

104207

**TÜRK KARA KUVVETLERİ ANA MUHAREBE TANKI SEÇİMİNDE  
ANALİTİK HİYERARŞİ METODU VE BULANIK KÜMELER**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Seyfettin ÇAKIR  
(514991410)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Ocak 2001  
Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Şubat 2001**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cengiz KAHRAMAN**  
**Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. M. Nahit SERARSLAN**  
**Doç. Dr. Demet BAYRAKTAR**

*[Handwritten signatures of the thesis advisor and jury members]*

**ŞUBAT 2001**

104207

## ÖNSÖZ

Geleceğe yön verme adına “karar” insanlık tarihi kadar eskidir. Zamanın ilerlemesi, bilginin çoğalması, sistemlerin karmaşık hale gelmesi ve bilişim teknolojilerinin akıl almaz gelişimi, karar vermenin metodolojisinde haklı olarak değişiklik yapılmasına sebep olmuştur. Karar vericiler her geçen gün daha karmaşık ve çok boyutlu karar bileşenleri ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu karmaşık ortamda artık tahmine dayanan geleneksel karar verme yöntemleri yetersiz kalmaktadır.

Analitik hiyerarşi metodunun ortaya koyduğu hiyerarşik yapı sayesinde karar vericiler problemleri en ince detaylarına kadar anlama şansına sahip olabilmektedir. AHM karara etki eden tüm kriterlerin dikkate alınarak uzman grupların görüş birliği ile karar almalarına izin vermesinden dolayı gerçeğe daha yakın sonuçlar verir. Bu yönüyle de ÇÖKV yöntemleri arasında en çok tercih edilen bir yöntemdir.

Silah sistemlerinin karmaşık yapıları ve yüksek maliyetlere sahip olmaları seçimlerinin ne kadar önemli olduğunu ve hassasiyetle üzerinde durulmasının gerekliliğini göstermektedir. Bu nedenle “Türk Kara Kuvvetlerinde Ana Muharebe Tankı Seçimi” probleminin analitik hiyerarşi metodu ile çözümü uygun görülmüştür.

Bu çalışmalarımın tamamlanmasında sonsuz desteklerini sunan değerli hocam sayın Doç. Dr. Cengiz KAHRAMAN’a, yapmış olduğum anketlere katılarak değerli fikir ve düşüncelerini benimle paylaşan tüm silah arkadaşlarıma, ve manevi desteğini sürekli yanımda hissettiğim eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2001

Seyfettin ÇAKIR

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ</b>	<b>3</b>
<b>2.1.Deterministik Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri</b>	<b>3</b>
2.1.1. Puanlama Modelleri	3
2.1.2. Hedef Programlama	5
2.1.3. Karar destek Sistemleri	8
2.1.4. Verimlilik Modelleri	10
2.1.5. 0-1 Tamsayılı Çok Ölçütlü Programlama	10
2.1.6. Dinamik Programlama	11
2.1.7. Sıralama Yöntemleri	12
<b>2.2.Deterministik Olmayan Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri</b>	<b>14</b>
2.2.1. Uzman Sistemler	14
2.2.2. Fayda Modelleri	15
2.2.3. Oyun Teorisi Modelleri	18
<b>3. ANALİTİK HİYERARŞİ METODU</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Karar Verme Süreci</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Hiyerarşik Yapı</b>	<b>25</b>
<b>3.3. Ölçme Ve Yapı Oluşturma</b>	<b>27</b>
<b>3.4. Yöntemde Kullanılan Ölçek</b>	<b>29</b>
<b>3.5. İkili Karşılaştırmalar Matrisi Ve Ağırlıklar Seti</b>	<b>29</b>
<b>3.6. Tutarlılık</b>	<b>35</b>
<b>4. ANALİTİK HİYERARŞİ METODU VE BULANIK MANTIK</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Bulanık Mantık</b>	<b>38</b>
<b>4.2. Bulanık Kümeler Ve Üyelik Fonksiyonu</b>	<b>39</b>
<b>4.3. Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler</b>	<b>41</b>

<b>4.4. Cheng (Dilsel Ağırlıklandırma) Yöntemi</b>	<b>43</b>
<b>4.5. Yager Tarafından Önerilen Yöntem</b>	<b>48</b>
<b>4.6. AHM İle Literatürde Çözülen Problemler</b>	<b>49</b>
<b>5. ANA MUHAREBE TANKI SEÇİMİ UYGULAMALARI</b>	<b>53</b>
<b>5.1. Seçime Tabi Tutulacak Tanklar</b>	<b>53</b>
5.1.1. M1A2 Abrams	53
5.1.2. Leclerc	55
5.1.3. Leopard 2A5	57
5.1.4. T-84	59
<b>5.2. Tank Seçimi Kriterleri</b>	<b>60</b>
5.2.1. Operasyonel İhtiyaçlar	61
5.2.1.1. Bakım ve Onarım Kolaylığı	61
5.2.1.2. Gelecekte Ortaya Çıkabilecek Operasyonel İstekleri Geliştirme İmkânı	61
5.2.1.3. Çevreye Zararı	61
5.2.1.4. Düşük Siluet	61
5.2.2. Sistem İhtiyaçları	61
5.2.2.1. Ateş Gücü	61
5.2.2.2. Beka	64
5.2.2.3. Hareket Kabiliyeti	65
5.2.2.4. Komuta Kontrol	67
<b>5.3. AHM İle İkili Karşılaştırmaların Yapılması Ve Çözüm</b>	<b>68</b>
<b>5.4. Cheng (Dilsel Ağırlıklandırma) Yöntemiyle Çözüm</b>	<b>80</b>
<b>5.5. Yager Yöntemiyle Çözüm</b>	<b>88</b>
<b>6. SONUÇLAR</b>	<b>92</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>94</b>
<b>EKLER</b>	<b>98</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>128</b>

## KISALTMALAR

<b>ÇÖKV</b>	: Çok ölçütlü karar verme
<b>AHM</b>	: Analitik Hiyerarşi Metodu
<b>T.S.K.</b>	: Türk silahlı Kuvvetleri
<b>ELECTRE</b>	: Elimination et Choix Traduisant La Realite
<b>K.K.K.</b>	: Kara Kuvvetleri Komutanlığı
<b>KDS</b>	: Karar Destek Sistemleri
<b>YBS</b>	: Yönetim Bilişim Sistemleri
<b>ORESTE</b>	: Organization Rangmenet et Synthese de Donnes Relationnelles
<b>GPS</b>	: Global Positioning System
<b>INS</b>	: Inertial Navigation System
<b>ERA</b>	: Explosive Reaktiv Armour
<b>NBC</b>	: Nükleer Biyolojik Kimyasal
<b>YSC</b>	: Yangın Söndürme Cihazı
<b>GPS-LOS</b>	: Gunner's Primary Sight-line of sight
<b>GDLS</b>	: General Dynamics Land Systems
<b>KMW</b>	: Krauss-Maffei Wegman
<b>HEAT</b>	: High Explosive Anti-Tank
<b>APFSDS</b>	: Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 2.1.</b> : Ağırlıklandırılmamış 0-1 Faktör Puanlama Modeli .....	4
<b>Tablo 2.2.</b> : Ağırlıklandırılmamış Faktör Puanlama Modeli .....	5
<b>Tablo 2.3.</b> : Ağırlıklandırılmamış Faktör Puanlama Modeli .....	21
<b>Tablo 3.1.</b> : Faktörlerin İkili Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçek .....	29
<b>Tablo 3.2.</b> : En iyi Otomasyon Seçimine İlişkin Oluşturulan İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	33
<b>Tablo 3.3.</b> : En İyi Otomasyon Sistemi Seçimine Ait Matrisin Normalize Edilmiş Şekli .....	35
<b>Tablo 3.4.</b> : Tesadüflik Göstergeleri .....	36
<b>Tablo 4.1.</b> : Bulanık Sayıların Karakteristik Üyelik Fonksiyonları .....	43
<b>Tablo 4.2.</b> : Bulanık İfadelerin Üyelik Fonksiyonları .....	46
<b>Tablo 4.3.</b> : Dilsel Sınır İfadelerinin Anlamı .....	48
<b>Tablo 5.1.</b> : Birinci Düzeydeki Kriterlerin İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	68
<b>Tablo 5.2.</b> : Sistem İhtiyaçları Kriterinin Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi Motivasyon Seviyelerinin Ağırlıkları ....	69
<b>Tablo 5.3.</b> : Operasyonel İhtiyaçlar Kriterinin Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi Bölüklerin Etkinlik Değerleri .....	69
<b>Tablo 5.4.</b> : Üçüncü Düzeyde Bulunan Ateş Gücü Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	70
<b>Tablo 5.5.</b> : Üçüncü Düzeyde Bulunan Beka Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	70
<b>Tablo 5.6.</b> : Üçüncü Düzeyde Bulunan Hareket kabiliyeti Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	71
<b>Tablo 5.7.</b> : Üçüncü Düzeyde Bulunan Komuta Kontrol Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar .....	71
<b>Tablo 5.8.</b> : On sekiz Kritere göre Tankların karşılaştırılması .....	71
<b>Tablo 5.9.</b> : Sistem İhtiyaçları kriterine Göre Tankların Görelî üstünlükleri ...	79
<b>Tablo 5.10.</b> : Operasyonel İhtiyaçlar kriterine Göre Tankların Görelî üstünlükleri .....	79
<b>Tablo 5.11.</b> : Toplam Birleşik Görelî Üstünlükler .....	80
<b>Tablo 5.12.</b> : Ateş Gücü Kriteri için Sözel Yargılar .....	81
<b>Tablo 5.13.</b> : Beka kriteri için Sözel Yargılar .....	81
<b>Tablo 5.14.</b> : Hareket Kabiliyeti Kriteri için Sözel Yargılar .....	82
<b>Tablo 5.15.</b> : Komuta ve Kontrol Kriteri için Sözel Yargılar .....	82
<b>Tablo 5.16.</b> : Sayısal Kriterlerin Üyelik fonksiyonları .....	83
<b>Tablo 5.17.</b> : Ateş Gücü Kriteri için Üyelik Fonksiyonları .....	83
<b>Tablo 5.18.</b> : Beka kriteri için Üyelik Fonksiyonları .....	84
<b>Tablo 5.19.</b> : Hareket Kabiliyeti Kriteri için Üyelik Fonksiyonları .....	84
<b>Tablo 5.20.</b> : Komuta ve Kontrol Kriteri için Üyelik Fonksiyonları .....	85
<b>Tablo 5.21.</b> : Sistem İhtiyaçları Kriteri için Toplam Puanlar .....	85
<b>Tablo 5.22.</b> : Operasyonel İhtiyaçlar Kriteri için Sözel Yargılar .....	86

<b>Tablo 5.23.</b>	<b>: Operasyonel İhtiyaçlar Kriteri için Toplam Puanlar .....</b>	<b>87</b>
<b>Tablo 5.24.</b>	<b>: Birinci Düzey Kriterlerin Toplam Üyelik Fonksiyonları Matrisi ...</b>	<b>87</b>
<b>Tablo 5.25.</b>	<b>: Birinci Düzey Kriterlerin Toplam Üyelik Fonksiyonları Matrisinin Normalize Edilmiş Şekli.....</b>	<b>88</b>
<b>Tablo 5.26.</b>	<b>: Merkezileşme ve Açılma Katsayıları uygulanarak Elde Edilmiş Matris Tnk2.3 Bölüğü Referans Değerleri .....</b>	<b>88</b>
<b>Tablo 5.27.</b>	<b>: Tankların kriterlere göre değerlendirilmesi .....</b>	<b>90</b>
<b>Tablo 6.1.</b>	<b>: Üç yönleme göre sonuçlar. ....</b>	<b>94</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : En İyi Otomasyon Sistemine İlişkin Hiyerarşik Düzen .....	25
Şekil 3.2 : İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....	30
Şekil 3.3 : İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Görelî ağırlıklar Cinsinden Gösterimi .....	31
Şekil 4.1 : B Kümesinin Üyelik Fonksiyonu .....	40
Şekil 4.2 : $\tilde{C}$ Kümesinin Üyelik Fonksiyonu .....	41
Şekil 4.3 : Üçgensel Bulanık Sayıların Üyelik fonksiyonu .....	42
Şekil 4.4 : Üçgensel Bulanık Sayı .....	45
Şekil 4.5 : Bulanık İfadelerin Üyelik Fonksiyonları .....	46
Şekil 4.6 : Merkezileşme ve Açılma .....	48
Şekil 4.7 : Optimal Taarruz Helikopteri Seçimi Modeli .....	50
Şekil 4.8 : Optimal Taktik Füze Sistemi Seçimi Modeli .....	51
Şekil 4.9 : En İyi İmalat Sistemi Seçimi İçin Üç Seviyeli Hiyerarşik yapı.....	52
Şekil 5.1 : Hiyerarşik Yapı.....	69



## SEMBOL LİSTESİ

- $\alpha$ - : Alfa Kesme  
 $P_j$  : Boş gölge ağırlıkları  
 $d_i^-$  : i'nci hedeften eksi sapma  
 $d_i^+$  : i'nci hedeften artı sapma  
 $n \times n$  : Matris boyutu  
 $h_1^*$  : optimum değerinci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri  
 $\lambda_{\max}$  : En büyük öz değer  
 $b_j$  : minimum değerler  
 $U(x)$  : Fayda fonksiyonu  
 $T_n$  : n değerli mantığın doğruluk değerleri kümesi  
 $S_{ij}$  : i 'nci projenin j faktöre göre toplam puanı  
 $S_i$  : i'nci projenin toplam puanı  
 $\mu_{\tilde{A}}(x)$  : Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonu  
 $\tilde{A}$  : Bulanık sayılar kümesi  
 $\oplus$  : Bulanık sayılarda toplama  
 $\ominus$  : Bulanık sayılarda çıkarma  
 $\otimes$  : Bulanık sayılarda çarpma  
 $\oslash$  : Bulanık sayılarda bölme  
 $w_i$  : i faktörünün ağırlığı  
 $x_i$  : i'nci proje  
 $\cap$  : Kesişim

## ÖZET

Teknolojideki gelişmeler ürün kalitesini yükseltirken çeşitliliğini de arttırmıştır. Bu çeşitlilik içerisinde tüketici konumunda bulunan insanlar için seçim kararı problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemin çözümünün “nasıl olması gerektiği” günden güne önem kazanmaktadır. Karar vericiler bu yüzden karmaşık ve kompleks ortamlarda karar vermek zorundadırlar.

Deterministik çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan analitik hiyerarşi metodu aynı cins ürün çeşitlerinin belli kriterlere göre kıyaslanması ve önceliklendirilmesi konusunda geleneksel yöntemlere göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu şekilde bir karar vermede bütün parçalar düşünülmemekte ve tespit edilmekte ve ikili karşılaştırmalarla bunların göreceli önemleri tespit edilip her bir kriterin karara olan etkisi belirlenmektedir.

Bununla beraber Saaty'nin analitik hiyerarşi metodunun tahmin etmeden kaynaklanan bir takım dezavantajları da mevcuttur. Örneğin ikili karşılaştırmalar matrisi iki taraflı olup, matrisin bir tarafı 2 ile 9 arası sayılardan oluşmakta, eşleneği ilk yarıdaki sayıların karşılığı olan 1/9 ile 1/2 arası sayılardan oluşmaktadır. Matrisin bir tarafının ağırlık oranı  $1/2 - 1/9 = 0.4$ , eşleneğinin ağırlık oranı ise  $9 - 2 = 7$  ile kıyaslanır. 1 ile 9 arası ölçeğin ise kullanımı kolaydır. Karar vericinin yargılarının kesin olmama halini dikkate almaması ve subjektif değerlendirmesini karara yansıtması gibi. AHM'nin bu olumsuzluklarının üstesinden gelmek amacıyla Juang ve Lee (1991) hiyerarşik yapılarıdaki ağırlık kriterlerini ölçmek için bulanık ölçeğin kullanılmasını önermiştir. Cheng ve diğerleri (1999) taarruz helikopterleri değerlendirilmesi ve seçiminde bulanık AHM 'nu kullanmışlardır.

Bu çalışmada “En İyi Tank Seçimi” problemi, Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın 2000'li yıllar için envanterine almayı planladığı üçüncü nesil tanklar olan M1A2 Abrams, Leclerc, T-84 ve Leopard 2A5 tankları için analitik hiyerarşi metodu ve bulanık mantıkla ele alındı.

# **ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND FUZZY SETS THE MAIN BATTLE TANKS IN TURKISH ARMET FORCES**

## **SUMMARY**

While technological improvements make the quality of the product increase it also cause to produce many kinds of different products. Since the market have same kind of products but different brand names, consumers have to decide which one they will choose. This is a decision making problem for the consumers. How the people will solve these kind of decision making problems become an important subject for the people. Because of this Decision Makers have make decides in a conflicting and complex area.

Analytic Hierarchy Process, which is the one of the method of deterministic multiple criteria decision method, enables the Decision Makers to structure a complex problem in the form of a simple hierarchy and evaluate a large number of quantitive and qualitative factors in a systematic manner under conflicting multiple criteria. In this process every part of the problem were thinking and by the help of the pairwise comparsons the relative priority were calculated.

However, Saaty's Analytic Hierarchy Process has some shortcomings: (1)AHP method is mainly used in nearly crisp(non-fuzzy) deciison appilcations, (2) The AHP method creates and deals with a very unbalanced scale of judgements, (3) Ranking in the AHP method is rather impreciese. For example, pairwise matrix with reciprocals elements, half of the non-diagonal elements are in the range from 2 to 9 and another half in the range of  $1/9$  to  $1/2$  which are smaller compared with the former (2 to 9). In the part of the reciprocals, the range is about  $1/2 - 1/9 = 0.4$  compared with  $9 - 2 = 7$  in the interest part. Though the use of the discrete scale of 1 to 9 has the advantage of simplicity.

To overcome these shortcomings, Juang and Lee(1991) proposed a model about the scale. They used Fuzzy-Scale to weight the criterias in the hierarchical structures. Also, Cheng et. al. (1999) used fuzzy AHP to evaluate the attack helicopters.

The linguistic attributes of the weapon systems which are determined by the experts and users of these systems can be changed to the numerical values by the help of the Fuzzy Sets. So that the solution can be realistic.

In this study, AHP and Fuzzy Sets were used to evaluate the main battle tanks; M1A2 Abrams, Leclerc, T-84, Leopard 2A5; which will be used in Turkish Armed Forces in the 2000 years.



## 1. GİRİŞ

Günümüzün bilgi çağı olması ve bilginin paylaşımı sonucu hızla çoğalmasının doğal bir sonucu olarak karar verici durumunda olan kişiler karar verme süreci içerisinde bir biriyle ilişkili bir çok değişkene sahip çok kompleks sistem elemanları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu şartlar altında karar verici problemi ne kadar iyi anlar ve çözüm algoritmasını ne kadar basite indirgeyebilirse o kadar kararın kalitesi artmış olur ve hedeften sapmalar minimize edilmiş olur.

Çok Ölçütlü Deterministik Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Metodu sayesinde karar verici, karmaşık problemleri detaylı olarak parçalara ayırarak her parçayı ayrı algılar ve probleme etki eden faktörlerin hiçbirini ihmal etmeden tümüyle ele alır. Diğer bir deyişle AHM, insanoğlunun karmaşık problemleri bir bütün olarak nasıl algılayıp biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir. Analitik Hiyerarşi Metodunun iki temel özelliği; hiyerarşik yapıya sahip olması ve ikili karşılaştırmalarla sonuca gidilmesidir.

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

Kolay uygulama ve daha doğru sonuç vermesi nedeniyle en çok tercih edilen çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Metodunun en büyük dezavantajı tahmin etmedeki yetersizliğidir. Analitik Hiyerarşi Metodunun kullanılması sürecinde bu olumsuzluğun giderilmesinde, hiyerarşik yapılardaki kriterlere ait görece önemleri ölçmenin bulanık teori ile ele alınması önerilmiştir (Juang ve Lee, 1991). Yine, silah sistemlerini geliştirme projeleri için Bulanık Analitik Hiyerarşi Metodunun çok uygun olduğu savunulmaktadır (Cheng ve Mon, 1994).

İhtiyaca cevap verebilecek yeni silah sistemlerinin araştırılması, bulunması, incelenmesi, seçimi, üretim sözleşmesinin yapılması, üretim teknolojisinin kurulması ve üretilmeye başlanması hem maddi açıdan oldukça külfetli, hem de uzun zaman alan bir süreçtir. Aynı zamanda, bu süreci takiben seçilecek teknoloji uzun süre ihtiyaçlara cevap vermeli ve sistemden maksimum fayda elde edilmelidir. Bu nedenle, silah sistemlerinin seçimi ve geliştirilmesi oldukça detaylı bir incelemeyi ve sonuçta bir çok kriterin dikkate alınmasını zorunlu kılar. Büyüklüğü ve ciddiyeti problemin tahmine dayalı geleneksel yöntemlerle değil, deterministik çok  l t l  karar verme yöntemleriyle üzülmesini gerektirir.

Bu  alışmada, "T.S.K.'de Ana Muharebe Tankı Seçimi" problemi Analitik Hiyerarşi Metodu ile  z lm ş ve bu metodun paralelinde ayrıca Yager ve Chen metodlarıyla da ele alınmış ve en iyi alternatif seçilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda, bu problem üzerinde Analitik Hiyerarşi Metodunun klasik ve bulanık karar ortamında uygulanmasının bir karşılaştırılması da yapılmıştır.



## 2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Karar verme sürecinde ölçüt olarak kar ve maliyeti kullanmak çok kullanışlı ve faydalı olmasına rağmen, alternatifleri değerlendirmede bu iki ölçüt yetersiz kalmaktadır. Çoğu firmanın müşteri servisi, iş tatmini, güvenlik, istihdam istikrarı gibi diğer amaçları da vardır. Veya devletin uluslar arası ilişkilerde siyasi kararı daha ağır basabilmektedir. Bu gibi hususların performanslarının ölçülmesi ve aralarından doğru seçimin yapılabilmesi için “çok ölçütlü karar verme yöntemleri” geliştirilmiştir.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri sayesinde karar verici, amaçlara ne derece ulaşabildiğini görme ve kaynaklar üzerinde amaçları maksimize edecek birtakım ufak değişiklikleri yapma fırsatına sahip olur. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, deterministik ve deterministik olmayan modeller olmak üzere ikiye ayrılırlar. (Kahraman, 1995)

### 2.1.Deterministik ÇÖKV Yöntemleri

#### 2.1.1. Puanlama Modelleri

Puanlama modellerinin başlıca özelliği, yatırım kararına ait bir analitik yaklaşımda parasal olmayan veya ekonomik yönden sayılaşdırılmayan unsurların göz önüne alınmasına imkan vermesidir. Puanlama modelleri başlıca dört sınıfa ayrılırlar(Jack ve Samuel, 1989).

- Ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör modelleri
- Ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modelleri
- Ağırlıklandırılmış puanlama modelleri
- Kısıtlı ağırlıklandırılmış faktör puanlama modelleri

Puanlama modellerinde kullanılan giriş verileri, diğer modellerde kullanılanlardan daha sübjektiftir. Bilinen puanlama modelleri arasında lineer

toplamsal model, rekabet halindeki alternatiflerin puanlanması için araştırmacılar tarafından en çok kullanılanıdır.

En basit puanlama modeli, ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör puanlama modelidir. Bu model, ilgili faktörler kümesi seçildikten sonra bir veya daha fazla sayıdaki puantör, her bir projenin ele alınan faktörü karşılayıp karşılamadığına bağlı olarak puanlama yapar. Puantörler yöneticiler tarafından seçilir.

Her bir projenin toplam puanı hesaplanır, bu puanlara göre projeler sıraya konur. Bu yöntemin üstünlüğü, basitliği ve karar sürecinde birkaç kriteri birden dikkate almasıdır. Dezavantajları ise, bütün ölçütlere eşit önem vermesi ve çeşitli ölçütleri karşılayan özel bir proje için dereceli puanların kullanılmasına izin vermemesidir. Tablo 2.1.'de bu modele ait bir örnek gösterilmektedir(Meredith ve Suresh, 1986).

Tablo 2.1. Ağırlıklandırılmamış 0-1 Faktör Puanlama Modeli

Faktör	Proje Numarası			
	1	2	3	4
Verim Oranı	x		x	x
Uyuşma		x	x	
Miktar Esnekliği	x	x		x
Mamul Esnekliği			x	x
Kalite İyileştirme		x	x	
Toplam Puan	2	3	4	3

Tartılanmamış 0-1 faktör puanlama modelinin biraz daha gelişmişi tartılanmamış faktör puanlama modelidir. Bu model, projelerin seçiminde göz önünde bulundurulan faktörleri 0-1 şeklinde puanlamak yerine, değişik skalalar kullanılmaktadır. En çok kullanılan ise 5'li skaladır. Avantajı, projelerin puanlama sonucunda daha kolay sıralanmasını sağlar. Dezavantajı ise, bütün faktörlere eşit önem vermesidir. Tablo 2.2.'de bu modele ilişkin bir örnek verilmiştir.

- 5 Çok iyi
- 4 İyi
- 3 Orta
- 2 Zayıf
- 1 Çok zayıf



Önem derecelerine göre her bir faktöre ağırlıklar vererek, ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modeli geliştirilerek ağırlıklandırılmış faktör puanlama modeli ortaya çıkmıştır. En yaygın olarak kullanılan puanlama modelidir. Genellikle ağırlıklar normalize edilir. Her projenin puanı, her faktörün ağırlığı ile faktöre ait projenin puanı çarpılarak bulunan ağırlıklı puanların toplanmasıyla elde edilir. Eşitlik (2-1) ile gösterilir.(Jack ve Samuel, 1989)

$$S_i = \sum_{j=1}^n s_{ij} w_j \quad j = 1,2,3,\dots,n \quad (2-1)$$

$w_j$ :  $i$ 'nci faktörün ağırlığı

$s_{ij}$ :  $i$ 'nci projenin  $j$  faktöre göre toplam puanı

$S_i$ :  $i$ 'nci projenin toplam puanı

$$0 \leq w_j \leq 1 \quad j = 1,2,3,\dots,n \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Tablo 2.2. Ağırlıklandırılmamış Faktör Puanlama Modeli

Faktör	Proje Numarası			
	1	2	3	4
Verim Oranı	2		4	2
Uyuşma		3	5	
Miktar Esnekliği	1	2		4
Mamul Esnekliği			2	3
Kalite İyileştirme		2	1	
Toplam Puan	3	7	12	9

### 2.1.2. Hedef Programlama

Charnes ve Cooper (1961), hedef programlamasını ilk defa, lineer hedef programlaması şeklinde önermişlerdir. Daha sonraları, birçok araştırmacı - özellikle Ijiri (1976), Lee (1973), Ignizio (1976) - tarafından daha da geliştirilmiş, lineer olmayan modeller için kullanılmıştır. Bu yöntemin temel ilkesi şudur: Karar vericiden, her bir amaç için erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirlemesi istenir. Bu yöntemde göre "tercih edilen çözüm", bu hedef değerlerden sapmaları minimize eden çözümdür. Böylece, vektör maksimizasyonu probleminin hedef programlaması şeklindeki basit formülasyonu aşağıdaki gibidir(Evren ve Ülengin, 1992b).

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \left[ \sum_{i=1}^m (d_i^- + d_i^+)^a \right]^{1/a} \quad a = 1 \quad (2-2)$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} g_k(x) &\leq 0, & k=1, 2, \dots, p \\ f_i(x) + d_i^- - d_i^+ &= b_i, & i=1, 2, \dots, m \\ d_i^-, d_i^+ &\geq 0, & \forall i \\ d_i^- \cdot d_i^+ &= 0, & \forall i \end{aligned}$$

Burada  $b_i$ ,  $i=1, 2, \dots, m$  karar verici tarafından belirlenmiş amaçlar için hedef değerlerdir. Bu formülde yine  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  ler  $i$ 'nci hedeften eksi ve artı sapmaları göstermektedir. Karar vericinin değer fonksiyonuna,  $D(x)$ 'e bağlı olarak  $a$ 'nın değeri değişebilmektedir.

Bu metodun en yaygın kullanılan şekli, karar vericinin amaçlar için hedef değerler belirlemesine ilave olarak, amaçların önem derecelerine göre sıralanması ile ilgili sözlü bilgiyi verebileceğini de kabul etmektedir. Bu halde vektör maximizasyonu probleminin hedef programlama şeklindeki formülasyonu aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Min} [ P_1 h_1 (d^-, d^+), P_2 h_2 (d^-, d^+), \dots, P_j h_j (d^-, d^+) ] \\ g_k(x) &\leq 0, & k = 1, 2, \dots, p \\ f_i(x) + d_i^- - d_i^+ &= b_i, & i = 1, 2, \dots, m \\ d_i^-, d_i^+ &\geq 0, & \forall i \\ d_i^- \cdot d_i^+ &= 0, & \forall i \end{aligned} \quad (2-3)$$

Burada,  $h_j (d^-, d^+)$ ,  $j = 1, 2, \dots, J$  sapma değişkenlerinin lineer fonksiyonları olup, başarıma fonksiyonları (achievement functions) adıyla anılırlar. Burada  $P_j$ 'ler boş gölge ağırlıklardır ve  $P_j \gg \gg P_{j+1}$ 'dir. Bunun anlamı,  $P_j$ ,  $P_{j+1}$ 'den çok çok büyük olup,  $W + P_{j+1} > P_j$  yapacak hiç bir büyük  $W$  sayısının olmadığı kabul edilir.

Bu yöntemle çözüme ulaşmada, kısmen sözlüksel sıralama yöntemindeki mantıktan faydalanılır. Önce  $h_1(d_i^-, d_i^+)$  minimize edilir. En küçük optimum değer  $h_1 = h_1^*$  olsun. Daha sonra  $h_2(d_i^-, d_i^+)$  minimize edilir. Fakat, her hâlikarda  $h_1, h_1^*$ 'dan büyük olmaz. Böylece, daha az önemli olarak nitelenen başarıma fonksiyonu, daha önemli başarıma fonksiyonunun zararına tatmin edilemez. Bu süreç,  $h_1(d_i^-, d_i^+)$  en küçüklenene kadar devam eder.

Bir hedef programlama probleminin formülasyonunun temel adımları:(Kahraman, 1995)

- 1- Sapma değişkenleriyle beraber hedeflerin belirlenmesi,
- 2- Hedeflerin önem derecesine göre sıralanması,
- 3- Sapma değişkenleri ve önem sırasını dikkate alarak amaç fonksiyonunun belirlenmesi.

Lineer hedef programlaması problemi grafik yöntemle veya iterasyonla çözülebileceği gibi simplex yöntemle de çözülebilmektedir. Bu problemin lineer hallerde çözümü için bazı özel bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bunlara, Ignizio (1976) tarafından geliştirilen, lineer programlama problemleri için modifiye edilmiş simpleks algoritma ve Dauer ve Krueger (1977) tarafından gerçekleştirilen ve problemi iterasyonla çözen temel simpleks algoritma örnek verilebilir.

Yukarıdaki formülasyonda  $f_i(x)$  veya  $g_i(x)$ 'lerin herhangi biri lineer olmadığında problem lineer olmayan hedef programlama şekline dönüşür. Problemi iterasyonla çözmek için her hangi bir tek amaçlı lineer olmayan optimizasyon tekniği kullanılabilir. Ayrıca lineer olmayan programlama, lineer olmayan tamsayı programlama vasıtasıyla bu problemler direkt olarak çözülebilir(Lee ve Jaaskelainen, 1971).

Hedef programlamanın faydası, karar vericinin amaçlara sayısal olarak ağırlıklar vermesini gerektirmemesidir. Sadece onların önem derecelerine göre sıralamasını sözlü olarak ifade etmesi yeterli olmaktadır. Ancak karar vericiden, amaçlar arasında değersel bir tercih yapmasını ister.

Uygulamada, lineer hallerden ziyade lineer olmayan hallerle karşılaşılır. Ancak, lineer olmayan modellerin doğrudan çözümü zor olduğundan, kısmî lineerleştirmelerde çözümler. Lineer olmayan hedef programlama problemlerinin

çözümü için iki temel algoritma vardır. Bunlar iteratif lineer olmayan hedef programlama ve Griffith-Stewart lineerleştirerek lineer olmayan hedef programlama problemlerinin çözümüdür. Birincisinde, lineer olmayan hedef programlama problemi, tek amaçlı lineer olmayan optimizasyon problemlerine ayrıştırılır ve iteratif olarak çözülür. Eğer bir lineer olmayan hedef programlama probleminde, tüm lineer olmayan kısıtlar ve amaç fonksiyonlarının türevleri alınabiliyorsa, bu fonksiyonlar Griffith-Stewart yaklaşımı ile lineerleştirilir(Evren ve Ülengin, 1992b).

### 2.1.3 Karar Destek Sistemleri (KDS)

Bilgisayar bilişim sistemleri, üretimin kalitesinin, hızının ve miktarının artırılmasında ve maliyetlerin minimizasyonunda organizasyonlar tarafından çok kullanılmasının da doğal bir sonucu olarak hızlı bir gelişim göstermişlerdir. Pek çok organizasyon bilgi işlem(data processing) sistemleriyle işe başlamıştır. Taktik ve stratejik seviyedeki kararları desteklemek için yönetim bilişim sistemleri geliştirilmiştir. Günümüzde, ancak yeterli veri tabanı veya veri ambarı olan bilgi işlem sistemleri ayakta kalabilecektir. Bankaların hepsi için artık internet bankacılığı bir ayrıcalık olmaktan çıkmış sektörde tutunabilmek için zorunluluk haline gelmiştir. Üretim sektöründe her organizasyonun varlığını sürdürmesi bu sistemlere sahip olmasından geçmektedir. Bunun önemini anlamış olan firmalar yatırımlarının önemli bir kısmını bu sistemlere alt yapı hazırlamaya ayırmaktadırlar. Karar destek sistemi adı verilen sistem, bilişim sistemleri alanında popülarite kazanmıştır. Karar destek sistemleri, yönetim bilişim sistemlerinin zaman içinde gelişen bir uzantısıdır. Bu gelişim yönetim bilişim sistemleri, karar destek sistemleri ve uzman sistemler şeklinde gerçekleşmiştir.

Yönetim bilişim sistemleri, yöneticinin doğru karar verebilmesi için aşağıdan yukarıya rapor sisteminden oluşmaktadır. Geçmişte rutin ve yapısal tipteki kararların verilmesinde çok başarılı olmuşlardır. Ayrıca, çok sayıda ayrıntılı bilgi üzerinde güncelleştirme gibi çeşitli işlemler yapılmasını sağlamışlardır. Yarı yapısal ve yapısal olmayan bilgilerin elde edilmesinde daha az başarılı olmuşlardır. Karar destek sistemleri ise yöneticiye algoritma bazında destek sağlar . Uzman sistemlerde ise kararı yazılım verir.

KDS, karar vermenin tüm aşamalarında yöneticiye destek olma amacıyla tasarlanmış özel bir YBS'dir. Bu aşamalar, problemi belirleme, ilgili verileri seçme,

karar vermek için kullanılacak yaklaşımı seçme ve alternatifleri değerlendirmektir. Bir KDS, bilgiyi yöneticilerin anlayacağı formda ve böyle bir bilgiye ihtiyaç duyduğu anda sağlamalıdır(Donnelly ve Diğ., 1990).

James (1986), karar destek sistemlerini, karar vericinin yarı yapısal ve yapısal olmayan kararlarda yararlı bilgi üretmek için, bilgisayarlarla doğrudan ilişki kurmasını sağlayan bilgisayar destekli araçlar topluluğu olarak tanımlamaktadır.

Karar Destek Sistemlerinin içerdiği işlevler ve bu işlevlere ait özellikler şu şekilde sıralanabilir(Briggs, 1982).

- a) **Model Kurma:** Bir karar verme probleminin modelini kurma, pek çok karar destek sisteminin ana amacıdır. Bu model, genellikle iki veya daha çok boyutlu tablolar şeklindedir.
- b) **İşlemsel ve/veya İşlemsel Olmayan Diller:** Bu diller, kullanıcı ile KDS'nin iletişim kurmasını sağlar. İşlemsel dile örnek olarak BASIC, COBOL, PASCAL; işlemsel olmayan örnek olarak ise Veri Tabanı Yönetim Sistemlerinde kullanılan diller sayılabilir.
- c) **Duyarlılık Analizi:** KDS'nin en yararlı özelliklerinden birisi, veride herhangi bir değişiklik yapıldığı zaman sonuçların nasıl değişeceğini göstermesidir. Bu nedenle, tablolama yazılımları KDS için çok uygundur.
- d) **Risk Analizi:** Karar verici için çok yararlı bilgilerden bir tanesi risk analizi ile elde edilen olasılık dağılımıdır. Örneğin, kârdaki artışın 0, %5 ve %10 gibi değerleri için hesaplanan olasılıklar karar verici için önemli bilgilerdir.
- e) **İstatistik Analiz ve Yönetim Bilimi Modelleri:** İyi bir KDS, regresyon ve zaman serisi analizi gibi yönetim bilimi modellerinden elde edilen bilgileri kullanarak, gelecek ile ilgili kararlar verilmesine yardımcı olurlar.
- f) **Grafikler:** Bir KDS'deki son derece önemli özelliklerden biri grafik üreticidir. Sistem, veriyi uygun grafik formlarda görüntüleyecek grafik üreticiye sahip olmalıdır.

- g) **Donatım Olanakları:** KDS, hem PC'ler gibi küçük bilgisayarlarda, hem de main-frame'ler gibi büyük bilgisayarlarda kullanılabilir.
- h) **Veri Tabanları ve Dış Dosyalar:** Veri tabanı, ilişkili veriler bütünü veya kayıt tiplerinde bütünleşik olarak saklandığı yapıdır. Önceleri veriler programın içinde iken daha sonraları programdan bağımsız olması istendi. Hiyerarşik veri tabanları , network tipi veri tabanları, ilişkisel veri tabanları, hybrit (melez) veri tabanları ve nesnel veritabanları geliştirildi. Günümüzde verinin çok artmış olması nedeniyle artık veri ambarları kullanılmaktadır. KDS'nin kullanacağı bilgileri içeren veri tabanından kendi olanaklarıyla faydalanabilir. KDS yazılımı yalnız kendi iç dosyalarını değil, ayrıca dış dosyalar üzerinde de çeşitli işlemleri yapabilmelidir.

#### 2.1.4 Verimlilik Modelleri

Bu yöntem, önerilen yatırımın verimlilik açısından kârlılık üzerine etkisini tayin etmek için kullanılır. Bir proje, önceden belirlenmiş bir verimlilik seviyesine eşit veya ondan daha büyük bir toplam verimlilik seviyesine sahipse kabul edilir.

Sumanth ve Pino (1986) tarafından önerilen toplam verimlilik modeli, personel, malzeme, sermaye, enerji ve diğer ölçütler ile ilgili beş verimlilik ölçüsünü göz önüne almaktadır. Projeler, bu verimlilik ölçülerine göre kabul edilebilir seviyelerde puan alma yeteneklerine bağlı olarak değerlendirilirler. Bu yöntemin bilgisayar yazılımları da hazırlanmıştır.

#### 2.1.5. 0-1 Tamsayılı Çok Ölçütlü Programlama

0-1 tamsayılı çok ölçütlü programlama, bir projeler kümesinden en iyi projenin seçimi problemini modellemek ve çözmek için kullanılan bir yaklaşımdır. Bir projeler kümesi aşağıdaki gibi gösterilsin.

$$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \} \quad (2-4)$$

$x_i$ :  $i$ 'nci proje  $i = 1, 2, \dots, n$

$x_i = 1$ ,  $i$ 'nci proje seçilirse

$x_i = 0$ , diğer durumlarda

Yaklaşımında, net şimdiki değer, geri ödeme devresi, proses envanterindeki iş, esneklik, rekabet avantajı, vb. gibi ölçütlerin minimum kabul edilir değerlerinin bilindiği ve bulunabildiği varsayılır. Sayısal olmayan ölçütler göz önüne alındığında, her ölçüt için 0'dan 1'e kadar olan ağırlık kullanılır. Her projeye ait bu ölçütlerin değerleri, modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlarındaki karar değişkenlerinin katsayısını oluşturur. Yöntemin temel amacı, çok sayıda alternatif içerisinde kısa sürede en iyi alternatifi seçmektir(Kolli ve Diğ., 1992).

Yöntemin dezavantajı, kısıtlardaki “ $b_j$ ” değerlerinin(her ölçütün minimum kabul edilebilir değerleri) bilinmesini veya belirlenmesini gerektirmesidir. Çok ölçütlü 0-1 tamsayılı programlama problemi aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$\begin{aligned} \text{Min. veya Maks. } & \{ f(x_1), \dots, f(x_k) \} \\ \text{Kısıtlar: } & a_{ij} \cdot x_i \geq b_j \quad (2-5) \\ & \sum x_i = 1, \quad x_i = 0 \text{ veya } x_i = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

Burada  $f(x_i)$ , geri ödeme devresinin, proses envanterindeki işin v.b.nin minimizasyonu ve net şimdiki değer, rekabet edilebilirliğin v.b.nin maksimizasyonu gibi çeşitli amaç fonksiyonlarını ifade etmektedir. Çeşitli çok ölçütlü karar verme teknikleri, bu modellerin çözümü için geliştirilmiştir. Bunların birçoğu için, etkileşimli ve/veya etkileşimsiz olarak çalıştırılmak üzere bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir.

### 2.1.6 Dinamik Programlama

1950'de Richard Bellman tarafından geliştirilen ve isimlendirilen dinamik programlama, çok yaygın kullanım alanı olan yineleme denklemi ile optimizasyon tekniğidir. “Yineleme denklemi ile optimizasyon yöntemi” deyişi ile, optimizasyonun bir önceki aşamasının içerdiği bilgilerden yararlanılarak aşama aşama yapıldığı anlatılmak istenir. Diğer matematik programlama yöntemlerinde de en iyi çözüme aşama aşama gidilmektedir. Ancak, yaklaşım yineleme değil iteratiftir. Dinamik programlamada, her aşama daha önceki aşamalar ile sırasal olarak ilişki içindedir. Her bir aşamada bulunan çözüm kendi başına problemin bir çözümü değildir, ancak optimum çözümün bir parçasını belirleyen bilgiyi içermektedir(Halaç, 1983).

Dinamik programlama yaklaşımı şu ilkeleri içerir.

- a) Problem aşamalandırılabilir olmalı, her aşama kendi içinde bir optimal politika kararına sahip olmalıdır.
- b) Ele alınan ardışık karar probleminin her karar noktası bir aşama olarak tanımlanır. Her aşamayla ilgili birden fazla sayıda durum söz konusu olabilmelidir.
- c) Her aşamadaki politika kararının etkisi içinde bulunulan durumu bir sonraki aşamayla ilgili başka bir duruma dönüştürme şeklindedir.
- d) Mevcut durum veri iken kalan her aşama için optimal karar bir önce ulaşılan duruma veya karara bağlı olmamalıdır.
- e) Çözüm son aşamanın her durumu için optimal politikaya bakarak başlar. Buna geriye doğru çözüm özelliği denir.
- f) Yenileme denklemi ile optimizasyon önceki aşamanın içerdiği bilgilerden yararlanılarak yapılır. Genel olarak gösterimi şöyledir.

$$f_n^* (S_n) = \max/\min \{ f_n (s_n, x_n) \} \quad (2-6)$$

- g) Bu temel yenileme ilişkisi ile aşama aşama geriye doğru gidilerek problem çözülür. Sonunda problemin bütünü için optimal stratejisi saptanmış olur.

### 2.1.7 Sıralama Yöntemleri

Sıralama yöntemleri, karar vericinin tercihlerine dayalı olarak çeşitli alternatiflerin sıralanması için çok ölçütlü karar verme durumlarında kullanılabilirler. Çok ölçütlü karar vermede sıralama yöntemlerinin kullanılmasını ilk defa 1966 yılında Benayoun önermiştir. ELECTRE, ORESTE, PROMETHEE ve MELCHIOR gibi yöntemler bu aileye bağlıdır.

Bu yöntemlerin avantajları, basitlik, açıklık ve kararlılıktır. Bu yöntemler, bulanık küme gibi uygulamalarla bazı özel hallere genişletilmişlerdir.

ELECTRE, Fransızca “elimination et choix troduisant la realite” ifadesinin kısaltılmışıdır ve Bernard Roy ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. ORESTE, “organization rangmenet et synthese de donnes relationnelles” ifadesinin kısaltılmışıdır ve 1979 yılında M. Raubens tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE,



“preference ranking organization methods for enrichment evaluations” ifadesinin kısaltılmışıdır ve J. P. Brans tarafından geliştirilmiştir.

ELECTRE, baskın olunmayan çözümler kümesinin hacmini daraltan çok ölçütlü bir algoritmadır. Bu yöntemler “uyum” ve “uyumsuzluk” kavramlarına dayanmaktadır. Baskın olunmayan alternatiflerin alt kümesinde, belirli bir uyumsuzluk miktarı baskınlık bağıntısı içinde kabul edilir. Bir A alternatifi bu alt kümeye üye olabiliyorsa, A alternatifi hemen hemen her açıdan B alternatifine tercih edilir. Bu alt kümenin yapısı, karar vericinin tercihlerini kullanan ikili bir  $R$  bağıntısı tanımlayarak kurulur. Bu sıralama bağıntısı, karar verici tarafından yapılan değerlendirmelerden elde edilir(Parsaei ve Diğ., 1993).

ELECTRE, alternatifler arasında istenen sıralama bağıntısını elde etmek için her alternatife ait öncelik bağıntısını bir araya getirir. Bu sentez, bir uyumluluk ve uyumsuzluk indeksi ile elde edilir. Uyumluluk indeksi, bir alternatifin diğerine tercih edildiği durumda ölçütlerin ağırlıklandırılmış göreceli sıklığını göstermektedir. Uyumsuzluk indeksi, bir ölçüt diğerine tercih edildiği zaman en büyük anlaşmazlığı yaratan ölçütlerin direncini gösterir. Bu uyumluluk ve uyumsuzluk indekslerine göre alternatiflerin sıralaması yapılır(Kahraman, 1990).

ELECTRE iki aşamadan oluşmaktadır. Bir sıralama bağıntısının oluşturulması ve bu bağıntının problemin çözümü için kullanılmasıdır. Bu yöntem, bağıntının geçişken olmasını gerektirmez. Sıralama bağıntısı, her bir düğümün baskın olmayan bir alternatifi temsil ettiği bir grafik çizimle kullanılır.

ELECTRE-I’de, bir alternatif diğerine uyumluluk ve uyumsuzluk koşullarının her ikisi de sağlandığında tercih edilir. ELECTRE-II’de, birden fazla uyumluluk ve uyumsuzluk seviyesi, kuvvetli ve zayıf olmak üzere iki uç sıralama bağıntısı geliştirmek için kullanılmaktadır.

M. Roubens’in 1979 yılında geliştirdiği ORESTE, ELECTRE yönteminin değiştirilmiş bir şeklidir. ORESTE’nin birinci aşamasında, alternatiflerin bir sıralaması oluşturulur ve ikinci aşamada bu sıralamanın bazı kısımları uyumsuzluk analizi ile geçersiz kılınır. Bu yöntem, ölçüt ağırlıklarının ve sayısal değerlendirmelerin kullanılmasını gerektirmez.

PROMETHEE, J.P. Brans tarafından geliştirilen yeni bir sıralama yöntemidir ve dört versiyonu vardır. Bu yöntem aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

- 1) Bir tercih fonksiyonu göz önüne alınarak her ölçüde göre genelleştirilmiş ölçütler yapısı oluşturulur.
- 2) Çok ölçütlü bir tercih indeksi, karar vericinin tercihlerini temsil eden bir sıralama bağıntısı elde etmek için tanımlanır.
- 3) Probleme göre bu sıralama bağıntısının bir değerlendirmesi yapılır.

PROMETHEE, hastane hizmetleri, nükleer atık yönetimi, çimento endüstrisi ve bankaların çeşitli problemlerinde kullanılmıştır. Bu problemlerin çoğu, büyük yatırımlar içermekte ve uzun vadeli kazançlara sahip olmaktadır.

## 2.2. Deterministik Olmayan ÇÖKV Yöntemleri

### 2.2.1. Uzman Sistemler

Uzman sistem, açık olarak sunulmuş bilgi alanını ve işlemsel karar prosedürlerini kullanma yoluyla şimdiye kadar uzmana ihtiyaç duyan problemleri çözen bilgisayar programıdır(Kastner ve Hong, 1984). Uzman sistemler, ilgili oldukları problemlerin çeşidine göre üç ana grupta sınıflandırılabilirler. Şimdiye kadar en yaygın, teşhis problemleri ile ilgili sınıflandırma sistemleridir. İkinci grup, tasarım problemleri ile ilgili sistemleri; üçüncü grup, karar destek sistemleri için düzenlenmiş uzman sistemleri kapsar(Sowa, 1984).

Uzman sistemlerin temel karakteristikleri ve avantajları şunlardır(Yapıcıoğlu, 1991):

- 1) Karmaşık görevlerin icrasında uygun zeki davranışlar,
- 2) Tam ve kesin olmayan bilgi ile ilgilenme kabiliyeti,
- 3) Fırsatları değerlendirerek bilgilerden yararlanma kabiliyeti,
- 4) Sonuçları belirleme ve açıklama kabiliyeti.

Tüm uzman sistemlerin ortak özellikleri şöyle sıralanabilir: Uzmanca inceleme, sembol hareketi, kesin olmama, karmaşıklık ve sonuç çıkarma ve açıklamadır.

Uzmanca inceleme, bütün sistemin üzerinde kurulduğu temeldir. Daha sonraki iki özellik, sembol hareketi ve kesin olmama karşılıklı etkileşim halindedir. Prolog ve Lisp gibi diller, uzman sistemlerin bilginin nitel ve zor alanlardaki

uygulaması için onları pratik hale getiren sembollerin, kelimelerin ve ifadelerin yorumuna izin verir.

Uzman sistemlerin son iki karakteristiği, karmaşıklık ve sonuç çıkarma ve açıklama kapasiteleridir. Bir uzman sistemi çalıştıran sonuç çıkarma mekanizması, bir sonuca ulaşmak için ihtiyaç duyulan stratejiyi planlayan kontrol bilgisini içerir.

Uzman sistemi bir bütün olarak ele alırsak, bu sistemin bileşenleri; uzman sistem, uzman kişi, bilgi mühendisi, uzman sistem geliştirme araçları ve kullanıcıdır.

Son yıllarda geliştirilen başarılı uzman sistemler esas olarak herhangi bir konuda danışmanlık sağlamak için geliştirilmiştir. Bu danışmanlık çoğunlukla, iyi tanımlanmış bir alan, girdi ve çıktılar için özel ihtiyaçlar, iyi incelenmiş örnek olaylar ve üzerinde çalışılabilecek geniş ölçekli literatür ile bilgi mühendisi tarafından sağlanır. Bu aynı zamanda, belli bir alanda geniş ölçekli bilgiye sahip uzmanların kullanacağı anlamına da gelmektedir.

Bir çok uzman sistem, ilk değerden sonuç üretmekten çok gerçek bilgiye dayalı olarak problemleri çözmeye yönelmiştir. Uzmanın bilgisi, derlenmiş ifadelerde bulunmaktadır. Böylece, çözüme ulaşmak için sadece ilgili faktörlerin gözden geçirilmesi yeterli olacaktır. Çözüme ulaşmak için gerekli sonuç çıkarmalar, daha önce meydana gelmiş aynı tip olaylardan elde edilebilir. Sonuç çıkarma prosesi sırasında alternatif çözümlerin sayısı, olumlu tahminler yapmak ve uygun yaklaşımları kullanmak kaydıyla uzman kişi tarafından azaltılabilir.

### **2.2.2. Fayda Modelleri**

Modern fayda yaklaşımında fayda kavramı, genel ekonomide ele alınan faydadan farklıdır. Genel ekonomide fayda kavramı, tüketici açısından ele alınarak, tüketilen malın tüketiciye sağladığı doyuma dayanmaktadır. Karar kuramında ise fayda kavramı, ilk kez John Von Neumann ve Oscar Morgenstern'in 1947 yılında yayınladıkları "Theory of Games and Economic Behavior" adlı yapıtlarında açıklanmıştır. Bu düşünelere göre modern fayda kavramı, karar verici tarafından strateji seçiminde söz konusu olmakta ve risk karşısında baş vurulan değer ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Böylece karar kuramında fayda, malın yerine parasal değerlerin, psikolojik doyum ölçüsü yerine de risk karşısında beliren değer ölçüsü biçiminde incelenmektedir. Ortak özellik ise, sübjektif değer ölçüsü olmasıdır. Karar kuramındaki faydanın sübjektifliği, kişiden kişiye olduğu kadar, kişideki psikolojik

ve sosyo-ekonomik durumun değişmesine de bağlıdır. Neumann-Morgenstern'in sözü edilen yapıtlarında, karar vericinin risk ortamındaki davranışını açıklayan kurama "kardinal fayda kuramı" adı verilmiştir. Kardinal fayda kuramının özü(Badiru ve Foote, 1992):

- 1) Her kişinin fayda olarak belirlenen sonuçların beklenen değerini eniyileyecek biçimde davranışta bulunacağı,
- 2) Her kişi için parasal değerlerle fayda arasındaki fonksiyonel bir ilişkinin saptanabileceği gerçeğine dayanmaktadır.

İşte, karar verici açısından parasal değerlerle fayda arasındaki ilişkiyi belirleyen fonksiyona, kişisel fayda fonksiyonu denir. Bu fonksiyon, karar vericinin risk karşısında sübjektif tercihlerini belirleyerek her bir parasal sonuca karşılık olan görelî fayda değerini verir. Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonunu belirlemede dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır(Demir ve Diğ., 1985):

- 1) Kişisel fayda fonksiyonu sübjektif tercihlere ilişkin eğilimleri içerdüğinden, bu fonksiyonun doğruluk derecesi tartışılabilir. Bununla birlikte, bir karar verme problemi, kişisel fayda fonksiyonundaki önemsiz değişiklikler karşısında yüksek duyarlılık göstermesinde, kişisel tercihlerin olurlu bir yaklaşımını belirten bir fayda fonksiyonunun elde edilmesi güç değildir.
- 2) Kişisel fayda fonksiyonu zaman içinde sabit kalan bir fonksiyon niteliğinde değildir. Kişinin hayatında zamanla ortaya çıkan maddesel ve diğer etkenlerdeki değişiklikler, sübjektif tercihlerini belirleyen değer sistemini etkiler. Bu etki ile, kişisel fayda fonksiyonunun biçimi değişir. Başka bir değişle, kişisel fayda fonksiyonunun konveks durumundan konkavlığa ya da konkavlıktan konveksliğe dönüşümüne neden olur. Böylece karar vericinin risk karşısında değişik tiplerde olabileceği gerçeğiyle karşılaşılır. Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu belirlendiğinde;
  - riskten kaçan,
  - riske giren,
  - riske karşı nötr ya da risk karşısında kayıtsız olmak üzere üç farklı karar verici tipi ortaya çıkmaktadır.

Fayda eğrisi konkav biçiminde ise, riskten kaçan karar verici söz konusudur. Belli bir kazanç artışının sağladığı fayda, eşit zarar azalmasının sağladığı faydadan azdır. Kazanılan parasal değer arttığında, karar verici artan parasal değere daha küçük sübjektif değerler verecektir. Karar verici açısından, kazanılan parasal değer artışının sübjektif olarak daha az değer yaratması, ekonomide azalan marjinal fayda yasası adıyla bilinmektedir.

Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu grafiği konveks bir eğri biçimindedir. Belli bir kazanç artışının faydası, eşit zarar azalmasının faydasından daha büyüktür. Yani kazanılan parasal değer arttığında, karar verici artan her para birimine bir öncekinden daha büyük bir sübjektif değer vermektedir. Kazanılan parasal değer artışının sübjektif olarak daha büyük bir değer yaratması, artan marjinal fayda yasası biçiminde formülize edilir(Demir ve Diğ., 1985).

Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu doğrusal ise, risk karşısında kayıtsızlık söz konusudur. Bu doğrunun eğiminin sabit olmasının anlamı, belli bir kazanç artışının faydasının eşiti olan zarar azalışının faydasına eşit olduğudur. Kazanılan parasal değer artışlarının eşit sübjektif değerler yaratması bir bakıma, sabit marjinal fayda yasası biçiminde formüle edilebilir. Bu durumda, karar verici en büyük beklenen parasal değer ölçütünü uygulamakla, beklenen faydayı da enbüyüklemiş olur. En büyük beklenen değer ölçütün parasal ya da fayda birimlerine dayalı olarak uygulanışında, aynı stratejinin seçimi söz konusu olmaktadır.

Karar vericinin, yukarıda açıklanan bu üç tipten hangisine ilişkin olduğunu gösteren kişisel fayda fonksiyonlarından hiç birinin uygulamada tek başına gerçeği yansıtmadıkları ileri sürülmüştür. 1948 yılında Friedman ve Savage, fonksiyonun yalnızca konkav ya da konveks olarak belirlenmesinin yerinde olmadığı düşüncesiyle, her ikisinin de birlikte içerildiği bir fayda fonksiyonu önermişlerdir.

Genel olarak,  $n$  ölçüt  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  için gerçekleşen  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  sonuçlarının herhangi bir kombinasyonu olan  $U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$  faydası, ayrı ayrı  $U_1(x_1), U_2(x_2), \dots, U_n(x_n)$  fayda fonksiyonlarının “toplamsal” ve “çarpımsal” faydası olarak ifade edilebilir(Canada ve White, 1980).

**a) Toplamsal Fayda Modeli:** Ölçütler toplamsal olarak bağımsız olmalıdır.

Toplamsal fayda modelinin  $U(x)$  faydası,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \quad (2-6)$$

$$U(x) = \prod_{i=1}^n U(x_i, x_i^0) = \prod_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i)$$

$U(x_i, x_i^0)$  :  $i$ 'nci ölçüt  $x_i$  için gerçekleşen sonucun ve  $i$ 'nci ölçüt  $x_i^0$ 'nin tamamlayanları için en kötü olası sonucun faydasıdır.

$k_i$  :  $i$ 'nci ölçütün ağırlığıdır.

$U_i(x_i)$  :  $i$ 'nci ölçüt için  $x_i$  sonucun faydasıdır.

**b) Çarpımsal Fayda Modeli:**  $n$  ölçütün sonuçlarının herhangi bir kombinasyonunun  $U(x)$  faydası aşağıdaki eşitliğin çözümünden elde edilir.

$$k \cdot U(x) + 1 = \prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] \quad (2-7)$$

$$U(x) = \frac{\prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] - 1}{k}$$

Burada:

- 1)  $U, U(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) = 0$  ve  $U(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 1$  ile normalize edilir.
- 2)  $U_i(x_i), U_i(x_i^0) = 0$  ve  $U_i(x_i^*) = 1, \quad i=1, 2, \dots, n$  ile normalize edilen  $x_i$  üzerinde koşullu bir fayda fonksiyonudur.

### 2.2.3 Oyun Teorisi Modelleri

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

teorisinin lineer programlama ile sıkı bir ilişkisi vardır ve lineer programlama yöntemi ile çözüm ayrıca verilmektedir( Halaç, 1983).

Oyun teorisi, sistematik olarak matematikçi John Von Neumann ve ekonomist Oskar Mongenstern tarafından II. Dünya Harbi sırasında geliştirilmiştir. Oyun teorisi problemleri ve lineer programlama problemi arasındaki ilişki George B. Dantzig tarafından tanımlanmış ve simpleks yöntem, oyun teorisi problemlerine uygulamada başarı sağlamıştır.

Teorik ekonominin, teorik de olsa, temel özelliklerinden birisi rekabet halidir.

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

- 1) Bu kişilerin, işletmelerin, devletlerin, devlet gruplarının, orduların bir olguda çıkarlarının karşılaşması halinde aralarında bir oyun oynanmaktadır.
- 2) Taraflar oynamayı kabul ettikleri veya oynamaya mecbur kaldıkları takdirde oyun başlar.
- 3) Bir oyuna katılanların sayısı değişik olabilir. Hatta bir kişi tarafından oynanan oyunlar da vardır.
- 4) Taraflar oyunu kazanmak için veya oyun sonucunda kazançlarını enbüyükleme için oynarlar.
- 5) Genellikle, rakipler birbirlerinin nasıl oynayacaklarından haberdar değildirler. Daha önce taraflar arasında aynı oyun tekrarlanmışsa, tecrübeye dayanan bazı tahminler olabilir.
- 6) Oyunların kuralları vardır. Tarafların bu kurallara uyacakları varsayılır. Bu kurallar taraflarca bilinir ve aynı şekilde yorumlanır.
- 7) Oyunda tarafların yapmaları olanaklı hareketlerin hepsine tarafların olanaklı hareketleri ve yolları denir. Olanaklı yollardan, tarafların oyun esnasında seçtikleri hareketlerin toplamına strateji denir. Strateji için de,

alt stratejiler ve alternatif stratejiler tanımlanabilir. Oyun sırasındaki hareketlere hamle denilmektedir.

- 8) Oyunlar gerekli hamle sayısına göre de sınıflandırılabilir. Tek hamleli, sonlu  $n$  hamleli veya sonsuz hamleli oyunlar tanımlanabilir.
- 9) Hamlelerin bir kısmında bir oyun(alt strateji), diğerinde diğer bir oyun uygulanırsa, karma strateji izlendiği söylenebilir.
- 10) Oyunda tarafların, her hamle sonunda birbirlerine ödedikleri veya ödemeye mecbur kaldıkları miktarlara oyun parası veya ödeme denir. Bir taraf ödese, diğer taraf alsa dahi, alan tarafın pozitif olmak üzere her iki tarafta “+” ödedi veya “-” ödedi denir.
- 11) Oyunlarda tarafların amaçları vardır. Bu amaçlara yaklaşma miktarını, amaçları gerçekleştirmedeki etkinliği ölçmek için bir ölçü seçilir ve buna etkinlik ölçüsü denir. Örneğin bunlar işletmeler için, daha çok mal satmak, daha çok müşteriye mal satmak, daha uzun bir süre satış yapabilmek, daha çok sayıda bölgede satış yapabilmek vs. olabilir.
- 12) Tarafların çeşitli stratejileri için yapacakları ödemelerin bir tablo halinde gösterilmesine “ödemeler matrisi” denmektedir. Çok sayıda taraf bulunduğu takdirde, ödemeler matrisi bir uzay matrisi haline gelir.
- 13) Bir oyunun çözümünün bulunması genellikle tarafların her birisi için en iyi stratejilerin tayini demektir.
- 14) Tarafların yaptığı ödemelerin toplamı bazı hallerde sıfır, bazı hallerde sıfırdan farklı olabilir. Bunlara sırasıyla sıfır toplamlı veya sıfırdan farklı toplamlı oyunlar denmektedir.
- 15) Oyuncuların mümkün “seçme” sayısı eşit olan iki taraflı oyunlara kare oyunlar, farklı olan oyunlara ise dikdörtgen oyunlar denir.
- 16) Oyunlarda taraflar için en iyi bir veya birkaç strateji bulunursa bunlara “tepecikli” oyunlar denir.

Oyun teorisi modellerine imalat teknolojileriyle ilgili bir örnek aşağıda verilmiştir. A ve B firmaları için transfer hattı ve FMS stratejilerinden herhangi birini seçmeleri durumunda ödemeleri gereken miktarlar Tablo 2.3.’de gösterilmektedir.



Tablo 2.3. İmalat Teknolojisi Oyunu Ödemeler Matrisi

		FİRMA A	
		Transfer Hattı	FMS
FİRMA B	Transfer Hattı	150	40
	FMS	-30	150

Oyun teorisi modelleri, ileri imalat sistemleri ve yeni yatırımlarının analizi için de kullanılabilirler.



### 3. ANALİTİK HİYERARŞİ METODU

İlk olarak Saaty tarafından bulunan Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin tarihçesi 1970'lere dayanmaktadır. Saaty bu teoriyi, ilk olarak 1971 yılı sonbaharında ABD Savunma Bakanlığı Departmanında görevli olduğu esnada, olasılık planlama problemleri üzerinde kullanmıştır. Daha sonra 1972 yılında yine Amerika'da, "Ülke Ekonomisine Katkıda Bulunma Payına Göre Firmalara Elektriğin Dağıtım Projesi"nde kullanıldı. Teori, 1973'te Sudan Ulaşım Projesi'nde kullanılmasıyla yetişkinlik çağına gelmiş ve her yönüyle teorik olarak gelişimini, 1974-1978 yılları arasında yapmıştır. Yine Analitik Hiyerarşi Yöntemi, "Silah Kontrolü ve Silahsızlanma İçin Terörizmin Analiz Edilmesi", "Kuzey İrlanda'daki Karışıklık ve Çatışmaların İncelenmesi" ve "Hükümetlerin veya Milletlerarası İlgili Gruplarının Önceliklerine Göre Kaynak Planlaması"na kadar bir çok konuda kullanılmıştır. Teorinin, Türkiye'de bilimsel bir metot olarak tanınması ve kullanılmaya başlanması 1990'lı yıllarda olmuştur. Fakat, üniversiteler ve birkaç bilimsel kurum haricinde, metot yaygın olarak kullanılmamaktadır.(Kahraman, 1999)

Çoğu zaman insanlar farkında olsun yada olmasın karar verme problemleriyle karşı karşıya kalırlar. Belki bir çoğu kararlarını verirken kararı etkileyecek bir çok kriteri ya hiç düşünmezler yada göz ardı ederler. Genelde kararda etkili olan sezgiler yada tecrübedir. Böyle olunca da yanlış kararlar insan hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Üstelik çok karmaşık problemlerde karar vericiler henüz problemi tam olarak anlamadan karar verip uygulama esnasında geri beslemelerle doğruyu bulmaya çalışmaktadır. Saaty tarafından geliştirilen AHM ile karar vericiler çok karmaşık problemleri dahi çok basite indirgemek suretiyle anlama ve daha doğru karar verme kolaylığı ile buluşmuşlardır desek çok yanlış olmaz. Problem çözme tekniği olarak AHM, yaşantımız içindeki çatışmalara ve fikir ayrılıklarına da müsaade etmektedir.

Analitik Hiyerarşi Metodunun temeli aslında insanların her zaman ve her durumda kullandığı kıyaslama, mukayese etme yeteneğinde saklıdır. Fakat kontrol

edilebilen veya edilemeyen bir çok durumdan oluşan karşılaştırma elemanları, çok kesin yargılar ifade etseler bile, bu kıyaslama bir bütün halinde ise ayrıntıda yanlışlığa sebep olmakta yok değil küçük parçalardan oluşuyor ise bir araya geldikleri zaman yekûn teşkil etmekte ve insanoğlunun doğal karşılaştırma yeteneğiyle çözümlenemez hale gelmektedir. Ancak, insanoğlunun karşılaştırma yeteneğinin doğal bir fonksiyonu olan Analitik Hiyerarşi Metodu sayesinde karşılaştırılan faktörler, gruplarına ve benzer özellik sağlayıp sağlamadıklarına göre sınıflandırılarak derecelendirmeye tabi tutulurlar. Faktörlerin her biri, bir üst seviyeyi oluşturmaya yardımcı olan, diğer bir özellik setini oluşturur. Bu şekilde oluşturulan bir derecelendirme işlemi, karar verme sürecinin nihai hedefi olarak açıklanmış en üst seviyedeki tek faktöre ulaşmaya değin yapılır.

### **3.1. Karar Verme Süreci**

AHM, seçime etki edecek kriterleri önce seviyelere ayırıp, aynı seviyedeki kriterleri ikili olarak karşılaştırarak kendi arasında bir öncelik vermek suretiyle sonuca ulaşan çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir. Seçime etki eden aynı seviyedeki kriterler birbirine bağımlı olabileceği gibi birbirinden bağımsızda olabilmektedir. Genellikle, günlük faaliyetler için model ölçütler oluşturmanın ve bunları geliştirmenin ne kadar uzun zaman aldığı unutulur. Örneğin, alışverişte kullanılacak bir takas aracının gelişimi ve para olarak kabulü binlerce yıl almıştır. Neticede paranın takas aracı olarak kullanımı da, takas sistemine bir model oluşturma olarak kabul edilebilir(Saaty, 1988).

Karar verme süreci sırasıyla şu faaliyetleri kapsar:

- 1) Planlama,
- 2) Alternatiflere ait kümelerin oluşturulması,
- 3) Önceliklerin belirlenmesi,
- 4) Takip edilebilecek en iyi yolun seçilmesi,
- 5) Kaynakların tahsis edilmesi,
- 6) Gereksinimlerin tanımlanması,
- 7) Çıktıların tahmin edilmesi,
- 8) Sistemin dizayn edilmesi,
- 9) Performansın ölçülmesi,
- 10) Sistemin güvence altına alınması,

- 11) Problemin çözümü ve optimum sonucun bulunması,
- 12) Farklılıkların tekrar çözümlenmesi.

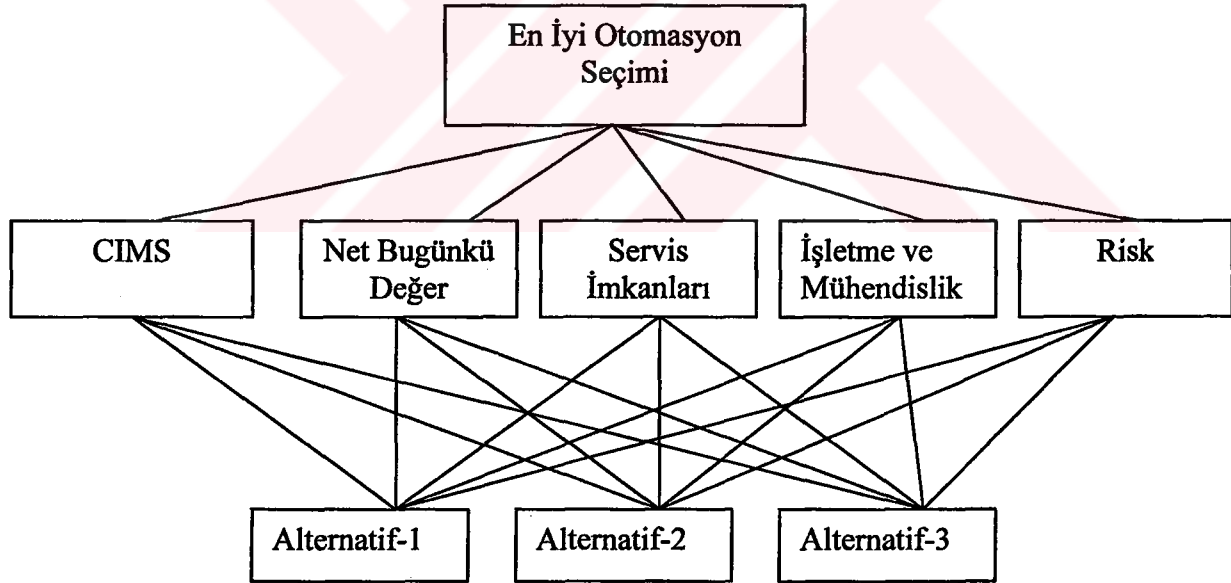
Analitik Hiyerarşi Metodunun dayandığı teori; gerçekte insanoğlunun hiç bir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına karşın, tamamen içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasını yansıtır. Çok sayıda ve birbirleri ile ilişkili öğeler setiyle karşılaşır, bunların ancak bir kısmını kontrol altında tutabileceğimizi anladığımızda, çoğunlukla içgüdüsel olarak söz konusu öğeleri, belirli bir takım ortak özelliklere sahip olup olmamalarına bağlı olarak gruplar halinde birleştirmeye çalışırız. İşte Analitik Hiyerarşi Süreçlerinin temelde gerçekleştirmeyi amaçladığı da, insanoğlunda doğuştan varolan bu gruplara ayırmaya yönelik beyinsel faaliyet sürecini taklit edip, söz konusu grupları sistemin belli bir düzeyinin öğeleri olarak yansıtmaktır. Bu gruplar daha sonra, bir başka özellikler kümesine göre yine kendi aralarında gruplandırılıp, sistemin bir üst düzeyini oluştururlar ve bu süreç sistemin en üst düzeyine, karar verme sürecinin ana gayesini oluşturan öğeye ulaşana kadar devam eder. Diğer bir deyişle, sürecin ilk adımı, karar verme probleminin olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konması ve daha sonra her bir öğenin hiyerarşi ağacındaki hangi dallara yerleştirilecek olduğunun saptanmasıdır. Bundan sonra yapılacak olan işlem, en alt düzeydeki hiyerarşinin kapsamındaki öğelerin, en üst düzeyde bulunan ve ana amacı ortaya koyan öğe üzerindeki görelî etkilerinin ortaya çıkarılmasıdır. Bunun belirlenmesi ise, problemin her hiyerarşi düzeyi için, ileriki bölümlerde ayrıntıları ile açıklanacak olan bir dizi ikili karşılaştırma ve görelî ağırlıkların bulunmasına dayanır(Evren ve Ülengin, 1992a).

Hiyerarşi, sistem yapısını oluşturan bileşenlerin birbirleri arasında ki ilişkileri ve tüm sistem üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak üzere kurulur. Hiyerarşiler, ters ağaç yapacak şekilde, bir ana amaçtan başlayarak alt amaçlara ayrılırlar. Alt amaçlar kendilerini teşkil eden kuvvetlere, kuvvetler kendilerine tesir eden kişilere, kişilerde sırasıyla amaçlarına, politikalarına, stratejilerine ve son olarak stratejilerin sonuçlarına ayrılırlar. Görüldüğü gibi analitik hiyerarşi metodunun kullanılabilmesi için katedilmesi gereken ilk aşama sistem işlevlerini hiyerarşik bir yapıda ortaya koymak olacaktır. Bundan sonraki aşama ise hiyerarşideki herhangi bir öğenin etkilerini saptamaya yönelik bir ölçüm tekniği kullanmaktır.(Evren ve Ülengin, 1992a)

### 3.2. Hiyerarşik Yapı

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

Bir sistem analiz edilirken, sistemin öğeleri, alt sistemleri ve bunların birbirleriyle olan etkileşimleri ortaya çıkarılır. Hiyerarşi bütün bu bahsedilen özellikleri bünyesinde taşır. Örneklerde de görüldüğü üzere, sistemler alt sistemlere, alt sistemlerde kendilerini sistem yapan daha alt sistemlere bölünürler. Şematik olarak, sistemler ve alt sistemler bloklarla, bunların birbirleriyle olan ilişkileri bağlantı çubuklarıyla gösterilirler. Blokların ve bağlantı çubuklarından oluşan şemaya hiyerarşi ağı denir ve ilk bakışta ters bir ağacı andırır. Bir fabrikanın en iyi otomasyon sisteminin seçimine ilişkin hiyerarşisi örnek olarak Şekil 3.1.'de verilmiştir(John ve William, 1989).



Şekil 3.1. En İyi Otomasyon Sistemi Seçimine İlişkin Hiyerarşik Düzen

Bu modelde, otomasyon sisteminin seçimi 5 kritere göre 3 alternatif arasından seçilmektedir. Önce kriterler birbiriyle kıyaslanmış daha sonra her kritere göre alternatiflerin kıyaslaması yapılmıştır.

Analitik Hiyerarşi metodunun ilk aşaması hiyerarşinin oluşturulmasıdır. Hiyerarşi hedeften alternatiflere uzanan ve kriterlere seviye kazandıran bir yapıdır. Bu yapı problemi ayrıntılı bir şekilde ifade etmeli ve çözüme etki eden tüm faktörleri dikkate almalıdır. Hiyerarşinin her bir grubuna (aynı zamanda seviye, düzey veya katman olarak da adlandırılır) ait öğeler birbirinden bağımsız olarak kabul edilmelidir.

Bir hiyerarşide, mutlaka belirli bir düzeydeki bir ögenin, o düzeyin bir altındaki öğelerle ilişkili olması gerekmez. Öte yandan hiyerarşi bir karar ağacında değildir. Her düzey, probleme ilişkin farklı bir kesiti yansıtabilir. Bir düzey sosyal öğeleri ortaya koyarken, diğeri sosyal olmayan öğeler cinsinden değerlendirilerek politik öğeleri temsil edebilir. Ayrıca, karar verici söz konusu sisteme yeni düzey veya öğeler ekleyip çıkartabilir ve bu şekilde görelî önemleri daha belirginleştirmek veya sistemin bir veya daha fazla parçası üzerinde yoğunlaşmak isteyebilir. Son olarak, ileride ayrıntıları ile anlatılacak olan mekanizma ile tüm öğelerin görelî önemlerinin saptanmasıyla, daha az önemli olan öğeler ana amaç üzerinde daha az etki yaptıklarından sistemden çıkarılabilir ve görelî önemler tekrar hesaplanabilir(Saaty, 1990).

Problemlerin hiyerarşik forma dönüştürülerek çözümlenmesinin bazı avantajları vardır bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, alt seviyedeki bir ögenin önceliğinde olacak değişimin, üst seviyelerdeki öğelerin önceliklerini nasıl etkileyeceğini görmeyi sağlar.
2. Hiyerarşilerde alt sistemler, sistemin yapısı ve işleyişi hakkında büyük oranda detaylı bilgi verirken, üst seviyeler de problemin bir bütün olarak algılanmasını sağlarlar. Seviyeler içindeki öğelere ait kısıtların tatmin edilmesini garantileyerek, kısıtın bir üst seviyede en iyi şekilde temsil edilmesini sağlar.
3. Hiyerarşi, doğal sistemlerin temsil edilmesi ve geliştirilmesi için çok uygundur.
4. Hem katı, hem de esnektir. Katıdır, çünkü yapı içinde yapılacak ufak değişiklikler, hiyerarşide ancak ufak etkiler yapabilir. Esnektir, çünkü iyi

oluşturulmuş bir yapıya daha sonradan yapılacak eklemeler, hiyerarşinin performansını bozmaz.

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

### 3.3. Ölçme Ve Yapı Oluşturma

Hiyerarşik yapının oluşturulmasından sonra bu yapıdaki kriterlerin karşılaştırılmasında bir ölçme tekniğine ihtiyaç duyulacaktır. Bu metodu uygulayan karar vericinin karşısına genelde ölçmeyle ilgili üç problem çıkmaktadır. Birinci problem ölçme tekniği ile ilgilidir. Yeterince hafif ve el ile kaldırılabilir türden bir dizi nesneyi tartacak ağırlık ölçme aletinin mevcut olmadığı durumda ilk akla gelecek yöntem, nesnelerin görelî ağırlıklarını tahmin etmek olacaktır. Bunun bir yolu; tüm nesnelerin ağırlıklarını saptamak üzere hepsini tek tek elle kaldırmak ve tüm grup ile karşılaştırıp doğrudan bir ağırlık tahmini yapmaktır. Her birinin bu şekilde tahmin edilen ağırlığını, toplam ağırlığa bölmek sureti ile nesnelerin görelî ağırlıkları belirlenebilir. Mevcut bilgidен daha fazla yararlanmaya olanak tanıyacak bir başka yöntem ise, nesneleri ikiye ikiye karşılaştırmaya dayanır. Diğer bir deyişle, önce birinci nesne sonra ikinci nesne kaldırılır, sonra tekrar ilk kaldırılan nesne kaldırılır. Bu süreç, her iki grubun birbirine olan görelî ağırlıkları saptanana kadar devam ettirilir. Bu ikinci yöntem, her seferinde salt iki nesneyi karşılaştırıp birbiri ile nasıl bir ilişki içinde olduklarını saptamaya yöneliktir ve birinci yönteme kıyasla daha fazla aşama gerektirmesine karşın daha basittir. Bu nedenle, sonucun geçerliliğinin irdelenmesini olanaklı kılacak bir ölçeğin bulunmadığı durumlarda, genellikle ikili karşılaştırmalar yöntemi tercih edilir.

Ölçüm tekniğinin aynı zamanda tutarlı olması da gerekmektedir. Aslında hiç bir ölçüm türü, kesin olarak tutarlılık garantisi veremez. Ölçüm aletleri ile yapılanlar da dahil olmak üzere, tüm ölçümler, deneysel hata ya da ölçüm aleti hatası ile karşı karşıya kalıp tutarsız sonuçlara yol açabilirler. Burada bahsedilen tutarlılıktan

anlaşılması gereken sadece A B'den daha iyidir B'de C'den iyidir, o halde A C'dende iyidir mantığı değildir. A B'den 2 kat daha iyiye B'ninde C'den 2 kat iyi olması durumunda A'nında C'den 4 kat daha iyi olması gerekmektedir. Analitik Hiyerarşi Metodu, seçeneklerin karşılaştırılmasında tutarsız olunup olunmadığı ile değil de, incelenen problemin tutarlılık varsayımından sayısal olarak sapma derecesi ile ilgilenir. Buna ilişkin olarak tutarlılık göstergesi kullanır.

İkinci problem, çoğunlukla tahmine dayanan ölçümleri, büyük ölçüde sabit ve değişmeyecek bir ölçüm sistemine oturtma problemidir. Acaba bir sistemin değişken alt öğelerinin hiyerarşi içindeki bir üst seviye özelliklerini, bir üst seviye özelliklerinin de daha üst seviyelerdeki özellikleri ne derece etkileyecekleri nasıl ölçülecektir?

Bu gibi durumlarda çok değişkenli problemlerde yapıldığı gibi uzun süre sabit kalabilecek özellikler(örn. deneyin süresi), sabit değişken olarak tanımlanır. Bu yaklaşım ise bizleri, hiyerarşilerin ölçülmesi ve analiz edilmesine götürür.

Yine değişik yollardan tekrar tekrar hiyerarşiler oluşturularak problemin çözülmesi suretiyle teyit edilen sonuçlar sayesinde, yapılan ölçümlerin değişmezliği konusunda fikir edinilebilir. Elde edilen ölçümler, sistemi dengelemede veya yeni bir hedef güdümlü sistemi tasarlamada kullanılabilir.

Üçüncü problem, insanların problemi formülize etmesi ve problem önceliklerini tanımlaması için, gerekli yargılar elde etmesini sağlayacak uygun ortamlar oluşturmaktır. İkili karşılaştırmalar, doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze anket yaparak, problemin alternatifleri arasındaki görece üstünlükleri bulmaya yarar. Söz konusu ilgili kişi veya kişiler, mutlaka konunun uzmanı olmasalar dahi, en azından konuyu bilen ve konuya aşina olan kişiler olmalıdır. Fakat, insanoğlunun sık sık tutarsız cevaplar verebildikleri bir ortamda, ikili karşılaştırmalar yoluyla probleme ilişkin önceliklerin belirlenmesi ve problemin çözülmesi zordur. Diğer bir zorluk da, amaçların politikaya uydurulması ve önceliklerin hisse sahiplerinin istekleri doğrultusunda belirlenmesidir.

Saaty, Analitik Hiyerarşi yönteminin kullanılması sırasında doğrudan doğruya ilgili kişiler ile yüz yüze anket yapıp onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerin alınmasını önermektedir. Söz konusu kişi veya kişiler mutlaka konunun



uzmanı olmasalar bile en azından konuyu bilen, konuya aşina olan kişiler olmalıdır (Evren ve Ülengin, 1992b).

### 3.4. Yöntemde Kullanılan Ölçek

Analitik hiyerarşi metodunda kullanılan ölçek bir çok uygulama ve tecrübe sonunda geliştirilmiştir. Ölçekte 1 ila 9 arası rakamlar kullanılmıştır. Bu skalanın faydası Tablo 3.1’de gösterilen nitelendirmelerin daha hassas bir şekilde rakama dökülmesidir. Bir diğer faydası da karşılaştırmaları daha manalı hale getirmesidir. Böylece psikolojik değerlendirme limitine de uyulmuş olunur. Saaty tarafından geliştirilen önceliklendirme ölçeği Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Faktörlerin İkili Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçek

PUAN	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit Önem	Satırdaki faktör ile sütundaki faktör amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Biraz daha fazla önem	Satırdaki faktör, sütundaki faktöre göre biraz daha fazla tercih ediliyor.
5	Kuvvetli derecede önem	Satırdaki faktör, sütundaki faktöre göre kuvvetli derecede fazla tercih ediliyor.
7	Çok kuvvetli derecede önem	Satırdaki faktör, sütundaki faktöre göre çok kuvvetli derecede fazla tercih ediliyor.
9	Tamamıyla önemli	Satırdaki faktör, tamamıyla sütundaki faktöre tercih ediliyor.

### 3.5. İkili Karşılaştırmalar Matrisi Ve Ağırlıklar Seti

Bu kısmın amacı, grubun sayısal yargılarını elde etmede kullanılan metodolojinin ve faaliyetlere ilişkin karşılaştırma matrisinin nasıl oluşturulduğunun açıklanmasıdır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, bir düzeyin tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğenin veri alınarak, alt düzeydeki tüm öğelerin üst düzey öğesi üzerindeki görece etkilerinin ikişerli karşılaştırılıp bir matris oluşturulması ve bu

matris sayesinde en büyük öz değere sahip öz vektörünün bulunması temeline dayanır.

Analitik hiyerarşi metodu problemin hiyerarşik olarak gösterimi sonucu karar almamız açısından etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmamızı olanaklı kılar. Söz konusu yargı yoğunlaştırmasının en etkin yolu ise öğeleri ikişer ikişer ele alıp onları salt bir kritere göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterler ile ilgilenmemektir.(Evren ve Ülengin, 1992b)

Başlangıç olarak  $n$  adet kriteri karşılaştıran bir grup ele alınsın. Bu grubun amaçları;

- 1) Kriterlerin görelî önemlerine ilişkin yargılar geliştirme,
- 2) Tüm kriterler hakkında verilecek yargıların ölçülmesine imkan veren bir ölçü sistemiyle yargıların ölçülmesini garantileme olsun.

Kriterler,  $F_1, F_2, \dots, F_n$  olsun.  $F_i, F_j$  gibi iki kriterin sayısal yargıları,  $n \times n$  boyutlu  $A$  matriste aşağıdaki gibi temsil edilir.

$$A = (a_{ij}), \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3-1)$$

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

Eğer yargılama sonucunda,  $F_i$  kriteri  $F_j$  kriteri ile eşit derecede öneme sahipse veya  $\forall i = j$  için  $a_{ij} = a_{ji} = 1$  'dir.

Böylece,  $A$  matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 3.2. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

$F_i, F_j$  çiftlerine ait yargıları,  $A$  ikili karşılaştırmalar matrisi üzerinde  $a_{ij}$  olarak sayıya döktükten sonra yapılması gereken iş,  $F_1, F_2, \dots, F_n$  adet kriterin  $n$  adet olasılığına ilişkin sayısal ağırlıklar seti  $w_1, w_2, \dots, w_n$  'i oluşturmaktır.

Görelî ağırlıkların tespit edilmesini bir örnekle açıklayalım. Ağırlıkları tam olarak bilinen taşları karşılaştıralım. Örneğin,  $F_1$  ve  $F_2$  'nin ağırlıkları ( $F_1$  ve  $F_2$

taşları temsil etsin)  $w_1$  ve  $w_2$ , 400gr. ve 200gr. olsun. İki kriterin görelî ağırlıklarını bulmak için ağırlık  $w_1$ ,  $w_2$ 'ye bölünürse, sonucu 2 bulunur. Yani  $F_1$ ,  $F_2$ 'den 2 kat daha ağırdır ve matriste  $a_{12} = 2$ 'dir. Bu şekilde oluşturulan görelî ağırlıklar cinsinden ikili karşılaştırma matrisi şekil 3.3'de görülmektedir.

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

	$F_1$	$F_2$	$F_n$
$F_1$	$w_1/w_1$	$w_1/w_2$ .....	$w_1/w_n$
$F_2$	$w_2/w_1$	$w_2/w_2$ .....	$w_2/w_n$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$F_n$	$w_n/w_1$	$w_n/w_2$ .....	$w_n/w_n$

Şekil 3.3. İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Görelî Ağırlıklar Cinsinden Gösterimi

Görelî üstünlükler her zaman bu kadar net ölçülemeyebilmektedir. Bu durumda verilen değerler tahmini olacaktır. Bu nedenle, sonuçlarda olabilecek sapmalara karşın kabul edilebilecek ölçüde bir tolerans payı bırakılmalıdır.

Sonuçlardaki olabilecek sapmaların tolerans payını hesaplamak için; eğer A matrisinin  $i$ 'nci satırının,

$$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in} \quad (3.3a)$$

ideal bir örnekte sonuçları tam çıkmış olursa, oranlar değerlerle aynı olur. Bu nedenle, ideal durumda bu satırdaki ilk gireni  $w_1$ , ikinci gireni  $w_2$ , vs. çarparsak, bütün sonuçların  $w_i$  çıkması gerekir.

$$\frac{w_i}{w_1} \cdot w_1 = w_i, \quad \frac{w_i}{w_2} \cdot w_2 = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_j} \cdot w_j = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_n} \cdot w_n = w_i \quad (3-3b)$$

Oysa gerçek hayatta söz konusu değerler tam olarak  $w_i$ 'ye eşit değil, bir önceki adımda bahsedildiği gibi onun civarındadır. Bu nedenle,  $w_i$ 'nin bu değerlerin ortalamasına eşitlenmesini beklemek daha mantıklı olacaktır. Dolayısıyla  $w_i/w_j = a_{ij}$

ideal durumu yerine, daha gerçekçi bir durumu yansıtan  $w_i =$  Ortalama ( $a_{i1} w_1, a_{i2} w_2, \dots, a_{in} w_n$ ) kullanılması daha iyi olacaktır. Ortalama ise,

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad i=1,2,\dots,n \quad (3-4a)$$

ifadesi ile gösterilebilir. Eşitlik (3-4a) gerçeği temsil etme bakımından (3-3b)'den daha uygun bir eşitliktir. Fakat söz konusu ifade yine de, kişisel yargı  $a_{ij}$  veri iken, öğelerin tek tek ağırlıkları  $w_i$ 'yi bulmak için yeterli olacak mıdır?

Yukarıdaki soruya, eşitlik (3-4a)'nın geliştirilerek daha gerçekçi bir hale getirilmesiyle cevap verilebilir.  $a_{ij}$ 'nin iyi tahmin edilmesi halinde söz konusu değer,  $w_i/w_j$ 'ye yakın bir değer olacaktır. Fakat,  $a_{ij}$ 'nin idealden sapması durumunda,  $w_i$  ve  $w_j$ 'nin değişebilmesi için  $n$ 'in de değişmesi gerekir. Faaliyet sayısı  $n$  değerinin de değişmeyeceğine göre, onun yerine en büyük öz değer ( $\lambda_{\max}$ ) kullanılır. Buna göre, ideal tutarlılık durumundan sapma halinde  $\lambda_{\max}$   $n$ 'ye yakın; ideal durumda ise, yukarıda da belirtildiği gibi  $n$ 'e eşit olacaktır. A ikili karşılaştırmalar matrisinin tutarsız olması halinde kullanılacak formül aşağıda gösterilmiştir.

$$W_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-4b)$$

Yukarıda formülü daha da genelleştirecek olursak,  $A.w = \lambda_{\max} w$  ifadesini elde ederiz. Bu ifadeye A ikili karşılaştırmalar matrisini göstermektedir.

Tutarlılık durumunda  $\lambda_{\max} = n$  olduğuna göre, söz konusu eşitlikten sapma derecesini gösterecek bir tutarlılık göstergesi,  $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 'dir. Tutarlılık göstergesi, Tablo 3.2'de A matrisinin  $n$  değerine karşılık gelen tesadüfilik göstergesine bölünürse, tutarlılık oranı bulunur. Bulunan oran %10 veya daha küçük ise, W göreli önem vektörünün tahmin değerleri kabul edilir. Aksi halde, tutarlılık düzeyi arttırılmaya çalışılır.

Buraya kadar anlatılmaya çalışılan metodoloji, "en iyi otomasyon sistemi seçimine ilişkin örnek" üzerinde detaylı bir biçimde açıklanmaya çalışılacaktır(John ve William, 1989).

A, B, C, D, E harfleriyle temsil edilen dört kritere göre seçim yapılacaktır. Bu kriterler sırasıyla bilgisayar destekli üretim sistemi, sistemin net bugünkü değeri, servis imkanları, işletme ve mühendislik gayretleri ve risktir. Alternatifler ise P-1, P-2 ve P-3 olsun. Karar verici, her bir kriteri sırasıyla diğer kriterlerle karşılaştırarak bir takım rakamlar elde eder ve bu rakamları matristeki yerine yazar. Karşılaştırma, daima matrisin sol tarafında bulunan sütunun elemanlarıyla, matrisin üst tarafında bulunan satırın elemanları arasında yapılır. Böylece Tablo 3.2.'de gösterilen 5x5 kare matris, yani ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir.

Önceliklendirme esnasında, beş adet temel puana denk gelmeyen ve uzlaşma gerektiren ikili karşılaştırmalarda, iki ardışık yargı puanı arasına düşen 2, 4, 6 ve 8 gibi ortalama değerler de kullanılabilir. Eğer, ikili karşılaştırma esnasında satırdaki faaliyet sütundaki faaliyetten daha az tercih ediliyorsa, diğer bir deyişle, sütundaki faaliyet satırdakinden daha önemliyse, iki taraflı uygun sayılar olan 1/3, 1/5, 1/7 ve 1/9 matristeki yerine yazılabilir. Bu şekilde oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 3.2.'de gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E
A	1	1/3	5	6	5
B	3	1	6	7	6
C	1/5	1/6	1	3	1
D	1/6	1/7	1/3	1	1/4
E	1/5	1/6	1	4	1

Tablo 3.2. En iyi Otomasyon Seçimine İlişkin Oluşturulan İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Birinci düzey için ikili karşılaştırmalar matrisini elde ettikten sonra yapılması gereken iş, bu verilerden hareketle kriterlerin ana hedefi gerçekleştirmedeki göreceli önemlerini saptamaktır. Bu da, en büyük vektörün bulunup normalize edilmesiyle olur. Söz konusu problemi tam olarak çözmeye yönelik olarak bilgisayar programları(expert choice, lotus 123, vs.) mevcuttur. Bilgisayarın ve bu tür

programların bulunamadığı durumlarda kullanılabilir, söz konusu görelî önemler vektörünün bulunmasına yönelik dört yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

- 1) En Kaba Yöntem : Her satırın toplamı alınıp, her toplam değeri söz konusu toplamın toplamına bölünürse, cevapların toplamı bire eşitlenir ve önem vektörü normalize edilmiş olur. Elde edilen vektörün her bir elemanı, temsil ettiği faaliyetin normalize edilmiş görelî önemini verir.
- 2) Daha İyi Yöntem : Her sütundaki elemanların toplamı alınır ve bu toplamın eşlenikleri (1/sütun toplamı) bulunur. Bulunan her eşlenik, eşleniklerin toplamına bölünerek normalize edilir.
- 3) Bölmeli İyi Yöntem : Her sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınır ve bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür.
- 4) Çarpmalı İyi Yöntem : Her satırdaki  $n$  adet eleman birbirleri ile çarpılarak, çarpımın  $n$ 'inci kökü alınır. Elde edilen değerler normalize edilir.

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

Bilgisayar programları ise, matrisin çok yüksek kuvvetlerini alıp, elde edilen matrisin her satır toplamının o matrisin elemanlarının toplamına bölme yöntemini kullanırlar. Bu yöntemlerin her birinin, örneğimize uygulanması aşağıda gösterilmiştir. En kaba yöntem kullanılırsa, matrisin her satırının ayrı toplamı olan sütun vektörü (yerden kazanmak için sıra şeklinde yazılmıştır) 17.33, 23, 5.37, 1.89 ve 6.37 olarak bulunur. Bu değerlerin toplamı ise 53.96'dır. Eğer her satırın toplamı bu değere bölünürse, görelî üstünlükler için (0.32, 0.43, 0.10, 0.03, 0.12) sütun vektörü bulunur.

Daha iyi yöntem kullanılırsa, sütunların toplamı satır vektörü olarak (4.57, 1.81, 13.33, 21.0, 13.25) şeklinde bulunur. Bu toplamın eşlenikleri (0.21, 0.55, 0.08, 0.04, 0.08)'dir. Bu değerler normalize edildiklerinde, (0.22, 0.57, 0.08, 0.04, 0.08) elde edilir.

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

	A	B	C	D	E
A	0.219	0.184	0.375	0.286	0.377
B	0.656	0.551	0.450	0.333	0.454
C	0.044	0.094	0.075	0.143	0.075
D	0.037	0.077	0.025	0.048	0.019
E	0.044	0.094	0.075	0.190	0.075

Tablo.3.3. En İyi Otomasyon Sistemi Seçimine Ait Matrisin Normalize Edilmiş Şekli

Matristen satır toplamları, sütun vektörü olarak (1.441, 2.444, 0.431, 0.206, 0.478) çıkar. Bunların her birinin satır elemanı sayısına bölünüp ortalaması alındığı takdirde, görelî önemler vektörü (0.288, 0.489, 0.086, 0.041, 0.096) olarak elde edilir.

Sonuçlar karşılaştırılacak olursa, sırasıyla birinci metottan üçüncü metoda doğru gidildikçe problemin sonuçları hakkında kesinlik artmaktadır. Eğer matris tutarlı ise, her dört yöntem de aslında aynı sonucu verir. Tutarsızlığın olması durumunda ise dördüncü yöntem oldukça doğru bir çözüm bulur.

## 5.6. Tutarlılık

Bu aşamada elde edilen sonuçların tutarlılığını saptamak üzere tutarlılık göstergesi hesaplanmalıdır. İkili karşılaştırmalar matrisi ile elde edilen görelî önemler vektörü çarpılırsa, yeni bir vektör elde edilir. En son vektörün birinci elemanı, dört metottan her hangi birisiyle bulunan görelî önemler vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye vs. bölünür ise bir üçüncü vektör elde edilir. Bu son vektörün elemanlarını toplayıp toplam eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değer ( $\lambda_{max}$ ) için tahmini bir değer elde edilir. Daha önce de belirtildiği gibi,  $\lambda_{max}$  ne

kadar  $n$  değeri (matristin oluşturulmasında yer alan faaliyet sayısı)ne yakın ise, sonuç da o kadar tutarlı olacaktır. Tutarlılık göstergesi, aynı zamanda tutarlılıktan sapmayı temsil eden  $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 'dir. Tutarlılık göstergesinin tesadüfilik göstergesine bölünmesiyle elde edilen orana da, tutarlılık oranı denilmektedir. Tutarlılık oranı 0.10 ve daha küçük çıktığı takdirde dikkate alınır.

Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'nda yüzü aşkın örnek üzerinde yapılan kapsamlı bir saha çalışması sonucu 1 ila 15 boyutundaki matrisler için tesadüfilik göstergeleri Tablo 3.4.'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 3.4. Tesadüfilik Göstergeleri

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

Tutarlılık oranını hesaplamak üzere tekrar en iyi otomasyon örneğine ait matrise dönülecek olursa; hatırlanacağı gibi söz konusu matrisin görelî önemler vektörü, üçüncü yöntem ile (0.288, 0.489, 0.086, 0.041, 0.096) olarak bulunmuştu. Eğer matrisi bu vektör ile çarparsak, (1.605, 2.732, 0.446, 0.212, 0.487) şeklinde ikinci bir sütun vektör (yerden kazanmak için vektörler satır halinde yazıldı) bulunur. Eğer bu ikinci vektörün her elemanı, birinci vektörde karşılık gelen elemana bölünür ise (5.57, 5.58, 5.19, 5.17, 5.07) vektörü elde edilir. Son vektörün elemanları toplanıp, bu toplamın ortalaması alınırsa 5.32 elde edilir. Bu değer  $\lambda_{\max}$ 'in iyi bir tahmin değeridir.

$\lambda_{\max}$  değerinden hareketle tutarlılık göstergesi  $(5.32 - 5) / 4 = 0.08$  olarak elde edilir. Bu sonucun ne denli iyi olduğunu saptamak için, tutarlılık göstergesi Tablo 2.5.'de beş boyutlu matris için verilen tesadüfilik katsayısına bölünürse, tutarlılık oranı  $0.08 / 1.12 = 0.07$  elde edilir. Tutarlılık oranı değeri, 0.10 ve daha küçük çıktığı takdirde dikkate alınmaktaydı. Bu durumda matris tutarlıdır diyebiliriz.

Bu karşılaştırmalar ve hesaplamalar sonucunda, hiyerarşinin bir düzeyindeki elemanların, bir üst düzeydeki bir tek eleman üzerindeki etkileri açısından görelî önemleri saptanabilmektedir. Eğer birden fazla düzey varsa, çeşitli görelî önemler vektörleri bir matris halinde birleştirilip en alt düzey için tek bir görelî önem vektörü elde edilmelidir.



#### 4. ANALİTİK HİYERARŞİ METODU VE BULANIK MANTIK

Çok amaçlı karar verme metodlarından olan AHM alternatifler arasında en iyisinin seçilmesi problemlerinde kullanılan kriterler arasında önceliklendirme yapabilmek için birçok yargıyı sentezleyen, problemin unsurlarının hiyerarşik olarak temsil edildiği sistematik bir süreçtir. AHM pratik ve gerçekçi çözümler vermesinden dolayı bir çok alanda ve birçok problemin çözümünde kullanılmıştır

Analitik Hiyerarşi Metodu en çok tercih edilen metod olmasına rağmen birtakım dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir.

- 1) Analitik Hiyerarşi Metodu, tahmin etmeden kaynaklanan  $1/9, 1/8, \dots, 1/3, 1/2, 1, 2, \dots, 9$  gibi tutarsız oranlar yaratır. İkili karşılaştırmalar matrisin bir tarafı 2 ilâ 9 arası sayılardan oluşurken, eşleniği bu sayıların karşılığı olan  $1/9$  ila  $1/2$  arası sayılardan oluşur. Yani, matrisin bir tarafının ağırlık oranı  $1/2-1/9 = 0.4$  ile, eşleniğinin ağırlık oranı  $9 - 2 = 7$  kıyaslanmaktadır.
- 2) Esas olarak AHM, iyi tanımlanmış ve tahlil edilmiş kesin ifadelerin olduğu karar verme problemlerinde kullanılmalıdır.
- 3) AHM'de alternatiflerin sıralanması her zaman doğru olmayabilir.
- 4) Karar vericinin sübjektif değerlendirmesi ve tercihinin AHM'nin sonuçları üzerinde büyük etkisi vardır. Eğer problem üzerinde AHM ile yapılan değerlendirme yanlış olursa, problemin çözümü sonucunda verilen karar da muhtemelen yanlış olacaktır.
- 5) AHM belirsizlik ortamlarında kişilerin kararlarını tam olarak ifade edememelerinden kaynaklanan yanlışlıklara sebep olabilir.

Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı, Analitik Hiyerarşi Metodunun problem çözmedeki olumsuzlukların üstesinden gelmek için, hiyerarşik yapılarıdaki kriterlere ait göreceli önemlerin ölçülmesinin bulanık ölçeğin yardımıyla yapılması önerilmiştir(Juang ve Lee, 1991). Yine, silah sistemlerini geliştirme projeleri için

Bulanık Analitik Hiyerarşi Metodunun çok uygun olduğu savunulmaktadır(Cheng ve Mon, 1994).

Bulanık Analitik Hiyerarşi Metodu kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1) Bulanık standart olarak adlandırılan her alt düzey için, karar verici tarafından bulanık teori içerisinde alternatiflere ait üyelik fonksiyonu oluşturulur.
- 2) Performans değerlerini temsil etmek için, sistemler hakkındaki verilerle üyelik fonksiyonunun derecesi hesaplanır.
- 3) Toplam ağırlıkları hesaplamak için, Analitik Hiyerarşi Metodu ve Bulanık Yöntemlerin herhangi birisi kullanılır.

#### 4.1. Bulanık Mantık

Yeryüzünde her şey net bir şekilde ifade edilemez. Çünkü dünya oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. İnsanoğlu bu belirsizlik ortamında karar vermek durumundadır. Bilgisayarlarda bu konuda yetersiz kalmaktadır. Çünkü insan bilgisayarların muhakeme yeteneği ile yaklaşık olarak sistem hakkında yorum yapabilmektedir. İşte bu fikirden yola çıkarak uyumsuzluk prensipleri ortaya atılmıştır. Buna göre “gerçek dünyaya ne kadar yakın bakarsak, bulanıklık o kadar çözüm haline gelir.” (Ross, 1995)

Karar verme sürecinde elde sadece kesin olmayan veya belirsiz verilerin bulunması durumunda bulanık metod problemin girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkiyi yorumlayabilmemizi sağlar. Bulanık mantık özellikle anlaşılması oldukça güç ve yoruma dayanan çok karmaşık sistemlerde ve insan muhakemesine, algılamasına veya karar verme olgusuna dayanan süreçlerde çok faydalı olmaktadır.

Klasik mantığın dayandığı iki değerli temel varsayım “her önerme ya doğrudur ya da yanlıştır”, Aristo’dan bu yana tartışılmaktadır. Aristo, “Yorum Üzerine” isimli eserinde geleceğe bağlı konuların doğruluk durumlarını tartışmaktadır. Gelecek olaylar hakkındaki önermeler, ne gerçekten doğrudur ne de gerçekten yanlıştır fakat, her iki durumun da bir miktar gerçekleşmesi mümkündür. Bundan dolayı, bu önermelerin doğruluk değerleri olay gerçekleşinceye kadar belirsizdir(Klir ve Folger, 1988).

Günümüzde doğruluk durumları tartışılan önermelerin gelecek olaylarla sınırlı olmadığı anlaşılmıştır. Belirli önermelerin doğruluk değerleri, doğru, yanlış ve

belirsiz olmak üzere sırasıyla “1”, “0” ve “sıfırla bir arasında” değerleri alabilmektedir. Üçgensel mantığın en iyi bilinen beş ismi, Lukasiewicz, Bochvar, Kleene, Heyting ve Reichenbach’tır. Üçgensel mantık anlamlı ve faydalı bulunduğu, 1930’larda  $n$  değerli mantık geliştirilmiştir.  $n$  değerli mantığı, üçgensel mantığın genelleştirmesini yaparak ilk defa öneren Lukasiewicz olmuştur.  $n$  değerli mantığın doğruluk değerlerine ait  $T_n$  kümesi,

$$T_n \left\{ 0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1 \right\} \quad (4-1)$$

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

#### 4.2 Bulanık Kümeler Ve Üyelik Fonksiyonu

Klasik kümelerde elemanların kümeye üyelikleri iki guruba ayrılır. Bunlardan birinci gurup, “kesinlikle kümeye ait olanlar” ikinci gurup ise “kesinlikle kümeye ait olmayanlar”dır. Klasik kümenin temsil ettiği sınıfa üye olanlar ve üye olmayanlar arasında kesin bir sınır vardır. Ancak, yaygın şekilde kullanılan sınıfların birçoğu (uzun insanlar, pahalı otomobiller, güneşli günler v.b.) bu karakteristiği göstermez. Çünkü, bu sınıfların sınırları belirsizdir ve üyelikleri keskin olmaktan çok derece derecedir.

Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her olası elemana, onun bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak sayısal olarak temsil edilmesini sağlar. Elemanlar, bulanık kümeye daha büyük veya daha küçük üyelik dereceleri ile yani, daha fazla veya daha az derecelerle bağlı olabilir.

Bu üyelik dereceleri  $[0,1]$  kapalı aralığındaki gerçek sayılarla temsil edilirler. Böylece, “güneşli” kavramını temsil eden bir bulanık kümede, %0 bulutlu havaya 1’lik, %20 bulutlu havaya 0.8’lik, %60 bulutlu bir havaya 0.4’lük ve %100 bulutlu

bir havaya 0.0'luk değer atayacak şekilde doğrusal bir üyelik fonksiyonu atanabilir.(Kahraman,1999)

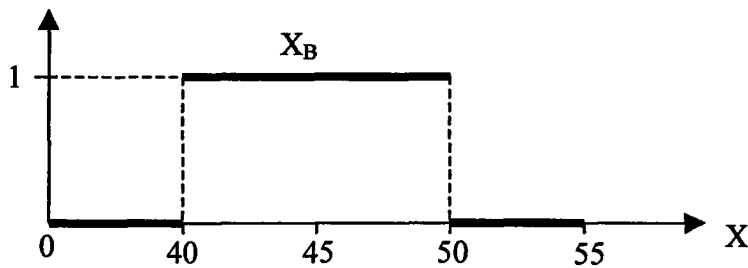
Bulanık mantık ile ancak sözle ifade edilebilen yargıların sayısal olarak temsili de mümkün olmaktadır. Böylece bir hedefin gerçekleştirilme amacının önem derecesindeki belirsizlikte sayısal olarak ifade edilebilir. İlerde bahsedeceğimiz Cheng yöntemi bulanık mantığın bu yönüyle ilgilenmektedir.

Klasik kümeler teorisindeki üyelik fonksiyonu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

$$X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (4-2)$$

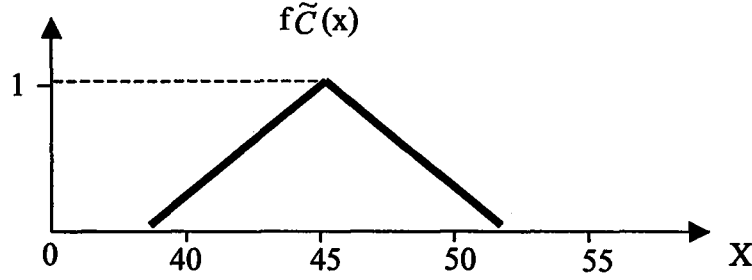
Buradaki  $X_A(x)$  ifadesi "A" kümesindeki "x" elemanın belirsiz olmayan üyelik fonksiyonunu gösterir. Eğer "x", "A" kümesinin bir elemanı ise fonksiyon 1 değerini, elemanı değilse 0 değerini alır. Bulanık kümeler teorisindeki üyelik fonksiyonu ise bulanık kümelerde aritmetik işlemler bölümünde gösterilecektir.

Ağırlıkları 40 ton ila 50 ton arası olan tanklar diye bir B kümesi tanımlayalım. Klasik kümeler teorisinde, 45 tonluk bir tankın bu kümeye olan üyelik fonksiyonunun aldığı değer,  $X_B(45) = 1$  olacaktır. Ağırlığı 39 ton olan bir tankın üyelik fonksiyonu ise,  $X_B(39) = 0$  olacaktır. Bu durum Şekil 4.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.1 B Kümesinin Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık teorisinde ise buna benzer bir bulanık  $\tilde{C}$  kümesinin üyelik fonksiyonu ise Şekil 4.2'teki gibi ifade edilebilir.



Şekil 4.2  $\tilde{C}$  Kümesinin Üyelik Fonksiyonu

#### 4.3. Bulanık sayılarda Aritmetik İşlemler

Bir  $X$  evrensel kümesi düşünelim ve bu küme  $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$  olsun .  $X$  evrensel kümesinin bir alt kümesi olan  $\tilde{A}$  bulanık kümesi ile ilgili özellikler şunlardır.(Klir ve Yan, 1995)

Eğer,

$$\mu_{\tilde{A}}[\lambda \cdot x_1 + (1-\lambda) \cdot x_2] \geq \min [\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)], \quad (4-3)$$

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

ise,  $X$  uzayında bulanık küme  $\tilde{A}$  konvektir. Eğer,

$$\sup_x \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$$

ise,  $X$  uzayında bulanık küme  $\tilde{A}$  normaldir. Boş olmayan bulanık küme  $\tilde{A}$ , her zaman  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ile  $\sup_x \mu_{\tilde{A}}(x)$ 'i bölerek normalize edilebilir. Bir bulanık sayı,  $X$  uzayının bir bulanık alt kümesi ise, hem konveks hem de normaldir.(Zimmermann, 1991)

$X$  uzayında tanımlanan bir bulanık set  $\tilde{A}$  ve  $\alpha \in [0,1]$  aralığındaki herhangi bir sayı  $\alpha$ - kesme,  $\tilde{A}^\alpha$  ve kuvvetli  $\alpha$ - kesme  $\tilde{A}^{\alpha+}$  aşağıdaki gibi tarif edilir.

$$\tilde{A}^\alpha = \{ x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha \}$$

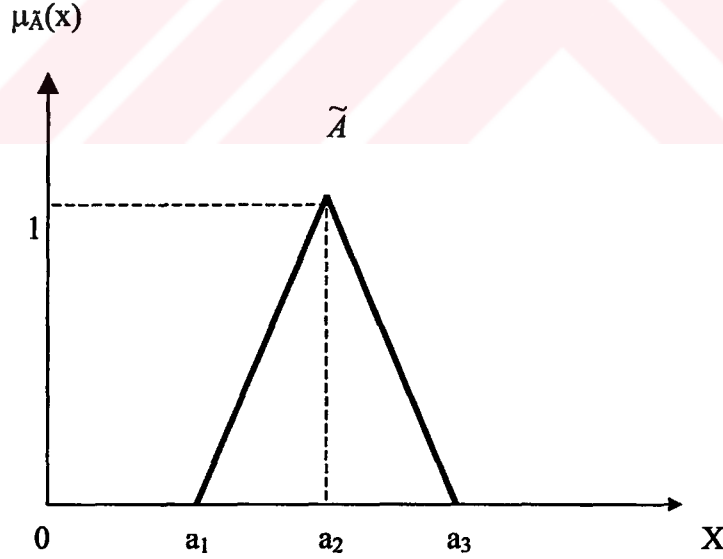
$$\tilde{A}^{\alpha+} = \{ x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha \}$$

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

Bir üçgensel bulanık sayı olan  $\tilde{A}$  ( $a_1, a_2, a_3$ ) şeklinde ifade edilebilir. Bu durum Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.

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

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (4-4)$$



Şekil 4.3 Üçgensel Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonu

Tablo 4.1.'de sayıların bulanık ortamda karakteristik üyelik fonksiyonları gösterilmektedir. Bulanık sayı  $x$ , "x civarında" anlamına gelmektedir. Burada her

fonksiyon, simetrik üçgensel bulanık sayının sol, orta ve sağ noktalar olmak üzere üç parametresi olarak tarif edilmiştir.(Kahraman, 1999)

Tablo 4.1. Bulanık Sayıların Karakteristik Üyelik Fonksiyonları

Bulanık Sayılar	Üyelik Fonksiyonları
$\tilde{1}$	(1, 1, 3)
$\tilde{x}$	$x = 3, 5, 7$ için $(x-2, x, x+2)$
$\tilde{9}$	(7, 9, 9)

$\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  'nin üçgensel bulanık sayılar olduğunu düşünelim.  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  şu şekilde ifade edilecektir;  $\forall a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3 \in \mathbb{R}^+$

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3) \quad (4-5.a)$$

$$\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3) \quad (4-5.b)$$

Bu iki üçgensel bulanık sayı arasındaki bazı aritmetik işlemler ise aşağıdaki gibi özetlenebilir;

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (4-6.a)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (4-6.b)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad (4-6.c)$$

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) = (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \quad (4-6.d)$$

#### 4.4 Cheng (Dilsel Ağırlıklandırma) Yöntemi

Karmaşık problemlerde insanlar tecrübelerini ve yargılarını tam olarak rakamsal ifadelerle dökememektedir. Bunun yerine dilsel ve muğlak ifadeler kullanmaktadır. Cheng ve diğerleri (1999), tarafından geliştirilen bu yöntemde

insanların bu sezgiselliğinin kullanılması söz konusudur. İnsanların bu yargılarının performans puanlarını oluşturabilmek ve kullanacakları üyelik fonksiyonlarını tespit etmek için bir çok uzman görüşüne başvurmuşlardır. Puanlamalar ve üyelik fonksiyonlarının tespiti tamamen uzmanların tecrübelerine dayanmakta, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerinden kurtulmaktadır.

Bu yöntemin uygulanışını adım adım ele alacak olursak şöyle özetlemek mümkündür (Cheng ve diğerleri, 1999);

Adım-1

Hiyerarşik yapı oluşturulur.

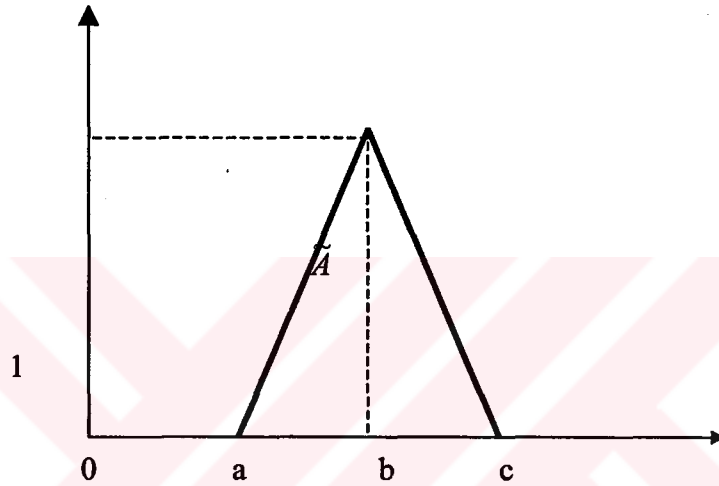
Adım-2

Alt kriterlerin performans puanları ( $g_i$ ) hesaplanır. Kriterlere göre her bir alternatifin aldığı puanların tamamı toplanır. Puanları tespit etmek için iki ayrı yöntem kullanılabilir;

- Rakamsal olarak ifade edilebilen kriterler için uzmanların görüşleri alınarak üyelik fonksiyonları belirlenir ve  $g_i$  değerlerini hesaplayabilmek için bu üyelik fonksiyonları kullanılır. Üyelik fonksiyonlarının alt ve üst değerleri tecrübeye dayanan değerlerdir. Bir üçgensel bulanık sayı Şekil 4.4'de olduğu gibidir. Üyelik fonksiyonu ise (4-7) 'de görüldüğü gibidir. Bunu bir örnekle açıklayacak olursak bir otomobil için hız sınırı konusunda uzmanların 240 km/saat ve daha yukarısı için çok iyi, 180 km/saat ve daha aşağısı için ise yetersiz kabul ettiklerini varsayalım. Bu durumda hız sınırı 179 km/saat olan bir otomobil 0 puan alırken hızı 240 km/saat ve daha yukarı olan bir otomobil 1 puan alacaktır. Hız sınırı 200 km/saat olan bir otomobilin puanı ise üyelik fonksiyonuna göre,  $(200-180)/60=0.33$  olarak bulunacaktır. Burada  $a=180$ ,  $b=240$ , ve  $x=200$  olarak alınmıştır. Eğer bu değerlerin az olması istenseydi yani bu değerleri aracın yere uyguladığı basınç olarak ele alsaydık; bu durumda 180 ve daha aşağısı 1, 240 ve daha yukarı olan değerler 0 puan alacaktı. Aradaki değerlerin hesaplanması da yine üyelik fonksiyonunun kullanılmasıyla olacaktır. Bu da  $(240-200)/60=0.66$  olacaktır.



$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (4-7)$$

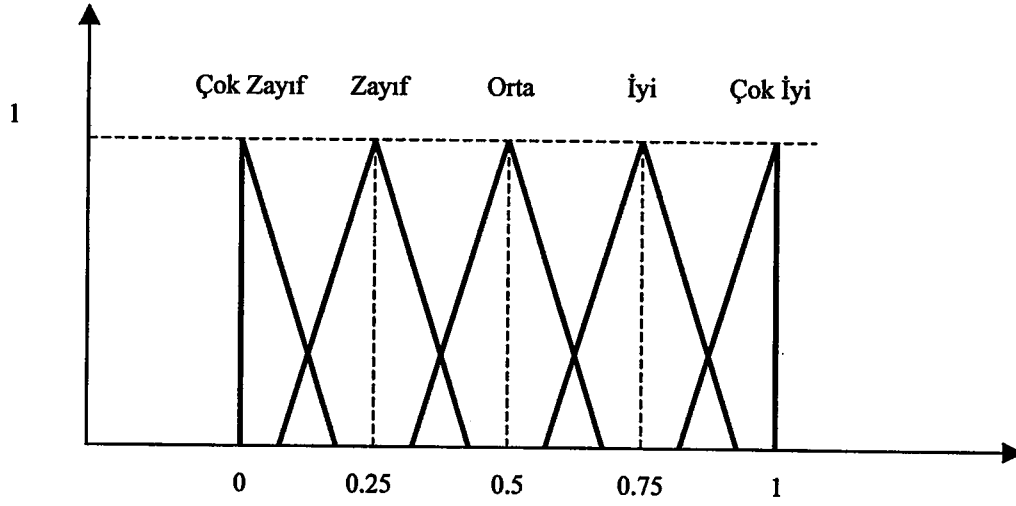


Şekil 4.4 Üçgensel Bulanık Sayı

- Sözel yargıların ise Tablo 4.2 ve Şekil 4.5’de gösterilen bulanık ifadeler kullanılarak puanları hesaplanır.

Tablo 4.2 Bulanık İfadelerin Üyelik Fonksiyonları

BULANIK İFADE	ÜYELİK FONKSİYONU
Çok İyi	1
İyi	0.75
Orta	0.5
Zayıf	0.25
Çok Zayıf	0



Şekil 4.5 Bulanık İfadelerin Üyelik Fonksiyonları

Adım-3

Her kriter için bütün toplam puanlar normalize edilir. Bu işlem aşağıda ifade edildiği gibi yapılır;

$$\begin{array}{c}
 X_1 \quad X_j \quad X_n \\
 S_1 \left( \begin{array}{ccc} X_{j1}/t_1 & \dots & X_{1j}/t_j & \dots & X_{1n}/t_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) = \left( \begin{array}{ccc} \mu_1(X_1) & \dots & \mu_1(X_j) & \dots & \mu_1(X_n) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) \\
 S_i \left( \begin{array}{ccc} X_{i1}/t_1 & \dots & X_{ij}/t_j & \dots & X_{in}/t_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) = \left( \begin{array}{ccc} \mu_i(X_1) & \dots & \mu_i(X_j) & \dots & \mu_i(X_n) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) \\
 S_m \left( \begin{array}{ccc} X_{m1}/t_1 & \dots & X_{mj}/t_j & \dots & X_{mn}/t_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) = \left( \begin{array}{ccc} \mu_m(X_1) & \dots & \mu_m(X_j) & \dots & \mu_m(X_n) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right) \quad (4-8)
 \end{array}$$

$$t_n = \sum_{i=1}^m X_{ij} \quad (4-9)$$

Burada  $S_i$  , alternatifleri;  $X_j$  , kriterleri;  $X_{ij}$  ise her bir kritere göre alternatiflerin aldığı performans puanlarını ifade etmektedir.

Adım-4

Karar vericiler uzmanların tecrübelerine göre kriterlerin önem derecelerini değerlendirdikten sonra kriterler dengelenir. Daha sonra her bir kriterin merkezileşmesi veya açılması hesaplanır. Burada önemli olan kriterlerin karara olan katkısı artırılırken daha az öneme sahip kriterlerin katkısı azaltılmaktadır.

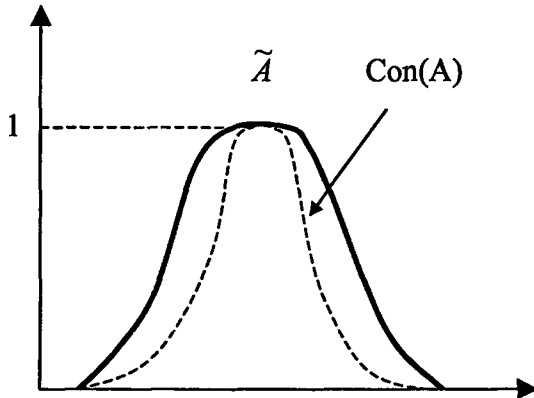
$$\begin{matrix}
 & X_1 & X_j & X_n \\
 S_1 & \left( \begin{array}{ccc} \mu_{11}^{(w1)} & \dots & \mu_{1j}^{(wj)} & \dots & \mu_{1n}^{(wn)} \end{array} \right) \\
 \vdots & & & & & \\
 S_i & \left( \begin{array}{ccc} \mu_{i1}^{(w1)} & \dots & \mu_{ij}^{(wj)} & \dots & \mu_{in}^{(wn)} \end{array} \right) \\
 \vdots & & & & & \\
 S_m & \left( \begin{array}{ccc} \mu_{m1}^{(w1)} & \dots & \mu_{mj}^{(wj)} & \dots & \mu_{mn}^{(wn)} \end{array} \right)
 \end{matrix} \quad (4-10)$$

Dilsel sınır veya düzenleyici, terimlerin anlamlarını düzenlemektedir. Dilsel sınır için kullanılan matematiksel model şu şekildedir;

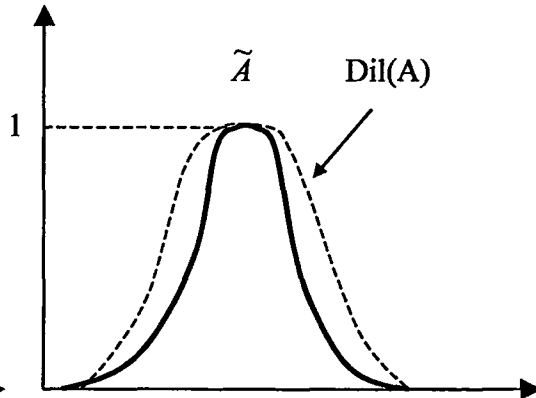
$$\text{Merkezilik: } \mu_{\text{con}(\tilde{A})}(u) = (\mu_{\tilde{A}}(u))^n, n > 1 \quad (4-11a)$$

$$\text{Açılma : } \mu_{\text{dil}(\tilde{A})}(u) = (\mu_{\tilde{A}}(u))^{1/n}, n > 1 \quad (4-11b)$$

Dilsel sınırdaki merkezileşme ve açılma Şekil 4.6a ve Şekil 4.6b'de olduğu gibi gösterilebilir. Ayrıca dilsel sınırlar ve yaklaşık manaları Tablo 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.6a Merkezileşme



Şekil 4.6b Açılma

Tablo 4.3 Dilsel Sınır İfadelerinin Anlamı

DİLSEL SINIR İFADESİ	ANLAMI
Biraz	Bulanık bölge açık halde
Genellikle, Çoğunlukla	Genişliği azaltın
Civarında	Biraz geniş
Yakın olarak	Biraz dar
Hemen hemen, Oldukça	Darlığı artırın
Çok, Fazlaca	Bulanık bölge dar

#### Adım-5

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak en iyi alternatif,  $\mu_{\bar{D}}(X_i)$ , seçilir.

$$\mu_{\bar{D}}(X_i) = \max_i (\min_j \mu_{ij}^{(w_j)}) \quad (4-12)$$

Bu ifade kötümser bir yaklaşımdır. Her bir alternatifin bütün kriterlere göre aldığı puanların en küçükleri seçilir bu puanlardan en büyük puana sahip alternatif en iyidir. Bu yaklaşım seçilen bu alternatif diğer kriterleri de en az bu kriter kadar sağlıyor mantığına dayanır.

#### 4.4 Yager Tarafından Önerilen Yöntem

Yager tarafından geliştirilen bu yöntem bulanık analitik hiyerarşi temeline dayanmaktadır. Yöntemde alternatiflere her bir kriteri karşılama derecesine göre puan verilmektedir. Daha sonra kriterlerin karşılaştırma matrisinin Saaty'nin yöntemiyle öz değer vektörü bulunmaktadır. Bulunan bu öz değer vektörüne göre kriterler ağırlıklandırılmaktadır. En son karar elde edilen bu matris değerlerine göre min max yaklaşımı ile verilmektedir. (Zimmerman, 1994)

Matematiksel olarak ifade edecek olursak;

$X = \{ x_1, \dots, x_n \}$  alternatifler kümesi olsun, kriterler  $\tilde{G}_j$   $j = 1, \dots, m$  şeklinde ifade edilen bulanık kümelerden oluşsun,  $j$  kriterinin ağırlıkları da  $w_j$  olarak

ifade edilmiş olsun, bu durumda alternatif  $x_i$  tarafından kriter  $\tilde{G}_j$  'ye olan katkının üyelik derecesi  $\mu_{G_j}(x_i)$  şeklinde ifade edilir.

Yukarıda yaptığımız tanıma dayalı olarak bütün bulanık hedeflerin kesişimini ifade eden karar kümeside;

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1^{w_1} \cap \tilde{G}_2^{w_2} \cap \dots \cap \tilde{G}_m^{w_m} \quad (4-13)$$

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

Yöntemin çözüm algoritması şöyledir.

1. İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması
2. Saaty'nin önerdiği öz vektör yöntemiyle  $w_j$  ağırlıkların hesaplanması.
3. Üssel olarak  $\mu_{G_j}(x_i)$  'nin  $w_j$  ağırlıklarına göre hedefe olan katkısı ağırlıklandırılır. Sonuç bulanık küme  $(\tilde{G}_j(x_i))^{w_j}$  'dir.
4. Bütün bulanık hedeflerin kesişimini ifade eden karar kümesi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \{ (x_i, \min(\mu_{G_j}(x_i))^{w_j}) \mid i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m \} \quad (4-14)$$

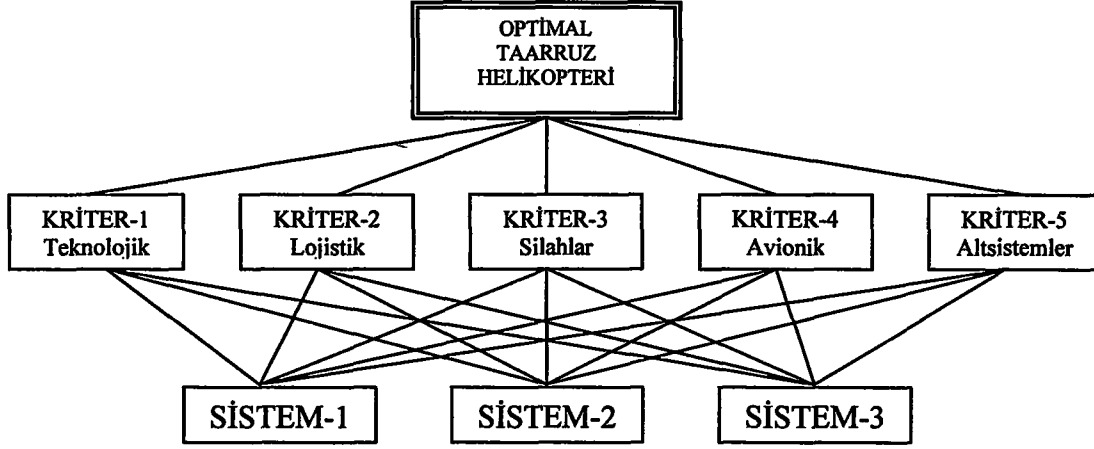
5.  $\tilde{D}$  bulanık kümesine en yüksek üyelik derecesi sağlayan  $x_i$  seçilir.

#### 4.6. AHM İle Literatürde Çözülen Problemler

Cheng, Yang ve Hwang (1997), Analitik Hiyerarşi Yöntemini taarruz helikopterlerini değerlendirmek için kullanmışlardır. Yöntemleri bulanık mantığın değişik bir uygulamasını içermekte ve uzmanların sözel yargılarına dayanmaktadır. Bu yargılar için ve rakamsal veriler için ayrı ayrı üyelik fonksiyonlarını oluşturmuşlar ve bu sayede uzmanların beklentilerini tanımlayarak problemin çözümünde karşılaşılabilecek engellere karşı tedbir almışlardır.

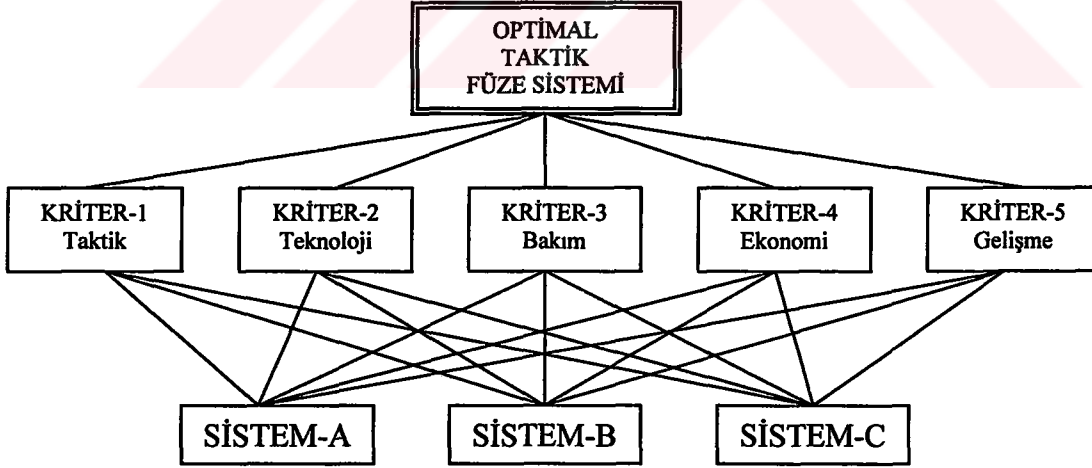
Cheng, Yang ve Hwang, kullandıkları dilsel ağırlıklandırmaya dayalı Analitik Hiyerarşi Yönteminde ilk olarak, ağırlıkların göreceli önemlerini bulmuşlar ve bunları dilsel puanlama bölgelerinin tespitinde kullanmışlardır. Daha sonra bu bölgeleri

tanımlayarak karar verme probleminin sonuçlarına ulaşmışlardır. Kullandıkları model Şekil 4.7’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.7 Optimal Taarruz Helikopteri Seçimi İçin Model

Cheng (1996), Analitik Hiyerarşi Yöntemini, “Denizden Atılan Taktik Füzelerinin Geliştirilmesi” projesinde kullandı. Bu çalışmalarında, faktörlerin görece ağırlıklandırmasını entropi ağırlığı prensibini kullanarak elde etmiştir. Cheng, füzelerinin değerlendirilmesini yaparken Şekil 4.8’deki AHY modelini kullanarak sonuca ulaşmıştır.



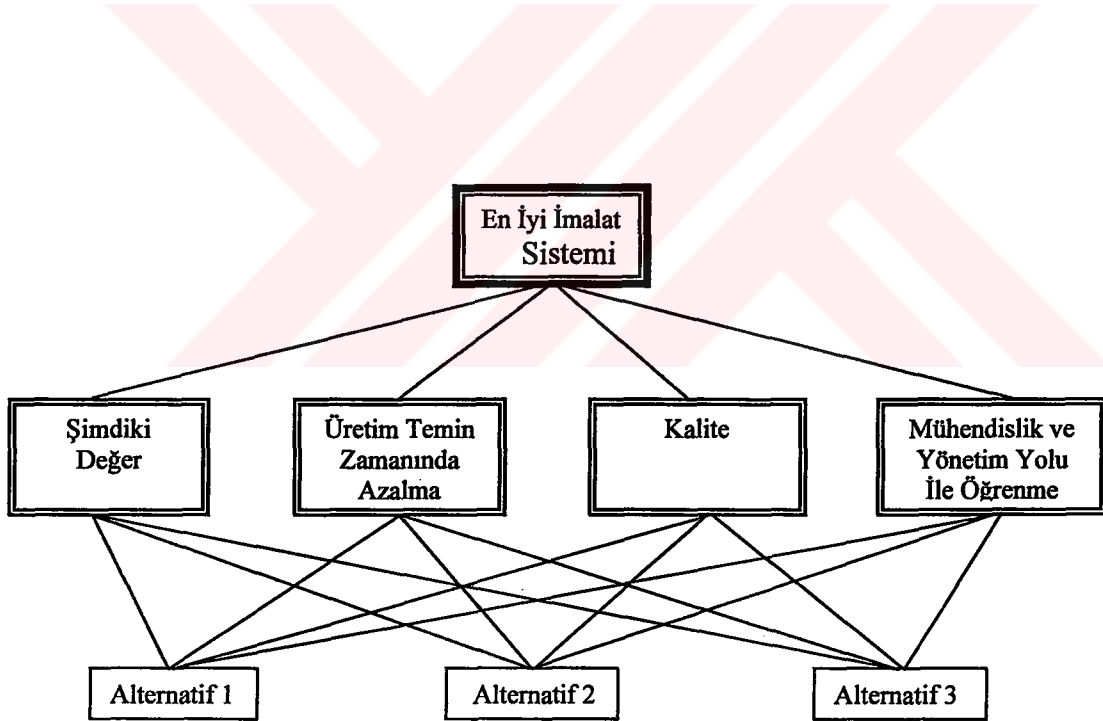
Şekil 4.8 Optimal Taktik Füzeler Sistemi Seçimi Modeli

Yeh, Deng ve Chang (1999) bulanık çok ölçütlü performans değerlendirmesinin genel özelliklerini belirleyerek Tayvan’daki on otobüs şirketi tarafından işletilen toplu taşıma sistemlerine uyguladılar. Değerlendirme de beş kriter (güvenlik, konfor,

uygunluk-kullanışlılık, işlev, sosyal görev ) ve bu kriterlerin alt kriteri olarak toplam on sekiz kriter kullandılar.

Ossadnik (1993) analitik hiyerarşi metodunu Avrupa topluluğu ülkelerinde , kaynaştırıcıdaki partnerlere sinerji tahsisine uyguladı. Çalışmasında sinerji tahsisinde makuliyet ve hakkaniyetle ilgili olarak üç koşul ortaya çıkardı. Bunlardan birincisi tahsis pay sahiplerinin net kaynak durumlarını daha da kötüleştirmemeli, ikincisi hiçbir partner sinerji avantajına katılımda hariç tutulmamalı ve üçüncüsü sinerjik kazanımlar performans potansiyeline göre tahsis edilmelidir.

Boucher ve MacStratevic (1991), teknoloji değişiminde şimdiki değer bulunmasında Analitik Hiyerarşi Metodunun değiştirilmiş modellerini kullanmaktadırlar. Çalışmalarında üç tip problem hiyerarşisi tanımlamakta ve değiştirilmiş AHM modelleriyle her birini örnekleriyle açıklamaktadırlar. Şekil 4.9'da bu çalışmadan üç seviyeli bir hiyerarşi verilmektedir.



Şekil 4.9.En İyi İmalat Sistemi İçin Üç seviyeli Hiyerarşik Yapı

Kuei Ve Diğ. (1994), bağımlı teknolojilerin eşanlı seçimleri ile sağlanan sinerjinin verimliliği artıracığını vurgularken, teknolojileri değerlendirmek ve

sıralamak için bir düzeltilmiş öncelik yöntemi ile birlikte Analitik Hiyerarşi Metodunu kullanmaktadırlar.

Mon ve Cheng (1994) silah sistemlerinin geliştirilmesinde ve seçiminde bulanık Analitik Hiyerarşi Metoduna dayalı entropi ağırlığını kullanmaktadırlar.

Chen (1996) silah sistemlerinin geliştirilmesinde sadece bulanık aritmetik işlemleri kullanmaktadır.

Cheng ve Mon Silah sistemlerinin geliştirilmesini Analitik Hiyerarşi Metodunda bulanık skala kullanarak değerlendirmektedirler.





## 5. ANA MUHAREBE TANKI SEÇİMİ UYGULAMALARI

### 5.1. Seçime Tabi Tutulacak Tanklar

Gittikçe kutuplaşmaların azaldığı, soğuk savaşın bittiği ve globalleşmenin başladığı dünyamızda Türkiye'nin coğrafi konumu itibari ile değişik tehditlere maruz kalmaya devam ettiği aşikardır. Dünyanın değişik bölgelerinde yaşanan krizler ve çıkan sıcak çatışmalar hiçbir ülkenin tehditten uzak kalamayacağı gerçeğini ortaya koymuştur.

Tanklar, zırh koruması, ateş gücü ve hareket kabiliyeti sağlayan bir ana silah sistemi olarak, İkinci Dünya Savaşında çok etkili bir şekilde kullanılmış ve savaşın kaderinde önemli bir rol oynamıştır. Teknolojideki gelişmeler hava gücünün önemini ön plana çıkarmış olsa da Körfez Krizinde görüldüğü gibi kesin sonuç kara muharebeleriyle alınmaktadır. Ülkeler uluslararası ilişkilerde bir caydırıcı güç olarak silahlı kuvvetlerini güçlendirmeye ve modernize etmeye gereksinim duymaktadır.

T.S.K. envanterindeki mevcut 1. nesil modernize edilmiş tanklar ile 2. nesil tankların, bu günün 3. nesil tankları karşısında yetersiz kalışı ve mevcut tanklarımızın ömür devir hesabına göre 2000'li yılların başında envanter dışı bırakılma zorunluluğu; uzun vadeli bir tank tedarik projesini gündeme getirmektedir.(Özlü , 1997)

Türk Silahlı Kuvvetleri birliklerinde kullanılmak maksadıyla, 2000'li yılların muharebe ortamında uzun yıllar kullanılacak, gelişen teknolojiye paralel olarak tehditteki muhtemel gelişmeleri bertaraf edebilecek, gelecekte arzu edilebilecek yenilikleri bünyesine kabul edebilecek, standardizasyona yönelik olarak bir zırhlı araçlar ailesine çekirdek teşkil edebilecek bir platforma sahip olacak üstün kabiliyetli modern bir ana muharebe tankına ihtiyaç duyulmaktadır.

#### 5.1.1. M1A2 Abrams

M1A2 Abrams ana muharebe tankı A.B.D. General Dynamics Land Systems (GDLS) firması tarafından, 1978 yılında üretilen M1 ve 1985 yılında üretilen M1A1

tankının geliştirilmesiyle, 1986 yılında üretilmeye başlanmıştır. Halen 77 adet M1A2 tankı A.B.D. ordusunda 315 adet M1A2 tankı Suudi Arabistan ordusunda ve 218 adet M1A2 tankı Kuveyt ordusunda kullanılmaktadır. GDLS firması hayatta kalabilirliği artırma sistemini (SEP) 240 adet M1A2 tankına uygulamak üzere bir proje başlatmıştır. Bu proje kapsamında; tank komutanı bölmesine bağımsız termal görüş ve renkli dijital harita, zırh altına yardımcı güç ünitesi ve sürücünün görüşüne termal kabiliyet kazandırılmıştır. Ayrıca ikinci nesil termal kameraların görüş alanı ve mesafesi arttırılmıştır. A.B.D. ordusu 2004 yılında 1150M1A2 (SEP) tankı üretmeyi planlamaktadır.

Ana silahı olan 120 mm M256 yivsiz topu Alman Rheinmetal GmbH firması tarafından geliştirilmiştir. Bununla birlikte 2 adet 7.62 mm M240 makinalı tüfeği mevcuttur. İsteğe bağlı olarak tank komutanının kullanacağı makinalı tüfek 12,7 mm Browning M2 modeli olarak değiştirilebilmektedir. İki tarafında 6'şar adet sis havanı bulunmaktadır. Çelikle kaplı uranyum zırh korumasına sahiptir. NBC koruması vardır. Komutan bölmesi 360 derece görüş imkanı olan 6 periskopa sahiptir. M1A2 modeli ilk atışta vuruş ihtimalini yükselten hedefe kilitlenme sistemine (Gunner's Primary Sight-line of Sight(GPS-LOS)) sahiptir. Termal görüş sistemi 10 yaklaştırmalı ve 3 büyütmelidir. Kanada'dan temin edilen dijital ateş kontrol bilgisayarı sensörleri vasıtasıyla verileri otomatik olarak temin edip atış için gerekli hesaplamayı yapabilmektedir. Nişancı sadece manuel olarak hava sıcaklığı, mühimmat tipi ve atmosfer basıncını bilgisayara girmektedir. (Stanley, 1997)

### **Teknik Özellikleri**

Uzunluk (namlu savaş durumunda)	: 9.83 m.
Yükseklik	: 2.37 m.
Genişlik	: 3.66 m.
Ağırlık	: 63 t.
Yere Yaptığı Basınç	: 0.96kg/cm. <sup>2</sup>
Motor Modeli	: Allied Signal AGT 1500.
Güç	: 1500 hp.
Yakıt	: Çeşitli.
Güç/Ağırlık Oranı	: 23.8 hp/t.
Transmisyon	: Hidrokinetik (4 ileri/2 geri)
Yolda Azami Hız	: 66 km/s.

Arazide Azami Hız	: 48 km/s.
Hızlanma Zamanı (0-32 km/s)	: 7.2 sn.
Hareket Sırası	: 435 km.
Dik Engel Geçiş	: 1.07 m.
Hendek Geçiş	: 2.7 m.
Meyil Tırmanma	: %60
Sulardan Geçiş	: Hazırlıklı Kule Üstü Derinlik
Ana Silahı	: 120 mm M256 Yivsiz Namlu
Diğer Silahları	: 7.62mm M240 MT 7.62 mm M240 (A) MT 0.5 Kalibre M2 MT
Mühimmat Yükleme	: Manuel
NBC Koruma	: Var
Komutan Görüş Sistemi	: Bağımsız Termal Görüş
Sürücü Görüş Sistemi	: Termal Görüş
Nişancı Görüş Sistemi	: Stabilize Gündüz/Gece
Mürettebatı	: 4

### 5. 1. 2. Leclerc

Leclerc Fransız G.I.A.T. firması tarafından geliştirilen ve halen Fransa ve Birleşik Arap Emirlikleri ordularında kullanılan bir ana muharebe tankıdır. İlk olarak 1992 yılında Fransa ordusunda, 1994 yılında da B.A.E. ordusunda kullanılmaya başlanmıştır. Şu ana kadar 400 adet üzerinde üretilmiştir. Leclerc G.I.A.T. tarafından geliştirilen F.I.N.D.E.R.S.(hızlı bilgi, seyrüsefer, karar verme ve raporlama) muharebe yönetim sistemine sahiptir. F.I.N.D.E.R.S. ayrıca dost ve düşman birlik ve tanklarının muharebe alanındaki yerlerini gösteren renkli dijital bir haritaya sahiptir.

Ana silahı olarak 120mm/52 Kal. Yivsiz setsiz bir topa sahiptir. Topun nişangah sistemi geliştirilerek tamamen elektrikli duruma getirilmiştir. Mermiler topa otomatik olarak doldurulmaktadır. Dijital atış kontrol sistemi nişancıya ve tank komutanına 30 sn içinde 6 değişik hedefe kilitlenme imkanı sağlamaktadır. Verileri otomatik olarak tankın üzerinde bulunan sensörlerden gerçek zamanlı olarak temin etmektedir. Ana silahının yanı sıra 1 adet 12.7 mm'lik kule makinalı tüfeği ve 7.62

mm'lik makinalı tüfeği mevcuttur. Tank komutanı bölmesinde 8 adet periskobu ve S.A.G.E.M.'in bir ünitesi olan S.F.İ.M. endüstrilerinin ürettiği HL-70 tipi stabilize panoramik görüntü sağlayan bir görüş sistemi vardır. HL-70 cisimleri 4 km mesafede tespit 2.5 km mesafede teşhis edebilmektedir. Sürücünün görüşünü temin için 3 adet periskobu vardır. Bunlarla gece gündüz görüş sağlanabilmektedir.

Leclerc tankına yerleştirilen Galix karşı tedbir sistemi, elektrikli kontrol ünitesi ve kulenin arkasına yerleştirilmiş fırlatma tüplerinden oluşmaktadır. 360 derecelik koruma sağlayan Galix sistemi 80 mm'lik sis havanlarını, anti-personel mermilerini ya da 30-50 m uzağa saptırıcı mermilerini tek tek veya seri şekilde atabilir. Galix sisteminin reaksiyon süresi 1 sn'den daha azdır ve Leclerc tankını muharebe sahasının bilinen tüm silahlarına karşı koruyabilir. Galix'in 13 sis havanı, aracın ön tarafında 120 derecenin üstünde bir açıyla, 30 saniye dağılmayan bir görsel ve çok bantlı sis perdesi oluşturur. Bu perde tüm optik ya da IR kontrollü silah sistemlerini kör eder. IR saptırıcı, IR güdümlü füzeleri yörüngelerinden saptırır. Tankın üstünden çalıştırılır ve 10 saniyeden fazla etkilidir. ( Eryaşar, 2000 ) .

### **Teknik Özellikleri**

Uzunluk (namlu savaş durumunda)	: 9.87 m.
Yükseklik	: 2.46 m.
Genişlik	: 3.71 m.
Ağırlık	: 62 t.
Yere Yaptığı Basınç	: 0.9 kg/cm. <sup>2</sup>
Motor Modeli	: SACM V8X T9
Güç	: 1500 hp.
Yakıt	: Dizel.
Güç/Ağırlık Oranı	: 26.5 hp/t.
Transmisyon	: SESM ESM 500, Otomatik
Yolda Azami Hız	: 72 km/s.
Arazide Azami Hız	: 55 km/s.
Hızlanma Zamanı (0-32 km/s)	: <6 sn.
Hareket Sıası	: 550 km.
Dik Engel Geçiş	: 1.25 m.
Hendek Geçiş	: 3 m.
Meyil Tırmanma	: %60

Sulardan Geçiş	: Hazırlıklı 4.0 m Hazırlıksız 1.0 m.
Ana Silahı	: 120 mm /52 Kal. Yivsiz - Setsiz
Diğer Silahları	: 12.7 mm MT 7.62 mm MT
Mühimmat Yükleme	: Otomatik
NBC Koruma	: Yok
Komutan Görüş Sistemi	: HL 70 Stabilizasyonlu, panoramik, iki kat büyütme ve görüntü güçlendiricili periskop
Sürücü Görüş Sistemi	: Gündüz / Gece
Nişancı Görüş Sistemi	: HL 60 Stabilizasyonlu, termal görüş cihazı, laser telemetreli, gündüz görüş ve TV kanallı, blandajlı periskop
Mürettebatı	: 3

### 5.1.3. Leopard 2A5

Leopard 2 ana muharebe tankı eski adı Krauss-Maffei AG olan Krauss-Maffei Wegmann (KMW) firması tarafından Almanya'da geliştirilmiştir. 1979 yılında ilk olarak üretimine başlanan Leopard 2 ana muharebe tankı Avusturya, Danimarka, Almanya, Hollanda, İsviçre, İsveç ve İspanya ordularında kullanılmaktadır. Bu tankın bir alt modeli olan Leopard 1 Türk ordusunda kullanılmaktadır. 219 adet Leopard 2A5 tankından İspanya'da üretilmesi kararlaştırılmıştır. En son modeli (Leopard 2(S)) komuta kontrol ve pasif zırh koruma sistemine sahiptir. Gövdesi ön cephede sürücü bölmesi, merkezde ateşleme bölmesi, arkada da motor bölmesi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Sürücünün görüşü için 3 adet periskobu vardır. Ayrıca sürücünün geri manevrasını kolaylaştıran, tankın arka kısmına yerleştirilmiş 65 derece yatay ve dikey görüş sağlayan bir kamera ve buna bağlı monitör bulunmaktadır. Koruma sistemini kuvvetlendirmek için kule bölmesi cepheden ve yandan gelecek HEAT mühimmatlara ve parça tesirine karşı kompozit zırhla güçlendirilmiştir. Komutan bölmesinde bağımsız, gece

ve gündüz 360 derece görüş sağlayan ve hedef tanımlayan stabilizasyonlu ,termal görüşlü, panoramik periskobu vardır.(Eric ve doug, 1997)

Ana silah olarak Rheinmetall Gmb H firması tarafından geliştirilen 120 mm M256 yivsiz bir topu vardır. Ayrıca 1 adet 7.62 mm Uçs. MG3A1 makinalı tüfeği ve 1 adet 7.62 mm koaks. MG3A1 makinalı tüfeği mevcuttur. Seyrüsefer sistemi olarak G.P.S.(Global Positioning System) destekli I.N.S.(Inertial Navigation System) yani melez bir sisteme sahiptir.

### **Teknik Özellikleri**

Uzunluk (namlu savaş durumunda)	: 9.97 m.
Yükseklik	: 2.64 m.
Genişlik	: 3.74 m.
Ağırlık	: 59.7 t.
Yere Yaptığı Basınç	: 0.82 kg/cm. <sup>2</sup>
Motor Modeli	: MTU MB873 Ka501
Güç	: 1500 hp.
Yakıt	: Dizel.
Güç/Ağırlık Oranı	: 25 hp/t.
Transmisyon	: (4 ileri / 2 geri)
Yolda Azami Hız	: 72 km/s.
Arazide Azami Hız	: 45 km/s.
Hızlanma Zamanı (0-32 km/s)	:
Hareket Sırası	: 500 km.
Dik Engel Geçiş	: 1.1 m.
Hendek Geçiş	: 3 m.
Meyil Tırmanma	: %60
Sulardan Geçiş	: Hazırlıklı 4.0 m Hazırlıksız 1.0 m.
Ana Silahı	: 120 mm M256 Yivsiz Namlu
Diğer Silahları	: 7.62 mm Koaks. MG3A1 MT 7.62 mm Uçs. MG3A1 MT
Mühimmat Yükleme	: Manuel
NBC Koruma	: Var
Komutan Görüş Sistemi	: Stabilizasyonlu termal görüşlü panoramik periskop.

Sürücü Görüş Sistemi	: Görüntü kuvvetlendiricili periskop, arka tarafı görüntüleyen kamera.
Nişancı Görüş Sistemi	: Stabilizasyonlu Gündüz / Gece, Fero Z18 Yardımcı Periskop
Mürettebatı	: 4

#### 5.1.4. T-84

Ukrayna'nın Khorkiv Morozov / Molyshhev firması tarafından geliştirilmiştir. Ana silah olarak 125 mm.'lik 2A46M yivsiz bir topa sahiptir. Diğer silahları 12.7 mm. NSVT kule uçaksavar makinalı tüfeği ve 7.62 mm. PKT makinalı tüfeği mevcuttur. Zırh koruması olarak ilave patlayıcı reaktif zırh (ERA) modülleri kullanılmıştır. ERA (explosive reaktive armour) tipi zırh yapısı ilk defa 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. ERA 'nın tipik örnekleri 3yada 5mm. Kalınlığında çelik plakalar ve bu plakaların arasında 3mm. Kalınlığında patlayıcı tabakası içermekte ve 52 ila 83 kg m<sup>2</sup>'lik bir alansal yoğunluğa sahiptir.

T-84 ana muharebe tankının değişik bir aktif koruma sistemi mevcuttur. Rusya'nın Elers- Electron firması tarafından geliştirilen Shtora-1 yada TshU-1 sistemi 4 ana birimden oluşmaktadır. Bunlardan biricisi , bastırıcı, modülatör ve kontrol panelinden oluşan elektro-optik ara birim istasyonudur. İkinci birim, kulenin her iki yanına yerleştirilmiş sis perdesi oluşturan bombaları ileri doğru atabilen ateşleyici kümesidir. Üçüncüsü leser ikaz sistemi, dördüncüsü ise kontrol panelinden, mikro işlemciden ve manuel perde oluşturma panelinden oluşan kontrol sistemidir. Shtora-1 sisteminin Doğu Bloku yapımı AT-3'lerin yanısıra Tow, Hot, Milan ve Dragon gibi batı yapımı güdümlü tanksavar füzelerine karşı da etkili olduğu iddia edilmektedir.

#### Teknik Özellikleri

Uzunluk (namlu savaş durumunda)	: 9.72 m.
Yükseklik	: 2.28 m.
Genişlik	: 3.56 m.
Ağırlık	: 46 t.

Yere Yaptığı Basınç	: 0.93 kg/cm. <sup>2</sup>
Motor Modeli	: 6TD2
Güç	: 1200hp
Yakıt	: Çeşitli
Güç/Ağırlık Oranı	: 26.08 hp/t.
Transmisyon	: (7 ileri / 1 geri)
Yolda Azami Hız	: 65-75 km/s.
Arazide Azami Hız	: 45 km/s.
Hızlanma Zamanı (0-32 km/s)	:
Hareket Sırası	: 540 km.
Dik Engel Geçiş	: 1 m.
Hendek Geçiş	: 2.85 m.
Meyil Tırmanma	: 32 <sup>0</sup>
Sulardan Geçiş	: Hazırlıklı 5 m Hazırlıksız 1.8m.
Ana Silahı	: 125 mm 2A46M Yivsiz Namlu
Diğer Silahları	: 12.7 mm Koaks. NSVT MT 7.62 mm PKT MT
Mühimmat Yükleme	: Otomatik
NBC Koruma	: Var
Komutan Görüş Sistemi	: TKN-4S AGAT Stabilize gündüz/gece
Sürücü Görüş Sistemi	: Panoromik periskop
Nişancı Görüş Sistemi	: Laser mesafe ölçücülü gündüz Termal gece
Mürettebatı	: 3

## 5.2. Tank Seçimi Kriterleri

Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyacı için tedarik edilecek AMT'lerinin seçim kriterleri iki ana başlık altında incelenecektir. Bu kriterler Milli Savunma Bakanlığı Savunma Sanayi Müsteşarlığı tarafından yayınlanan Bilgi İsteği dokümanından alınmıştır.



### **5.2.1. Operasyonel ihtiyaçlar**

Operasyonel ihtiyaçlar dört başlık altında incelenecektir.

#### **5.2.1.1. Kolay Bakım ve Onarım İmkani**

Kolay bakım ve onarım imkanı; sistemin sökülmesinin zor olmaması , en çok değişmesi gereken parçalarının kolay bulunması ve çok fazla teknik elmana gerek olmadan bakımının arazi şartlarında yapılabilmesidir.

#### **5.2.1.2. Gelecekte Ortaya Çıkabilecek Operasyonel İstekleri Geliştirme İmkani**

Sistem gelecekte meydana gelebilecek teknolojideki gelişmeleri bünyesine kabul edebilecek ve uyum problemi yaşamayacak yapıda olmalıdır.

#### **5.2.1.3. Çevreye Zararı**

Eksoz sisteminde filtre mutlaka bulunmalıdır. Bunun sağlanmasının çevreye faydasının yanında termal gece görüş sistemlerine karşıda tedbir alınmış olacaktır. Ayrıca aktif karşı tedbir sisteminin ve lazer mesafe ölçme cihazının radyasyon tehlikesinin bulunmaması gerekmektedir.

#### **5.2.1.4. Düşük Siluet**

Muharebe ortamında tankların hedef olmalarını azaltan bir özellik olan düşük siluet önemli bir kriterdir.

### **5.2.2.Sistem İhtiyaçları**

Sistem ihtiyaçları kriteri dört alt kriterden oluşmaktadır.

#### **5.2.2.1.Ateş Gücü**

- Asgari 120 mm çaplı tank topu
- Yanabilir kovanlı APFSDS-T, HEAT-MP-T ve lazer güdümlü HEAT cepaneleri kullanabilme yeteneği,
- Asgari 12 atım/dakika özelliğinde otomatik doldurucu
- Kule içerisinde ve üzerinde 7.62 mm.çapında makineli tüfekler
- Gündüz TV/ Termal nişancı periskobu
- Laserli mesafe ölçme ünitesi

- Tank komutanı panoramik ve teleskobik gündüz TV/Termal periskobu
- Gündüz TV 2nci derece görerek atış nişan aleti
- Sayısal elektronik hesaplayıcı
- Çoklu algılayıcı
- Elektrikli takat ve nişan hattı stabilizasyon sistemi
- Yapısal test donanımı
- Görmeyerek atış nişan aletleri

Ateş gücü bu bilgilerin ışığı altında aşağıdaki üç başlık altında değerlendirilecektir.

### **Silah Sistemleri**

Tanklar, geleceğin muharebe sahasındaki bulunacak tankları tahrip edebilecek silah sistemlerine sahip olmalı ve teknolojik gelişmelere açık olmalıdır

#### **Ana Silah**

Zırh delme kabiliyeti asgari Nato ülkelerinin envanterinde bulunan modern (3 ncü nesil ) tankların zırh delme kabiliyetinde olmalıdır..

Çapı:Asgari 120 mm.

Yükseliş:Asgari- 8 Derece/ + 20 Derece

Yan:360 Derece

#### **Cephanenin**

Tipi:-APFSDS-T (Yanabilir kovanlı )

-HEAT-MP-T (yanabilir güdümlü )

-Lazer güdümlü HEAT (Yanabilir kovanlı )

Miktarı:Asgari 50 Adet

Otomatik doldurucunun

Doldurma süresi:Asgari 12 atım/ dakika

Çalışma şekli:Otomatik /yarı otomatik/ elle

Cephane kapasitesi: Asgari 50 Adet

#### **Yardımcı Silahlar:**

1 nci Makineli Tüfek (2Adet)

Çapı:7.62 mm

Yükseliş: Asgari -8/ +20

Yan :360

Yeri : Topun sağında ve solunda

2 nci Makineli Tüfek

Çapı :7,62 mm

Yükseliş : Asgari -10 /+75

Yan :360

Yeri : kule üzerinde ,kuleden bağımsız zırh korumalı ayrı bir platform üzerinde.

Cephane:

Tipi :-Normal – İzli

-Çelik çekirdekli – izli

Miktarı :- Asgari toplam 1000 adet

### **Atış Kontrol Sistemi**

- Nişancı periskobu
  - Nişancı görüntü ve komuta ünitesi
  - Mesafe ölçme ünitesi
- Tank komutanı panoramik ve teleskobik periskobu
  - Tank komutanı görüntü ve komuta ünitesi
- 2 nci derece görerek atış nişan aleti
- Hesaplayıcı
  - Elektronik ünite
  - Komuta ünitesi
- Algılayıcı
- Takat ve stabilizasyon donanımı
- Yapısal test donanımı
- Görmeyerek atış nişan aletleri

### **Yardımcı sistemler**

- Elle ateşleme tertibatı
- Tank komutanı ve nişancı sandalyeleri
- Korunma kafesleri, yastıkları ve dayanma parçaları
- Tutamaklar ve basamaklar
- Kule tespit kilidi
- Boş kovan toplama donanımı

- Gözetleme periskobu
- Dış ve iç malzeme koyma yerleri
- sis havanları

#### **5.2.2.2.Beka**

- Asgari 125 mm. Kinetik/kimyasal enerjili cepanelere karşı koruma sağlayan zırh
- Yangın söndürme ve infilak bastırma sistemi
- İç basınçlı tip NBC donanımı
- Tehdit ikaz ve karşı tedbir sistemleri
- Gizleme

Beka beş alt sistemden oluşmaktadır.

#### **Zırh Koruması**

1. Motor bölmesi
2. Mürettebat bölmesi
3. Gövde altı
4. Cephane bölmesi
5. Gövde geri bölmesi
6. Kule

#### **Yangın Söndürme Ve İnfilak Bastırma Sistemi**

1. En fazla 3 milisaniyede algılama yapabilmelidir.
2. En fazla 60 saniyede boşalabilmelidir.
3. En fazla 70 milisaniyede yangını söndürebilmelidir.
4. Çevre ve personele zararlı olmayan, yüksek koruma değerinde bir gaz olmalıdır.
5. Tercihan halon gazı olmamalıdır.

#### **NBC Donanımı**

1. İç basınçlı tip NBC koruması olmalıdır.
2. Erken uyarı ve otomatik alarm sistemi bulunmalıdır.
3. %99.9 koruma sağlanmalıdır.
4. Filtrelerin değişimi ve bakımı dışarıdan ulaşma kapağı ile yapılabilmelidir.

## **Tehdit İkaz Ve Karşı Tedbir Sistemleri**

1. Yaklaşan füze ikaz ve karşı tedbir donanımı.
2. Lazer ikaz ve karşı tedbir donanımı.
3. Radar ikaz ve karşı tedbir donanım

## **Gizleme**

1. Güç kaynağında oluşan ısının dışarıya yayılmasını asgari seviyede tutacak izolasyon tedbirleri olmalıdır.
2. Eksoz çıkışlarında oluşan yüksek ısının dışarıya asgari seviyede çıkması için tedbirleri olmalıdır.
3. Top namlusunda oluşacak ısı termal kılıf ile asgari seviyede tutulmalıdır.
4. Gürültü
5. Elektro manyetik yayılma
6. Radar
7. Sis yeteneği
8. Boya

## **5.2.2.3.Hareket Kabiliyeti**

- Asgari 1500 BC.'de gövde önüne yerleştirilmiş motor
- Sonsuz değişkenli hidrostatik kontrollü transmisyon
- Yardımcı güç grubu
- Gündüz TV./Termal şoför periskobu
- Hidro-pnömatik palet ve askı donanımı
- Azami 50 ton ağırlık
- Asgari 550km. hareket sırası
- Yolda asgari 70 km/saat azami hız

## **Güç Kaynağı**

1. Motor

- Hava filtresi
- Eksoz
- Yakıt depoları

2. Transmisyon
3. Elektrik donanımı
4. Yardımcı donanımlar
  - Ön far topluluğu
  - Arka lamba topluluğu
  - İç aydınlatma sistemi
  - Aydınlatma anahtar topluluğu
  - Sulardan geçiş
  - Geri görüş monitörü
  - Geri görüş kamerası
  - Şoför gündüz görüş periskobu
  - Gündüz / gece periskobu
  - Entegre ısıtma soğutma donanımı

### **Gövde**

- 1.Alçak silüetli olmalıdır
- 2.Gövde altı tank mayınlarına karşı dayanıklı olmalıdır
- 3.Yere yaptığı basınç düşük olmalıdır
- 4.Hareket sınısını arttırmak için dışarıdan yakıt tankı ilave edilebilmelidir
- 5.Kurtarma tertibatı
- 6.Palet
- 7.Askı donanımı

### **Şoför Bölmesi**

- 1.Mürettebat kapakları
- 2.Direksiyon
- 3.Hız kolu
- 4.Fren pedalı
- 5.Gaz pedalı
- 6.El gazı
- 7.Su boşaltma valfi komutaları
- 8.Park fren kolu
- 9.Diğer komutalar
10. Şoför sandalyesi

## 11. Şoför bütünleşik gösterge paneli

### 5.2.2.4. Komuta Kontrol

- Araçlararası bilgilendirme sistemi
- Dost/Düşman tanıma ünitesi
- Geniş bantlı, düşük distorsiyonlu veri haberleşme kanalına sahip telsiz

### Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistem

1. Araçlar içi ve araçlar arası bilgi aktarımı yapabilmelidir.
2. Tabur seviyesinde kullanılabilirmeli, gelecekte daha üst seviyedeki kullanımlara imkan verebilecek şekilde uygun alt yapıya sahip olmalıdır.
3. Tek tank içerisinde tank komutanı, nişancı ve şoföre ait ekranlar bulunmalıdır.
4. Komutana tanktaki algılayıcılar vasıtasıyla lojistik bilgilerin iletilmesi mümkün olmalıdır.
5. Azami doğrulukta konum bilgisi sağlamalıdır.
6. Modüler yapıda olmalı, arıza yerinde modül değişikliği yapılarak giderilmelidir.

### Dost Düşman Sorgulama (IFF) Ünitesi

1. Tanka dost düşman sorgulama ünitesi entegre edilebilmelidir.
2. Askeri özel tanıma için mod2 ve emniyetli kripto kabiliyeti mod4 özellikleri bulunmalıdır.
3. Yakın çevrede dost tankların cevaplamalarını karıştırmamalıdır.
4. Bilgi sistemi ekranı üzerinde gerekli bilgiler görülebilmelidir.
5. Cihaz kripto modüllü olmalıdır.

### Haberleşme Sistemi

1. Haberleşme sistemi taktik komuta kontrol bilgi sistemlerinin ihtiyaç duyduğu bütün veri ve ses haberleşme ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte olmalıdır.
2. Haberleşme sistemi elektronik harp tedbirlerine karşı korumalı olmalıdır.
3. Haberleşme sistemi düşmanın algılama ve kestirmesine karşı korumalı olmalıdır.

4. Ses ve veri haberleşmesi kriptolu olarak yapılmalıdır.
5. Cihazlar uzaktan komutalı olarak komuta edilebilmelidir.
6. Ses ve veri haberleşmesi araç içerisinde gerekli noktalara iç konuşma birimleri ile dağıtılabılır yapıda olmalıdır.

### 5.3. AHM İle İkili Karşılaştırmaların Yapılması Ve Çözüm

Ana muharebe tankı seçiminin hiyerarşisi oluşturulduktan sonra karşılaştırmaların yapılabilmesi için bir anket çalışması yapılmıştır. Örneği ek-A'da verilmiş olan anketler İstanbul'da bulunan değişik birliklerdeki tankçı sınıftan subay ve astsubaylara uygulanmıştır. Anketin uygulanmasından önce tutarlılığı sağlamak için personele ayrıntılı bilgi verilmiştir. Model amaç düzeyi hariç dört düzeyden oluşmaktadır. İlk üç düzeyde kriterler birbirleriyle karşılaştırılmış son düzeyde ise 18 kritere göre tanklar birbirleriyle karşılaştırılmış ve tankların görelî üstünlükleri bulunmuştur. Uzmanlara yapılan anketlerden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınmış ve bu değerler kullanılarak problemin çözümü Expert Choice programı ile yapılmıştır. Elde edilen çıktılar (bilgisayar çözümünden) ek – B'de verilmiştir.

Birinci seviyedeki kriterlerin anket çalışmasından elde edilen ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 5.1'de görüldüğü gibidir. Tablolarda verilen matrisler uzmanların ayrı ayrı oluşturdukları matrislerin geometrik ortalamaları alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 5.1. Birinci Düzeydeki Kriterlerin İkili Karşılaştırmalar Matrisi

En İyi Tank Seçimi	Sistem İhtiyaçları	Operasyonel İhtiyaçlar
Sistem İhtiyaçları	1	6.3
Operasyonel İhtiyaçlar	1/6.3	1

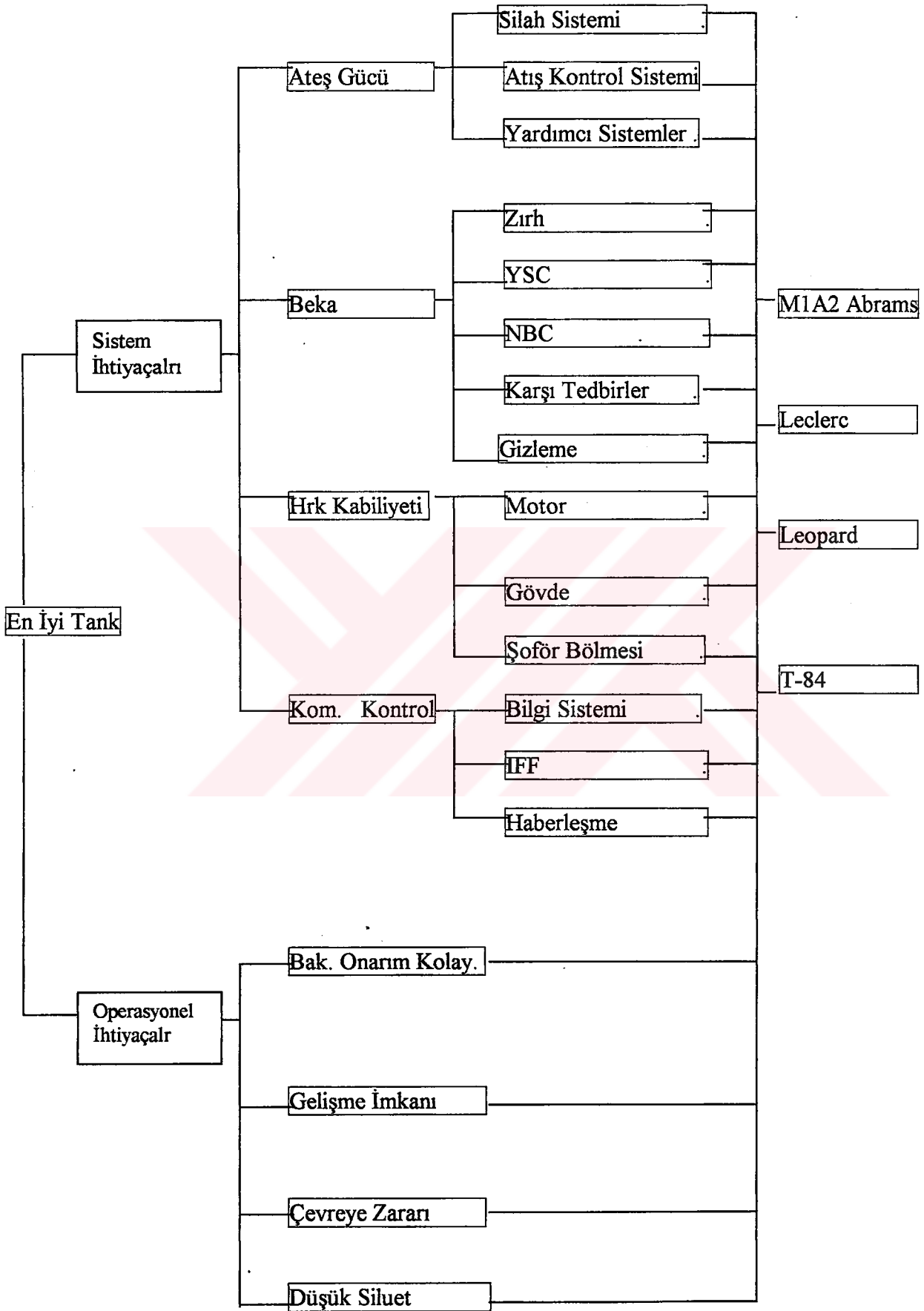
Expert Choice programı ile elde edilen görelî önemler şu şekildedir;

Sistem ihtiyaçları : 0.863

Operasyonel ihtiyaçlar : 0.137

Tutarlılık Oranı : 0.0





Şekil.5.1. Hiyerarşik Yapı



Bu iki kriterin karşılaştırılmasında görüldüğü sistem ihtiyaçları bariz bir şekilde üstün çıkmıştır. Operasyonel ihtiyaçların öneminin ise daha az olduğu görülmüştür

İkinci düzeyde bulunan kriterlerin göreceli önemlerinin bulunması için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisler elde edilen göreceli önemler vektörleri ile birlikte Tablo 5.2 ve 5.3 görülmektedir.

Tablo 5.2. Sistem İhtiyaçları Kriterinin Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Sistem İhtiyaçları	Ateş Gücü	Beka	Hareket Kabiliyeti	Komuta Kontrol	Göreceli Önemler Vektörü
Ateş Gücü	1	1.9	1	4.2	0.310
Beka	1/1.9	1	0.7	3.2	0.184
Hareket Kabiliyeti	1	1/0.7	1	4.2	0.301
Komuta Kontrol	1/4.2	1/3.2	1/4.2	1	0.067

Tutarlılık Oranı : 0.01

Tablo 5.3. Operasyonel İhtiyaçlar Kriterinin Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Operasyonel İhtiyaçlar	Kolay Bakım Onarım İmkani	Gelecekte Ortaya Çıkacak Opr. İstekleri Geliştirme İmkani	Çevreye Zararı	Düşük Siluet	Göreceli Önemler Vektörü
Kolay Bakım Onarım İmkani	1	6.5	8.2	5.9	0.666
Gelecekte ortaya Çıkacak Opr. İstekleri Geliştirme İmkani	1/6.5	1	5.5	0.9	0.145
Çevreye Zararı	1/8.2	1/5.5	1	0.2	0.043
Düşük Siluet	1/5.9	1/0.9	1/0.2	1	0.146

Tutarlılık Oranı : 0.09

Üçüncü düzeyde bulunan kriterlerin karşılaştırmalar matrisleri ve görelî önemler vektörleride Tablo 5.4, 5.5, 5-6 ve 5-7’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Üçüncü Düzeyde Bulunan Ateş Gücü Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Ateş Gücü	Silah Sistemi	Atış Kontrol Sistemi	Yardımcı Sistemler	Görelî Önemler Vektörü
Silah Sistemi	1	1.1	3.7	0.458
Atış Kontrol Sistemi	1/1.1	1	3.4	0.418
Yardımcı Sistemler	1/3.7	1/3.4	1	0.123

Tutarlılık oranı :0.0

Tablo 5.5. Üçüncü Düzeyde Bulunan Beka Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Beka	Zırh Koruması	YSC	NBC	Karşı Tedbir Sistemi	Gizleme	Görelî Önemler Vektörü
Zırh Koruması	1	4.6	4.5	1	7.5	0.382
YSC	1/4.6	1	0.8	0.2	5	0.103
NBC	1/4.5	1/0.8	1	0.2	5	0.112
Karşı Tedbir Sistemi	1	1/0.2	1/0.2	1	7.1	0.369
Gizleme	1/7.5	1/5	1/5	1/7.1	1	0.035

Tutarlılık oranı : 0.05

Tablo 5.6. Üçüncü Düzeyde Bulunan Hareket kabiliyeti Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Hareket Kabiliyeti	Motor	Gövde	Şoför Bölmesi	Görelî Önemler Vektörü
Motor	1	1.8	6.9	0.577
Gövde	1/1.8	1	4.8	0.345
Şoför Bölmesi	1/6.9	1/4.8	1	0.078

Tutarlılık oranı : 0.01

Tablo 5.7. Üçüncü Düzeyde Bulunan Komuta Kontrol Alt Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Komuta Kontrol	Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistemi	IFF	Haberleşme Sistemi	Görelî Önemler Vektörü
Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistemi	1	3.9	5.9	0.696
IFF	1/3.9	1	2	0.196
Haberleşme Sistemi	1/5.9	1/2	1	0.108

Tutarlılık oranı :0.01

Şimdide on sekiz kritere göre dört tankın birbirleriyle karşılaştırma matrisleri ve görelî üstünlükleri Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8.a Silah Sistemleri Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Silah Sistemleri	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.3	1.2	1.5	0.306
Leclerc	1/1.3	1	1	1.2	0.243
T-84	1/1.2	1	1	1.2	0.247
Leopard 2A5	1/1.5	1/1.2	1/1.2	1	0.204

Tutarlılık oranı :0

Tablo 5.8b. Atış Kontrol Sistemi Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Atış Kontrol Sistemi	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî önemler vektörü
M1A2 Abrams	1	1.3	1.9	1.3	0.327
Leclerc	1/1.3	1	1.6	1.2	0.269
T-84	1/1.9	1/1.6	1	0.8	0.176
Leopard 2A5	1/1.3	1/1.2	1/0.8	1	0.228

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8c. Yardımcı Sistemler Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

Yardımcı Sistemler	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	0.9	1.3	1.2	0.268
Leclerc	1/0.9	1	1.7	1.5	0.318
T-84	1/1.3	1/1.7	1	1	0.202
Leopard 2A5	1/1.2	1/1.5	1	1	0.212

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8d. Zırh Koruması Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

Zırh Koruması	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	2	0.9	1.5	0.306
Leclerc	1/2	1	0.5	0.8	0.160
T-84	1/0.9	1/0.5	1	1.9	0.337
Leopard 2A5	1/1.5	1/0.8	1/1.9	1	0.196

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8e. YSC Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

YSC	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.2	1.8	1.3	0.316
Leclerc	1/1.2	1	1.5	1.1	0.259
T-84	1/1.8	1/1.5	1	1.4	0.211
Leopard 2A5	1/1.3	1/1.1	1/1.4	1	0.213

Tutarlılık oranı :0.02

Tablo5.8f. NBC Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

NBC	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	2.3	1.6	1.3	0.353
Leclerc	1/2.3	1	0.7	0.5	0.155
T-84	1/1.6	1/0.7	1	0.9	0.228
Leopard 2A5	1/1.3	1/0.5	1/0.9	1	0.264

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8g. Karşı Tedbir Sistemi Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Karşı Tedbir Sistemi	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	0.9	0.8	1.1	0.241
Leclerc	1/0.9	1	1	1.5	0.272
T-84	1/0.8	1	1	1.9	0.302
Leopard 2A5	1/1.1	1/1.5	1/1.9	1	0.185

Tutarlılık oranı :0.01

Tablo5.8.h Gizleme Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Gizleme	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.5	0.9	1.4	0.282
Leclerc	1/1.5	1	0.7	1	0.204
T-84	1/0.9	1/0.7	1	1.6	0.314
Leopard 2A5	1/1.4	1	1/1.6	1	0.200

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.1 Motor Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Motor	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	0.6	1	0.9	0.212
Leclerc	1/0.6	1	1.8	1.3	0.341
T-84	1	1/1.8	1	0.9	0.206
Leopard 2A5	1/0.9	1/1.3	1/0.9	1	0.241

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.j Gövde Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Gövde	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.3	1.7	1.1	0.308
Leclerc	1/1.3	1	1.2	0.9	0.236
T-84	1/1.7	1/1.2	1	0.8	0.197
Leopard 2A5	1/1.1	1/0.9	1/0.8	1	0.258

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.k Şoför Bölmesi Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Şoför Bölmesi	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.5	3.8	2	0.416
Leclerc	1/1.5	1	2.1	1.3	0.264
T-84	1/3.8	1/2.1	1	0.8	0.128
Leopard 2A5	1/2	1/1.3	1/0.8	1	0.192

Tutarlılık oranı :0



Tablo5.8.1 Bilgi Sistemi Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistemi	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.2	3	1.9	0.378
Leclerc	1/1.2	1	2	1.2	0.278
T-84	1/3	1/2	1	0.7	0.135
Leopard 2A5	1/1.9	1/1.2	1/0.7	1	0.210

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.m IFF Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

IFF	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1	1	1	0.250
Leclerc	1	1	1	1	0.250
T-84	1	1	1	1	0.250
Leopard 2A5	1	1	1	1	0.250

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.n Haberleşme Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Haberleşme	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1	1.6	1.2	0.292
Leclerc	1	1	1.2	1.1	0.266
T-84	1/1.6	1/1.2	1	0.9	0.206
Leopard 2A5	1/1.2	1/1.1	1/0.9	1	0.236

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.o Bakım Onarım Kolaylığı Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

Bakım Onarım Kolaylığı	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.8	2	1.4	0.362
Leclerc	1/1.8	1	1	0.9	0.204
T-84	1/2	1	1	0.7	0.187
Leopard 2A5	1/1.4	1/0.9	1/0.7	1	0.248

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.p Gelecekte Ortaya Çıkacak Opr.istekleri Geliştirme İmk Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

Gelecekte Ortaya Çıkacak Opr.istekleri Geliştirme İmk.	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.1	1.4	1	0.277
Leclerc	1/1.1	1	1.2	0.9	0.248
T-84	1/1.4	1/1.2	1	1	0.219
Leopard 2A5	1	1/0.9	1	1	0.255

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.r Çevreye Zararı Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Göreli Üstünlükleri

Çevreye Zararı	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelİ Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	0.9	1	0.9	0.233
Leclerc	1/0.9	1	1	0.9	0.250
T-84	1	1	1	1	0.250
Leopard 2A5	1/0.9	1/0.9	1	1	0.268

Tutarlılık oranı :0

Tablo5.8.s Düşük Siluet Kriterine Göre Tankların karşılaştırma Matrisleri Ve Görelî Üstünlükleri

Düşük Siluet	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5	Görelî Önemler Vektörü
M1A2 Abrams	1	1.2	0.9	1.3	0.271
Leclerc	1/1.2	1	0.9	1.2	0.243
T-84	1/0.9	1/0.9	1	1.3	0.278
Leopard 2A5	1/1.3	1/1.2	1/1.3	1	0.208

Tutarlılık oranı :0

Birinci düzeyde bulunan sistem ihtiyaçları ve operasyonel ihtiyaçlar kriterlerine göre her bir tankın ayrı ayrı görelî üstünlükleri Tablo 5.9 ve 5.10.'da görülmektedir. Daha önce gördüğümüz gibi bu iki kriterden sistem ihtiyaçları kriteri önemli bir kriter olarak belirlenmişti. Tanklardan hangisi bu kriterden daha çok puan alırsa seçilme ihtimali o kadar yüksek olacaktır.

Tablo 5.9 Sistem İhtiyaçları kriterine Göre Tankların Görelî üstünlükleri

Sistem İhtiyaçları	Ağırlık Vektörü
M1A2 Abrams	0.291
Leclerc	0.265
T-84	0.222
Leopard 2A5	0.222

Tablo 5.10 Operasyonel İhtiyaçlar kriterine Göre Tankların Görelî üstünlükleri

Operasyonel İhtiyaçları	Ağırlık Vektörü
M1A2 Abrams	0.331
Leclerc	0.244
T-84	0.218
Leopard 2A5	0.208

Birinci düzeyde, sistem ihtiyaçları kriteri için M1A2 tankı diğerlerinden az bir farkla daha iyi puan aldı. İkinci iyi puanı ise Leclerc tankı alırken Leopard ve T-84 tankları eşit puan aldılar. Operasyonel ihtiyaçlar kriteri için de en yüksek puanı yine M1A2 tankı aldı.

Tankların sahip oldukları toplam birleşik görelî üstünlükler ise Tablo 5.11’de verilmiştir. Toplamda, M1A2 tankı %29.6, Leclerc %25.9, Leopard %22.5 ve T-84 %22 görelî üstünlüğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. M1A2 Abrams en iyi tank olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.11 Toplam Birleşik Görelî Üstünlükler

TOPLAM BİRLEŞİK GÖRELİ ÜSTÜNLÜK	AĞIRLIK VEKTÖRÜ
M1A2 Abrams	0.296
Leclerc	0.259
Leopard 2A5	0.225
T-84	0.220

### 5.3.1 Cheng (Dilsel Ağırlıklandırma) Yöntemi

Cheng'in yöntemi, alternatiflerin uzmanlar tarafından kriterlerden sayısal olarak ölçülemeyenlerin zayıf, iyi, çok iyi gibi ifadelerle değerlendirilmesi ve bu sözel ifadelerin üyelik fonksiyonlarına dönüştürülerek, toplam puanların bulunması esasına dayanmaktadır. Sayısal olarak ölçülebilen kriterler için ise yine uzmanların tecrübeleri göz önüne alınarak bir üyelik fonksiyonu tanımlanmak suretiyle 0 ila 1 arası puan verilmektedir. Toplam puanlar hesaplanmasında birinci düzeydeki kriterlerin önem dereceleri dikkate alınmaktadır. Bu önem derecelerine göre o kritere ait üyelik fonksiyonu daraltılarak veya genişletilerek alternatiflerin üyelikleri güçlendirilmekte veya zayıflatılmaktadır.

Değerlendireceğimiz tankların uzmanların sözel yargılarına göre, ikinci düzeydeki kriterler ayrı ayrı incelenmek suretiyle, birinci düzeydeki her bir kriter için aldıkları puanlar ve üyelik fonksiyonlarını bulacağız. Fakat sistem ihtiyaçları kriterinin alt kriterlerinin bir alt kademesinin de olması nedeniyle önce bu alt kriterlerin puanları bulunacak daha sonra bunların toplamları alınarak ikinci düzeydeki kriterin toplam puanı bulunacaktır. Sistem ihtiyaçları kriterinin alt kriterlerinin uzmanlar tarafından verilen sözel ifadeler ve üyelik fonksiyonları Tablo 5.12, 5.13 , 5.14 5.15'deki gibidir.

Tablo 5.12 Ateş Gücü Kriteri için Sözel Yargılar

Ateş Gücü	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Silah Sistemleri	Çok İyi	İyi	İyi	Orta
Atış Kon. Sis.	İyi	Orta	Zayıf	Orta
Yardımcı Sis.	İyi	Çok İyi	Orta	Orta

Tablo 5.13 Beka kriteri İçin Sözel Yargılar

Beka	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Zırh Koruması	Çok İyi	Zayıf	Çok İyi	Orta
YSC	İyi	İyi	Orta	Orta
NBC	Çok İyi	Zayıf	Orta	İyi
Karşı Tedbir Sis.	İyi	İyi	Çok İyi	Zayıf
Gizleme	İyi	Orta	Çok İyi	Orta

Tablo 5.14 Hareket Kabiliyeti Kriteri için Sözel Yargılar

Hareket Kabiliyeti	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Motor				
Gövde	Çok İyi	İyi	Orta	İyi
Şoför Bölmesi	Çok İyi	Orta	Zayıf	Orta

Tablo 5.15 Komuta ve Kontrol Kriteri için Sözel Yargılar

Komuta kontrol	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Tak. Kom. Kon. Bilgi Sistemi	İyi	Orta	Zayıf	Orta
IFF	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Haberleşme	Çok İyi	Çok İyi	Orta	İyi

Hareket kabiliyeti kriterinin bir alt kriteri olan motor ve operasyonel ihtiyaçların bir alt kriteri olan düşük siluet kriterleri sayısal olarak ifade edilebilmelerinden dolayı puanlandırmaları üyelik fonksiyonları ile yapılacaktır. Bu kriterlerin üyelik fonksiyonları Tablo 5.16'de görülmektedir.

Tablo 5.16 Sayısal Kriterlerin Üyelik fonksiyonları

Kriter	M1A2	Leclerc	T-84	Leopard	Üyelik Fonksiyonu
Motor	1500	1500	1200	1500	$f_m = \begin{cases} (x - 1100)/500, & 1100 \leq x \leq 1600 \\ 1, & 1600 \leq x \end{cases}$
Düşük Siluet	2.37	2.46	2.28	2.64	$f_s = \begin{cases} (2.80 - x)/0.60, & 2.20 \leq x \leq 2.80 \\ 1, & x \leq 2.20 \end{cases}$

Tablolarda ifade edilen sözel yargılar Tablo 4.5'te gösterilen üyelik fonksiyonları ile yeniden yazılır ve üyelik fonksiyonları toplanırsa Tablo 5.17, 5.18, 5.19 ve 5.20 elde edilir.

Tablo 5.17 Ateş Gücü Kriteri için Üyelik Fonksiyonları

Ateş Gücü	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Silah Sistemleri	1	0.75	0.75	0.50
Atış Kon. Sis.	0.75	0.50	0.25	0.50
Yardımcı Sis.	0.75	1	0.50	0.50
Toplam	2.50	2.25	1.50	1.50

Tablo 5.18 Beka kriteri için Üyelik Fonksiyonları

Beka	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Zırh Koruması	1	0.25	1	0.50
YSC	0.75	0.75	0.50	0.50
NBC	1	0.25	0.50	0.75
Karşı Tedbir Sis.	0.75	0.75	1	0.25
Gizleme	0.75	0.50	1	0.50
Toplam	4.25	2.5	4	2.25



Tablo 5.19 Hareket Kabiliyeti Kriteri için Üyelik Fonksiyonları

Hareket Kabiliyeti	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Motor	0.80	0.80	0.20	0.80
Gövde	1	0.75	0.50	0.75
Şoför Bölmesi	1	0.50	0.25	0.50
Toplam	2.80	2.05	0.95	2.05

Tablo 5.20 Komuta ve Kontrol Kriteri için Üyelik Fonksiyonları

Komuta kontrol	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Tak. Kom. Kon. Bilgi Sistemi	0.75	0.50	0.25	0.50
IFF	1	1	1	1
Haberleşme	1	1	0.50	0.75
Toplam	2.75	2.50	1.75	2.25

Sistem ihtiyaçları kriterinin alt kriterlerinin aldığı puanların gösterildiği Tablo 5.21 Yukarıda verilen tabloların sütun toplamaları alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 5.21 Sistem İhtiyaçları Kriteri için Toplam Puanlar

Komuta kontrol	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Ateş Gücü	2.50	2.25	1.50	1.50
Beka	4.25	2.50	4	2.25
Hareket Kabiliyeti	2.80	2.05	0.95	2.05
Komuta Kontrol	2.75	2.50	1.75	2.25
Toplam	12.3	9.3	8.2	8.05

Şimdide operasyonel ihtiyaçlar kriteri için aynı yöntemlerle toplam puanları bulalım. Uzmanların bu kriterin alt kriterleri için sözel yargıları Tablo 5.22’de, üyelik fonksiyonları da Tablo 2.23’de görülmektedir.

Tablo 5.22 Operasyonel İhtiyaçlar Kriteri için Sözel Yargılar

Operasyonel İhtiyaçlar	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Bakım Onarım Ko.	Çok iyi	orta	zayıf	İyi
Gelişme İmkânı	iyi	iyi	orta	iyi
Çevreye zararı	orta	orta	orta	iyi
Düşük Siluet				

Tablo 5.23 Operasyonel İhtiyaçlar Kriteri için Toplam Puanlar

Operasyonel İhtiyaçlar	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Bakım Onarım Ko.	1	0.50	0.25	0.75
Gelişme İmkanı	0.75	0.75	0.50	0.75
Çevreye zararı	0.50	0.50	0.50	0.75
Düşük Siluet	0.72	0.57	0.87	0.27
Toplam	2.97	2.32	2.12	2.52

Her kriter için alınan toplam puanlar bir matris halinde yazılacak olursa aşağıdaki matris elde edilir.

Tablo 5.24 Birinci Düzey Kriterlerin Toplam Üyelik Fonksiyonları Matrisi

	Sistem ihtiyaçları	Operasyonel İhtiyaçlar
M1A2 Abrams	12.3	2.97
Leclerc	9.3	2.32
T-84	8,2	2.12
Leopard 2A5	8.05	2.52
Toplam	37.85	9.93

Toplam üyelik fonksiyonları matrisi normalize edildiğinde ise matris şu şekilde değişir;

Tablo 5.25 Birinci Düzey Kriterlerin Toplam Üyelik Fonksiyonları Matrisinin Normalize Edilmiş Şekli

	Sistem ihtiyaçları	Operasyonel İhtiyaçlar
M1A2 Abrams	0.32	0.30
Leclerc	0.25	0.23
T-84	0.22	0.22
Leopard 2A5	0.21	0.26

Bu matrisin oluşturulmasından sonra her kriterin önem derecesine göre daha önce açıklandığı gibi merkezileşme ve açılmayı hesaplayacağız. Bu iki kriter hakkında uzmanların ifade ettikleri önem dereceleri şu şekildedir;

Sistem İhtiyaçları : Çok çok önemli

Operasyonel İhtiyaçlar : Az önemli

Bu durumda Sistem İhtiyaçlar kriteri için merkezileşme katsayısının 2 ve operasyonel ihtiyaçlar kriteri için açılma katsayısının 2 olabileceği değerlendirilebilir. Merkezileşme ve açılma katsayıları kullanılarak matris elemanları yeniden hesaplandığında aşağıdaki matris oluşur;

Tablo 5.26 Merkezileşme ve Açılma Katsayıları uygulanarak Elde Edilmiş Matris

	Sistem ihtiyaçları	Operasyonel İhtiyaçlar
M1A2 Abrams	0.102	8.82
Leclerc	0.062	1.52
T-84	0.048	1.45
Leopard 2A5	0.044	1.58

Bu son matrise bakarak kötümser bir yaklaşımla alternatiflerin her bir kritere göre minimum değerleri alınır ve bunların arasından en yüksek değere sahip olan alternatif en iyi olarak belirlenir. Buna göre sıralama şöyle olur,

$$M1A2 Abrams (0.102) \geq Leclerc (0.062) \geq T-84 (0.048) \geq Leopard 2A5 (0.044)$$

## 5.5. Yager Yöntemi ile çözüm

Bu yöntemle çözümde analitik hiyerarşi yönteminde oluşturulan hiyerarşik yapının on sekiz kriteri kullanılacaktır. Alternatiflerin ve kriterlerin gösterimi aşağıda olduğu gibidir.

$$x_1 = \text{M1A2 Abrams}$$

$$x_2 = \text{Leclerc}$$

$$x_3 = \text{T-84}$$

$$x_4 = \text{Leopard 2A5}$$

Bu durumda alternatifler kümesi,

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\} \text{ olur. Kriterler ise;}$$

$$\tilde{G}_1 = \text{Silah sistemleri}$$

$$\tilde{G}_2 = \text{Atış kontrol sistemi}$$

$$\tilde{G}_3 = \text{Yardımcı sistemler}$$

$$\tilde{G}_4 = \text{Zırh koruması}$$

$$\tilde{G}_5 = \text{Yangın söndürme ve infilak bastırma sistemi}$$

$$\tilde{G}_6 = \text{NBC koruması}$$

$$\tilde{G}_7 = \text{Tehlike ikaz ve karşı tedbir sistemi}$$

$$\tilde{G}_8 = \text{Gizleme}$$

$$\tilde{G}_9 = \text{Motor}$$

$$\tilde{G}_{10} = \text{Gövde}$$

$$\tilde{G}_{11} = \text{Şoför bölmesi}$$

$$\tilde{G}_{12} = \text{Taktik komuta kontrol bilgi sistemi}$$

$$\tilde{G}_{13} = \text{Dost düşman tanıma ünitesi (IFF)}$$

$$\tilde{G}_{14} = \text{Haberleşme sistemi}$$

$$\tilde{G}_{15} = \text{Kolay bakım ve onarım imkanı}$$

$$\tilde{G}_{16} = \text{Gelecekte ortaya çıkabilecek operasyonel istekleri geliştirme imkanı}$$

$$\tilde{G}_{17} = \text{Çevreye zararı}$$

$$\tilde{G}_{18} = \text{Düşük silüet}$$

şeklinde gösterebiliriz. Bu kriterlere göre her bir tankın aldığı puanları daha önce AHM ile elde edilmişti. Burada tekrar Tablo 2-5'de gösterilmiştir. Kriterlerin

karşılaştırma matrisinden elde edilen öz vektör yani ağırlıklarda aşağıdaki gibidir (bu değerler experchois çözümüyle elde edildi ve ek-B'de verilmiştir).

$$w = \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9, w_{10}, w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16}, w_{17}, w_{18}\}$$

$$w = \{0.142, 0.130, 0.038, 0.07, 0.019, 0.021, 0.068, 0.006, 0.174, 0.104, 0.023, 0.047, 0.013, 0.007, 0.091, 0.02, 0.006, 0.02\}$$

Tablo 5.27. Tankların kriterlere göre değerlendirilmesi

	M1A2 Abrams	Leclerc	T-84	Leopard 2A5
Silah sistemleri	0.336	0.243	0.247	0.204
Atış kontrol sistemi	0.327	0.269	0.176	0.228
Yardımcı sistemler	0.268	0.318	0.202	0.212
Zırh koruması	0.306	0.160	0.337	0.196
YSC	0.316	0.259	0.211	0.213
NBC koruması	0.353	0.155	0.228	0.264
Tehlike ikaz ve karşı ted.sis.	0.241	0.272	0.302	0.185
Gizleme	0.282	0.204	0.314	0.200
Motor	0.212	0.341	0.206	0.241
Gövde	0.308	0.236	0.197	0.258
Şoför bölmesi	0.416	0.264	0.128	0.192
Bilgi sistemi	0.378	0.278	0.135	0.210
IFF	0.250	0.250	0.250	0.250
Haberleşme sistemi	0.292	0.266	0.206	0.236
Bakım onarım kolaylığı	0.362	0.204	0.187	0.248
Gelişme imkanı	0.277	0.248	0.219	0.255
Çevreye zararı	0.233	0.250	0.250	0.268
Düşük siluet	0.271	0.243	0.278	0.208

Alternatiflerin (tankların) kriterlere üyelik derecesi aşağıda görüldüğü gibidir

$$\tilde{G}_1(x_i) = \{(x_1, 0.306), (x_2, 0.243), (x_3, 0.247), (x_4, 0.204)\}$$

$$\tilde{G}_2(x_i) = \{(x_1, 0.327), (x_2, 0.269), (x_3, 0.176), (x_4, 0.228)\}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{G}_3(x_i) &= \{(x_1, 0.268), (x_2, 0.318), (x_3, 0.202), (x_4, 0.212)\} \\
\tilde{G}_4(x_i) &= \{(x_1, 0.306), (x_2, 0.160), (x_3, 0.337), (x_4, 0.196)\} \\
\tilde{G}_5(x_i) &= \{(x_1, 0.316), (x_2, 0.259), (x_3, 0.211), (x_4, 0.213)\} \\
\tilde{G}_6(x_i) &= \{(x_1, 0.353), (x_2, 0.155), (x_3, 0.228), (x_4, 0.264)\} \\
\tilde{G}_7(x_i) &= \{(x_1, 0.241), (x_2, 0.272), (x_3, 0.302), (x_4, 0.185)\} \\
\tilde{G}_8(x_i) &= \{(x_1, 0.282), (x_2, 0.204), (x_3, 0.314), (x_4, 0.200)\} \\
\tilde{G}_9(x_i) &= \{(x_1, 0.212), (x_2, 0.341), (x_3, 0.206), (x_4, 0.241)\} \\
\tilde{G}_{10}(x_i) &= \{(x_1, 0.308), (x_2, 0.236), (x_3, 0.197), (x_4, 0.258)\} \\
\tilde{G}_{11}(x_i) &= \{(x_1, 0.416), (x_2, 0.264), (x_3, 0.128), (x_4, 0.192)\} \\
\tilde{G}_{12}(x_i) &= \{(x_1, 0.378), (x_2, 0.278), (x_3, 0.135), (x_4, 0.210)\} \\
\tilde{G}_{13}(x_i) &= \{(x_1, 0.250), (x_2, 0.250), (x_3, 0.250), (x_4, 0.250)\} \\
\tilde{G}_{14}(x_i) &= \{(x_1, 0.292), (x_2, 0.266), (x_3, 0.206), (x_4, 0.236)\} \\
\tilde{G}_{15}(x_i) &= \{(x_1, 0.362), (x_2, 0.204), (x_3, 0.187), (x_4, 0.248)\} \\
\tilde{G}_{16}(x_i) &= \{(x_1, 0.277), (x_2, 0.248), (x_3, 0.219), (x_4, 0.255)\} \\
\tilde{G}_{17}(x_i) &= \{(x_1, 0.233), (x_2, 0.250), (x_3, 0.250), (x_4, 0.268)\} \\
\tilde{G}_{18}(x_i) &= \{(x_1, 0.271), (x_2, 0.243), (x_3, 0.278), (x_4, 0.208)\}
\end{aligned}$$

.Bu aşamada kriterlerin üssel ağırlıkları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}
\tilde{G}_1(x_i)^{0.142} &= \{(x_1, 0.84), (x_2, \mathbf{0.81}), (x_3, 0.81), (x_4, 0.79)\} \\
\tilde{G}_2(x_i)^{0.130} &= \{(x_1, 0.86), (x_2, 0.84), (x_3, 0.79), (x_4, 0.82)\} \\
\tilde{G}_3(x_i)^{0.038} &= \{(x_1, 0.95), (x_2, 0.95), (x_3, 0.94), (x_4, 0.94)\} \\
\tilde{G}_4(x_i)^{0.07} &= \{(x_1, 0.92), (x_2, 0.87), (x_3, 0.92), (x_4, 0.89)\} \\
\tilde{G}_5(x_i)^{0.019} &= \{(x_1, 0.97), (x_2, 0.97), (x_3, 0.97), (x_4, 0.97)\} \\
\tilde{G}_6(x_i)^{0.021} &= \{(x_1, 0.97), (x_2, 0.96), (x_3, 0.96), (x_4, 0.97)\} \\
\tilde{G}_7(x_i)^{0.068} &= \{(x_1, 0.90), (x_2, 0.91), (x_3, 0.92), (x_4, 0.89)\} \\
\tilde{G}_8(x_i)^{0.006} &= \{(x_1, 0.99), (x_2, 0.99), (x_3, 0.99), (x_4, 0.99)\} \\
\tilde{G}_9(x_i)^{0.174} &= \{(x_1, \mathbf{0.76}), (x_2, 0.82), (x_3, \mathbf{0.75}), (x_4, \mathbf{0.78})\} \\
\tilde{G}_{10}(x_i)^{0.104} &= \{(x_1, 0.88), (x_2, 0.86), (x_3, 0.84), (x_4, 0.86)\}
\end{aligned}$$

$$\tilde{G}_{11}(x_i)^{0.023} = \{(x_1, 0.98), (x_2, 0.96), (x_3, 0.95), (x_4, 0.96)\}$$

$$\tilde{G}_{12}(x_i)^{0.047} = \{(x_1, 0.95), (x_2, 0.94), (x_3, 0.91), (x_4, 0.92)\}$$

$$\tilde{G}_{13}(x_i)^{0.013} = \{(x_1, 0.98), (x_2, 0.98), (x_3, 0.98), (x_4, 0.98)\}$$

$$\tilde{G}_{14}(x_i)^{0.007} = \{(x_1, 0.99), (x_2, 0.99), (x_3, 0.98), (x_4, 0.99)\}$$

$$\tilde{G}_{15}(x_i)^{0.091} = \{(x_1, 0.91), (x_2, 0.86), (x_3, 0.85), (x_4, 0.88)\}$$

$$\tilde{G}_{16}(x_i)^{0.02} = \{(x_1, 0.97), (x_2, 0.97), (x_3, 0.97), (x_4, 0.97)\}$$

$$\tilde{G}_{17}(x_i)^{0.006} = \{(x_1, 0.99), (x_2, 0.99), (x_3, 0.99), (x_4, 0.99)\}$$

$$\tilde{G}_{18}(x_i)^{0.02} = \{(x_1, 0.97), (x_2, 0.97), (x_3, 0.97), (x_4, 0.97)\}$$

Buradan, her bir alternatife aldığı en küçük değerlerden oluşan bulanık çözüm kümesi  $\tilde{D}$  aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \{(x_1, 0.76), (x_2, 0.81), (x_3, 0.75), (x_4, 0.78)\}$$

Bu çözüm kümesi içinde en yüksek değere sahip olan ikinci alternatif yani Leclerc tankı en iyi alternatif olarak seçilirken ikinci Leopard 2A5, üçüncü M1A2 Abrams ve dördüncü de T-84 olur.



## 7. SONUÇLAR

Bu çalışmada çok karmaşık yapıya sahip silah sistemlerinin seçiminin nasıl olması gerektiği konusuna bir yaklaşım getirilmiştir. Kara Kuvvetlerinin 2000'li yıllar için envanterine almayı planladığı dört ana muharebe tankının seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodu ve bu metodun bulanık kümelerdeki uygulamaları kullanılmıştır.

Analitik Hiyerarşi Metodunun bir çok özelliği ile karar problemleri için uygunluğundan daha önce bahsetmiştik. Bunun yanı sıra yöntemin, tahmin etmeden kaynaklanan çeşitli dezavantajları mevcuttur. Bu dezavantajlardan birincisi; faktör veya alternatifler arasında birebir karşılaştırmalarla oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisin bir tarafı 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 değerlerinden oluşurken, diğer tarafı 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2 ve 1 değerlerinden oluşur. Yani, matrisin bir tarafının ağırlık oranı  $9-2 = 7$  iken, eşleniğinin ağırlık oranı  $1/2 - 1/9 = 0.4$ 'dür. Bir diğeri de AHM karar vericinin yargılarının kesin olmama halini dikkate almamaktadır.

Bu eksikliklerin giderilmesi için de seçim problemi bulanık mantığa dayanan iki yöntemle daha çözüldü.

Cheng tarafından geliştirilen dilsel ağırlıklandırma yöntemi uzmanların karşılaştırmalarda sayısal olarak ifade edemedikleri değerlendirmelerini bulanık üyelik fonksiyonları tanımlayarak rakamlara dönüştürmektedir. Seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasın da uzmanların tecrübeleri dikkate alınmaktadır. Sistemlerin seçimi kötümser bir yaklaşımla ele alınmakta ve alternatiflerin hangi kritere göre zayıf olduğu daha açık olarak görülebilmektedir.

Yager tarafından geliştirilen yöntem de seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması Saaty'nin yönteminde kullanılan öz vektörle yapılmaktadır. Bu yöntemde çözüme bulanık mantıkla yaklaşmaktadır.

Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar tablo 6.1 'de görülmektedir.

Tablo 6.1. Üç yönteme göre sonuçlar.

	AHM	Cheng	Yager	Yager-2
<b>M1A2 Abrams</b>	<b>29.1</b>	<b>0.102</b>	0.76	<b>0.84</b>
<b>Leclerc</b>	26.5	0.062	<b>0.81</b>	0.81
<b>T-84</b>	22.2	0.048	0.75	0.75
<b>Leopard 2A5</b>	22.2	0.044	0.78	0.79

Görüldüğü gibi sadece Yager yönteminde sıralama değişmektedir. Bunun sebebine gelince motor kriteri değerlendirilirken Cheng yönteminde motorun beygir gücü dikkate alınarak bulanık üyelik fonksiyonu tanımlanmış diğer yöntemde motorun diğer özellikleri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Abrams tankının motorunun benzinli olması bu kriterden düşük puan almasına neden olduğu için ve bu kriterin önem derecesinin de yüksek olmasından dolayı sıralama değişmiştir. Bu kriterin (motor) beygir gücüne göre alternatifler tekrar değerlendirmeye tabi tutulup çözüm yapıldığında sonucun diğer yöntemlerle aynı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak bulanık mantığında kriterlerin önem derecelerini belirlemede AHM kadar başarılı olamadığı görülmüştür. Bunun nedeni alt kriterlerin bir önceliklendirmeye tabi tutulmaması sadece birinci düzeyde bulunan kriterlerin önceliklendirme de dikkate alınmasıdır. Bulanık yöntemler sistemlerin zayıf taraflarını ortaya çıkarmada daha net sonuçlar vermektedir. Seçim problemlerinin değerlendirilmesinde AHM ve bulanık mantığın birlikte kullanılmasının daha doğru çözümler ortaya koyacağı değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Badiru, A.B. and Foote, B.L.**, 1992. Utility Based Justification of Advanced Manufacturing Technology, Economic and Financial Justification of Advanced Manufacturing Technologies, Parsaei H.R., et al (Editors), Elsevier.
- Boucher, T.O. and MacStravic, E.L.**, 1991. Multiattribute Evaluation Within a Present Value Framework and its Relation to the Analytic Hierarchy Process, *The Engineering Economist*, **37**.
- Briggs, W.G.**, 1982. An Evaluation of DSS Packages, *Computer World*, **16**, 31.
- Canada, J.R. and White, J.A.**, 1980. Capital Investment Decision Analysis for Management and Engineering, Prentice-Hall Inc., London.
- Charnes, A. and Chooper, W.W.**, 1961. Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, Vol. I, Wiley Inc., New York.
- Cheng, H.C. and Mon, D.L.**, 1994. Evaluating Weapon System by AHP based on Fuzzy Scales; *Fuzzy Sets and Systems*, **63**,1-10.
- Cheng, H.C., Mon, D.L. and Lin, J.C.**, 1994. Evaluating Weapon System using on Fuzzy AHP based on entropy weight, *Fuzzy Sets and Systems*, **62**, 127-134.
- Cheng, C. H., Yang, K. L. and Hwang C. L.**, 1999, Evaluating Attack Helicopters by AHP Based on Linguistic Variable Weight, *European Journal of Operational Research*, **116**, 423-435.
- Cheng, H.C.**, 1996. Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function, *The European Journal of Operational Research*, **96**, 343-350.
- Chen, S.M.**, 1996. Evaluating Weapon Systems Using Fuzzy Aarithmic Operation , *Fuzzy Sets and Systems*, **77** , 265-276.
- Dauer, J.P. and Krueger, R.J.**, 1977. An Iterative Approach to Goal Programming, *Operational Research Quarterly*, **28**, 671-681.
- Demir, M.H., Bircan, B. ve Tütek H.**, 1985. Yönetmel Karar Verme, Bilgehan Basimevi, İzmir.
- Donnelly, J.H., Gibson, J.L. and Ivancevich J.M.**, 1990. Fundamentals of Management, Seventh Edition, Richard D. Irvin Inc.
- Eric, H.B. and Doug, R.**, 1997. Fighting Vehicles Today Tomorrow and The Day After, *Armada International*, **6**, 22-58.

- Eryaşar, T.**, 2000. Ana Muharebe Tankları, *Teknik Uçak*, 1, 27-53.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992a. Yönetimde Karar Verme, İ.T.Ü. Yayını, No.1478, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992b. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İ.T.Ü. Yayını, No. 1490, İstanbul.
- Halaç, O.**, 1983. Kantitatif Karar Verme Teknikleri(Yöneylem Araştırmasına Giriş), Cilt I, İ.Ü. Yayın no:3078, İstanbul.
- Jack, R.M., and Samuel, J.M.JR.**, 1991. Project Management A Managerial Approach , New York, pp. 55-63.
- John, R.C., and William, G.S.**, 1989. Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems, New Jersey, pp. 259-284.
- Juang, C.H. and Lee, D.H.**, 1991. A Fuzzy Scale for Measuring Weight Criteria in Hierarchical Structures, *International Fuzzy Engineering Symposium*, 415-421.
- Kahraman, C.**, 1995. İleri İmalat Teknolojilerinin Ekonomik Analizi Ve Esneklik Faktörünün Sayısallaştırılmasına Bulanık Kümeler Yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kahraman, H.**, 2000, Türk Silahlı Kuvvetlerinde Piyade Tüfeği Seçimi İçin Bulanık Karar Ortamında Analitik Hiyerarşi Metodunun Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karayalçın, İ.**, 1979. Harekât Araştırması, İ.T.Ü. Yayını, No. 1132, İstanbul.
- Kastner, J.K. and Hong, S.J.**, 1984. A Review Of Experts Systems, *European Journal of Operational Research*, 18.
- Klir, G.J. and Folger, T.A.**, 1988. Fuzzy Sets, Uncertainty and Information, Prentice-Hall Inc., London.
- Klir, G.J. and Yan, B.**, 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications, Prentice-Hall International Inc., London.
- Kolli, S., Wilhelm, M.R., Parsaei, H.R. and Liles, D.H.**, 1992. Economic and Financial Justification of Advanced Manufacturing Technologies, Elsevier, pp.165-187.
- Kuei, C.H., Lin C., Aheto, J., Madu, C.N.**, 1994. A Strategic Decision Model for the Selection of Advanced Technology, *Int. J. Prod. Res.*, 32, 2117-2130.
- Lee, S.M., and Jaaskelainen, V.**, 1971. Goal Programming Management's Math Model, *Industrial Engineering*, 3, 30-35.

- Meredith, J.R. and Suresh, N.C.**, 1986. Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies, *International Journal of Production Research*, **24**(5),1043-1057.
- Ossandik, W.**, 1996, AHP-Based Synergy Allocation To The Partners in a Merger, *European Journal of Operational Research*, **88**, 43-49.
- Özlu, F.**, 1997, Modern Tank Üretim ve Tedarik Yöntemi Ne olmalı, *Savunma Sanayiinde Teknolojik Gelişmeler Sempozyumu*, KHO, Ankara, Haziran 1997, 795-800 .
- Parsaei, H.R., Wilhelm, M.R. and Kolli, S.S.**, 1993. Application of outranking Methods to Economic and Financial Justification of CIM Systems, *Computers & Industrial Engineering*, **25**, 357-360.
- Ross, T. J.**, 1995, Fuzzy Logic With Engineering, Mc Graw Hill, New York
- Saaty, T.L.**, 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Saaty, T.L. and Vargas, L.G.**, 1986. Uncertainty and Rank Order in the Analytic Hierarchy Process, New York.
- Saaty, T.L.**, 1988. The Analytic Hierarchy Process, British Library Catalogue, University of Pittsburgh.
- Saaty, T.L.**, 1989. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.
- Sowa, J.F.**, 1984. Conceptual Structures, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Stanley, C.C.**, 1997, The M1A2 Abrams: The Last Main Battle Tank?, *Armor Magazine*, July-August 1997.
- Stam, A. And Kuula, M.**, 1991. Selecting a Flexible Manufacturing System Using Multiple Criteria Analysis, *Int. J. Prod. Res.*, **29**, 803-820.
- Sumanth, D.J. and Pino, D.L.**, 1986. Equipment Selection and Justification Through Total Productivity Model, *Proceeding of the 8<sup>th</sup> Annual Conference on Computers and Industrial Engineering*, 91-94.
- Suresh, N.C. and Kaparathi, S.**, 1992. Flexible Automation Investment: A Synthesis of Two Multi-Objective Modelling Approaches, *Computers & Industrial Engineering*, **22**, 257-272.
- Yapıcıoğlu, N.**, 1991. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yeh, C.H., Deng, H., Chang, Y.**, 1999, Fuzzy Multicriteria For Performance Evaluation of Bus Companies, *European Journal of Operational Research*, **126** , 459-473.
- Zimmermann, H.J.**, 1991. Fuzzy Set Theory and It's Applications, 2<sup>nd</sup> ed., Kluwer Academic Publishers, London, 1991.

**Zimmermann, H.J., 1994. Fuzzy Set Theory and It's Applications, second., revised edition Kluwer Academic Publishers, Boston, 1994.**

**Milli Savunma Bakanlığı Savunma sanayi müsteşarlığı Ana muharebe tankı için bilgi isteği formu.**

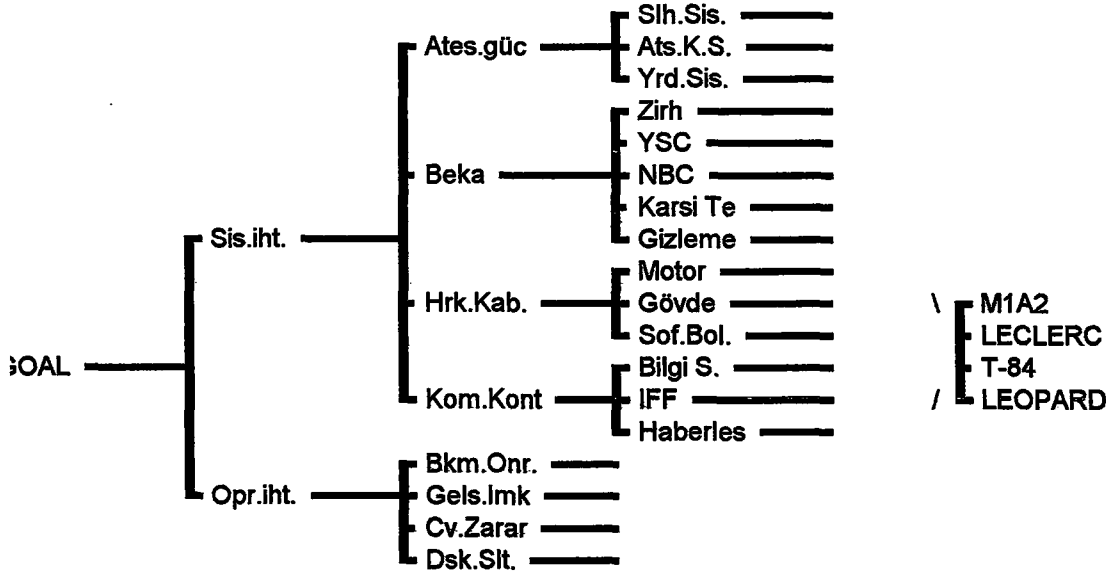


**EKLER**

**EK – A : EXPERT CHOICE PROGRAMIYLA ÇÖZÜMDEN ELDE  
EDİLEN ÇIKTILAR**

**EK – B : YAPILAN ANKET ÖRNEĞİ**





Abbreviation	Definition
GOAL	
Ates.güc	Ates Gücü
Ats.K.S.	Atis Kontrol Sistemleri
Beka	Beka
Bilgi S.	Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistemi
Bkm.Onr.	Kolay Bakim ve Onarım Imkani
Cv.Zarar	Cevreye Zarari
Dsk.Slt.	Düşük Siluet
Gels.Imk	Gelecekte Ortaya Cıkacak Operasyonel Istekleri Gelistirme Imkanı
Gizleme	Gizleme
Gövde	
Haberles	Haberlesme Sistemi
Hrk.Kab.	Hareket Kabiliyeti
IFF	Dost Dusman Sorgulama Unitesi
Karsi Te	Tehdit Ikaz ve Karsi Tedbir Sistemi
Kom.Kont	Komuta Kontrol
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
M1A2	M1A2 Abrams
Motor	Güc Kaynagi
NBC	NBC Donanimi
Opr.iht.	Operasyonel ihtiyaclar
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Slh.Sis.	Silah Sistemleri



# · EN I TANK Sİ İ I

Sof.Bol.	Sofor Bolmesi .
T-84	T-84 Tanki
YSC	Yangin Söndürme ve Infilak Bastırma Sistemi
Yrd.Sis.	Yardımcı Sistemler
Zirh	Zirh Koruması



Compare the relative IMPORTANCE with respect to: GOAL

	Opr.iht.
Sis.iht.	6,3

Row element is \_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Sis.iht.	Sistem Ihtiyacları
Opr.iht.	Operasyonel Ihtiyaclar

Sis.iht.	,863	
Opr.iht.	,137	

Inconsistency Ratio =0,0



# EN İYİ TANK SECİMİ

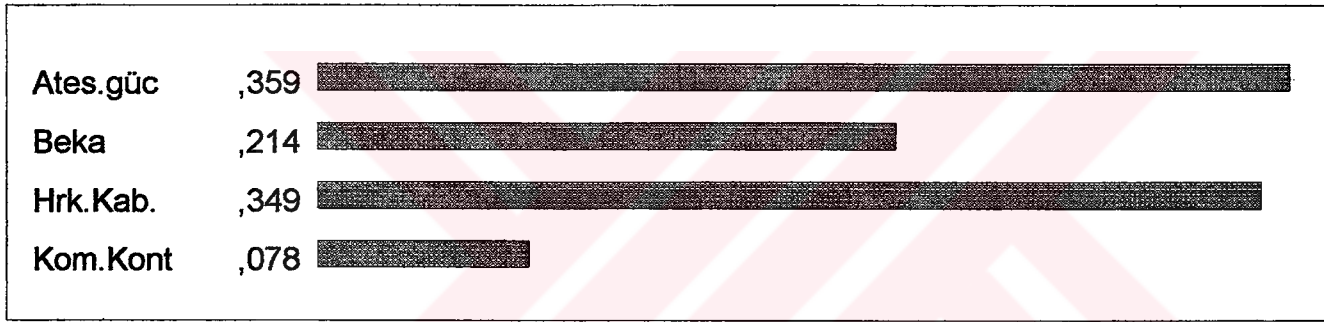
Node: 10000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Sis.iht. < GOAL

	Beka	Hrk.Kab.	Kom.Kont
Ates.güc	1,9	1,0	4,2
Beka		(1,7)	3,2
Hrk.Kab.			4,2

Row element is \_\_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN İYİ TANK SECİMİ
Sis.iht.	Sistem İhtiyaçları
Ates.güc	Ates Gücü
Beka	Beka
Hrk.Kab.	Hareket Kabiliyeti
Kom.Kont	Komuta Kontrol



Inconsistency Ratio =0,01

# EN IYI TANK SECIMI

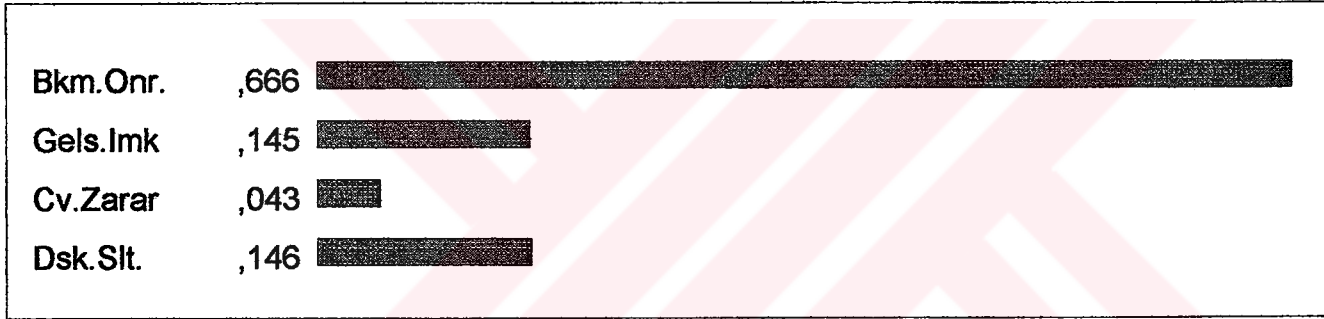
Node: 20000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Opr.iht. < GOAL

	Gels.Imk	Cv.Zarar	Dsk.Slt.
Bkm.Onr.	6,5	8,2	5,9
Gels.Imk		5,5	(1,1)
Cv.Zarar			(4,7)

Row element is \_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Opr.iht.	Operasyonel ihtiyaclar
Bkm.Onr.	Kolay Bakim ve Onarim Imkani
Gels.Imk	Gelecekte Ortaya Cikacak Operasyonel Istekleri Gelistirme Imkani
Cv.Zarar	Cevreye Zarari
Dsk.Slt.	Düsük Siluet



Inconsistency Ratio =0,09

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Ates.güc < Sis.iht. < GOAL

	Ats.K.S.	Yrd.Sis.
Sih.Sis.	1,1	3,7
Ats.K.S.		3,4

Row element is \_\_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Ates.güc	Ates Gücü
Sih.Sis.	Silah Sistemleri
Ats.K.S.	Atis Kontrol Sistemleri
Yrd.Sis.	Yardimci Sistemler

Sih.Sis.	,458	
Ats.K.S.	,418	
Yrd.Sis.	,123	

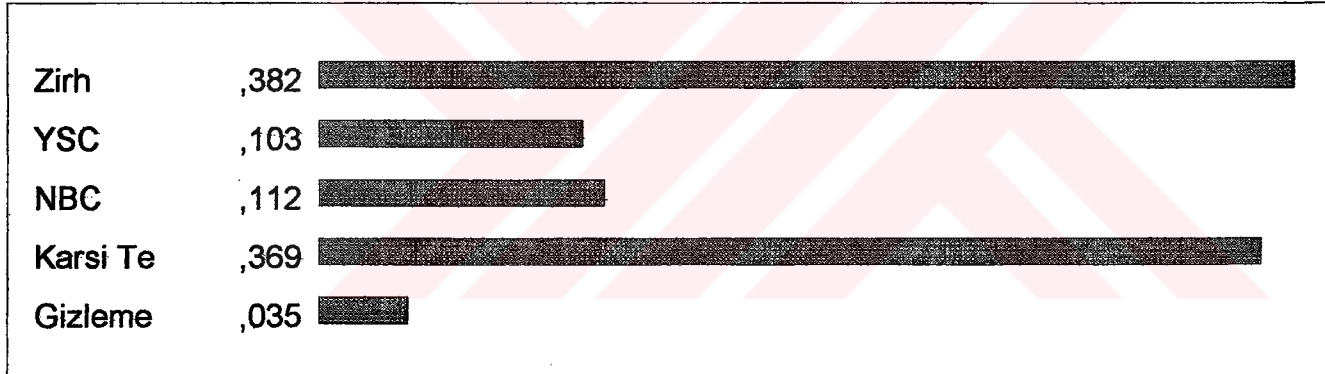
Inconsistency Ratio =0,0

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Beka < Sis.iht. < GOAL

	YSC	NBC	Karsi Te	Gizleme
Zirh	4,6	4,5	1,0	7,5
YSC		(1,2)	(4,4)	5,0
NBC			(4,2)	5,0
Karsi Te				7,1

Row element is \_\_\_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Beka	Beka
Zirh	Zirh Korumasi
YSC	Yangin Söndürme ve Infilak Bastırma Sistemi
NBC	NBC Donanimi
Karsi Te	Tehdit Ikaz ve Karsi Tedbir Sistemi
Gizleme	Gizleme




Inconsistency Ratio =0,05

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Hrk.Kab. < Sis.iht. < GOAL

	Gövde	Sof.Bol.
Motor	1,8	6,9
Gövde		4,8

Row element is \_\_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Sis.iht.	Sistem ihtiyaclari
Hrk.Kab.	Hareket Kabiliyeti
Motor	Güc Kaynagi
Gövde	
Sof.Bol.	Sofor Bolmesi

Motor	,577	
Gövde	,345	
Sof.Bol.	,078	

Inconsistency Ratio =0,01

# EN IYI TANK SECIMI

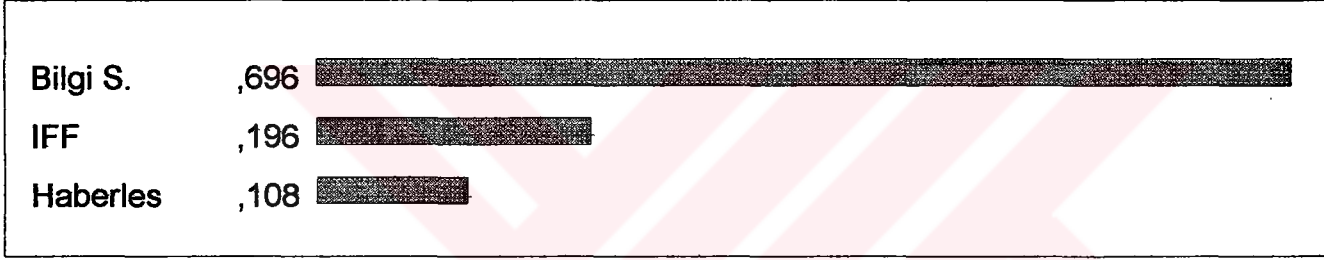
Node: 14000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Kom.Kont < Sis.iht. < GOAL

	IFF	Haberles
Bilgi S.	3,9	5,9
IFF		2,0

Row element is \_\_ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EN IYI TANK SECIMI
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Kom.Kont	Komuta Kontrol
Bilgi S.	Taktik Komuta Kontrol Bilgi Sistemi
IFF	Dost Dusman Sorgulama Unitesi
Haberles	Haberlesme Sistemi

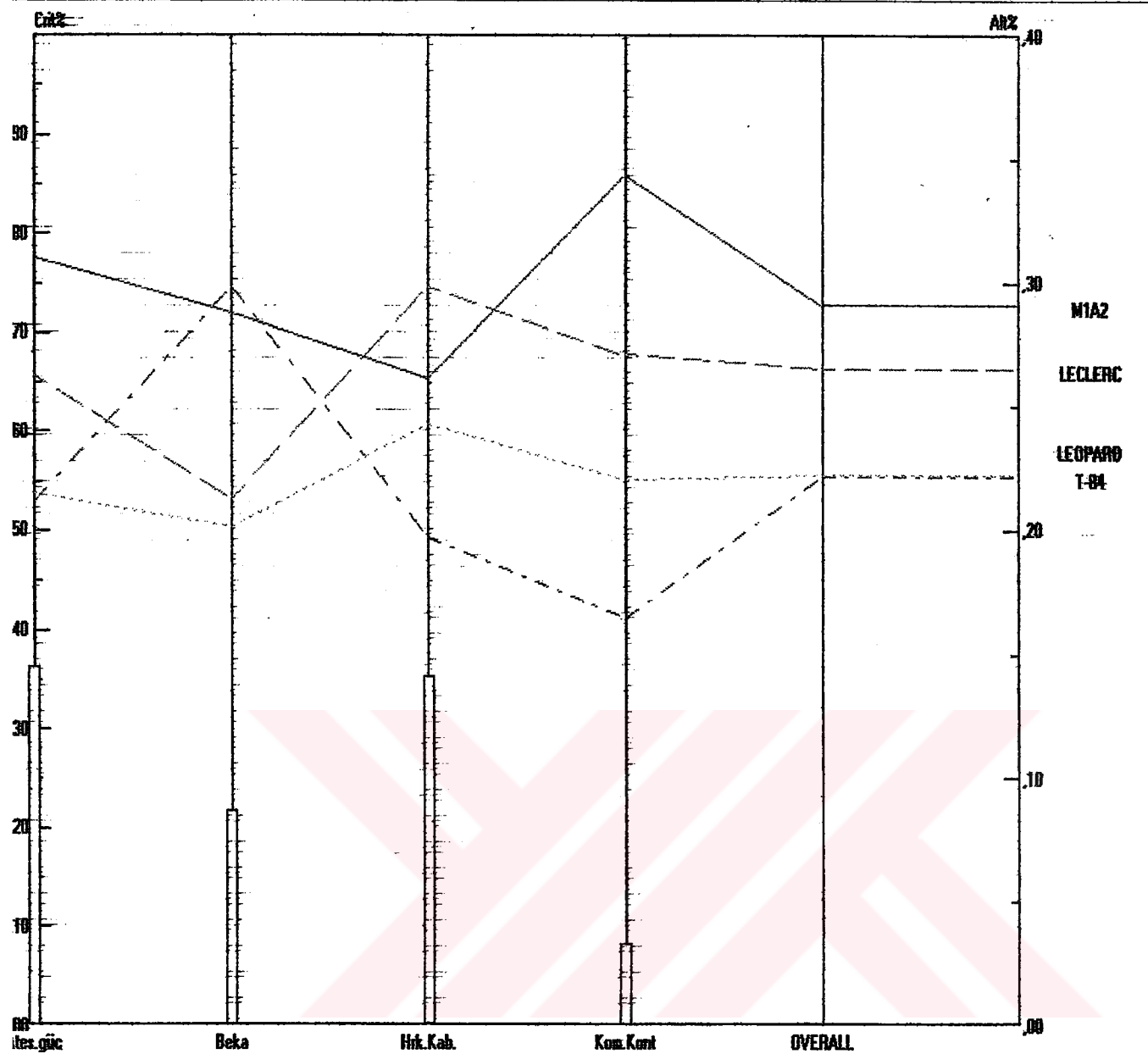


Inconsistency Ratio =0,01





# Performance Sensitivity w.r.t. Sis.iht. for nodes below Sis.iht.



Abbreviation	Definition
Ates.güc	Ates Gücü
Beka	Beka
Hrk.Kab.	Hareket Kabiliyeti
Kom.Kont	Komuta Kontrol

M1A2	M1A2 Abrams
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
T-84	T-84 Tanki

Distributive Mode

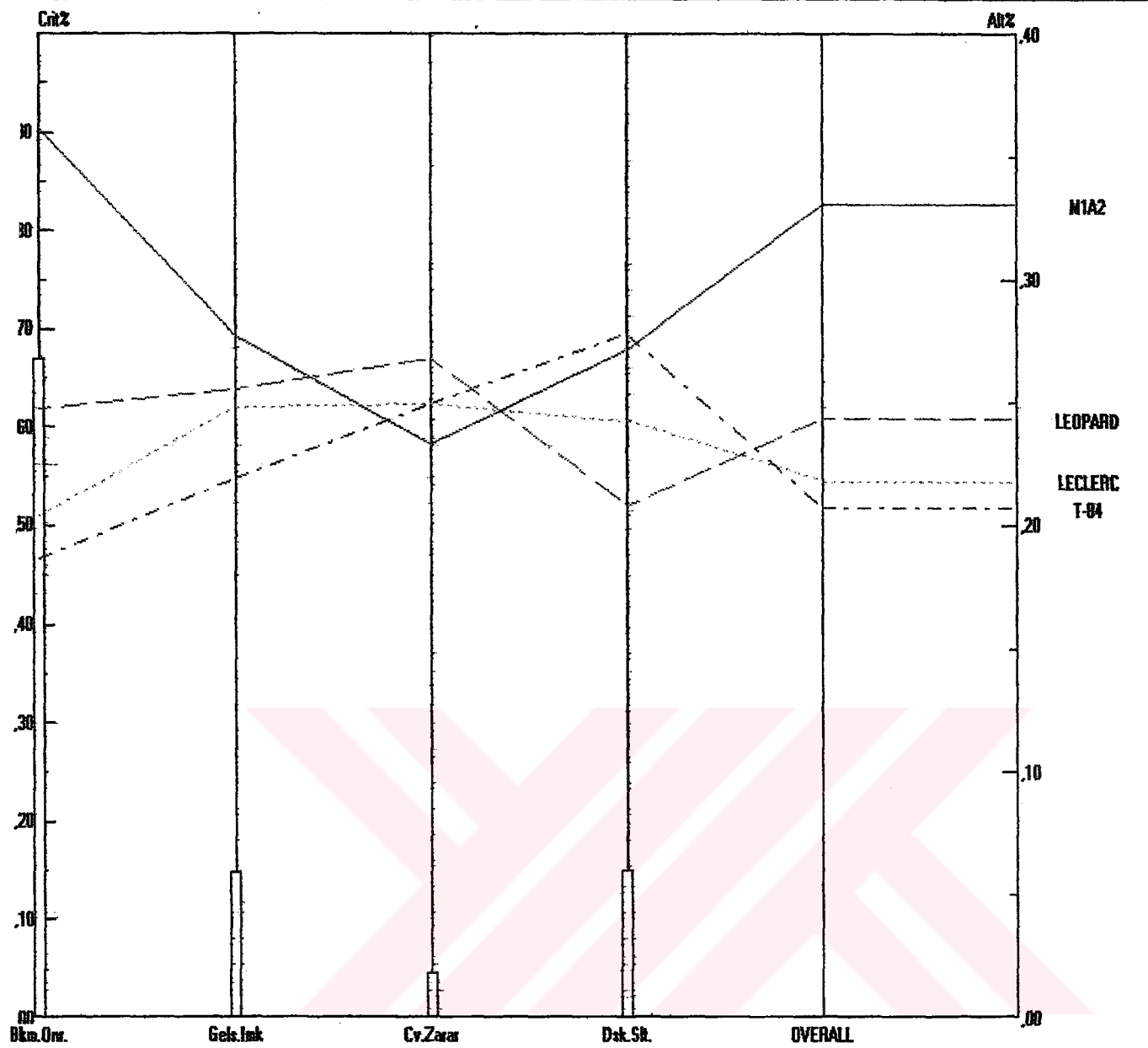
**Synthesis of Leaf Nodes with respect to Opr.iht.**  
**Distributive Mode**

M1A2	,331	[REDACTED]
LEOPARD	,244	[REDACTED]
LECLERC	,218	[REDACTED]
T-84	,208	[REDACTED]

Abbreviation	Definition
M1A2	M1A2 Abrams
LEOPARD	Leopard 2A5
LECLERC	Leclerc
T-84	T-84 Tanki



# Performance Sensitivity w.r.t. Opr.iht. for nodes below Opr.int.



Abbreviation	Definition
Bkm.Onr.	Kolay Bakim ve Onarım İmkani
Gels.Imk	Gelecekte Ortaya Çıkacak Operasyonel İstekleri Gelistirme İmkani
Cv.Zarar	Cevreye Zararı
Dsk.Sit	Düşük Siluet

M1A2	M1A2 Abrams
LEOPARD	Leopard 2A5
LECLERC	Leclerc
T-84	T-84 Tankı

Distributive Mode

# EN IYI TANK SECIMI

## Synthesis of Leaf Nodes with respect to GOAL

Distributive Mode

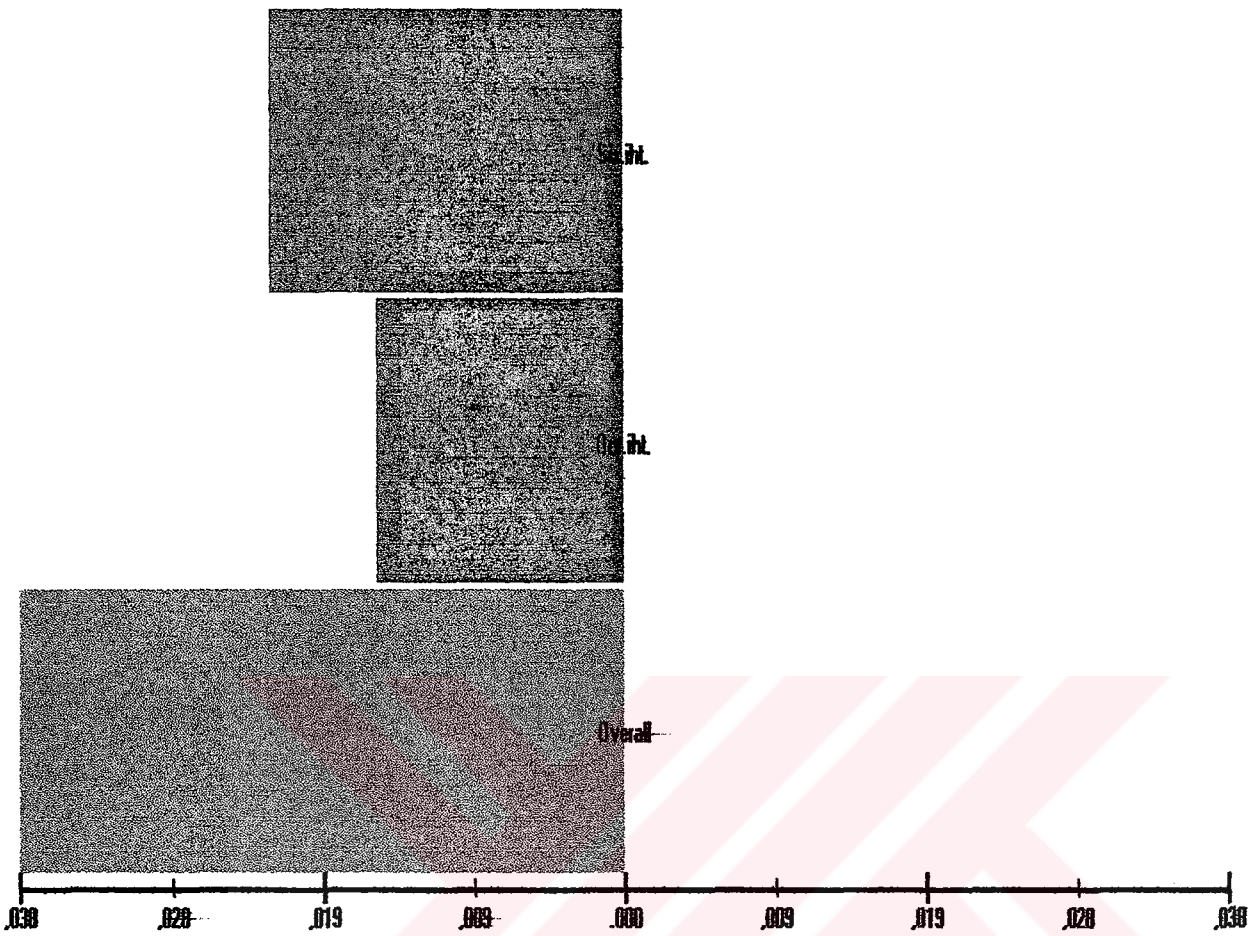
OVERALL INCONSISTENCY INDEX = 0,01



Abbreviation	Definition
M1A2	M1A2 Abrams
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
T-84	T-84 Tanki



M1A2 <> LECLERC



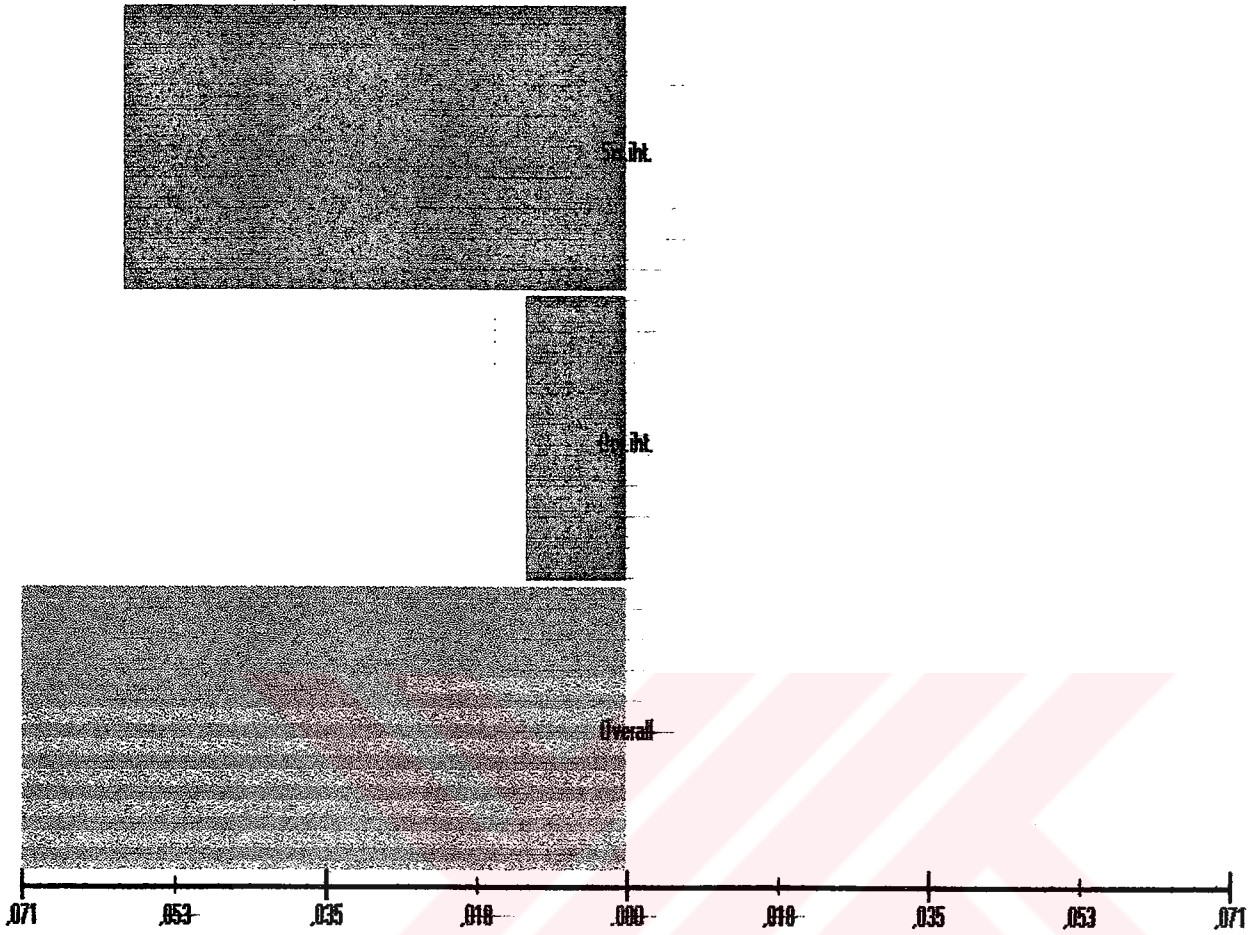
Weighted differences between M1A2 and LECLERC

Abbreviation	Definition
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Opr.iht.	Operasyonel ihtiyaclar

M1A2	M1A2 Abrams
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
T-84	T-84 Tankı

Distributive Mode

## M1A2 &lt;&gt; LEOPARD



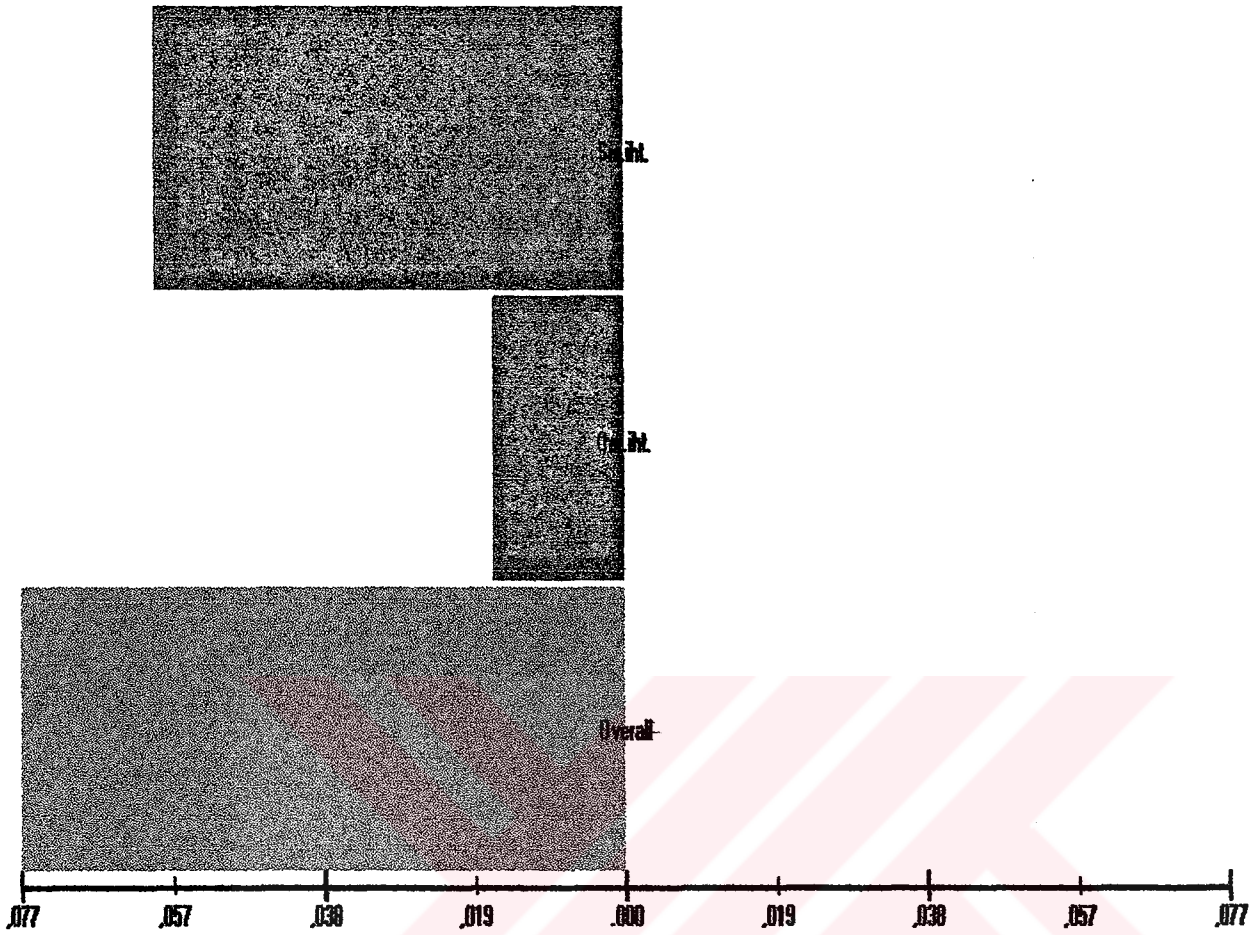
## Weighted differences between M1A2 and LEOPARD

Abbreviation	Definition
Sis.iht.	Sistem ihtiyacları
Opr.iht.	Operasyonel ihtiyaclar

M1A2	M1A2 Abrams
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
T-84	T-84 Tanki

Distributive Mode

### M1A2 <> T-84



Weighted differences between M1A2 and T-84

Abbreviation	Definition
Sis.iht.	Sistem İhtiyaçları
Opr.iht.	Operasyonel İhtiyaçlar

M1A2	M1A2 Abrams
LECLERC	Leclerc
LEOPARD	Leopard 2A5
T-84	T-84 Tankı

Distributive Mode



## Synthesis of Leaf Nodes with respect to GOAL

Distributive Mode

OVERALL INCONSISTENCY INDEX = 0,01

LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
Sis.iht.=,863				
	Ates.güc=,310			
		Slh.Sis.=,142		
			M1A2 =,044	
			T-84 =,035	
			LECLERC =,034	
			LEOPARD =,029	
		Ats.K.S.=,130		
			M1A2 =,042	
			LECLERC =,035	
			LEOPARD =,030	
			T-84 =,023	
		Yrd.Sis.=,038		
			LECLERC =,012	
			M1A2 =,010	
			LEOPARD =,008	
			T-84 =,008	
	Hrk.Kab.=,301			
		Motor =,174		
			LECLERC =,059	
			LEOPARD =,042	
			M1A2 =,037	
			T-84 =,036	
		Gövde =,104		
			M1A2 =,032	
			LEOPARD =,027	
			LECLERC =,025	
			T-84 =,021	
		Sof.Bol.=,023		
			M1A2 =,010	
			LECLERC =,006	
			LEOPARD =,004	
			T-84 =,003	
	Beka =,184			
		Zirh =,070		
			T-84 =,024	

**· EN İYİ TANK SECİMİ**

		M1A2 =,022	
		LEOPARD =,014	
		LECLERC =,011	
	Karsi Te=,068		
		T-84 =,021	
		LECLERC =,018	
		M1A2 =,016	
		LEOPARD =,013	
	NBC =,021		
		M1A2 =,007	
		LEOPARD =,005	
		T-84 =,005	
		LECLERC =,003	
	YSC =,019		
		M1A2 =,006	
		LECLERC =,005	
		LEOPARD =,004	
		T-84 =,004	
	Gizleme =,006		
		T-84 =,002	
		M1A2 =,002	
		LECLERC =,001	
		LEOPARD =,001	
	Kom.Kont=,067		
	Bilgi S.=,047		
		M1A2 =,018	
		LECLERC =,013	
		LEOPARD =,010	
		T-84 =,006	
	IFF =,013		
		M1A2 =,003	
		LECLERC =,003	
		T-84 =,003	
		LEOPARD =,003	
	Haberles=,007		
		M1A2 =,002	
		LECLERC =,002	
		LEOPARD =,002	
		T-84 =,001	
Opr.iht.=,137			

## · EN İYİ TANK SEÇİMİ

	Bkm.Onr.=,091		
		M1A2 =,033	
		LEOPARD =,023	
		LECLERC =,019	
		T-84 =,017	
	Dsk.Slt.=,020		
		T-84 =,006	
		M1A2 =,005	
		LECLERC =,005	
		LEOPARD =,004	
	Gels.lmk=,020		
		M1A2 =,006	
		LEOPARD =,005	
		LECLERC =,005	
		T-84 =,004	
	Cv.Zarar=,006		
		LEOPARD =,002	
		T-84 =,001	
		LECLERC =,001	
		M1A2 =,001	

GOAL	,296	
Ates.güc	,259	
Ats.K.S.	,225	
Beka	,220	

EK-B

		Tamamıyla Önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli									
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
Sistem İhtiyaçları	A																		B Oper. İhtiyaçları

		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli									
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
Ateş gücü	A																		B Beka
	A																		C Hareket kabiliyeti
	A																		D Komuta kontrol
Beka	B																		C Hareket kabiliyeti
	B																		D Komuta kontrol
Hrkt. Kabiliyeti	C																		D T31 Komuta kontrol

		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli									
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
Kolay Bak. On. İm.	A																		B Opr. İ. Gel. İm.
	A																		C Çevreye Zararı
	A																		D Düşük Silüet
Opr. İ. Gel. İm.	B																		C Çevreye Zararı
	B																		D Düşük Silüet
Çevreye zarar	C																		D Düşük Silüet

Kriterler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
	Tamamıyla önemli				Çok kuvvetli derecede önemli				Kuvvetli derecede önemli				Çok kuvvetli derecede önemli					
Silah Sistemleri	A																	B Atış Kontrol Sistemi
	A																	C Yardımcı Sistemler
Atış Kontrol Sistemi	B																	C Yardımcı Sistemler

Kriterler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
	Tamamıyla önemli				Çok kuvvetli derecede önemli				Kuvvetli derecede önemli				Çok kuvvetli derecede önemli					
Zırh Koruması	A																	B YSC
	A																	C NBC Donanımı
	A																	D Tehdit İkaz ve K/T
	A																	E Gizleme
YSC	B																	C NBC Donanımı
	B																	D Tehlike İkaz ve K/T
	B																	E Gizleme
NBC Donanımı	C																	D Tehlike İkaz ve K/T
	C																	E Gizleme
Tehlike İkaz ve K/T	D																	E Gizleme

Kriterler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
	Tamamıyla önemli				Çok kuvvetli derecede önemli				Kuvvetli derecede önemli				Çok kuvvetli derecede önemli					
Güç Kaynağı	A																	B Gövde
	A																	C Şoför Bölmesi
Gövde	B																	C Şoför Bölmesi

Kriterler	Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bilgi Sistemi A																	
A																	
Haberleşme Sistemi B																	

Silah Sistemleri Kriterler	Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1A2 Abrams A																	
A																	
A																	
Leclerc B																	
B																	
T-84 C																	

Atış Kont. Sistemi Kriterler	Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1A2 Abrams A																	
A																	
A																	
Leclerc B																	
B																	
T-84 C																	

Yardımcı Sistemler		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eğit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Yardımcı Sistemler								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Zırh Koruması		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eğit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	Zırh Koruması								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

YSC		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eğit önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	YSC								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriterler
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

NBC Donanımı		NBC Donanımı																
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli			Biraz daha fazla önemli			Eğil önemli			Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli
M1A2 Abrams	A																	B Leclerc
	A																	C T-84
	A																	D Leopard 2A5
Leclerc	B																	C T-84
	B																	D Leopard 2A5
T-84	C																	D Leopard 2A5

Tehlike İkaz ve K/T Si.		Tehlike İkaz ve K/T Si.																
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli			Biraz daha fazla önemli			Eğil önemli			Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli
M1A2 Abrams	A																	B Leclerc
	A																	C T-84
	A																	D Leopard 2A5
Leclerc	B																	C T-84
	B																	D Leopard 2A5
T-84	C																	D Leopard 2A5

Gizleme		Gizleme																
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli			Biraz daha fazla önemli			Eğil önemli			Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli
M1A2 Abrams	A																	B Leclerc
	A																	C T-84
	A																	D Leopard 2A5
Leclerc	B																	C T-84
	B																	D Leopard 2A5
T-84	C																	D Leopard 2A5



Güç Kaynağı Kriterler	Güç Kaynağı Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1A2 Abrams	A																
	A																
	A																
Leclerc	B																
	B																
T-84	C																

Gövde Kriterler	Gövde Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1A2 Abrams	A																
	A																
	A																
Leclerc	B																
	B																
T-84	C																

Şoför Bölmesi Kriterler	Şoför Bölmesi Kriterler																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1A2 Abrams	A																
	A																
	A																
Leclerc	B																
	B																
T-84	C																

Bilgi Sistemi		Kriterler									Bilgi Sistemi								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Dost Düş. Sor. Sis.		Kriterler									Dost Düş. Sor. Sis.								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Haberleşme Sistemi		Kriterler									Haberleşme Sistemi								
Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli			Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eşit önemli	Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli			Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Kolay Bak. On. İm. Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kolay Bak. On. İm. Kriterler
		Tamamıyla önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eğit önemli		Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Opr. İs. Gel. İm. Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Opr. İs. Gel. İm. Kriterler
		Tamamıyla önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eğit önemli		Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5

Çevreye Zararı Kriterler		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevreye Zararı Kriterler
		Tamamıyla önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Kuvvetli derecede önemli		Biraz daha fazla önemli		Eğit önemli		Biraz daha fazla önemli		Kuvvetli derecede önemli		Çok kuvvetli derecede önemli		Tamamıyla önemli	
M1A2 Abrams	A																		B Leclerc
	A																		C T-84
	A																		D Leopard 2A5
Leclerc	B																		C T-84
	B																		D Leopard 2A5
T-84	C																		D Leopard 2A5



## ÖZGEÇMİŞ

Çakır, 1970 yılında Osmaniye'nin Düziçi ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla, Düziçi Tatbikat İlk Okulu ve Düziçi Hacılar Ortaokulu'nda tamamlamıştır. 1984-1988 yılları arasında Işıklar Askeri Lisesi'nde öğrenim gören Çakır, 1992 yılında Ankara Kara Harp Okulu'ndan mezun olmuştur. Bu tarihten itibaren Türk Silahlı Kuvvetleri'nin çeşitli birimlerinde Takım Komutanı olarak görev yaptıktan sonra, 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Ana Bilim Dalı Strateji Geliştirme Yüksek Lisans Programına başladı. Çakır, evli olup, Fransızca ve İngilizce bilmektedir.