

**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ ve ANALİTİK
AĞ SÜRECİ ile MÜHİMMAT SEÇİMİ**

Gökhan KARABACAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Doç. Dr. Mehmet AKTAN

2012

Her Hakkı Saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ ve ANALİTİK
AĞ SÜRECİ ile MÜHİMMAT SEÇİMİ

Gökhan KARABACAK

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2012

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Analitik Ağ Süreci İle Mühimmat Seçimi

Doç. Dr. Mehmet AKTAN danışmanlığında, Gökhan KARABACAK tarafından hazırlanan bu çalışma 06/01/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mehmet AKTAN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tevhit KARACALI

İmza :

(imza)

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Y. Lisans Tezi

ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ ve ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE MÜHİMMAT SEÇİMİ

Gökhan KARABACAK

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet AKTAN

Topçu sınıfı geçmişten günümüze önemini yitirmeyen askeri bir sınıf olmuştur. Topçunun hedefleri gözetilerek düşmanı etkisiz hale getirmek öncelikli amaçtır. Bu çalışmada, topçuluk ve bu alandaki mühimmat seçiminin önemine değinilip, mühimmat seçiminde etkili olan kriterler belirlenmiştir. Çalışmanın devamında bu kriterler dikkate alınarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği ile hedefteki düşman topluluğunu etkisiz hale getirmek için kullanılması mümkün mühimmatların kullanım sırası belirlenmiş ve Analitik Ağ Süreci (ANP) ile sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2012, 103 sayfa

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci, Analitik Ağ Süreci, mühimmat seçimi

ABSTRACT

MS Thesis

MUNITION SELECTION WITH AHP AND ANP

Gökhan KARABACAK

Atatürk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet AKTAN

Artillery is an important military branch from past to now. Artillery's basic target is to destroy or suppress the enemy according to the priority. In this thesis importance of selecting munition and criteria of selecting munition are mentioned. This thesis determines priority of using munition that rested on criterias to destroy the enemy by using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Analytical Network Process (ANP). The results are compared with each other.

2012, 103 pages

Keywords: AHP, ANP, artillery, munition selection

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet AKTAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi manevi desteğini esirgemeyen değerli eşim Özgün KARABACAK ve sevgili oğlum Hasan Mert KARABACAK'a teşekkür ederim.

Gökhan KARABACAK

Ocak 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Topçuluk ve Mühimmat Seçimi	1
1.2. Tarihi	2
1.3. Modern Zaman Öncesi - Küçük Yivsiz Silahlar Çağı	5
1.4. Modern çağ – Tüfekli Silahların Çağı	6
1.5. İkinci Dünya Savaşından Sonra Topçuluk	9
1.6. Mühimmat	9
1.6.1. Tapa	10
1.6.2. Mermi	12
1.6.3. Sevk barutu	13
1.6.4. Fünje	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
2.1. Yabancı Literatürde AHP	15
2.2. Yerli Literatürde AHP	17
2.3. Savunma Sanayinde AHP	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1. Karar Verme Süreci ve AHP	21
3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci	23
3.3. AHP'nin Uygulama Alanları	25
3.4. AHP'nin Üstünlükleri Zayıflıkları	25
3.5. AHP'nin Uygulama Adımları	27
3.6. AHP Yapısının Oluşturulması	31
3.6.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması	31
3.6.2. İkili karşılaştırma ve üstünlüklerin belirlenmesi	34

3.6.3. İkili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlıklar kümesi.....	36
3.6.4. Görelî önem vektörünün elde edilmesi	39
3.6.5. Tutarlılık oranının belirlenmesi	41
3.6.6. Her bir kriter için m alternatif (karar) noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur	44
3.6.7. Alternatiflerdeki sonuç dağılımının bulunması ve en iyi alternatifin belirlenmesi.....	45
3.7. AHP'nin Uygulama Alanları.....	46
3.8. Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Proses-ANP)	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	51
4.1. Problemin Tanımlanması	51
4.2. Hiyerarşik Modelin Oluşturulması	51
4.2.1. Hedef.....	51
4.2.2. Kriterler	52
4.2.2.a. Maliyet.....	52
4.2.2.b. Sapma miktarı	52
4.2.2.c. Zayıf verme	53
4.2.2.ç. Etki alanı	53
4.2.2.d. Hazırlama zamanı.....	53
4.2.3. Alternatifler	54
4.2.3.a. HE-Impact.....	54
4.2.3.b. HE – Time	55
4.2.3.c. HE – Delay.....	55
4.2.3.ç. HE-VT	55
4.2.3.d. ICM (Improvement Conventional Munition-Geliştirilmiş Konvansiyonel Mühimmat)	55
4.2.4. Modelin oluşturulması.....	56
4.3. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	56
4.4. Görelî Önem Vektörünün Elde Edilmesi	58
4.5. Tutarlılık Oranının Belirlenmesi.....	62
4.6. Her Bir Kriter İçin m Alternatif (Karar) Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımları Bulunur	63

4.7. Alternatiflerdeki Sonuç Dağılımının Bulunması ve En İyi	
Alternatifin Belirlenmesi.....	81
4.8. Analitik Ağ Süreci Uygulaması.....	83
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	100
ÖZGEÇMİŞ.....	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Romalıların mekanik topları.....	2
Şekil 1.2. Bombard, Malbork Şatosu.....	3
Şekil 1.3. 16-17. Yüzyıllar arası Polonyalıların çoklu silahı	6
Şekil 1.4. Topçu sınıfı şapkası, 1858.....	7
Şekil 1.5. I. Dünya Savaşı esnasında yüksek etkili 15 cm’lik Alman sahra obüsü	8
Şekil 1.6. Top mühimmatına nükleer başlık takılabilmektedir	10
Şekil 3.1. AHP’nin avantajları (Demirbilek 2007)	26
Şekil 3.2. Problemin hiyerarşik modeli (Özgöl 2006)	32
Şekil 3.3. Problemin çok seviyeli hiyerarşik modeli (Özgöl 2006)	32
Şekil 3.4. Standart hiyerarşik yapı (Özgöl 2006)	33
Şekil 3.5. Bir hiyerarşi ve ağ yapısı.....	48
Şekil 4.1. Uygulamaya ait AHP hiyerarşik modeli	56
Şekil 4.2. ANP hiyerarşik modeli.....	83
Şekil 4.3. Hedefe ilişkin olarak kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi.....	84
Şekil 4.4. Maliyet açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi.....	84
Şekil 4.5. Sapma miktarı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	85
Şekil 4.6. Zayıt verme açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	85
Şekil 4.7. Etki alanı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi.....	86
Şekil 4.8. Hazırlama zamanı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi.....	86
Şekil 4.9. Limit matris (Sonuç Ekranı)	87
Şekil 4.10. Limit matris değerlerinin grafik gösterimi (Sonuç Ekranı)	87
Şekil 5.1. Kriterlere ait önem değerleri yüzdeleri	90
Şekil 5.2. Maliyet kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları	91

Şekil 5.3. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları	92
Şekil 5.4. Zayıat Verme kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları	93
Şekil 5.5. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları	94
Şekil 5.6. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları.....	95
Şekil 5.7. Topçunun düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede mühimmat seçerken kullanacağı sıralamayı oluşturan yüzde değerleri grafiği	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Göreceli değerlendirme skalası.....	28
Çizelge 3.2. Rastsal indeks çizelgesi (Yılmaz 2006)	30
Çizelge 3.3. Örnek ikili karşılaştırmalar matrisi	40
Çizelge 3.4. Rastsalılık Göstergeleri	43
Çizelge 4.1. Kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	57
Çizelge 4.2. Maliyet kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	57
Çizelge 4.3. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	57
Çizelge 4.4. Zayıf Verme kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	58
Çizelge 4.5. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	58
Çizelge 4.6. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	58
Çizelge 4.7. Maliyet kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	63
Çizelge 4.8. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	67
Çizelge 4.9. Zayıf Verme kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	71
Çizelge 4.10. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	74
Çizelge 4.11. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi	78
Çizelge 5.1. AHP ve ANP sonuçları karşılaştırma çizelgesi	99

1. GİRİŞ

1.1. Topçuluk ve Mühimmat Seçimi

Topçuluk eski çağlarda bu adla isimlendirilmemesine rağmen topçu silahı olarak tanınan savaş makineleri bu çağlarda kullanılmaktaydı. Batı tarihindeki ilk görülen topçu silahı Alexandria HERO zamanında, Hristiyanlık dönemi öncesinde Roma lejyonlarında kullanılmıştır. Bu tarihler boyunca topçu silahları mühendislik ürünleri olarak yer almakta, ihtiyaç duyulduğunda kullanılmaktaydı. Eski çağlarda topçuluk mühendisliğin bir parçası olarak görülüyordu. Çünkü bu aletler genelde yerel materyallerle geçici olarak inşa ediliyordu.

Barut icat edilene kadar topçu mühimmatını belirli bir menzile kadar ulaştırmak için mekanik enerjiden faydalanılıyordu. Ortaçağ'da topçulukta kullanılan aletler atlarla çekiliyordu. Modern çağda ise topçu mürettebatı ve mühimmatı tekerlekli araçlar tarafından yer değiştiriyordu. Deniz kuvvetleri tarafından kullanılan topçu ise topçu mühimmatı olarak kullanılan füzeler ile büyük bir değişikliğe uğramıştır.

Top, askeri tarih boyunca çok çeşitli şekillerle ve materyallerle üretilmiş olup, çeşitli hedeflere zarar vermek için kullanılmıştır. Mühimmat türündeki mühendislik tasarımı çalışmaları birçok kez değişikliğe uğramıştır. Ve günümüzde karmaşık teknolojik uygulamalara dönüşmüştür.

Bazı ordularda mühimmat topçu silahıdır. Bir hedef üzerine ateş etme süreci atış tekniği olarak adlandırılır. Bu atış tekniği silahın mürettebat ile beraber görerek veya görmeyerek atışını içerir. Topçu birliklerinin kullanılmasındaki ana amaç topçu desteğinin sağlanmasıdır ve tarihin çeşitli dönemlerinde bu silahlar yerden, denizden ve havadan ateş etmek için tasarlanmıştır.

Topçu terimi ilk görevi topçu silahları kullanmak olan asker ve denizcileri tarif etmesine rağmen rütbesi ne olursa olsun bu silahları kullanan herkese topçu denir. Oysaki topçu, topçu birliklerindeki en düşük rütbededir. Topçu dendiğinde obüs, havan ve bu gibi topçu silahları akla gelir. Bunlara da çoğu zaman top denir. Topçu müfrezesi veya topçu mürettebatı topçulardan ve topçu silahlarından oluşur.

Birkaç topçu mürettebatından ya da topçu müfrezesinden oluşan birliğe de batarya denir. Batarya terimi genel anlamda piyade sınıfında bölük ile eş anlamlıdır. Askeri operasyonlar esnasında topçunun rolü savaşan birliklere yakın ateş desteği sağlamak ya da hedefleri yok etmektir. Topçunun diğer rolü ise yüksek patlayıcı özelliğine sahip mühimmatlar ile düşman üzerinde zayıat yaratmak ya da düşman araç gereç ve pozisyonunu yok etmektir. Topçu ateşi, topçu gözetleyicisi tarafından idare edilebileceği gibi harita üzerinden harita koordinatlarından faydalanılarak da idare edilebilir.

1.2. Tarihi

Eski çağ savaşlarında mühimmatları fırlatmak için mekanik sistemler kullanılırdı. Çoğu zaman bunlar savaş motorları olarak bilinirdi. Mancınık, katapult gibi silahlar askeri tarihçiler tarafından topçu silahları olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1.1. Romalıların mekanik topları

Kayıt altındaki ilk belgeler göstermektedir ki barut kullanan ilk topçu silahları 28 Ocak 1132’de General Han Shizhong tarafından Fujian şehrini ele geçirmek için kullanılmıştır. Bu küçük sağlam silahlar orta doğuya yayılmış ve Avrupa’ya 13. yüzyılda ulaşmıştır. Asya’da Moğollar Çin topçuluğunu benimsemiş ve onları büyük zaferlerinde etkili bir şekilde kullanmışlardır. 14. yüzyılın sonuna doğru Çinli isyancılar, Moğolları bölgeden atmak için yaya askerleri ve topçu birliklerini kullanmışlardır. Ming Dynasty zamanında çeşitli topçu silahlarında uzman, süper makine bataryası kurulmuştur. Çok namlulu toplar geliştirilmiştir. Bugünkü Çin’in Bhurma sınırında yerel bölge isyanlarını baskı altına almak için Ming ordusu fil kullanan düşman birliklerini yok etmek için topçu silahlarından oluşan üç sıradan oluşan silah kullanmıştır. 1593 ile 1597 arasında 300 bin Çin ve Japon askeri Kore’de savaşmış, iki tarafta kara ve deniz savaşlarında topçuyu yoğun bir şekilde kullanmıştır. 1415’de Portekizliler Akdeniz liman kenti olan Ceuta’yı işgal etmişlerdir. Ancak Portekizliler burayı işgal ederken ne kullandıkları bilinmemekle beraber, bu kenti savunurken Bombardas, Colebratas, Falconetes isimli topçu silahlarını kullandıkları bilinmektedir. 1419’da sultan Abu Sa’id bu şehri tekrar ele geçirmek için bir ordu kurmuş ve Faslı askerlere top vermiş ve Ceuta şehrine saldırırken bunları kullandırmıştır.



Şekil 1.2. Bombard, Malbork Şatosu

Sonuçta top benzeri ateşli silahlar ve bunu kullanan askerler 1437’de Morocco’da görülmüştür. Avrupa’da topçuluğun gelişimi ise yüzyıl savaşları sırasında olmuş ve savaşın gidişatını değiştirmiştir. Takip eden yıllarda İngilizler askeri olarak barut kullanan silahları ilk defa İskoçyalılara karşı kullanmıştır. Ancak bu dönemde topçu silahları çok küçük çapta kullanılmakla beraber güçlü silahlar değildi. Topçu silahları sadece kaleleri savunurken kullanılıyordu. Örneğin 1356’da Breteuil’da kuşatılmış olan İngiliz birlikleri, saldıran Fransız birliklerini yok etmek için topları kullanmışlardır. 14.Yüzyılın sonlarına doğru toplar ancak çatıları parçalayacak kadar güçlüydü, ancak kale duvarlarından içeri girecek kadar güçlü değildi. Bununla beraber en büyük değişiklik topçunun daha güçlü olmaya başlaması, savunma hatlarında ve kalelerde etkili olarak kullanılması 1420 ile 1430 arasında olmuştur. İngiliz ve Fransızlar askeri teknolojilerini geliştirmişlerdir. Sonuç olarak kuşatmadaki savunma pozisyonunun avantajı yok olmuştur. Bu dönemde toplar ince ve uzundu, barut içeriği geliştirilerek üç kat daha güçlü olması sağlanmıştır. Bu değişiklik topçu silahlarının da güçlü olmasını sağlamıştır.

Jan Dark barutlu silahlarla birkaç kez karşılaşmıştır. Tourelles savaşında İngilizlere karşı Fransızları yöneten Jan Dark 1430 yılında Tourelles savaşında yoğun bir şekilde barutlu silahlarla karşılaştı ve onun birlikleri bu savaşta zafer ile ayrıldı. Ayrıca Jan Dark İngilizlerin elinde olan Jargeau, Meung ve Beaugency kasabalarına saldırıları yönetti ve bu saldırıların hepsini geniş bir topçu birliği desteği ile yaptı. Jan Dark Paris saldırılarını yönetirken çok yoğun bir şekilde St. Denis bölgesinde yoğun bir topçu ateşi ile karşılaştı. Bu da onun bu savaşta yenilmesine yol açtı.

1430 Nisanında İngilizlerin desteklediği Burgundianlarla savaşa başladı. Bu dönemde Burgundianlar en güçlü ve en büyük barut cephaneliklerine sahipti ve Jan Dark liderliğindeki Fransızlar, Burgundianlar tarafından püskürtülerek kendilerini savunmak zorunda kaldılar. Sonuç olarak, Jan Dark’ın katılmış olduğu yüzyıl savaşlarının çoğu barut kullanan topçu silahlarıyla yapılmıştır.

İlk olarak elik ve bronzdan yapılmış küçük yivsiz tpler ilk defa 1247 Seville blgesindeki savaşlarda grlmştr. Bunlar demir ve taş parçacıkları fırlatıyorlardı. Bazen de byk oklar, nadiren de bir avuç dolusu malzeme atıyorlardı. Bu yüzyıl savaşları süresince bu silahlar daha çok kullanılmaya başlanmıştır.

1.3. Modern Zaman ncesi - Küçük Yivsiz Silahlar ağı

Toplar genellikle namlu nnden dolduruluyordu. Top atışı esas olarak kuşatmalarda değerliydi. Türklerin bu alandaki en önemli rneği İstanbul kuşatmasıdır. Bu kuşatmada 19 tonluk topdar, 200 insan ve 60 öküz tarafından çekilmişti ve bu topdar günde 7 kez ateşlenebilmekteydi. Avrupa’da ise geliştirilen topdar büyük çaplı namluya sahipti ve bunlar mobil değildi. Sadece tek bir kez yerleştirilebiliyordu.

Topçu silahlarının taşınabilir olmasını ne süren Jan Zizka, Bohemia’da ki Hussite savaşında topdarı kzlerle çekerek bunu göstermiştir (1418–1424). Her ne kadar bu topdar büyük ve hantal olsa da bunu başarmıştır. 16. yüzyılda silahşorluğın yükselişi ile birlikte topdar savaş meydanlarından büyük ölçüde kaybolmuştur. Çünkü topdar, kullanmak için çok yavaş ve hantaldı ve düşman ilerleyişinde çok çabuk bir şekilde kaybedilmekteydi.

Merminin ve barutun birleştirilmesi 1620’de bir çanta içinde bir araya getirilerek gerçekleştirilmiş, kartuş şeklini almış ve hızlı bir şekilde diğer milletler tarafından benimsenmiştir. Bu da merminin hızlı ve güvenilir bir şekilde yüklenmesine yol açmıştır. Ama açılmamış çanta parçacıkları namlu içinde kirlenmeye yol açmıştır. Bu da yeni, ayrı bir aletin doğmasına neden olmuştur.

Topdarı savaş sahasında etkili bir g hale getiren General Gustavus Adolphus, topluktaki gelişmeyi daha hafiflik ve küçüklük olarak görmüş ve bunları öncekinden daha fazla bir şekilde kullanmıştır.

Yüksek patlayıcılı, tapalı top mermileri 17. yüzyılda geliştirilmiştir. Gemi topçuların, obüslerin ve havanların gelişmesi de aynı dönemde başlamıştır. Bu dönemde çok değişik dizaynlar, özellikle çok namlulu topçu silahlar da üretilmiştir.



Şekil 1.3. 16-17. Yüzyıllar arası Polonyalıların çoklu silahı

1650 de Kazimiers Siemienowicz'in kitabı olan "*Artis Magnae Artilleriae pars prima*" en önemli çağdaş topçu kitaplarından biridir. Bu kitap 200 yıl boyunca Avrupa'da temel topçu talimnamesi olarak kullanılmıştır.

Bu dönemdeki topçuluğun en önemli etkisi, görmeyerek atış olmuştur. Şehir duvarlarının ve herhangi bir kalenin direncini azaltmak için kullanılmıştır. Böylece krallar ortaya yeni çıkan topçunun üstünlüğü ile bölgedeki Lord'lara kendilerini kabul ettiriyorlardı.

1.4. Modern Çağ – Tüfekli Silahların Çağı

Toplar küçülmeye ve hafıflemeye başladı. Prusya kralı ikinci Frederick, 7 yıl savaşlarında ilk defa hafif top kullandı. Ama 19. yüzyılın ortalarına kadar metalürji, kimya ve imalattaki gelişmeler topun temel dizaynını ve kullanımını değiştirmede.

18. yüzyılda ünlü bir Fransız mühendis Jean-Baptiste de Gribeauval top dizaynını standart hale getirmesi ile topçuluk üstünlük kazanmaya devam etmiştir. Tüm Fransız obüslerinin kullanabileceği standart mühimmat, namlu ve taşıma aparatlarına sahip 6 inç (150 mm'lik) sahra obüsünü geliştirdi. Cıvatalarına kadar standart ve değiştirilebilir parçalara sahip bu obüsler seri üretimi ve bakım onarımı çok kolaylaştırmıştır.

Bu dönemdeki diğer bir değişiklik ise toplardaki ateşleme tertibatının geliştirilmesidir. Toplardaki eski ateşleme tertibatı küçük bir delikten az miktar barutun ateşlemesini sağlamaktır. Bu teknik çok hatalıdır. Çünkü tutuşturulmuş barut yağmurlu ya da rüzgârlı havada çabucak sönmekteydi veya miktarının iyi ayarlanmadığı durumlarda topun patlamasına yol açabiliyordu.

Yeni ateşleme mekanizmasında ise bir tetik tertibatı yapılmış ve bu tetik tertibatı küçük bir barutu ateşlemekte o barutta başka bir barutu ateşlemekte, o şekilde atış yapılmaktaydı. Bu ateşleme tertibatı uzaktan da kontrol edilebiliyordu.

Bu değişiklikler 1789'da bir topçu subayı olan Napolyon'un zaferinde etkili olmuştur. 1860'dan itibaren topçuluk hızlı bir teknolojik ve operasyonel değişikliğe uğramıştır. 1870'lerde ve sonrasında bu değişiklikler ilerlemeye devam etmiştir. Top mürettebatının topun arkasından çok yüksek oranda barut yüklemesine olanak veren ilk etkili arkadan yükleme sistemi 1855'de Sir William Armstrong tarafından geliştirilmiş ve 1859'da İngiliz ordusu tarafından benimsenmiştir.



Şekil 1.4. Topçu sınıfı şapkası, 1858

Modern özellikler içeren ilk top 1897’de arkadan yüklenen, çantalı mühimmata sahip modern görünüşlü, kendinden ateşleme mekanizması olan, hidro pinomatik geri tepme düzeneğine sahip Fransız 75 diye adlandırılan toptur.

1870 yılındaki savaştan sonra Almanlar, görmeyerek ateşin en güçlü savunucularından biri olmuştur. 1882’de bir Rus subayı olan Yarbay GUK görmeyerek ateşleri, gözetleyici tarafından yapılan düzeltmeleri ve nişan alma gereksinimlerini tarif etmiş ve bunlar için pratik metotlar sunan “Sahra Topçusu için Görmeyerek Ateş” adlı kitabı yayınlamıştır.



Şekil 1.5. I. Dünya Savaşı esnasında yüksek etkili 15 cm’lik Alman sahra obüsü

Birkaç yıl sonra, Almanya’da atışın derece ile yapılmasına olanak sağlayan bir sistem geliştirildi. 15 yıl boyunca görmeyerek yapılan ateşlerde bu teknik her çeşit top için uygulanabilir oldu.

Görmeyerek ateşler 20. yüzyıl topçuluğunun karakteristiğini oluşturmuştur. Bununla birlikte topçuda daha önce hayal edilemeyen tekniklerin geliştirilmesine yol açmıştır. Topçuluktaki bu ilerlemeler I. Dünya savaşında çokça kullanılmıştır.

İsabetli atışlara olanak veren ilerlemeler I. Dünya savaşının sonlarında olmuştur. Bu gelişmeler sonucunda topçuluk, toplu olarak ateş etmek yerine isabetli atış kavramına doğru yönelmiştir.

1.5. II. Dünya Savaşından Sonra Topçuluk

Modern topçuluk büyük namlusuyla, patlayıcı mermi ya da füze ateşlemesi ile açıkça göze çarpmaktadır. Böylesi bir büyüklük ve ağırlık ona daha özel bir ateşleme ve hareket kabiliyeti sağlayan taşıyıcıları gerektirmiştir. En önemli karakteristiği görmeyerek ateşlerdir. Bu da hedefi görmeden hedefe yönlendirilmiş atış donanımlarının içinde bulunmasını sağlamıştır.

Görmeyerek atış 20'nci yüzyılın başlarında ortaya çıkmış ve I. Dünya savaşında tahmin edilebilir atış metotlarıyla artarak kullanılmıştır. Görmeyerek atışta atış veri tabanları kullanılır, tahmin edilebilir atış metotlarında bu veriler standart namlu hızı, sıcaklık, rüzgâr ve hava yoğunluğudur.

Modern topçu terimi obüs, havan, sahra topu, roket ve füzeleri içerir. Bu terim ayrıca geleneksel olarak kıyıları denizden saldırılara karşı koruyan kıyı topçusunu da içerir. Yine bu terim 20. yüzyılın başlamasıyla artan silahlı hava araçlarına karşı kullanılan kara hava savunma topçusunu da içine almıştır.

1.6. Mühimmat

Lojistiğin en önemli görevlerinden biri de topçu mühimmatının sağlanması, depolanması, tapaların, patlayıcıların ve savaş başlıklarının topçu birliğinin bulunduğu yerde hazır edilmesidir.



Şekil 1.6. Top mühimmatına nükleer başlık takılabilmektedir

Bir topçu mühimmatı dört elemandan oluşur. Bunlar;

- a) Tapa
- b) Mermi
- c) Barut
- d) Fünye

1.6.1. Tapa

Tapa topçu mühimmatının patlamasını sağlayan tetik mekanizmasıdır. Genel olarak dört çeşittir;

- a) Vuruş (gecikmeli tapayı da içerir)
- b) Mekanik zaman tapası
- c) Yakınlık sensörlü tapa
- d) Elektronik tapa

Çoğu tapalar burun tapalarıdır. Dip tapaları zırh delici mermilerde ve anti tank mermilerinde kullanılır.

Vuruş tapaları HE (high explosive) topçu mermilerinde standart olarak kullanılır. Bu tapalar normal olarak hedefe çarptığı anda ya da gecikmeli olarak da hedefin içine girdiğinde patlayacak şekilde kullanılabilir. Gecikmeli tapalar merminin patlamadan önce hedefin ya da yerin içine girmesine izin verir. Zırhlı ya da beton delici tapalar özel olarak sertleştirilmiştir.

HE mermileri her tapayla kullanılabilir. Havada patlayan tapalara genellikle vuruş etkili tapa özelliği de eklenmiştir. Yakınlık sensorlu tapalar çıkana kadar havada patlayan tapalar sıkça kargo mühimmatta özellikle parça tesirli, aydınlatma ve sis mermilerinde kullanılmıştır. Havada infilak eden tapalara çalışma süresi ayarlanır. Bu da mermi ateş etmeden önce yapılır.

Mekanik zamanlı tapalar 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Bu tapalarda mekanizmalarda saatlerde olduğu gibi yaylar kullanılmaktadır. 1980 den itibaren elektronik zamanlı tapalar mekanik zamanlı tapaların yerini almaya başlamıştır.

Yakınlık sensorlu tapalar iki çeşitlidir: foto elektrik ve radar. İlki çok başarılı bir tapa değildir ve sadece İngiltere tarafından II. Dünya savaşında hava savunma topçuları tarafından kullanılmıştır. Radar yakınlık sensorlu tapalar mekanik zamanlı tapalara göre büyük bir gelişme olarak ortaya çıkarak onun yerini almıştır. Mekanik zamanlı tapalar standart olmayan koşullardan etkilenen çalışma zamanının kesin bir şekilde hesaplanmasını gerektirmekteydi. Yerden 20-30 feet yüksekte infilak etmesi gereken HE mermisi tapanın çalışma zamanının yanlış hesaplandığında mermi yere çarpmaktaydı yada daha yüksekte infilak etmekteydi.

İlk radar yakınlık sensorlu tapa (VT kod isimli) ilk olarak II. Dünya savaşında uçaklara karşı kullanıldı. Bu tapaların kullanımı atıldıktan sonra patlamayan mermilerin düşman tarafından kullanılmasından ve kopyalanmasın korkulduğu için ertelenmiştir. İlk

yakınlık sensorlu tapa yerden 30 feet yüksekte patlamayı sağlaması için dizayn edilmiştir. Bu tapalar vuruş etkili tapalara göre daha ölümcüldür. Çünkü merminin daha fazla parçası araziye yayılmakta ve vuruş etkili mermilerden korunmak için yüzü koyun yatmış askerlerin bulunduğu araziye dağılmaktaydı.

Yakınlık sensorlu tapalar yoğun yağmur bulutlarındaki nemden dolayı erken infilak edebiliyorlardı. Bu sorun II. Dünya savaşından sonra kontrol edilebilir değişken zamanlı tapaların (CVT) ortaya çıkmasına sebep oldu. Bu tapalar infilak etmeden 5 saniye önce radar yakınlık sensörü harekete geçen mekanik tapadan oluşmaktaydı.

Yakınlık sensorlu tapalar Avrupa'daki savaş alanlarında Aralık 1944'ün sonlarında ortaya çıkmıştır. Bu tapalar Amerikan topçusu tarafından yılbaşı hediyesi olarak bilinmektedir ve bunlardan Amerikan topçusu Bulge savaşında çok memnun kalmıştır. Amerika Pasifikte kamikaze saldırılarına karşı hava savunma mermilerinde, İngiltere' de Almanların V-1 bombalarına karşı büyük bir ölçüde bu tapaları kullanmıştır.

Elektronik çok fonksiyonlu tapalar 1980'lerde görünmeye başlamıştır. Sağlam elektronik devreler kullanılan nispeten ucuz ve güvenilir tapalardır ve bazı batı ordularında mühimmatlarda standart olmaya başlamıştır. Bu tapaların ilk versiyonlarında yükseklik ayarlanabilirse de sadece havada patlayan yakınlık sensorlu tapalardı.

Sonraki versiyonlarında tapa indüklemeye ayarı geliştirilmişti ve tapanın fiziksel olarak test edilmesi yerine tapa ayarlayıcısı kullanılmaktaydı. En son versiyonu Junghan DM84U vuruş etkili, gecikmeli, yakınlık sensorlu tapa seçeneklerine olanak vermektedir.

1.6.2. Mermi

Mermi topun namlusundan fırlatılan mühimattır. Top mermileri üçe ayrılır: infilak eden, dipten fırlatılan, burundan fırlatılan. En modern ise I. Dünya savaşında ortaya

çıkan dipten fırlatılındır. Hem dipten hem de burundan fırlatılan mermiler her zaman havada patlamayı sağlayan tapalarla kullanılabilir. İnfilak etkili mermiler taktik ihtiyaçlara göre çeşitli tipteki tapalarla kullanılabilir. Mermiler çok çeşitlidir:

İnfilak etkili mermi: HE mermileri, HE anti tank mermileri, beyaz fosfor, renkli işaret mermileri, kimyasal mermiler, nükleer mermiler.

Dipten fırlatmalı mermiler: çift amaçlı geliştirilmiş mühimmat (DPICM), mayın dağıtma mermisi, aydınlatma mermisi, sis mermisi, yangın mermisi, propaganda mermisi, elektronik karıştırma mermileridir.

Burundan fırlatmalı mermi: şarapnel mermisi, yangın mermisi

1.6.3. Sevk Barutu

Tüm topçu silahları mermiyi hedefe göndermek için sevk barutu kullanır. Sevk barutu yavaş patlayıcıdır. Bunun anlamı barutun patlamak yerine hızlı bir şekilde yanarak parlamasıdır. Yanan sevk barutu sonucu ortaya çıkan ani gaz basıncıyla mermi yüksek bir hıza ulaşır.

19. yüzyılın sonlarına kadar sevk barutu olarak sadece kara barut kullanılıyordu. Kara barutun çeşitli dezavantajları vardı; nispeten güçsüz, mermiyi fırlatmak için büyük bir miktar barut gerektirmesi, yandığında beyaz duman çıkarması ve bununda hedefi görmeyi engellemesi, topun pozisyonunu bozması, nişan alınmasını imkânsız hale getirmesi. 1846'da nitro selüloz keşfedildi ve yüksek patlayıcı olan nitrogliserin bulundu. Nitroselüloz önemli ölçüde kara baruttan daha güçlü ve dumansızdı. İlk nitroselüloz istikrarsızdı ve çok hızlı yanıyordu ve ısınıyordu, bu da namlunun ısınmasına neden oluyordu. Dumansız barutun yaygınlaşması daha güçlü, dumansız ve istikrarlı nitroselüloz ve nitrogliserinin bileşiminden oluşan çift esaslı barutun gelişmesine kadar bekledi.

Zaman içinde birçok formülasyonlar geliştirildi. Genellikle topçu sevk barutunun optimum karakteristikleri olan düşük sıcaklık, yüksek enerji, korozyon yapmayan, yüksek oranda istikrarlı, ucuz ve imalat kolaylığı sağlayan seviyeye ulaşmak için çabalandı. Modern sevk barutları üçe ayrılır: nitroselülozdan oluşan tek bazlı barutlar, nitroselüloz ve nitrogliserinden oluşan çift bazlı barutlar, nitroselüloz, nitrogliserin ve nitroguanidini'den oluşan üçlü bazlı barutlar.

Sevk barutu ayarlamak iki şekilde yapılır: kartuş torbaları ve metal kartuş kutuları. Genellikle hava savunma topçusu ve daha küçük çaptaki silahlar metal kartuş kutuları kullanır. Bu da mermi yüklemesini kolaylaştırır ve gerekli olan yüksek oranda ateş gücü sağlar. Torbalı sevk barutu hedefin menziline göre sevk barutunu ayarlamaya ve büyük olan mermilerin taşınmasını izin verir (Wikipedia a 2011).

1.6.4. Fünje

Fünje küçük miktarda yüksek patlama hızına sahip, kapalı kap içinde bulunan bir patlayıcıdır. Sevk barutunun ateş almasını sağlayan tetikleme mekanizmasının bir parçasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Yabancı Literatürde AHP

AHP ile ilgili daha önce yapılan birçok çalışma mevcuttur. Chan and Lynn (1991) çalışmalarında, uzun dönem karlılık ölçümleri için gerekli çok ölçütlü performans göstergelerinin belirlenmesine, bazı göstergelerin kullanımında yaşanan zorluklara, çeşitli performans göstergelerinin sentezlenmesinde yani bileşik performans göstergeleri haline gelmesinde AHP tekniği uygulamasına yer vermişlerdir.

Lange and Ossadnik (1999), çok ölçütlü karar verme tekniklerinde yazılım desteğinin önemini belirtmiş ve AHP tekniğini kullanarak, AHP yazılımlarını analiz etmişlerdir. AHP yazılımlarını, performans ve maliyet ana kriterlerine bağlı teknik fonksiyonellik, kullanıcı fonksiyonelliği, başlangıç maliyeti gibi 5 adet alt kriter ve bu alt kriterlere bağlı sonuçların grafiksel gösterimi, kolay öğrenilebilirliği, hiyerarşi elemanlarının sayısı gibi 10 adet alt kriteri ele almışlardır. AHP tekniği ile yapılan değerlendirme sonucunda EC Pro, Automan ve Hıpre 3+ yazılımlarından EC Pro yazılımını, en düşük maliyeti ve genel önceliği açısından ilk sırada seçmişlerdir.

Al-Harbi (2001), AHP' yi proje yönetimi alanında en uygun müteahhit firmayı seçmede kullanmıştır. AHP ile seçim için belirlenen nitelikler önceliklendirmiş ve öncelik sırasına göre derecelendirme yapılarak müteahhit listesi oluşturmuştur.

Vaidya and Kumar (2004), AHP uygulamalarını içerdiği konulara göre sınıflandırmış, yapılan birçok uygulamadan yola çıkarak literatür araştırması yapmışlardır. Yılları ve belirli uygulama alanlarını baz alarak yapılan çalışmaları analiz ederek, AHP ile ilgili bulgulara yer vermişlerdir.

Ko (2005), dağıtım tesis yerleşim probleminde AHP tekniğini kullanmıştır. Dağıtım çevresinin belirsizliği ve kesinsizliği nedeniyle kompleks bir karar verme problemi

haline gelen yerleşim probleminin çözümünde AHP ve Faktör Analizini kullanmıştır (Kadak 2006).

Saaty (1991) çalışmasında AHP süreci ve özvektör üzerinde durmuştur. Ayrıca bu çalışmada AHP'ye ilişkin bazı matematiksel kavramlardan bahsedilmiştir.

Saaty (1994) çalışmasında Arrow'un teoreminden faydalanmıştır. Bu teoremden ise, gerçekleşmesi çok zor olan durumların olasılığı incelenmiştir. Saaty oran ölçekleri için bir metrik geliştirmiş ve bu ölçekte, özellikler ya da nesnelerden oluşan iki grubun birbiriyle olan uygunluğunu bulmuştur. Gerçekleşmesi mümkün olmayan durumlarda grubun birbiriyle olan uyumsuzluğu ve tutarsızlığına belirli derecede izin verilmiştir.

Ramanathan and Ganesh (1995), çok kriterli kaynak dağıtım problemlerinin çözümünde AHP'yi kullanmışlardır. Bu tip uygulamalarda amaç fonksiyonu katsayılarını belirlemek için iki yaklaşım tanımlamışlardır. Birinci yaklaşımda, AHP önceliklerini ikinci yaklaşımda ise fayda maliyet oranlarını amaç fonksiyonu katsayıları olarak kullanmışlardır.

Honert and Lootsma (1996), AHP'de gruplaşma sürecini ele almış ve bununla ilgili olarak pareto optimalini incelemişlerdir. Pareto optimal; grup üyelerinin bir seçeneği diğerine tercih etmesi durumunda, verilecek kararın bütün grup üyelerinin tercih etmiş olduğu seçenek olması gerektiğini ifade etmektedir. Karar verme aşamasında; grup yargıları, geometrik ortalaması alınarak ifade edilmiştir.

Cox (2007) çalışmasında AHP'nin son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığına ve AHP hakkındaki prosedürün de geliştirilmeye çalışıldığına dikkatleri çekmiştir. Ayrıca karar vericilere alternatifler arasında karşılaştırma yapabilmeleri için izleyebilecekleri bir strateji olarak simülasyon tekniğini önermiştir.

An *et al.* (2007) çalışmalarında üç farklı modelin doğruluğunu karşılaştırmış ve AHP'nin kullanımını diğer modellere göre daha doğru, güvenilir ve açıklayıcı

bulmuşlardır. Ayrıca çalışmaları AHP yardımıyla inşaat fiyatlarının tahmin edilmesini de kapsamaktadır.

Wang *et al.* (2007) çalışmalarında fabrika ortamındaki çeşitli ekipmanlar için farklı bakım stratejilerini Bulanık AHP ile değerlendirmişlerdir. Örnek olarak da buhar kazanları için en uygun bakım stratejisinin önceden tahmin edilebilen bakım olduğunu göstermişlerdir.

Yoo and Choi (2006) havaalanlarında yolcu kontrollerinde güvenlik önlemlerini geliştirmede, Chin *et al.* (1999) ISO 14001 tescili elde edebilmek için strateji geliştirme ve başarı faktörlerini değerlendirmede, Ahire and Rana (1995) toplam kalite yönetimi uygulamasına geçmeye karar veren bir şirket için en uygun pilot projenin seçiminde, Tadisina *et al.* (1991) en uygun doktora programının seçiminde AHP'yi etkin bir şekilde kullanmışlardır (Aydın 2008).

2.2. Yerli Literatürde AHP

AHP metodu ülkemizde de değişik karar verme problemlerinde uygulanmıştır:

Eraslan ve Algün (2004), ideal performans değerlendirme formu tasarımı için en uygun yöntemin seçiminde AHP'yi kullanmışlardır.

Sekreter vd. (2004) tarafından, gıda sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin finansal oranları kullanılarak, şirketlerin kredibilitelerinin derecelendirilmesine yönelik AHP ile örnek bir model geliştirmişlerdir.

Ayyıldız (2006), CIM yatırımı yapmak ve mevcut durumu korumak arasındaki seçimi AHP ve bulanık AHP metotlarını kullanarak karara bağlamıştır.

Büyüközkan vd. (2010), yazılım geliştirme stratejisi seçiminde bulanık AHP yöntemini uygulamışlardır.

Kahraman vd. (2004), catering firmalarını karşılaştırmada bulanık AHP metodundan faydalanmışlardır.

Başlıgil (2005), yazılım seçimi probleminde bulanık AHP metotunu kullanmıştır (Durdudiler 2006).

Yılmaz (1999), varsayıma dayalı basit bir arazi kullanımı seçim problemi örneği üzerinde, AHP ile en iyi alternatifin seçilmesi işlemini uygulamıştır.

Kuruüzüm ve Atsan (2001), AHP tekniği ve işletmecilik alanındaki uygulamalarına yönelik inceleme çalışması yapmışlardır.

Dağdeviren ve Eren (2001), tedarikçi firma seçiminde AHP'yi ve 0-1 hedef programlama tekniklerini bir arada kullanarak bir uygulama yapmışlardır.

Çam ve Toraman (2003), üç farklı senaryo altında Hazar petrollerinin geçeceği en uygun güzergahın seçilmesinde AHP tekniğini kullanmışlardır.

Hasgül ve Koparal (2004), bilgi teknolojilerinin değişim kararı probleminin çözümünde AHP tekniğini kullanmışlardır.

Atan vd. (2004), bir bankada kredi talep edenlerin taleplerinin değerlendirilmesinde AHP tekniğini kullanarak, talebin kabul ya da red kararı amacına ilişkin bir çalışma yapmışlardır.

Dağdeviren vd. (2004), AHP ile iş değerlendirme sistemi tasarlamışlar ve bir işletmedeki uygulamalarına yer vermişlerdir.

Eraslan ve Algün (2005), AHP tekniği ile ideal bir performans değerlendirme formu tasarlamışlardır. Performans değerlendirme yöntemlerinden en uygun olanı bulmak için AHP'yi kullanarak iki yöntem seçmişlerdir. Bu yöntemler aracılığıyla ideal bir performans değerlendirme formu hazırlamışlardır (Kadak 2006).

2.3. Savunma Sanayinde AHP

Savunma sanayinde AHP kullanımı ile ilgili geçmişten günümüze çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda savaş gemisi tasarımındaki kriterlerin ağırlık katsayılarının hesaplanmasına odaklanmıştır. Gemi tipi olarak yeni ve çok operasyonel bir tip olan Kıyı Savaş Gemisi (LCS) sınıfı bir gemi seçilmiştir (Ata ve Sennaroğlu 2008).

Doğal problemleri elimine etmek üzere uçak servis periyot ayarlama programına adapte edilmiştir (Borchers and Rowan 1986).

Sieber (2009), Amerika Birleşik Devletleri Afrika Komuta Merkezi yerinin seçiminde AHP kullanımını ele almıştır.

Amerika Birleşik Devletleri Ordusunun kabiliyetlerine modernizasyon girişimlerinin katkısını değerlendirmek için yine AHP kullanılmaktadır (McQuail 1993).

Rivera (2009), sahra çadırlarının aydınlatmasında alternatifleri değerlendirmek için AHP kullanmıştır.

Tsagdis (2008), savaş uçağı seçiminde AHP tekniğinden faydalanmıştır.

Deniz kuvvetleri komutanlığında ikmal teşkilllerinin yaptıkları alımlarda tedarikçilerin seçiminde AHP'den faydalanılmıştır (Özcan 2005).

Bahadır (2005), deniz karakol uçağı seçiminde AHP'yi kullanmıştır.

Aytürk (2006), makineli tüfek seçiminde AHP ve Analitik Şebeke Prosesini uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Mayın avlama gemisi seçiminde AHP den yararlanılmıştır (Doğan 2004).

Türk deniz kuvvetlerinde denizaltı seçiminin değerlendirilmesinde yine AHP den faydalanılmıştır (Palaz ve Kovancı 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Karar Verme Süreci ve AHP

Yöneticiler verecekleri kararlar için doğru ve güvenilir tahminlere ihtiyaç duyarlar. Bunu yaparken bilimsel ölçütleri dikkate almaları daha iyi karar vermelerini sağlar. Karar verme problemi en genel anlamda; bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre en uygun seçeneğin seçimi şeklinde tanımlanabilir. Buna göre bir karar probleminin elemanlarını karar verici, seçenekler, kriterler, sonuçlar, çevre ve karar vericinin öncelikleri oluşturur. En basit şekliyle bir karar problemi bir amaç veya ölçüte göre seçenekler arasından bir seçim yapma gibi düşünülebilir (Durdudiler 2006). Karar verme süreci, verilerin nicel olarak bilindiği belirlilik altında karar verme (deterministik modelleme), verilerin olasılık dağılımlarıyla tanımlanabildiği risk altında karar verme, verinin karar sürecindeki ilişki derecesini temsil eden göreceli ağırlıkların atanamadığı belirsizlik altında karar verme sınıflarından birisi içinde değerlendirilebilir (Kadak 2006).

Günümüzde çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleri hayatın her alanında her an karşımıza çıkmaktadır. Bir ev satın alma probleminde hangi evin satın alınacağı kararı, mağaza yeri seçimi, tedarikçi seçimi gibi problemler çok kriterli karar verme problemlerine örnek olarak verilebilir. Bu örneklerde olduğu gibi ÇKKV problemlerinde karar verici daima birden çok alternatifle karşı karşıya kalmaktadır. Farklı kriterlere göre değerlendirmeler yaparak kendisine göre en uygun çözümü tercih etmektedir. ÇKKV problemleri, birden fazla kritere ve en az iki alternatife sahip olan problemlerdir. Ancak alternatiflerden birisi bütün kriterlerde en iyi değere sahipse bu, ÇKKV problemi olarak değerlendirilemez. Böyle bir durumda karar problemi yoktur (Aydın 2006).

Bir karar verme yaklaşımı aşağıdaki karakteristiklere sahip olmalıdır:

Yapılandırması basit olmalı,
 Hem gruplara hem bireylere uyum sağlayabilir olmalı,
 Sezgilerimiz ve genel düşüncemiz için doğal olmalı,
 Uzlaşma ve oy birliğine teşvik edici olmalı,
 Konu hakkında aşırı detayda uzmanlaşmayı ve iletişimi gerektirmemeli,
 Karar verme proseslerinin detayları kolayca gözden geçirilebilir olmalıdır.

Pek çok işletmede karar süreci bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zamanı gerektirir. Alternatif eylem planlarının değerlendirilmesinde ise çok daha kısa bir zaman harcanmaktadır. Analizlerin sonuçları, bir karara varmak için sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedir. Son yıllarda artan modern karar destek yöntemlerinden biri Analitik Hiyerarşi Yöntemidir (Durdudiler 2006).

Karar verme gereksinimi hoşnutsuzluk, yeni bir sorunun varlığı ya da yeni bir durumdan daha çok fayda beklentisi gibi farklı durumlarda ortaya çıkabilir. Bu tür durumlarda aşağıdaki karar verme süreci adımları izlenir:

- Problemin tanımlanması veya bir karara gereksinim duyulması
- Analiz ve alternatiflerin oluşturulması
- Uygun alternatifler arasından seçim yapılması
- Alınan kararın uygulanması
- Karar sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirilmesi
- Geri beslemenin sağlanması (Taşan 2007).

3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process-AHP) karmaşık karar problemlerinde karar alternatif ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan bir "çok kriterli karar verme" yöntemidir. AHP, karar teorisinde zengin uygulamaları olan, nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sunan güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir (Durdudiler 2006). Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen yöntem belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli ve çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır (Özgül 2006). AHP, tecrübe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu prensibine dayanır. İş ve ekonomide çok kişili, çok kriterli karmaşık kararların planlamasında çok kullanışlı olduğunu kanıtlayan güçlü bir yönetim karar aracıdır (Durdudiler 2006).

Asıl çıkış amacı karar vericilerin kompleks kararları verebilmesi için basit ve sistematik bir yolun geliştirilmesidir. Çok sayıda ve birbirleri ile ilişkili öğeler grubu ile karşılaştığında, bunların ancak bir kısmını kontrol altında tutabileceğini anladığında çoğunlukla içgüdüsel olarak söz konusu öğeleri belirli bir takım özelliklere sahip olup olmamalarına bağlı olarak gruplar halinde birleştirilmeye çalışılır. Analitik hiyerarşi prosesinin de temelde gerçekleştirmeyi amaçladığı hedef budur. Sürecin ilk adımı, karar verme probleminin ayrıntılı olarak ortaya konması ve daha sonra hiyerarşi olarak adlandırılan ve her biri bir dizi öğeden oluşan katmanlar halinde incelenmesidir. Bundan sonra yapılacak olan işlem, hiyerarşinin en alt seviyesindeki öğelerin, en üst düzeyde bulunan ve amacı ortaya koyan öğe üzerindeki etkilerinin saptanmasıdır. Bunun belirlenmesi ise karar verme probleminin her hiyerarşik düzeyi için bir dizi ikili karşılaştırma ve göreceli ağırlıkların bulunmasına dayanır. AHP karar vericinin düşüncelerini baz alarak verilen alternatifler için oran skalası üzerinde göreceli önceliklerinin sayısallaştırılmasını amaçlayan ve karar vericinin değerlendirmelerinin önemini ve karar verme sürecinde alternatiflerin karşılaştırılmalarındaki tutarlılığı dikkate alan bir yöntemdir (Yılmaz 2006).

AHP, karar verici tarafından verilen şeffaf düşüncenin yerini almak için tasarlanmamıştır. Buna rağmen, AHP karar vericilerin düşüncelerini daha iyi organize eder ve diğerlerinden daha düzgün yapar (Durdudiler 2006).

Ayrıca AHP; Analitik, Hiyerarşi ve Proses olmak üzere üç temel kavramdan oluşmaktadır.

- **Analitik:** Analitik karar verme, sorunların hiyerarşik bir biçimde anlamlı daha küçük alt bölümlere ayrıştırılarak daha etkin çözümlenebileceği esasına dayanır. Analitik, sorunlara temel bilim teori ve yöntemleri altında, matematiksel ve mantıksal yaklaşımlarla yanıt aramak anlamına gelmektedir. Analitik çözümde sadece matematiğin değil iktisat teorisinin de temel kuralları kullanılır. Sonuçta bu yöntemle alınan kararların kabul görme ve anlaşılma şansı daha yüksektir.

- **Hiyerarşi:** İnsan beyninin karmaşık durumları nasıl analiz ettiğini gösteren bir modeldir. Bu nedenle de AHP'de hiyerarşi, kişinin sorunu kavrayışına bağlı olarak amaçlar, kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki sistematik ilişkiyi karakterize eder. Çok karmaşık bir problemin basit, anlaşılır bir hiyerarşik yapıda ifade edilmesi de karar vericinin hiyerarşiyi oluşturan her bir öğeyi sistematik bir şekilde analiz ve sentez etmesinde, tek tek değerlendirmesinde kolaylık sağlar.

- **Proses:** Karar probleminin tanımlanmasından çözümlenmesine kadar geçen tüm karar verme süreci aşamalarını ifade eder. Bilindiği üzere çok kriterli karar problemleri detaylı bir araştırma, öğrenme, tartışma ve kişinin önceliklerini gözden geçirme sürecini kapsar. Saaty'e göre AHP, bu sürece yardım etmek ve süreci kısaltmak için kullanılır (Aydın 2008).

Karar verme problemlerinde AHP yi kullanılabilir hale ilk getiren Saaty, AHP' nin temelini teşkil eden 4 temel aksiyom tanımlamıştır (Aydın 2006):

Aksiyom 1: Terslik Koşulu: Karar verici, karşılaştırmalar yapabilmeli ve tercihlerinin derecesini belirleyebilmelidir. Bu tercihlerin derecesi terslik koşulunu yerine getirmektedir. Eğer A, B'nin x katı olarak tercih ediliyorsa, B'nin A'ya göre tercih derecesi $1/x$ olmaktadır.

Aksiyom 2: Homojenlik: Homojenlik benzer öğelerin karşılaştırılması için gereklidir. Örneğin bir kum tanesi ile portakalı büyüklüğü açısından karşılaştırmayız. Karşılaştırılan öğeler homojen olmadığı zaman öğelerin kümelenmesi gerekmektedir.

Aksiyom 3: Bağımsızlık: Tercihler ifade edildiği zaman, kriterlerin alternatiflerden bağımsız olduğu varsayılır.

Aksiyom 4: Beklentiler: Karar verme amacıyla hiyerarşik modelin tamamlandığı varsayılır, bir başka deyişle beklentilerle uyuşacak sonuç için tüm fikirlerin hiyerarşide yer almasından emin olunması gerekir.

3.3. AHP 'nin Uygulama Alanları

AHP birçok probleme uygulanabilen bir yöntemdir ve özellikle de birçok kriterin olduğu kompleks durumlarda alternatifler arasından seçim yapma problemlerine uygulanmaktadır (Yılmaz 2006). AHP, geliştirildiği 1970'li yıllardan bugüne çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Pazarlama, insan kaynakları, finans, bilgi teknolojileri seçimi, nükleer teknoloji, üretim, satın alma, satış, matematik, çevre bilimleri ve daha birçok alanda uygulamaları mevcuttur (Kadak 2006).

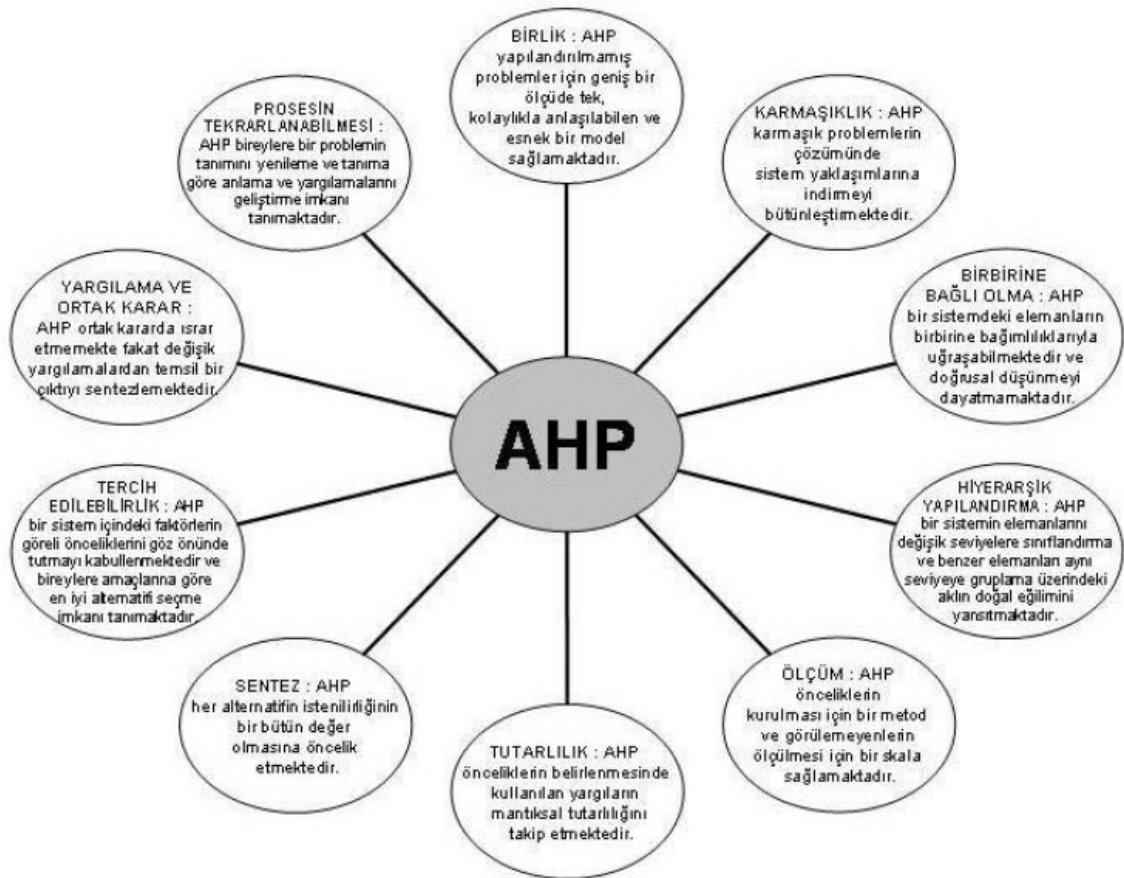
3.4. AHP 'nin Üstünlükleri Zayıflıkları

AHP'nin çeşitli bilim adamları tarafından da belirtilen üstün ve zayıf olduğu yönleri vardır (Aydın 2006).

AHP'nin üstünlükleri:

- Problemin içeriğinin daha kolay anlaşılmasını sağlaması,
- Karmaşık, çok kişili ve çok kriterli problemleri hiyerarşik olarak yapılandırması,
- Karmaşık problemleri basitleştirmesi,
- Nicel ve nitel kriterleri birlikte ele alma imkânı sunması,
- Karar vericinin yargılarının tutarlılığının test edilmesini sağlaması,
- Fikir birliğine kolayca ulaşılabilmesi, yeni anlayışların ortaya çıkması ve elde edilen sonuçların güvenilirliğinin daha fazla olmasıdır (Aydın 2006).

Diğer avantajları Şekil 3.1'de gösterilmiştir:



Şekil 3.1. AHP'nin avantajları (Demirbilek 2007)

AHP'nin zayıflıkları:

- Alternatif ve kriter sayısının fazla olduğu durumlarda ikili karşılaştırma matrislerini oluşturmanın güçleşmesi,
- Kriterlerin çok net bir şekilde tanımlanması gerektiği,
- Karar vericinin tek bir kişi değil de grup olması durumunda karşılaştırma işleminin zaman almasıdır (Aydın 2006),
- Önceliklerin ölçülmesi için kullanılan 1-9 ölçeğinin kullanımı isteğe göre seçilmiştir. Örneğin, eğer $a_{13} = 7$ ve $a_{34} = 8$ ise $a_{14} = 56$ olmalıdır, fakat a_{14} ün 9'u geçmesi imkansızdır (Demirbilek 2007).

3.5. AHP 'nin Uygulama Adımları

AHP nin uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

Problemin Tanımlanması: Sadece AHP Yöntemi değil, karar verme problemlerini çözmek için kullanılan tüm yöntemlerin birinci aşaması budur. Problemin tanımlanması sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, bu problemin AHP Yöntemine uygun olup olmadığı, başka bir deyişle, elemanların kantitatif göstergeleri bulunup bulunmadığıdır. AHP Yönteminin en önemli özelliği öznel değerlendirmeler için bir ölçü birimi yaratmasıdır.

Sistemin Gözlenmesi: AHP çok amaçlı, karmaşık bir problemi, her düzeyi belirli kriterlerden oluşan bir hiyerarşiye ayrıştırır. Bu kriterler de, daha sonra, alt elemanlara bölünürler. En alt düzeye ise, değerlendirilecek olan seçenekler yerleştirilir. Böyle bir hiyerarşik yapının kurulabilmesi ve söz konusu kriterlerin belirlenebilmesi için sistemin bütünü, elemanları ve bunların birbirleri ile ilişkileri iyice gözlenmelidir.

Hiyerarşik Yapının Kurulması: Bu aşama, klasik problem çözme teknikleri ile karşılaştırıldığında daha çok "model kurma" aşamasına karşılık gelmektedir. Ancak bu model kişiden kişiye değişiklik gösterir ve bunlardan birinin doğru, diğerlerinin yanlış

olması söz konusu değildir. Mantıklı bir sübjektif yaklaşım, çoğu zaman objektif yaklaşımlardan daha sağlıklı olmaktadır. Hiyerarşide en önemli husus, her bir seviye elemanları ve bu elemanlar arasındaki ilişkilerdir. Çünkü bu model sayesinde, her seviyedeki elemanların göreceli gücünü hiyerarşik modelin en üst seviyesine yaptığı etkiyi ölçmek asıl amaçtır.

Önceliklerin Belirlenmesi: Model kurulduktan sonraki aşama, aynı hiyerarşi düzeyindeki faktörlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesidir. Bu işlem, bir üst düzeydeki faktörle bağlantılı olan alt düzeydeki faktörlerin, kendi aralarında yapılacak ikili karşılaştırmaları şeklinde gerçekleştirilir. Her bir seviye ve daha aşağıdaki elemanlar için de bir tane olmak üzere $n \times n$ boyutunda Çizelge 3.1'deki göreceli değerlendirme skalası kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırmalar hangi öğenin diğerine baskın olduğuna göre yapılır. Faktörlerin göreceli ağırlıkları ise, ikili karşılaştırmaları içeren matrisin özvektörünün (eigenvector) hesaplanıp normalize edilmesi sonucunda bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Göreceli değerlendirme skalası

Sayısal Derece	Sözel Değerlendirme
1	Eşit önem (equal importance)
2	Eşit-orta arası önem (equal to moderate importance)
3	Orta derecede önemli (moderate importance of one attribute over another)
4	Orta-güçlü arası önem (moderate to strong importance)
5	Güçlü derecede önemli (strong or essential importance)
6	Güçlü-çok güçlü arası önem (strong to very strong importance)
7	Çok güçlü önem (very strong importance)
8	Çok güçlü-mutlak arası önem (very strong to extreme importance)
9	Mutlak önem (extreme or absolute importance)

Hiyerarşik sentez kullanılarak kriterlerin ağırlıkları ile özvektörleri ağırlıklandırılır ve hiyerarşinin bir alt seviyesindeki denk gelen ağırlıklandırılmış tüm özvektörlerinin elemanlarının toplamı alınır.

Değerlendirme ve Sonuç: Özvektörün hesaplanması sırasında "Tutarlılık Oranı" hesaplanır. Bu indeksin 0.1 ve daha yüksek çıktığı durumlarda değerlendirmelerin uyumsuz olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlar, sağlıklı seçim yapılabilmesi için yeterli olmadığından sistemin daha kararlı hale getirilmesinde veya yeni hedeflere yönelmede geri besleme olarak kullanılabilirler. Hiyerarşinin yapısını değiştirmek sureti ile yapılabilecek model değişiklikleri aşamasına geçmeden önce ikili karşılaştırmalar kontrol edilmelidir. Tutarlılık Oranı, kabul edilebilir düzeyde ise mantıklı olarak, en büyük göreceli ağırlığa sahip olan alternatif seçilir ve uygulanır.

Kısaca özetleyecek olursak, AHP bir düzeyin tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğenin veri olarak alınması ve alt düzeydeki tüm öğelerin üst düzey öğesi üzerindeki göreceli etkileri açısından ikişerli olarak karşılaştırılıp bir matris oluşturmaya ve bu matrisin en büyük özdeğere sahip özvektörünün bulunmasına dayanır. Söz konusu özvektör öncelik sıralarının belirlenmesine, özdeğer ise yargının (değerlendirmenin) tutarlılığının ölçülmesine yaramaktadır.

Ahp sürecinin AHP 'de ki aşamalar ve burada kullanılan notasyonlar özetlenecek olursa:

1. Karar verme problemi tanımlanır.
2. Faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1 \dots n \quad j = 1 \dots n$$

3. Faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir.

$$B_i = [b_{ij}]_{n \times 1} \quad i = 1 \dots n$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

$$C = [b_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1 \dots n \quad j = 1 \dots n$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad W = [w_i]_{n \times 1}$$

4. Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık ölçülür.

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1}$$

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1 \dots n$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.10$$

Çizelge 3.2. Rastsal indeks çizelgesi (Yılmaz 2006)

Matris Boyutu(N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastsal Index (RI)	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

5. Her bir faktör için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.

$$B_i = [b_{i1}]_{m \times 1} \quad i = 1 \dots m$$

6. Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması ve sıralamanın yapılması.

$$K = [s_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots n$$

$$L = [s_{ij}]_{m \times n} \times [w_{y1}]_{n \times 1} = [l_{z1}]_{m \times 1} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots n \quad y = 1 \dots n \quad z = 1 \dots m$$

3.6. AHP Yapısının Oluşturulması

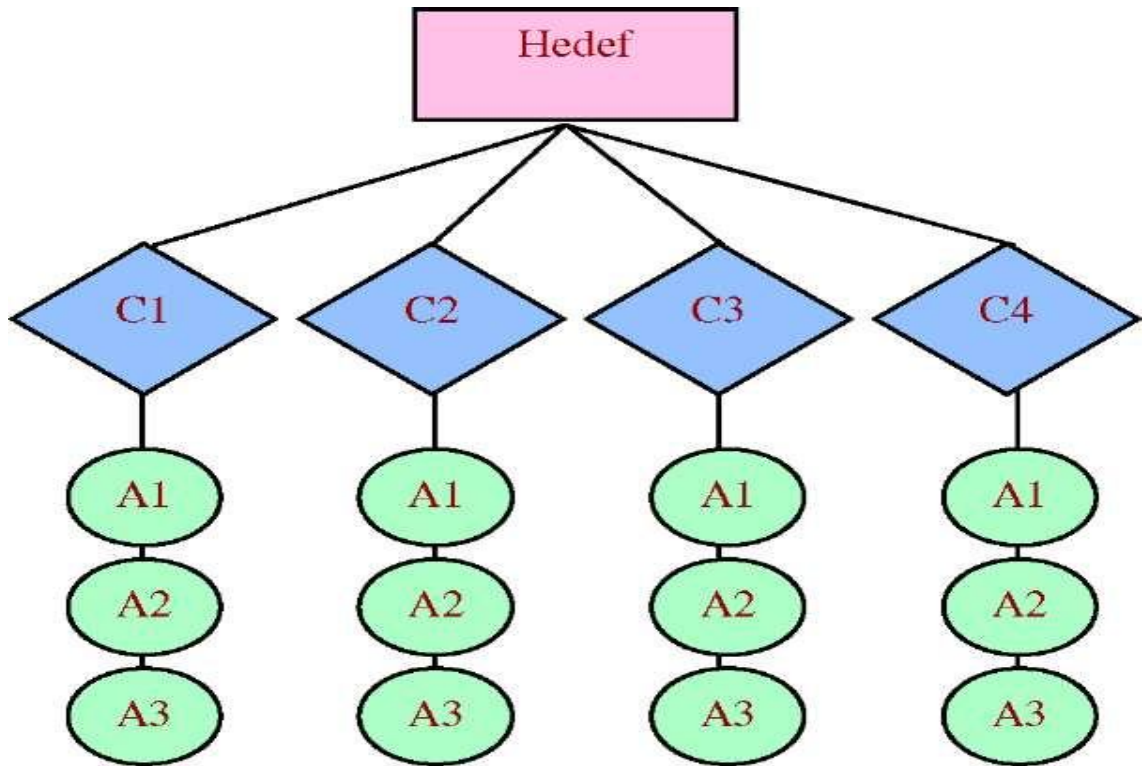
Yukarıdaki temel bilgiler ışığında AHP 'nin yapısı oluşturulurken aşağıdaki süreçler takip edilir.

3.6.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

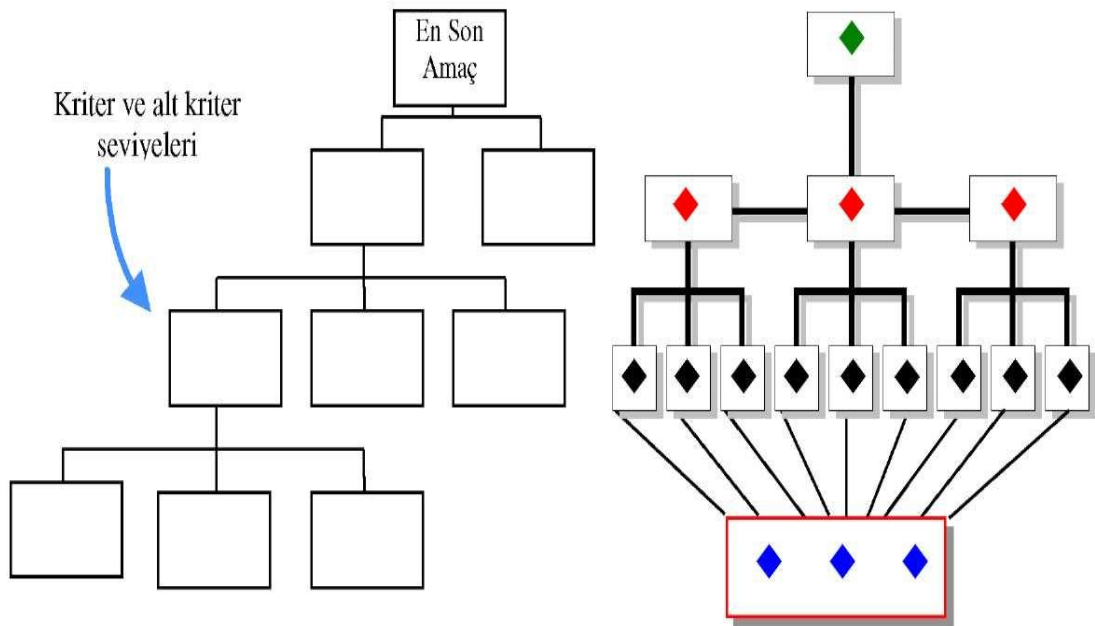
AHP 'nin ilk adımı, bir karar probleminin daha kolay kavranmasını, analiz edilmesini ve değerlendirilmesini sağlayacak hiyerarşik bir yapının oluşturulma sürecidir. Bu aşamada, kararı etkileyecek tüm faktörleri içeren ve genel hedeften kriterlere daha sonra alt kriterlere ve en sonunda alternatiflere kadar yukarıdan aşağıya uzanan bir hiyerarşik yapı geliştirilir (Durdudiler 2006). Problemin hiyerarşik yapısının oluşturulması aşağıdaki adımları içerir;

- Hedeflerin belirlenmesi
- Hedefleri gerçekleştirmek için gerekli kriterlerin listelenmesi
- Her bir kriter için (n adet) olası karar alternatifinin belirlenmesi
- Hiyerarşik modelin oluşturulması (Özgül 2006).

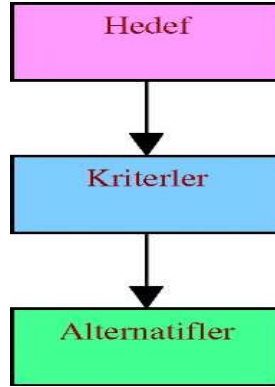
Hiyerarşik yapı ve değişik türleri Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Problemin hiyerarşik modeli (Özgül 2006)



Şekil 3.3. Problemin çok seviyeli hiyerarşik modeli (Özgül 2006)



Şekil 3.4. Standart hiyerarşik yapı (Özgül 2006)

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar:

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

Hiyerarşinin tepesinde ana hedef yer almaktadır. Bir alt kademesinde, kararı etkileyecek ana kriterler ve onların altlarında da ana kriterlere etki eden alt kriterler yer alır. Hiyerarşinin en alt bölümünde ise karar alternatifleri yer alır. Hiyerarşi tasarımı, problem alanıyla ilgili bilgi ve tecrübe gerektirir. İki karar vericinin aynı problem için iki farklı hiyerarşi yapısı kurması normaldir. Hiyerarşi tek bir yapı değildir, kişiden kişiye değişir. Diğer yandan eğer iki kişi aynı problem için aynı yapıyı kursalar bile, tercihlerinde farklılıklar olabilecektir. Bu nedenle bir problemle karşılaşıldığında insanlar yargılarda, değerlendirmelerde ve hiyerarşi yapısında fikir birliği oluşturmak için bir arada çalışmalıdır (Durdudiler 2006).

Hiyerarşinin avantajları şunlardır:

Bir sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, hiyerarşik yapının üst seviyelerinde yer alan elemanların niteliklerindeki değişimin, alt seviye elemanlarını nasıl etkilediğini belirlemek için kullanılabilir.

Hiyerarşiler bir sistemdeki yapı ve alt sistemlerin fonksiyonları hakkında oldukça detaylı bilgiler verirler ve problemin "sistem yaklaşımı" ilkesi ile ele alınmasını sağlarlar. Hiyerarşik gösterimde bir seviyedeki elemanların kısıtlarının tamamen karşılanmasının sonuçları, bir üst seviyede kendini en iyi biçimde gösterir.

Hiyerarşik olarak düzenlenmiş sistemlerin değerlendirilmesi, modüler yapı bu sistemlerin bir bütün olarak değerlendirilmesinden daha verimli sonuçlar sağlar.

Küçük değişiklikler hiyerarşiyi küçük oranda etkilemektedirler. Ayrıca yapısı iyi kurulmuş bir hiyerarşinin performansı, yapılan eklemeler sonucunda değişmez. Bu sebeple hiyerarşiler hem kararlı hem de esnektirler (Yılmaz 2006).

3.6.2. İkili karşılaştırma ve üstünlüklerin belirlenmesi

Hiyerarşilerin oluşturulmasıyla birlikte karar verici, her düzeydeki öğelerin göreceli üstünlüklerini belirlemek için ikili karşılaştırma işlemine başlar. Karar vericinin bu öğeler hakkında bilgi sahibi olması, hatta uzman olması gerekmektedir. Karar verici, her düzeydeki öğeleri, bir üst düzeydeki öğeye karşı önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırır (Durdudiler 2006). Karşılaştırma matrislerinde iki kriter (alternatif, alt kriter) karşılaştırılırken karar vericiye; "hangisi daha önemli ve ne kadar önemli?" sorusu sorulmaktadır (Aydın 2006).

İkili karşılaştırma, hiyerarşinin en tepesinden başlar ve her düzeydeki karşılaştırmalarla kare matrisler oluşturulur. Eğer hiyerarşinin belirlenen düzeyi karşılaştırılacak n eleman içeriyorsa, toplam $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma yapmak gerekir.

Genellikle analitik hiyerarşi prosesi ile karar verme sürecinde, karar vericinin karşısına ölçme ile ilgili üç ilginç problem çıkmaktadır. Birinci problem ölçme tekniği ile ilgilidir. Yeterince hafif ve el ile kaldırılabilir türden bir dizi nesneyi tartacak ağırlık ölçme aletinin mevcut olmadığı durumda ilk akla gelecek yöntem, nesnelerin göreceli ağırlıklarını tahmin etmek olacaktır. Bunun bir yolu; tüm nesnelerin ağırlıklarını saptamak üzere hepsini tek tek elle kaldırmak ve tüm grup ile karşılaştırıp doğrudan bir ağırlık tahmini yapmaktır. Her birinin bu şekilde tahmin edilen ağırlığını, toplam ağırlığa bölmek suretiyle nesnelerin göreceli ağırlıkları belirlenebilir. Mevcut bilgiden daha fazla yararlanmaya olanak tanıyacak bir başka yöntem ise, nesneleri ikiye bölerek gruplar halinde karşılaştırmaya dayanır. Başka bir ifadeyle, önce birinci nesne sonra ikinci nesne kaldırılır, sonra tekrar ilk kaldırılan nesne kaldırılır. Bu süreç, her iki grubun birbirine olan göreceli ağırlıkları saptanana kadar devam ettirilir. Bu ikinci yöntem, her seferinde sadece iki nesneyi karşılaştırıp birbiriyle nasıl bir ilişki içinde olduklarını saptamaya yöneliktir ve birinci yöntemle kıyasla daha fazla aşama gerektirmesine karşın daha basittir. Bu nedenle, sonucun geçerliliğinin irdelenmesini olanaklı kılacak bir ölçeğin bulunmadığı durumlarda, genellikle ikili karşılaştırmalar yöntemi tercih edilir.

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

zararlı sonuçlar ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle bir karar modeli incelenirken ulaşılan kararın ne derece tutarlı olduğu araştırılmalıdır.

Karar vericinin karşılaştığı ikinci problem ise, ölçümleri büyük ölçüde sabit ve değişmeyecek bir ölçüm sistemine oturtma problemidir. Özellikler değişken olduğu sürece, onların etkilerini ölçmek imkânsız olacaktır. Hiyerarşi düzeyleri sırasında değişken değerlerin bir üst düzeydeki özellikleri ne şekilde etkileyebileceğini ölçecek sabit bir ölçüm sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karar vericinin karşılaştığı üçüncü ve son problem ise problem yapısının oluşturulması ve önceliklerinin belirlenmesi için uygun şartların sağlanmasıdır. Hiyerarşinin oluşturulmasını takip eden seviyelerdeki ikili karşılaştırmaların yapılması için ilgili kişilerle yüz yüze anket yapmak gerekmektedir. Söz konusu ilgili kişi veya kişiler, konunun uzmanı olmasalar dahi, en azından konuyu bilen ve konuya aşina kişiler olmalıdır. Fakat insanoğlunun sık sık tutarsız cevaplar verebildiği bir ortamda, ikili karşılaştırmalar yoluyla probleme ilişkin önceliklerin belirlenmesi ve problemin çözülmesi zordur.

Psikologlar insan aklının iki tip ölçüm yapmakta olduğunu ifade etmiştir. Bunlardan birincisinde insan beyni hafızadaki geçmiş deneyimlere dayalı olarak kurulmuş standartlara göre mutlak karşılaştırmalar yapar. Bu karşılaştırmalarda kriterler yüksek, orta ve düşük gibi derecelendirmelere tabi tutulurlar ve alternatifler bu dereceler cinsinden birer birer puanlandırılırlar. İkinci tipte ise insan beyni, önceden kurulmuş standartlar gerektirmeyen göreceli ölçümler yapmaktadır (Durdudiler 2006).

3.6.3. İkili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlıklar kümesi

AHP 'de ikili karşılaştırma yargılarının oluşturulmasında, diğer bir deyişle A kriterinin B kriterine göre ne kadar önemli olduğunun kararında, karar verici Saaty tarafından önerilen ve daha önce Çizelge 3.1'de gösterilen 1-9 skalasını kullanmaktadır. Hiyerarşinin bir düzeyini oluşturan öğelerin birbirlerine olan göreceli önemleri, ikili

karşılaştırmalar yoluyla belirli bir ölçeğe göre puanlandırılıp, matristeki yerine yazılır. AHP 'de kullanılan nominal ölçek karar vericinin tecrübe ve bilgisini de sezgisel olarak karara katmasını sağlamaktadır. Karar verici iki öğe arasında tercihini belirtirken sözel olarak "Eşit Önem", "Biraz Daha Fazla Önemli", "Kuvvetli Derecede Önemli", "Çok Kuvvetli Derecede Önemli" ve "Aşırı Önemli" kelimelerini kullanır. Bu tanımlayıcı tercihler sayısal oranlara çevrilirse; bu ifadeler karşılıklı 1, 3, 5, 7 ve 9 rakamları karşılık gelmektedir. Beş adet temel puana denk gelmeyen ve uzmanlaşma gerektiren ikili karşılaştırmalarda, iki ardışık önem derecesi arasına düşen 2, 4, 6 ve 8 gibi ortalama değerler de kullanılabilir. Eğer, ikili karşılaştırma sırasında satırdaki faaliyet sütundaki faaliyetten daha az tercih ediliyorsa, başka bir ifadeyle, sütundaki faaliyet satırdakinden daha önemli ise, iki taraflı uygun sayılar olan 1/3, 1/5, 1/7 ve 1/9 matristeki yerine yazılabilir. n karşılaştırılan eleman sayısını, i matristeki satırı, j sütunu belirtmek üzere, ikili karşılaştırma matrisi A ile gösterilirse a_{ij} , karşılaştırılan elemanların birbirlerine göre önemlerini veya ağırlıklarını belirtir. İkili karşılaştırmalar matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1 \dots n \quad j = 1 \dots n$$

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

İkili karşılaştırma matrisinin bir takım özellikleri vardır. Bunlar:

1. Matrisin tüm özellikleri pozitif sayıdır ve kare matristir.
2. Matris tam tutarlı ise $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ eşitliği sağlanır.
3. Matris tam tutarlıysa herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm faktörleri elde edilir.

4. n sayısının 2'li kombinasyon kadar açılım yapılır.
5. Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör, AHP matrisinde ağırlık veya göreceli önem vektörü olarak tanımlanır.
6. A matrisinin köşegenleri 1'e eşittir.

Bu yöntemin teorik alt yapısı daha önce bahsedilen aksiyomlara dayanmaktadır. Bu aksiyomlardan ilki, iki taraflı olma/tersi olma aksiyomudur. Sözel olarak ise, örneğin "A elemanı B elemanının 5 katı büyüklüğünde ise B, A'nın 5'te 1'idir" denir. İkincisi homojenlik aksiyomudur ve karşılaştırılan elemanların birbirinden çok fazla farklı olmaması gerektiğini, olursa yargılarda hataların ortaya çıkabileceğini ifade etmektedir. Üçüncü aksiyom, bağımsız olma aksiyomudur ve bir hiyerarşideki belirli bir kademeye ait elemanlara ilişkin yargıların veya önceliklerin başka bir kademedeki elemanlardan bağımsız olmasını gerektirir. Bu ifade, üst kademe kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir.

Klasik bir AHP problemini çözerken, bilgisayarla çözüm olanağının bulunmadığı durumlarda göreceli önemler vektörünün bulunmasına yönelik dört yöntem geliştirilmiştir:

1. En kaba tahmini veren bu yöntemde, her satırdaki elemanlar toplanır ve bu toplamaların her biri toplamaların toplamına bölünerek normalize edilir. Elde edilen vektörün ilk elemanı birinci özelliğin önceliğini, ikinci eleman ikinci elemanın önceliğini, n'inci eleman n'inci özelliğin önceliğini verir.
2. Her sütundaki elemanlar toplanır ve bu toplamaların tersleri alınır. Terslerin her biri terslerin toplamına bölünerek normalize edilir.
3. Her sütundaki elemanlar o sütunun toplamına bölünerek normalize edilir. Elde edilen her satırdaki elemanlar toplanır ve bu toplam, satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu, normalize edilmiş sütunlar üzerinde bir ortalama alma işlemidir.
4. Her satırdaki n tane eleman birbirleriyle çarpılır ve çarpımın n'inci dereceden kökü alınır. Elde edilen değerler normalize edilir.

Bu yöntemler, en kötünden en iyiye sıralanmıştır. Sonuncu yöntem, diğerlerine göre en iyi sonuçlara ulaşmaktadır. Ancak, doğruluğun önemli olduğu durumlarda, Kuvvet Metodu'nun uygulanması daha uygun olmaktadır. Bu metotta, matrisin peş peşe karesi alınması suretiyle kuvvetlerine yükseltmesidir. Satır toplamaları hesaplanır ve normalize edilir. Peş peşe yapılan iki hesaplamadaki bu toplamalar arasındaki fark, önceden belirlenen bir değerden daha küçük olduğunda işlemler sonlandırılır (Durdudiler 2006).

3.6.4. Göreli önem vektörünün elde edilmesi

Grup karar verme durumunda karar vericilerin kişisel yargılarının geometrik ortalaması alınarak elde edilen A karar matrisinin her bir sütun değerlerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamalarına bölünmesiyle yeni bir matris (B matrisi) oluşmaktadır. Oluşturulan bu matrisin her bir sütun toplamı 1'e eşittir. B sütun vektörü, kriterlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını belirlemek için oluşturulur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \dots \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

Bu adımlar diğer kriter, alt kriter ve alternatifler için de tekrarlandığında faktör sayısı (n) kadar B sütun vektörü elde edilmektedir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde aşağıda tanımlanan nxn boyutlu C matrisi meydana gelmektedir.

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n}$$

C matrisinden yararlanarak, alternatiflerin birbirlerine göre önem değerlerinin elde edilebilmesi için C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınarak "Öncelik vektörü ya da Görelî önem vektörü" olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir. W sütun vektöründe yer alan görelî önem değerlerinin toplamı 1'e eşittir.

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n}$$

Çizelge 3.3'de yer alan örnek matrisin görelî önem değerlerinin nasıl hesaplandığına yönelik işlem adımları aşağıda olduğu gibidir.

Çizelge 3.3. Örnek ikili karşılaştırmalar matrisi

Kriterler	A	B	C	D
A	1	5	3	2
B	1/5	1	1/4	7
C	1/3	4	1	9
D	1/2	1/7	1/9	1

Kriterler	A	B	C	D
A	1	5	3	2
B	1/5	1	1/4	7
C	1/3	4	1	9
D	1/2	1/7	1/9	1
Toplam	2,03	10,14	4,361	19

a_{ij} değerlerinin sütun toplamlarına bölünmesi ile oluşturulan B sütun matrislerinin birleştirilmesi sonucu aşağıda yer alan C matrisi elde edilir.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1/2, 03 \\ 0,2/2,03 \\ 0,3/2,03 \\ 0,5/2,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,493 \\ 0,099 \\ 0,163 \\ 0,246 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 1/2, 03 \\ 0,2/2,03 \\ 0,3/2,03 \\ 0,5/2,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,493 \\ 0,099 \\ 0,163 \\ 0,246 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 3/4,361 \\ 0,25/4,361 \\ 1/4,361 \\ 0,11/4,361 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,688 \\ 0,057 \\ 0,229 \\ 0,025 \end{bmatrix} \quad B_4 = \begin{bmatrix} 2/19 \\ 7/19 \\ 9/19 \\ 1/19 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,105 \\ 0,368 \\ 0,474 \\ 0,053 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0,493 & 0,493 & 0,688 & 0,105 \\ 0,099 & 0,099 & 0,057 & 0,368 \\ 0,163 & 0,394 & 0,229 & 0,474 \\ 0,246 & 0,014 & 0,025 & 0,053 \end{bmatrix}$$

Elde edilen C matrisinin sütun toplamaları 1'e eşittir. Bu matrisin satır toplamaları hesaplanarak, satır toplamalarının n'e bölünmesi ile satır ağırlığı, başka bir ifadeyle göreceli önem değerleri elde edilir.

Satır toplamı	Satır ağırlığı (W)
1,779	1,779/4=0,445
0,623	0,623/4=0,156
1,260	1,260/4=0,315
0,338	0,338/4=0,085

3.6.5. Tutarlılık oranının belirlenmesi

Tutarlılık, kriterlerin ya da alternatiflerin ikili karşılaştırmasının belirlenmesinde kararın uyumluluk düzeyini göstermektedir. Tutarlılık kavramıyla anlatılmak istenen, bir kritere göre alternatif A, B'den daha önemli, B'de C'den daha önemli olarak düşünülüyorsa, A

seçeneği C'den daha önemli olarak puanlanmış olmalıdır. Diğer durumda bir mantık hatası var demektir. Tutarlılık analizi böyle bir yanlışın yapılıp yapılmadığını kontrol eder. Eğer yargıda bir hata yapılmış ise ikili karşılaştırma değerlerinin tutarlılık sağlanıncaya dek düzeltilmesi gerekmektedir.

Karar vericinin kriterler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için hesaplanan orana "**Tutarlılık Oranı** (Consistency Ratio)"da denir. AHP'de, Tutarlılık Oranı hesaplanarak ikili karşılaştırma yargılarının tutarlılığı ölçülmektedir.

Karar verici kriterler arası kıyaslamaları yaparken tutarsız davranmışsa, ikinci adıma dönüp tekrar ikili karşılaştırmaları yapması gerekir. Sonuçta elde edilen "Tutarlılık Oranı" 0,10 dan küçük ise karar vericinin ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu söylenir.

Karşılaştırma matrisindeki her bir satır, görelî önem vektörü ile çarpılarak V_1 sütun vektörü elde edilir ($V_1 = a_{ij} * w_j$). Daha sonra bu vektörün (V_1) her elemanı, görelî önem vektöründe karşı gelen elemana bölünerek V_2 vektörü (Temel Değer Vektörü) hesaplanmakta, V_2 sütun vektörünün aritmetik ortalaması ise en büyük özdeğer olan $\lambda_{\max}$ 'ı vermektedir.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Saaty tarafından hazırlanan rastsallık göstergelerinde, n matris boyutunu göstermek üzere 1-15 arasında boyuta sahip matrisler için Çizelge 3.4'deki değerler kullanılmaktadır. Çizelgede yer alan n matris boyutuna karşılık gelen değerlerden hareketle tutarlılık oranı hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.4. Rastsallık göstergeleri

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rastsallık Göstergesi	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

Çizelgede yer alan değerlerden hareketle hesaplanan tutarlılık oranı aşağıdaki gibidir.

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \text{Tutarlılık Göstergesi} / \text{Rastsallık Göstergesi}$$

Örnek matrisin tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için öncelikle matriste yer alan yargı değerleri ile görelî önem vektörü çarpılarak V_1 sütun matrisi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 2 \\ 1/5 & 1 & 1/4 & 7 \\ 1/3 & 4 & 1 & 9 \\ 1/2 & 1/7 & 1/9 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,445 \\ 0,156 \\ 0,315 \\ 0,085 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,716 \\ 0,919 \\ 1,852 \\ 0,365 \end{bmatrix}$$

$$(1).(0,445) + (5).(0,156) + (3).(0,315) + (2).(0,085) = 6,716$$

$$(1/5).(0,445) + (1).(0,156) + (1/4).(0,315) + (7).(0,085) = 0,919$$

$$(1/3).(0,445) + (4).(0,156) + (1).(0,315) + (9).(0,085) = 1,852$$

$$(1/2).(0,445) + (1/7).(0,156) + (1/9).(0,315) + (1).(0,085) = 0,365$$

$$V_1 = \begin{bmatrix} 6,716 \\ 0,919 \\ 1,852 \\ 0,365 \end{bmatrix}$$

V_1 sütun matrisindeki değerlerin görelî önem değerlerine bölünmesi sonucunda V_2 matrisi elde edilir. Bu matristeki değerlerin aritmetik ortalaması alınarak en büyük özdeğer olan $\lambda_{\max}$ hesaplanmış olunur.

$$V_2 = \begin{bmatrix} 6,716/0,445 \\ 0,919/0,156 \\ 1,852/0,315 \\ 0,365/0,085 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,092 \\ 5,891 \\ 5,879 \\ 4,294 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{15,092 + 5,891 + 5,879 + 4,294}{4} = 7,789$$

Hesaplanan $\lambda_{\max}$ değerinden hareketle tutarlılık göstergesi aşağıdaki gibi bulunur.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{7,789 - 4}{4 - 1} = 1,263$$

Çizelge 3.4 'de $n=4$ değerine karşılık gelen Rastsallık Göstergesi 0,9 'dur.

Tutarlılık Oranı=Tutarlılık Göstergesi / Rastsallık Göstergesi

$$\text{Tutarlılık Oranı} = 1,263/0,9 = 1,40$$

Görüldüğü üzere örnek matrisin Tutarlılık Oranı 1,40 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0,10'dan büyük olması nedeniyle matrisin tutarlı olmadığını söylemek olanaklıdır.

3.6.6. Her bir kriter için m alternatif (karar) noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur

Yukarıdaki kriterlerin kendi aralarında hesaplanan önem dağılımlarının benzeri her bir kriter için alternatifler arasında hesaplanır. Benzer formülasyonlar kullanılır. Bu karşılaştırma matrisleri G_i $i=1...n$ diye tanımlanır ve boyutu $m \times m$ 'dir. Herbir karşılaştırma işleminden sonra $m \times 1$ boyutlu ve değerlendirilen kriterin alternatiflerine göre yüzde önem dağılımlarını gösteren S sütun vektörü elde edilir. Bu sütun vektörü aşağıda tanımlandığı gibidir:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

3.6.7. Alternatiflerdeki sonuç dağılımının bulunması ve en iyi alternatifin belirlenmesi

Bir önceki aşamada elde edilen n tane mx1 boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve mxn boyutlu K karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi aşağıda tanımlandığı gibidir:

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

Bu karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yani alternatif noktaların yüzde dağılımlarını verir. Bu vektörün elemanlarının toplamı 1 dir (Yaralıoğlu 2011). Alternatiflerden görelî önem değeri en büyük olan, karar verici için en uygun seçenektir (Aydın 2006). Bu dağılım aynı zamanda alternatif (karar) noktalarının önem sırasını da göstermektedir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

3.7. AHP 'nin Uygulama Alanları

AHP ile ilgili 1980'lerden itibaren günümüze kadar teorik ve uygulama düzeyinde pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. AHP ile karar vericilerin farklı psikolojik ve sosyolojik durumlardaki gözlemleri de dikkate alınarak kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlamaya çalışılmakta ve karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmaktadır.

AHP; karmaşık yapıda teknolojik, ekonomik ve sosyo-politik problemlerin çözümü için geliştirilmiştir. Bunların yanında AHP geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bunlardan bazıları; yönetim problemlerinin çözümü, yer seçimi (mağaza yeri, fabrika yeri gibi), yazılım seçme problemleri, proje seçimi ya da değerlendirilmesi, aracı kuruluşların seçim problemleridir.

Günlük hayatta uygulamacılar örgütlerinde karmaşık problemlerin çözümünde bu yaklaşıma başvurumaktadırlar. IBM bazı projelerde kaynak dağıtımı, US Department of Veterans Affair öncelikli projelerin belirlenmesi gibi karar problemlerini AHP yardımıyla çözmüşlerdir. Bunun yanında Good Year, Ford Motor Co., Texaco, General Motors, Citibank, Xerox, 3M, Boeing, The World Bank, Amoco Production Co., Anderson Consulting Company gibi dünyaca ünlü birçok işletme bu yöntemi kullanmaktadırlar. Bunların yanında AHP; MIT, John Hopkins, AHS Harvard Yale, The University of Maryland, The University of California, Stanford, Duke, The George Washington University gibi üniversitelerde ders olarak okutulmaktadır (Aydın 2006).

3.8. Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Proses-ANP)

Günümüzde kararların hızlı ve etkin bir şekilde verilmesi rekabet ortamında işletmelerin en önemli hedeflerinden biri olmuştur. İşletmelerin hızla değişen çevresel koşullara karşı hızla uyum sağlamaları ve bu değişime paralel olarak etkin kararlar alabilmeleri için karar sürecinde çok sayıda nitel ve nicel faktörü bir arada değerlendirebilen bilimsel yöntemleri kullanmaları ile mümkündür. Analitik Ağ Süreci (ANP) bu süreçte kullanılabilecek bir yöntemdir (Yetiz vd. 2009).

Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi süreci klasik karar verme tekniklerinden farklı olarak nicel değerlerin yanı sıra nitel değerleri de göz önüne almaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapıda ve tek yönlü olarak modellemektedir. Hiyerarşinin en üstünde bir amaç ve bu amacın altında sırasıyla kriterler, alt kriterler ve hiyerarşinin en altında seçenekler bulunmaktadır. Bu hiyerarşik yapı içerisinde aynı seviyede bulunan kriterler birbirinden bağımsızdırlar ve karar alma sürecinde kriterlerin birbirlerine olan etkileri göz önüne alınmamaktadır. Bunun aksine gerçek hayatta en doğru kararın verilebilmesi, karar problemine ait kriterler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasıyla mümkündür. Karar kriterleri arasındaki ilişkileri göz önüne alan ve karar problemine tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldıran yöntem olan Analitik Ağ Süreci (AAS), çok-kriterli karar analizinde kullanılan analitik hiyerarşi sürecinin genel bir biçimidir ve yine Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir.

AAS'de bir karar problemi kümeler, faktörler ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşmaktadır. Bir küme bir ağ içerisindeki uygun faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşur. AAS, her bir kümenin kendi içinde geri bildirimini ve bağımlılığını esas almaktadır. Böylece AAS hiyerarşik olarak modellenemeyen karmaşık karar problemlerinin kolaylıkla modellenmesini sağlar. Bir hiyerarşi ve bir ağ arasındaki yapısal farklılık Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

süpermatrisin kolonlarına yerleştirilir. Üç aşamalı bir hiyerarşiye ait süpermatris aşağıdaki gibi yazılır.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & K & S \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Amaç} \\ \text{Kriterler} \\ \text{Seçenekler} \end{matrix} & \begin{matrix} (A) \\ (K) \\ (S) \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Burada W_{21} amacın faktörler üzerindeki etkisini gösteren bir vektör, W_{32} kriterlerin her bir seçenek üzerindeki etkisini gösteren bir matris ve I ise birim matristir. Parçalı bir matris olan süpermatrisde, önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için k rasgele seçilmiş büyük bir sayı olmak üzere süpermatrisin $(2k + 1)$ kuvveti alınır ve bulunan yeni matris limit matris olarak adlandırılır ve bulunan limit matris problemin seçenekleri ve faktörlerine ait önem ağırlıkları gösterir. En yüksek önem ağırlığa sahip olan seçenek en iyi seçenek ve en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör ise kararı en çok etkileyen faktördür (Alptekin 2010).

ANP ile karar problemlerinin çözümü dört ana adımın uygulanmasıyla yapılmaktadır. Bunlar yeniden özetlenecek olursa;

Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: Bu aşamada karar verme problemi açık bir şekilde tanımlanmalı ve ağ şeklinde, rasyonel bir biçimde ayrıştırılmalıdır. Bu yapı, beyin fırtınası ya da diğer ayırma metotları yardımı ile, karar vericilerin fikirlerinden yararlanılarak elde edilebilir.

Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Öncelik Vektörleri: ANP’de AHP’de olduğu gibi her kararı etkileyen faktörler ikili karşılaştırmalara tabi tutulmaktadır, böylelikle

faktörlerin önem ağırlıkları belirlenmektedir. Karar vericiler ikili karşılaştırmalarda seri şekilde bir takım sorulara cevap vererek iki faktörü aynı zamanda karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının nasıl olduğunu belirler. ANP’de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve nispi önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP’de olduğu gibi Saaty tarafından önerilen ve daha önce verilen 1-9 önem skalası kullanılır. AHP’de olduğu gibi ANP’de de ikili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü $Aw = \lambda_{enb} w$ denkleminin çözülmesi ile elde edilen özvektör ile belirlenir. Burada A ikili karşılaştırma matrisi, w özvektör, λ_{enb} ise A ’nın en büyük özdeğeridir. Saaty, w ’nin yaklaşık çözümü için normalleştirme algoritmasını önermiştir.

Adım 3: Süpermatris Oluşumu: Süpermatrisin genel yapısı “Markov Zinciri” prosesine benzemektedir. Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde ana önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süpermatris olarak bilinen bir matrisin kolonlarına tahsis edilerek yazılır. Sonuç olarak bir süpermatris gerçekte parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Elementlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin kuvveti alınarak belirlenir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin $(2k + 1)$ inci kuvveti alınır, burada k rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süpermatris olarak isimlendirilir.

Adım 4: En İyi Alternatifin Seçilmesi: Limit süpermatris ile alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör karar sürecini etkileyen en önemli faktördür (Yetiz vd. 2009).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Problemin Tanımlanması

Topçunun birincil amacı düşmanın eldeki mevcut mühimmatlar ile en fazla zayıat ile en fazla doğrulukla, en kısa zamanda, en fazla etki alanıyla ve en düşük maliyetle etkisiz hale getirilmesidir.

Bu noktada düşmanı etkisiz hale getirmek üzere elimizdeki mühimmatların hangi önceliğe göre seçileceği büyük önem taşımaktadır. Hedefteki düşman topluluğu için yukarıda belirtilen amaçla hangi öncelik sırası ile mühimmatın kullanılması gerekeceği problem teşkil etmektedir. Bu kısımda AHP tekniği aracılığıyla topçunun amaçları gözetilerek hedefteki düşman topluluğu için elindeki mühimmatları hangi sırada kullanması gerektiği belirlenecektir.

4.2. Hiyerarşik Modelin Oluşturulması

Bölüm 3’de belirtildiği üzere, karar probleminde AHP kullanımına karar verildikten sonra AHP uygulamasında yapılacak ilk adım problemin hiyerarşik modelinin oluşturulmasıdır. Bu aşamada öncelikle çalışmanın hedefi, sonra kriterleri ve alternatifleri belirlenmelidir.

4.2.1. Hedef

Çalışmanın hedefi hedefteki düşman topluluğu için topçunun kullanabileceği mühimmatların, topçuluk amaçları gözetilerek hangi sırayla kullanılması gerektiğinin belirlenmesidir.

4.2.2. Kriterler

Topçunun, düşmanı etkisiz hale getirmek için bir top atışında gözettiği kriterler incelendiğinde başlıca beş husus karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; maliyet, sapma miktarı, zayıat verme, etki alanı ve hazırlama zamanıdır. Aşağıda detayları ile bahsedilen tüm bu kriterler hedefteki düşman topluluğunun top atışları ile imhasında mermi seçimini doğrudan etkilemektedirler.

4.2.2.a. Maliyet

Bir topçu atışında bir hedefi istenilen düzeyde istenilen seviyede istenilen zayıatı verebilmek için birden fazla mühimmat çeşitli mevcut olabilir. Görevin başarıyla tamamlanabilmesi için atışta kullanılacak mühimmatın seçiminde ekonomik açıdan da fayda gözetilmelidir. Örneğin, bir hedefi 100 pb'inden 10 adetlik A tipi bir mühimmat ile etkisiz hale getirmek yerine, ilk bakışta birim adet fiyatı pahalı gözükse ama toplamda aynı zayıatı veren 200 pb'inden 4 adetlik B tipi mühimmatı kullanmak daha ekonomik olacaktır. Dolayısıyla mühimmat seçiminde mermi maliyeti dikkat edilmesi gereken kriterlerden biridir.

4.2.2.b. Sapma Miktarı

Mühimmat seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus hedefin yüksek doğrulukta vurulmasıdır. Her mühimmatın aerodinamik yapısı ve ağırlığı farklı olduğundan hedefteki sapma miktarı da farklı olmaktadır. Her hava koşulunda her mühimmatın sapma miktarı değişmekte, hedefin mesafesi arttıkça da bu sapma miktarı doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeplerden dolayı hedefleri imha ederken düşük sapma miktarlı bir mühimmatı kullanmak uygun olacaktır.

4.2.2.c. Zayıat Verme

Bir top atışında bakılması gereken en önemli hususlardan bir diğeri mümkün olan en az mermiyi kullanarak, en fazla zayıatı vermektir. Bu husus diğerkriterlerden biri olan maliyet kriterini de etkileyecektir. Atışta kullanılacak mermilerin zayıat verme dereceleri birbirinden farklıdır. Örneğin bir ICM mermisinin içinde bulunan patlayıcının özelliğinden dolayı, aynı hedefte kullanılan bir diğermermi türü olan HE-VT'ye göre daha büyük bir zayıat verme oranına sahiptir. Topçulukta yüksek öncelikli büyük bir hedefte daha yüksek zayıat veren mühimmatı tercih etmek gerekir. Bu yüzden mühimmat seçiminde zayıat verme derecesi dikkat edilmesi gereken önemli bir kriterdir.

4.2.2.ç. Etki Alanı

Her mühimmatın aynı hedef üzerindeki etki alanı farklıdır. Bir top atışında istenilen etki alanına bağlı olarak mühimmat seçilir. Mühimmatın etki alanı mühimmatın cinsine göre değiştiği gibi, hedefin niteliğine göre de değişir. Örneğin; hedefteki düşman topluluğu için bir ICM mermisi kullanılması durumunda oluşacak olan etki alanı büyük olurken, HE-VT kullanıldığında oluşan etki alanı daha küçük olacaktır. Özellikle yakın noktada dost unsurlar varsa, atılan merminin bu unsurlara zarar vermemesi için mühimmat seçiminde etki alanına dikkat edilmelidir. Tüm bu hususlar dikkate alındığında mühimmat seçiminde merminin oluşturacağı etki alanı dikkat edilmesi gereken bir kriter olarak ön plana çıkmaktadır.

4.2.2.d. Hazırlama Zamanı

Farklı mühimmatlar farklı hesaplama süreçlerine sahiptir. Mühimmatın yapısındaki karmaşıklık arttıkça hesaplama süresi de artmaktadır. Bu da ister istemez hedefe anında tepki verilmesini etkileyecektir. Hedeflere anında reaksiyon verip, mümkün olan en kısa sürede hedefi imha etmek büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında mühimmat

seçiminde merminin hazırlamama zamanı önemli olmakla beraber, en düşük hazırlama zamanına sahip mühimmat seçimi arzu edilen bir husustur.

4.2.3. Alternatifler

Hedefteki düşman topluluğu için topçunun kullanabileceği mühimmat türleri incelendiğinde Bölüm 1’de de kısmen belirtildiği üzere başlıca 5 çeşit mühimmatın kullanılması söz konusudur. Bunlar;

- HE-IMPACT
- HE-TIME
- HE-DELAY
- HE-VT
- ICM

4.2.3.a. HE-Impact

HE mermisi topçunun kullandığı en eski mühimmatlardan biridir. Bu merminin infilak etmesi için çarpma etkisine ihtiyacı vardır (Lentz 2011).

Bu mermilerin güçlü çelik kabı, patlayıcısı ve tapası vardır. Tapa kabın içindeki çelik kabı parçalayan patlayıcıyı ateşler ve sıcak, keskin parçalar yüksek hızda dağılır. Çoğu canlı hedeflere zarar veren basınçtan çok bu mermi parçacıklarıdır (Wikipedia b 2011).

HE mermisi vuruş etkili tapa, zaman ayarlı tapa, yakınlık sensorlu (VT) tapayla kullanılabilir (Global 2011). HE- IMPACT mühimmatı HE mermisine vuruş etkili tapa takılmış olanıdır.

4.2.3.b. HE – Time

HE mermisine mekanik ya da elektronik zaman ayarlanabilen tapa takılmış bir mühimmdir. Zaman ayarlı tapa ayarlanan zaman sonra patlayan bir tapadır (Wikipedia c 2011).

4.2.3.c. HE – Delay

HE mermisine gecikmeli tapa takılmış mühimmdir. Bu gecikmeli tapayla mermi hedefe çarptıktan bir süre sonra daha ilerler. Bu tapa hedefin içine girdikten sonra patlaması için kullanılır (Poe 2011).

4.2.3.ç. HE-VT

HE mermisine yakınlık sensorlu (VT) tapa takılmış mühimmdir. Yakınlık sensorlu (VT) tapa hedefin üzerinde daha önceden ayarlanmış bir yüksekliğe geldiğinde otomatik olarak patlayan bir tapadır (Wikipedia d 2011).

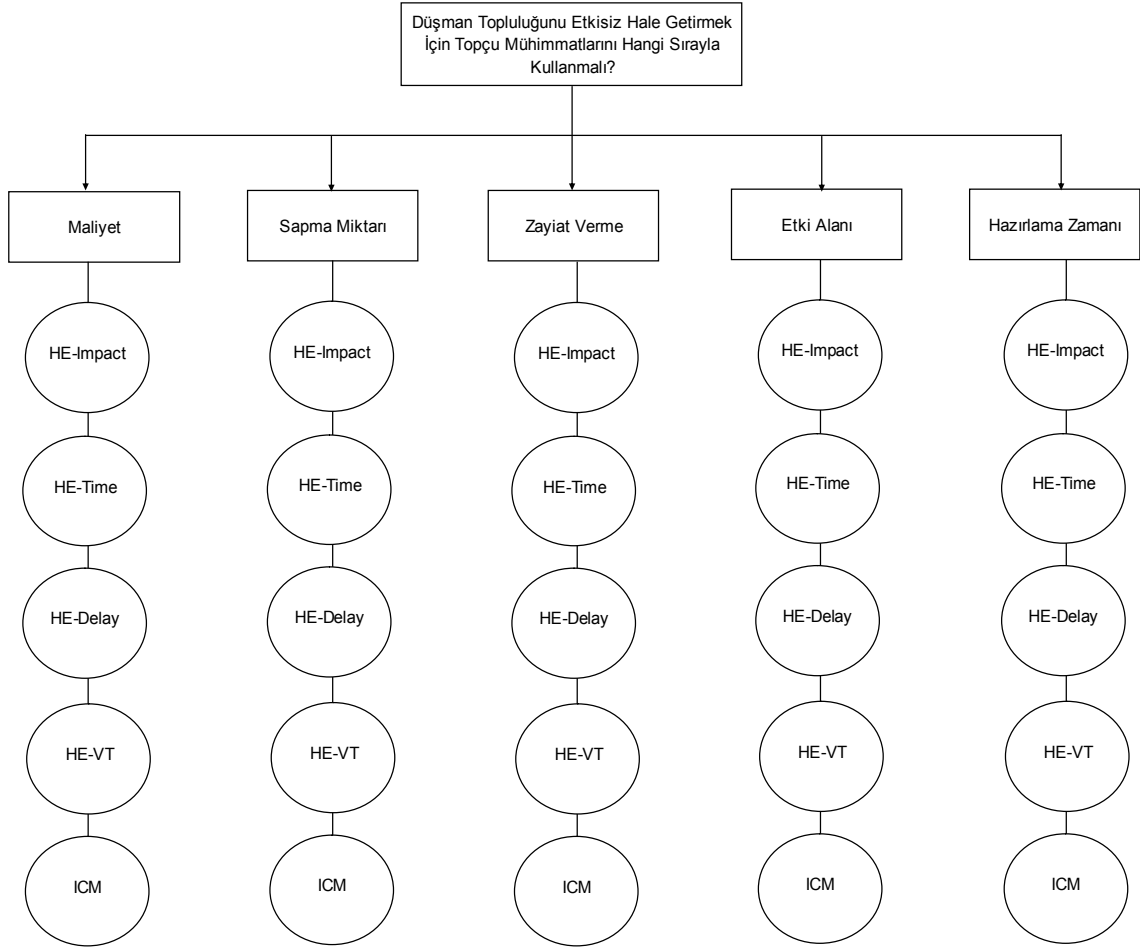
VT tapa radyo frekans bazlı çalışan önceden ayarlı yükseklikte patlayan bir tapadır. VT tapa zaman ayarlı tapayla aynı etkiyi gösterir ama onun gibi ayarlanmasına gerek yoktur. Ayrıca yüksek açılı atışlarda çok etkilidir (Global 2011).

4.2.3.d. ICM (Improvement Conventional Munition-Geliştirilmiş Konvansiyonel Mühimmat)

Mekanik tapası olan ve içinde çeşitli miktarlarda ikincil patlayıcı bulunan dipten fırlatmalı konvansiyonel bir mühimmdir. İki çeşit ICM (geliştirilmiş konvansiyonel mühimmat) bulunmaktadır: anti personel (AP) ve çift amaçlı (DP) ICM'dir (Global 2011).

4.2.4. Modelin Oluşturulması

Hedefler, kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra hiyerarşik model oluşturulur. Model elemanları bir araya getirildiğinde Şekil 4.1’de ki şematik model meydana gelir.



Şekil 4.1. Uygulamaya ait AHP hiyerarşik modeli

4.3. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken önceki bölümde de belirtilen Saaty tarafından önerilen karar ölçeği kullanılmıştır. Konuyla ilgili uzman görüşü alınarak, her bir kritere göre alternatiflerin kendi arasında ve kriterlerin de kendi aralarında ikili

karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri aşağıda gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.1. Kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

A	Maliyet	Sapma Miktarı	Zayiat Verme	Etki Alanı	Hazırlama Zamanı
Maliyet	1	1/6	1/8	1/7	1/3
Sapma Miktarı	6	1	1/3	1/4	3
Zayiat Verme	8	3	1	2	5
Etki Alanı	7	4	1/2	1	4
Hazırlama Zamanı	3	1/3	1/5	1/4	1

Çizelge 4.2. Maliyet kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Maliyet	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	3	3	5	7
HE-Time	1/3	1	1/2	6	8
HE-Delay	1/3	2	1	5	7
HE-VT	1/5	1/6	1/5	1	6
ICM	1/7	1/8	1/7	1/6	1

Çizelge 4.3. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Sapma Miktarı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	3	3	3	5
HE-Time	1/3	1	1/2	1/3	3
HE-Delay	1/3	2	1	1/3	3
HE-VT	1/3	3	3	1	3
ICM	1/5	1/3	1/3	1/3	1

Çizelge 4.4. Zayıt Verme kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Zayıt Verme	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	1/4	2	1/5	1/8
HE-Time	4	1	4	1/2	1/7
HE-Delay	1/2	1/4	1	1/6	1/8
HE-VT	5	2	6	1	1/7
ICM	8	7	8	7	1

Çizelge 4.5. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Etki Alanı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	1/6	4	1/7	1/9
HE-Time	6	1	7	1/4	1/8
HE-Delay	1/4	1/7	1	1/8	1/9
HE-VT	7	4	8	1	1/5
ICM	9	8	9	5	1

Çizelge 4.6. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Hazırlama Zamanı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	5	4	5	7
HE-Time	1/5	1	1/4	1/3	6
HE-Delay	1/4	4	1	3	5
HE-VT	1/5	3	1/3	1	5
ICM	1/7	1/6	1/5	1/5	1

4.4. Görelî Önem Vektörünün Elde Edilmesi

Kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi A ile gösterilirse;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/6 & 1/8 & 1/7 & 1/3 \\ 6 & 1 & 1/3 & 1/4 & 3 \\ 8 & 3 & 1 & 2 & 5 \\ 7 & 4 & 1/2 & 1 & 4 \\ 3 & 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1 \dots n \quad j = 1 \dots n$$

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

elde edilir. Kriterlerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) B sütun vektörü elde edilir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \dots \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \text{ ise } b_{11} = \frac{1}{1 + 6 + 8 + 7 + 3} = 0.040$$

$$b_{21} = \frac{6}{1 + 6 + 8 + 7 + 3} = 0.240$$

$$b_{31} = \frac{8}{1 + 6 + 8 + 7 + 3} = 0.320$$

$$b_{41} = \frac{7}{1 + 6 + 8 + 7 + 3} = 0.280$$

$$b_{51} = \frac{3}{1 + 6 + 8 + 7 + 3} = 0.120$$

B₁ sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.040 \\ 0.240 \\ 0.320 \\ 0.280 \\ 0.120 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında;

$$b_{12} = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{6} + 1 + 3 + 4 + \frac{1}{3}} = 0.019 \quad b_{13} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = 0.057$$

$$b_{22} = \frac{1}{\frac{1}{6} + 1 + 3 + 4 + \frac{1}{3}} = 0.117 \quad b_{23} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = 0.154$$

$$b_{32} = \frac{3}{\frac{1}{6} + 1 + 3 + 4 + \frac{1}{3}} = 0.352 \quad b_{33} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = 0.463$$

$$b_{42} = \frac{4}{\frac{1}{6} + 1 + 3 + 4 + \frac{1}{3}} = 0.470 \quad b_{43} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = 0.231$$

$$b_{52} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{6} + 1 + 3 + 4 + \frac{1}{3}} = 0.039 \quad b_{53} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = 0.090$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0.019 \\ 0.117 \\ 0.352 \\ 0.470 \\ 0.039 \end{bmatrix} \quad B_3 = \begin{bmatrix} 0.057 \\ 0.154 \\ 0.463 \\ 0.231 \\ 0.009 \end{bmatrix}$$

$$b_{14} = \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + 2 + 1 + \frac{1}{4}} = 0.039 \quad b_{15} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{3} + 3 + 5 + 4 + 1} = 0.025$$

$$b_{24} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + 2 + 1 + \frac{1}{4}} = 0.068 \quad b_{25} = \frac{3}{\frac{1}{3} + 3 + 5 + 4 + 1} = 0.225$$

$$b_{34} = \frac{2}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + 2 + 1 + \frac{1}{4}} = 0.549 \quad b_{35} = \frac{5}{\frac{1}{3} + 3 + 5 + 4 + 1} = 0.375$$

$$b_{42} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + 2 + 1 + \frac{1}{4}} = 0.274 \quad b_{45} = \frac{4}{\frac{1}{3} + 3 + 5 + 4 + 1} = 0.300$$

$$b_{54} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + 2 + 1 + \frac{1}{4}} = 0.068 \quad b_{55} = \frac{1}{\frac{1}{3} + 3 + 5 + 4 + 1} = 0.075$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} 0.039 \\ 0.068 \\ 0.549 \\ 0.274 \\ 0.068 \end{bmatrix} \quad B_5 = \begin{bmatrix} 0.025 \\ 0.225 \\ 0.375 \\ 0.300 \\ 0.075 \end{bmatrix}$$

Kriterlere ait A karşılaştırma matrisi için elde edilen B₁ sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$C = \begin{bmatrix} 0.040 & 0.019 & 0.057 & 0.039 & 0.025 \\ 0.240 & 0.117 & 0.154 & 0.068 & 0.225 \\ 0.320 & 0.352 & 0.463 & 0.549 & 0.375 \\ 0.280 & 0.470 & 0.231 & 0.274 & 0.300 \\ 0.120 & 0.039 & 0.092 & 0.068 & 0.075 \end{bmatrix}$$

C matrisi meydana gelir.

C matrisinin her bir satırının aritmetik ortalaması alınarak “Öncelik Vektörü veya Görelî Önem Vektörü” olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir. Bu vektörde yer alan görelî önem değerlerinin toplamı 1’e eşittir.

$$w_j = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \text{ den } w_1 = \frac{0.040 + 0.019 + 0.057 + 0.039 + 0.025}{5} = 0.036$$

$$w_2 = \frac{0.240 + 0.117 + 0.154 + 0.068 + 0.225}{5} = 0.161$$

$$w_3 = \frac{0.320 + 0.352 + 0.463 + 0.549 + 0.375}{5} = 0.412$$

$$w_4 = \frac{0.280 + 0.470 + 0.231 + 0.274 + 0.300}{5} = 0.311$$

$$w_5 = \frac{0.120 + 0.039 + 0.092 + 0.068 + 0.075}{5} = 0.079$$

$$W = \begin{bmatrix} 0.036 \\ 0.161 \\ 0.412 \\ 0.311 \\ 0.079 \end{bmatrix}$$

4.5. Tutarlılık Oranının Belirlenmesi

Bu aşamada ele alınan problemle ilgili olarak elde edilen kriterlere ve alternatiflere ait ikili karşılaştırma matrislerindeki değerlerin tutarlı olup olmadıklarını ölçmek amacıyla tutarlılık oranı hesaplanır. Bölüm 3’de belirtilen eşitliklerden yararlanarak önce V_1 sütun vektörü hesaplanır.

$$V_1 = a_{ij} * w_j \text{ den } V_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/6 & 1/8 & 1/7 & 1/3 \\ 6 & 1 & 1/3 & 1/4 & 3 \\ 8 & 3 & 1 & 2 & 5 \\ 7 & 4 & 1/2 & 1 & 4 \\ 3 & 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.036 \\ 0.161 \\ 0.412 \\ 0.311 \\ 0.079 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.185 \\ 0.831 \\ 2.204 \\ 1.732 \\ 0.402 \end{bmatrix}$$

Hesaplanan V_1 sütun vektörü de W göreli önem vektörüne bölünerek V_2 sütun vektörü elde edilir.

$$V_2 = \frac{V_1}{W} = \begin{bmatrix} 0.185/0.036 \\ 0.831/0.161 \\ 2.204/0.412 \\ 1.732/0.311 \\ 0.402/0.079 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.105 \\ 5.161 \\ 5.349 \\ 5.565 \\ 5.083 \end{bmatrix}$$

V_2 sütun vektöründeki değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanılarak en büyük özdeğer $\lambda_{\max}$ hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = \frac{5.105 + 5.161 + 5.349 + 5.565 + 5.083}{5} = 5.253$$

Tutarlılık göstergesini hesaplamak için bu değeri eşitlikte yerine koyduğumuzda;

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,253 - 5}{5 - 1} = 0,063$$

elde edilir. $n=5$ için rastsallık göstergesi çizelgesinden rastsallık değeri incelendiğinde 1.12 olduğu görülmektedir. Tutarlılık oranı formülünde bu değerleri yerlerine koyduğumuzda;

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi}}{\text{Rastsallık Göstergesi}} = \frac{0,063}{1,12} = 0,056$$

bulunur. Bu değer 0.10'dan küçük olduğu için A kriterler matrisinin tutarlı olduğunu söylemek mümkündür.

4.6. Her Bir Kriter İçin m Alternatif (Karar) Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımları Bulunur

Yukarıdaki kriterlerin kendi aralarında hesaplanan önem dağılımlarının benzeri her bir alternatif için ayrı ayrı hesaplanır.

Çizelge 4.7. Maliyet kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Maliyet	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	3	3	5	7
HE-Time	1/3	1	1/2	6	8
HE-Delay	1/3	2	1	5	7
HE-VT	1/5	1/6	1/5	1	6
ICM	1/7	1/8	1/7	1/6	1

Maliyete göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi G ile gösterilirse;

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1 & 1/2 & 6 & 8 \\ 1/3 & 2 & 1 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1/6 & 1/5 & 1 & 6 \\ 1/7 & 1/8 & 1/7 & 1/6 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = [g_{ij}]_{m \times m} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots m$$

$$\text{Eğer } g_{ij} = \alpha \text{ ise } g_{ji} = 1/\alpha, \alpha \neq 0$$

elde edilir. Alternatiflerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) D sütun vektörü elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \quad D_i = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \dots \\ d_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \text{ ise } d_{11} = \frac{1}{1 + 1/3 + 1/3 + 1/5 + 1/7} = 0.497$$

$$d_{21} = \frac{1/3}{1 + 1/3 + 1/3 + 1/5 + 1/7} = 0.165$$

$$d_{31} = \frac{1/3}{1 + 1/3 + 1/3 + 1/5 + 1/7} = 0.165$$

$$d_{41} = \frac{1/5}{1 + 1/3 + 1/3 + 1/5 + 1/7} = 0.099$$

$$d_{51} = \frac{1/7}{1 + 1/3 + 1/3 + 1/5 + 1/7} = 0.071$$

D_1 sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.497 \\ 0.165 \\ 0.165 \\ 0.099 \\ 0.071 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında;

$$d_{12} = \frac{3}{3+1+2+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = 0.476$$

$$d_{13} = \frac{3}{3+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}} = 0.619$$

$$d_{22} = \frac{1}{3+1+2+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = 0.158$$

$$d_{23} = \frac{\frac{1}{2}}{3+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}} = 0.103$$

$$d_{32} = \frac{2}{3+1+2+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = 0.317$$

$$d_{33} = \frac{1}{3+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}} = 0.206$$

$$d_{42} = \frac{\frac{1}{6}}{3+1+2+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = 0.026$$

$$d_{43} = \frac{\frac{1}{5}}{3+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}} = 0.041$$

$$d_{52} = \frac{\frac{1}{8}}{3+1+2+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = 0.019$$

$$d_{53} = \frac{\frac{1}{7}}{3+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}} = 0.029$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.476 \\ 0.258 \\ 0.317 \\ 0.026 \\ 0.019 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 0.619 \\ 0.103 \\ 0.206 \\ 0.041 \\ 0.029 \end{bmatrix}$$

$$d_{14} = \frac{5}{5+6+5+1+\frac{1}{6}} = 0.291$$

$$d_{15} = \frac{7}{7+8+7+6+1} = 0.241$$

$$d_{24} = \frac{6}{5+6+5+1+\frac{1}{6}} = 0.349$$

$$d_{25} = \frac{8}{7+8+7+6+1} = 0.275$$

$$d_{34} = \frac{5}{5+6+5+1+\frac{1}{6}} = 0.291$$

$$d_{35} = \frac{7}{7+8+7+6+1} = 0.241$$

$$d_{42} = \frac{1}{5+6+5+1+\frac{1}{6}} = 0.058$$

$$d_{45} = \frac{6}{7+8+7+6+1} = 0.206$$

$$d_{54} = \frac{\frac{1}{6}}{5+6+5+1+\frac{1}{6}} = 0.009$$

$$d_{55} = \frac{1}{7+8+7+6+1} = 0.034$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.291 \\ 0.349 \\ 0.291 \\ 0.058 \\ 0.009 \end{bmatrix} \quad D_5 = \begin{bmatrix} 0.241 \\ 0.275 \\ 0.241 \\ 0.206 \\ 0.034 \end{bmatrix}$$

Maliyet kriterine ait G karşılaştırma matrisi için elde edilen D_i sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$D = \begin{bmatrix} 0.497 & 0.476 & 0.619 & 0.291 & 0.241 \\ 0.165 & 0.158 & 0.103 & 0.349 & 0.275 \\ 0.165 & 0.317 & 0.206 & 0.291 & 0.241 \\ 0.099 & 0.026 & 0.041 & 0.058 & 0.206 \\ 0.071 & 0.019 & 0.029 & 0.009 & 0.034 \end{bmatrix}$$

Maliyet kriteri için D matrisi meydana gelir.

Elde edilen bu D matrisinden Maliyet kriteri için alternatiflerin yüzde önem dağılımları Hedef için Kriterler arasındakine benzer şekilde hesaplanırsa:

$$s_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \text{ den } s_1 = \frac{0.497 + 0.476 + 0.619 + 0.291 + 0.241}{5} = 0.425$$

$$s_2 = \frac{0.165 + 0.158 + 0.103 + 0.349 + 0.275}{5} = 0.210$$

$$s_3 = \frac{0.165 + 0.317 + 0.206 + 0.291 + 0.241}{5} = 0.244$$

$$s_4 = \frac{0.099 + 0.026 + 0.041 + 0.058 + 0.206}{5} = 0.086$$

$$s_5 = \frac{0.071 + 0.019 + 0.029 + 0.009 + 0.034}{5} = 0.032$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.425 \\ 0.210 \\ 0.244 \\ 0.086 \\ 0.032 \end{bmatrix}$$

Benzer işlemleri Sapma Miktarı kriteri için uyguladığımızda;

Çizelge 4.8. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Sapma Miktarı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	3	3	3	5
HE-Time	1/3	1	1/2	1/3	3
HE-Delay	1/3	2	1	1/3	3
HE-VT	1/3	3	3	1	3
ICM	1/5	1/3	1/3	1/3	1

Sapma Miktarına göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi G ile gösterilirse;

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1/2 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = [g_{ij}]_{m \times m} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots m$$

Eğer $g_{ij} = \alpha$ ise $g_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$

elde edilir. Alternatiflerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) D sütun vektörü elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \quad D_i = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \dots \\ d_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \text{ ise } d_{11} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = 0.454$$

$$d_{21} = \frac{\frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = 0.151$$

$$d_{31} = \frac{\frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = 0.151$$

$$d_{41} = \frac{\frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = 0.151$$

$$d_{51} = \frac{\frac{1}{5}}{1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = 0.090$$

D_1 sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.454 \\ 0.151 \\ 0.151 \\ 0.151 \\ 0.090 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında,

$$d_{12} = \frac{3}{3+1+2+3+\frac{1}{3}} = 0.321$$

$$d_{13} = \frac{3}{3+\frac{1}{2}+1+3+\frac{1}{3}} = 0.382$$

$$d_{22} = \frac{1}{3+1+2+3+\frac{1}{3}} = 0.107$$

$$d_{23} = \frac{\frac{1}{2}}{3+\frac{1}{2}+1+3+\frac{1}{3}} = 0.063$$

$$d_{32} = \frac{2}{3+1+2+3+\frac{1}{3}} = 0.214$$

$$d_{33} = \frac{1}{3+\frac{1}{2}+1+3+\frac{1}{3}} = 0.127$$

$$d_{42} = \frac{3}{3+1+2+3+\frac{1}{3}} = 0.321$$

$$d_{43} = \frac{3}{3+\frac{1}{2}+1+3+\frac{1}{3}} = 0.382$$

$$d_{52} = \frac{\frac{1}{3}}{3+1+2+3+\frac{1}{3}} = 0.035$$

$$d_{53} = \frac{\frac{1}{3}}{3+\frac{1}{2}+1+3+\frac{1}{3}} = 0.042$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.321 \\ 0.107 \\ 0.214 \\ 0.321 \\ 0.035 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 0.382 \\ 0.063 \\ 0.127 \\ 0.382 \\ 0.042 \end{bmatrix}$$

$$d_{14} = \frac{3}{3+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+1+\frac{1}{3}} = 0.600$$

$$d_{15} = \frac{5}{5+3+3+3+1} = 0.333$$

$$d_{24} = \frac{\frac{1}{3}}{3+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+1+\frac{1}{3}} = 0.066$$

$$d_{25} = \frac{3}{5+3+3+3+1} = 0.200$$

$$d_{34} = \frac{\frac{1}{3}}{3+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+1+\frac{1}{3}} = 0.066$$

$$d_{35} = \frac{3}{5+3+3+3+1} = 0.200$$

$$d_{42} = \frac{1}{3+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+1+\frac{1}{3}} = 0.200$$

$$d_{45} = \frac{3}{5+3+3+3+1} = 0.200$$

$$d_{54} = \frac{\frac{1}{3}}{3+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+1+\frac{1}{3}} = 0.066$$

$$d_{55} = \frac{1}{5+3+3+3+1} = 0.066$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.600 \\ 0.066 \\ 0.066 \\ 0.020 \\ 0.066 \end{bmatrix}$$

$$D_5 = \begin{bmatrix} 0.333 \\ 0.200 \\ 0.200 \\ 0.200 \\ 0.066 \end{bmatrix}$$

Sapma Miktarı kriterine ait G karşılaştırma matrisi için elde edilen D_i sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$D = \begin{bmatrix} 0.454 & 0.321 & 0.382 & 0.600 & 0.333 \\ 0.151 & 0.107 & 0.063 & 0.066 & 0.200 \\ 0.151 & 0.214 & 0.127 & 0.066 & 0.200 \\ 0.151 & 0.321 & 0.382 & 0.200 & 0.200 \\ 0.090 & 0.035 & 0.042 & 0.066 & 0.066 \end{bmatrix}$$

Sapma Miktarı kriteri için D matrisi meydana gelir.

Elde edilen bu D matrisinden Sapma Miktarı kriteri için alternatiflerin yüzde önem dağılımları Hedef için Kriterler arasındakine benzer şekilde hesaplanırsa:

$$s_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \text{ den } s_1 = \frac{0.454+0.321+0.382+0.600+0.333}{5} = 0.418$$

$$s_2 = \frac{0.151+0.107+0.063+0.066+0.200}{5} = 0.117$$

$$s_3 = \frac{0.151+0.214+0.127+0.066+0.200}{5} = 0.152$$

$$s_4 = \frac{0.151+0.321+0.382+0.200+0.200}{5} = 0.251$$

$$s_5 = \frac{0.090+0.035+0.042+0.066+0.066}{5} = 0.060$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.418 \\ 0.117 \\ 0.152 \\ 0.251 \\ 0.060 \end{bmatrix}$$

Çizelge 4.9. Zayıf Verme kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Zayıf Verme	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	1/4	2	1/5	1/8
HE-Time	4	1	4	1/2	1/7
HE-Delay	1/2	1/4	1	1/6	1/8
HE-VT	5	2	6	1	1/7
ICM	8	7	8	7	1

Zayıf Vermeye göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi G ile gösterilirse;

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 2 & 1/5 & 1/8 \\ 4 & 1 & 4 & 1/2 & 1/7 \\ 1/2 & 1/4 & 1 & 1/6 & 1/8 \\ 5 & 2 & 6 & 1 & 1/7 \\ 8 & 7 & 8 & 7 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = [g_{ij}]_{m \times m} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots m$$

$$\text{Eğer } g_{ij} = \alpha \text{ ise } g_{ji} = 1/\alpha, \alpha \neq 0$$

elde edilir. Alternatiflerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) D sütun vektörü elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \quad D_i = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \dots \\ d_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \text{ ise } d_{11} = \frac{1}{1+4+\frac{1}{2}+5+8} = 0.054$$

$$d_{21} = \frac{4}{1+4+\frac{1}{2}+5+8} = 0.216$$

$$d_{31} = \frac{\frac{1}{2}}{1+4+\frac{1}{2}+5+8} = 0.027$$

$$d_{41} = \frac{5}{1+4+\frac{1}{2}+5+8} = 0.270$$

$$d_{51} = \frac{8}{1+4+\frac{1}{2}+5+8} = 0.432$$

D_1 sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.054 \\ 0.216 \\ 0.027 \\ 0.270 \\ 0.432 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında,

$$d_{12} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4}+1+\frac{1}{4}+2+7} = 0.023$$

$$d_{13} = \frac{2}{2+4+1+6+8} = 0.095$$

$$d_{22} = \frac{1}{\frac{1}{4}+1+\frac{1}{4}+2+7} = 0.095$$

$$d_{23} = \frac{4}{2+4+1+6+8} = 0.190$$

$$d_{32} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4}+1+\frac{1}{4}+2+7} = 0.023$$

$$d_{33} = \frac{1}{2+4+1+6+8} = 0.047$$

$$d_{42} = \frac{2}{\frac{1}{4}+1+\frac{1}{4}+2+7} = 0.190$$

$$d_{43} = \frac{6}{2+4+1+6+8} = 0.285$$

$$d_{52} = \frac{7}{\frac{1}{4}+1+\frac{1}{4}+2+7} = 0.666$$

$$d_{53} = \frac{8}{2+4+1+6+8} = 0.380$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.023 \\ 0.095 \\ 0.023 \\ 0.190 \\ 0.666 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 0.095 \\ 0.190 \\ 0.047 \\ 0.285 \\ 0.380 \end{bmatrix}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında,

$$\begin{aligned}
 d_{14} &= \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + 1 + 7} = 0.022 & d_{15} &= \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{7} + 1} = 0.081 \\
 d_{24} &= \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + 1 + 7} = 0.056 & d_{25} &= \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{7} + 1} = 0.093 \\
 d_{34} &= \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + 1 + 7} = 0.018 & d_{35} &= \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{7} + 1} = 0.081 \\
 d_{42} &= \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + 1 + 7} = 0.112 & d_{45} &= \frac{7}{\frac{1}{8} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{7} + 1} = 0.093 \\
 d_{54} &= \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + 1 + 7} = 0.789 & d_{55} &= \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{7} + 1} = 0.651
 \end{aligned}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.022 \\ 0.056 \\ 0.018 \\ 0.112 \\ 0.789 \end{bmatrix} \quad D_5 = \begin{bmatrix} 0.081 \\ 0.093 \\ 0.081 \\ 0.093 \\ 0.651 \end{bmatrix}$$

Zayıf Verme kriterine ait G karşılaştırma matrisi için elde edilen D_i sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$D = \begin{bmatrix} 0.054 & 0.023 & 0.095 & 0.022 & 0.081 \\ 0.216 & 0.095 & 0.190 & 0.056 & 0.093 \\ 0.027 & 0.023 & 0.047 & 0.018 & 0.081 \\ 0.270 & 0.190 & 0.285 & 0.112 & 0.093 \\ 0.432 & 0.666 & 0.380 & 0.789 & 0.651 \end{bmatrix}$$

Zayıf Verme kriteri için D matrisi meydana gelir.

Elde edilen bu D matrisinden Zayıf Verme kriteri için alternatiflerin yüzde önem dağılımları Hedef için Kriterler arasındakine benzer şekilde hesaplanırsa:

$$s_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \text{ den } s_1 = \frac{0.054 + 0.023 + 0.095 + 0.022 + 0.081}{5} = 0.055$$

$$s_2 = \frac{0.216 + 0.095 + 0.190 + 0.056 + 0.093}{5} = 0.130$$

$$s_3 = \frac{0.027 + 0.023 + 0.047 + 0.018 + 0.081}{5} = 0.040$$

$$s_4 = \frac{0.270 + 0.190 + 0.285 + 0.112 + 0.093}{5} = 0.191$$

$$s_5 = \frac{0.432 + 0.666 + 0.380 + 0.789 + 0.651}{5} = 0.584$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.055 \\ 0.130 \\ 0.040 \\ 0.191 \\ 0.584 \end{bmatrix}$$

Çizelge 4.10. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Etki Alanı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	1/6	4	1/7	1/9
HE-Time	6	1	7	1/4	1/8
HE-Delay	1/4	1/7	1	1/8	1/9
HE-VT	7	4	8	1	1/5
ICM	9	8	9	5	1

Etki Alanına göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi G ile gösterilirse;

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1/6 & 4 & 1/7 & 1/9 \\ 6 & 1 & 7 & 1/4 & 1/8 \\ 1/4 & 1/7 & 1 & 1/8 & 1/9 \\ 7 & 4 & 8 & 1 & 5 \\ 9 & 8 & 9 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = [g_{ij}]_{m \times m} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots m$$

$$\text{Eğer } g_{ij} = \alpha \text{ ise } g_{ji} = 1/\alpha, \alpha \neq 0$$

elde edilir. Alternatiflerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) D sütun vektörü elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \quad D_i = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \dots \\ d_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \text{ ise } d_{11} = \frac{1}{1+6+1/4+7+9} = 0.043$$

$$d_{21} = \frac{6}{1+6+1/4+7+9} = 0.258$$

$$d_{31} = \frac{1/4}{1+6+1/4+7+9} = 0.010$$

$$d_{41} = \frac{7}{1+6+1/4+7+9} = 0.301$$

$$d_{51} = \frac{9}{1+6+1/4+7+9} = 0.387$$

D_1 sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.043 \\ 0.258 \\ 0.010 \\ 0.301 \\ 0.387 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında,

$$\begin{aligned} d_{12} &= \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{7} + 4 + 8} = 0.012 & d_{13} &= \frac{4}{4 + 7 + 1 + 8 + 9} = 0.137 \\ d_{22} &= \frac{1}{\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{7} + 4 + 8} = 0.075 & d_{23} &= \frac{7}{4 + 7 + 1 + 8 + 9} = 0.241 \\ d_{32} &= \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{7} + 4 + 8} = 0.010 & d_{33} &= \frac{1}{4 + 7 + 1 + 8 + 9} = 0.034 \\ d_{42} &= \frac{4}{\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{7} + 4 + 8} = 0.300 & d_{43} &= \frac{8}{4 + 7 + 1 + 8 + 9} = 0.275 \\ d_{52} &= \frac{8}{\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{7} + 4 + 8} = 0.601 & d_{53} &= \frac{9}{4 + 7 + 1 + 8 + 9} = 0.310 \end{aligned}$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.012 \\ 0.075 \\ 0.010 \\ 0.300 \\ 0.601 \end{bmatrix} \quad D_3 = \begin{bmatrix} 0.137 \\ 0.241 \\ 0.034 \\ 0.275 \\ 0.310 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} d_{14} &= \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 1 + 5} = 0.021 & d_{15} &= \frac{\frac{1}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + 1} = 0.071 \\ d_{24} &= \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 1 + 5} = 0.038 & d_{25} &= \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + 1} = 0.080 \\ d_{34} &= \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 1 + 5} = 0.019 & d_{35} &= \frac{\frac{1}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + 1} = 0.071 \\ d_{42} &= \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 1 + 5} = 0.153 & d_{45} &= \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + 1} = 0.129 \\ d_{54} &= \frac{5}{\frac{1}{7} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 1 + 5} = 0.767 & d_{55} &= \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + 1} = 0.646 \end{aligned}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.021 \\ 0.038 \\ 0.019 \\ 0.153 \\ 0.767 \end{bmatrix} \quad D_5 = \begin{bmatrix} 0.071 \\ 0.080 \\ 0.071 \\ 0.129 \\ 0.646 \end{bmatrix}$$

Etki Alanı kriterine ait G karşılaştırma matrisi için elde edilen D_i sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$D = \begin{bmatrix} 0.054 & 0.023 & 0.095 & 0.099 & 0.014 \\ 0.216 & 0.095 & 0.190 & 0.248 & 0.017 \\ 0.027 & 0.023 & 0.047 & 0.082 & 0.014 \\ 0.270 & 0.190 & 0.285 & 0.497 & 0.834 \\ 0.432 & 0.666 & 0.380 & 0.071 & 0.119 \end{bmatrix}$$

Etki Alanı kriteri için D matrisi meydana gelir.

Elde edilen bu D matrisinden Etki Alanı kriteri için alternatiflerin yüzde önem dağılımları Hedef için Kriterler arasındakine benzer şekilde hesaplanırsa:

$$s_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \text{ den } \begin{aligned} s_1 &= \frac{0.043 + 0.012 + 0.137 + 0.021 + 0.071}{5} = 0.057 \\ s_2 &= \frac{0.258 + 0.075 + 0.241 + 0.038 + 0.080}{5} = 0.138 \\ s_3 &= \frac{0.010 + 0.010 + 0.034 + 0.019 + 0.071}{5} = 0.029 \\ s_4 &= \frac{0.301 + 0.300 + 0.275 + 0.153 + 0.129}{5} = 0.232 \\ s_5 &= \frac{0.387 + 0.601 + 0.310 + 0.767 + 0.646}{5} = 0.542 \end{aligned}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.057 \\ 0.138 \\ 0.029 \\ 0.232 \\ 0.542 \end{bmatrix}$$

Çizelge 4.11. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Hazırlama Zamanı	HE-Impact	HE-Time	HE-Delay	HE-VT	ICM
HE-Impact	1	5	4	5	7
HE-Time	1/5	1	1/4	1/3	6
HE-Delay	1/4	4	1	3	5
HE-VT	1/5	3	1/3	1	5
ICM	1/7	1/6	1/5	1/5	1

Hazırlama Zamanına göre alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi G ile gösterilirse;

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 4 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/4 & 1/3 & 6 \\ 1/4 & 4 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 3 & 1/3 & 1 & 5 \\ 1/7 & 1/6 & 1/5 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G = [g_{ij}]_{m \times m} \quad i = 1 \dots m \quad j = 1 \dots m$$

$$\text{Eğer } g_{ij} = \alpha \text{ ise } g_{ji} = 1/\alpha, \alpha \neq 0$$

elde edilir. Alternatiflerin sütun içindeki ağırlıklarını elde etmek için Bölüm 3’de belirtilen eşitlikler kullanılarak kriter sayısı kadar (n) D sütun vektörü elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \quad D_i = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \dots \\ d_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$d_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m g_{ij}} \text{ ise } d_{11} = \frac{1}{1 + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.557$$

$$d_{21} = \frac{\frac{1}{5}}{1 + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.111$$

$$d_{31} = \frac{\frac{1}{4}}{1 + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.139$$

$$d_{41} = \frac{\frac{1}{5}}{1 + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.111$$

$$d_{51} = \frac{\frac{1}{7}}{1 + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.079$$

D_1 sütun vektörünün elemanları birleştirildiğinde;

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.557 \\ 0.111 \\ 0.139 \\ 0.111 \\ 0.079 \end{bmatrix}_{5 \times 1}$$

benzer işlemler diğer sütunlar içinde uygulandığında,

$$d_{12} = \frac{5}{5+1+4+3+\frac{1}{6}} = 0.379$$

$$d_{22} = \frac{1}{5+1+4+3+\frac{1}{6}} = 0.075$$

$$d_{32} = \frac{4}{5+1+4+3+\frac{1}{6}} = 0.303$$

$$d_{42} = \frac{3}{5+1+4+3+\frac{1}{6}} = 0.227$$

$$d_{52} = \frac{\frac{1}{6}}{5+1+4+3+\frac{1}{6}} = 0.012$$

$$d_{13} = \frac{4}{4+\frac{1}{4}+1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}} = 0.691$$

$$d_{23} = \frac{\frac{1}{4}}{4+\frac{1}{4}+1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}} = 0.043$$

$$d_{33} = \frac{1}{4+\frac{1}{4}+1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}} = 0.172$$

$$d_{43} = \frac{\frac{1}{3}}{4+\frac{1}{4}+1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}} = 0.057$$

$$d_{53} = \frac{\frac{1}{5}}{4+\frac{1}{4}+1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}} = 0.034$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.379 \\ 0.075 \\ 0.303 \\ 0.227 \\ 0.012 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 0.691 \\ 0.043 \\ 0.172 \\ 0.057 \\ 0.034 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
d_{14} &= \frac{5}{5 + \frac{1}{3} + 3 + 1 + \frac{1}{5}} = 0.524 & d_{15} &= \frac{7}{7 + 6 + 5 + 5 + 1} = 0.291 \\
d_{24} &= \frac{\frac{1}{3}}{5 + \frac{1}{3} + 3 + 1 + \frac{1}{5}} = 0.034 & d_{25} &= \frac{6}{7 + 6 + 5 + 5 + 1} = 0.250 \\
d_{34} &= \frac{3}{5 + \frac{1}{3} + 3 + 1 + \frac{1}{5}} = 0.314 & d_{35} &= \frac{5}{7 + 6 + 5 + 5 + 1} = 0.208 \\
d_{42} &= \frac{1}{5 + \frac{1}{3} + 3 + 1 + \frac{1}{5}} = 0.104 & d_{45} &= \frac{5}{7 + 6 + 5 + 5 + 1} = 0.208 \\
d_{54} &= \frac{\frac{1}{5}}{5 + \frac{1}{3} + 3 + 1 + \frac{1}{5}} = 0.020 & d_{55} &= \frac{1}{7 + 6 + 5 + 5 + 1} = 0.041
\end{aligned}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.524 \\ 0.034 \\ 0.314 \\ 0.104 \\ 0.020 \end{bmatrix} \quad D_5 = \begin{bmatrix} 0.291 \\ 0.250 \\ 0.208 \\ 0.208 \\ 0.041 \end{bmatrix}$$

Hazırlama Zamanı kriterine ait G karşılaştırma matrisi için elde edilen D_i sütun vektörleri birleştirildiğinde;

$$D = \begin{bmatrix} 0.557 & 0.379 & 0.691 & 0.524 & 0.291 \\ 0.111 & 0.075 & 0.043 & 0.034 & 0.250 \\ 0.139 & 0.303 & 0.172 & 0.314 & 0.208 \\ 0.111 & 0.227 & 0.057 & 0.104 & 0.208 \\ 0.079 & 0.012 & 0.034 & 0.020 & 0.041 \end{bmatrix}$$

Hazırlama Zamanı kriteisi meydana gelir.

Elde edilen bu D matrisinden Hazırlama Zamanı kriteri için alternatiflerin yüzde önem dağılımları Hedef için Kriterler arasındakine benzer şekilde hesaplanırsa:

$$s_j = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \text{ den } s_1 = \frac{0.557 + 0.379 + 0.691 + 0.524 + 0.291}{5} = 0.489$$

$$s_2 = \frac{0.111 + 0.075 + 0.043 + 0.034 + 0.250}{5} = 0.103$$

$$s_3 = \frac{0.139 + 0.303 + 0.172 + 0.314 + 0.208}{5} = 0.227$$

$$s_4 = \frac{0.111 + 0.227 + 0.057 + 0.104 + 0.208}{5} = 0.142$$

$$s_5 = \frac{0.079 + 0.012 + 0.034 + 0.020 + 0.041}{5} = 0.037$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.489 \\ 0.103 \\ 0.227 \\ 0.142 \\ 0.037 \end{bmatrix}$$

4.7. Alternatiflerdeki Sonuç Dağılımının Bulunması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Her bir kriter için alternatiflerin yüzde önemlerini gösteren S sütun vektörleri hesaplandıktan sonra bu S sütun vektörleri birleştirilerek K karar matrisi oluşturulur. Uygulamada elde edilen S sütun vektörlerinin birleştirilmesi ile elde edilen K karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$K = \begin{bmatrix} 0.425 & 0.418 & 0.055 & 0.057 & 0.489 \\ 0.210 & 0.117 & 0.130 & 0.138 & 0.103 \\ 0.244 & 0.152 & 0.040 & 0.029 & 0.227 \\ 0.086 & 0.251 & 0.191 & 0.232 & 0.142 \\ 0.032 & 0.060 & 0.584 & 0.542 & 0.037 \end{bmatrix}$$

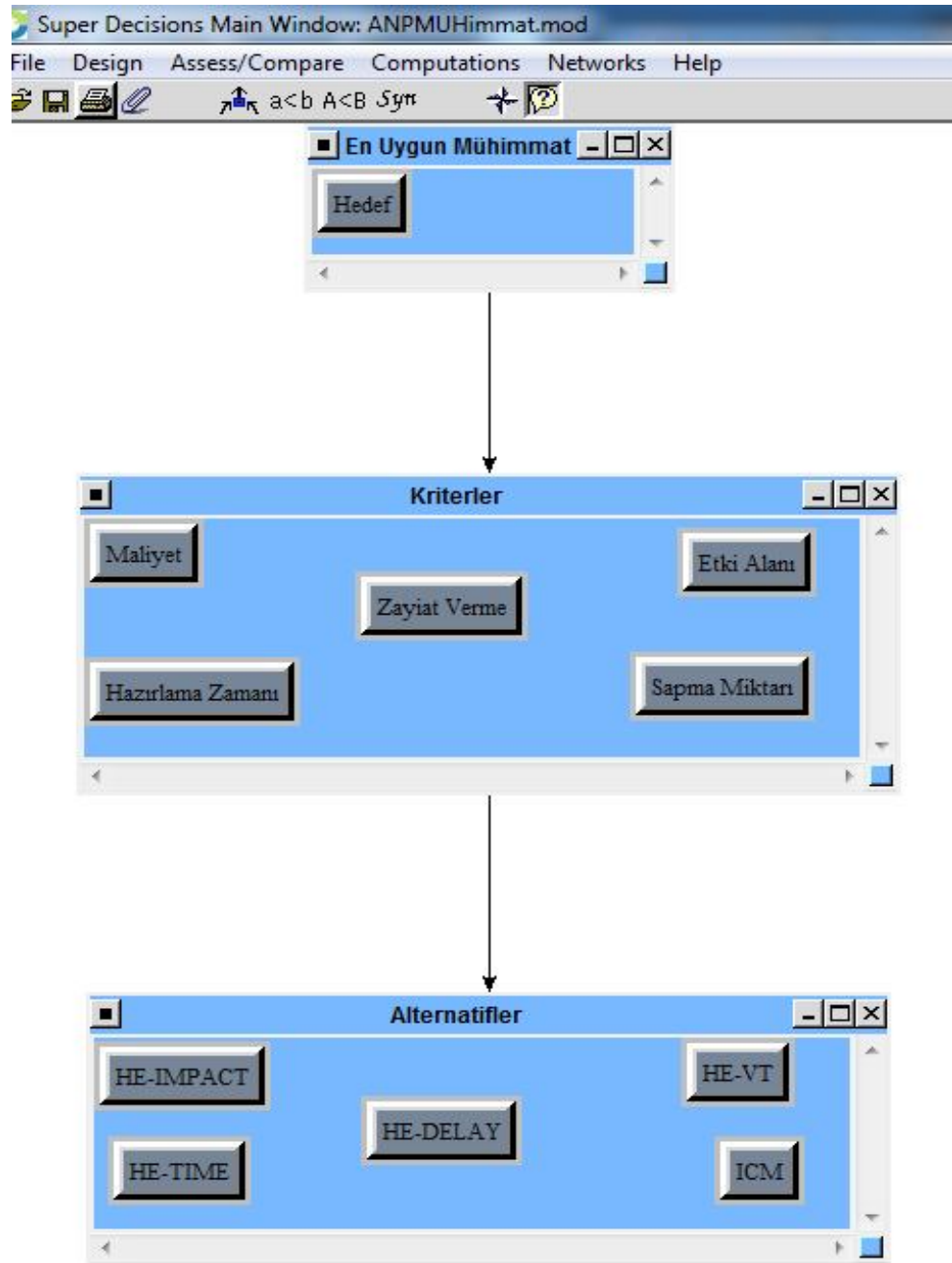
Bu karar vektörü W öncelik vektörü ya da diğer bir ismi ile görelî önem vektörü ile çarpıldığında sonuç dağılımlarını ifade eden, alternatiflerin(karar noktalarının) yüzde önem dağılımlarını içeren L sütun vektörünü verir.

$$L = K \times W = \begin{bmatrix} 0.425 & 0.418 & 0.055 & 0.057 & 0.489 \\ 0.210 & 0.117 & 0.130 & 0.138 & 0.103 \\ 0.244 & 0.152 & 0.040 & 0.029 & 0.227 \\ 0.086 & 0.251 & 0.191 & 0.232 & 0.142 \\ 0.032 & 0.060 & 0.584 & 0.542 & 0.037 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.036 \\ 0.161 \\ 0.412 \\ 0.311 \\ 0.079 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.132 \\ 0.077 \\ 0.206 \\ 0.423 \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.132 \\ 0.077 \\ 0.206 \\ 0.423 \end{bmatrix}$$

4.8. Analitik Ağ Süreci Uygulaması

Analitik ağ sürecinin uygulanmasında Super Decisions 2.0.8 (SuperDecisions 2009) kullanılmıştır. Çalışma Windows 7 ortamında gerçekleştirilmiştir. AHP'deki adımlara benzer bir şekilde ilk olarak problemin hiyerarşik modeli programda oluşturulmuştur.



Şekil 4.2. ANP hiyerarşik modeli

Hiyerarşik model oluşturulduktan sonra hedefin kriterlerle arasındaki ikili karşılaştırma matrisi doldurulmuştur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1. Etki Alanı	1	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Hazırlama Zamanı
2. Etki Alanı	>=9.5	1	3	4	5	6	7	8	>=9.5	No comp.	Maliyet
3. Etki Alanı	>=9.5	>=9.5	1	3	4	5	6	7	>=9.5	No comp.	Sapma Miktarı
4. Etki Alanı	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	3	4	5	6	>=9.5	No comp.	Zayıt Verme
5. Hazırlama Zamanı	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	3	4	5	>=9.5	No comp.	Maliyet
6. Hazırlama Zamanı	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	3	4	>=9.5	No comp.	Sapma Miktarı
7. Hazırlama Zamanı	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	3	>=9.5	No comp.	Zayıt Verme
8. Maliyet	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	>=9.5	No comp.	Sapma Miktarı
9. Maliyet	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	No comp.	Zayıt Verme
10. Sapma Miktarı	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	>=9.5	1	Zayıt Verme

Şekil 4.3. Hedefe ilişkin olarak kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Hedefe ilişkin kriterlerin kendi arasındaki ikili karşılaştırmaları programda girildikten sonra sırayla maliyet, hazırlama zamanı, zayıt verme, etki alanı ve sapma miktarı ile alternatifler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi değerleri programda Saaty'nin belirttiği ölçeğe uygun olarak girilir.


Comparisons wrt "Maliyet" node in "Alternatifler" cluster

File
Computations
Misc
Help

Graphic

Verbal

Matrix

Questionnaire

Comparisons wrt "Maliyet" node in "Alternatifler" cluster

HE-IMPACT is moderately more important than HE-DELAY

1. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-IMPACT	
2. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
3. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
4. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
5. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
6. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
7. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
8. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
9. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
10. HE-VT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM

Şekil 4.4. Maliyet açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "Sapma Miktarı" node in "Alternatifler" cluster

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "Sapma Miktarı" node in "Alternatifler" cluster
HE-IMPACT is moderately more important than HE-DELAY

1. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-IMPACT
2. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
3. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
4. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
5. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
6. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
7. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
8. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
9. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
10. HE-VT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM

Şekil 4.5. Sapma miktarı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "Zayıt Verme" node in "Alternatifler" cluster

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "Zayıt Verme" node in "Alternatifler" cluster
HE-IMPACT is equally to moderately more important than HE-DELAY

1. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-IMPACT
2. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
3. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
4. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
5. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
6. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
7. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
8. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
9. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
10. HE-VT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM

Şekil 4.6. Zayıt verme açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "Etki Alanı" node in "Alternatifler" cluster

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "Etki Alanı" node in "Alternatifler" cluster
HE-IMPACT is moderately to strongly more important than HE-DELAY

1. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-IMPACT
2. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
3. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
4. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
5. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
6. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
7. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
8. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
9. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
10. HE-VT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM

Şekil 4.7. Etki alanı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "Hazırlama Zamanı" node in "Alternatifler" cluster

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "Hazırlama Zamanı" node in "Alternatifler" cluster
HE-IMPACT is moderately to strongly more important than HE-DELAY

1. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-IMPACT
2. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
3. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
4. HE-DELAY	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
5. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-TIME
6. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
7. HE-IMPACT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
8. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	HE-VT
9. HE-TIME	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM
10. HE-VT	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ICM

Şekil 4.8. Hazırlama zamanı açısından alternatiflerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi k rastgele seçilmiş bir yüksek değer alındığında programın hesapladığı Limit Matris aşağıdaki gibidir.

Super Decisions Main Window: ANPMUHimmat.mod: Limit Matrix

	HE-DELAY	HE-IMPACT	HE-TIME	HE-UT	ICM	Hedef	Etki Alanı	Hazırlama	Maliyet	Sapma Miktarı	Zayıf Verme
HE-DELAY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03605	0.02532	0.23371	0.25189	0.14647	0.03637
HE-IMPACT	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.07675	0.04548	0.50433	0.43127	0.42740	0.04866
HE-TIME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05934	0.12073	0.09050	0.21065	0.11159	0.11709
HE-UT	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.10028	0.23280	0.13635	0.07640	0.25488	0.17748
ICM	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.22757	0.57568	0.03511	0.02979	0.05966	0.62040
Hedef	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Etki Alanı	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.16091	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Hazırlama	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03758	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Maliyet	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01747	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Sapma Miktarı	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.07691	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Zayıf Verme	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20714	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 4.9. Limit matris (Sonuç Ekranı)

Super Decisions Main Window: ANPMUHimmat.mod: Priorities

Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	HE-DELAY	0.07211	0.036054
No Icon	HE-IMPACT	0.15351	0.076754
No Icon	HE-TIME	0.11868	0.059342
No Icon	HE-VT	0.20056	0.100282
No Icon	ICM	0.45514	0.227569
No Icon	Hedef	0.00000	0.000000
No Icon	Etki Alanı	0.32182	0.160911
No Icon	Hazırlama Zamanı	0.07516	0.037580
No Icon	Maliyet	0.03493	0.017467
No Icon	Sapma Miktarı	0.15381	0.076906
No Icon	Zayıf Verme	0.41427	0.207135

Okay Copy Values

Şekil 4.10. Limit matris değerlerinin grafik gösterimi (Sonuç Ekranı)

Super Decisions programı kullanılarak elde edilen limit matris sonucunda HE-DELAY 0.07211, HE-IMPACT 0,15351, HE-TIME 0,11868, HE-VT 0,20056, ICM 0,45514 değerlerini almıştır. Ağırlıklar sıralamaya tabi tutulduğunda ICM, HE-VT, HE-IMPACT, HE-TIME, HE-DELAY şeklinde olduğu gözlenmiştir.

Limit matrsten elde edilen sonuçlara bakıldığında kriterlerin önem dereceleri Etki Alanı 0,32182, Hazırlama Zamanı 0,07516, Maliyet 0,03493, Sapma Miktarı 0,15381 Zayıat Verme 0,41427 değerlerini almıştır. Önem dereceleri sıralandığında Zayıat Verme, Etki Alanı, Sapma Miktarı, Maliyet, Hazırlama Zamanı şeklinde sıralandığı gözlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Topçuluk geçmişten günümüze değerini yitirmeyen ve gün geçtikçe artan bir öneme sahip bir askeri sınıftır. Düşmanın top kullanılarak etkisiz hale getirilmesinde topçunun hangi mühimmatı hangi öncelik sırası ile atması gerektiği bir karar problemini teşkil etmektedir.

Bu çalışmada AHP tekniği kullanılarak bu karar problemi çözülmeye çalışılmıştır. Topçunun düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede kullanacağı mühimmatlar ve bu mühimmatların seçiminde etkili olan kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler:

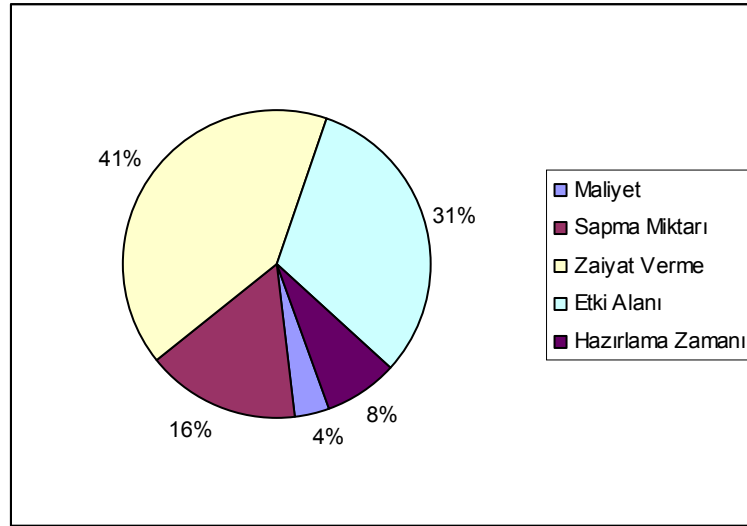
- Maliyet
- Sapma Miktarı
- Zayiat Verme
- Etki Alanı
- Hazırlama zamanı

şeklinde. Bu tezde yapılan AHP uygulaması Microsoft Office Excel 2003 ortamında hazırlanan çalışma sayfasında yapılmıştır. Hesaplamalar AHP teorisine uygun şekilde kodlara dökülerek, bu çalışma sayfasına aktarılmıştır.

Kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmaları ile elde edilen aşağıda yer alan W sütun vektörü incelendiğinde;

$$W = \begin{bmatrix} 0.036 \\ 0.161 \\ 0.412 \\ 0.311 \\ 0.079 \end{bmatrix}$$

bu değerlere göre beş adet değerlendirme kriterinden Maliyet kriteri yaklaşık olarak %4 öneme sahip, Sapma Miktarı kriteri %16, Zaiyat Verme %41, Etki Alanı kriteri %31, son kriter olan Hazırlama Zamanı ise %8 öneme sahiptir.



Şekil 5.1. Kriterlere ait önem değerleri yüzdeleri

Karar vericinin mühimmat seçerken kriterleri değerlendirmedeki tutumu göstermektedir ki; öncelikle mühimmatın zaiyat verme özelliğine ardından da mühimmatın hedefte yaptığı etki alanına ağırlıklı olarak bakmaktadır. Maliyet kriteri W sütun matrisinde ki değeri incelendiğinde, düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede topçunun seçeceği mühimmatın türüne pek etki etmediği görülmektedir.

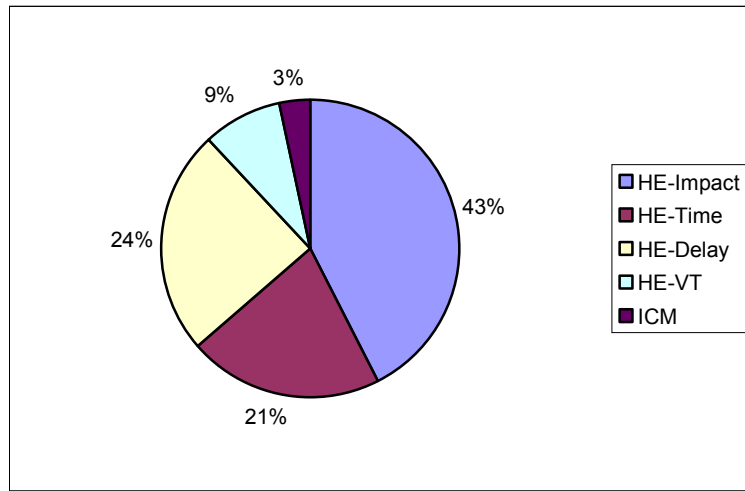
Uzman görüşüne bakılarak elde edilen A ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının değerlendirilmesinde ölçü olan Tutarlılık Oranı değeri bu çalışma için 0.056 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.10'dan küçük olduğu için A kriterler matrisinin tutarlı olduğu söylenebilir.

Her bir kriter için beş alternatif veya diğer bir ifadeyle karar noktalarındaki yüzde önem dağılımları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Maliyet kriteri için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplandığında elde edilen Maliyet kriteri için S yüzde önem dağılımları sütun vektörü;

$$S = \begin{bmatrix} 0.425 \\ 0.210 \\ 0.244 \\ 0.086 \\ 0.032 \end{bmatrix}$$

şeklindedir. Bu değerler yorumlandığında görülmektedir ki; sadece Maliyet kriteri açısından topçu mühimmat alternatifleri değerlendirildiğinde HE-Impact mermisi %43, HE-Time %21, HE-Delay %24, HE-VT %9, ICM mermisi ise %3 öneme sahiptir.



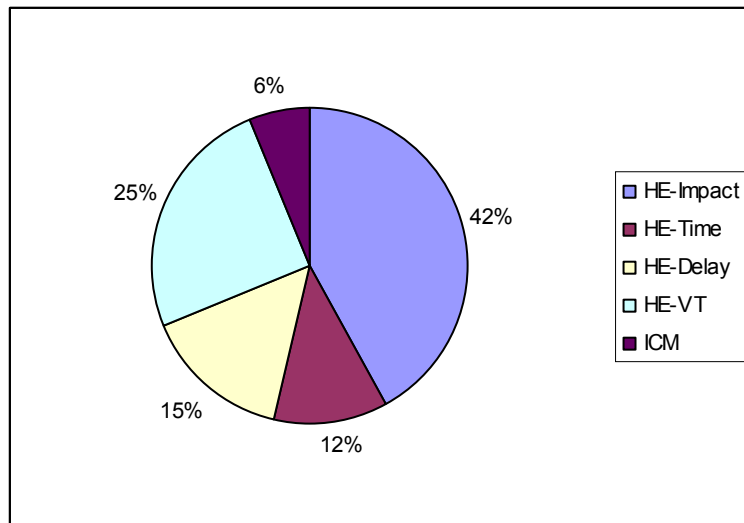
Şekil 5.2. Maliyet kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları

Buradan da anlaşılmaktadır ki HE-Impact mermisi Maliyet kriteri açısından değerlendirildiğinde diğerlerine göre düşük maliyetinden dolayı düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede kullanılmada öncelikli ilk mermi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ardından %24 önem/öncelik değeri ile HE-Delay mermisi gelmektedir. ICM mermisi ise yüksek maliyetinden dolayı en son tercih edilmektedir. Aldığı %0.03'lük önem değeri de bunu göstermektedir.

Sapma Miktarı kriteri için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplandığında elde edilen Maliyet kriteri için S yüzde önem dağılımları sütun vektörü

$$S = \begin{bmatrix} 0.418 \\ 0.117 \\ 0.152 \\ 0.251 \\ 0.060 \end{bmatrix}$$

şeklindedir. Bu değerler yorumlandığında görülmektedir ki; sadece Sapma Miktarı kriteri açısından topçu mühimmat alternatifleri değerlendirildiğinde HE-Impact mermisi %42, HE-Time %12, HE-Delay %15, HE-VT %25, ICM mermisi ise %6 öneme sahiptir.



Şekil 5.3. Sapma Miktarı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları

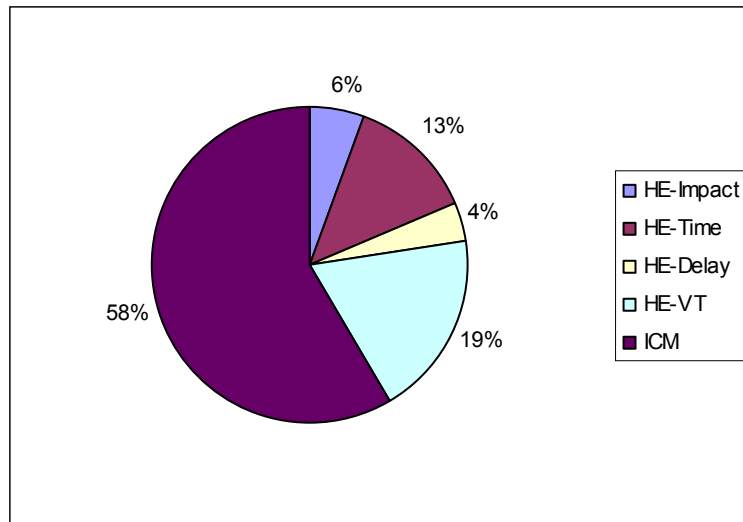
Buradan da anlaşılmaktadır ki HE-Impact mermisi Sapma Miktarı kriteri açısından değerlendirildiğinde diğerlerine göre en düşük sapma miktarından dolayı düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede kullanılmada öncelikli ilk mermi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ardından %25 önem/öncelik değeri ile HE-VT mermisi gelmektedir. ICM

mermisi ise yüksek sapma miktarından dolayı en son tercih edilmektedir. Aldığı %6'lık önem değeri de bunu göstermektedir.

Zayıt Verme kriteri için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplandığında elde edilen Maliyet kriteri için S yüzde önem dağılımları sütun vektörü

$$S = \begin{bmatrix} 0.055 \\ 0.130 \\ 0.039 \\ 0.190 \\ 0.584 \end{bmatrix}$$

şeklindedir. Bu değerler yorumlandığında görülmektedir ki; sadece Zayıt Verme kriteri açısından topçu mühimmat alternatifleri değerlendirildiğinde HE-Impact mermisi %6, HE-Time %13, HE-Delay %4, HE-VT %19, ICM mermisi ise %58 öneme sahiptir.



Şekil 5.4. Zayıt Verme kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları

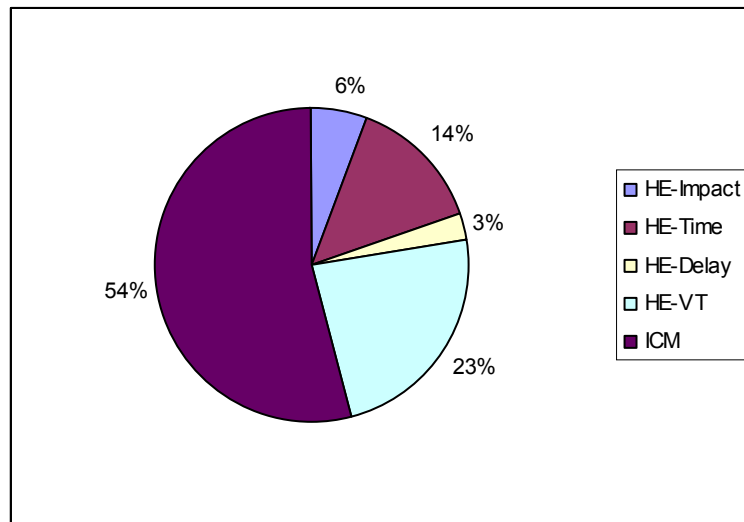
Buradan da anlaşılmaktadır ki ICM mermisi Zayıt Verme kriteri açısından değerlendirildiğinde diğerlerine göre en yüksek zayıt verme büyüklüğünden dolayı düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede ilk kullanılacak mermi olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Ardından %19 önem/öncelik değeri ile HE-VT mermisi gelmektedir. HE-Delay mermisi ise düşük zayıt verme miktarından dolayı en son tercih edilmektedir. Aldığı %4'lük önem değeri de bunu göstermektedir.

Etki Alanı kriteri için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplandığında elde edilen Maliyet kriteri için S yüzde önem dağılımları sütun vektörü

$$S = \begin{bmatrix} 0.057 \\ 0.138 \\ 0.029 \\ 0.232 \\ 0.542 \end{bmatrix}$$

şeklindedir. Bu değerler yorumlandığında görülmektedir ki; sadece Etki Alanı kriteri açısından topçu mühimmat alternatifleri değerlendirildiğinde HE-Impact mermisi %6, HE-Time %14, HE-Delay %3, HE-VT %23, ICM mermisi ise %54 öneme sahiptir.



Şekil 5.5. Etki Alanı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları

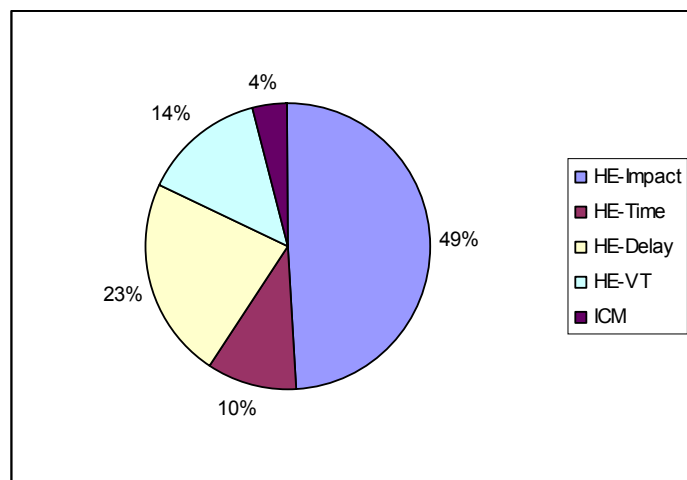
Buradan da anlaşılmaktadır ki ICM mermisi Etki Alanı kriteri açısından değerlendirildiğinde diğerlerine göre en yüksek etki alanı büyüklüğüne sahip

olmasından dolayı düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede ilk kullanılacak mermi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ardından %23 önem/öncelik değeri ile HE-VT mermisi gelmektedir. HE-Delay mermisi ise düşük etki alanından dolayı en son tercih edilmektedir. Aldığı %3'lük önem değeri de bunu göstermektedir.

Hazırlama Zamanı kriteri için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplandığında elde edilen Maliyet kriteri için S yüzde önem dağılımları sütun vektörü

$$S = \begin{bmatrix} 0.489 \\ 0.103 \\ 0.227 \\ 0.142 \\ 0.037 \end{bmatrix}$$

şeklinde. Bu değerler yorumlandığında görülmektedir ki; sadece Hazırlama Zamanı kriteri açısından topçu mühimmat alternatifleri değerlendirildiğinde HE-Impact mermisi %49, HE-Time %10, HE-Delay %23, HE-VT %14, ICM mermisi ise %4 öneme sahiptir.



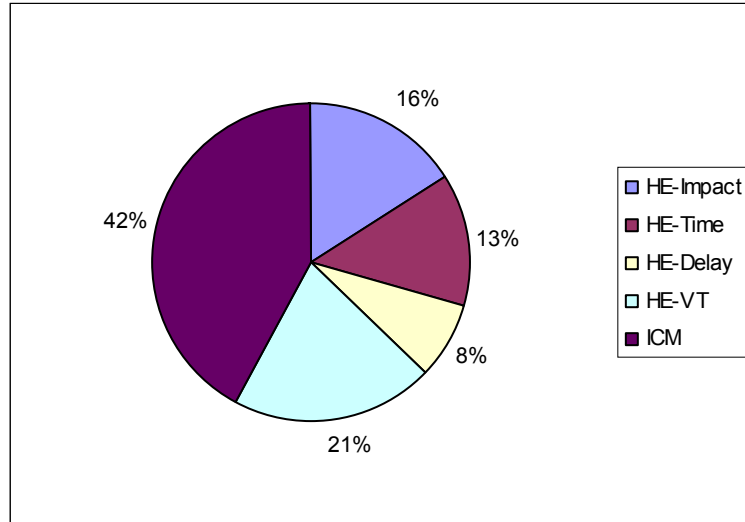
Şekil 5.6. Hazırlama Zamanı kriterine göre alternatiflerin yüzde önem dağılımları

Buradan da anlaşılmaktadır ki HE-Impact mermisi Hazırlama Zamanı kriteri açısından değerlendirildiğinde diğerlerine göre en düşük hazırlama zamanı değerine sahip olmasından dolayı düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede ilk kullanılacak mermi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ardından %23 önem/öncelik değeri ile HE-Delay mermisi gelmektedir. ICM mermisi ise yüksek hazırlama zamanından dolayı en son tercih edilmektedir. Aldığı %4'lük önem değeri de bunu göstermektedir.

Tüm bu bulgular ışığında nihai sonucu elde etmek üzere, bulunan S sütun vektörleri birleştirilip, W sütun vektörü ile çarpıldığında L sonuç sütun vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$L = \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.132 \\ 0.077 \\ 0.206 \\ 0.423 \end{bmatrix}$$

Bu sonuç sütun vektörü yorumlanırsa; düşman topluluğunu etkisiz hale getirmek üzere topçu kullanacağı mühimmatı seçerken dikkat ettiği kriterler olan Maliyet, Sapma Miktarı, Zayıt Verme, Etki Alanı ve Hazırlama Zamanı kriterlerinin hepsini değerlendirdiğinde, %42 önem/öncelik değeri ile ilk olarak ICM mermisini kullanmalıdır. Ardından %21 ile HE-VT mermisi gelmektedir. Bu iki mermiyi sırasıyla %16 ile HE-Impact, %13 ile HE-Time ve %8 ile HE-Delay takip etmektedir.



Şekil 5.7. Topçunun düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede mühimmat seçerken kullanacağı sıralamayı oluşturan yüzde değerleri grafiği

Bu sıralama topçuluk hedefleri gözetilerek, düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede hangi mühimmatın hangi sıra ile kullanılması gerektiğini topçuya vermektedir.

Özetle görülmektedir ki; belirlenen kriterler AHP tekniği ile değerlendirildiğinde topçu açısından düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede Zayıat Verme kriteri %41 ile başlıca dikkat edilmesi gereken kriterdir. Ardından top mermisinin düştüğü noktadaki oluşturduğu etki alanı gelmektedir. Etki Alanı kriteri %31 önem derecesi ile ikinci önemli kriter olarak karşımıza çıkmıştır. Sapma Miktarı %16, Hazırlama Zamanı %8 ve Maliyet kriteri ise %4 olarak takip eden önem değerlerini oluşturmaktadırlar.

Konu ile ilgili uzman görüşü gözetilerek bu kriterlerin önce amaç ile sonra da her bir kriterin mühimmat alternatifleri ile olan ilişkisi, ikili karşılaştırma matrislerine dönüştürülmüştür.

AHP süreci devam ettirilip uygulandığında görülmüştür ki topçu, düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede kullandığı mühimmatlar olan HE-Impact, HE-Time, HE-Delay, HE-VT ve ICM mermilerini aşağıdaki sırada ve önem derecesinde kullanmalıdır:

1. ICM %42
2. HE-VT %21
3. HE-Impact %16
4. HE-Time %13
5. HE-Delay %8

Sonuçlar incelendiğinde; topçu, düşman topluluğunu etkisiz hale getirirken öncelikle ICM mühimmatını kullanmalıdır. Ardından herhangi bir tükenme ya da tedarik süresinde uzama olduğunda sırasıyla HE-VT, HE-Impact, HE-Time ve HE-Delay mermilerini kullanmalıdır.

Bu çalışmada kullanılan AHP tekniği daha önce yapılmış AHP uygulamalarından farklı bir alanda uygulanmıştır. Savunma sanayi alanında yapılmış farklı AHP çalışmaları mevcuttur. Farklı karar verme teknikleri kullanılıp benzer uygulamalar yaparak bu çalışma genişletilebilir. Tekniklerin karşılaştırması ve sonuçlarda elde edilen sıralamaların hedefin %100 imhasında performanslarının değerlendirilmesi yapılabilir.

Çalışmanın devamında yapılan Analitik Ağ Süreci uygulaması sonuçları incelendiğinde ise farklı değerlere sahip benzer sıralama ve sonuçlar ortaya çıkmıştır. Analitik ağ süreci uygulaması sonunda elde edilen limit matris sonuçları değerlendirildiğinde:

Hedef açısından kriterlerin önem sıralaması AHP’de ki sıralama ile benzer çıkmıştır. ANP sonucunda en önemli kriter Zayıt Verme, ardından ise sırayla Etki Alanı, Sapma Miktarı, Hazırlama Zamanı ve Maliyet gelmektedir.

Alternatiflerin hedef açısından önem sıralaması incelendiğinde yine AHP nin verdiği sıralama karşımıza çıkmaktadır. Düşman topluluğunu etkisiz hale getirmede topçu mühimmat seçiminde önce ICM, ardından sırayla HE-VT, HE-IMPACT, HE-TIME ve HE-DELAY mermilerini sırayla kullanmalıdır.

Çizelge 5.1. AHP ve ANP sonuçları karşılaştırma çizelgesi

	AHP		ANP	
Kriterlerin Hedef Açısından Önem Dereceleri	Maliyet	0.036	Maliyet	0.035
	Sapma Miktarı	0.161	Sapma Miktarı	0.154
	Zayıt Verme	0.412	Zayıt Verme	0.414
	Etki alanı	0.311	Etki alanı	0.322
	Hazırlama Zamanı	0.079	Hazırlama Zamanı	0.075
Alternatiflerin Hedef Açısından Önem Dereceleri	ICM	0.423	ICM	0.455
	HE-VT	0.206	HE-VT	0.201
	HE-IMPACT	0.162	HE-IMPACT	0.153
	HE-TIME	0.132	HE-TIME	0.119
	HE-DELAY	0.077	HE-DELAY	0.072

KAYNAKLAR

- Ahire Sanjay L., Rana Dharam S., "Selection Of TQM Pilot Projects Using An MCDM Approach", *Int. Journal Of Quality&Reliability Management*, Vol. 12/1,1995, p. 61-81
- Al-Harbi, K.M., 2001, Application Of The AHP In Project Management, *International Journal Of Project Management* 19-27
- Alptekin, N., 2010. "Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı İle Türkiye’de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11 (1), 18-27.
- An, S-H., Kimb, G-H ve Kang, K-I., (2007). A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process. *Building and Environment*,42, 2573-2579
- Ata,A.,Sennaroğlu,B.,2008, "Savaş Gemisi Tasarımındaki Kriter Katsayı Ağırlıklarının Saptanmasında Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi
- Atan, M., Maden U., Akyıldız, E., 2004, AHS Kullanımı İle Bir Bankada Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesi, VIII.Ulusal Finans Sempozyumu, 26-28 Ekim 2004, İTÜ-İstanbul
- Aydın, S., 2006. "Tutundurma Karması Elemanlarının Analitik Hiyerarşi Süreci İle Değerlendirilmesi: Türk Ev Tekstili Sektöründe Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi.
- Aydın, G., 2008. "Analitik Hiyerarşi Prosesi (Ahp) ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi.
- Aytürk, S., 2006. "Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Ayyıldız,G.,2003, "CIM Yatırımlarının Bulanık AHP Yöntemi İle Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi
- Bahadır, C., 2005. "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Deniz Karakol Uçağı Seçimi Yüksek Lisans Tezi", Deniz Harp Okulu.
- Başlıgil, H., "Bulanık AHP ile Yazılım Seçimi", *SİGMA Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Y.T.Ü, ISSN: 1304-7191, s:24-33, 2005/3.
- Borchers, W. P., Rowan, R. M., 1989. "Quantification Of The S-3 Viking Aircraft Service Period Adjustment (Aspa) Program", Naval Postgraduate School Monterey, California, Thesis.
- Chan,Y.L., and lynn B.E., 1991, Performance Evaluation And Analytic Hierarchihy Process *Journal Of Janagement Accounting Research* (3):57-87
- Cox, M. (2007). Examining Alternatives In The Interval Analytic Hierarchy Process Using Complete Enumeration. *European Journal Of Operational Research*, 180, 957-962.
- Çam, H., Toraman, A., 2003, Hazar Petrollerinin Pazar Stratejisi Ve AHY Esaslı Alternatif Güzergah Değerlendirme Modeli, *İtüdergisi / Dmühendislik Cilt:2, Sayfa.41, Sayı.6*
- Dağdeviren, Metin ve Eren, Tamer, (2001), "Tedarikçi Firma Seçiminde nalitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin

- Kullanılması”, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(2), 41-52.
- Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M., 2004, İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.Cilt 19, Sayfa.131, No 2
- Demirbilek, T., 2007. “Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi: Ahp, Electre ve Topsis Örneği”, Yüksek Lisans Tezi.
- Doğan, B., 2004. “Karar Vermede Çok Kriterli Bir Yaklaşım Modeli Olarak Analitik Hiyerarşi Süreci ve Mayın Avlama Gemisi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Yönteminin Uygulanması”, Deniz Harp Okulu, Yüksek Lisans Tezi.
- Durdudiler, M., 2006. “Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlemesinde Ahp Ve Bulanık Ahp Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi.
- Eraslan, E. Ve Algün, O., 2004,” İdeal Performans değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi
- Eraslan E. ve Algün O. (2005) İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt.20, No.1, s.95-106.
- Global, 1991. “Fm 6-30, Tactics, Techniques, And Procedures For Observed Fire” [Http://Www.Globalsecurity.Org/Military/Library/Policy/Army/Fm/6-30/Index.Html](http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/6-30/index.html), Headquarters Department Of The Army Washington Dc,(7 Nisan 2011).
- Hasgöl, F., Koparal, C., 2004, Bilgi Teknolojilerinin Değişim Kararlarında Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanımı, YA/EM 2004, XXIV.Ulusal Kongresi, Gaziantep – Adana
- Kadak, E. G., 2006. “Türkiye’de Ahp Tekniğinin Performans Değerlendirmedeki Yeri ve İlaç Dağıtım Sektöründe Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi.
- Kahraman, C., Cebeci,U., Ruan,D., Multi-Attribute Comparison Of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case Of Turkey, 18 International Journal Of Production Economics 87 (2004) 171–184
- Ko, J., 2005, Solving A Disturbution Facility Location Problem Using An Analytic Hierarchy Process Approach, ISAPH 2005.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. (2001) Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, Akdeniz İİBF Dergisi, (1) 2001, s.83-105.
- Lentz, R., 1995, [Http://Www.Ralentz.Com/Old/Mac/Recreation/Tacops/Artillery.Html](http://www.ralentz.com/old/mac/recreation/tacops/artillery.html), (7 Nisan 2011).
- McQuail, W. H., 1993. “Evaluating The Analytic Hierarchy Process And Recommended Modifications For Its Use In Multi-Attribute Decision Making”, Naval Postgraduate School Monterey, California, Thesis.
- Ossadnik, W., & Lange, O. (1999). AHP-based Evaluation Of AHP-software.European Journal Of Operational Research, 118(3), 578-588..
- Özcan, H., 2005. “Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Bağlısı İkmal Teskillerinin Yaptıkları Alımlarda Tedarikçilerin Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu.
- Özgül, Ö., 2006. “Bir İşletme İçin Topsis ve Ahp Yöntemleri İle Erp Yazılımının Seçimi, Yüksek Lisans Tezi.

- Palaz, H., Kovancı, A., 2008. "Türk Deniz Kuvvetleri Denizaltılarının Seçiminin Ahp ile Değerlendirilmesi", Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 3, Sayı 3, (53-60).
- Poe, D., "Wwii Artillery Notes", [Http://Www.Poeland.Com/Tanks/Artillery/Artillery.Html](http://www.poeland.com/tanks/artillery/artillery.html), (7 Nisan 2011).
- Ramanathan, R., Ganesh L.S., 1995, "Using AHP For Resource Allocation Problems", European Journal Of Operational Research. 80(2). s,410-417
- Rivera, A., 2009. "Cost Benefit Analysis Of Integrated Cots Energy-Related Technologies For Army's Force Provider Module", Naval Postgraduate School Monterey, California, Thesis.
- Saaty, T., 1991, "Some Mathematical Concepts Of The Analytic Hierarchy Process", Behaviormetrika, 29, 1-9
- Saaty, T., 1994, "A Ratio Metric And Compatibility Of Ratio Scales: The Possibility Of Arrow's Impossibility Theorem", App. Math. Lett., 7/6, USA, Pittsburg.
- Sekreter, M. Serhan, Akyüz, Gökhan ve İpekçi, Çetin Emre, (2004), "Şirketlerin Derecelendirilmesine İlişkin Bir Model Önerisi: Gıda Sektörüne Yönelik Bir Uygulama", Akdeniz İ.İ.B.F Dergisi, 8, 139-155.
- Sennaroğlu, B., Ata, A., 2008. "The Usage Of Mcdm Techniques In Determining The Constants Of Criteria's Weight Of Warship Design", Journal Of Naval Science And Engineering, Vol. 4, No.1, Pp. 1-16.
- Sieber, O. F., 2009. "Africom: Does Location Matter?", Naval Postgraduate School Monterey, California, Thesis.
- Tadisina, S. K., Troutt, M. D., and Bhasin, V. "Selecting A Doctoral Program Using AHP: The Importance Of Perspective," Journal Of The Operational Research Society, Vol. 42, No. 8, 1991, pp. 631-638
- Taşan, B., 2007. "Türk Telekomünikasyon A.Ş.'de Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Yöntemi ile Bir Tedarikçi Seçim Problemi", Yüksek Lisans Tezi.
- Tsagdis, A., 2008. "The Use Of The Analytical Hierarchy Process As A Source Selection Methodology And Its Potential Application Within The Hellenic Air Force", Naval Postgraduate School Monterey, California, Thesis.
- Vaidya, O.S. and Kumar, S., 2004, Analytic Hierarchy Process: An Overview Of Applications. European Journal Of Operational Research
- Van Den Honert, R.C. and Lootsma, F.A. (1996), "Group Preference Aggregation In The Multiplicative AHP: The Model Of The Group Decision Process And Pareto Optimality", European Journal Of Operational Research, 96, 363-370.
- Wang, L., Chu, J. ve Wu, J. (2007) "Selection of Optimum Maintenance Strategies Based on A Fuzzy Analytic Hierarchy Process", International Journal of Economics, 107, ss.151-163.
- Yaraloğlu, K., 2011. [Http://Www.Deu.Edu.Tr/Userweb/K.Yaralioglu/Dosyalar/Analitik_Hiyerarshi_Proces.Doc](http://www.deu.edu.tr/userweb/K.Yaralioglu/Dosyalar/Analitik_Hiyerarshi_Proces.Doc), (11.Mart.2011).
- Yetiz, E., Alcan, P., Özkır, V., Başlıgil, H., 2009. "Nitroklorobenzen Oluşumunun Bulanık Ahp Ve Anp Yöntemleri İle İncelenmesi", Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 27, 177-189.
- Yılmaz, E., 1999, Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü (Solving Multiple Criteria Decision Making Problems Using the Analytic Hierarchy Process), DOA Dergisi No: 5, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, 95-122

- Yılmaz, S., 2006. “Uçak Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesinde Ahp Ve Bulanık Ahp Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi.
- Yoo, K.E. & Choi, Y.C (2006). Analytic Hierarchy Process Approach For Identifying Relative Importance For Factors To Improve Passenger Security Checks At Airports. Journal Of Air Transport Management, 12(3), 135-142.
- Wikipedia a, [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Artillery](http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Artillery), (7 Nisan 2011).
- Wikipedia b, [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Shell_\(Projectile\)](http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Shell_(Projectile)), (7 Nisan 2011).
- Wikipedia c, [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Artillery_Fuze](http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Artillery_Fuze), (7 Nisan 2011).
- Wikipedia d, [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Proximity_Fuze](http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Proximity_Fuze), (7 Nisan 2011).

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Çanakkale’de doğdu. İlköğrenimini Yüce-tepe İlkokulu, orta öğrenimini Işıklar Askeri Lisesinde tamamladı. 1997 yılında Kara Harp Okulunda lisan öğrenimine başladı. 2001 yılında Kara Harp Okulundan Sistem Mühendisi olarak mezun oldu. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği bilim dalında yüksek lisans eğitime başladı. Halen Endüstri Mühendisliği çalışmalarını devam ettirmektedir.