçhizata göre fiyatları değişmektedir. Hesaplamalarda helikopter üzerindeki silah ve teçhizatlar dikkate alınmamıştır. Karşılaştırmalar her 250.000 \$ dikkate alınarak yapılmıştır.

(2) *Ekonomik Ömür* : Aracın ekonomik ömrün gösterir.

(3) *Ödeme Kolaylığı* : Satın alınacak helikoptere ait ödeme kolaylığını gösterir.

(4) *Yakıt Tüketimi* : Aracın tükettiği yakıtın maliyetini \$(Dolar) cinsinden gösterir.

(5) *Personel adedi* : Aracı kullanacak personelin(pilot/pilotlar) maliyetini gösterir.

Çizelge 4.7. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak finans alt kriterler

| Kriter No | Kriter Adı             | Kısaltma    |
|-----------|------------------------|-------------|
| (1)       | <i>Fiyatı</i>          | <b>F.</b>   |
| (2)       | <i>Ekonomik Ömür</i>   | <b>E.Ö.</b> |
| (3)       | <i>Ödeme Kolaylığı</i> | <b>Ö.K.</b> |
| (4)       | <i>Yakıt Tüketimi</i>  | <b>Y.T.</b> |
| (5)       | <i>Personel adedi</i>  | <b>P.A.</b> |

#### 4.2.3. Sosyal faktörler

Helikopter seçiminde göz önünde bulundurulacak sosyal alt kriterleri kapsar. Bunlar;

- (1) *Harpte Etkin Kullanımı* : Aracın harpte etkin olarak kullanımını gösterir.
- (2) *Kurtarma* : Aracın kurtarma faaliyetinde etkin olarak kullanılıp kullanılmadığını gösterir.
- (3) *Tahliye* : Aracın tahliye faaliyetinde etkin olarak kullanılıp kullanılmadığını gösterir.
- (4) *Diğer Maksatla Kullanımı* : Aracın diğer maksatlarla(ambülans hizmeti vs) kullanımını gösterir.

(5) *Kullanım Kolaylığı* : Aracı kullanım kolaylığını gösterir.

Çizelge 4.8. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak sosyal alt kriterler

| Kriter No | Kriter Adı                      | Kısaltma      |
|-----------|---------------------------------|---------------|
| (1)       | <i>Harpte Etkin Kullanımı</i>   | <b>H.E.K.</b> |
| (2)       | <i>Kurtarma</i>                 | <b>K.</b>     |
| (3)       | <i>Tahliye</i>                  | <b>T.</b>     |
| (4)       | <i>Diğer Maksatla Kullanımı</i> | <b>D.M.K.</b> |
| (5)       | <i>Kullanım Kolaylığı</i>       | <b>K.K.</b>   |

#### 4.2.4. Çevresel faktörler

Helikopter seçiminde göz önünde bulundurulacak çevresel alt kriterleri kapsar.

Bunlar;

(1) *Ses kirliliği* : Aracın sebep olduğu ses kirliliğini gösterir.

(2) *Yakıt Kirliliği* : Aracın sebep olduğu yakıt kirliliğini gösterir.

(3) *İniş Alanı* : Aracın iniş alanı olarak ihtiyaç duyduğu alanı gösterir.

(4) *Depolama Alanı* : Aracın koyulacağı hangar alanı vs. gösterir.

(5) *İniş/Kalkış Kolaylığı* : Aracı iniş/kalkış kolaylığını gösterir.

Çizelge 4.9. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak çevresel alt kriterler

| Kriter No | Kriter Adı                   | Kısaltma      |
|-----------|------------------------------|---------------|
| (1)       | <i>Ses Kirliliği</i>         | <b>S.K.</b>   |
| (2)       | <i>Yakıt Kirliliği</i>       | <b>Y.K.</b>   |
| (3)       | <i>İniş Alanı</i>            | <b>İ.A.</b>   |
| (4)       | <i>Depolama Alanı</i>        | <b>D.A.</b>   |
| (5)       | <i>İniş/Kalkış Kolaylığı</i> | <b>İ.K.K.</b> |

#### 4.2.5. Lojistik faktörler

Helikopter seçiminde göz önünde bulundurulacak lojistik alt kriterleri kapsar. Bunlar;

- (1) *Üzerindeki Silahlar* : Aracın üzerine silah monte edebilme kolaylığını gösterir.
- (2) *Bakım Kolaylığı* : Aracın bakım kolaylığını gösterir.
- (3) *Yedek Parça Temini* : Araç için ihtiyaç duyulabilecek yedek parça temin kolaylığını gösterir.
- (4) *Tedarik Kolaylığı* : Aracın tedarik kolaylığını gösterir.
- (5) *Faydalı Yük Ağırlığı* : Aracın taşıyabileceği faydalı yük miktarını gösterir.

Çizelge 4.10. Beş adet helikoptere ait karşılaştırılacak lojistik alt kriterler

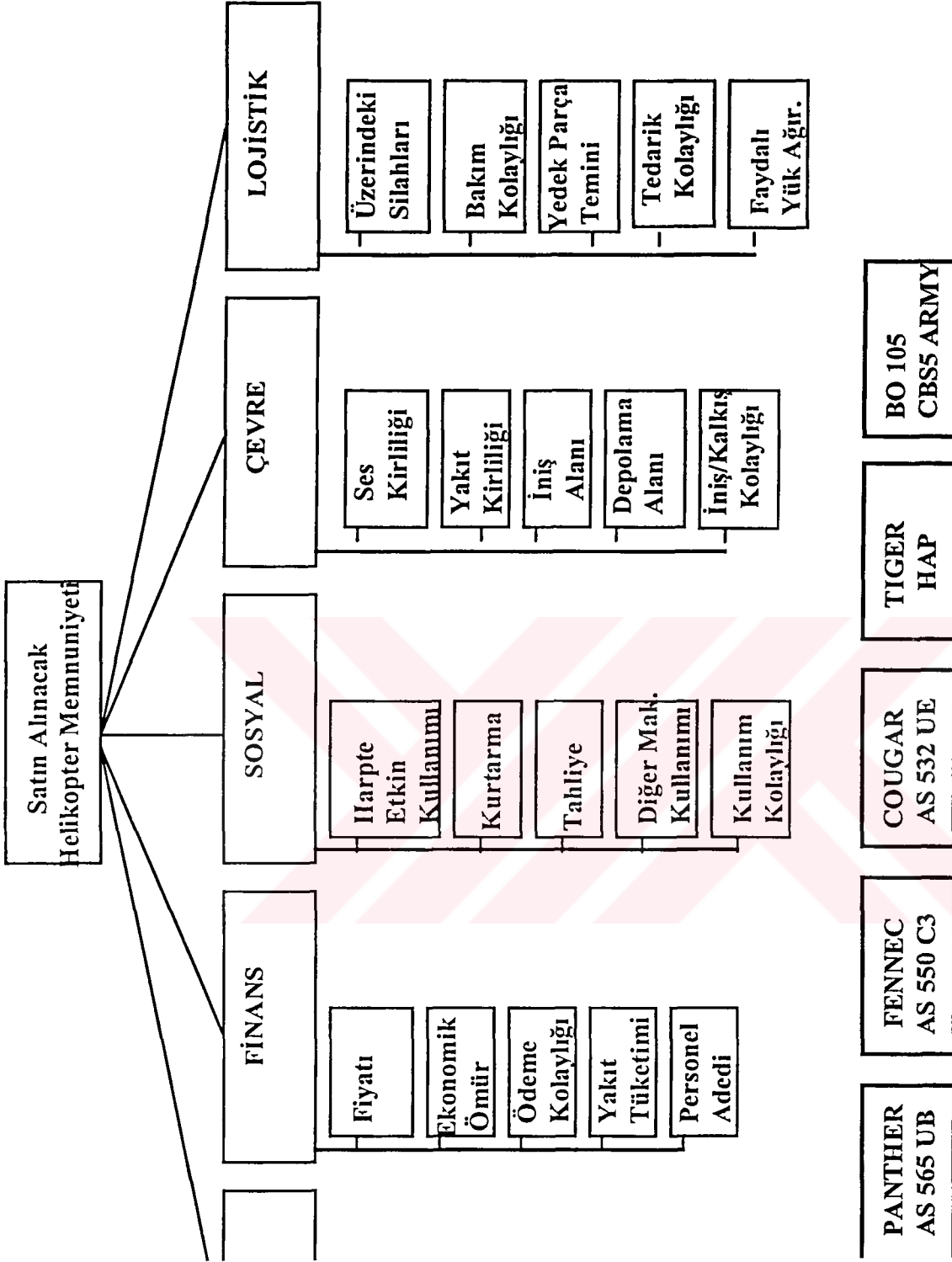
| Kriter No | Kriter Adı           | Kısaltma |
|-----------|----------------------|----------|
| (1)       | Üzerindeki Silahlar  | Ü.S.     |
| (2)       | Bakım Kolaylığı      | B.K.     |
| (3)       | Yedek Parça Temini   | Y.P.T.   |
| (4)       | Tedarik Kolaylığı    | T.K.     |
| (5)       | Faydalı Yük Ağırlığı | F.Y.A.   |

Yukarıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak seçilecek alternatifler;

Çizelge 4.11. Alternatifler

| Alternatif No | Alternatif Adı              |
|---------------|-----------------------------|
| (I)           | PANTHER AS 565 UB           |
| (II)          | FENNEC AS 550 C3            |
| (III)         | COUGAR AS 532 UE            |
| (IV)          | TİGER HAP                   |
| (V)           | BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY |

Şu ana kadar ana amaç, kriterler ve alternatifler ortaya koyulmuştur. Artık hiyerarşik (kademeli) yapı kolayca oluşturulabilir.



Şekil 4.6. Helikopter memnuniyet hiyerarşik yapısı

## 5. UYGULAMA HESAPLAMALARI

Bir önceki bölümde, satın alınacak helikopter memnuniyeti ana amacıyla çok kriterli karar verme hiyerarşik (kademeli) yapısı karar vericinin yardımıyla oluşturulmuştu.

Bu bölümde, AHP metodu dikkate alınarak, oluşturulan hiyerarşik (kademeli) yapı içinde sayısal/kesikli olarak karşılaştırmalar yapılacak ve oluşturulan matris çözümleri matrislerin büyük olmasından dolayı elle çözülemeyeceği için PC-MATLAB programı kullanılarak çözülecektir.

### 5.1. Satın Alınacak Helikopter Memnuniyeti Dikkate Alınarak Kriterlerin Karşılaştırılması

Bu bölümde, kriter ağırlık vektörü oluşturulacaktır. Yani hiyerarşik (kademeli) yapının ikinci seviyesine ait hesaplamalar yapılacaktır.

İlk olarak, ana amaç dikkate alınarak yedi kritere ait ikili karşılaştırmalar yapılacaktır.

Karşılaştırmalar yapılırken şu sorunun cevabı aranmalıdır. “ Bu kriter benim ana amacımı sağlamak için diğer kriterlerden ne kadar daha önemli ? ”

Dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da sorulan soruların cevaplarının gerçekten bu işi bilen uzman kişiler tarafından verilmesidir. Bu çalışmada Kara Havacık Okulundan 2 pilotun görüşleri alınmıştır. Çalışmaya iştirak eden pilotlar değerlendirmelerini yaparken Çizelge 3.1'deki değerleri göz önünde bulundurmuşlar ve ortak karar vermişlerdir.

## 5.2. Teknik Faktörler

Çizelge 5.1. Teknik kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|           | (MA) | (K) | (MHG) | (EYSH) | SYTAGMM) |
|-----------|------|-----|-------|--------|----------|
| (MA)      | 1    | 1/3 | 1/5   | 1/7    | 1/9      |
| (K)       | 3    | 1   | 3     | 1/6    | 1/5      |
| (MHG)     | 5    | 1/3 | 1     | 1/5    | 1/6      |
| (EYSH)    | 7    | 6   | 5     | 1      | 1/5      |
| (SYTAGMM) | 9    | 5   | 6     | 2      | 1        |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum öz değeri ;

$\lambda_{\max} = 5,4419$  olarak bulunur. Diğer öz değerleri (eigen value) ;

$$0,0336 + 1,4907 i$$

$$0,0336 - 1,4907 i$$

$$-0,2545 + 0,3891 i$$

$$-0,2545 - 0,3891 i$$

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapılacak olursa matrisin maksimum öz değerini MATLAB kullanılarak bulunmuştu.

Bölüm 3.2’de de belirtildiği üzere;

| n  | 1 | 2 | 3    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,58 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

$n$  = matris satır sayısı

RI = Random Endeks

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

CI = Tutarlılık Endeksi

$$CR = CI / RI$$

CR = Tutarlılık Oranı

Elde edilecek CR değeri 0,1’den küçük ise *kabul edilebilir*.

Bu değerler oluşturulan matriste yerine konulursa;

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,4419 \quad \text{buradan}$$

$$CI = (5,4419 - 5) / (5 - 1)$$

$$= 0,1105 \text{ bulunur.}$$

Çizelge 5.2. Çizelge 5.1 deki karşılaştırma matrisinin ana öz değer vektörü

| Ana Eigen (Öz Değer) Vektör | Ana Eigen (Öz Değer) Vektör<br>(Normalize Edilmiş) |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| 0,1764                      | 0,0353                                             |
| 0,5455                      | 0,1090                                             |
| 0,4333                      | 0,0867                                             |
| 1,6204                      | 0,3241                                             |
| 2,2250                      | 0,4450                                             |

Çizelge 5.3. Teknik kriterlerin ağırlıklar

| <u>Kriter Adı</u> | <u>Ağırlığı</u> |
|-------------------|-----------------|
| (MA)              | 0,0353          |
| (K)               | 0,1090          |
| (MHG)             | 0,0867          |
| (EYSH)            | 0,3241          |
| (SYTAGMM)         | 0,4450          |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter *Standart Yakıt Tankı İle Aracın Gidebileceği Maksimum Mesafe (SYTAGMM)* kriteridir.

### 5.2.1. Helikopterlerin beş adet teknik kritere göre ikili karşılaştırmaları

Bu bölümde, hiyerarşik (kademeli) yapının dördüncü seviye (alt kriterler seviyesi) hesaplamaları yapılacaktır.

İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yine uzman kişilerden yardım alınması gerekir.

### 5.2.1.1. Maksimum ağırlık

Çizelge 5.4. İkili karşılaştırmalar

| <u>Alternatifler</u> |         |        |        |       |              |
|----------------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| <u>Alternatifler</u> | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER              | 1       | 5/8    | 5/2    | 5/4   | 5/7          |
| FENNEC               | 8/5     | 1      | 8/2    | 8/4   | 8/7          |
| COUGAR               | 2/5     | 2/8    | 1      | 2/4   | 2/7          |
| TİGER                | 4/5     | 4/8    | 4/2    | 1     | 4/7          |
| BO105CBS-5           | 7/5     | 7/8    | 7/2    | 7/4   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,125$   $CI = 0,03125$   $CR = 0,0279$  olarak bulunur.

### 5.2.1.2. Kapasite

Çizelge 5.4.Devam İkili karşılaştırmalar

| <u>Alternatifler</u> |         |        |        |       |              |
|----------------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| <u>Alternatifler</u> | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER              | 1       | 6/3    | 6/4    | 6/2   | 6/3          |
| FENNEC               | 3/6     | 1      | 3/4    | 3/2   | 3/3          |
| COUGAR               | 4/6     | 4/3    | 1      | 4/2   | 4/3          |
| TİGER                | 2/6     | 2/3    | 2/4    | 1     | 2/3          |
| BO105CBS-5           | 3/6     | 3/3    | 3/4    | 3/2   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,132$   $CI = 0,033$   $CR = 0,0295$  olarak bulunur.

### 5.2.1.3. Maksimum havalanma gücü

Çizelge 5.4.Devam İkili karşılaştırmalar

| <b>Alternatifler</b> |                |               |               |              |                     |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| <b>Alternatifler</b> | <b>PANTHER</b> | <b>FENNEC</b> | <b>COUGAR</b> | <b>TİGER</b> | <b>BO 105 CBS-5</b> |
| <b>PANTHER</b>       | 1              | 6/7           | 6/3           | 6/5          | 6/9                 |
| <b>FENNEC</b>        | 7/6            | 1             | 7/3           | 7/5          | 7/9                 |
| <b>COUGAR</b>        | 3/6            | 3/7           | 1             | 3/5          | 3/9                 |
| <b>TİGER</b>         | 5/6            | 5/7           | 5/3           | 1            | 5/8                 |
| <b>BO105CBS-5</b>    | 9/6            | 4/7           | 9/3           | 8/5          | 1                   |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,016$   $CI = 0,004$   $CR = 0,0036$  olarak bulunur.

### 5.2.1.4. En yüksek seyir hızı

Çizelge 5.4.Devam İkili karşılaştırmalar

| <b>Alternatifler</b> |                |               |               |              |                     |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| <b>Alternatifler</b> | <b>PANTHER</b> | <b>FENNEC</b> | <b>COUGAR</b> | <b>TİGER</b> | <b>BO 105 CBS-5</b> |
| <b>PANTHER</b>       | 1              | 7/3           | 7/5           | 7/8          | 7/4                 |
| <b>FENNEC</b>        | 3/7            | 1             | 3/5           | 3/8          | 3/4                 |
| <b>COUGAR</b>        | 5/7            | 5/3           | 1             | 5/8          | 5/4                 |
| <b>TİGER</b>         | 8/7            | 8/3           | 8/5           | 1            | 8/4                 |
| <b>BO105CBS-5</b>    | 4/7            | 4/3           | 4/5           | 4/8          | 1                   |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,115$   $CI = 0,0288$   $CR = 0,0256$  olarak bulunur.

### 5.2.1.5. Standart yakıt tankı ile aracın gidebileceği maksimum mesafe

Çizelge 5.4.Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 8/4    | 8/6    | 8/7   | 8/3          |
| FENNEC        | 4/8     | 1      | 4/6    | 4/7   | 4/3          |
| COUGAR        | 6/8     | 6/4    | 1      | 6/7   | 6/3          |
| TİGER         | 7/8     | 7/4    | 7/6    | 1     | 7/3          |
| BO105CBS-5    | 3/8     | 3/4    | 3/6    | 3/7   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,172$   $CI = 0,043$   $CR = 0,0384$  olarak bulunur.

Çizelge 5.5. Çizelge 5.4'deki 5 karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen (Öz Değer) vektörleri (Ağırlık Vektörleri)

| Alternatifler |                                 |                               |                                  |                                   |                                      |
|---------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Alternatifler | (MA)<br>$\lambda_{\max}= 5,125$ | (K)<br>$\lambda_{\max}=5,132$ | (MHG)<br>$\lambda_{\max}= 5,016$ | (EYSH)<br>$\lambda_{\max}= 5,115$ | (SYTAGMM)<br>$\lambda_{\max}= 5,172$ |
| PANTHER       | 0,1923                          | 0,3333                        | 0,2069                           | 0,2593                            | 0,2857                               |
| PANTHER       | 0,3077                          | 0,1666                        | 0,2414                           | 0,1111                            | 0,1429                               |
| COUGAR        | 0,0769                          | 0,2222                        | 0,1035                           | 0,1852                            | 0,2143                               |
| TİGER         | 0,1538                          | 0,1111                        | 0,1724                           | 0,2963                            | 0,2500                               |
| BO105CBS-5    | 0,2692                          | 0,1666                        | 0,2759                           | 0,1481                            | 0,1071                               |

Yukarıdaki matrisi Teknik faktörleri dikkate alarak değerlendirecek olursak;

|                                                                                                     |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| “Maks, Ağırlık” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter                                       | : FENNEC     |
| “Kapasite” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter                                            | : PANTHER    |
| “Maksimum Havalanma Gücü” kriteri dikkate alındığında                                               | : BO105CBS-5 |
| “En Yüksek Seyir Hızı” kriteri dikkate alındığında                                                  | : TIGER      |
| “Standart Yakıt Tankı ile Aracın Gidebileceği Maksimum Mesafe dikkate alındığında en iyi helikopter | : PANTHER    |

helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

### 5.2.2. Helikopterlerle ilgili olarak teknik faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapabilmesi için daha önce bularak normalize edilen Çizelge 5.5’deki matris ile Çizelge 5.3’deki vektör çarparak genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,1923 & 0,3333 & 0,2069 & 0,2593 & 0,2857 \\ 0,3077 & 0,1666 & 0,2414 & 0,1111 & 0,1429 \\ 0,0769 & 0,2222 & 0,1035 & 0,1852 & 0,2143 \\ 0,1538 & 0,1111 & 0,1724 & 0,2963 & 0,2500 \\ 0,2692 & 0,1666 & 0,2759 & 0,1481 & 0,1071 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,0353 \\ 0,1090 \\ 0,0867 \\ 0,3241 \\ 0,4450 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir

$$= \begin{bmatrix} 0,2722 \\ 0,1495 \\ 0,1913 \\ 0,2398 \\ 0,1472 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirildiğinde

Çizelge 5.6. Alternatiflerin teknik açıdan genel değerlendirilmesi

| Sıra No | Alternatif Adı            |        |
|---------|---------------------------|--------|
| (1)     | PANTHER AS 565 UB         | 0,2722 |
| (2)     | FENNEC AS 550 C3          | 0,1495 |
| (3)     | COUGAR AS 532 UE          | 0,1913 |
| (4)     | TİGER HAP                 | 0,2398 |
| (5)     | BO 105 CBS-5 ARMY or NAVY | 0,1472 |

Yukarıda da görüldüğü üzere Teknik faktörler dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter PANTER AS 565 UB helikopteridir.

### 5.3. Finans Faktörü

Çizelge 5.7. Finans kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|        | (F.) | (E.Ö.) | (Ö.K.) | (Y.T.) | (P.A.) |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| (F.)   | 1    | 9/7    | 9/2    | 9/4    | 9/5    |
| (E.Ö.) | 7/9  | 1      | 7/2    | 7/4    | 7/5    |
| (Ö.K.) | 2/9  | 2/7    | 1      | 2/4    | 2/5    |
| (Y.T.) | 4/9  | 4/7    | 4/2    | 1      | 4/5    |
| (P.A.) | 5/9  | 5/7    | 5/2    | 5/4    | 1      |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum öz değeri;

$$\lambda_{\max} = 5,0158$$

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapılacak olursa matrisin maksimum öz değeri MATLAB kullanarak bulunmuştur. Toplam 5 adet kriter olduğu için  $\lambda_{\max}$  değeri uygun gibi görünüyor ancak detaylı inceleme yapılacak olursa,

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,0158 \text{ buradan}$$

$$CI = (5,0158 - 5) / (5 - 1)$$

$$= 0,0395 \text{ bulunur.}$$

CR = 0,0352 bulunur. Elde edilen sayı 0,1'den küçük olduğu için datalar mükemmeldir ve çalışmada kullanılabilir.

Çizelge 5.8. Çizelge 5.7' deki karşılaştırma matrisinin ana öz değer vektörü

| Ana Eigen (Öz Değer) Vektör<br>(Normalize Edilmiş) |
|----------------------------------------------------|
| 0,3333                                             |
| 0,2593                                             |
| 0,0741                                             |
| 0,1485                                             |
| 0,1852                                             |

Çizelge 5.9. Finans kriterlerin ağırlıkları

| Kriter Adı | Ağırlığı |
|------------|----------|
| (F.)       | 0,3333   |
| (E.Ö.)     | 0,2593   |
| (Ö.K.)     | 0,0741   |
| (Y.T.)     | 0,1485   |
| (P.A.)     | 0,1852   |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter Fiyat (F.) kriteridir.

### 5.3.1. Helikopterlerin beş adet finans kriterine göre ikili karşılaştırmaları

Bu bölümde, hiyerarşik (Kademeli) yapının dördüncü seviye (alt kriterler seviyesi) hesaplamaları yapılacaktır.

İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yine uzman kişilerden yardım almak gerekmektedir.

#### 5.3.1.1. Fiyatı

Helikopterler en pahalıdan en ucuza doğru sıralanmıştır.

- (1) COUGAR
- (2) PANTHER
- (3) TİGER
- (4) BO105CBS5
- (5) FENNEC

TIGER helikopterinin fiyatı yaklaşık olarak 28.5 Milyon \$'dır.

Çizelge 5.10. İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 3/9    | 3/2    | 3/5   | 3/7          |
| FENNEC        | 9/3     | 1      | 9/2    | 9/5   | 9/7          |
| COUGAR        | 2/3     | 2/9    | 1      | 2/5   | 2/7          |
| TİGER         | 5/3     | 5/9    | 5/2    | 1     | 5/7          |
| BO105CBS-5    | 7/3     | 7/9    | 7/2    | 7/5   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,205$   $CI = 0,05125$   $CR = 0,0458$  olarak bulunur.

### 5.3.1.2. Ekonomik ömür

Çizelge 5.10. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/9    | 5      | 5/4   | 5/7          |
| FENNEC        | 9/5     | 1      | 9      | 9/4   | 9/7          |
| COUGAR        | 1/5     | 1/9    | 1      | 1/4   | 1/7          |
| TİGER         | 4/5     | 4/9    | 4      | 1     | 4/7          |
| BO105CBS-5    | 7/5     | 7/9    | 7      | 7/4   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,150$   $CI = 0,0375$   $CR = 0,0335$  olarak bulunur.

### 5.3.1.3. Ödeme kolaylığı

Çizelge 5.10. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 3/7    | 1      | 3/5   | 3/5          |
| FENNEC        | 7/3     | 1      | 7/3    | 7/5   | 7/5          |
| COUGAR        | 1       | 3/7    | 1      | 3/5   | 3/5          |
| TİGER         | 5/3     | 5/7    | 5/3    | 1     | 1            |
| BO105CBS-5    | 5/3     | 5/7    | 5/3    | 1     | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,133$  CI = 0,0333 CR = 0,0297 olarak bulunur.

### 5.3.1.4. Yakıt tüketimi

Çizelge 5.10. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/7    | 5/2    | 5/3   | 5/6          |
| FENNEC        | 7/5     | 1      | 7/2    | 7/3   | 7/6          |
| COUGAR        | 2/5     | 2/7    | 1      | 2/3   | 2/6          |
| TİGER         | 3/5     | 3/7    | 3/7    | 1     | 3/6          |
| BO105CBS-5    | 6/5     | 6/7    | 6/7    | 6/3   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,152$  CI = 0,038 CR = 0,0334 olarak bulunur.

### 5.3.1.5. Personel adedi

Çizelge 5.10. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/3    | 5/9    | 5     | 5/2          |
| FENNEC        | 3/5     | 1      | 3/9    | 3     | 3/2          |
| COUGAR        | 9/5     | 9/3    | 1      | 9     | 9/2          |
| TİGER         | 1/5     | 1/3    | 1/9    | 1     | 1/2          |
| BO105CBS-5    | 2/5     | 2/3    | 2/9    | 2     | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,072$   $CI = 0,018$   $CR = 0,0161$  olarak bulunur.

Çizelge 5.11. Çizelge 5.10'deki beş karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigenvektörleri(ağırlık vektörleri)

| Kriterler  |                                  |                                    |                                    |                                    |                                    |
|------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Alternatif | (F.)<br>$\lambda_{\max} = 5,205$ | (E.Ö.)<br>$\lambda_{\max} = 5,150$ | (Ö.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,133$ | (Y.T.)<br>$\lambda_{\max} = 5,152$ | (P.A.)<br>$\lambda_{\max} = 5,072$ |
| PANTHER    | 0,1154                           | 0,1923                             | 0,1304                             | 0,2174                             | 0,2500                             |
| FENNEC     | 0,3462                           | 0,3462                             | 0,3043                             | 0,3043                             | 0,1500                             |
| COUGAR     | 0,0769                           | 0,0385                             | 0,1304                             | 0,0870                             | 0,4500                             |
| TİGER      | 0,1923                           | 0,1538                             | 0,2174                             | 0,1304                             | 0,0500                             |
| BO105CBS-5 | 0,2692                           | 0,2692                             | 0,2174                             | 0,2609                             | 0,1000                             |

Yukarıdaki matrisi Finans faktörleri dikkate alarak değerlendirecek olursak;

“Fiyat” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Ekonomik Ömür” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Ödeme Kolaylığı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Yakıt Tüketimi” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Personel Adedi” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR  
helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

### 5.3.2. Helikopterlerle ilgili olarak finans faktörü dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapılabilmesi için daha önce bulunan ve normalize edilen Çizelge 5.11’deki matris ile Çizelge 5.9’deki vektör çarpılır ve genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,1154 & 0,1923 & 0,1304 & 0,2174 & 0,2500 \\ 0,3462 & 0,3462 & 0,3043 & 0,3043 & 0,1500 \\ 0,0769 & 0,0385 & 0,1304 & 0,0870 & 0,4500 \\ 0,1923 & 0,1538 & 0,2174 & 0,1304 & 0,0500 \\ 0,2692 & 0,2692 & 0,2174 & 0,2609 & 0,1000 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,3333 \\ 0,2593 \\ 0,0741 \\ 0,1485 \\ 0,1852 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir

$$= \begin{bmatrix} 0,1766 \\ 0,3007 \\ 0,1415 \\ 0,1487 \\ 0,2329 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirildiğinde

Çizelge 5.12. Alternatiflerin finans açıdan genel değerlendirilmesi

| Alternatifler |                           |               |
|---------------|---------------------------|---------------|
| Sıra No       | Alternatif Adı            |               |
| (3)           | PANTHER AS 565 UB         | 0,1766        |
| (1)           | <b>FENNEC AS 550 C3</b>   | <b>0,3007</b> |
| (5)           | COUGAR AS 532 UE          | 0,1415        |
| (4)           | TİGER HAP                 | 0,1487        |
| (2)           | BO 105 CBS-5 ARMY or NAVY | 0,2329        |

Yukarıda da görüldüğü üzere Finans faktörü dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter FENNEC AS 550 C3 helikopteridir.

#### 5.4. Sosyal Faktörler

Çizelge 5.13. Sosyal kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|          | (H.E.K.) | (K.) | (T.) | (D.M.K.) | (K.K.) |
|----------|----------|------|------|----------|--------|
| (H.E.K.) | 1        | 9/7  | 9/2  | 9/4      | 9/5    |
| (K.)     | 7/9      | 1    | 7/2  | 7/4      | 7/5    |
| (T.)     | 2/9      | 2/7  | 1    | 2/4      | 2/5    |
| (D.M.K.) | 4/9      | 4/7  | 4/2  | 1        | 4/5    |
| (K.K.)   | 5/9      | 5/7  | 5/2  | 5/4      | 1      |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum özdeğerleri(eigen value);

$\lambda_{\max} = 5,0133$  olarak bulunur.

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapılacak olursa matrisin maksimum öz değeri MATLAB kullanılarak bulunmuştu. Toplam 5 adet kriter olduğu için  $\lambda_{\max}$  değeri uygun gibi görünüyor ancak detaylı inceleme yapılacak olursa,

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,0133 \text{ buradan}$$

$$CI = (5,0133 - 5) / (5 - 1) \\ = 0,00333 \text{ bulunur.}$$

CR = 0,00297 bulunur. Elde edilen sayı 0,1'den küçük olduğu için datalar mükemmeldir ve çalışmada kullanılabilir.

Çizelge 5.14. Çizelge 5.13 deki Karşılaştırma matrisinin ana öz değer vektörü

| <b>Ana Eigen (Öz Değer) Vektör<br/>(Normalize Edilmiş)</b> |
|------------------------------------------------------------|
| 0,3333                                                     |
| 0,2593                                                     |
| 0,0741                                                     |
| 0,1485                                                     |
| 0,1852                                                     |

Çizelge 5.15. Sosyal kriterlerin ağırlıkları

| <b>Kriter Adı</b> | <b>Ağırlığı</b> |
|-------------------|-----------------|
| <b>(H.E.K.)</b>   | <b>0,3333</b>   |
| <b>(K.)</b>       | 0,2593          |
| <b>(T.)</b>       | 0,0741          |
| <b>(D.M.K.)</b>   | 0,1485          |
| <b>(K.K.)</b>     | 0,1852          |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter Harpte Etkin Kullanımı(H.E.K.) kriteridir.

#### 5.4.1. Helikopterlerin beş adet sosyal kritere göre ikili karşılaştırmaları

Bu bölümde, hiyerarşik (Kademeli) yapımızın dördüncü seviye (alt kriterler seviyesi) hesaplamaları yapılacaktır.

İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yine uzman kişilerden yardım alınması gerekir.

#### 5.4.1.1. Harpte etkin kullanımı

Çizelge 5.16. İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 7/3    | 7/7    | 7/7   | 7/3          |
| FENNEC        | 3/7     | 1      | 3/7    | 3/7   | 3/3          |
| COUGAR        | 7/7     | 7/3    | 1      | 7/7   | 7/3          |
| TİGER         | 7/7     | 7/3    | 7/7    | 1     | 7/3          |
| BO105CBS-5    | 3/7     | 3/3    | 3/7    | 3/7   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,121$   $CI = 0,0303$   $CR = 0,0270$  olarak bulunur.

#### 5.4.1.2. Kurtarma :

Çizelge 5.16. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 9/7    | 9/9    | 9/5   | 9/3          |
| FENNEC        | 7/9     | 1      | 7/9    | 7/5   | 7/3          |
| COUGAR        | 9/9     | 9/7    | 1      | 9/5   | 9/3          |
| TİGER         | 5/9     | 5/7    | 5/9    | 1     | 5/3          |
| BO105CBS-5    | 3/9     | 3/7    | 3/9    | 3/5   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,156$   $CI = 0,039$   $CR = 0,0348$  olarak bulunur.

### 5.4.1.3. Tahliye

Çizelge 5.16. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 9/5    | 9/9    | 9/7   | 9/7          |
| FENNEC        | 5/9     | 1      | 5/9    | 5/7   | 5/7          |
| COUGAR        | 9/9     | 9/5    | 1      | 9/7   | 9/7          |
| TİGER         | 7/9     | 7/5    | 7/9    | 1     | 1            |
| BO105CBS-5    | 5/3     | 5/7    | 5/3    | 7/7   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,122$  CI = 0,0305 CR = 0,0272 olarak bulunur.

### 5.4.1.4. Diğer maksatlar için kullanımı

Çizelge 5.16. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 7/5    | 7/6    | 7/9   | 7/6          |
| FENNEC        | 5/7     | 1      | 5/6    | 5/9   | 5/6          |
| COUGAR        | 6/7     | 6/5    | 1      | 6/9   | 6/6          |
| TİGER         | 9/7     | 9/5    | 9/6    | 1     | 9/6          |
| BO105CBS-5    | 6/7     | 6/5    | 6/6    | 6/9   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,212$  CI = 0,053 CR = 0,0473 olarak bulunur.

#### 5.4.1.5. Kullanım kolaylığı

Çizelge 5.16. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/7    | 5/5    | 5/6   | 5/7          |
| FENNEC        | 7/5     | 1      | 7/5    | 7/6   | 7/7          |
| COUGAR        | 5/5     | 5/7    | 1      | 5/6   | 5/7          |
| TİGER         | 6/5     | 6/7    | 6/5    | 1     | 6/7          |
| BO105CBS-5    | 7/5     | 7/7    | 7/5    | 7/6   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,210$   $CI = 0,0525$   $CR = 0,0469$  olarak bulunur.

Çizelge 5.17. Çizelge 5.16'deki 5 Karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen vektörleri(ağırlık vektörleri)

| Kriterler  |                                    |                                |                                |                                    |                                  |
|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Alternatif | (H.E.K.)<br>$\lambda_{\max}=5,121$ | (K.)<br>$\lambda_{\max}=5,156$ | (T.)<br>$\lambda_{\max}=5,122$ | (D.M.K.)<br>$\lambda_{\max}=5,212$ | (K.K.)<br>$\lambda_{\max}=5,210$ |
| PANTHER    | 0,2593                             | 0,2727                         | 0,2432                         | 0,2121                             | 0,1666                           |
| FENNEC     | 0,1112                             | 0,2121                         | 0,1351                         | 0,1515                             | 0,2333                           |
| COUGAR     | 0,2593                             | 0,2727                         | 0,2432                         | 0,1818                             | 0,1666                           |
| TİGER      | 0,2593                             | 0,1515                         | 0,1892                         | 0,2727                             | 0,2000                           |
| BO105CBS-5 | 0,1112                             | 0,0909                         | 0,1892                         | 0,1818                             | 0,2333                           |

Yukarıdaki matris Sosyal faktörler dikkate alınarak değerlendirme yapıldığında;

“Harpte Etkin Kullanımı” kriteri dikkate alındığında en iyi : PANTHER  
COUGAR  
veya TIGER

“Kurtarma” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : PANTHER  
veya COUGAR

“Tahliye” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : PANTHER  
veya COUGAR

“Diğer Maksat İçin Kullanımı”kriteri dikkate alındığında : TIGER

“Kullanım Kolaylığı”kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC  
veya BO 105 CBS-5  
helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

#### 5.4.2. Helikopterlerle ilgili olarak sosyal faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapılabilmesi için daha önce bulunan ve normalize edilen Çizelge 5.17’deki matris ile Çizelge 5.15’deki vektör çarpılır ve genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,2593 & 0,2727 & 0,2432 & 0,2121 & 0,1666 \\ 0,1112 & 0,2121 & 0,1351 & 0,1515 & 0,2333 \\ 0,2593 & 0,2727 & 0,2432 & 0,1818 & 0,1666 \\ 0,2593 & 0,1515 & 0,1892 & 0,2727 & 0,2000 \\ 0,1112 & 0,0909 & 0,1892 & 0,1818 & 0,2333 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,3333 \\ 0,2593 \\ 0,0741 \\ 0,1485 \\ 0,1852 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir.

$$= \begin{bmatrix} 0,2375 \\ 0,1678 \\ 0,2330 \\ 0,2173 \\ 0,1449 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirilmiştir

Çizelge 5.18. Alternatiflerin sosyal açıdan genel değerlendirilmesi

| Alternatifler |                           |        |
|---------------|---------------------------|--------|
| Sıra No       | Alternatif Adı            | 0,2375 |
| (1)           | PANTHER AS 565 UB         | 0,1678 |
| (4)           | FENNEC AS 550 C3          | 0,2330 |
| (2)           | COUGAR AS 532 UE          | 0,2173 |
| (3)           | TİGER HAP                 | 0,2173 |
| (5)           | BO 105 CBS-5 ARMY or NAVY | 0,1449 |

Yukarıda da görüldüğü üzere Sosyal faktörler dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter PANTHER AS 565 UB helikopteridir.

### 5.5. Çevresel Faktörler

Çizelge 5.19. Çevresel kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|          | (S.K.) | (Y.K.) | (İ.A.) | (D.A.) | (İ.K.K.) |
|----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| (S.K.)   | 1      | 8/9    | 8/5    | 8/6    | 8/5      |
| (Y.K.)   | 9/8    | 1      | 9/5    | 9/6    | 9/5      |
| (İ.A.)   | 5/8    | 5/9    | 1      | 5/6    | 5/5      |
| (D.A.)   | 6/8    | 6/9    | 6/5    | 1      | 6/5      |
| (İ.K.K.) | 5/8    | 5/9    | 5/5    | 5/6    | 1        |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum öz değerleri(eigen value);

$\lambda_{\max} = 5,0163$  olarak bulunur.

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapıldığında matrisin maksimum öz değeri MATLAB kullanarak bulunmuştu. Toplam 5 adet kriter olduğu için  $\lambda_{\max}$  değeri uygun gibi görünüyor ancak detaylı inceleme yapılacak olursa,

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,0163 \text{ buradan}$$

$$CI = (5,0163 - 5) / (5 - 1) \\ = 0,0408 \text{ bulunur.}$$

CR = 0,0364 bulunur. Elde edilen sayı 0,1'den küçük olduğu için datalar mükemmeldir ve çalışmada kullanılabilir.

Çizelge 5.20. Çizelge 5.19 deki Karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü

| <b>Ana Eigen Vektör<br/>(Normalize Edilmiş)</b> |
|-------------------------------------------------|
| 0,2424                                          |
| 0,2727                                          |
| 0,1515                                          |
| 0,1818                                          |
| 0,1515                                          |

Çizelge 5.21. Çevre kriterlerin ağırlıkları

| <b>Kriter Adı</b> | <b>Ağırlığı</b> |
|-------------------|-----------------|
| (S.K.)            | 0,2424          |
| (Y.K.)            | 0,2727          |
| (İ.A.)            | 0,1515          |
| (D.A.)            | 0,1818          |
| (İ.K.K.)          | 0,1515          |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter Yakıt Kirliliği(Y.K.) kriteridir.

#### 5.5.1. Helikopterlerin beş adet çevresel kritere göre ikili karşılaştırmaları

Bu bölümde, hiyerarşik (Kademeli) yapının dördüncü seviye (alt kriterler seviyesi) hesaplamaları yapılacaktır. İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yine uzman kişilerden yardım almak gereklidir.

### 5.5.1.1. Ses kirliliği

Çizelge 5.22. İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 4/7    | 4/3    | 4/6   | 4/5          |
| FENNEC        | 7/4     | 1      | 7/3    | 7/6   | 7/5          |
| COUGAR        | 3/4     | 3/7    | 1      | 3/6   | 3/5          |
| TİGER         | 6/4     | 6/7    | 6/3    | 1     | 6/5          |
| BO105CBS-5    | 5/4     | 5/7    | 5/3    | 5/6   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,156$   $CI = 0,039$   $CR = 0,0348$  olarak bulunur.

### 5.5.1.2. Yakıt kirliliği

Çizelge 5.22. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 7/7    | 7/3    | 7/5   | 7/9          |
| FENNEC        | 7/7     | 1      | 7/3    | 7/5   | 7/9          |
| COUGAR        | 3/7     | 3/7    | 1      | 3/5   | 3/9          |
| TİGER         | 5/7     | 5/7    | 5/3    | 1     | 5/9          |
| BO105CBS-5    | 9/7     | 9/7    | 9/3    | 9/5   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,163$   $CI = 0,0408$   $CR = 0,0364$  olarak bulunur.

### 5.5.1.3. İniş alanı

Çizelge 5.22. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 3/7    | 3/2    | 3/5   | 3/4          |
| FENNEC        | 7/3     | 1      | 7/2    | 7/5   | 7/4          |
| COUGAR        | 2/3     | 2/7    | 1      | 2/5   | 2/4          |
| TİGER         | 5/3     | 5/7    | 5/2    | 1     | 5/4          |
| BO105CBS-5    | 4/3     | 4/7    | 4/2    | 4/5   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,210$   $CI = 0,0525$   $CR = 0,0469$  olarak bulunur.

### 5.5.1.4. Depolama alanı

Çizelge 5.22. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 4/7    | 4/2    | 4/3   | 4/5          |
| FENNEC        | 7/4     | 1      | 7/2    | 7/3   | 7/5          |
| COUGAR        | 2/4     | 2/7    | 1      | 2/3   | 2/5          |
| TİGER         | 3/4     | 3/7    | 3/2    | 1     | 3/5          |
| BO105CBS-5    | 5/4     | 5/7    | 5/2    | 5/3   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,016$   $CI = 0,004$   $CR = 0,0038$  olarak bulunur.

### 5.5.1.5. İniş/Kalkış kolaylığı

Çizelge 5.22. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/7    | 5/5    | 5/6   | 5/7          |
| FENNEC        | 7/5     | 1      | 7/5    | 7/6   | 7/7          |
| COUGAR        | 5/5     | 5/7    | 1      | 5/6   | 5/7          |
| TİGER         | 6/5     | 6/7    | 6/5    | 1     | 6/7          |
| BO105CBS-5    | 7/5     | 7/7    | 7/5    | 7/6   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,103$   $CI = 0,0258$   $CR = 0,0230$  olarak bulunur.

Çizelge 5.23. Çizelge 5.22'deki 5 Karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen vektörleri(ağırlık vektörleri)

| Kriterler  |                                    |                                    |                                    |                                    |                                      |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Alternatif | (S.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,156$ | (Y.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,163$ | (İ.A.)<br>$\lambda_{\max} = 5,210$ | (D.A.)<br>$\lambda_{\max} = 5,016$ | (İ.K.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,103$ |
| PANTHER    | 0,1600                             | 0,2258                             | 0,1429                             | 0,1905                             | 0,1666                               |
| FENNEC     | 0,2800                             | 0,2258                             | 0,3333                             | 0,3333                             | 0,2333                               |
| COUGAR     | 0,1200                             | 0,0968                             | 0,0954                             | 0,0952                             | 0,1666                               |
| TİGER      | 0,2400                             | 0,1613                             | 0,2381                             | 0,1429                             | 0,2000                               |
| BO105CBS-5 | 0,2000                             | 0,2903                             | 0,1905                             | 0,2381                             | 0,2333                               |

Yukarıdaki matris Çevresel faktörler dikkate alınarak değerlendirildiğinde;

“Ses Kirliliği” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Yakıt Kirliliği” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : BO 105 CBS-5

“İniş Alanı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Depolama Alanı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“İniş/Kalkış Kolaylığı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC  
veya BO 105 CBS-5

helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

#### 5.5.2. Helikopterlerle ilgili olarak çevresel faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapılabilmesi için daha önce bulunarak normalize edilen Çizelge 5.23’deki matris ile Çizelge 5.21’deki vektör çarpılır ve genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,1600 & 0,2258 & 0,1429 & 0,1905 & 0,1666 \\ 0,2800 & 0,2258 & 0,3333 & 0,3333 & 0,2333 \\ 0,1200 & 0,0968 & 0,0954 & 0,0952 & 0,1666 \\ 0,2400 & 0,1613 & 0,2381 & 0,1429 & 0,2000 \\ 0,2000 & 0,2903 & 0,1905 & 0,2381 & 0,2333 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,2424 \\ 0,2727 \\ 0,1515 \\ 0,1818 \\ 0,1515 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir

$$= \begin{bmatrix} 0,1819 \\ 0,2759 \\ 0,1125 \\ 0,1945 \\ 0,2351 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.24. Alternatiflerin çevresel açıdan genel değerlendirilmesi

| Alternatifler |                           |               |
|---------------|---------------------------|---------------|
| Sıra No       | Alternatif Adı :          |               |
| (4)           | PANTHER AS 565 UB         | 0,1819        |
| (1)           | <b>FENNEC AS 550 C3</b>   | <b>0,2759</b> |
| (5)           | COUGAR AS 532 UE          | 0,1125        |
| (3)           | TİGER HAP                 | 0,1945        |
| (2)           | BO 105 CBS-5 ARMY or NAVY | 0,2351        |

Yukarıda da görüldüğü üzere Çevresel faktörler dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter FENNEC AS 550 C3 helikopteridir.

## 5.6. Lojistik Faktörler

Çizelge 5.25. Lojistik kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|          | (Ü.S.) | (B.K.) | (Y.P.T.) | (T.K.) | (F.Y.A.) |
|----------|--------|--------|----------|--------|----------|
| (Ü.S.)   | 1      | 9/8    | 9/8      | 9/7    | 9/7      |
| (B.K.)   | 8/9    | 1      | 8/8      | 8/7    | 8/7      |
| (Y.P.T.) | 8/9    | 8/8    | 1        | 8/7    | 8/7      |
| (T.K.)   | 7/9    | 7/8    | 7/8      | 1      | 7/7      |
| (F.Y.T.) | 7/9    | 7/8    | 7/8      | 7/7    | 1        |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum özdeğerleri(eigen value);

$\lambda_{\max} = 5,1152$  olarak bulunur.

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapılacak olursa matrisin maksimum öz değeri MATLAB kullanarak bulunmuştur.

Toplam 5 adet kriter olduğu için  $\lambda_{\max}$  değeri uygun gibi görünüyor ancak detaylı inceleme yapılacak olursa,

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,1152 \text{ buradan}$$

$$CI = (5,1152 - 5) / (5 - 1) \\ = 0,0288 \text{ bulunur.}$$

CR = 0,0257 bulunur. Elde edilen sayı 0,1'den küçük olduğu için datalar mükemmeldir ve çalışmada kullanılabilir.

Çizelge 5.26. Çizelge 5.25 deki Karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü

| <b>Ana Eigen Vektör<br/>(Normalize Edilmiş)</b> |
|-------------------------------------------------|
| 0,2308                                          |
| 0,2051                                          |
| 0,2051                                          |
| 0,1795                                          |
| 0,1795                                          |

Çizelge 5.27. Lojistik kriterlerin ağırlıkları

| <b>Kriter Adı</b> | <b>Ağırlığı</b> |
|-------------------|-----------------|
| (Ü.S.)            | 0,2308          |
| (B.K.)            | 0,2051          |
| (Y.P.T.)          | 0,2051          |
| (T.K.)            | 0,1795          |
| (F.Y.A.)          | 0,1795          |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter Üzerindeki Silahlar(Ü.S.) kriteridir.

#### 5.6.1. Helikopterlerin beş adet lojistik kriterlere göre ikili karşılaştırmaları

Bu bölümde, hiyerarşik (Kademeli) yapının dördüncü seviye (alt kriterler seviyesi) hesaplamaları yapılacaktır.

İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yine uzman kişilerden yardım almak gereklidir.

### 5.6.1.1. Üzerindeki silahlar

Çizelge 5.28. İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 5/3    | 5/9    | 5/7   | 5/3          |
| FENNEC        | 3/5     | 1      | 3/9    | 3/7   | 3/3          |
| COUGAR        | 9/5     | 9/3    | 1      | 9/7   | 9/3          |
| TİGER         | 7/5     | 7/3    | 7/9    | 1     | 7/3          |
| BO105CBS-5    | 3/5     | 3/3    | 3/9    | 3/7   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,153$  CI = 0,0383 CR = 0,0342 olarak bulunur.

### 5.6.1.2. Bakım kolaylığı

Çizelge 5.28. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 7/9    | 7/8    | 7/8   | 7/9          |
| FENNEC        | 9/7     | 1      | 9/8    | 9/8   | 9/9          |
| COUGAR        | 8/7     | 8/9    | 1      | 8/8   | 8/9          |
| TİGER         | 8/7     | 8/9    | 8/8    | 1     | 8/9          |
| BO105CBS-5    | 9/7     | 9/9    | 9/8    | 9/8   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,162$  CI = 0,0405 CR = 0,0362 olarak bulunur.

### 5.6.1.3. Yedek parça temini

Çizelge 5.28. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 8/5    | 8/9    | 8/9   | 8/5          |
| FENNEC        | 5/8     | 1      | 5/9    | 5/9   | 5/5          |
| COUGAR        | 9/8     | 9/5    | 1      | 9/9   | 9/5          |
| TİGER         | 9/8     | 9/5    | 9/9    | 1     | 9/5          |
| BO105CBS-5    | 5/8     | 5/5    | 5/9    | 5/9   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,113$   $CI = 0,0283$   $CR = 0,0252$  olarak bulunur.

### 5.6.1.4. Tedarik kolaylığı

Çizelge 5.28. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 8/5    | 8/9    | 8/9   | 8/3          |
| FENNEC        | 5/8     | 1      | 5/9    | 5/9   | 5/3          |
| COUGAR        | 9/8     | 9/5    | 1      | 9/9   | 9/3          |
| TİGER         | 9/8     | 9/5    | 9/9    | 1     | 9/3          |
| BO105CBS-5    | 3/8     | 3/5    | 3/9    | 3/9   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,014$   $CI = 0,0035$   $CR = 0,00313$  olarak bulunur.

### 5.6.1.5. Faydalı yük ağırlığı

Çizelge 5.28. Devam İkili karşılaştırmalar

| Alternatifler |         |        |        |       |              |
|---------------|---------|--------|--------|-------|--------------|
| Alternatifler | PANTHER | FENNEC | COUGAR | TİGER | BO 105 CBS-5 |
| PANTHER       | 1       | 7/3    | 7/9    | 7/5   | 7/2          |
| FENNEC        | 3/7     | 1      | 3/9    | 3/5   | 3/2          |
| COUGAR        | 9/7     | 9/3    | 1      | 9/5   | 9/2          |
| TİGER         | 5/7     | 5/3    | 5/9    | 1     | 5/2          |
| BO105CBS-5    | 2/7     | 2/3    | 2/9    | 2/5   | 1            |

MATLAB yardımıyla  $\lambda_{\max} = 5,110$   $CI = 0,0275$   $CR = 0,0246$  olarak bulunur.

Çizelge 5.29. Çizelge 5.28’deki 5 karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigenvektörleri(Ağırlık Vektörleri)

| Kriterler  |                                    |                                    |                                      |                                    |                                      |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Alternatif | (Ü.S.)<br>$\lambda_{\max} = 5,153$ | (B.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,162$ | (Y.P.T.)<br>$\lambda_{\max} = 5,113$ | (T.K.)<br>$\lambda_{\max} = 5,014$ | (F.Y.A.)<br>$\lambda_{\max} = 5,110$ |
| PANTHER    | 0,1852                             | 0,1707                             | 0,2222                               | 0,2353                             | 0,2692                               |
| FENNEC     | 0,1111                             | 0,2195                             | 0,1389                               | 0,1471                             | 0,1154                               |
| COUGAR     | 0,3333                             | 0,1951                             | 0,2500                               | 0,2647                             | 0,3462                               |
| TİGER      | 0,2593                             | 0,1951                             | 0,2500                               | 0,2647                             | 0,1923                               |
| BO105CBS-5 | 0,1111                             | 0,2195                             | 0,1389                               | 0,0882                             | 0,0769                               |

Yukarıdaki matris Lojistik faktörler dikkate alınarak değerlendirilecek olursa;

“Üzerindeki Silahlar” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR

“Bakım Kolaylığı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC  
veya BO 105 CBS-5

“Yedek Parça Temini” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR  
veya TIGER

“Tedarik Kolaylığı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR  
veya TIGER

“Faydalı Yük Ağırlığı” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR  
helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

#### 5.6.2. Helikopterlerle ilgili olarak lojistik faktörler dikkate alınarak genel sıralamanın yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapılabilmesi için daha önce bularak normalize edilen Çizelge 5.29’deki matris ile Çizelge 5.27’deki vektör çarpılır ve genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,1852 & 0,1707 & 0,2222 & 0,2353 & 0,2692 \\ 0,1111 & 0,2195 & 0,1389 & 0,1471 & 0,1154 \\ 0,3333 & 0,1951 & 0,2500 & 0,2647 & 0,3462 \\ 0,2593 & 0,1951 & 0,2500 & 0,2647 & 0,1923 \\ 0,1111 & 0,2195 & 0,1389 & 0,0882 & 0,0769 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,2308 \\ 0,2051 \\ 0,2051 \\ 0,1795 \\ 0,1795 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir.

$$= \begin{bmatrix} 0,2139 \\ 0,1463 \\ 0,2779 \\ 0,2332 \\ 0,1288 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.30. Alternatiflerin lojistik açıdan genel değerlendirilmesi

| Alternatifler |                             |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
| Sıra No       | Alternatif Adı              |               |
| (3)           | PANTHER AS 565 UB           | 0,2139        |
| (4)           | FENNEC AS 550 C3            | 0,1463        |
| (1)           | <b>COUGAR AS 532 UE</b>     | <b>0,2779</b> |
| (2)           | TİGER HAP                   | 0,2332        |
| (5)           | BO 105 CBS-5 ARMY veya NAVY | 0,1288        |

Yukarıda da görüldüğü üzere Lojistik faktörler dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter COUGAR AS 532 UE helikopteridir. Böylece ana çatının ikinci seviyesi de tamamlanmış olmaktadır. Şimdi 1 nci seviye “Satın Alınacak Helikopter Memnuniyeti” işlemlerine başlanılabilir.

**Kriter      Kriter**

**No          Adı**

(1) *Teknik (T.)*

(2) *Finans (F.)*

(3) *Sosyal (S.)*

(4) *Çevre (Ç.)*

(5) *Lojistik (L.)*

### 5.7. Satın Alınacak Helikopter Memnuniyeti :

Çizelge 5.31. Kriterlerin ikili karşılaştırmalarını gösterir matris

|      | (T.) | (F.) | (S.) | (Ç.) | (L.) |
|------|------|------|------|------|------|
| (T.) | 1    | 9/6  | 9/5  | 9/3  | 9/7  |
| (F.) | 6/9  | 1    | 6/5  | 6/3  | 6/7  |
| (S.) | 5/9  | 5/6  | 1    | 5/3  | 5/7  |
| (Ç.) | 3/9  | 3/6  | 3/5  | 1    | 3/7  |
| (L.) | 7/9  | 7/6  | 7/5  | 7/7  | 1    |

MATLAB (Versiyon 5.1) ile oluşturulan matrisin maksimum öz değerleri (eigen value);

$\lambda_{\max} = 5,0157$  olarak bulunur.

Uzman personel tarafından oluşturulan matris üzerinde kısa bir değerlendirme yapılacak olursa matrisin maksimum öz değeri MATLAB kullanarak bulunmuştu.

Toplam 5 adet kriter olduğu için  $\lambda_{\max}$  değeri uygun gibi görünüyor ancak detaylı inceleme yapılacak olursa,

$$n = 5$$

$$RI = 1,12$$

$$\lambda_{\max} = 5,0157 \text{ buradan}$$

$$CI = (5,0157 - 5) / (5 - 1)$$

$$= 0,0039 \text{ bulunur.}$$

CR = 0,0035 bulunur. Elde edilen sayı 0,1'den küçük olduğu için datalar mükemmeldir ve çalışmada kullanılabilir.

Çizelge 5.32. Çizelge 5.31 deki karşılaştırma matrisinin ana eigen vektörü

| <b>Ana Eigen Vektör<br/>(Normalize Edilmiş)</b> |
|-------------------------------------------------|
| 0,3000                                          |
| 0,2000                                          |
| 0,1666                                          |
| 0,1000                                          |
| 0,2333                                          |

Çizelge 5.33. Kriterlerin ağırlıkları

| <b>Kriter Adı</b> | <b>Ağırlığı</b> |
|-------------------|-----------------|
| <b>(T.)</b>       | <b>0,3000</b>   |
| <b>(F.)</b>       | 0,2000          |
| <b>(S.)</b>       | 0,1666          |
| <b>(Ç.)</b>       | 0,1000          |
| <b>(LA.)</b>      | 0,2333          |

Yukarıda da görüldüğü gibi en öncelikli kriter Teknik (T.) kriteridir.

### 5.8. Satın Alınacak Helikopterin Seçimi

Bu bölümde, hiyerarşik (Kademeli) yapımızın 1 nci (ana amaç) hesaplamaları yapılacaktır.

İlk olarak, kriterlere göre ikili karşılaştırma çizelgeleri oluşturulacaktır. Çizelgelerin oluşturulması esnasında yukarıda hesaplanarak bulunan ve normalize edilen kriter vektörleri kullanılacaktır.

Çizelge 5.34. 5 Karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş eigen vektörleri (ağırlık vektörleri)

| Kriterler  |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Alternatif | (T.)<br>$\lambda_{\max}=5,4419$ | (F.)<br>$\lambda_{\max}=5,0158$ | (S.)<br>$\lambda_{\max}=5,0133$ | (Ç.)<br>$\lambda_{\max}=5,0163$ | (L.)<br>$\lambda_{\max}=5,1152$ |
| PANTHER    | 0,2722                          | 0,1766                          | 0,2375                          | 0,1819                          | 0,2139                          |
| FENNEC     | 0,1495                          | 0,3007                          | 0,1678                          | 0,2759                          | 0,1463                          |
| COUGAR     | 0,1913                          | 0,1415                          | 0,2330                          | 0,1125                          | 0,2779                          |
| TİGER      | 0,2398                          | 0,1487                          | 0,2173                          | 0,1945                          | 0,2332                          |
| BO105CBS-5 | 0,1472                          | 0,2329                          | 0,1449                          | 0,2351                          | 0,1288                          |

Yukarıdaki matris Lojistik faktörler dikkate alınarak değerlendirildiğinde;

“Teknik” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : PANTHER

“Finans” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Sosyal” kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : PANTHER

“Çevre”kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : FENNEC

“Lojistik”kriteri dikkate alındığında en iyi helikopter : COUGAR

helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir.

### 5.9. Helikopterlerle İlgili Olarak Tüm Faktörler Dikkate Alınarak Genel Sıralamanın Yapılması

Alternatifler arasında genel sıralama yapabilmesi için daha önce bularak normalize edilen Çizelge 5.34’deki matris ile Çizelge 5.33’deki vektör çarpılır ve genel ağırlık vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0,2722 & 0,1766 & 0,2375 & 0,1819 & 0,2139 \\ 0,1495 & 0,3007 & 0,1678 & 0,2759 & 0,1463 \\ 0,1913 & 0,1415 & 0,2330 & 0,1125 & 0,2779 \\ 0,2398 & 0,1415 & 0,2173 & 0,1945 & 0,2332 \\ 0,1472 & 0,2329 & 0,1449 & 0,2351 & 0,1288 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,3000 \\ 0,2000 \\ 0,1666 \\ 0,1000 \\ 0,2333 \end{bmatrix}$$

Her iki matrisin çarpımı sonucunda aşağıdaki genel ağırlık vektörü elde edilir

$$= \begin{bmatrix} 0,2246 \\ 0,1947 \\ 0,2006 \\ 0,2117 \\ 0,1684 \end{bmatrix}$$

Elde edilen vektör aşağıdaki çizelgede değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.35. Alternatiflerin genel değerlendirilmesi

| Alternatifler |                           |        |
|---------------|---------------------------|--------|
| Sıra No       | Alternatif Adı            |        |
| (1)           | PANTHER AS 565 UB         | 0,2246 |
| (4)           | FENNEC AS 550 C3          | 0,1947 |
| (3)           | COUGAR AS 532 UE          | 0,2006 |
| (2)           | TİGER HAP                 | 0,2117 |
| (5)           | BO 105 CBS-5 ARMY or NAVY | 0,1684 |

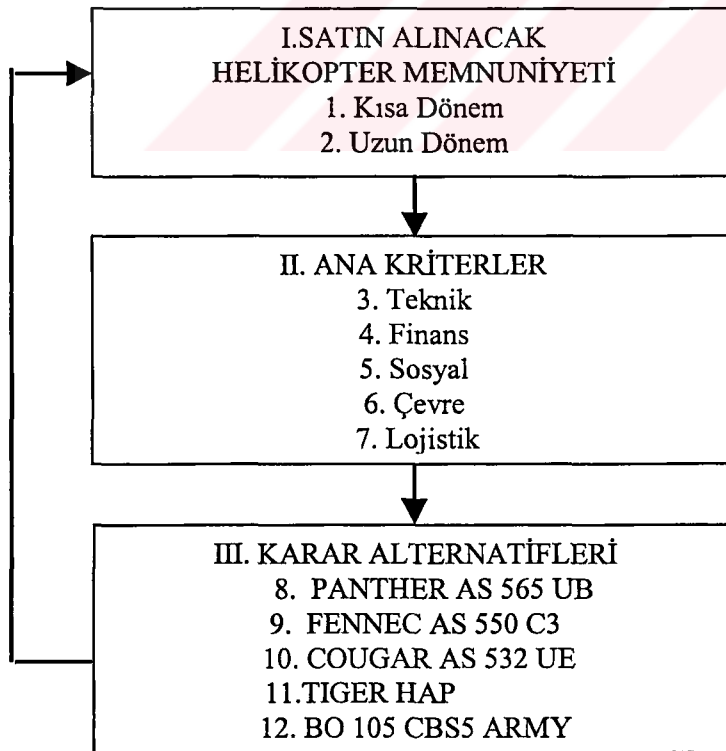
Yukarıda da görüldüğü üzere tüm faktörler dikkate alındığında Karar Verici için en uygun helikopter *PANTHER AS 565 UB* helikopteridir.

#### 5.10. Geri Besleme Yöntemi ile Karar Analizi

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi AHP karar probleminin parçalara ayrılması ve bu parçalardan bir hiyerarşik yapı oluşturulmasıyla başlar. Hiyerarşik yapının en üst seviyesinde arzu edilen hedef yada ana amaç bulunur. Hiyerarşik yapı aşağıya doğru alt kriterlere ulaşıncaya kadar genelden daha özele doğru iner. Bu nedenle, temel AHP yapısı elemanlar arasında bağımsızlığa müsaade eder ve bu durum geri besleme ilişkisini ortadan kaldırır. Ayrıca, aynı seviyedeki elemanların kendi aralarında bağımsız olduğu kabul edilir.

Süper Matris Tekniği olarak adlandırılan Analitik Şebeke İşleminde(ANP) ise söz konusu sıkı hiyerarşik yapı terk edilir. Problem yine parçalara ayrılır ve her parça ya da eleman birbirine bağımlı olarak ilişkilendirilir. Bir elemandan o elemanı ilgilendiren diğer elemanlara giden ok işareti ile gösterilir. ANP’de de bir elemanın göreceli önemi ya da kuvveti AHP’de belirtilen yöntemle tespit

edilir. Öncelik belirlenmesinde mutlaka karar vericinin görüşü alınır. AHP yönteminde daha sonra ikili karşılaştırmalar yapılır. Ağırlıklandırma işlemi iki safhada yapılır. Birinci safhada, yukarıda da belirtildiği üzere her eleman onu etkileyen her eleman için bir kritermiş gibi davranır. İkinci safha ise, benzer şekilde her alt eleman onu etkileyen her alt eleman için kritermiş gibi davranır. Şayet A, B elemanını etkiliyor ise A'nın alt elemanları B'nin her alt elemanına bakarak toplam bir öncelik vektörü alır. Böylece bir kare matris olan "süper matris" oluşur. Bu nedenle, ANP süper matris tekniği olarak da adlandırılır. Aynı şekilde yapı hiyerarşik yapıdır. Bağımlılık arklarla gösterilir. Arklar etki ağırlığının dağılımını da gösterir. AHP, karar problemini hiyerarşik yapıda düzenler; sadece seviyeler arası bağımlılığı kabul eder ve mümkün yön hiyerarşinin tepesine doğrudur, bu sebeple geri besleme analizleri mümkün olamaz. Ayrıca, seviyelerdeki elemanlar bağımsız sayılır.



Şekil 5.1 Satın alınacak helikopter memnuniyeti için geri besleme modeli

Bu çalışmada ANP'nin süper matris oluşturma yöntemiyle hazırladığı geri besleme yöntemiyle karar analizi çalışması yapılacaktır. Bu nedenle, ilk olarak Şekil 5.1 oluşturulmuştur. Şekil 5.1'de sadece ana kriterler dikkate alınmıştır ve numaralandırılmıştır. Yapılacak olan çalışmada alt kriterler de dikkate alınabilir. Ancak, bu durumda 25 adet alt kriter de çalışmada dikkate alınacak ve ortaya çıkacak matris çok büyük olacak, aynı zamanda çözümü de güçleştirecektir. Şekil 5.1'de görüldüğü üzere satın alınacak helikopter memnuniyeti ana amacı, amaca kısa ve uzun vadedeki faydası dikkate alınarak değerlendirilecektir.

#### 5.10.1. Süpermatris tekniği

Bir sistemin N tane bölüme ayrıldığı,  $C_1, C_2, \dots, C_N$  ve  $C_k$  nın elemanlarının da  $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kn}$  olsun .Tüm elemanların dahil olduğu ve değeri olmayanların ise sıfır olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda oluşturulacak matris,

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n} \\ e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2n} \\ \vdots \\ e_{N1}, e_{N2}, \dots, e_{Nn} \end{matrix} & \begin{matrix} W_{11} & W_{12} & \dots W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{N1} & W_{1N} & \dots W_{NN} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Süper matris, sistem için önceliklerin peş peşe geliştirilmesinde temel rol oynar. Yukarıdaki süper matriste sistemin bölümleri gösterilmiştir. Bu durumda her alt bölümün önceliklerini göstermek maksadıyla tüm elemanların diğer elmenler ile ikili karşılaştırmaları yapılabilir. Örneğin, bir endüstrinin diğer endüstrilere olan etkileri, katkıları karşılaştırılabilir. Ancak karşılaştırma yapılabilenlerin değerleri yazılır, karşılaştırma yapılamayan ya da ilişkili olmayan bölümler ise sıfır ile doldurulur.

Yukarıdaki süper matrsten de görüldüğü üzere her  $i, j$  sütunu

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} (i1) & (i2) & (in) \\ W_{i1} & W_{i1} & W_{i1} \\ (i1) & (i2) & (in) \\ W_{i2} & W_{i2} & W_{i2} \\ (i1) & (i2) & (in) \\ W_{in} & W_{in} & W_{in} \end{bmatrix}$$

Şeklinde gösterilebilir.

Bu durumda oluşturulacak süper matris aşağıdaki gibi olacaktır.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & . & . & . & 0 & 0 \\ W_{21} & 0 & 0 & . & . & . & 0 & 0 \\ & W_{32} & & & & & 0 & 0 \\ & & & & & & . & . \\ & & & & & & . & . \\ & & & & & & . & . \\ & & & & & W_{n-1,n-2} & . & . \\ & & & & & & W_{n,n-1} & I \end{bmatrix}$$

Bu matrisin durağan(stable) formu

$$W^k = \begin{bmatrix} 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & \dots \\ \cdot & & & 0 & 0 & \dots \\ \cdot & & & & & \\ W_{n,n-1} & W_{n-1,n-2} & W_{n-2,n-1} & W_{n,n-1} & W_{n-1,n-2} & \dots W_{n-2,n-1} & \dots \\ & & & 0 & 0 & 0 \\ & & & 0 & 0 & 0 \\ & & W_{n-1,n-2} & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ W_{n,n-1} & W_{n-1,n-2} & W_{n-2,n-1} & I \end{bmatrix}$$

Burada  $k \geq n-1$  dır.

Son satırdaki her kat sayı en son bölümün ya da parçanın kalan diğer tüm bölüm yada parçalara etkisini gösteren toplam önceliği verir. Hiyerarşik birleşim prensibi (n,1) durumunda n'inci parçanın 1 nci parçaya etkisini gösterir. Burada n'inci parça hiyerarşiye yön verir ve Markov zincirinde etkiyi yok edici bir durumun karşılığı olarak kabul edilir. Stokastik matrislerin çarpımı da stokastik ve bir stokastik matrisin kuvvetlerinin limitidir; bu limit matris stokastik matris ile çarpıldığında stokastik matris değişmeden kalır( $W_{ii}x=x$ ). Bu döngünün neticesi de W'nin çeşitli kuvvetleri ard arda çarpılarak elde edilir. Her parçanın kendisine ve diğer parçalara etkisi alınarak aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} (W_{i1} W_{i1i2} \dots W_{ini})^k &= \lim_{k \rightarrow \infty} W_{i1}^k W_{i1i2}^k \dots W_{ini}^k \\ &= \lim_{k \rightarrow \infty} W_{ii1}^k \quad \text{olarak yazılır.} \end{aligned}$$

Yukarıda açıklanan hususlar doğrultusunda helikopter örneğinde Şekil 5.1'deki 12 eleman dikkate alındığında aşağıdaki 12x12'lik süper matris oluşur.

Çizelge 5.36 Helikopter örneği için oluşturulan süper matris

|    | 1    | 2    | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|----|----|----|
| 1  | 0    |      |        |        | 0      |        |        | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  |
| 2  |      |      |        |        |        |        |        | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  |
| 3  | 0,21 | 0,24 |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |
| 4  | 0,56 | 0,21 |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |
| 5  | 0,10 | 0,12 |        |        | 0      |        |        |   |   | 0  |    |    |
| 6  | 0,01 | 0,11 |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |
| 7  | 0,12 | 0,32 |        |        |        |        |        |   |   |    |    |    |
| 8  |      |      | 0,2722 | 0,1766 | 0,2375 | 0,1819 | 0,2139 |   |   |    |    |    |
| 9  |      |      | 0,1485 | 0,3006 | 0,1678 | 0,2759 | 0,1463 |   |   |    |    |    |
| 10 | 0    |      | 0,1913 | 0,1415 | 0,2330 | 0,1125 | 0,2779 |   |   | 0  |    |    |
| 11 |      |      | 0,2398 | 0,1487 | 0,2173 | 0,1945 | 0,2332 |   |   |    |    |    |
| 12 |      |      | 0,1472 | 0,2329 | 0,1449 | 0,2351 | 0,1288 |   |   |    |    |    |

Çizelge 5.36'daki süper matrisin 1 ve 2 nci sütunlarındaki  $W(II,I)$  değerler karar verici tarafından verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi karar verici için kısa vadede finans kriter(0,56) diğer kriterlere oranla daha önemli ancak, uzun vadede lojistik faktörler(0,32) daha önemlidir.

Kısa ve uzun dönemde hangi helikopterlerin önemli olduğuna bakıldığında  $W(I,III)$  ise kısa vadede Panther, Cougar ve Tiger helikopterleri, uzun vadede ise Fennec ve BO105CBS-5 karar verici tarafından tercih edilmiştir.

Her eleman için sadece tek bir ark söz konusu olduğundan diğer elemanlarla karşılaştırmaya gerek yoktur. Bu nedenle önceliklendirmenin ilk safhası yapılmaz. Önceliklendirme işlemine kriterlerle başlanır. Daha sonra her alternatif bir değerine göre ayrı ayrı karşılaştırılır. Burada AHP metodu kullanarak elde ettiğimiz matris(Bkz.Çizelge 5.34) kullanılabilir  $W(III,II)$ . Son

olarak uzun ve kısa vade faydayı gösteren bölüm W(I,III) doldurulur. Karar verici bu sütunları doldururken şu soruları sorar. Kısa veya uzun vade fayda açısından hangi helikopter daha önemlidir. Tüm bu sorular sorulurken teknik, sosyal, lojistik, çevre, ekonomik hatta politik faktörler dikkate alınır. Helikopter örneğinde ikili karşılaştırmalarda hiç görülmeyen maksimum ve minimum değerler (0 ve1) alınmıştır. Aşağıda nihai önceliklendirme matrisi görülmektedir. Çizelge 5.36'da oluşturulan süper matris sistemde tek bir ark olması sebebiyle kendisiyle ideal olarak sonsuz sayıda(1024'üncü kuvveti) çarpılmış ve neticede aşağıdaki matris elde edilmiştir. Görüldüğü gibi her parça ya da bölümdeki elemanların değeri aynıdır.

Çizelge 5.37 Nihai önceliklendirme matrisi

|    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 0      |        |        |        | 0      |        |        | 0,5997 | 0,5997 | 0,5997 | 0,5997 | 0,5997 |
| 2  |        |        |        |        |        |        |        | 0,4003 | 0,4003 | 0,4003 | 0,4003 | 0,4003 |
| 3  | 0,2201 | 0,2201 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 4  | 0,4248 | 0,4248 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 5  | 0,1063 | 0,1063 |        |        | 0      |        |        |        |        | 0      |        |        |
| 6  | 0,0499 | 0,0499 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 7  | 0,1989 | 0,1989 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 8  |        |        | 0,2103 | 0,2103 | 0,2103 | 0,2103 | 0,2103 |        |        |        |        |        |
| 9  |        |        | 0,2282 | 0,2282 | 0,2282 | 0,2282 | 0,2282 |        |        |        |        |        |
| 10 | 0      |        | 0,1867 | 0,1867 | 0,1867 | 0,1867 | 0,1867 |        |        | 0      |        |        |
| 11 |        |        | 0,1929 | 0,1929 | 0,1929 | 0,1929 | 0,1929 |        |        |        |        |        |
| 12 |        |        | 0,1819 | 0,1819 | 0,1819 | 0,1819 | 0,1819 |        |        |        |        |        |

Çizelge 5.37'den de açıkça görüleceği gibi kısa vade faydanın nihai değeri(0,5997) uzun vade faydanın nihai değerinden(0,4003) daha fazladır. Buradan şu sonuç çıkarılabilir;

- a. Teknik, finans ve lojistik faktörler kısa vade için daha önemlidir.
- b. FENNEC AS550 C3 helikopteri de karar verici en tatminkar helikopterdir(0,2282).

Bilindiği üzere, AHP yönteminde kriterler arasında bir bağımsızlık olmasına rağmen kriterlerin ağırlıklarında yapılacak küçük bir değişiklik sonuca etki edecek ve farklı helikopterin seçimine sebep olabilecektir. ANP yönteminde ise kriterler arasında bağımlılık vardır. Sisteme ilave edilecek kriter veya kriterler sonuca direkt etki edecektir. Yukarıdaki örnekte probleme amacı etkileyecek iki adet kriter dahil edilmiş(kısa dönem, uzun dönem) ve bunun neticesinde karar verici tarafından farklı helikopter tercih edilmiştir.

### 5.11. Grafik Yöntemi ile Karar Analizi

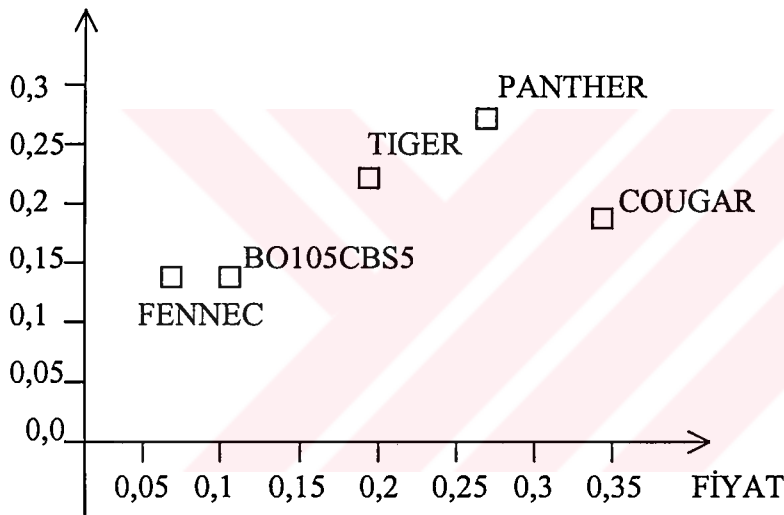
Çizelge 5.38 Fiyat kriteri ile teknik kriterin oranı

| Helikopter Adı | Fiyat<br>(Normalize Edilmiş) | Teknik Fayda | Teknik Fayda/<br>Fiyat Oranı | SONUÇ  |
|----------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------|
| COUGAR         | 0,3462                       | 0,1913       | 0,1913/0,3462                | 0,5526 |
| PANTHER        | 0,2692                       | 0,2722       | 0,2722/0,2692                | 1,0111 |
| TIGER          | 0,1923                       | 0,2398       | 0,2398/0,1923                | 1,4155 |
| BO105CBS5      | 0,1154                       | 0,1472       | 0,1472/0,1154                | 1,2756 |
| FENNEC         | 0,0769                       | 0,1495       | 0,1495/0,0769                | 1,9441 |

Yukarıdaki örnekte 1 Adet TIGER Helikopterinin fiyatı yaklaşık 28.5 Milyon \$ olarak alınmıştır. Fiyat bilgileri satın alınacak helikopter miktarına göre ihale yöntemiyle belirlense de uzman kişilerin görüşleri alınarak fiyatlar ortaya konulmuş ve daha sonra bu değerler normalize edilerek fiyat sütunu doldurulmuştur. Görüldüğü üzere en pahalı helikopter COUGAR helikopteri

olup, en ucuz helikopter FENNEC helikopteridir. Teknik Fayda sütunu için ise Çizelge 5.34’de belirtilen teknik kriterlerin değerlendirilmesi sonucunda çıkan normalize edilmiş vektör alınmıştır. Sonuç bölümüne bakıldığında *Teknik Fayda/Fiyat* oranı en büyük olan FENNEC helikopteridir. Amaç *en fazla faydayı en az maliyetle sağlamak* olduğundan amaca en uygun helikopter FENNEC helikopteridir. Çizelge 5.38’deki değerler dikkate alınarak aşağıdaki grafik hazırlanmıştır.

#### TEKNİK FAYDA



Şekil 5.2. Grafiksel gösterim

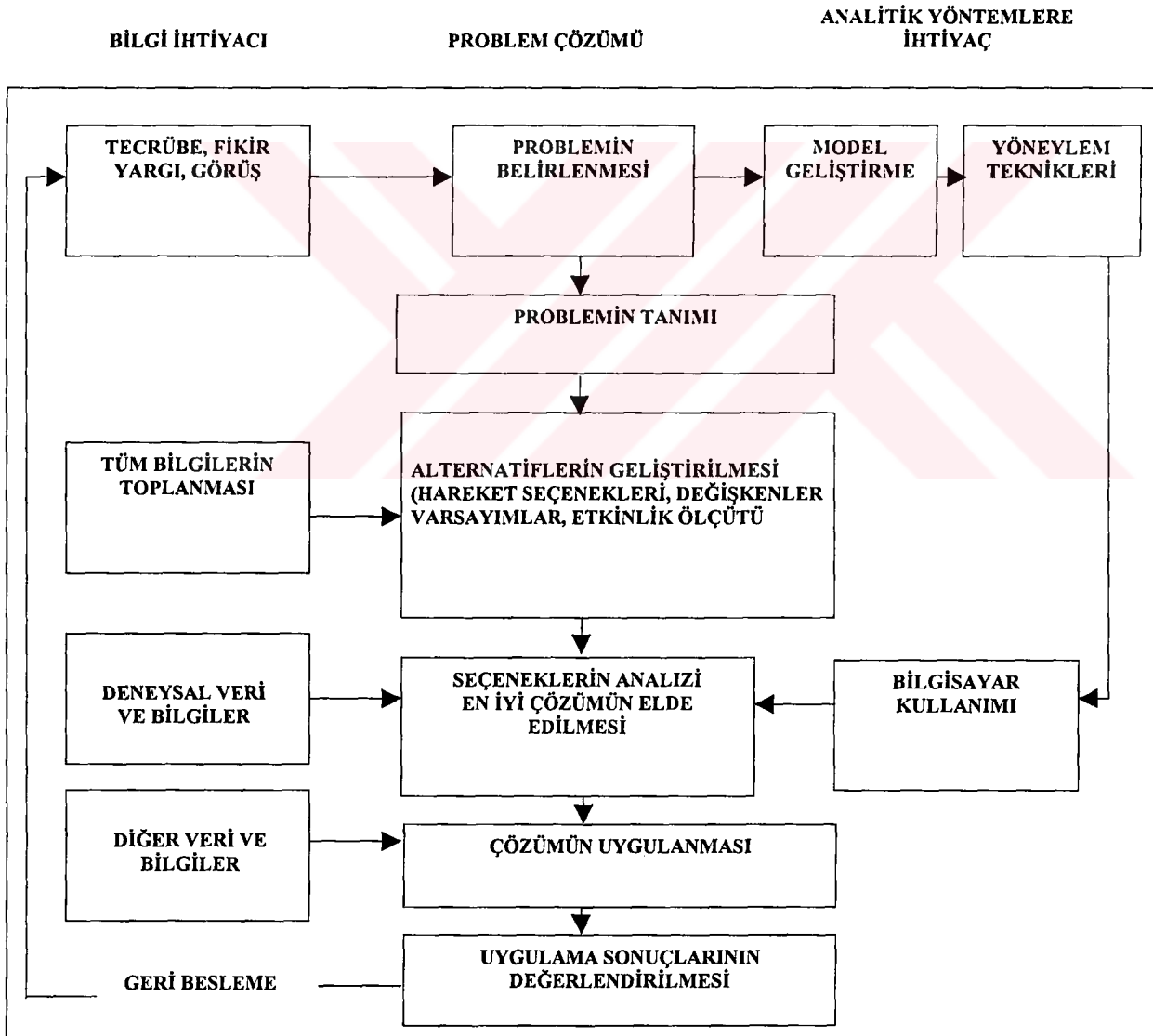
Yukarıda Şekil 5.2.’de de görüldüğü gibi tercih yapılırken sol tarafta ve yukarıda toplanan seçenekler öncelik kazanacaktır (fiyat olarak ucuz, fayda olarak fazla). Bu durumda, Çizelge 5.38’den de görüleceği üzere;

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| 1 nci öncelikli” helikopter | : FENNEC    |
| 2 nci öncelikli” helikopter | : TIGER     |
| 3 ncü öncelikli” helikopter | : BO105CBS5 |
| 4 ncü öncelikli” helikopter | : PANTHER   |

5 nci öncelikli” helikopter

: COUGAR

helikopterleri Karar Verici tarafından tercih edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere kriterlerden birinin değerinde yapılan küçük bir değişiklik sonucu direkt olarak etkilemekte, hatta farklı bir helikopterin seçimine neden olmaktadır. Bu nedenle, tüm çalışma esnasında karar verici ile birlikte çalışmak problemin çözümü neticesinde elde edilen sonucun karar verici tarafından daha tatminkar olmasına neden olacaktır. Çünkü problem çözme faaliyetinin tüm safhalarına karar verici katılmıştır.



Şekil 5.3. Problem çözümünde safhalar

Şekil 5.3'te de belirtildiği gibi problemin çözümüne başlanılmadan önce problemin var olduğunun kabul edilmesi gerekir. Daha sonra problem ayrıntılı olarak tanımlanır. Ayrıntılı tanımlama esnasında tecrübelerden, kişisel birikimlerden de faydalanılır. Ölçütler ortaya konularak kriterler belirlenir ve problemin çözümüne ilişkin tüm alternatifler sıralanır. Kriterlerin ve alternatiflerin fazlalığı neticesinde çözüm oldukça karmaşık bir hale gelir. Bu durumda kişi yöneylem tekniklerini kullanarak bilgisayarlar vasıtasıyla sonuca kısa sürede gidebilir. Yukarıdaki örnekte problem çözümünde AHP metodu kullanılmıştır. Oluşturulan matrislerin çözümünde de MATLAB programı kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçların karar verici ile birlikte değerlendirilmesi çok faydalı olacaktır. Şayet düzeltilmesi gereken hususlar var ise ANP metodunda olduğu gibi geri besleme yapılmalıdır. Geri besleme faaliyeti karar verme faaliyetinin dışında olmasına rağmen kararın etkinliği ve verimli olması için devamlı olarak yapılmalıdır. Kararın uygulaması sırasında ortaya çıkacak yeni bilgilerden faydalanarak yanlış kararları düzenlemekten kaçınılmamalıdır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER :

Çok amaçlı karar verme problemlerinde zengin bir kullanım alanı bulan AHP metodu yukarıda üçüncü bölümde de belirtildiği üzere karar vericilerin deneyim ve bilgilerini, kullanılan veriler kadar önemli görme esasına dayanır. Oldukça yaygın kullanımı olan AHP metodu öncelikle problemin oluşturulması, önceliklerin ortaya konması, tüm sistemin analizi ve seçim safhalarını kapsar.

Belki de karar vericinin bu metodu kullanmasında en cazip gelen olay problemin çözümüne başlanılmadan önce hiyerarşik yapının oluşturulması ve karar vericinin kriterleri ve alternatifleri bir arada görebilmesidir. Bu safha en kolay safhadır denilebilir. Zira hiyerarşik yapı oluşturulurken karar vericinin hiç matematik bilgisine ihtiyacı yoktur. Sadece mantık sırasına göre kriterlerini ve alternatiflerini belirlemesi gerekecektir. Çok problem çözen kişiler bu yapıyı kolaylıkla oluşturabilirler. Bu nedenle, bu safha, problem alanında deneyim ve bilgi sahibi olmayı öngörür denilebilir.

Normal olarak farklı iki karar verici aynı problemi farklı iki hiyerarşik yapıda ortaya koyabilir. Bu nedenle, problemin çözümüne ilişkin olarak tek bir hiyerarşik yapı vardır denilemez. Diğer taraftan, aynı hiyerarşik yapı bile oluşturulsa, karar vericilerin öncelikleri farklı olabilir. Ancak, bir grup kişinin beraber çalışmasıyla hiyerarşik yapının oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde bir uzlaşma sağlanabilir. Bu nedenle, özellikle ikili karşılaştırma yapılması esnasında sorunu bilen birden fazla kişinin bilgisi alınması yani anket usulü oldukça etkin olarak kullanılabilir.

Karar verici için problemin çözümüne ilişkin en öncelikli yapması gereken faaliyet hiyerarşik yapının amaca en uygun olacak şekilde oluşturulması faaliyetidir. İyi oluşturulan bir hiyerarşik yapının karar vericiyi doğru ya da en tatminkar sonuca götüreceği bir gerçektir.

İkinci olarak dikkat edilmesi gereken husus, önceliklerin değerlendirilmesi safhasında ikili karşılaştırma yapılması ve bunu yaparken de iki kriter arasındaki ne kadar iyi sorusuna 1-9 arasında sayılar yoluyla cevap verilmesidir. Bu soruların neticesinde karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Hiyerarşik yapının her hangi bir seviyesindeki elemanlar bir üst seviyedeki kriteri ne kadar sağladıklarına bakılarak karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırma işleminde elemanların önceliklerini ve ağırlıklarını karşılaştırırken göreceli ölçüm skalası (1-9 arasındaki değerler) kullanılır. AHP metodunun en fazla eleştirildiği bölümlerden birisi de budur. Neden karar verici en üst sınır olarak dokuzaya kadar sınırlanmıştır. Bu durum şu şekilde açıklanabilir. Örneğin, bir kriter ve iki alternatif A ve B verilsin. Bu iki alternatifi karşılaştırmak için şu soru sorulabilir. “Hangi alternatif amacı daha fazla tatmin ediyor, karşılıyor ve ne kadar fazla?”. Şayet karar verici bir cevap veremez ise ya soru çok anlamlı değildir ya da alternatifler karşılaştırılamadığı sonucunu doğurur. Karşılaştırılabilir olması demek, homojen olması demektir. Yani birisi bir kayayı bir yıldız ile ağırlık kriteri dikkate alınarak karşılaştıramaz, zira yıldızın ağırlığına göre ölçüm skalasının üst sınırının ne olabileceği bilinemez. Bilinse bile karşılaştırma yapmak çok anlamlı olmaz. Bu nedenle AHP’de üst sınır 9 olarak kabul edilmiştir. Karşılaştırmalar homojen bir grup içinde yapılacak ise bu rakam oldukça uygundur. İkili karşılaştırmalar bir üst seviyedeki elemanlar dikkate alınarak yapılır. Elemanların nihai ağırlıkları hiyerarşik yapıdaki bir altındaki seviyede bulunan elemanların ağırlıklarının toplanması neticesinde ortaya çıkar.

Hiyerarşik yapının en üstte bulunan seviyesindeki ağırlık değeri diğer alt seviyelerdeki ağırlıkların seviye seviye eklenerek ötelenmesi neticesinde elde edilir. Bu faaliyet hiyerarşik karşılaştırma prensibi olarak adlandırılır. Özellikle ikili karşılaştırma esnasında kullanılan ölçek hakkında karar vericiye bilgi verilmeli sayıların ne anlama geldiği detaylı olarak izah edilmelidir.

Unutulmaması gereken bir diğer husus da aralarında ilişki olmayan yani bağımsız alternatifler için bu metodun kullanılmasının uygun olmadığıdır.

AHP'nin en faydalı olduğu özelliklerden birisi de ölçülebilir somut faktörlerin ölçülmeyen soyut faktörlerle beraber karşılaştırma skalası vasıtasıyla değerlendirilmesi ya da ağırlıklandırılmasıdır. Buna ilave olarak AHP'nin bir diğer önemli özelliği hiyerarşik yapı oluşturulması esnasında problemin en ince ayrıntısına kadar ortaya konulması ve ayrıştırılmasıdır. İlgili bölümlere ayrılarak alt gruplara ayrılan elemanlar ikili karşılaştırmalar yapılarak çözüme başlanır. Dolayısıyla basitten başlayarak yukarıya doğru çıkılır. Bu nedenle metodun kullanımı oldukça kolaydır.

AHP dünyada bir çok alanda yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Basit kişisel problemlerden karmaşık yatırım problemlerine kadar her türlü karar verme işleminde kullanılabilir. Bu metodun bu kadar yaygın kullanılışının sebebi metodun sağlamlığı yani her alanda kullanılabilir olması ve kullanımının kolaylığıdır.

Bu tez çalışmasında, askeri helikopter satın alımı problemine Analitik Hiyerarşi Proses(AHP) metodunun uygulanışı gösterilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce kriterler ortaya konulmuştur. Kriterlerin ve Alt-Kriterlerin belirlenmesi aşaması en önemli aşamadır(SEVİYE-1,2). Kriterlerin

belirlenmesini müteakip alternatifler yani satın alabileceğimiz helikopterlere karar verilmiştir (SEVİYE -3). Bu çalışmada kullanılan helikopterlerin tüm teknik özellikleri güncel olup, [www.http://eurocopter.com](http://eurocopter.com) internet adresinde mevcuttur. Bu adresten helikopterlere ait güncel bilgilere ulaşılmıştır. Çalışmada hem kriter adedi hem de alternatif adedi 5 adet olup, elle çözüm çok zor olması sebebiyle MATLAB yazılım aracı özellikle matris oluşturmada ve çözümünde etkin olarak kullanılmıştır. Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesinden sonra ana hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. En üst seviyede(SEVİYE-1) “SATIN ALINACAK HELİKOPTER MEMNUNİYETİ” karar verme problemimiz sıralanmıştır. Çalışma tamamen kişisel görüşlere göre yapılmış olup, TSK’nın resmi görüşlerini kapsamamaktadır.

MATLAB yardımıyla gerekli hesaplamaların yapılması neticesinde, en iyi Helikopterin PANTHER AS 565 UB helikopteri olduğu ortaya çıkmıştır. Ağırlık vektöründen de görülebileceği gibi helikopterler arasında bariz üstünlük yoktur. Çalışmamızda %22,46 ile PANTHER AS 565 UB kararımıza en fazla katkıda bulunan helikopter olarak görülmektedir. Ancak, özellikle normalize edilmiş kriter vektöründe yapabileceğimiz en küçük değişikliğin seçimimizi büyük oranda değiştirebileceği değerlendirilmektedir. Bu nedenle çalışmamız için yardım aldığımız kişilerin uzman olmalarının önemi çok büyüktür.

Bir diğer göz önünde bulundurulması gereken husus da çalışmamızı teknik, iktisadi(finans), sosyal, çevresel ve lojistik faktörlere göre düzenlememizdir. Bu faktörlere ilave edebileceğimiz herhangi bir yeni kriter seçimimizi etkileyebilecektir. Ayrıca, yukarıda bahse konu özellikler dışında siyasi faktörler de seçimimize etki edebilecektir.

AHP metodunun uygulanması neticesinde karar verici tarafından amaca en uygun helikopter olarak PANTHER AS 565 UB helikopteri seçilmiştir. Ancak, bu değerlendirmenin neticesinde görüldüğü üzere kriterlerin ağırlıklarında yapılacak en küçük bir değişiklik sonuca direk etki etmekte ve karar verici tarafından başka bir helikopter seçilmesine neden olmaktadır.

AHP yönteminde kriterler arasında bir bağımsızlık olmasına rağmen kriterlerin ağırlıklarında yapılacak küçük bir değişiklik sonuca etki edecek ve farklı helikopterin seçimine sebep olabilecektir. ANP yönteminde ise kriterler arasında bağımlılık vardır. Sisteme ilave edilecek kriter veya kriterler sonuca direkt etki edecektir. Yukarıdaki örnekte amacı etkileyecek iki adet kriter dahil edilmiş(kısa dönem, uzun dönem) ve bunun neticesinde karar verici tarafından farklı helikopter tercih edildiği tespit edilmiştir(FENNEC AS550C3 helikopteri. Bu değerlendirme esnasında elemanlar arasında tek bir ark olduğu tespit edilmiş, süper matris oluşturulmuş ve oluşturulan bu matris kendisi ile 1024 kez çarpılarak nihai önceliklendirme matrisi elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu matrsten helikopter satın alma ana amacı için kısa ve uzun vade fayda açısından çok fazla fark olmadığı ancak kısa vade faydanın uzun vadeye göre biraz daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

Unutulmaması gereken bir diğer husus da AHP gibi ANP metodunun da kesin neticeyi veren bir araç olmadığı, ancak karar verici için karar verme aşamasında yardımcı bir araç olarak kullanıldığıdır.

Bilindiği üzere, fiyat kriteri ve teknik kriter en önemli kriterlerden ikisidir. Bu nedenle grafik yönteminde bu iki kriter göz önünde bulundurulmuştur. Fiyat/Teknik kriter oranına göre sonuç grafiksel olarak gösterilmiştir. Helikopter fiyatları resmi fiyatlar olmayıp, uzman personelin değerlendirmeleri

neticesinde tespit edilen fiyatlardır. Teknik kriter değerleri ise daha önce AHP metodu kullanılarak tespit edilen değerlerdir. Elde edilen grafikte sola ve yukarıya doğru toplanan helikopterler (fiyat olarak ucuz, teknik fayda olarak fazla) karar verici tarafından tercih edilmiştir(FENNEC AS550C3 helikopteri).

Karar verme çalışmasının her safhasında karar verici devamlı sorgulama faaliyeti içinde olmalı ve geri besleme faaliyeti devamlı olarak yapılmalıdır. Karar uygulaması sırasında ortaya çıkacak yeni bilgilerden faydalanılarak yanlış kararlar düzeltilmelidir.

Sonuç olarak, örnek problem çözümünde karar verici tarafından kullanılan AHP metodu bazı sınırlamaları olmasına rağmen diğer birçok alanda olduğu gibi askeri alanda da *Karar Vericiye* karar vermesinde yardımcı bir araç olarak değerlendirilebilir. Karar verme faaliyetinde zaman faktörü çok önemli olduğu için günümüzün bilgisayar gibi modern teknoloji araçlarının kullanılması kaçınılmazdır. Bu maksatla, karar verici tarafından kolaylıkla kullanılabilecek EXPERT CHOICE gibi AHP metodunun bilgisayar uygulamaları da mevcuttur.

### KAYNAKLAR

1. Aczel, J., and Saaty, T.L.(1983) "Procedure for synthesizing ratio judgments", **Journal of Mathematical Psychology** 27, 93-102.
2. Aczel, J., and Alsina, C.(1987), "Synthesizing judgements: A functional equation approach", **Mathematical Modelling** 9, 311-320.
3. Alexander, J., and Saaty, T.L.(1977a), "The forward and backward process of conflict analysis", **Behavioral Science** 22,87-98.
4. Alexander, J., and Saaty, T.L.(1977b), "Stability analysis of forward-backward process ", **Behavioral Science** 22,375-382.
5. Arbel, A.(1983), "A university budget problem: A priority-based approach", **Socio-Economic Planning Sciences** 17/4,181-189.
6. Arbel, A.(1987), "Venturing into new technological markets", **Mathematical Modelling** 9,293-298.
7. Arbel, A.(1989), "Approximate articulation of preference and priority derivation", **European Journal of Operation Research** (forthcoming).
8. Arbel A., and Oren, S.S. (1986), "Generating search directions in multiobjective linear programming using the analytic hierarchy process", **Socio-Economic Planning Sciences** 20/6,369-373.
9. Arbel, A., Saaty, T.L., and Vargas, L.G.(1987), "Nuclear balance and the parity index: The role of intangibles in decisions", **IEEE Transactions in Systems, Man and Cybernetics**, September.
10. Baas, S.J. and Kwakernaak, H.(1977), "Rating and ranking of multi-aspec alternatives using fuzzy sets", **Automatica** 13, 47-58.
11. Bahmani, N., and Blumberg, H.(1987), "Consumer preference and reactive adaptation of corporate solution of the OTC medication dilamma", **Mathematical Modelling** 9, 293-298.
12. Bahmani, N., Javalgi, G., and Blumberg, H.(1986), "An application of the analitic hierarchy process for a consumer choice problem", **Marketing Science** 9, 402-406.

13. Belton, V. And T.,Gear (1983), "On aShort-coming of Saaty's analytic hierarchies",**Omega**, 1V11 No.3 228-230.
14. Buckey, J.J.(1985), "Fuzzy hierarchical analysis", **Fuzzy Sets and Systems** 17, 233-247.
15. Budescu, D.V., Zwick, R., and Rapport , A.(1986), "A comparison of the eigenvalue method and the geometric mean procedure for ratio scaling", **Applied Psychology Measurement** 10/1.69-78.
16. Chu.A.T.W., and Kalaba, R.E.(1979), "A comparison of two methods for determining weits belonging to fuzzy sets", **Journal of Optimization, Theory and Applications** 27/4, 531-538.
17. Cook, T., Falchi, P., and Marino, R.(1984),"An urban model combining time series and analytic hierarchy methods", **Management Science** 30/2, 198-208.
18. Crawford, G.B. and Williams, C.(1985), "Anote on the analysis of subjective judgement matrices", **Journal of Mathematical Psychology** 29, 387-405.
19. Dennis, S.Y.(1987), "A probabilistic model for the assignment of priorities in hierarchically structured decision problems", **Mathematical Modelling** 9, 335-344.
20. DeTurck, D.M.(1987), "The approach to consistency in the analytic hierarchy process" , **Mathematical Modelling** 9, 345-352.
21. Dolan, J.G.(1989), "Choosing initial antibiotic therapy for acute pyelonephritis" , in:B.L., Golden, E.A. Wasil and P.T.Harker (eds), **Aplications of the Analytic Hierarchy Process**, Springer-Verlag, New York, 213-224.
22. Dorweiler, B.P.(1987), "Legal case planning via the analytic hierarchy process" , **Mathematical Modelling** 9, 251-264.
23. Dougherty, J.J., and Saaty, T.L.(1977) "A hierarchical approach to optimum determination of hospital requirements" , in:T.L.Saaty and L.G.Vargas(eds.), **The Logic of Priorities**, Kluwer-Nijhoff, Boston, 165-181.

24. Emshoff, J.R., and Saaty. T.L.(1982), "Applications of the Analytic Hierarchy Process" **European Journal of Operation Research** 10/2, 131-143.
25. E.S.Rosenbloom, 1996. "Probabilistic interpretation of final ranking in AHP" **European Journal of Operational Research**,48(1996)371-378.
26. Fatti, L.P.(1989), " Water research planning in South Africa" in:B.L.Golden, E.A.Wasil and P.T.Harker(eds.), **Applications of the Analytic Hierarchy Process**, Springer-Verlag.New York, 122-137.
27. French, S., 1986. "**Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality.**",\_ Ellis Horwood Series in Mathematics and Its Applications, pp.357-361.
28. Gass, S.I.(1986), " A process for determining priorities and weights for large-scale linear goal programmes" , **Journal of Operation Research Society** 37/8, 779-785.
29. Gholamnezhad, A.(1981), "Critical choices for OPEC members and the United States" , **Journal of Conflict Resolution** 25/1, 115-143.
30. Gholamnezhad, A., and Saaty. T.L.(1982), "An desired energy mix for the United States in the year 2000: An analytic hierarchy approach" , **International Journal of Policy Analysis and Information Systems** 6/1, 47-
31. Grizzle, G.A.(1987), "Pay for performance:Can the AHP hasten the day in public sector?" , **Mathematical Modelling** 9, 245-250.
32. Hamalainen, R.P., and Seppalainen, T.O.(1986), "The analytic network process in energy polycy planning" , **Socio-Economic Planning Sciences** 20, 399-405.
33. Hamalainen, R.P., and Seppalainen, T.O., and Ruunsunen, J.(1986), "A microcomputer-based decision support tool and its application to a complex energy decision problem" , **Proceedings of the 19 th Annual Hawaii Int. Conference on System Science**, 494-502.

34. Harker, P.T.(1986),” The use of expert judgments in predicting interregional migration patterns:An analytic hierarchy approach”, **Geographical Analysis** 18/1, 62-80.
35. Harker, P.T.(1987a), “ Incomplete pairwise comparisons in the analytic hierarchy process”, **Mathematical Modelling** 9 , 837-848.
36. Harker, P.T.(1987b), “Derivatives of the Perron root of a positive reciprocal matrix:With application to the analytic hierarchy process” , **Applied Mathematics and Computation** 22, 217-232.
37. Harker, P.T.(1987c), “Alternative modes of questioning in the analytic hierarchy process” , **Mathematical Modelling** 9, 353-360.
38. Harker, P.T., and Vargas, L.G.(1987), “The theory of ratio scale estimation:Saaty’s analytic hierarchy process” , *Management Science* 33/11, 1383-1403.
39. Harker, P.T.(1988), “The art and science of decision making:The analitical hierarchy process” , **Working paper** 88-06-03, Decision Science Department, Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia.
40. Hughes, W.R.(1986), “Deriving utilities using the analytic hierarchy process”, **Socio-Economic Planning Sciences** 20/6,393-395.
41. Jensen, R.E.(1987a), “Adynamic analytic hierarchy process analysis of capital budgeting undre stocastic inflation rates, risk premiums, liquidity preferences:Theory” , **Advances in Financial Planning and Forecasting** 2,269-302.
42. Jensen, R.E.(1987b), “International investment risk analysis:Extensions for multinational corporation capital budgeting models” , **Mathematical Modelling** 9, 265-284.
43. Johnson, C.R., Beine, W.B., and Wang, T.J.(1979), “A Note on right-left asymmetry in an eigenvector ranking procedure”, **Journal of Mathematical Psychology** 19/1,61-64.

44. Kamenetzky, R.D.(1982). "The relationship between the analytic hierarchy process and the additive value function" , **Decision Sciences** 13/4, 702-713.
45. Korhonen, P., 1987. "The specification of a reference direction using the Analytic Process. "**Mathematical Modelling**, 9:361-368.
46. Lauro, G.L., and Vepsäläinen, A.P.J.(1986), "Assessing technology portfolios for contract competition: An analytic hierarchy process" , **Socio-Economic Planning Sciences** 20/6, 407-415.
47. Lewis, R., and Levy, D.E.(1989), "Predicting a national acid rain policy" , in: B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.), **Applications of the Analytical Hierarchy Process**, Springer-Verlag, New York, 155-170.
48. Lund, J.R., and Palmer, R.N.(1986) "Subjective evaluation: Linguistic scales in pairwise comparison methods" , **Civ. Engng. Syst.** 3, 182-186.
49. Lusk, E.J.(1979), "Analysis of hospital capital decision alternative: A priority assignment model" , **Journal of Operational Research Society** 30, 439-448.
50. Lockett, A.G., M. Stratford, B Cox, B. Hetherington and P. Yallup, 1986. "Modelling a research portfolio using the AHP: A group decision process." **R & D Management**, May.
51. MacCormack, E.R.(1989), "Forecasting loads and designing rates for electric utilities" , in: B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.), **Applications of Analytic Hierarchy Process**, Springer-Verlag, New York, 138-154.
52. Might, R.J., and Daniel, Jr., W.D.(1989), "Decision support for war games" , in: B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.), **Applications of Analytic Hierarchy Process**, Springer-Verlag, New York, 171-181.
53. Odynecki, B.(1979), "Planning the national health insurance policy : An application of the AHP in health policy evaluation and planning" , **PhD dissertation**, University of Pennsylvania, Philadelphia.

54. Olson, D.L., M. Venkataramanan and J.L. Mote, 1986 "A technique using the Analytical Hierarchy Process in multi-objective planning models." **Socio-Economic Planning Sciences**, 20: 361-368.
55. Peniwati, K., AND Hsiao, T.(1987), "Ranking countries according to economic, social and political indicators", **Mathematical Modelling** 9, 203-210.
56. Ramanujam, V., and Saaty, T.L..(1981), "Technological choices in less developing countries" , **Technological Forecasting and Social Change** 19,18-98.
57. Saaty, T.L.(1974), "Measuring the fuzziness of sets" , **Journal of Cybernetics** 4, 53-61.
58. Saaty, T.L.(1974a), "Scenarios and priorities in transport planning: Application to the Sudan" , **Transportation Research** 11, October.
59. Saaty, T.L.(1974b), "The Sudan transport study" , **Interfaces** 20, 147-157.
60. Saaty, T.L.(1978), "Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets" , **Fuzzy Sets and Systems**, January.
61. Saaty, T.L.(1979a), "The U.S.-OPEC energy conflict:The payoff matrix by the analytic hierarchy process" , **International Journal of Game Theory** 8, 225-234.
62. Saaty, T.L.(1979b), "Mathematical modelling of dynamic decisions: Priorities and hierarchies with time dependence" **Mathematics and Computers in Simulation** 21, 258-352.
63. Saaty, T.L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, **McGraw-Hill**, New York.
64. Saaty, T.L.(1981a), "Saaty, T.L.(1974:Scenarios priorities and cost-benefits for Sudan transport plan" ,in:J.P.Brans(ed.) **Operational Research** 81, North-Holland, Amsterdam, 161-175.
65. Saaty, T.L.(1981b), "The Analytic Hierarchy Process and health care problems", **Proceedings of International Conference on System Science in Health Care** ,Montreal 1980.

66. Saaty, T.L.(1981c), "Priorities in system with feedback", **International Journal of Systems ,Measurement and Decision** 1, 24-38.
67. Saaty, T.L.(1983), "Conflict resolution and Falkland Island invasions", **Interfaces**, 13, 68-53.
68. Saaty, T.L.(1984), "Impact of disarmament nuclear package reduction",in: R. Avenhaus(ed.). **Quantitative Assessment in Arms Control**, Plenum Press, New York.
69. Saaty, T.L.(1986a), "Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process", **Management Science**, 32, 841-855.
70. Saaty, T.L.(1986b), "Scaling the membership function", **European Journal of Operational Research**, 25, 320-329.
71. Saaty, T.L.(1986c), "Absolute and relative measurement with the AHP: The most liable cities in the United States", **Socio-Economic Planning Sciences**, 20, 327-331.
72. Saaty, T.L.(1986d), "Exploring optimization through hierarchies and ratio scales", **Socio-Economic Planning Sciences**, 20, 355-360.
73. Saaty, T.L.(1987a), **The Analytic Hierarchy Process**, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
74. Saaty, T.L.(1987b), "A new macroeconomic forecasting and policy evaluation method using the analytic hierarchy process", **Mathematical Modelling**, 9, 219-232.
75. Saaty, T.L.(1987c), "Concepts, theory and techniques: Rank generation, preservation and reversal in the analytic hierarchy process", **Decision Sciences**, 18, 157-177.
76. Saaty, T.L.(1988), "Resolution of retributive conflicts: The case of South Africa", **ORION** 4.
77. Saaty, T.L, and Beltran, M.H.(1982) "The analytic hierarchy process: A new approach to deal with fuzziness in architecture" **Architectural Science Review** 25, 64-69.

78. Saaty, T.L, and Bennett, J.P.(1977a) "A theory of analytical hierarchies applied to political candidacy" **Behavioral Science** 22,237-245.
79. Saaty, T.L, and Bennett, J.P.(1977b) "Terrorism: Patterns for negotiation: Three case studies through hierarchies and holarchies" **Study for the Arms Control and Disarmament Agency**, 208 pp.
80. Saaty, T.L, and Bennett, J.P.(1977c) "XYZ research institute: Planning resource allocation under uncertainty" in: T.L.Saaty and L.G.Vargas (eds.The Logic of Priorities, **Kluwer-Nijhoff Publishing**, Boston, MA. 83-98.
81. Saaty, T.L, and Gholammehad, H. (1981), "Oil prices:1985 and 1990", **Energy Systems and Policy** 5,303-318.
82. Saaty, T.L, and Gholammehad, H. (1982) " High-level nuclear waste management:Analysis of Options", **Environment and Planning B** 9, 181-1976
83. Saaty, T.L, and Khouja, M.W.(1976) "A measure of the world influence", **Journal of Peace Science**, Spring.
84. Saaty, T.L, and Ma.F., and Blair, P.(1977), "Operational gaming for energy policy analysis", **Energy Policy** 5, 63-75.
85. Saaty, T.L, and Mariano, R.S.(1979), "Rational energy to industries: Priorities and input-outputdependence", **Energy Sytems and Policy** 3, Winter.
86. Saaty, T.L, and Ramanujam, V.(1983), "An objective approach to faculty promotion and tenure by the analytic hierarchy process", **Research in Higher Education** 18, 311-331.
87. Saaty, T.L, and Rogers, P.C.(1976), "Higher education in the United States (1985-2000): Scenario construction using a hierarchical framework with eigenvector weighting", **Socio-Economic Planning Sciences**, 16: 251-263.
88. Saaty, T.L, and Rogers, L.R., and Pell, R.(1980), "Portfolio selection through hierarchies", **Journal of Portfolio Management** 6/3.

89. Saaty, T.L., Sethi, V. and Makhija, A.K.(1989), "The conflict of Punjab: An application of the analytic hierarchy process in conflict resolution", **Working paper**, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA.
90. Saaty, T.L, and Takizawa, JM.(1986), "Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks", **European Journal of Operational Research**, 26, 229-237.
91. Saaty, T.L.and Vargas, L.G, (1979), "A note on estimation of input-output technological coefficients", **Socio-Economic Planning Sciences** 13, 333-336.
92. Saaty, T.L.and Vargas, L.G, (1980), "Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess", **Behavioral Sciences** 25, 180-191.
93. Saaty, T.L.and Vargas, L.G.(1982), "The Logic of priorities, Applications in Business, Energy, Health, Transportation, **Kluwer-Nijhoff Publishing**, Boston, MA.
94. Saaty, T.L. and Vargas, L.G.(1984a), "Inconsistency and rank preservation", **Journal of Mathematical Psychology** 28, 205-214.
95. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1984b), "The legitimacy of rank reversal." **Omega**, 12:513-516.
96. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1984c), "Comparison of Eigenvalue, Logarithmic Least Squares and Least Squares Methods in estimating ratios. " **Mathematical Modelling**, 5: 309-324.
97. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1987a), "Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process", **European Journal of Operational Research**, 32, 107-117.
98. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1987b), "Stimulus-response with reciprocal kernels: The rise and fall of sensation", **Journal Mathematical Psychology**, 31, 93-103.
99. Saaty, T.L., Vargas, L.G. and Barzilai, A.(1982), "High-level decisions: A lesson from the Iran hostage rescue operation", **Decision Sciences** 13, 185-206.

- 100.Saaty, T.L. and Wong., m.(1983), "Projecting average family size in rural India by the analytic hierarchy process" , **Journal of Mathematical Sociology** 9, 181-209.
- 101.Saaty, T.L. and Xu., S.(1986), "Recent developments in the analytic hierarchy process" in:T.L.Saaty, **the analytic hierarchy process**, RWS Publicationsi pittsburgh,ü PA,1987.
- 102.Shoemaker, P.J.H., and Waid, C.C.(1982), "An experimental comparison of different approaches to determining weights in additive utility models", **Management Science** 28, 182-196.
- 103.Simpson, W.A.(1986), "Statistical testing of the analytic hierarchy process and its applicability to modelling industrial buying behaviour", **Technical report**, December, The Graduate School of Business, University of Cape Town.
- 104.Siuany-Stern, Z.(1984), "A network optimization model for budget allocation in multi-campus university", **Journal of Operational Research Society** 35, 749-757.
- 105.Srinivasan, V.and Y.H. Kim, 1986. "Financial applications of the Analytic Hierarchy Process." **TIMS XXVII International Meetings**, Gold Coast.
- 106.Srinivasan, V. And B. Ruparel, 1990. "CGX: An expert support system for credit granting (using the AHP)." **European Journal of Operational Research**, 45:293-308.
- 107.Takeda, E., K.O. Cogger and P.L. Yu, 1987. "Estimating criterion weights using eigenvectors: A comparative study." **European Journal of Operational Research**, 29: 360-369
- 108.Tarbell, D.S., and Saaty, T.L.(1980), "The conflict in South Africa", **Jounal of Peace Science** 4,151-168.
- 109.Thomas O.Boucher and Ozerk Gogus "A Comparison Between Two Multiattribute Decision Methodologies Used in Capital Investment Decision Analysis" **The Engineering Economist** Spring 1997 V.42 No.3.

122. Wedley, W.C., AND Saaty, T.L. (1988), "Free trade discussions between Canada and the United States", **Canadian Journal of Admin. Sciences** June, 67-76.
123. Weiss. E.N., 1987. "Using the Analytic Hierarchy Process in a dynamic environment." **Mathematical Modelling**, 9: 211-218.
124. Weiss, E.N. and Rao V.R.(1986), "AHP design issue for large-scale systems", **Decision Science** 18.
125. Wind, Y.(1987), "An analytic hierarchy process based approach to the design and avaluation of marketing driven business and corporate strategy" , **Mathematical Modelling** 9, 285-292.
126. Wind, Y., and Saaty, T.L.(1980) , "Marketing applications of the analytic hierarchy process" **Management Science** 26/7,641-658.
127. Wind, Y.and T.L. Saaty, 1980. "Marketing applications of the Analytiv Hierarchy Process." **Management Science**, 641-658.
128. Wu, N.L., 1987. "A note on an application of the Analytic Hierarchy Process." **Decision Sciences**, 18: 687-688,
129. Xu.S.,and Liu,B.(1986), "A new dynamic priorities model and analysis of China's energy strategy for the future" **The VII International Conference on MCDM**, August 18-22, Kyoto.
130. Yu, Po-Lung,(1985) "Multiple Criteria Decision Making Concepts **Techniques and Extensions**" Plenum Press, New York.
131. Zahedi, F. (1984), "Estimation techniques and their statistical properties in the Analytic Hierarchy Process." **University of Massachusetts Working Paper**,\_December.
132. Zahedi, F.(1985), "The AHP: A survey of the method and its applications." **Interfaces**, 96-108.
133. Zahedi, F.(1986) "A simulation study of estimation methods in the Analytic Hierarchy Process." **Socio-Economic Planning Sciences**, 20:347-354.

## ÖZGEÇMİŞ

Doğan Şafak POLAT 1963 yılında Ardahan’da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Ödemiş/İZMİR’de tamamladı. Lise öğrenimini Işıklar Askeri Lisesi/BURSA’da, lisans eğitimini ise Kara Harp Okulu/ANKARA’da tamamladı. 1992 yılında ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği bölümünde bir yıl süreli eğitim aldı. 1992 yılında Amerika’da “Computer Science School” ’da altı ay süre ile “System Automation Course”una katıldı. Nato Muhabere ve Bilgi Sistemler Okulunda kısa süreli eğitime katıldı. Ayrıca, Kara Harp Okulu bünyesinde açılan Sistem Mühendisliği Sertifika Programını tamamladı. Doğan Şafak POLAT halen Yüzbaşı rütbesiyle Genelkurmay Muhabere ve Bilgi Sistemler Başkanlığında görev yapmaktadır. Muhabere Binbaşı Doğan Şafak POLAT evli ve iki çocuk sahibi olup, İngilizce ve Fransızca bilmektedir.



- 134.Zahedi, F.,(1987)“A utility approach to the Analytic Hierarchy Process.”  
**Mathematical Modelling**, 9: 211-218

