

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve bu yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci tanıtılmıştır. İç Güvenlikte Kullanılacak İnsansız Hava Aracının seçimi, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde yardım ve desteklerini esirgemeyen, Tez Danışmanım Sayın Mesiha SAAT ERSOY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamda, İnsansız Hava Araçları, teknik özellikleri, İç Güvenlikte kullanım amaçları konusunda bilgi birikimlerini ve tecrübelerini paylaşan Pilot Komiser Hüseyin Murat BAKIR'a, Pilot Komiser Beytullah Oğuz'a, Pilot Komiser Ender KÜÇÜKA'ya, İHA Pilotu ve Elektrik Elektronik Mühendisi Komiser Nihat SOYDAN'a ve Mühendis Komiser Arif İBİŞ'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca bugünlere gelebilmemde maddi manevi desteklerini hiç bir zaman esirgemeyen aileme bana duydukları inanç, verdikleri destek, gösterdikleri anlayış ve sevgi için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez sürecinde manevi desteğini her an yanımda hissettiğim, bu süreçte büyük sabır ve özveri gösteren eşim Aynur'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER.....	vii
TABLolar	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1.1. KARAR ANALİZİ GEREKSİNİMİ	4
1.2. KARAR VERME.....	6
1.3. KARAR VERME SÜRECİ	7
1.4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV)	13
1.5. ÇKKV YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	15
1.6. BAZI ÇKKV YÖNTEMLERİ.....	18
1.6.1. Dominans (Baskınlık):	18
1.6.2. Kötümserlik Yöntemi (Maksimin):.....	19
1.6.3. İyimserlik Yöntemi (Maksimaks):.....	19
1.6.4. Pişmanlık Yöntemi (Minimaks):.....	20
1.6.5. Leksikografik Yöntem:.....	20
1.6.6. Ağırlıklı Toplam Yöntemi (WSM-Weighted Sum Method):.....	21
1.6.7. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM-Weighted Product Method)....	22
1.6.8. ELECTRE Yöntemi.....	23

1.6.9. TOPSIS	24
1.6.10. AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci)	25

İKİNCİ BÖLÜM

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

2.1. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) TANIMI	26
2.2. AHP'NİN AKSİYOMLARI	28
2.3. AHP KARAR SÜRECİ.....	29
2.3.1. Hiyerarşinin Geliştirilmesi	31
2.3.2. İkili Karşılaştırmalar	36
2.3.3. Önceliklerin Belirlenmesi	41
2.3.4. Tutarlılığın Kontrolü	44
2.3.5. En İyi Alternatifin Seçilmesi	47
2.4. EXPERT CHOICE PROGRAMI	48
2.5. AHP' NİN AVANTAJLARI	50
2.6. AHP' NİN UYGULAMA ALANLARI	51
2.7. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	53
2.7.1. AHP İle İlgili Teorik Çalışmalar	53
2.7.2. AHP Uygulamaları	55

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AHP'NİN İÇ GÜVENLİKTE KULLANILACAK İHA SEÇİMİNDE KULLANILMASI

3.1. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI.....	59
3.2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARİHİ GELİŞİMİ	60
3.3. İHA'LARIN KULLANIM ALANLARI	64

3.3.1. Askeri Görevler.....	64
3.3.2. Sivil Görevler.....	65
3.3.2.1. İHA'ların İç Güvenlikte Kullanımı.....	66
3.4. UYGULAMA : AHP'NİN İÇ GÜVENLİKTE KULLANILACAK İHA SEÇİMİNDE KULLANILMASI.....	69
3.4.1. Genel Bilgiler.....	69
3.4.2. Hiyerarşinin Geliştirilmesi	70
3.4.3. İkili Karşılaştırmalar	93
3.4.4. Önceliklerin Belirlenmesi	96
3.4.5. Tutarlılığın Kontrolü	100
3.4.6. En İyi Alternatifin Seçilmesi	101
SONUÇ.....	104
KAYNAKÇA	107
EKLER.....	114
ÖZET	126
ABSTRACT.....	127

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

A

İkili Karşılaştırma Matrisi

n

Kriter Sayısı

λ_{max}

En Büyük Öz Değer

Kısaltmalar

Açıklama

AHP

Analitik Hiyerarşi Süreci

ÇKKV

Çok Kriterli Karar Verme

ÇAKV

Çok Amaçlı Karar Verme

ÇNKV

Çok Nitelikli Karar Verme

ELECTRE

ELimination Et Choix Traduisant la Realite

Elimination and Choice Translating Reality

ERP

Enterprise Resource Planning

GPS

Global Positioning System

İHA

İnsansız Hava Aracı

NBC

Nükleer Biyolojik Kimyasal

R.I.

Rastsallık İndeksi

T.I.

Tutarlılık İndeksi

T.O.

Tutarlılık Oranı

TOPSIS

Technique for Ordered Preference by
Similarities to Ideal Solution

VTOL

Dikey kalkış ve iniş

ŞEKİLLER

Şekil 1: Rasyonel Modelin On Adımı.....	9
Şekil 2 Karar Matrisi.....	15
Şekil 3 AHP Karar Süreci.....	30
Şekil 4 İki Seviyeli Hiyerarşik Yapı.....	32
Şekil 5 Üç Seviyeli Hiyerarşik Yapı.....	33
Şekil 6 Hiyerarşi Dizaynı.....	34
Şekil 7 Karşılaştırma Matrisi.....	40
Şekil 8 Karşılaştırma Matrisi.....	41
Şekil 9 İkili Karşılaştırma Matrisinin Görelî Ağırlıklar.....	42
Şekil 10 Karşılaştırma Matrisi İle Öncelik Vektörünün Çarpımı.....	45
Şekil 11 Expert Choice'da Sayısal İkili Karşılaştırma.....	49
Şekil 12 Expert Choice'da Anket ile İkili Karşılaştırma.....	50
Şekil 13 “Uçan Kuş”.....	61
Şekil 14 Leonardo Da Vinci'nin Hava Jiroskopu.....	61
Şekil 15 “Kettering Bug” Hava Torpidosu.....	62
Şekil 16 Çeşitli İnsansız Hava Araçları.....	63
Şekil 17 İHA Seçiminde Kriter ve Alt Kriterler.....	71
Şekil 18 ScanEagle.....	81
Şekil 19 CAMCOPTER® S-100.....	83
Şekil 20 POP-300 Gece Gündüz Kamerası.....	84
Şekil 21 RQ-2 Pioneer.....	86
Şekil 22 Orbiter.....	88

Şekil 23 Aerostar.....	90
Şekil 24 Aerostar Polis Uygulamasında	90
Şekil 25 Expert Choice 11.5 İle Kurulan Hiyerarşik Yapı	92
Şekil 26 Kriterlerin İkili Karşılaştırması	94
Şekil 27 Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması	95
Şekil 28 Alternatiflerin Alt kriterlere Göre İkili Karşılaştırılması	96
Şekil 29 Ana Kriterlerin Önem Sıralaması.....	97
Şekil 30 Yapısal Özelliklerin Alt Kriterlerinin Önem Sırası	98
Şekil 31 Alt Kriterlerin Önem Sıralaması	98
Şekil 32 Alternatiflerin Alt Kriterlere Göre Tercih Değerleri	99
Şekil 33 Expert Choice Programında Tutarlılık Oranı	100
Şekil 34 Hiyerarşinin Son Hali.....	102
Şekil 35 Alternatiflerin Genel Tercih Değerleri	102
Şekil 36 Alternatiflerin Performans Grafiği	103

TABLolar

Tablo 1 ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	17
Tablo 2 AHP'de Kullanılacak Ölçek (Saaty, 1994:26)	38
Tablo 3 İkili Karşılaşmalar Matrisinin Oluşturulması.....	39
Tablo 4 Matris Boyutuna Göre Rastsal İndeks Değerleri	46
Tablo 5 ScanEagle Teknik Özellikler	82
Tablo 6 CAMCOPTER S100 Teknik Özellikler.....	85
Tablo 7 RQ-2 Pioneer Teknik Özellikler	87
Tablo 8 Orbiter Teknik Özellikler	89
Tablo 9 Aerostar Teknik Özellikler	91

GİRİŞ

Varoluşundan bu yana amaç ve hedeflerini gerçekleştirme isteği, insanoğlunu sayısız problemle karşı karşıya getirmiştir. Bu problemleri çözebilmesi insanın doğru karar verebilmesine bağlıdır. Karar verme süreci, hangi konuda olursa olsun, zor ve uğraş gerektiren bir süreçtir. Çünkü her bir karar, farklı bir alternatifi fırsat maliyetidir. Seçilen her bir alternatifle bir başkasından vazgeçilir. Bu zorlu süreç özellikle çoklu ve çelişen amaçlar, bunları etkileyen çok sayıda ve birbirleri ile ilişkili kriterler söz konusu olduğunda, içinden çıkılamayacak bir hal alabilir. İşte bu da karar verme tekniklerinin geliştirilme sebebidir.

Son yıllarda önemi gittikçe artan Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde kullanılan en yaygın modern karar destek yöntemlerinden biri Analitik Hiyerarşi Sürecidir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi göstererek bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir.

Terörizm, kitle imha silahları gibi tehditlerin genişlemesi suçu artırmakta ve bütçe kısıtları güvenlik birimlerini, görevlerini daha etkin yapma adına yeni teknolojik imkanlar aramaya sevk etmektedir. Bu imkanlardan biri olan küçük, yüksek manevra kabiliyetine sahip İnsansız Hava Araçlarının, İnsanlı Hava Araçlarına oranla verimliliklerinin yüksek olması, işletme maliyetlerinin düşük olması, çok yönlü kullanıma olanak vermeleri, daha da önemlisi insan hayatını riske etmemeleri gibi üstünlükleri askeri ve sivil havacılıkta kullanımlarını hızlı bir şekilde artırmaktadır. Polisler tarafından sahada kullanılabilmeleri, havadan keşif gözetim, uzaktan gözlemlene, görüntü istihbaratını elde etme gibi imkanlar sunmaları İHA'ların iç güvenlik de kullanılabilir olduklarını göstermektedir.

İHA seçiminde çok sayıda kriterin etkili olması sebebiyle, problemin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden faydalanmak gerekir. Kriterlerin bir kısmının nicel ve bir kısmının nitel olması, çalışmada nitel ve nicel faktörleri bir arada dikkate alabilen bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Sürecinin kullanılmasını mantıklı kılar.

Çalışmada, geçmişten günümüze İnsansız Hava Araçlarındaki (İHA) gelişmelere paralel olarak, iç güvenlikte kullanılacak İHA seçiminde etkili olabilecek kriterler uzman kişiler eşliğinde belirlenmiş ve bu kriterlerin ışığı altında alternatif İHA'lar arasından en iyisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu tezde yapılan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

Çalışmanın birinci bölümde Çok Kriterli Karar Verme başlığı altında karar analizi gereksinimi üzerinde durulmuş, karar verme geniş şekilde ele alınmıştır. Ayrıca karar verme sürecinin basamaklarından ve bu süreçte nasıl bir yol izlendiğinden bahsedilmiştir. Yine bu bölümde karar verirken birden fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerekliliği ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) üzerinde durulmuştur. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması incelenmiş ve bu yöntemlerden belli başlıları hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümde ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci geniş bir şekilde ele alınmıştır. AHP'nin tanımından başlanarak, bu yöntemin aksiyomları incelenmiştir. AHP karar süreci hakkında bilgiler verilmiş, bu sürecin basamakları tek tek ele alınarak açıklanmıştır. Bu uygulamanın yapıldığı, AHP'nin yazılım programı diyebileceğimiz Expert Choice programına da bu bölümde kısaca değinilmiştir. AHP'nin sunduğu avantajlardan, kullanım alanlarından da bahsedilmiş olup daha önce yurtiçinde ve yurtdışında AHP alanında yapılan çalışmalara literatür araştırması kısmında yer verilmiştir.

Üçüncü ve son bölümde AHP'nin, iç güvenlikte kullanılacak İHA seçiminde kullanılması ele alınmıştır. Bu bölümde İHA'ların tanımına, tarihi gelişimlerine yer verilmiştir. Ayrıca İHA'lara neden ihtiyaç duyulduğu konusuna parmak basılıp, İHA'ların askeri ve sivil kullanım alanlarına, iç

güvenlikte kullanımlarına da değinilmiştir. Uygulama kısmını kapsayan tezin bu son bölümünde, iç güvenlikte kullanılacak İHA seçimi için bir model kurulmaya çalışılmış, oluşturulan model ile aralarında karar verilecek olan beş İHA alternatifi değerlendirilmiştir. Burada karar verme süreci basamak basamak ele alınmış, en iyi alternatifin seçilmesine kadar süren bu süreç detaylandırılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1.1. KARAR ANALİZİ GEREKSİNİMİ

Günlük yaşantımızda her an bilerek ya da bilmeyerek kararlar veririz. Sabah güne başlarken giyeceğimiz gömlekten, işe nasıl gideceğimize, öğle yemeğini nerede yiyeceğimizden, yeni alacağımız cep telefonu seçimine kadar hayatımızın her anında bir takım kararlar vermek durumunda kalırız. Bu kararlar farklı alanlarda ve farklı düzeylerde olabilir. Mikro ölçekte kişisel kararlar olarak; yatırım kararları, gayrimenkul alımı, kariyer planlaması, günlük planlar, aile bütçesi planlaması kararları sayılabilir. Orta ölçekte işletme ve örgüt kararları olarak; stratejik kararlar, üretim planlaması, insan gücü planlaması, kuruluş yeri seçimi, insan kaynakları stratejileri, öncelik belirlenmesi sayılabilir. Makro ölçekte ise; devlette bütçe dağıtım aşamaları, yatırım alanlarının belirlenmesi, beş yıllık kalkınma planları, makro ekonomik hedef belirlenmesi, holdinglerde yatırım kararları gibi kararlar sayılabilir.

Bazılarımızın verdiği kişisel kararlar sadece kendimizi ve yakın çevremizi etkilerken bazılarımızın verdiği kararlar kendimiz ve yakın çevremizden çok öte belki bir işletmenin yapısını, belki binlerce çalışanın geleceğini, belki de tüm milletin kaderini etkileyecek nitelikte olabilir. İster sadece kendimizi etkileyen bir konuda, isterse tüm milletin kaderini etkileyecek bir konuda olsun karar verme önemli ve zor bir süreçtir. Bu zor süreç karar analizini gerekli kılar.

Karar vermeyi zorlaştıran etmenler nelerdir? Farklı problemler farklı ve özel zorluklar içerebilir ancak temelde dört etmenden bahsedilebilir: (Clemen&Reilly, 2001: 2–3)

Birincisi, karar karmaşıklığından ötürü zor olabilir. Karar analizi, karmaşık problemi organize ederek çözümlenebilir bir yapıya dönüştürebilmektedir.

İkincisi, bir karar tabiatında var olan belirsizlikten dolayı zor olabilir. Bazı kararlarda ana konu belirsizliktir. Mesela, piyasaya yeni bir ürün sunmayı düşünen bir firma için; pazarın büyüklüğü, fiyat, rekabet, üretim ve dağıtım maliyetlerinin hemen hemen hepsi bir dereceye kadar belirsizlik içerir. Hepsinin de firmanın nihai kazancında etkisi vardır. Ve karar bu belirsizliklerin ne olacağı kesin olarak bilinmeden verilmelidir. Karar analizi, önemli belirsizlik kaynaklarını teşhis eder ve bu belirsizlikleri sistematik ve faydalı bir şekilde gösterir.

Üçüncüsü, karar veren aynı anda birçok amaca ulaşmayı istiyor, ancak bir yöndeki bir gelişme diğer yönlerdeki gelişmeleri engelliyor olabilir. Böyle bir durumda karar veren, bir alandaki faydayı bir diğerinin maliyetine tercih etmelidir. Yatırım kararlarında bu kar-zarar hesabı, beklenen getiri ve risklilik arasında olmalıdır. Karar analizi gerek yapısal gerekse çok amaçlı karar vermeyle alakalı araçlar sunar.

Dördüncü ve son olarak; farklı bakış açıları farklı perspektifler, farklı sonuçlar doğuruyorsa bir problem zordur. Bu zorlaştırıcı etmen, karar vermede birden çok kişi rol oynadığında ortaya çıkar. Farklı insanlar probleme farklı bakış açılarıyla yaklaşırlar, ya da belirsizlik veya çeşitli çıktıların değerleri konusunda anlaşamayabilirler. Karar analizi çatısını ve araçlarını kullanmak, karar verici ister birey isterse farklı düşüncelere sahip bir grup olsun, bu farklılıkları sıralama ve çözümlmeye yardım eder.

Karar analizi kullanılmasının açık sebebi dikkatlice uygulandığında daha iyi kararlara ulaştırabilmesidir. Karar analizi yüzleştığımız problemleri daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bazı temel prensipleri kullanarak, insanın yargılama ve muhakemesindeki zayıflıkların bilincinde olarak uygulanan karar analizleri insanlar için zor kararlar almada rehberlik ederler. (Clemen & Reilly, 2001:3–4)

1.2. KARAR VERME

Her insan, karşısına çıkan bir problem karşısında, o andaki psikolojik durumuna, kaygılarına, sezgilerine, kişisel istek ve ihtiyaçlarına, beklentilerine, geçmiş tecrübe ve deneyimlerine, çevresel etkilere, mevcut olanaklarına göre iki veya daha fazla alternatiften birini seçmek durumunda kalır. Bu seçim “karar verme” olarak tanımlanabilir.

Karar verme, amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesi için alternatif eylem planlarından birini seçme sürecidir. Karar verme tüm yönetim fonksiyonlarının özünü oluşturur. Örneğin, planlama fonksiyonu; ne yapılması gerektiğine, ne zaman, nasıl, nerede ve kim tarafından yapılacağına karar verilmesini içerir. Organize etme, uygulama ve kontrol etme gibi diğer yönetim fonksiyonları da yoğun olarak karar vermeye dayanır. (Kuruüzüm&Atsan, 2001:84)

En kötü kararın kararsızlıktan daha iyi olduğu genel kabul gören bir prensip olmasına rağmen karar verici konumundaki kişiler yine de kararsız kalabilmekte, seçim yapmakta zorlanabilmektedirler. Yöneticileri kararsızlığa sevk eden etmenler arasında amaçların veya problemin net olmaması, bilgi ve veri yetersizliği, seçim kriterinin belirsiz olması, alternatiflerin özelliklerinin birbirine yakın olması sayılabilir.

İyi bir kararda aranan nitelikler aşağıda görüldüğü gibi sıralanabilir: (Eren, 2001:171)

- İyi bir karar öncelikle kuruluşun ya da bireyin amaçlarını dikkate almalı, onlara ulaştıracak biçimde oluşturulmalıdır.
- İyi bir en az harcama ve fedakarlıkla, masraflar minimumda tutularak en iyi sonucu verecek biçimde olmalıdır.
- İyi bir karar ne fazla geciktirilerek ve fırsatlar kaçırılarak alınmalı ne de fazla acele edilerek etraflıca inceleme ve araştırma yapılmadan alınmalıdır. Bu nedenle en iyi karar zamanında alınan karardır.

- İyi bir karar kuruluş ya da bireyin olanaklarına uygun, diğer bir deyişle gerçekçi olan bir karardır. Aksi halde uygulanamaz ve hayal ürünü olur.

- İyi bir karar hemen ve zaman geçirmeden uygulamaya konulan ve sonuç alınan karardır.

Yukarıda nitelikleri sayılan iyi kararı verebilmek için izlenmesi gereken süreç sonraki bölümde detaylı şekilde açıklanacaktır.

1.3. KARAR VERME SÜRECİ

Karar verme sürecini temel olarak problemin tanımlandığı, amaç ve hedeflerin açıkça ortaya konulduğu, sorunun nedenleri ve alternatif çözümlerin sunulduğu ve her bir alternatif için uygulandığı takdirde neler olabileceğinin belirlenmeye çalışıldığı, karşılaştırmalarla en iyi olanın seçildiği, çözüm olarak seçilen eylem planının uygulanıp değerlendirildiği süreç olarak tanımlayabiliriz.

Karar verme süreci Gordon ve Pressman'a göre aşağıda sıralanan basamakları kapsamaktadır (Gordon&Pressman, 1983:7):

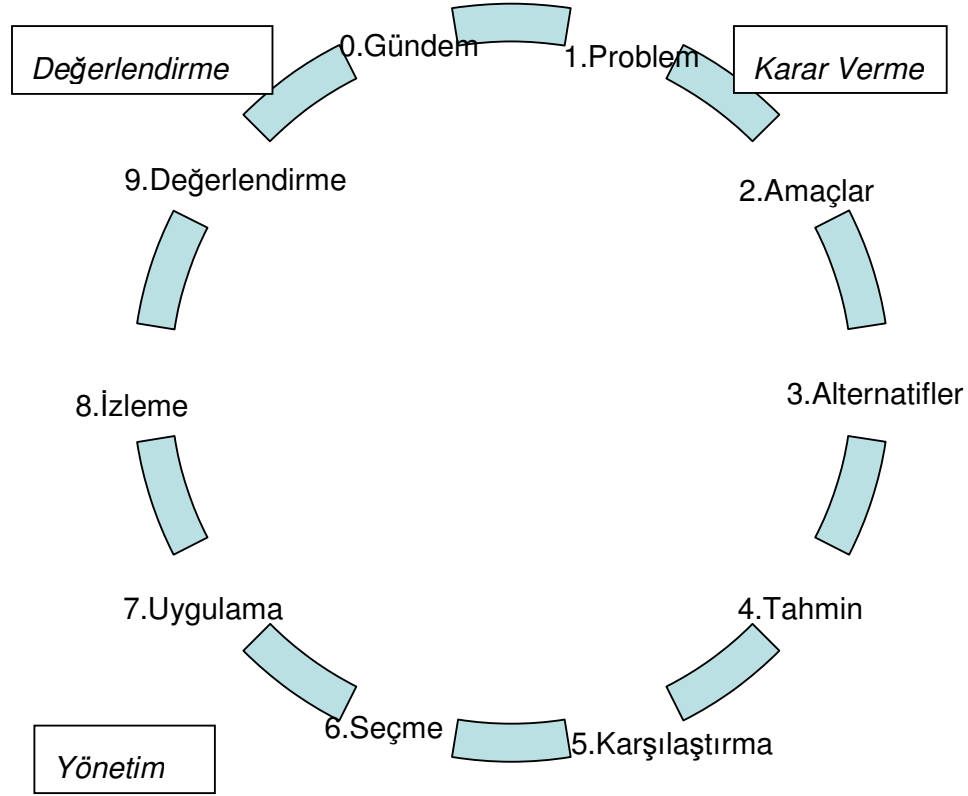
1. Amacın tanımlanması,
2. Kontrol edilebilen faaliyetlerin (değişkenlerin) belirlenmesi,
3. Kontrol edilemeyen faaliyetlerin (değişkenlerin) belirlenmesi,
4. Kısmi kontrol edilebilen faaliyetlerin (değişkenlerin) ve kontrol edilebilen faaliyetler (değişkenler) arası ilişkilerin belirlenmesi,
5. Amaca bağlı olarak her bir olası kararın etkisinin belirlenmesi (her bir kontrol edilebilir değişken için stratejinin belirlenmesi),

6. Kararın verilmesi,
7. Sonuçların gözlemlenmesi,
8. Sonraki çalışmalar için karar sürecinin yinelenmesi.

Saaty'ye göre karar verme aşağıda sıralı konularla ilgilenir : (Saaty, 1980:5)

1. Planlama
2. Bir Alternatifler Kümesi Oluşturmak
3. Öncelikler Belirlemek
4. Bir Alternatifler Kümesi Bulduktan Sonra En İyi İlkeyi Seçme
5. Kaynakları Tahsis Etme
6. Gereksinimleri Belirleme
7. Çıktıları Tahmin Etme
8. Sistemleri Dizayn Etme
9. Performans Ölçme
10. Sistemin İstikrarını Emniyet Altına Alma
11. En İyileme (Optimizasyon)
12. Çelişkiyi Karara Bağlama

Karar verme sürecini açıklayan bir model olan Rasyonel Model, karar vermeye kapsamlı ve sistematik on adımlı bir yaklaşım sağlar. Her adım temel bir faaliyeti gösterir ve bir önceki adımın üstüne kurulur. Örnek olarak analizi yapan problemi açıkça ifade ettikten sonra amaçları tanımlamaya daha hazır hale gelir. Şekil 1'de görülmekte olan Rasyonel Modelin on adımı sırasıyla açıklanacaktır. (Golup, 1997:8–12)



Şekil 1: Rasyonel Modelin On Adımı

Gündem Oluştur. Herhangi bir karar analizini uygulamadan önce hangi problemlerin üzerinde çalışılacağına karar vermek gerekir. Genel olarak hangi problemlerin hangi sırada gündeme alınacağı ve probleme ayrılan zaman problemin göreceli önemini ve aciliyet durumunu yansıtır.

Problemi Tanımla. Problemi çözmede ilk adım problemi anlaşılır bir biçimde ifade etmektir. Problem hali hazırdaki durumla istenen durum arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Problemin yapısı ve kapsamı belirlenir. Problemin geçmişi, nedenleri, bu problemi ve benzeri problemleri çözmek için geçmişte yapılmış çalışmaların sonuçları belirlenir. Problemin yapısı akış diyagramı ile gösterilecekse burada belirtilir.

Amaçları tanımla. Problemin altında yatan ana sebebi bulmaya amaç denebilir. Problem birden çok ortağı etkiliyorsa bu ortaklar ve temel öncelikleri tanımlanır. Tüm amaçlar tanımlanır. Tek bir amaç içeren problemler için bu bölüm problemi tanımlama bölümüne dahil edilebilir.

Alternatifleri tanımla. Probleme çözüm arama, probleme mantıklı cevaplar kümesi tanımlamayla başlar, bunlara alternatifler denir. Her bir alternatif tanımlanır. Alternatif listesinin nasıl çeşitlendirilebileceği, kapsamlı hale getirilebileceği tartışılır. “En iyi” çözümün analize dahil edilmesi önemlidir çünkü seçim, göz önüne alınan alternatifler arasından yapılacaktır. Alternatifler kümesi ne kadar kapsamlı düşünülürse en iyi alternatifi kapsama ihtimali o kadar artar.

Tahmin et. Alternatifler arasından seçim akla sezgiye ve gelecekle ilgili bazı verilere dayanarak yapılır. Tahminlerin nasıl oluşturulduğu tanımlanır. Her bir alternatif için uygulandığı takdirde neler olabileceği tanımlanır. Kesin olmayan olaylar ve bunların ortaya çıkma olasılığı tartışılır. Tahminlerin güvenilirliği tartışılır. Tahmin edilen her parametre için güven aralığı belirlenir.

Karşılaştır. Bu noktada analiz eden kişi, her bir alternatif için tahminleri problemin amaçları doğrultusunda karşılaştırmak için yeterli bilgiye sahiptir.

Tek amaçlı problemler için: ilgili karşılaştırmalar ve seçimler yapılarak en iyi puanı alan alternatif belirlenir.

Çok amaçlı problemler için: Her bir alternatifin her bir amacı ne kadar gerçekleştirdiğini gösteren bir tablo hazırlanır. Elde edilen ile vazgeçilen değerler arasında denge kurulması, uygunluk durumu açıklanır.

Seç. Eğer herhangi bir alternatif tüm amaçlarda en yüksek puanı alıyorsa diğerlerine baskındır. Böyle bir durumda bu alternatif en iyi seçimdir. Ama genelde bir alternatif bir amaçta, bir diğeri farklı bir amaçta en iyidir. Bu problemi çözmek için analizciler her bir amaç için göreceli önemlerini belirlerler.

Gerçekleştirilen duyarlılık analizleri açıklanır. En iyi alternatif, tavsiye edilen alternatif ya da alternatifler ve niçin tavsiye edildikleri açıklanır.

Uygulama. Bir alternatif seçildikten sonraki başarı uygulama planının ne kadar iyi yürütüldüğüne bakar. Uygulama süreci 4 adımda gerçekleştirilir:

Girdi → Süreç → Çıktı → Etki

Girdi; plan, uygun yetkilendirme, temel kaynaklar için yeteri kadar para, uygun personel, tesis ve donanımları içermelidir. Olayın akışı için gerekli fiziksel aktivitelere süreç denir. Sürecin direk sonucu çıktıdır. Çıktıdan elde edilen memnuniyete de etki denir.

İzle. İzleme çalışma durumunun takip edilmesidir. Bu uygulama sürecinin değiştiği her adımını kontrol etmeyi gerektirir. “Yeterli kaynak tahsis edildi mi?”, “Uygun prosedür takip edildi mi?”, “ Yeterli çıktı yaratıldı mı?”, “Beklenen etki oluşturuldu mu?” gibi sorulara cevap aranır.

Değerlendirme. Değerlendirme orijinal problemin ne dereceye kadar çözümlendiğini teşhis etmeye yardımcı olur. Değerlendirme orijinal problemin çözüldüğü kapsamın incelendiği, hareket yönünün değerlendirildiği ve şayet gerek görülüyorsa ne kadar düzeltici ek faaliyetin uygun olacağının görüldüğü aşamadır.

Karar verme sürecinin özelliklerine göz atacak olursak şu şekilde sıralayabiliriz: (Eren, 2003:185–187)

Karar verme süreci insanı psikolojik bir stres içine sokar. Zahmetli bir iştir. Alternatifleri araştırmak, bulmak ve sayılarını arttırmak kolay değildir. Her alternatifin yarar ve sakıncaları birbirleriyle karşılaştırılarak seçimi gerçekleştirmek zor ve stresli bir iştir.

Karar vermek teknik bir konudur. Bilgi toplama ve bilgileri yararlı hale gelecek biçimde işlemeye gerekli kılar. Belli bir konuda karar verme neyi

aradığını ve bundan nasıl yararlanacağını bilmeyi gerektirir. Bu nedenle bilinçli bir seçim ve tercih için işin uzmanı olmak bilgileri yararlı hale getirmek ve yorumlamak gerekebilir.

Karar verme masraflıdır. Bilgi toplama, işleme, alternatiflerden vazgeçmenin bedeli büyüktür. Gerekli bilgileri toplama bir araştırma organizasyonu gerektirir. Bilgileri işleme ve yararlı hale getirme için uzmanlara ihtiyaç duyulur. Dolayısıyla bilgi toplamanın maliyeti büyüktür.

Karar verirken amaçlara en az harcama ve fedakarlıkla ulaşmak ön planda tutulur. Bunun diğer bir anlamı rasyonel olmaktır. Ancak, karar vermede rasyonel davranılıp davranılmadığı uygulama sonuçlarının elde edilmesi ile araştırılabilir. Bununla beraber, temelde alternatiflerin elenmesinde etkinlik, verimlilik ve karlılık ilkelerini daima göz önünde bulundurma zorunluluğu vardır.

Karar verme, maddi ve beşeri kaynakları kullanabilme yetkisini ve belli ölçüde bağımsız hareket edebilme özgürlüğü gerektirir. Diğer bir ifadeyle, karar veren yönetici bu konuda insan çalıştırabilmeli, araştırmaya para haralayabilmeli ve her şeyden önemlisi işletmenin kaderini etkileyen konularda karar verme ve uygulama yetkisine sahip olmalıdır. Aksi takdirde, karar icraya geçemez ve bir temenni olarak kalır.

Karar vermede geleceğe ilişkin tahmin ve bilimsel araştırmaların rolü büyüktür. Karar verme bugünden gelecekte ne yapılması gerektiğini ortaya koymadır. Kararların verilmesi ve uygulanmasında koşullara en uygun olan bir zaman aralığı belirlenir.

Karar verme amaçlara ulaşmak için ortaya çıkan sorun ve engelleri bertaraf etme işidir. Karar niçin verilir denince karar vermeyi zorunlu kılan sorunların olduğunu ve karar vermenin de sorun ve belirsizliklerle mücadele etme faaliyeti olduğunu unutmamak gerekir. O halde karar verme, sorunlarla ve belirsizlikle mücadele etme ve onları bertaraf ederek neyin, nasıl, ne zaman yapılabileceğini ortaya koymaktır.

1.4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV)

Tek boyutlu bir yol ya da tek bir kriter kullanarak gördüklerimizi yargılamak, etrafımızdaki dünyayı görmek gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Biz her zaman seçim kriterine göre seçimimizin maddelerini karşılaştırır, derecelendirir ve sıraya koyarız. Ama sadece çok basit, açık ve alışlagelmiş olaylarda tek bir seçim kriteri tam olarak tatmin edicidir. (Zeleny, 1982: 1–2)

Bir sepetteki en büyük elmayı (boyut), marketteki en ucuz meyve suyunu (fiyat), en yüksek ücretli iş teklifini (Türk Lirası) ya da eve giden en kısa yolu (mesafe) tek bir kritere göre seçebiliriz. Ama biz genelde en büyük elmanın en lezzetli, en sulu, en güzel kokulu, en taze olması konularında kaygılanırız. Sadece meyve suyunun fiyatıyla ilgilenmeyiz bunun yanında onun tadıyla, içerdiği kaloriyle, saf olup olmamasıyla, rengiyle, muhtevasıyla da ilgileniriz. En yüksek ücret teklifi en yüksek oranda ücret artışını da içeren mi yoksa yan gelirleri daha yüksek olan mı, rahat çalışma koşulları sunan mı yoksa esnek çalışma saatleri sunan mı, olduğu hakkında düşünürüz. Eve en kestirme yolu seçmeye gelince, eve gitmek için en güvenli yolu mu yoksa en hesaplı yolu mu tercih etmemiz gerekir, seçim oldukça karmaşık ve sancılı bir süreç olabilmektedir.

Alışılmış iş problemleri bazen sadece tek bir kriterle tanımlanabilir. Örneğin “kar”, maksimizasyon için seçilen indeks olabilir. Ancak karar verici ya da yönetici genelde karı maksimize etmenin yanında, “maliyeti minimize etme” ve “hizmet kalitesini maksimize etme” gibi çoklu ve çelişen amaçlarla karşılaşır. Bir kritere göre başarıyı geliştirmek, ancak diğer bir kriterden feragat edilerek gerçekleştirilebilir. Karar verme genel olarak iki veya daha fazla kriter arasındaki çıkmazı çözme uğraşı olarak tanımlanabilir.

ÇKKV, bir karar vericinin sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içerisinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi ya da diğer bir deyişle, iki veya daha çok kritere dayalı

değerlendirme yaparak alternatifler arasından seçim yapması olarak tanımlanabilir. (Anık, 2007:10)

ÇKKV yine en iyi alternatifi ya da en iyi alternatifler alt kümesini seçmek, alternatifleri en iyiden kötüye doğru sıralamak veya alternatifler kümesini bazı normlara göre alt kümelere ayırmak amaçlarından birine yönelik olarak bir alternatif kümesi üzerinde, bir kriter kümesi ile değerlendirme yapılan bir durum olarak tanımlanabilir. (Can, 2006:18)

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problem ÇKKV tanımlamasına uymaktadır. İnsanlar ÇKKV problemlerinde değerlendirici yargılarda bulunurken, bireysel tercihlerini ortaya koyarlar. Az kriter ya da az alternatif bulunan durumlarda karar vermek zor olmayabilir. Fakat konu karmaşıktıkça, insanların bilgi işleme kapasitesi sınırlanır, karar verme zorlaşır ve yardım gerekebilir. Böyle durumlarda, çok fazla bilgiyi bütünleştirip karar vermek yerine, basit kural ve prosedürler uygulayıp, problemi aşamalı olarak değerlendirmek karar vermeyi kolaylaştıracaktır. Bu tip yaklaşımlar, karar vericilerin akılcı kararlar vermelerini de kolaylaştıracak, verilen karar kısıtlar dahilinde ve amaca uygun olacaktır.

ÇKKV problemlerinin karakteristik özellikleri vardır. Bu özellikler aşağıda belirtilmiştir (Aytürk, 2006:8–9):

Alternatifler: Birçok alternatif arasından sınırlı sayıdaki alternatifler ayıklanır, önceliklendirilir, seçilir ve/veya sıralanır. Binlerce başvuru arasından birkaçının seçilmesi gibi.

Çok kriterlilik: Her problem birden fazla kritere sahiptir. Her problem setinde ilgili kriterler belirlenir. Kriterlerin miktarı problemin doğasına bağlıdır. Karar için düşünülmesi gereken birçok faktör olmasına rağmen karar verici, en önemlilerini kriter olarak kabul edebilir.

Aynı birimle ölçülme: Her kriter farklı ölçüm birimlerine sahip olabilir. Bir otomobil seçiminde yakıt tüketimi litre/km olarak ifade edilirken, satış fiyatının dolar olarak ifade edilmesi gibi. Güvenlik, sayısal olmayan yollardan

ifade edilir. Sağlıklı bir karar alabilmek için bütün bu ölçüm farklılıklarının giderilmesi gerekmektedir.

Kriter ağırlıkları: Hemen hemen bütün ÇKKV yöntemleri, her kriterin göreceli önemini bulabilmek için bilgiye ihtiyaç duyar. Ağırlıklar direk karar verici tarafından belirlenebileceği gibi daha sonra açıklanacak olan yöntemlerle de bulunabilir.

Karar matrisi: ÇKKV problemleri basit olarak bir matris formatında ifade edilebilir. Burada sütunlar, verilen problemdeki kriterleri, satırlar ise alternatifleri belirtir.

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

Şekil 2 Karar Matrisi

A_{ij} matrisinde m alternatif, n kriter sayısını verir.

1.5. ÇKKV YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

ÇKKV, karar vermenin en meşhur dallarından biridir. ÇKKV yöntemleri çeşitli şekillerde sınıflandırmaktadırlar. Bu konuda yoğun çalışmaları olan Zimmerman ÇKKV'yi Çok Nitelikli Karar Verme (Multi-Attribute Decision Making) ve Çok Amaçlı Karar Verme (Multi-Objective Decision Making)

olarak iki sınıfa ayırmıştır. Ancak sıklıkla Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Kriterli Karar Verme aynı model sınıfı ifade etmek için kullanılırlar. (Triantaphyllou, 2000:1)

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV): ÇNKV problemleri önceden belirlenen sayıda seçeneğe sahiptir ve bu seçeneklerin her birine ilişkin ulaşılabilecek başarı düzeyleri belirlenmektedir. ÇNKV problemlerinde kararlar, her bir seçenek için var olan niteliklerin karşılaştırılması yolu ile verilmektedir. ÇNKV, kriterleri ve seçenekleri inceleyerek seçenekler arasından problemin amacına en uygun olanını seçme sürecidir. (Güngör, 2007:40)

Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV): ÇAKV problemlerinde ise, seçeneklerin sayısı önceden belirlenmemektedir ve modelin amacı “en iyi” seçeneği belirlemektir. Kantitatif karar verme tekniklerinde optimal çözümü verecek olan seçeneklerin sayısına önceden karar verilememektedir. ÇAKV’de, problemin amacına uygun olarak matematiksel yapısının, modelinin belirlenmesine çalışılmaktadır. Amaç, uygun model yapısını oluşturmaktır. Problem çok amaçlı fonksiyonlarla çözülür. (Güngör, 2007:41)

Literatürde pek çok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır ve her bir yöntemin kendine has karakteristik özellikleri vardır. Aslında ÇKKV yöntemlerinin yukarıda bahsedilen temel sınıflandırmadan başka pek çok şekilde sınıflandırılması da mümkündür. Bunlardan biri yöntemlerin kullandıkları bilginin türüne göre sınıflandırılmasıdır. Deterministik, stokastik veya bulanık ÇKKV yöntemleri olarak sınıflandırılabilirler. Bununla beraber bazı durumlarda bu üç bilgi türünü de içeren kombinasyonlar ortaya çıkabilir (stokastik ve bulanık gibi). ÇKKV yöntemlerinin başka bir sınıflandırma yöntemi ise karar sürecindeki karar verici sayısına göre olanıdır. Bu nedenle tek bir karar vericinin bulunduğu ÇKKV yöntemleri ve çok karar vericinin bulunduğu ÇKKV yöntemleri olarak da sınıflandırma yapılabilir. Chen ve Hwang’ın yaptığı sınıflandırma, bilginin tipine ve bilginin önem durumuna göre yapılan bir sınıflandırmadır. Tablo 1’de bu sınıflandırmaya göre ÇKKV

yöntemleri görülmektedir. (Triantaphyllou, 2000:3–4). Bir sonraki bölümde bu yöntemlerin birçoğuna yer verilecektir.

Tablo 1 ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması

	Karar Vericiden Gelen Bilgi	Bilginin Önem Durumu	Yöntemin temel Sınıfı
ÇKKV	Bilgi Yok		Dominans Maxmin Minmax
	Niteliğe Ait Bilgi	Standart Seviye	Birleştirici Yöntem Ayırıcı Yöntem
		Ordinal (Sıralı)	Eliminasyon Lexicografik Yarı Sıralı Lexicographic Yöntem
		Kardinal (Sayma Dereceli)	Ağırlıklı Toplam Yöntemi Ağırlıklı Çarpım Yöntemi AHP ELECTRE TOPSIS

1.6. BAZI ÇKKV YÖNTEMLERİ

. Bu bölümde literatürdeki ÇKKV yöntemlerinden birçoğuna yer verilecektir. Bu yöntemler; Dominans, Kötümserlik, İyimserlik, Pişmanlık, Leksikografik, Ağırlıklı Toplam, Ağırlıklı Çarpım, ELECTRE, TOPSIS, AHP yöntemleridir.

1.6.1. Dominans (Baskınlık):

Baskınlık yöntemi, seçilme şansı bulunmayan alternatiflerin elenmesi esasına dayanır. Bir alternatife diğer bir alternatif tarafından bir ya da daha fazla kriter bakımından üstünlük sağlanıyorsa, o alternatif bastırılmıştır (dominated). Kıyaslanan kriterler açısından hiç geride kalmıyorsa, bastırılmamış (nondominated) denir. Seçilme şansı bulunmayan alternatiflerin elenmesi esastır.

Yöntem:

1. İlk iki alternatifi karşılaştır. Biri diğerinden üstünse, baskınlık sağlanı ele.
2. Sonra, kalan alternatifle üçüncü alternatifi karşılaştır. Bastırılmış alternatifi at.
3. Sonra dördüncü alternatif için aynı yolu izle vs.
4. N-1 aşamadan sonra bastırılmamış alternatif belirlenmiş olur.

Uygulanması kolay anlaşılır bir yöntemdir. Çözüm hakim alternatifi belirlemek amaçlıysa uygulanabilir. Metodun dezavantajı elenen alternatiflerin bir sonraki adımda diğer bir alternatifle karşılaştırılınca bastırılmamış alternatif olabilmesidir. (Chen&Hwang, 1992:27)

1.6.2. Kötümserlik Yöntemi (Maksimin):

Wald tarafından önerilen kötümserlik yönteminin temel stratejisi en kötü olayın gerçekleşeceği ve en kötü sonuçlar arasından en iyi kazancın benimsenmesidir. Wald'a göre yönetici hangi alternatifi seçerse seçsin mücadele ettiği çevre kazancını minimuma indirecektir. Karar matrisinin satırları arasından en küçük elemanlar seçilir ve bu elemanlar arasından da en büyüğü yani maksimin kazancı verecek olan alternatif tercih edilir. (Halaç, 2001:53)

Kötümserlik yönteminde en kötü performansı veren alternatiften kaçınılmaktadır. Riskten oldukça kaçan bu yöntemde her alternatifin en zayıf kriter değeri (minimum) bulunur ve bu en zayıf kriter değerlerinin en büyüğüne (maksimum) sahip olan alternatif seçilir. Bu yöntem, kriter değerlerinin diğerleri ile karşılaştırılabildiği, yani bu değerlerin aynı birimle ölçülebildiği problemlerde uygulanabilir.

1.6.3. İyimserlik Yöntemi (Maksimaks):

Maksimin yöntemine zıt olarak Maksimaks yöntemi zayıf kriterlerden ziyade en iyi alternatifler arasından yapılan bir seçim işlemidir. Örneğin; profesyonel futbolcular Maksimaks yöntemine göre seçilmektedir. Bir futbolcu istisnai bir çalım kabiliyetine, istisnai koşu performansına ve topa vuruş kabiliyetine bakılarak seçilmektedir. Seçeneğin genel performansı en iyi kritere göre belirlenir. Bu konularda ortalama yeteneğe sahip bir futbolcu seçim dışı kalmaktadır. (Chen&Hwang, 1992:29)

Yöntem:

1. Her bir alternatif için en iyi ölçütün değeri belirlenir
2. En büyük en iyi ölçüt değerine sahip alternatif seçilir.

Yöntem, karar verici karar verme olayında iyimser olduğunda uygulanabilir. Bütün ölçütler ortak aynı ölçütle ölçülebilir ve karşılaştırılabilir olmalıdır. Basit bir yöntemdir, uygulanması ve anlaşılması kolaydır. Sadece tek bir ölçütün alternatifi temsil etmesi, yöntemin dezavantajları arasındadır. Kalan ($n-1$) ölçüt belirli bir alternatif için ihmal edilmektedir.

1.6.4. Pişmanlık Yöntemi (Minimaks):

Minimaks yöntemi J. Savage tarafından (1951) önerilmiştir. Temelinde bir alternatife bağlı olarak ortaya çıkan en büyük pişmanlığın (fırsat kaybının) en aza indirilmesi felsefesi vardır. Yöntemde önce fırsat maliyeti karar matrisinin (pişmanlık matrisinin) kurulmasını gerekir. Pişmanlık, yöneticinin hangi olayın gerçekleşeceğini bilmesi halinde sağlayacağı muhtemel sonuç ve gerçekleşen sonuç arasındaki fark ile ölçülür. Daha açık bir ifade ile olayların her birinin ayrı ayrı gerçekleşeceği düşünülür ve daha sonra bir olayın en iyi elemanı, bulunduğu sütünün her bir elemanından çıkartılır. Bu işlem bütün sütunlara uygulanarak pişmanlık matrisi elde edilir. Pişmanlık matrisi elemanlarına fırsat kaybı veya kaçan fırsat denilir. Maksimum pişmanlığın minimize edilmesi için pişmanlık matrisinin Minimaks değeri bulunur. Minimaks değeri ise alternatiflerin taranarak önce maksimum elemanların seçimi ve daha sonra da bu elemanlar arasında en küçük olanın belirlenmesi ile elde edilir. (Halaç, 2001:54–55)

1.6.5. Leksikografik Yöntem:

Bazı karar durumlarında tek bir kriter hakim görünür. “En ucuzu al” kuralı karar verici için fiyatın en önemli olduğu güzel bir örnek olarak verilebilir. Yöntem, kriter önem sırasına göre alternatiflerin karşılaştırılma

prensibine dayanır. Kriterler önem sırasına göre sıralanmalıdır. (Chen&Hwang, 1992:32)

Bu yöntemde karar verici için en önemli kriter seçilir ve hangi alternatif bu kriterde üstünse o alternatif tercih edilir. Eğer en önemli kriterde birden fazla alternatif en iyi değere sahipse (beraberlik varsa) diğer alternatifler elenir kalan alternatiflerle yöntemin uygulanmasına devam edilir. Beraberliği bozmak için ikinci önemli kriter seçilir. Kalan alternatiflerden hangisi bu kriterde üstünse o alternatif seçilir. Eğer yine beraberlik olursa, üçüncü önemli kriterlerle analize devam edilir. Analiz bir alternatif seçilinceye kadar devam eder. Ölçeklendirilmemiş karar matrisinin kullanılabilmesi, nihai karara ulaşabilmesi ve karar vericinin kriterlerle ilgili tercihini analize yansıtması, yöntemin avantajları arasında sayılabilir. (Kıvrak, 2001:60)

1.6.6. Ağırlıklı Toplam Yöntemi (WSM - The Weighted Sum Method):

Bu modelin uygulanmasında önce her kritere, o kriterin diğer kriterlere göre önemini gösteren bir ağırlık verilir. Sonra her alternatif her kriter açısından ayrı ayrı puanlanır. Her alternatifin skoru, kriterler açısından skorlarının ağırlıklı ortalamasıdır.

Ağırlıklı Toplam Yöntemi, karar problemlerinde çok yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Eğer m sayıda alternatif ve n sayıda kriter varsa (maksimizasyon durumunda) en iyi alternatif şöyle belirlenir:

$$A^*_{WSM-score} = \max_i \sum_{j=1}^{j=n} a_{ij}w_j \quad i=1,2,3,\dots,m.$$

$A^*_{WSM-score}$: en iyi alternatifin WSM sonucu,

n : kriter sayısı,

a_{ij} : i alternatifinin j kriterine göre puanı

w_j : j kriterin önem ağırlığı

Bu modelde kabul edilen varsayım birikimli fayda varsayımdır. Bu varsayımda, her alternatifin toplam değeri formülde verilmiş olan sonuçların toplamına eşittir. Tüm birimlerin aynı olduğu durumda WSM kolaylıkla uygulanabilmekte, ancak çok boyutlu karar verme problemlerine uygulandığında zorluklarla karşılaşmaktadır. (Güngör, 2007:45)

Model basit ve uygulanması kolay bir modeldir. Modelde oluşturulan kriter kümesindeki kriterler birbirinden bağımsız olmalıdır. Bunun anlamı, karar vericinin bir alternatifi bir kriter açısından değerlendirirken diğer kriterlere bağlı olarak karar vermemesidir. Modelin başka bir dezavantajı da karar vericinin tutarlılığını ölçmemesidir. Karar verici kriterlerin ağırlıklarını subjektif olarak vermektedir ve bu ağırlıkların tahmininde yapılan hatalar sonuçların tamamen değişmesine sebep olabilir. (Can, 2006:19–20)

1.6.7. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM-The Weighted Product Method)

Ağırlıklı Toplam Modelinde olduğu gibi bu modelde de bir kritere, o kriterin diğer kriterlere göre önemini gösteren bir ağırlık verilir ve her alternatifin her bir kriter açısından ayrı ayrı puanlaması yapılır. Fakat sonuç bulunurken, toplam yerine çarpım kullanılır ve her alternatifin diğer alternatife göre karşılaştırma değerleri bulunur.

Örnek olarak bir karar verme durumunda, 1. Alternatifin 2. Alternatife göre skoru $R(A_1/A_2)$ 'yi Ağırlıklı Çarpım Yöntemi kullanarak bulalım. 1. Alternatifin j kriterine göre puanının, 2. Alternatifin j kriterine göre puanına oranına (a_{1j} / a_{2j}) ve j kriterinin ağırlığı w_j olsun. Bu durumda $R(A_1/A_2)$

$$R(A_1/A_2) = \prod_{j=1}^N (a_{1j} / a_{2j})^{w_j}$$

ile hesaplanır.

Modelde, bir kriter açısından iki alternatifin değerlerinin oranı alınırken kriterin ağırlığı üs olarak bulunmakta ve her kriter için değerlerin oranları

çarpılarak karşılaştırılmaktadır. $R(A_1/A_2)$ ifadesinin birden büyük çıkması, 1. Alternatifin 2. Alternatife göre tercih edileceği anlamını taşır. Alternatif ikilileri için bu oranlar hesaplanarak alternatifler sıralanır ve sonuç olarak, diğer tüm alternatiflere göre daha iyi ya da eşit orana sahip olan en iyi alternatif bulunur.

Modelde iki alternatif karşılaştırılırken, alternatiflerin kriterler açısından değerlerinin oranının alınması, kriterlerin birimlerinin yok edilmesini sağlamaktadır. Bu özellik sayesinde model, farklı birimleri olan kriterlerden oluşan çok boyutlu karar problemlerinde de kolayca kullanılmaktadır. Bu model de karar vericinin tutarlılığını ölçmemektedir ve kriterlerin ağırlıkları verilirken yapılan bir hata sonuçların tamamen değişmesine sebep olabilir. (Can, 2006:21)

1.6.8. ELECTRE Yöntemi

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemi ilk kez 1966 yılında Beneyoun tarafından ortaya atılmış bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntemde, her bir kriter için bir tercih derecesi belirlenir ve alternatifler buna göre değerlendirilir. En çok sayıda, en yüksek değerli kriterlere sahip olan alternatif, en iyi alternatif olarak seçilir. (Özdamar, 2004: 23) Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır. Aşağıda ELECTRE yönteminin adımları tanımlanmıştır: (Triantaphyllou, 2000:13–18)

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. Karar matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir.

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (X) Oluşturulması: Standart Karar Matrisi, karar matrisinin elemanlarının normalize edilmesiyle elde edilir.

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması: Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtabilmek için Y matrisi hesaplanır.

Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi: Uyum setlerinin belirlenebilmesi için karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır.

Adım 5: Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması

Adım 6: Uyum Üstünlük ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin Oluşturulması

Adım 7: Toplam Baskınlık Matrisinin Oluşturulması

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

1.6.9. TOPSIS

TOPSIS (*the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) ilk olarak 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından önerilmiştir. TOPSIS'in mantığı ideal çözüm ve negatif ideal çözümü tanımlamaktır. İdeal çözüm fayda kriterini maksimum, maliyet kriterini minimum yapan çözümdür. Negatif ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimum, fayda kriterini minimum yapar. Seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olması gerektiği mantığına dayanır. TOPSIS'te alternatiflerin sıralanması "ideal çözüme göreceli benzerlik" yaklaşımına dayanır. Kısaca ideal çözüm kriterin ulaşılabilir en iyi değerlerinden; negatif ideal çözüm ise kriterin ulaşılabilir en kötü değerlerinden oluşturulur.

Alternatif seçimi süreçleri boyunca en iyi alternatif, ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan olacaktır. TOPSIS yönteminde, performans değerlendirmeleri ve kriterlerin ağırlıkları kesin değerler olarak verilir.(Çitli, 2006:57)

Ana prensibi, seçilen alternatifin ideal sonuca en yakın, negatif ideal sonuca en uzak sonuç olması olan TOPSIS yönteminde izlenen prosedür aşağıda belirtildiği gibidir: (Chen&Hwang, 1992:38–39)

1. Normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır.
2. Ağırlıkları normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır.
3. İdeal ve negatif ideal sonuç belirlenir.
4. Ayırım ölçüleri hesaplanır.
5. İdeal çözüme göreli yakınlık hesaplanır.
6. Tercih sırası belirlenir.

1.6.10. AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci)

Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi karmaşık ÇKKV problemlerinde uygulanabilen, nicel ve nitel kriterlerin aynı anda değerlendirilmesine olanak sağlayan, karar vericinin tutarlılığını ölçen ve grup karar verme sürecini destekleyebilen bir yöntemdir. Karar verme sürecine hiyerarşik bir yapı getiren AHP yönteminde sonuca bir takım ikili karşılaştırmalar yaparak ulaşılmaktadır. (Can, 2006:21). Tezde kullanılan yöntem olan AHP, ikinci bölümde geniş olarak ele alınacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

2.1. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) TANIMI

Analitik Hiyerarşi Süreci Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. “Amacımız ekonomi, sosyal ve idari bilimlerin yapısal olmayan problemlerine bir teori geliştirmek, bir metodoloji sağlamaktır” diyen Thomas L. Saaty (1980) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu yaklaşım sonraki yıllarda büyük ilgi görmüş, birçok araştırmacı ve akademisyen tarafından birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde ana veya yardımcı bir yöntem olarak kullanılarak son 30 yılda ÇKKV problemlerinin çözümünde önemli rol oynamıştır.

Son yıllarda önemi gittikçe artan modern karar destek yöntemlerinden biri olan AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler (Criteria / Attributes / Objectives) ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. AHP çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır. (Kuruüzüm&Atsan, 2001:84)

AHP kişileri nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir yöntem kullanmaya zorunlu kılmak yerine, onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlayıp daha iyi kararlar vermelerini amaçlar. Karar verici çoğunlukla birbirleri ile karşılıklı ilişkileri olan öğelere sahip karmaşık sistemlerle karşı karşıyadır. Söz konusu karmaşıklığı ne denli iyi anlarsa,

kararı da o denli sağlıklı olacaktır. AHP'nin dayandığı teori; gerçekte insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına karşın tamamen içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır. Birbirleri ile ilişkili çok sayıda öğeyle karşılaştığımızda, genellikle içgüdüsel olarak bunları gruplandırırız. İşte AHP'nin amacı da insanoğlunun bu doğuştan var olan gruplara ayırma kabiliyetini taklit edip, problemin öğelerini gruplandırıp belli bir hiyerarşiye koymaktır. AHP'de karar verme sürecinin ilk adımı problemi olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya koymak, sonra hiyerarşi olarak adlandırılan ve her biri bir dizi öğeden oluşan katmanlar halinde incelemektir. AHP insanoğlunun karmaşık problemi nasıl algılayıp biçimlendirdiğini gözler önüne seren çeşitli gözlemler sonucunda oluşturulmuş bir modeldir. (Evren&Ülengin, 1992:47–48)

AHP karar teorisinde, çelişkilerin çözümünde zengin uygulamaları bulunan sayısal ve sayısal olmayan kriterleri ele alan bir ölçme teorisidir. Tecrübe ve insanların sahip olduğu bilginin, kullandıkları verinin de önemli olduğu prensibine dayanmaktadır. AHP'nin karar uygulamaları iki safhada gerçekleşir; hiyerarşik yapının oluşturulması ve sonuçların değerlendirilmesi. Hiyerarşik yapının tasarımı aşaması problem alanında tecrübeli olmayı, bilgi sahibi olmayı gerektirir. İki karar verici aynı problem için iki ayrı hiyerarşi oluşturabilir. Bu nedenle hiyerarşinin yalnızca bir tane olduğu söylenemez. Diğer taraftan, aynı hiyerarşik yapıyı oluştursalar bile karar vericilerin öncelikleri farklı yönlerde ayrılık gösterebilir. Ancak bir grup birlikte çalışarak hiyerarşik yapının kurulmasında ve değerlendirilip sentezinde uzlaşma sağlayabilir. Değerlendirme safhası, ikili karşılaştırmalar esasına dayanır. Hiyerarşik yapının bir seviyesindeki elemanların, hemen bir üst seviyedeki kriteri ne ölçüde sağladıklarına bakılarak karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırma süreci elemanların önceliklerini ya da ağırlıklarını ölçen göreceli bir ölçüm skalası oluşturur. Hiyerarşinin en üstünde bulunan ağırlık değeri diğer alt seviyelerdeki ağırlıklarının seviye seviye eklenmesiyle elde edilir. Ve bu hiyerarşi bileşim prensibi olarak bilinir. (Vargas, 1990:2)

AHP'nin en faydalı özelliklerinden biri de, ölçülebilir kriterlerin yanında ölçülemeyen yani soyut kriterler için de, bir oran skalası vasıtasıyla uygulanabilir olmasıdır. Bununla birlikte, problemi alt bileşenlere ayırarak, büyükten küçüğe doğru kademeli olarak giden bir mantık çerçevesinde, herhangi biri küçükten başlayarak büyüğe doğru ikili karşılaştırmaları kolayca yapabilir. AHP basit kişisel problemlerden karmaşık yatırım problemlerine kadar birçok geniş bir alanda kullanılan bir araçtır. Teorinin başarısı metodun sağlamlığı ve kolay uygulanabilir olmasından kaynaklanmaktadır. (Vargas, 1990:2)

2.2. AHP'NİN AKSİYOMLARI

Saaty (1986) ve Vargas'a (1990) göre AHP'nin dört temel aksiyomu vardır. Bu dört aksiyom:

Aksiyom 1: Terslik Koşulu (The Reciprocal Condition):

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. Ne zaman ikili karşılaştırma yapılacak olsa nispi değere karar vermek için çiftin her biri göz önüne alınır. Eğer bir taş bir diğerinin beş katı ağırsa, otomatik olarak ikinci taş ilk taşın beşte bir ağırlığında diyebiliriz. AHP'nin temellerinden biri olan bu aksiyom ÇKKV probleminin çözümünde basit ve etkin bir yoldur.

Aksiyom 2: Homojenlik (The Homogeneity Axiom):

Benzer öğelerin karşılaştırılması için homojenlik gereklidir. İnsan zihni tamamen farklı öğelerin karşılaştırılmasında büyük hatalar yapmaya

meyillidir. Örneğin bir kum tanesi ile portakalı büyüklüğü açısından karşılaştıramayız. Karşılaştırılan öğeler homojen olmadığı zaman öğelerin kümelenmesi gerekmektedir. Tercihler sınırlandırılmış bir ölçekle gösterilirler.

Aksiyom 3: Bağımsızlık (The Independence Axiom):

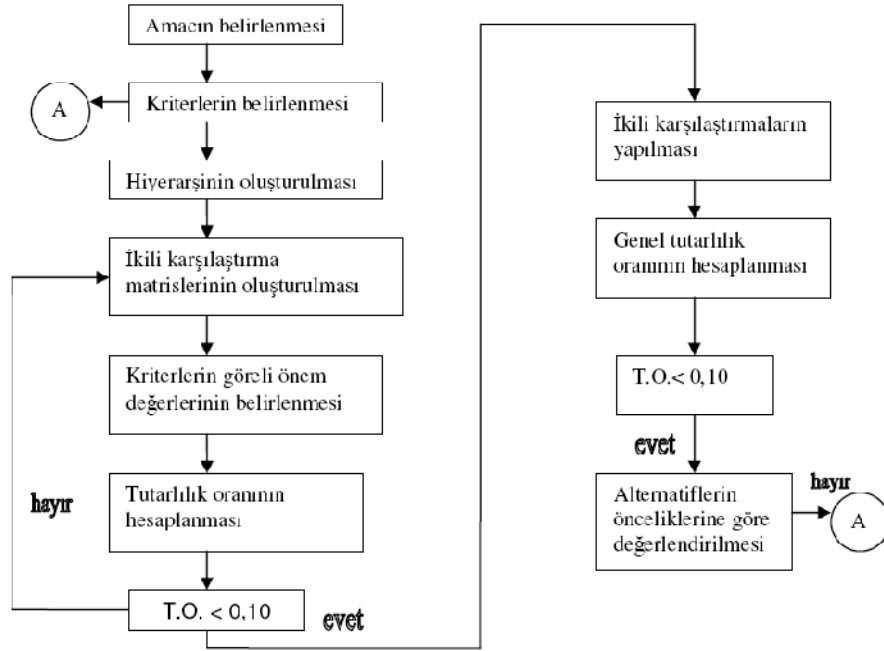
Tercihler ifade edildiği zaman, kriterlerin alternatiflerin özelliklerinden bağımsız olduğu varsayılır.

Aksiyom 4: Beklentiler (The Expectations):

Karar verme amacıyla hiyerarşik modelin tamamlandığı varsayılır, bir başka deyişle beklentilerle uyuşacak sonuç için tüm fikirlerin hiyerarşide yer almasından emin olunması gerekir. Karar vericinin beklentilerinin elde edilecek sonuçla tam olarak karşılanabilmesi için, hiyerarşide problemle ilgili tüm kriterler, alternatifler yer almalıdır. Bu aksiyomun ihlal edilmesiyle karar verici tarafından tüm kriterler ve/veya tüm uygun alternatifler kullanılmamış olacağından, verilen kararın yetersizliğine sebep olunur.

2.3. AHP KARAR SÜRECİ

Genel olarak AHP ile bir karar verme problemi çözümlenirken Şekil 3'de görüldüğü gibi beş aşama söz konusudur. Bu aşamalar takip eden bölümlerde detaylı şekilde açıklanacağından, aşamalara burada kısaca değinilecektir. (Çavdar, 2006:46–47)



Şekil 3 AHP Karar Süreci

- 1. Hiyerarşinin Geliştirilmesi:** Karar problemi; hedef, kriterler, alt-kriterler ve alternatiflerin yer aldığı hiyerarşik yapıya dönüştürülür.
- 2. İkili Karşılaştırmalar:** Hiyerarşinin her basamağındaki elemanlar arasında ikili karşılaşmalar yapılır. Karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Her matris için $n \times (n-1)/2$ tane ikili karşılaştırma yapılır. “n” matristeki eleman sayısını göstermektedir.
- 3. Önceliklerin Belirlenmesi:** Karar elemanlarının göreceli öncelikleri tahmin edilir.
- 4. Tutarlılığın Kontrolü:** Tutarlılık oranı hesaplanır. Burada Tutarlılık Oranı 0.10'dan küçük olması esastır. Eğer Tutarlılık Oranı bu rakamdan büyükse ikinci ve üçüncü adımlar tekrarlanır. İkili karşılaştırmalar matrisi yeniden oluşturulur ve öncelikler yeniden belirlenir. Tutarlılık oranı yeniden hesaplanır.

5. En İyi Alternatifin Seçilmesi: Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu alternatiflerin göreceli önem düzeyleri bulunarak alternatiflerden biri seçilir.

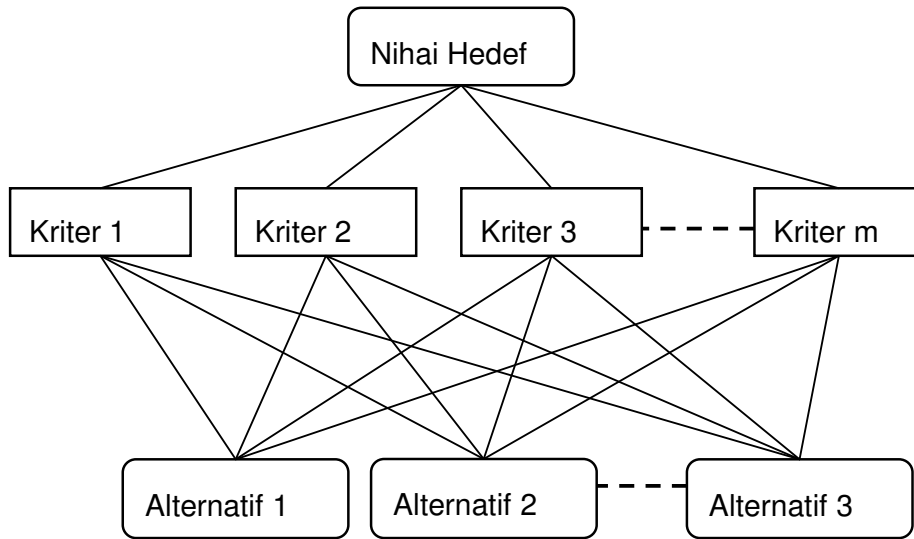
2.3.1. Hiyerarşinin Geliştirilmesi

Fransızcadan dilimize geçen “hiyerarşi” kelimesinin sözlük anlamı; makam sırası, basamak, derece düzeni, aşama sırası olarak geçmektedir. AHP'nin ilk adımı, bir karar problemini daha kolay kavranmasını ve değerlendirilmesini sağlayacak hiyerarşik bir düzende alt problemlere ayrıştırılmasıdır.

Hiyerarşi, belirlenen birimlerin bağımsız kümeler olarak gruplandığı, oluşturulan bu gruplardan birinin sadece bir diğerini etkilemesi ve yine grubun sadece bir diğeri tarafından etkilenmesi esasına göre oluşturulmuş bir sistem tipi olarak tanımlanmaktadır. Sistem analizi işleminde amaç, sistemi oluşturan parçaları ve bunların birbiri ile ilişkilerini ele almak, bunun da ötesinde sistem içerisindeki birbirinden farklı bilgilerin analizci tarafından anlaşılabilmesini sağlamaktır. Bunu sağlamak için, sistem daha küçük alt sistemlere ayrılır; bir bilgisayarın şematik olarak alt sistemlere ayrılması, bunların birbirine bağlı olması ve her alt sistemde kendisine ait bir şematiğinin olması gibi. (Saaty, 1980;11).

Saaty'ye göre, hiyerarşinin yapılandırılması aşaması, varılmak istenen amaç üzerinde yaratıcı düşünceler üretmek ve konuyla ilgili kişilerin görüşleri alınarak gerçekleştirilmelidir. Saaty, hiyerarşinin yapılandırılması için, standart bir prosedürün var olmadığını ifade etmekle birlikte, AHP'nin ilk adımının, ulaşılmak istenen hedef doğrultusunda, problem hiyerarşisinin yapılandırılması olduğunu vurgular. Hiyerarşinin en tepesinde hedef, yani ulaşılmak istenen amaç yer almaktadır. İkinci aşamada, verilecek karar doğrultusunda, kararda belirleyici olacak ana kriterler tespit edilmektedir.

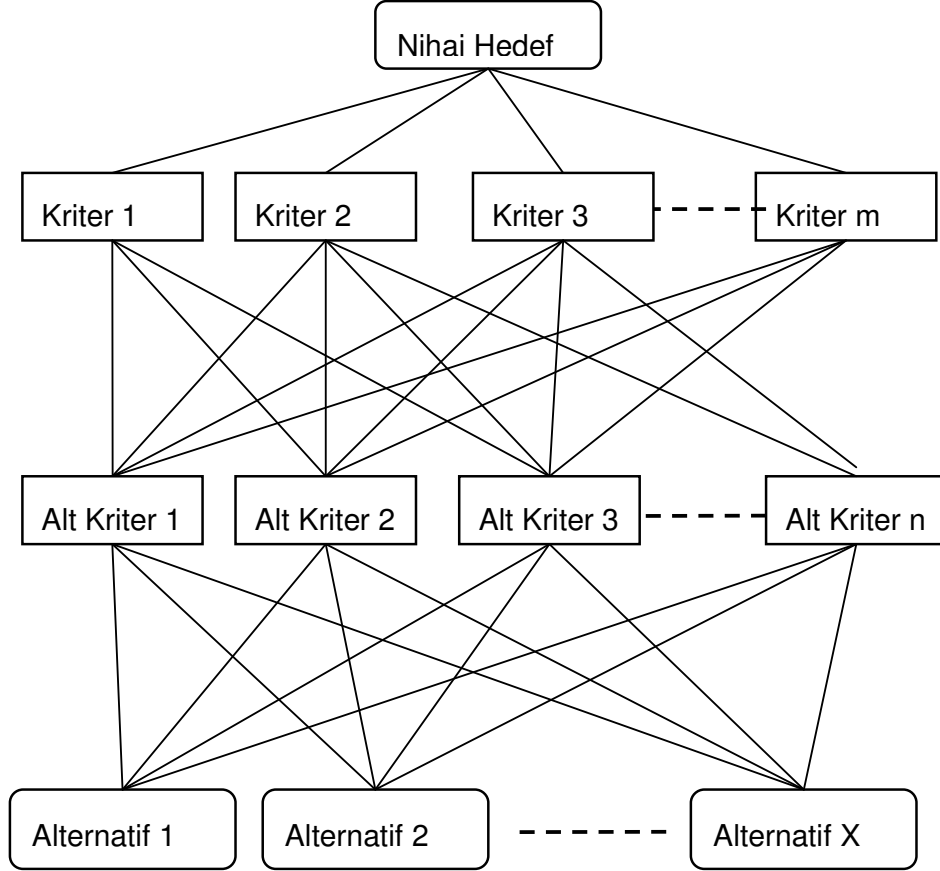
Takiben, ana kriterlerin belirlenmesinde kullanılacak alt kriterler, varsa daha da alt kriterleri içeren hiyerarşik yapı kurulmaktadır. Hiyerarşinin en altında karar alternatifleri yer almaktadır (Saaty, 1980:14). Hiyerarşik yapı, iki veya daha fazla seviyeden oluşabilir. Problemin yapısına, karmaşıklığına göre, karar vericinin problemi çözerken ne ölçüde detaylandırmak istediğine göre şekil alır. Her seviyede elemanlar arasında ikili karşılaştırma gerektiğinden, Saaty' e göre her bir seviyede en fazla dokuz eleman bulunmalıdır. Ancak bu kısıt, her uygulamada geçerli olması gereken katı bir kural değildir. (Zahedi, 1986:97–98)



Şekil 4 İki Seviyeli Hiyerarşik Yapı

Yukarıda Şekil 4'te örnek bir hiyerarşi görülmektedir. Verilmiş olan hiyerarşi iki seviyeli bir hiyerarşidir. Bu yapıda hiyerarşinin en üstünde nihai hedef, onun altında kriterler ve en altta da alternatifler bulunmaktadır. Hiyerarşi üç ya da daha fazla seviyeden de oluşabilir. Üç seviyeli hiyerarşik yapı ise Şekil 5'te gösterildiği gibidir. Buna göre üç seviyeli hiyerarşik yapı,

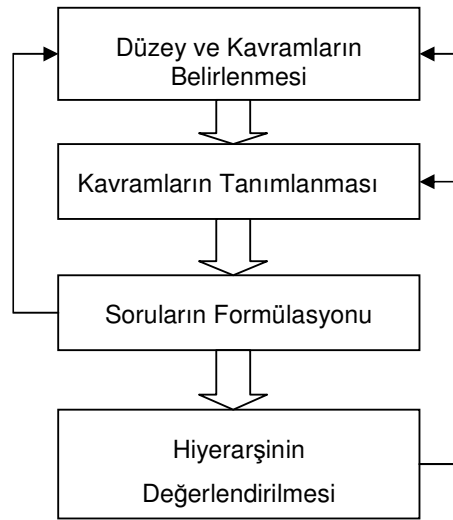
nihai hedef, kriterler (ana kriterler), bu kriterlerin alt kriterleri ve alternatiflerden oluşmaktadır.



Şekil 5 Üç Seviyeli Hiyerarşik Yapı

Hiyerarşi tasarımı birbirini izlemeyen, ancak birbiriyle ilişkili üç süreçten oluşur. Şekil 6 hiyerarşi tasarımının bu üç süreci arasındaki ilişkiyi özetlemektedir. Bunlar düzey ve kavramların belirlenmesi, kavramların tanımlanması ve soruların formüle edilmesidir. Birinci adımda düzey ve öğeler (kavramlar) belirlenir. Belirlenen bu kavramlar ikinci adımda tanımlanır. Sonrasında bu tanımlamalar soru oluşturma aşamasında kullanılır. Eğer karar vericinin bu sorulara cevap vermekte bir sorunu varsa düzey ve kavramlar tekrar gözden geçirilip değiştirilir. Hiyerarşi tasarımı,

kavramların ve soruların cevaplandırıldığı, cevapların sorularla ilişkilendirildiği, öğelerin ve seviyelerin belirlendiği tekrarlayan bir süreçtir. Sorgulama sürecindeki belirsizlikler karar vericiyi yanlış kriter veya alternatif seçimine götürebilir. Bütün sorular cevaplanabilir ve mevcut bilgilerle tutarlı olmalıdır. (Vargas, 1990:3)



Şekil 6 Hiyerarşi Dizaynı (Vargas, 1990:3)

AHP'nin fikir babası Saaty, detaylı bir hiyerarşi tasarımı için belirlenmesi gereken noktaları şöyle sıralar: (Saaty, 1994:22)

1. Genel amacın belirlenmesi. "Gerçekleştirmeyi istediğiniz şey nedir?", "Ana sorun nedir?" gibi noktaların belirlenmesi
2. Genel amacın alt amaçlarının belirlenmesi
3. Genel amacın alt amaçlarını gerçekleştirebilmek için gerekli kriterlerin belirlenmesi
4. Her bir kriterin alt kriterlerinin belirlenmesi. Burada kriter ya da alt kriterler bir takım parametrelerin değer aralıkları ya da yüksek, orta, düşük gibi sözel ağırlıklar olarak belirlenebilir.
5. Konuyla ilgili kişilerin belirlenmesi

6. Konuyla ilgili kişilerin amaçlarının belirlenmesi
 7. Konuyla ilgili kişilerin politikalarının belirlenmesi
 8. Sonuçların ya da alternatiflerin belirlenmesi
 9. En fazla tercih edilen sonucu veren kararın verilmesinin veya verilmemesinin getireceği yarar ve maliyetlerin karşılaştırılması
 10. Marjinal değerler kullanarak fayda maliyet analizi yapılması.
- Dominant hiyerarşiler söz konusu olduğundan en fazla yararı sağlayan alternatifin hangisi olduğu, maliyetler söz konusu olduğunda en fazla maliyeti verenin hangisi olduğu ve riskleri söz konusu olduğunda da en riskli alternatifin hangisi olduğu belirlenir.

Problemlerin hiyerarşik forma dönüştürülerek çözülmesinin bazı avantajları vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz: (Çakır, 2001:26–27)

Sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, alt seviyedeki bir ögenin önceliğinde olacak değişimin, üst seviyedeki öğelerin öncelikleri nasıl etkileyeceğini görmeyi sağlar.

Hiyerarşilerde alt sistemler, sistemin yapısı ve işleyişi hakkında büyük oranda detaylı bilgi verirken, üst seviyeler de problemin bir bütün olarak algılanmasını sağlarlar.

Hiyerarşi, doğal sistemlerin temsil edilmesi ve geliştirilmesi için çok uygundur. Hiyerarşi hem katı, hem de esnektir. Katıdır, çünkü yapı içinde yapılacak ufak değişiklikler, hiyerarşide ancak ufak değişiklikler yapabilir. Esnektir, çünkü iyi oluşturulmuş bir yapıya daha sonradan yapılacak eklemeler, hiyerarşinin performansını bozmaz.

Hedefle ilgili en alt faktörün önceliklerinin tarifinin yapılması ve neler gerektirdiğinin bilinmesi, derecelendirme problemlerinde karşılaşılan bir dizi öncelik problemlerini azaltmaktadır. Çeşitli faktör ve derecelendirmedeki geri besleme ilişkisinden kaynaklanan karışıklıkları gidermek üzere hiyerarşik bir

yapı içerisinde karşılaştırmalar yaparak problemleri çözme işi, AHP'nin varoluşunun ana sebebidir.

2.3.2. İkili Karşılaştırmalar

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, bu hiyerarşideki kriterlerin karşılaştırılmasında bir ölçme tekniğine ihtiyaç duyulacaktır. Bu ölçme işleminde karar vericinin karşılaşılabileceği bir takım problemler vardır. Örneğin yeterince hafif ve el ile kaldıracabilecek türden bir dizi nesneyi tartmak için elimizde ağırlık ölçecek bir alet olmadığı takdirde ilk akla gelecek yöntem, onların göreceli ağırlıklarını tahmin etmek olacaktır. Bunun bir yolu tüm nesnelerin ağırlıklarını saptamak üzere hepsini elimize alıp kaldırmak ve tüm grup ile karşılaştırıp doğrudan bir ağırlık tahmini yapmaktır. Her birinin bu şekilde tahmin ettiğimiz ağırlığını, toplam ağırlığa kıyas etmek suretiyle nesnelerin göreceli ağırlıklarını belirleyebiliriz.

Mevcut bilgiden daha fazla yararlanmaya olanak tanıyacak bir başka yöntem ise nesneleri ikili karşılaştırmaktır. Başka bir deyişle önce bir nesneyi kaldırırız sonra ikinci bir nesneyi kaldırırız sonra tekrar ilk kaldırdığımız nesneyle farklı bir nesneyi kıyaslarız. Bu süreci her ikili grup için göreceli ağırlıkları saptayana kadar devam ettiririz. Bu ikinci yöntem her seferinde sadece iki nesneyi karşılaştırıp birbirleri ile nasıl ilişki içinde olduklarını saptamaya yöneliktir. Birinci yöntemle göre daha fazla aşama gerektirmesine karşın daha basit bir yöntemdir. Bu nedenle sonucun geçerliliğini irdelememizi olanaklı kılacak bir ölçeğin bulunmadığı durumlarda ikili karşılaştırmalar yapmak tercih edilir.

Bir diğer problem tutarsızlıktır. Ölçü aletleriyle yapılan ölçümler dahil tüm ölçümler, deneysel hata ya da ölçme aleti hatası verip tutarsız sonuçlar verebilir. Örneğin A'nın B'den, B'nin de C'den ağır olduğu kanısına varırken, C'nin A'dan ağır olduğu kanısına varabiliriz. Kişilerin bir soruna ilişkin bilgi

düzeyleri arttıkça sorunun daha tutarlı bir şekilde modelini oluşturmaları beklenir. Saaty AHP yönteminin kullanılması sırasında doğrudan doğruya ilgili kişiler ile yüz yüze anket yapıp onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınmasını önermektedir. Söz konusu kişiler konunun uzmanı olmasalar bile, en azından konuyu bilen konuya aşina kişiler olmalıdırlar. (Evren&Ülengin, 1992:51–53)

AHP'nin uygulanmasında ikinci aşama, hiyerarşide yer alan iki öge arasındaki ilişkilerin sayısal olarak temsil edilmesini sağlayan karşılaştırmaların yapılmasıdır. Bu işlem karar vericinin, tüm kriterler ve alternatifler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmasını sağlar. Değerlendirme işlemi, alternatiflerin A_i ($i=1,2,3,...n$), değerlerine göre kriterlerin ikişerli gruplar halinde ele alıp bir üst düzeydeki kritere bağlı olarak, onları birbirlerine göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterlerle ilgilenmemek üzerine kuruludur. (Gök, 2006:24–25)

Bu karşılaştırma işleminde kullanılmak üzere Saaty (1994) tarafından ikili değerlendirmelerde kullanılmak üzere görel bir ölçek geliştirilmiştir. Tablo 2'de verilen görel önemlilik ölçeği AHP'nin temel ölçeğidir. Hiyerarşinin her düzeyindeki öğeler bir önceki düzeydeki kriter açısından ikili olarak karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalardan elde edilecek sonuçlar Tablo 2'de verilen ölçekte yer alan sayılar cinsinden ifade edilir. Görel önemlilik ölçeği, 1'den 9'a kadar olan değerlerin anlamlarını göstermektedir. Hiyerarşideki elemanların bir üst kademedeki elemana göre ikili karşılaştırma yargılarının oluşturulmasında, yani hiyerarşide bir üst elemana ulaşmak için A kriterinin B kriterine göre ne kadar önemli olduğu karar vericiye sorulduğunda, karar verici Tablo 2'de gösterilen 1–9 puanlı tercih ölçeğinden faydalanmaktadır. Buna göre karşılaştırma yapan, karşılaştırılan kriterler eşit öneme sahipse 1, biri diğerinden çok az önemli ise 3, kuvvetli derecede önemli ise 5, çok kuvvetli derecede önemli ise 7, son derece önemli ise 9 önem derecesini kullanır. Önem derecesindeki 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Örneğin karar verici 3 ve 5 arasında kararsız kalırsa 4 değerini kullanabilir.

Tablo 2 AHP’de Kullanılacak Ölçek (Saaty, 1994:26)

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit Önemli	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	Birinin Diğetine Göre Çok Az Önemli Olması	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğetine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğetine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faaliyet diğetine göre çok güçlü şekilde tercih edilir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.
9	Son Derecede Önemli	Bir faaliyet diğetine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir. ispatlanmıştır.
2,4,6,8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılır
Yukarıdaki Derecelendirme Puanlarının Tersini	Eğer i aktivitesi j aktivitesiyle karşılaştırıldığında Yukarıda belirtilen sayılardan birine karşılık geliyorsa, j’ de i ile karşılaştırıldığında ona karşılık gelen değerin tersini alır.	Mantıklı bir varsayım
Rasyonel Sayılar	Ölçekten elde edilen oranlar	Matristen n adet sayı alınarak tutarlılığın elde edilmesi
1.1- 1.9	Bağılantılı faaliyetler için	Öğeler birbirine yakınsa ve ayırım yapılamıyorsa kullanılır. 1.3 orta, 1.9 ise en uç değerdir.

Yapılan ikili karşılaştırmalar matris şeklinde ifade edilir ve Tablo 3’te görülen ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Bir problemde n tane kriterin

olduğu varsayılırsa kriterler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matris olacaktır. Burada kriterleri soldan sağa ilk satırda ve yukarıdan aşağıya ilk sütunda sıraladığımızı düşünelim. Matrisin ilk bileşeni olan a_{11} birinci kriterin yine birinci kritere göre önem derecesini gösterir. Yine karşılaştırma matrisinde a_{12} birinci kriterin ikinci kritere göre önem derecesini, a_{13} birinci kriterin üçüncü kritere göre önem derecesini, a_{1n} birinci kriterin n 'inci kritere göre önem derecesini gösterir. Burada kriterlerin her biri ikili olarak birbirine göre karşılaştırılır.

Tablo 3 İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Oluşturulması

Kriterler	K_1	K_2	K_3		K_n
K_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}		a_{1n}
K_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}		a_{2n}
:	:	:	:		:
K_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}		a_{nn}

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i = j$ olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili kriter kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Kriterlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Kriterlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında Tablo 2'deki önem skalası kullanılır. Buna göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Şekil 7'de görülmektedir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 7 Karşılaştırma Matrisi

Örneğin birinci kriter ikinci kritere göre karşılaştırmayı yapan tarafından daha önemli görünüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır ikinci sütun bileşeni ($i=1, j=2$), 3 değerini alacaktır. Aksi durumda yani birinci kriterin ikinci kriterle karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi ikinci faktörden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır ikinci sütun bileşeni 1/3 değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada birinci kriterle ikinci kriterin karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak aşağıdaki formülünü kullanmak yeterli olacaktır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

Yukarıda verilen örnek dikkate alınırsa karşılaştırma matrisinin birinci satır ikinci sütun bileşeni ($i=1, j=2$) 3 değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin ikinci satır birinci sütun bileşeni ($i=2, j=1$), yukarıdaki formülden 1/3 değerini alacaktır. Yani birinci kriterin ikinci kritere göre önem derecesi 3 ise ikinci kriterin birinci kritere göre önem derecesi 1/3 olacaktır. Farklı bir ifade ile $a_{12}=3$ ise $a_{21}=1/3$ olacaktır. Karşılaştırma matrisini buna göre Şekil 8'de görüldüğü gibi olacaktır.

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

Şekil 8 Karşılaştırma Matrisi

2.3.3. Önceliklerin Belirlenmesi

AHP yönteminde ikili karşılaştırma matrisi veya karar matrisi oluşturulduktan sonra, sıra öncelik veya ağırlık vektörlerinin hesaplanmasına gelir. AHP hiyerarşik gösterimi sonucu karar almada etkili tüm faktörler üzerinde fikir sahibi olmamızı sağlar. Öğeler ikişer ikişer ele alınıp sadece bir kriterle göre değerlendirilir, bu işlem esnasında diğer kriterlerle ilgilenilmez.

Amaçları kriterlerin göreceli önemlerine ilişkin yargılar çıkarmak ve tüm kriterler hakkında çıkarılan bu yargıların ölçülmesine olanak sağlayan bir ölçü sistemiyle yargıların ölçülmesini garantilemek olan bir grup karar verici, n adet kriteri karşılaştırmaktadır. Matematiksel olarak ifade edecek olursak kriterler $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ olsun. K_i, K_j gibi iki kriterin sayısal yargıları $n \times n$ boyutlu A matrisinde şöyle temsil edilir: (Saaty, 1980:22)

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

İkili karşılaştırma matrisi Şekil 8'teki gibi oluşturulduktan sonra (K_i, K_j) çiftlerine ait yargıları, A ikili karşılaştırma matrisi üzerinde a_{ij} olarak sayıya döktükten sonra karşımıza çıkan problem, $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ için n adet kriterin ihtimallerine ilişkin sayısal değer seti $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ 'i oluşturmaktır.

Belirsiz bir şekilde oluşturulan problem, matematiksel bir modele dönüştürülmelidir. Buradaki temel amaç, net olmayan şekilde ifade edilen bizim amaç cümlemizin bu ağırlıklar vasıtasıyla grubun kararını sayısal olarak ifade etmesidir.

Görelî ağırlıkların tespitini bir örnekle daha net bir şekilde açıklayabiliriz. Yargıları sadece kesin fiziksel ölçümlerin sonucu kabul edelim. Yargıların $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ olan n adet taş hakkında olduğunu varsayalım. K_1 ve K_2 'yi karşılaştırmak için, K_1 tartıya konur ve ağırlığı okunur; $w_1=305$ gram ve sonra K_2 ölçülür ve $w_2=244$ gram bulunur. Ve grup kararını açıklar: " K_1 K_2 'den 1.25 kat daha ağır". Ve $a_{12}=1.25$ diye kaydederler. İdeal durum olan kesin ölçümde w_i ağırlıkları arasındaki ilişki ve yargı a_{ij} ve A matrisi şöyle ifade edilir: (Saaty, 1980:23)

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

Ve

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & & & \dots & \\ w_3/w_1 & & & \dots & \\ \vdots & & & \dots & \\ w_n/w_1 & & & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Şekil 9 İkili Karşılaştırma Matrisinin Görelî Ağırlıklar Cinsinden Gösterimi

Görelî üstünlükler her zaman bu kadar net ölçülemeyeceğinden bu durumu genellemek gerçek dışı olacaktır. Fiziksel ölçümler matematiksel olarak kesin değildirler ve gerçek hayatta fiziksel ölçümler de yoktur. İnsan yargıları vardır ki bu da sapmanın daha da büyük olacağını gösterir.

Bu sapmanın tolerans payını hesaplamak için A matrisinin i satırındaki kayıtlar:

$$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$$

ve ideal durumda bu değerler oranlarla aynı olduğundan:

$$\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_j}, \dots, \frac{w_i}{w_n}$$

İdeal durumda bu satırdaki ilk gireni w_1 ile ikinci gireni w_2 ile vs. çarparsak bütün sonuçların w_i çıkması gerekir. (Saaty, 1980:23–25)

$$\frac{w_i}{w_1} * w_1, \frac{w_i}{w_2} * w_2, \dots, \frac{w_i}{w_j} * w_j, \dots, \frac{w_i}{w_n} * w_n$$

$$w_i, w_i, \dots, w_i, \dots, w_i$$

Daha gerçekçi bir durum ortaya koyabilmek için aşağıdaki formül kullanılır:

$$w_i = \text{Ortalama } (a_{i1}w_1, a_{i2}w_2, \dots, a_{in}w_n)$$

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

Bu ifade gerçeği temsil etme bakımından nispeten bir öncekine göre daha iyidir ancak, tek tek w_i 'leri bulmak için yeterli olmayacaktır.

a_{ij} 'nin iyi tahmin edilmesi halinde, $\frac{w_i}{w_j}$ ye yakın bir değer çıkacaktır.

Ancak a_{ij} 'nin idealden sapması durumunda w_i ve w_j 'nin değişebilmesi için n 'nin de değişmesi gerekir. Kriter sayısı “n” değeri de değişemeyeceğine göre onun yerine en büyük öz değer ($\lambda_{\max}$) kullanılır. Ve formülün son hali şu şekilde olacaktır:

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

Karışık matematik formüllerinin kullanımını Expert Choice programına bırakarak önceliklerin belirlenmesi bölümünü özetleyecek olursak, bu adımda, ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen karşılaştırma matrisleri normalleştirilerek, her matris için bir önem vektörü hesaplanmaktadır. Normalleştirme işlemi, karşılaştırma matrisindeki sütunlara ait sayıların, ilgili sütun toplamına bölünmesiyle gerçekleştirilmektedir. Normalleştirilen matrisin her satırının ortalaması alınarak, ilgili kriter için ağırlıklar (önem vektörleri) elde edilmektedir. (Saaty, 1980:33)

2.3.4. Tutarlılığın Kontrolü

Nihai kararın kalitesi bakımından önemli bir konu, ikili karşılaştırma süreci esnasında karar verici tarafından formüle edilen yargıların tutarlılığıdır. Tutarlı olmak rasyonel düşünüşün bir önkoşulu olarak kabul edilir. Ancak uygulamada tam anlamıyla tutarlı olmak neredeyse imkansızdır. Yeni bilgileri öğrenmek ancak bir miktar tutarsızlığa müsaade etmekle mümkün olabilir. AHP mükemmel tutarlılık talep etmemektedir. AHP yöntemi, karar vericiler tarafından varılan yargılarda “yüzde yüz” ya da mutlak tutarlılık beklememekle birlikte, tutarsızlığı ölçümlemekte ve belirli sınırlar içinde olmasını öngörmektedir. Tutarsızlığa izin vermekte ancak her yargılamada tutarsızlığın ölçümünü sağlamaktadır. (Kuruüzüm&Atsan, 2001:91).

İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty, tutarlılık oranı (T.O.) (consistency ratio) kavramını ortaya koymuştur. (Saaty, 1980:21). Tutarlılık oranı (T.O.) hesaplanırken:

- İkili karşılaştırma matrisinin her sütunu Şekil 10’da gösterildiği gibi kendisine ait önem vektörü değeriyle çarpılır. A karşılaştırma

matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından yeni vektör, D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Şekil 10 Karşılaştırma Matrisi İle Öncelik Vektörünün Çarpımı

- Sonra elde edilen vektörün ilk elemanını öncelik vektörünün ilk elemanına, 2. Elemanını öncelik vektörünün 2. Elemanına bölerek diğer elemanlara da aynı işlem uygulanarak yeni bir vektör elde edilir. D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

- Aşağıdaki formül uygulanarak bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ya da karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeri $\lambda_{\max}$ sı verir.

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

- λ hesaplandıktan sonra **Tutarlılık İndeksi (T.I.)**, aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanabilir.

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

- Son aşamada ise, Saaty tarafından hazırlanan Rastsal Tutarlılık İndeksinde, n matris boyutunu göstermek üzere 1–15 arasında boyuta sahip matrisler için Tablo 4'teki değerler kullanılmaktadır.

Tablo 4 Matris Boyutuna Göre Rastsal İndeks Değerleri

Matrisin boyutu (n)	Rastsal Tutarlılık İndeksi (RI)
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

- Tabloda yer alan n matris boyutuna karşılık gelen değerlerden hareketle tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Örneğin 4 kriterli bir karşılaştırmada kullanılacak R.I. değeri Tablo 4' ten 0.90 olacaktır. Aşağıdaki formülden de anlaşıldığı gibi Tutarlılık indeksi T.I. rastsal Tutarlılık indeksine R.I.' ya bölünerek Tutarlılık Oranı (T.O.) elde edilir. Tablo 4'ten kriter sayısına karşılık gelen değer seçilir.

$$TO = \frac{TI}{RI}$$

Tutarlılık oranı her ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanır. Bu oran için Saaty tarafından önerilen üst limit 0.10'dur. (Saaty, 1980:21). Yargılar için hesaplanan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarlılık oranı 0.10'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir ki bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekir. (Kuruüzüm&Atsan, 2001:91).

2.3.5. En İyi Alternatifin Seçilmesi

Belirlenen kriterlerin her birine göre mevcut alternatiflerin ayrı ayrı karşılaştırılması ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, sentezlenmesi ve her bir kritere yönelik öncelik vektörlerinin belirlenmesinden sonraki aşama genel amaca göre alternatiflerin kendi aralarında sıralamasının belirlenmesidir. Bu son ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulabilmesi için karar vericinin, sondan bir önceki seviyedeki her alt

kriterin global önceliği ile alternatifin o alt kritere göre tercih değerlerini çarparak ağırlıklı değerleri belirlemesi gerekmektedir. Bir alternatifin sıralaması ağırlıklı değerlerin toplamına eşittir. (Özdamar, 2004:46)

2.4. EXPERT CHOICE PROGRAMI

Expert Choice programı Analitik Hiyerarşi Yöntem'inin yazılım programı olarak, firmasının kurucularından biri olan Saaty'nin öncülüğünde Expert Choice firmasınca geliştirilmiştir. Expert Choice, karmaşık problemlerin analizinde kullanılan çok amaçlı karar destek aracıdır.

AHP bilindiği gibi karar vericiye, organize edilebilen, amaçların önceliklendirilebildiği, karara alternatif çözümlerin tercihi için imkan sağlayan bir yapı sunarak karar verme sürecine katkıda bulunur. AHP' de Expert Choice Programında aşağıdaki basamaklar takip edilir.

- Beyin fırtınası yapılır ve karar için bir hiyerarşik model oluşturulur.
- Grup modeli olanaklı kılınır.
- İkili karşılaştırma mod ve tipi ayarlanır.
- Expert Choice dış kaynaklardan veri aktarılır.
- Kriterler ve alt kriterlerin karardaki önemleri için ikili karşılaştırmalar yapılır.
- Eğer mümkünse alternatifler kriterlere ve alt kriterlere göre karşılaştırılır.
- Sentez yapılır ve en iyi alternatif belirlenir.
- Tutarlılık analizi yapılır.
- Dış kaynaklara veri aktarılır.

Program ikili karşılaştırma metodunu kullanarak algılamalarınızı ve değerlendirmelerinizi doğru bir şekilde yansıtan, eşsiz bir yoldur. Karar vericinin çok basit ve kolay bir biçimde AHP'yi karar problemlerinde uygulayabilmesini sağlar. Karar vericiye düşen hiyerarşik modeli oluşturmak, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını yapmaktır. Expert Choice programı otomatik olarak özdeğer yaklaşımı ile göreceli önceliklerin hesaplanmasına, tutarlılığın hesaplanmasına ve en iyi alternatifin seçimine olanak vermektedir. Kullanıcıya ya da karar vericiye bu noktadan sonra düşen iş, tutarlılık oranının kontrolüdür. Eğer tutarlılık oranı üst limit olan 0.10'dan büyük ise bu ikili karşılaştırmalardaki tutarsızlığı gösterir ki bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı ikili karşılaştırmalardaki yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir.

Uygulamada Expert Choice 11.5 versiyonu kullanılmıştır. Bu program ayrıca karar vericinin hiyerarşik modeli oluşturmalarına ve görüntülemelerine, gerekli ikili yargıları yapmalarına da olanak vermektedir. Karar verici ikili karşılaştırmayı sözel, sayısal, grafiksel ya da anketle karşılaştırma yollarından biriyle gerçekleştirebilir. Örnek olarak Şekil 11'de "İç Güvenlikte Kullanılacak En İyi İHA'nın Seçimindeki ana kriterlerin, ikili karşılaştırılması sayısal olarak matris üzerinde yapılmıştır. Şekil 12 ise aynı karşılaştırmanın anket yoluyla yapılmasına bir örnektir.

Yapısal Özellikler	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	itki
Compare the relative importance with respect to: Goal: İç Güvenlikte Kullanılacak En İyi İHA'nın Seçimi		
Yapısal Özellikler	Yapısal Öz itki	Performans: Veri İletisim Komuta Ko Maliyetler
İtiki	5,0	1,0 3,0 1,0 3,0
Performans		5,0 2,0 3,0 3,0
Veri İletisimi		3,0 1,5 3,0
Komuta Kontrol		4,0 1,0
Maliyetler	Incon: 0,03	5,0

Şekil 11 Expert Choice'da Sayısal İkili Karşılaştırma

Compare the relative preference

YAPISAL OZELLIKLER

VERSUS

ITKI

with respect to: Goal: İç Güvenlikte Kullanılacak En İyi İHA'nın Seçimi

1	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İtki
2	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans
3	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
4	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
5	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
6	İtki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans
7	İtki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
8	İtki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
9	İtki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
10	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
11	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
12	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
13	Veri İletisimi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
14	Veri İletisimi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
15	Komuta Kontrol	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

9 = Extreme

Şekil 12 Expert Choice'da Anket ile İkili Karşılaştırma

İkili karşılaştırmalar yapılmadan önce hiyerarşik yapı oluşturulmuş, yani kriterler, alt kriterler ve alternatifler Expert Choice programına girilmiş olmalıdır. Sonrasında kullanıcı ikili karşılaştırmaları AHP'nin temel ölçeği olan göreceli önemlilik ölçeğine göre 1 ile 9 arasında değerler girerek yapar.

Expert Choice farklı kişilerin görüşlerini sentezlemeye yarayan modeller sunarak grup kararları almaya da olanak sağlar. Expert Choice ayrıca tahmin, değerlendirme, risk ve belirsizlik analizi, olasılık dağılımları üretme alanlarında da faydalıdır. (Expert Choice, 2008).

2.5. AHP' NİN AVANTAJLARI

Partovi ve Hapton, Kuruüzüm ve Atsan AHP'nin avantajlarını şöyle sıralarlar: (Partovi&Hapton, 1994:18), (Kuruüzüm&Atsan, 2001:84)

- AHP, karar vericinin hedefe ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak veren uygulaması kolay bir karar verme metodolojisi sağlar.

- Karmaşık problemleri basitleştiren bir yapısı/süreci vardır.
- Karar vericilerin karar probleminin tanımı ve unsurlarına ilişkin anlayışlarını arttırır.
- Bir karar problemine ilişkin hem objektif hem sübjektif düşüncelerle, hem nitel hem de nicel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak verir.
- Karar vericinin duyarlılık analizi yaparak nihai kararın esnekliğini analiz etmesi mümkündür.
- Karar vericinin yargılarının tutarlılık derecesini ölçmesine imkan verir.
- Grup kararlarında kullanımı uygundur.
- AHP'ye ait yazılım paketi Expert Choice, karar vericinin uygulamayı hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmesine imkan verir.

2.6. AHP' NİN UYGULAMA ALANLARI

Analitik Hiyerarşi Süreci Yaklaşımı, geliştirildiğinden bu yana ekonomi, endüstri, imalat/üretim, planlama, enerji politikaları, kaynak tahsisleri, sağlık, anlaşmazlık çözümü, proje seçimi, pazarlama, bilgisayar teknolojisi, bütçe tahsisi, muhasebe, mühendislik, eğitim, sosyoloji, mimarlık, bankacılık ve daha birçok alanlardaki çeşitli karar problemlerine uygulanmıştır. Zahedi'nin "Analitik Hiyerarşi Süreci: Metodun incelemesi ve uygulamaları " ve Vargas'ın da "AHP'ye genel bakış ve uygulamaları " kullanım alanlarına geniş çapta yer verilmiştir. (Zahedi, 1986:101–102) (Vargas, 1990:3–5)

Bu alanlar:

- Yeni Ürün Geliştirme Ve Ürün Tasarımı
- Yatırım Analizi
- Alternatif Seçimi
- Fizibilite

- Fayda/Maliyet Analizi
- Satın alma Leasing kararları
- Pazarlama Kararları
- Performans Değerlendirme
- Kaynak Tahsisi
- Toplam Kalite Yönetimi
- Politik Strateji
- Dağıtım Stratejileri
- Üretim- Ürün Kalitesi Değerlendirmesi
- Tedarikçi Seçimi
- Ürün Hayat Eğrisi Analizleri
- İnsan Kaynakları-İşe Alma/Terfi Kararları
- İşletme Yönetimi
- Teknoloji Seçimi
- Bütçe Kararları
- Bütçe Düzenleme
- Kaynak Belirleme
- Enerji Politikaları
- Sosyo-Ekonomik Planlama
- Politik Kararlar
- Seçim Sonuçlarının Tahmini
- Seçim Stratejisi Belirleme
- Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesi
- Değerleme
- Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi
- Ekonomik Planlama
- Reklam Kampanyaları
- Ekonomi Ve Finans
- Portföy Seçimi
- Kariyer Planlaması

- Satın Alma Kararları
- Eğitim-Okul Seçimi
- Bireysel Yatırım Kararları
- Zaman Planlaması

Görüldüğü gibi AHP'nin çok geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Sonraki bölümde AHP ile yapılan bazı çalışmalara yer verilecektir.

2.7. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Matematikçi ve yönetim bilimci olan Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerde önerilen AHP'nin teorik ve uygulama alanındaki çalışmalar 1980'lerden günümüze kadar gelmektedir. Bugüne kadar ÇKKV problemlerinin çözümünü, ya da teorik olarak AHP'yi konu alan yüzlerce çalışma yapılmıştır. AHP referanslarının kısmi listesine, Expert Choice programının sitesinden erişilebilmektedir. Bu bölümde AHP ile ilgili teorik ve uygulama alanındaki çalışmalara ayrı başlıklar altında örnekler verilecektir.

2.7.1. AHP ile İlgili Teorik Çalışmalar

Saaty, (1980) AHP'yi geniş şekilde ele almış, planlama önceliklendirme, kaynak tahsisi gibi konuları incelemiş, AHP'nin teorik kısmı yanında uygulamalarına da yer vermiştir.

Zahedi (1986) yaptığı çalışmada AHP'yi özetlemiş, bu alanda farklı karar problemlerine uygulanmasını ele almıştır. Ayrıca AHP'ye yapılan genişlemelere ve eleştirilere de yer vermiştir.

Harker ve Vargas (1987) AHP'ye yönelik eleştiriler üzerine yöntemin teorik altyapısı ve temelleriyle ilgili çalışmışlar, eleştirilerin geçersiz olduğu ve AHP'nin sağlam teorik temeller üzerine kurulu olduğu sonucuna varmışlardır.

Saaty, (1991) bu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Sürecinin bazı matematiksel kavramlarından bahsetmiştir. AHP' nin oluşumlarını vermiş ve matrisle ifade edilen temel ölçek kararlarının önceliklerini elde etmek için gerekli olan başlıca özvektörü ele almıştır.

Saaty, (1994) bir oran ölçeği metriği ve oran ölçeklerin birbiriyle olan uyumunu incelemiştir. Burada Arrow'un teoreminden faydalanmıştır. Bu teoremden ise, gerçekleşmesi çok zor olan durumların olasılığı incelenmiştir. Saaty'nin çalışmasında, oran ölçekleri için bir metrik geliştirilmiş ve bu ölçekte, özellikler ya da nesnelerden oluşan iki grubun birbiriyle olan uygunluğu bulunmuştur. Gerçekleşmesi mümkün olmayan durumlarda grubun birbiriyle olan uyumsuzluğu ve tutarsızlığına belirli derecede izin verilmiştir.

Perez (1995) "Saaty'nin AHP'sine bazı yorumlar" adlı makalesinde, AHP'nin bazı eksiklerini vurgulamış, amacının yöntemi geçersiz kılmak değil kullanımının daha elverişli olduğu olayları teşhis etmek olduğunu belirtmiştir.

Rosenbloom, (1996) final sıralamasının muhtemel sonucunu incelemiştir. Bu çalışmada AHP yöntemi ile karışık karar problemlerine basit ve anlaşılır çözüm yöntemi önerilmiştir. İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen verilerin rastgele değişkenler olarak incelenmesi tavsiye edilmiştir. Bu karşılaştırmaların amacı ise; seçenekler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmayacağı konusundaki kararlılık durumunu ortaya koymasıdır.

Saaty (1999) "AHP'nin yedi direği" isimli eserinde AHP'nin yedi temel özelliğini geniş şekilde açıklamıştır.

Saaty (2003) yaptığı çalışmada AHP’de öz vektörün neden önemli olduğunu incelemiştir. Bu konuyu bir örnek üzerinde ele almıştır. Örnek, ailenin ev satın alırken göz önünde bulundurduğu kriterler üzerinedir.

Saaty (2007) zaman bağımlı karar verme üzerine yaptığı çalışmada, noktadan fonksiyonlara ve gerçek değişkenlerden kompleks değişkenlere genellemelerle AHP ve Analitik Şebeke Sürecindeki dinamik önceliklerden bahsetmiştir.

2.7.2. AHP’ye İlişkin Ampirik Çalışmalar

Çalışmanın bu bölümünde daha önce AHP ile yurtdışı ve yurtiçinde yapılan çalışmaların bazılarına yer verilecektir: (Vargas,1990) (Atan, Maden, Akyıldız, 2004) (Çavdar, 2006)

Saaty, (1986), ABD’deki 329 şehir arasından en çok yaşanılabilir şehri belirlemek için AHP’yi kullanmıştır. Kurulan dört düzey hiyerarşinin birinci düzeyinde “en çok yaşanabilir şehir” hedefi, ikinci düzeyinde iklim, konut, sağlık olanakları, suç oranları, ulaşım, eğitim, sanat etkinlikleri, eğlence yerleri, genel ekonomik durum olmak üzere dokuz kriter, üçüncü düzeyde her bir kriterin altında mükemmelden zayıfa kadar 6 derece ve yoğunluk kümesi, son düzeyde ise 329 şehir vardır. Kriter ve alt kriterler ile ilgili karar vermek üzere farklı meslek ve yaş gruplarından 6 kişi belirlenmiştir. En çok yaşanılabilir 3 şehir arasında Nassau, San Francisco, Los Angeles yer almıştır.

Sarıçiçek, Dağdeviren, Yüzügülü (2001) yaptıkları çalışmada, AHP’yi kullanarak kalite, tedarik politikası, talebe anında cevap vermek, sevkiyat ve grup şirketleri ile ilişkisi kriterleriyle bir işletme için en uygun tedarikçi firmayı belirlemişlerdir. Alternatifler ise 6 farklı tedarikçi firmadır. Çalışmanın sonuçlarına göre en önemli kriter, kalite kriteri olarak bulunmuştur.

Yaralıoğlu (2001) yaptığı çalışmada AHP'yi kullanarak bir mağazalar zincirine ait, şehrin 6 değişik semtinde faaliyet gösteren 6 marketin performanslarını değerlendirmiştir. Bunun için belirlenen kriterler; ciro, personel sayısı, mağazanın bulunduğu semtte yaşayanların ortalama gelir düzeyleri, mağazanın bulunduğu semtteki ortalama nüfus yoğunluğu, mağazanın büyüklüğü, mağazada bulunan ürün çeşit sayısı, personel başına ortalama aylık ciro, ortalama aylık personel gideri, ortalama aylık kar ve mağazalara yapılan ortalama aylık yatırımdır.

Alvi ve Labib'in (2001) yapmış oldukları çalışmanın amacı AHP'yi kullanarak 21. yüzyıldaki en iyi üretim yöntemini seçmektir. Kriterler; çevresel problemler, üretim, teknolojik faktörler ve sosyal faktörlerdir. Alternatifler ise; PPMP (Post-Mars-Production-Paradigm), milenyum yaklaşımı, IMS (Intelligent Manufacturing System), en son üretim tekniği (Ultimate Manufacturing) ve holistik yaklaşımdır. Araştırma sonuçlarına göre en iyi üretim yöntemi PPMP olarak bulunmuştur.

Lai, Wong ve Cheung (2002) yaptıkları çalışmada AHP'yi kullanarak en iyi multi-medya yazılım sistemini (Multi-Media Authorizing System) seçmişlerdir. Bunun için 6 bilgisayar mühendisinin görüşlerine başvurmuşlardır. Bu çalışmadaki kriterler; teknik özellikler ve yönetsel özellikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Teknik özellikler kriterinin alt kriterleri; yüzeysel gelişim, grafik desteği, multi-medya desteği, veri dosyası desteğidir. Yönetsel özellikler kriterinin alt kriterleri ise; maliyet ve satıcı desteğidir. Alternatifler ise 3 farklı multi-medya yazılım sistemidir.

Alpoğlu (2003), çalışmasında AHP'nin temel unsurları üzerinde durmuş ve üniversite gençliğinin iş seçimi probleminde bu yöntemi uygulamıştır.

Kablan (2004) yaptığı çalışmada en iyi enerji tasarrufu projesini belirlemiştir. Bu çalışmadaki kriterler; temel enerji talebini karşılamak, ekonomik büyüme, çevre temizliği, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha çok yararlanmadır. Çalışmanın alternatifleri ise; fiyat politikası, yönetmelik ve

yasalar, eğitim, bilgi ve beceri, mali ve finansal göstergeler, araştırma-geliştirme. Çalışmanın sonuçlarına göre en iyi enerji tasarrufunun yasalar ve yönetmeliklerle sağlanacağı çıkmıştır.

Hasgöl ve Koparal (2004) yaptıkları çalışmada bilgi teknolojilerinin değişim kararlarında AHP'yi kullanmışlardır. Bu problemdeki alternatifler; mevcut sistemin iyileştirilmesi, yazılım siparişi ve hazır yazılım teminidir. Kriterler ise stratejik önem, esneklik ve uyum, yatırımın geriye dönüşü, teknolojik gelişim ve risk düzeyidir. En iyi alternatif yeni yazılım siparişidir.

Wei, Chien, Wang (2005) yaptıkları çalışmada AHP'yi kullanarak en iyi ERP (Enterprise Resource Planning- Kurumsal Kaynak Planlaması) sistemini seçmişlerdir. Kriterler ikiye ayrılmaktadır; sistem faktörleri ve satıcı (vendor) faktörleri. Sistem faktörü kriterinin alt kriterleri; toplam maliyet, uygulama zamanı, fonksiyonellik, kullanım kolaylığı, esneklik ve güvenilirliktir. Satıcı faktörleri kriterinin alt kriterleri ise; ün, teknik kapasite ve servistir. Çalışmada Sistem A, Sistem B ve Sistem C olmak üzere 3 tane alternatif bulunmaktadır. Çalışmanın sonucunda sistem faktörleri kriteri içinde en önemli alt kriter fonksiyonellik alt kriteri, satıcı faktörleri kriteri içinde de en önemli alt kriter teknik kapasite olarak bulunmuştur. En iyi alternatif ise Sistem A alternatifidir.

Xia ve Wu (2005) yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi problemini incelemişlerdir. Bu çalışmadaki kriterler; fiyat, kalite ve hizmettir. Kalite kriterinin alt kriterleri; teknik özellikler, hata ve güvenilirliktir. Hizmet kriterinin alt kriterleri ise; tam zamanında teslimat, tedarik kapasitesi, zaman ve garanti süresidir. Alternatifler ise; 4 farklı tedarikçi firmadır. Araştırma sonuçlarında en önemli kriter fiyat kriteri olarak bulunmuştur.

Eraslan ve Algün'ın (2005) yaptıkları çalışmanın amacı, ideal performans değerlendirme formunun seçilmesidir. Bu çalışmadaki kriterler; uygulanabilirlik, güvenilirlik, değerlendirme sonuçlarının etkin kullanımı ve ekonomiktir. Alternatifler ise; ikili karşılaştırma, derecelendirme, kontrol listesi ve puanlama yöntemleridir. En iyi alternatif, derecelendirme çıkmıştır.

Dey (2006) yaptığı çalışmada AHP kullanılarak Hindistan'da gerçekleştirilecek bir boru hattı projesi için en uygun proje seçimini incelemiştir.

Yooa ve Choib (2006) yılında yaptıkları çalışmada havaalanlarındaki güvenliğin artırılması en önemli olan faktörleri AHP'yi kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu faktörler insan kaynakları, beceri ve donanım, sorumluluktur. Araştırmanın sonuçlarına göre en önemli faktör insan kaynakları faktörü çıkmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AHP’NİN İÇ GÜVENLİKTE KULLANILACAK İHA SEÇİMİNDE KULLANILMASI

3.1. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İnsansız Hava Araçlarını; üzerlerinde insan taşımadan, aerodinamik ve tahrik kuvvetlerinden faydalanarak uçabilen, önceden programlanarak veya yerden komuta ile harici bir pilot tarafından uçuşurulan ya da otonom (bağımsız) uçuş kabiliyetine sahip, yani kendi kendine uçabilen faydalı yük veya silah taşıyabilen araçlar olarak tanımlayabiliriz.

ABD Savunma Bakanlığının askeri terimler sözlüğündeki tanımına göre; “İHA, kullanıcı olarak insan taşımayan, ölümcül veya ölümcül olmayan faydalı yükleri uzaktan kumanda veya otomatik/otonom uçuşla taşıyabilen, uçuş sonrası tahrip olan veya yeniden kullanılabilen, motor gücüne sahip hava aracıdır. Balistik ve yarı-balistik araçlar, uzun menzilli füzeler, topla fırlatılan torpidolar, mayınlar, uydular, gözetimsiz sensörler (herhangi bir itme gücüne sahip olmayanlar) insansız araç olarak kabul edilmezler.”

Son yıllarda İHA’ların askeri ve sivil havacılıkta kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. İnsanlı hava araçlarına oranla verimliliklerinin yüksek olması, işletim maliyetlerinin düşük olması, çok yönlü kullanıma olanak vermeleri, en önemlisi insan hayatını riske etmemeleri gibi üstünlüklerinden dolayı tercih edilmektedirler. İHA’ların insanlı araçlara göre riski azaltıp, görev başarısı ve emniyetini artırmaları, görev başarısız olduğunda insan hayatı kaybını önlemeleri, bunlarla birlikte ağır görevlerde insanlılara nispeten İHA’ların daha iyi ve atikliklerini koruyabilir olmaları İHA’ların yaygın kullanılmalarına sebep olmuştur.

Ufak bir kuş büyüklüğünden yolcu uçağı büyüklüğüne kadar farklı boyutlarda üretilen İHA'lar, keşif gözetme, istihbarat amaçlı bilgi elde etme, hedef tespit ve takibi, elektronik atak gibi görevleri yerine getirebilmektedirler. Oldukça geniş bir görev misyonuna sahip olan İHA'ların tarihi gelişimlerine ve kullanım alanlarına ilerleyen bölümlerde yer verilecektir.

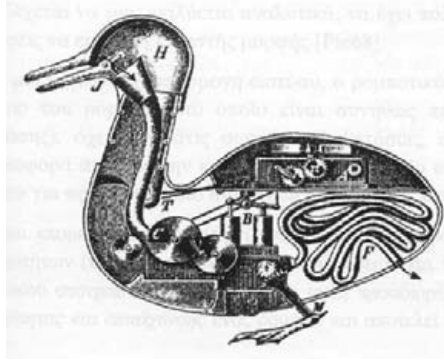
3.2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARİHİ GELİŞİMİ

Modern zamanlarda İHA'lar, 1.Dünya savaşı sıralarında ortaya çıkmış olsa da aslında “uçan makine kavramı” ilk kez 2500 yıl önce düşünülmüştü.

Tarentli Archytas (M.Ö. 4. y.y.) "Uçan Güvercin" denilen aletin mucididir. Mekanik ilmin ilk kurucularından olan Archytas yaptığı Uçan Güvercin'in iç kısma yerleştirilmiş su ve su buharı hareketleri neticesinde kanat çırpın mekanizmanın, 200 metre uçtuğu nakledilir. Uçan güvercin tüm zamanların bilinen ilk İHA'sı olarak nitelendirilebilir. (Valavanis, 2007:15–17)

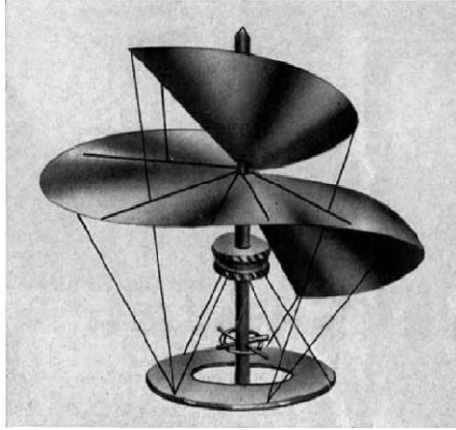
Aynı tarihlerde dikey uçan hava aracı fikrine ilk kez eski Çin kaynaklarında rastlanmaktadır. Yine Çin'de iki elle bükülüp bırakıldığında serbest uçuşa geçen sopalar kullanılmaktaydı.

Bundan 17. yüzyıl sonrasında ismi bilinmeyen bir mühendis tarafından tasarlanan Şekil 13'te görülmekte olan “Uçan Kuş” Archytas'ın fikrine dayanmaktadır.



Şekil 13 “Uçan Kuş” (Valavanis, 2007:17)

Leonardo Da Vinci, havada asılı kalabilen, bugünkü helikopterlerin atası kabul edilen Şekil 14’te görülmekte olan hava jiroskopunu (air gyroscope) dizayn etmiştir. Yine Da Vinci’nin çift krank sistemiyle kanat çırpma özelliğine sahip başka bir dizaynı da mevcuttur.



Şekil 14 Leonardo Da Vinci’nin Hava Jiroskopu

İHA konusunda asıl önemli gelişmeler 1.Dünya savaşı sonrası meydana gelmiştir. İHA kabul edilen “Kettering Bug” (Şekil 15), 1918 yılında İngiliz Charles Kettering tarafından imal edilmiş hava torpidosudur. 40 beygir gücünde bir motora sahip olan torpido faydalı yük olarak 135 kg bomba taşıyabiliyordu. İngiltere 1934 yılında Deniz Kuvvetlerinde kullanılmak üzere bir modeli de geliştirmiştir. (Gülen, 2006:11–12)



Şekil 15 “Kettering Bug” Hava Torpidosu

İkinci Dünya Savaşı'nın sonlarına doğru Almanlar uçaklardan bırakılan radyo kontrollü bombalarla büyük başarılar elde etmişlerdir. Yine İkinci Dünya Savaşında Amerika Birleşik Devletleri, B-17 ve B-24 bombardıman uçaklarını uzaktan kumandalı birer uçak haline getirmeyi başarmıştır.

ABD 1951 yılında Ateş Arısı (Fire Bee) olarak bilinen, ilk jet motorlu pilotsuz hedef uçağını üretmiştir. Ayrıca Kore Savaşı'nda ABD, Cehennem Kedisi (Hell Cat) olarak anılan uzaktan kontrollü uçaklar imal etmiş ve bu hava araçlarına patlayıcı madde yükleyerek, düşmanın kritik askeri tesislerine karşı bir silah olarak kullanmıştır.

Günümüzdeki İHA'ların harp sahasında diğer muharebe unsurları ile birlikte etkin olarak kullanımına ilk örnek, 1982 yılında İsrail'in Beka vadisindeki Suriye hava savunma sistemlerine yaptığı saldırıdır. Burada İHA sistemleri keşif-gözetleme, hedef tespit, elektronik aldatma-karıştırma ve saldırı sonrası hasar tespit amaçları ile etkin olarak kullanılmıştır. (Gülen, 2006:12)

Yakın zamanda ABD Körfez Savaşında, Pioneer ve Pointer adlı iki değişik İHA sistemini denemiştir. ABD Kara, Deniz ve Deniz Piyade birlikleri bu harekatta, Pioneer'ın sağladığı gerçek zamanlı istihbarat bilgilerinden oldukça istifade etmiştir. ABD'nin resmi hükümet raporlarında Pioneer İHA sistemlerinden istihbaratın kahramanları şeklinde söz edilmiştir. Ayrıca

Bosna-Hersek Krizi ve Kosova Harekatı'nda başta ABD olmak üzere, Almanya, Fransa ve İngiltere tarafından İHA'lar etkin bir şekilde kullanılmıştır.

Geçtiğimiz on yılda İHA'lar enerji ve bilgi işlemedeki gelişmelere paralel olarak çok gelişmişlerdir. Otonom konumlandırma ve takip alanlarında çok önemli başarılar elde edilmiştir. Bu gelişmeler modern uydu temelli konumlandırma teknolojilerine, dahili seyrüsefer sistemlerine, iletişim ve kontrol teknolojilerine ve görüntü işlemeye dayanır. (Ollero&Maza, 2007:1). Aşağıdaki şekilde birçok İHA örneği görülmektedir.



Eagle Eye, Bell



Predator



Pioneer



Global Hawk



Desert Hawk, Lockheed



Combat Medic, TBD

Şekil 16 Çeşitli İnsansız Hava Araçları

3.3. İHA'LARIN KULLANIM ALANLARI

İnsansız Hava Araçları hali hazırda askeri alanda daha yaygın kullanılmaktadır. Ancak bugün sivil alandaki kullanımları da giderek yaygınlaşmaktadır. Bu bölümde İHA'ların askeri ve sivil görevlerine yer verilecektir.

3.3.1. Askeri Görevler

İnsansız Hava Araçları şu askeri görevleri icra edebilmektedir: (Gülen, 2006:15–16)

- Keşif, gözetleme maksatlı ve gerçek zamanlı görüntü istihbaratı elde etmek, hasar tespiti yapmak, düşman derinliklerinde yapılan operasyonların neticelerini araştırmak,
- Ateş desteği imkanlarını artırmak, silahların etkilerini belirlemek, uzun menzilli, satıhtan satıha atılan güdümlü mermilerin etkinlikle kullanılması için gerçek zamanlı hedef bilgilerini aktarmak,
- Harekât alanında tanımlanmış taktik resmin tesis ve idamesinde, müşterek keşif, gözetleme sistemlerinde karada konuşlu veya yüksek irtifada görevli keşif ve gözetleme vasıtalarının kaplayamadığı alanları ve hedeflerin ayrıntılarını pozitif olarak tespit ve teşhis etmek,
- Elektronik Harp desteği sağlamak,
- Meteorolojik araştırma ve NBC kontrolü yapmak,
- Sabit ve hareketli hedefleri vurmak,
- Düşman hava savunmasını etkisiz hale getirmek,
- Füze savunması,
- Sahte hedef oluşturmak,

- Hava-hava savunması yapmak,
- Komuta kontrol ve muhabere imkanlarını artırmak,
- Havadan ve denizden trafik kontrolü yapmak,
- Dost ve düşman bölgesinde arama-kurtarma faaliyetleri
- Mayın tespiti yapmak,
- Sinyal istihbaratı bilgilerini temin etmek,
- Hedef işaretlemesi yapmak,

3.3.2. Sivil Görevler

İnsansız Hava Araçlarının gerçekleştirdiği sivil görevleri şu şekilde sıralayabiliriz. (Ollero&Maza, 2007:3–12)

- Hava Fotoğrafçılığı Ve Sinemacılığı: Otopilot uygulamalarının da gerçekleştirilmesiyle bu alanda İHA'ların kullanımı yaygınlaşmıştır.
- Hava Haritacılığı: İHA'lar yeryüzü şekilleri haritalarının üç boyutlu haritaların oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Meteoroloji: Yüksek irtifalarda uçabilen uzun takatli İHA'ların geliştirilmesiyle İHA'lar meteorolojik ve atmosferik ölçümlerde kullanılmaktadır.
- Çevresel Denetim: Kirlilik, Volkanik patlama, denize yağ boşaltımı dahil çevresel değişkenlerin görüntü ve diğer sensörler vasıtasıyla İHA'larca denetimini içerir.
- Ziraat ve Ormancılık: Tarım ve ormanlık arazilerin envanterini çıkarmadan, ilaçlamaya kadar farklı alanlarda İHA'lar kullanılmaktadır.
- Denetim: Termal, diğer kamera ve sensörler yardımıyla binaların ve kamu alanlarının denetimi yapılabilir.

- Felaket ve Kriz Yönetimi: Doğal felaketlerde kurtulanları belirlemede, hasar görmüş ve acil müdahale gerektiren yerlerin tespiti gibi konularda İHA'lar kullanılır.
- Yangın Söndürme: Yangın çıkar çıkmaz ikaz sistemi olarak, alevlerin insanların yaşadığı alanlara sıçraması muhtemel yerlerin ve müdahalede öncelikli yerlerin tespitinde kullanılabilir.
- Haberleşme: İHA'lar bazı iletişim sistemlerinde tekrarlayıcı olarak kullanılarak kapsama alanı genişletmede kullanılmaktadır.
- Kanun yaptırımı ve iç güvenlikte kullanımı: Tezin konusu da olan bu konuya geniş şekilde bir sonraki bölümde yer verilecektir.

3.3.2.1. İHA'ların İç Güvenlikte Kullanımı

Terörizm, kitle imha silahları gibi tehditlerin genişlemesi, suçu artırmakta ve bütçe kısıtları güvenlik birimlerini, görevlerini daha etkin yapma adına yeni teknolojik imkanlar aramaya yöneltmiştir. Uzaktan kumanda edilebilen ya da otonom olarak çalışan hava araçları iç güvenlik operasyonlarına destek sağlayacak büyük bir potansiyele sahiptir. Bu sistemler üzerlerine entegre sensörlerle delil toplamaya yardımcı olur, uzun süreli keşif gözetim yaparlar ya da tehlikeli görevlerde tim göndermeden önce değerlendirme imkanı sunarlar. İHA'lar iniş kalkış ve görev zamanı kısıtlamasına karşın üç boyutlu bir mobilite sunmaktadır.

Tehlike potansiyeli taşıyan bir olayla karşılaştıklarında polisler, eylem planı hazırlamadan önce olayla ilgili ne kadar fazla bilgi elde edebilirlerse o kadar doğru eylem planı hazırlarlar. Bu tip bilgilerle emniyet mensupları operasyonları hem etkin hem de güvenli şekilde planlayabilirler. Genelde de bu tip bilgiler olay mahallinden bir personel tarafından toplanır. Sahada

alışan personeli, bilinmeyen veya riskli olaylara göndermek, onların yersiz zarar görmelerine sebep olabilir.

Bir hava taşıtı veya helikopter mevcutsa ve olayda kullanılabilir ise ilave yardım için hava keşfi talep edilebilir. Hava aracı sayısının sınırlı olması, o iş için ayrılmış pilotlar gerektirmesi ve maliyetli olması gibi nedenlerle kolluk kuvvetleri keşif ve gözetleme için insansız sistemlerin arayışındadırlar. Bu amaçlarla ufak, düşük maliyetli, insansız, dikey inip kalkabilen hava araçları bu işler için uygun olabilmektedir. Böyle bir sistem üzerindeki video ya da termal kamerayı kullanarak operasyon birimlerine, polis devriye birimlerine oldukça faydalı olacaktır. Bu araçlar ayrıca komuta kontrol merkezine olay yerinin genel üstten görünüşünü sağlar, silahsız etmenlerin teslimini gerçekleştirir, uyuşturucu üretilen alanların incelenmesinde kullanılmak amaçlı kimyasal sensörler taşır, ya da inişi tehlikeli ulaşılması zor yerlerde uzun süreli gözetim imkanları da sunar.

Gelecek yıllarda güvenliğin sağlanması otonom sistemler artan bir şekilde kullanılacaktır. Yurtiçi güvenliğinin sağlanması İHA'ların sivil maksatlı kullanımının başında gelir. Orta dönemli uygulamalar olarak; kritik öneme haiz yerlerin altyapı tesislerinin gözetimi (telekomünikasyon, elektrik iletim hatları, su, petrol ve doğal gaz boru hatları vs.), genişletilmiş sınır ve kıyı devriye operasyonlarında, yasadışı g denetimi, keşif gözetleme, kaçakçılık, takip tarassut, trafik denetimi gibi konular sayılabilir. İHA'lar olayın taktik değerlendirmesi için önemli görüntüleri sağlayarak suçluların aranmasında polise yardımcı olurlar. Bu uygulama suç denetiminin (toplumsal olayda kitlelerin kontrolü, araç ve tekne gözetimi, kovalama operasyonları vs.) yanı sıra sınır ve kıyı devriyesini de içerir. (Ollero&Maza, 2007:7–8)

Son yıllarda İHA'lar i güvenlikte başarılı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunlara rnekler verecek olursak:

Sınır güvenliğinde önemli avantajlara sahip olan İHA'ların bir uygulamasını Avrupa'nın doğu sınırlarında görmek mümkündür. Yine

İspanya Güney Sahil kesimi boyunca arama kurtarma maksatlı yeni gözetim teknolojilerinin kritik bir uygulaması mevcuttur.

General Atomics Predator B İHA'sı, ABD Göçmenlik ve Gümrük Güçlerince Arizona'da ABD-Meksika sınırında suçla mücadele amacıyla kullanılmıştır. Predator B sayesinde, 15 günlük deneme sürecinde 22 yasadışı yabancı, uzak çöl sınırında yakalanmıştır. (Trimble, 2004:4)

Yine ParcAberport 2007 İHA fuarında İngiltere İçişleri Bakanlığı Havacılık Müşaviri Ollie Dismore, İHA'ların gelecekteki polis hava operasyonlarının temel bir elemanı olacağını söylemiş olup, Merseyside ve Batı Midlands polisinin Microdrone şirketinin MD4-200 quadrator İHA'sını kullandıklarını belirtmiştir. (LaFranchi, 2007)

ABD'nin başka bir eyaleti Florida'da Miami-Dade County de polis departmanı Honeywell'in "Micro Air Vehicle" (MAV) insansız aracını, kabiliyetlerini görmek ve şehirde güvenlik güçlerine yardımcı olmaları amacıyla 2008 yılının ilk aylarında 4 – 6 aylık değerlendirme sürecine almıştır. (Warwick, 2008)

Yine ABD Houston Polisi, Kasım 2007'den beri Insitu firmasının Insight İHA'sını, güvenlik maksatlı trafik denetiminden, açıkta yasadışı karides avlayanları belirlemeye kadar geniş görev portföyünde kullanmaktadır. (Croft, 2008)

A Milli Futbol takımımızın yarı final oynadığı Euro2008 futbol şampiyonasında seyircilerin dağılımını kontrol maksatlı, Zürih Polisi Ruag Ranger İnsansız Hava Aracını kullanacaklarını açıklamışlardı. (Coppinger, 2008)

Bunların dışında dünya da birçok ülke İnsansız Hava Araçları konusunda çalışmalarına devam etmekte olup kendi polis teşkilatlarının ihtiyaçlarına göre bu İHA'ları geliştirmektedirler.

3.4. UYGULAMA : AHP'NİN İÇ GÜVENLİKTE KULLANILACAK İHA SEÇİMİNDE KULLANILMASI

3.4.1. Genel Bilgiler

Uygulamada, geçmişten günümüze İnsansız Hava Araçlarındaki gelişmelere paralel olarak, iç güvenlikte kullanılacak İHA seçiminde etkili olabilecek kriterler uzman kişiler eşliğinde belirlenmiş ve bu kriterlerin ışığı altında alternatif İHA'lar arasından en iyisi tespit edilmeye çalışılmıştır. İHA seçiminde çok sayıda kriterin etkili olması, etkili olan kriterlerin bir kısmının nicel ve bir kısmının nitel olması sebebiyle çalışmada nitel ve nicel faktörleri bir arada dikkate alabilen AHP metodu kullanılmıştır.

AHP tekniğinin uygulandığı bu çalışmada başarılı bir çözüm ortaya koyabilmek için tüm veri ve bilgiler doğru ve sağlıklı olmalıydı. Bu sebeple çalışmada veri toplama tekniklerinden literatür araştırması, mülakat ve grup görüşmesi tekniklerinden faydalanılmıştır.

Öncelikle, ön incelemede İHA'larla ilgili kitaplar, makaleler, tezlerden oluşan bir kaynak taraması yapılmıştır. Dünyada İHA'ların iç güvenlikte kullanımları da araştırılmıştır. İHA'ların iç güvenlikte kullanım alanına detaylı şekilde önceki bölümde yer verilmiştir.

İHA'ların iç güvenlikte etkin kullanılabilmesi kullanım alanların doğru belirlenmesiyle sağlanabilir. Bu amaçla Emniyet Genel Müdürlüğü'nün farklı birimlerinde çalışan kişilerden İHA'ların nerelerde kullanılabileceği ve gereksinimleri hakkında mülakat yöntemiyle görüşleri alınmıştır. Bu görüşler daha sonra grup görüşmesi yönteminde İHA kriterleri belirlenirken dikkate alınmıştır.

Birçok kişiden görüş toplamak yerine bir uzmanlar grubundan görüş almak, gerçeğin daha doğru anlaşılmasını sağlamaktadır. Buradan hareketle çalışmada kriterler, alt kriterler ve sistem ihtiyaçları belirlenmesinde, ikili

karşılaştırmaların yapılmasında Emniyetin farklı birimlerinde çalışan altı kişilik bir uzman grup bir araya getirilmiştir. Bu uzman grupta, Emniyet Genel Müdürlüğü Havacılık Dairesi Başkanlığı pilotlarına ve teknisyenine, İHA konusunda deneyimli Havacılık ve Uzay Bilimleri yüksek mühendisine ve İHA pilotlarına yer verilmiştir. “Beyin fırtınası” tekniğiyle grubun görüş ve düşünceleri derlenmiştir. Mühendisler, pilotlar ve İHA pilotlarından oluşan uzman ekiple kriterler belirlenmiş ve hiyerarşi oluşturulmuş, Expert Choice 11.5 programı ile AHP’nin karar süreci uygulanmıştır.

Bu çalışma kesinlikle Emniyet Genel Müdürlüğü’nün veya diğer alt birimlerinin resmi görüşlerini ve politikalarını yansıtmamaktadır. Çalışma sadece bu uzman kişilerin şahsi görüşlerine dayanmaktadır.

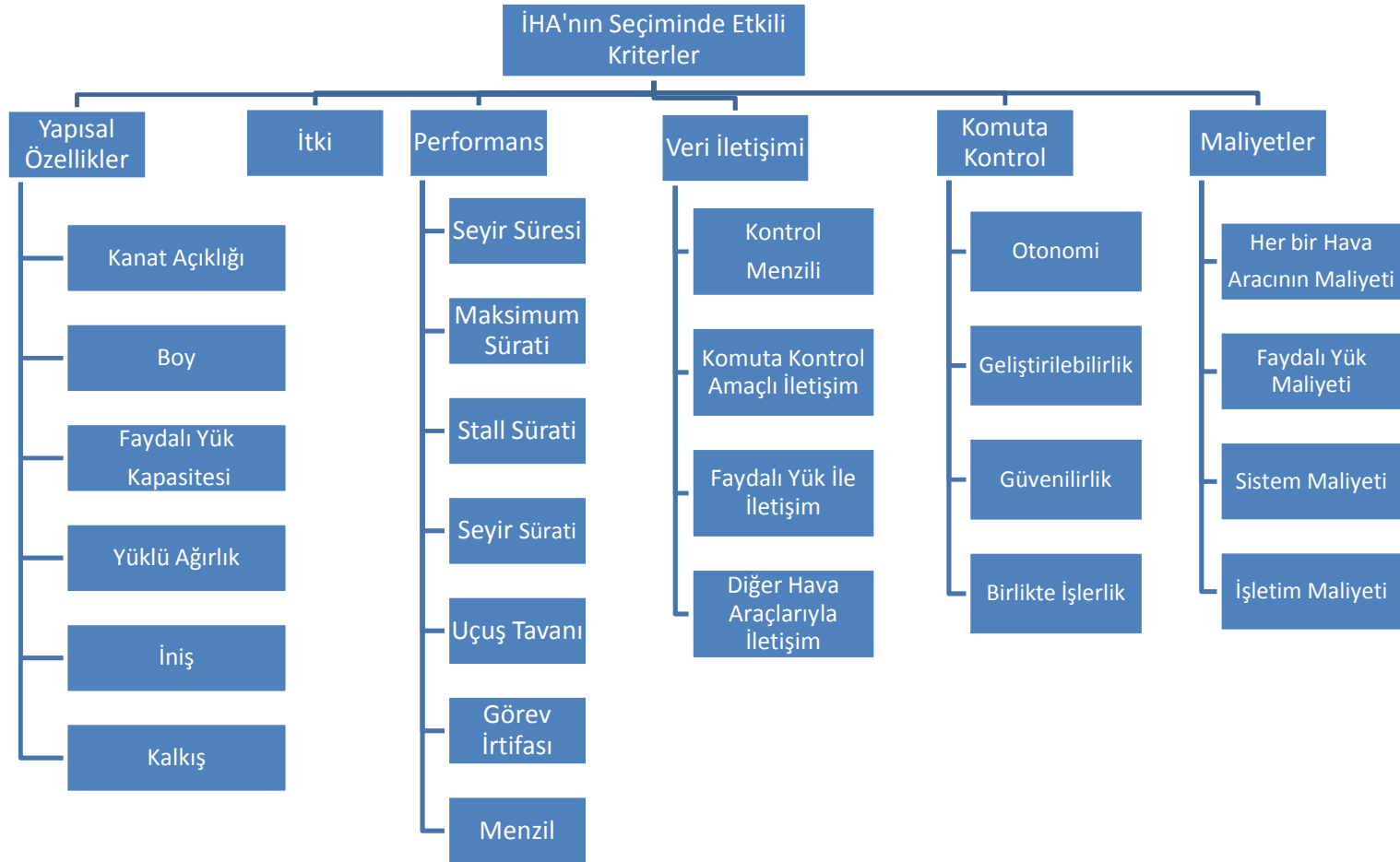
Takip eden bölümlerde uygulamanın adımlarına yer verilecektir.

3.4.2. Hiyerarşinin Geliştirilmesi

AHP karar sürecinin ilk adımı olan hiyerarşinin geliştirilmesi; kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi, alternatiflerin belirlenmesi ve son olarak da hiyerarşinin oluşturulmasını kapsamaktadır.

3.4.2.1. Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi

İç Güvenlikte Kullanılacak İnsansız Hava Aracının seçiminde kullanmak üzere uzman grupla belirlenmiş ana kriterler ve alt kriterler aşağıda Şekil 17’de görülmektedir. Buna göre ana kriterler; yapısal özellikler, itki, performans, veri iletişimi, komuta kontrol ve maliyetler olarak sıralanmıştır. İHA seçiminde kullanmak üzere seçilmiş bu kriterler ve her bir kriterin alt kriterleri sırayla tanımlanacaktır.



Şekil 17 İHA Seçiminde Kriter ve Alt Kriterler

Yapısal Özellikler

Hava aracının gövde, kanat, kuyruk, iniş takımları gibi parçaları yapısal parçalar arasında sayılabilir. Bu çalışmada yapısal özellikler içerisine hava aracının boyutlarından kanat açıklığı ve boyu, ağırlık kapasitelerinden faydalı yük kapasitesi ve yüklü ağırlığı, iniş ve kalkış tipleri dahil edilmiştir.

Yapısal özellikler arasında boy ve kanat açıklığı arttıkça fark edilme riski artmaktadır. Boyutlar ağırlıklarla birlikte hareket kabiliyetini etkilemektedir. Bunların dışında da birçok etkileri olmasına rağmen amacın mümkün olduğunca küçük bir ürüne sahip olunması olduğu görülmektedir. İstenen diğer bir özellik de faydalı yük kapasitesinin yüksek olmasıdır. İHA'ların kabiliyetleri, üzerlerindeki donanımlar ve faydalı yük kapasitesi arttıkça yüklü ağırlık artacaktır. Bu durumda yeterli kaldırma kuvvetini üretmek için İHA'nın kanat açıklığının da artması gerekecektir. Yapısal özelliklerin alt kriterleri sırayla açıklanacaktır.

Kanat Açıklığı: Hava aracında bir kanadın ucundan diğer kanadın ucuna kadar olan mesafedir. Hava aracı eğer helikopter gibi döner kanatsa, rotor çapı kanat açıklığı için geçerli bir ölçüttür. Kanat açıklığının çok büyük olması gizli operasyonlarda, keşif gözetleme maksatlı görevlerde özellikle düşük irtifalarda fark edilebilirlik riskini artırmaktadır. Ancak hava aracının ağırlık ve taşıyacağı faydalı yük arttıkça kanat açıklığı artmaktadır.

Boy: Hava aracının burun kısmından arka kuyruk kısmının bitişiğine kadar olan mesafedir. Yine kanat açıklığında olduğu gibi boyun uzun olması da fark edilebilirlik riskini artırmaktadır.

Faydalı Yük Kapasitesi: Hava aracının güvenilir bir şekilde kalkışını, uçuşunu ve inişini sağlayan aviyonik, datalinkin havadaki kısmı, yakıt ve ekipman dışında kalan ve doğrudan göreve yönelik olarak seçilen birimler faydalı yük

olarak adlandırılmaktadır. Hava aracının boyutuna göre faydalı yük taşıma kapasitesi değişmektedir. Kullanılan faydalı yüklerin küçük, hafif ve düşük güç harcama zorunluluğu, İHA sistemlerine özel ve teknolojinin sınırlarında tasarımları gerektirmektedir. Bu nedenle faydalı yükler, birçok durumda İHA sistemlerinin en pahalı alt sistemi olma özelliğini göstermektedir. Keşif, gözetleme, hedef tespit, teşhis, tanıma ve izleme görevleri için genellikle top şeklinde bir muhafaza içine takılan video kameralar kullanılmaktadır. Hedefin işaretlenmesi ve hedefe olan uzaklığın yüksek doğrulukta bulunması istendiğinde, lazer işaretleyici ve mesafe ölçer sisteme eklenmektedir. Video kameraların görev yapamadığı kötü hava koşullarında keşif ve gözetleme görevi, radarlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. (Gülen, 2006:24–25) Faydalı yük kapasitesi doğrudan İHA'nın taşıyabileceği faydalı yükü etkilediğinden faydalı yük kapasitesi ne kadar fazlaysa hava aracına eklenebilecek kabiliyet ve donanımlar o kadar çeşitli olabilmektedir. Bu çalışmada faydalı yük kapasitesi yüksek olan İHA'nın faydalı yük kabiliyetinin yüksek olduğu kabul edilecektir.

Yüklü Ağırlık : Hava aracının kalkış yapabileceği maksimum ağırlıktır. Hava araçlarının maksimum kalkış ağırlığı önemli bir kriterdir. İHA'ların ağırlığını oluşturan hususlar faydalı yük, yakıt miktarı ve boş ağırlıklarıdır. Yüklü ağırlığın düşük, faydalı yük kapasitesinin yüksek olması istenen durumdur.

İniş : Hava aracının iniş tipini belirtir. İniş tipleri arasında konvansiyonel yani piste iniş, paraşüt ile iniş, durdurma halatıyla iniş, gövde üzerine iniş, dikey iniş çeşitleri sayılabilir. Yine küçük boyutlu İHA'lar genelde gövde üzerine ya da paraşüt ile iniş yapabilmekteyken büyük boyutlu İHA'lar inişi genelde pistte yapmaktadırlar. Dikey iniş, herhangi bir pist gereksinimi olmadan, her yere inişe elverdiğinden önemli bir avantajdır.

Kalkış : Hava aracının kalkış tipini belirler. Kalkış tipleri arasında konvansiyonel yani pistten kalkış, katapult ile fırlatma, roket yardımıyla kalkış, pnömomatik yani sıkıştırılmış gaz yardımıyla kalkış, elle fırlatma, dikey kalkış gibi kalkış tipleri sayılabilir. Mini İHA'lar genelde elle fırlatılırken, daha büyük taktik seviye ve yukarısındaki İHA'lar pistten kalkış, katapultla fırlatma, roket yardımıyla kalkış gibi kalkış tipleri kullanmaktadırlar. İnişte olduğu gibi kalkışta da dikey kalkış her yerden kalkma adına önemli bir avantajdır.

İtki

Diğer bir ana kriter olan itki, güç sistemleri de diyebileceğimiz hava aracının motor, yakıt sistemleri, aktarma organları ve pervaneleri içerir. İnsansız Hava Araçlarında iki zamanlı, dört zamanlı ve dönel (Wankel) içten yanmalı motorlar, elektrik motorları, roket motorları veya türbinli motorlar kullanılmaktadır (Gülen, 2006:21). Havada kalış süresi güç sistemleriyle doğrudan bağlantılıdır. Elektrik motorları diğer motorlara göre oldukça sessiz motorlardır. Bu da elektrik motorlarının önemli bir avantajıdır. Ancak elektrik motorları genelde küçük boyutlu, hafif İHA'larda kullanılabilmektedir. Daha büyük ve yüklü ağırlıkları yüksek İHA'larda piston motorlu ya da türbinli motorlar kullanılmaktadır.

Performans

Bu ana kriter İHA'nın bazı performans değerlerini kapsamaktadır. Alt kriterler:

Seyir Süresi : Yakıt kapasitesi, yakıt sarfiyatı, elektrik motorlu ise batarya kapasitesi ve güç tüketimine bağımlı olarak hava aracının havada kalış süresi olarak tanımlanır. Havada kalış süresinin fazla olması tercih edilir. Uzun süreli takiplerde, uzun operasyonlarda, ya da uzun mesafeli keşif gözetlemelerde seyir süresinin uzun olması önemli bir gereksinimdir.

Maksimum Sürati : Hava aracının yapabileceği maksimum sürattir. Hava aracının operasyon bölgesine en kısa sürede ulaşması için hava aracının seyir süratinin yüksek olması gerekmektedir.

Stall Sürati : Havada tutunma sürati de denilen stall sürati hava aracının düşmeden havada tutunabileceği minimum sürattir. Diğer hava araçlarında olduğu gibi İHA için de bu değer ne kadar düşükse, yani İHA ne kadar düşük süratle havada kalabiliyorsa o kadar iyidir. Döner kanat İHA'lar için stall hızı sıfırdır. Çünkü bunlar havada sıfır hızla sabit bir noktada havırda kalabilmektedirler.

Seyir Sürati : Hava aracının en uzun seyir süresini veren yakıt tüketiminin en az olduğu süratidir. Seyir süresinin yüksek olması hava aracının menzilini artırırken, sabit noktada keşif gözetleme yapılması gibi durumlarda da seyir süratinin düşük olması istenebilmektedir.

Uçuş Tavanı : Uçağın ya da hava aracının tırmanabileceği maksimum yükseklik olarak tanımlanmaktadır. Uçuş Tavanı değerinin yüksek olması tercih edilir. Yüksek irtifalarda uçuş kabiliyeti yalnız başına çok bir şey ifade etmemektedir. Faydalı yük kapasitesi ve veri aktarım menziliyle yakından ilişkilidir. Görüntü alma maksatlı uçan bir İHA üzerindeki kamera 500 metreden sonra net görüntü elde edemiyor ya da veri aktaramıyorsa İHA'nın bu görev maksadıyla 5000 metreden uçabilmesi bize çok bir şey kazandırmaz.

Görev İrtifası : Hava aracının görev yapabileceği irtifaları belirtir. Görev irtifası sadece hava aracının kabiliyetiyle değil üzerindeki faydalı yüklerinde kabiliyetleriyle de sınırlıdır. Yukarıda bahsedilen örnekte olduğu gibi uçuş tavanı 5000 metre olan bir İHA'da 500 metreden çekim kapasiteli bir kamera

sistemi varsa bu İHA'nın görev irtifası otomatik olarak 500 metreye düşer. Görev irtifasını, uçuş tavanının faydalı yük kapasiteleri ve optimum uçuş kriterleri ile sınırlandırılmış hali olarak da tanımlayabiliriz.

Menzil : Hava aracının seyir süresince alabileceği mesafedir. Seyir sürati ve seyir süresi olmak üzere iki temel değişkene bağlıdır. Seyir süresi ve seyir süratinin çarpımı bize İHA'nın menzilini verecektir. Bu iki değişken de ne kadar artarsa menzil de otomatik olarak artacaktır.

Veri İletişimi

Veri iletişimi ana kriteri, İHA'yla ya da üzerindeki faydalı yüklerle yer kontrol ünitesinin ya da diğer hava araçlarının iletişim kurabilirliğini gösteren kriterdir. Alt kriterleri :

Kontrol Menzili : Hava aracıyla iletişimin sağlanabildiği maksimum mesafedir. Bu mesafe ne kadar geniş olursa, kullanıcı açısından o kadar faydalıdır. Kontrol menzilinin geniş olması İHA havadayken yer kontrol istasyonundan çok uzak bir mesafede yeni hedef noktalarının girilebilmesi, uçuş yolu üzerindeki noktaların değiştirilmesi, hava aracı parametrelerinin üretilmesini ve görev planının hava aracına yüklenmesi gibi olanaklar sağlar.

Komuta Kontrol Amaçlı İletişim : Hava aracının kontrolü için gerekli olan veri iletişim teknolojisidir. Burada veri iletişimini sağlayan alıcı verici ünitelerinin dijital olup olmaması, kullanılan bant genişliği, veri hızı, frekans aralığı gibi parametreler komuta kontrol amaçlı iletişimi etkilemektedir. Ayrıca bu veri iletişimde kullanılacak şifreleme metodunun güvenilirliği İHA ile iletişimin sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

Faydalı Yük İle İletişim : İHA üzerindeki faydalı yükleri kontrol etmek ve bu faydalı yüklerden gelen verileri yer istasyonundan ya da başka bir merkezden alabilmek için gerekli veri iletişim alt yapısıdır. Gece ve gündüz kameraları, termal kameralar, lazer işaretleyici ve mesafe ölçer sistemi ve benzeri sistemlerin görüntü ve bilgilerini aktarmaya yarar. İHA'nın taşıyabileceği faydalı yük, faydalı yük kapasitesiyle sınırlıdır. Datalinkin yani veri aktarma ünitesinin sahip olması gereken nitelikler arasında, geniş bantta çalışabilmesi, düşük algılanma olasılığına sahip olması, iletişimin şifreli ve güvenli olması, bastırılmaya karşı dirençli olması sayılabilir. Yine bu bilgileri iletebileceği maksimum mesafe, aktarım hızı, kullanılan frekansların uygunluğu, kullanılan modülasyonun analog ya da dijital olması gibi parametreler faydalı yük ile iletişim kalitesini göstermektedir.

Diğer Hava Araçlarıyla İletişim : Birden fazla hava aracı birlikte görev yaparken birbiriyle haberleşmesi, birbiri üzerinden aktarım yapabilmesi, koordineli bir şekilde çalışabilmeleri bu kritere sahip olup olmamalarına bağlıdır.

Komuta Kontrol

Komuta kontrol ana kriteri otonomi, geliştirebilirlik, güvenilirlik ve birlikte işlerlik alt kriterlerini içermektedir. Bu alt kriterler:

Otonomi : Otonomi genel olarak insan müdahalesi olmaksızın karar verme yeteneği olarak tanımlanır. İHA'larda otonomi otopilot vasıtasıyla sağlanır. Otopilot temel olarak kullanıcıdan bağımsız olarak hava aracının uçuşmasını sağlayan, bunu kullanıcının istekleri doğrultusunda ve sensörlerden aldığı bilgiler ile yazılımlar ve donanımlar vasıtasıyla kontrol komutları üreterek yapan sistemdir. Kullanıcı İHA'nın nereye, hangi yükseklikten ve hangi hızda gideceği bilgilerini girmekte, buna karşılık İHA üzerindeki otopilot, ayrıntılı

uçuş rotasını çıkarmaktadır. Otopilot otonom uçuş için komutları kendi üretebilmeli ve manüel uçuşta kullanıcının komutlarını direk kontrol mekanizmalarına ulaştırabilmelidir. İnsansız sistemlerin ister askeri ister ticari ister akademik temelli olsun temel araştırma alanı otonomi ve kontroldür. Bilgisayar ve iletişim teknolojilerindeki ilerleme otonom insansız sistemleri geliştirilebilir kılmıştır. Artan bilgi işleme kapasitesi ile geliştirilen İHA'lar öncekilere nazaran daha karmaşık alt sistemler, yol bulma, seyrüsefer, kontrol, sensör ve iletişim otonomisine sahiptirler.

Geliştirilebilirlik : Sistemin geliştirilebilir olması, yeni yazılım donanım teknolojilerinin sisteme adapte edilebilir olmasını, yeni sensör teknolojinin sistem üzerinde kullanılabilir olmasını ve sistemin tamamen geliştirilmeye açık olmasını ifade eder. Burada sınırlayıcı bir kriter İHA'nın faydalı yük kapasitesidir. Eğer kapasite yüksekse farklı donanımlar ve sensörler İHA'ya ilave edilebilir. Ancak bu kapasite düşükse hava aracının yeniden tasarlanması gerekebilir.

Güvenilirlik : Güvenilirlik, bir öğenin fonksiyonunu belirlenmiş şartlar altında belli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleştirmesidir. Genellikle bir sistemin ya da bileşenin belirli bir süredeki örneğin görev süresinde, arıza vermeden çalışabildiği orandır. Bir sistemin ya da bileşenin arıza vermeden çalışabildiği süreyi ifade eden Arızalar Arası Ortalama Zamanla (Mean Time Between Failure -MTBF) yakından ilişkilidir. (DOD, 2005:H-1) İHA'larda hatayı telafi edecek pilotlar olmadığından, sistemlerin daha başında hiç hata yapmaması ya da en az hata payı ile çalışmaları gerekmektedir. Bu çalışmada İHA'ların güvenilirlikleri karşılaştırılırken, sistemlerin gerçekleştirmiş oldukları uçuş saatleri, otopilotun ve diğer sistem bileşenlerinin yedeklemeli (redundant) olmaları, kaza oranları gibi hususlar dikkate alınmıştır.

Birlikte İşlerlik : İnsansız hava araçlarının yaygınlaşması ve gelişen teknoloji İHA'lara farklı görev tanımlamalarını da birlikte getirmektedir. İHA'ların birlikte ya da insanlı hava araçlarıyla birlikte çalışma ihtiyaçları bunlardan biridir. Hava araçlarının birbiriyle haberleşmesi, birbiri üzerinden aktarım yapabilmesi, koordineli bir şekilde çalışabilmeleri etkinliği ve etkin olunan alanı artırır. Bir İHA yerden gönderilen bir görüntüyü üzerindeki aktarıcıyla diğer İHA'lara gönderebilir, ya da üzerindeki gece ve gündüz kameralarıyla çektiği görüntüyü diğer İHA'larla paylaşabilir, diğer İHA'ların konum bilgilerine göre kendi yerini ayarlayabilir.

Maliyetler

İHA sistemlerinin maliyeti, diğer hava araçlarına nazaran oldukça düşüktür. İHA'ları sadece tek bir araç değil sistem olarak ele almak gerekir. Bir İHA sisteminde, İHA'lar, faydalı yükler, bu faydalı yüklerle haberleşmeyi sağlayan verici sistemler, gönderilen veriyi yerden almayı sağlayan Yer Kontrol İstasyonu gibi parçalardan oluşur. Maliyetler kriterinin alt kriterleri:

Her bir Hava Aracının Maliyeti : İHA'nın başlangıçtaki alım maliyeti olup, maliyetin düşük olması tercih edilir.

Faydalı Yük Maliyeti : Yukarıda Faydalı Yük Kapasitesi başlığı altında detaylandırılan, faydalı yüklerin maliyetidir. Faydalı yük kapasitesiyle maliyeti doğru orantılıdır. 100 kilogram kapasiteli bir İHA'yla 5 kilogram faydalı yük kapasitesi olan İHA'nın faydalı yük maliyeti aynı olmayacaktır. Ne kadar fazla kapasitesi varsa kabiliyeti o kadar artacak ancak maliyeti de o derece artacaktır.

Sistem Maliyeti : Bir İHA sistemini oluşturan; İHA'lar, faydalı yükler, yer kontrol istasyonları, fırlatma ve iniş yakalama tertibatları, verici ve alıcı

sistemlerin toplam maliyetleridir. Sistem maliyetinde dikkat edilmesi gereken husus İHA sistemlerinin farklı sayıda yukarıda sayılan bileşenlerden oluşmalarıdır. Bazı İHA sistemleri 2 İHA'dan oluşurken bazıları 8 İHA'dan oluşabilmektedir.

İşletim Maliyeti : İHA'nın kullanımı nedeniyle oluşan bakım tutum maliyetleri olup, bakım tutum maliyetlerinin düşük olması tercih edilir. Sistemin ucuza temini önemlidir ancak daha da önemlisi alınan sistemlerin maliyet etkin bir şekilde işletme ve idamesinin sağlanabilmesidir.

3.4.2.2. Alternatiflerin Belirlenmesi:

İHA'lar verimliliklerinin yüksek olması, işletme maliyetlerinin düşük olması, çok yönlü kullanıma olanak vermelerinden dolayı giderek yaygınlaşmaktadırlar. Çalışmada günümüzde yaygın olarak kullanılan ve güvenilirlikleri uçuş saatleriyle ispatlanmış olan İHA'lardan, ScanEagle, CAMCOPTER S100, RQ2 Pioneer, Orbiter ve Aerostar alternatif olarak ele alınmıştır. Kısaca bu alternatifler tanıtılacaktır.

3.4.2.2.1. ScanEagle

Amerikan Boeing ve Insitu firmalarının ortak girişimi olan ScanEagle, 2008 Nisan ayı itibariyle 50000 uçuş saatini doldurarak olgunluğunu ve güvenilirliğini göstermiştir. Insitu firması ilk İnsansız hava aracını 1998'de 1,5 galon yakıtla Atlantik okyanusunu kat ederek göstermiştir. Insitu firması sonrasında ScanEagle'ı geliştirmek, pazar bulmak ve operasyonlarına destek adına Boeing firmasıyla anlaşmışlardır. (Insitu Inc, 2008)

ScanEagle dahili olarak stabilize edilmiş elektro-optik ve kızıl ötesi kameralara sahiptir. Bu kamera özellikleriyle sabit ve hareketli hedefleri kolaylıkla takip edebilmektedir. 16,000 feet yükseklikte uçabilen 24 saatin üzerinde seyir süresine ulaşabilmiş olan ScanEagle alçak seviye keşif gözetleme için ideal bir hava aracıdır.

Otomatik olarak SuperWedge™ denilen pnömatik katapulttan atılan ScanEagle, programlanmış ya da operatör tarafından başlatılmış görevleri yerine getirebilir. SkyHook™ denilen çengelle yakalamalı diye tabir edilen teknolojiyle dikeye yakın iniş kabiliyeti sağlamaktadır. Hava aracı 15 metre uzunluğundaki bir kulede asılı olan iple yakalanmaktadır. Bu sistemler ScanEagle'a pistten bağımsız iniş kalkış imkanı sunmaktadır. ScanEagle'ın detaylı özellikleri Tablo 5'te sunulmuştur.



Şekil 18 ScanEagle

Tablo 5 ScanEagle Teknik Özellikler

Özellikler	ScanEagle
Kanat Açıklığı	3100 mm
Boy	1200 mm
Faydalı Yük Kapasitesi	6 Kg
Yüklü Ağırlığı	18 Kg
İniş	Çengelle yakalamalı, Dikeye yakın
Kalkış	Katapulttan fırlatılarak
İtki	Pistonlu
Seyir Süresi	20 saat
Maksimum Sürati	130 km/saat
Seyir Sürati	90 km/saat
Uçuş Tavanı	5000m
Görev İrtifası	1000m
Menzil	1800km
Kontrol Menzili	100km
Diğer Hava Araçlarıyla İletişim	✓
Geliştirilebilirlik	✓
Güvenilirlik	✓ 50000 uçuş saati
Birlikte İşlerlik	✓

3.4.2.2.2. CAMCOPTER® S-100

Avusturya merkezli Schiebel tarafından geliştirilen CAMCOPTER® S-100 İHA Sistemi çeşitli faydalı yük ve sensörler taşıyabilip hem askeri hem sivil uygulamalar için tasarlanmıştır. CAMCOPTER tam otonom olarak dikey kalkış ve iniş yapabilmektedir. Pist ve katapult gereksinimi duymayan helikopterin avantajlarını İHA' da kullanan bu sistem, çok dar alanlara dahi iniş gerçekleştirebilmekte, istenilen yerden kalkıp istenilen yere inebilmektedir. Önceden programlanan ve belirlenen GPS koordinatlarına gidebildiği gibi pilot tarafından yerden manüel olarak da kontrol edilebilir. (Schiebel GmbH, 2008)

Gövdesinde kullanılan karbon fiber monokok malzeme maksimum kapasiteyi farklı Faydalı Yük/Seyir süresi kombinasyonları ile sunmaktadır. CAMCOPTER 25 kg faydalı yük taşırken 6 saat havada kalabilmektedir. Otopilotunda kullanılan metotlarını ve algoritmalarını ispatlanmış üçlü yedeklemeli uçuş bilgisayarı, sistemin güvenilirliği ispatlamıştır.



Şekil 19 CAMCOPTER® S-100

CAMCOPTER gece ve gündüz kamerası termal kameralar ile gözetleme imkanı sunmaktadır. Hedef takip edecek bu kameraların yanı sıra

pilota ileri görüş sağlayan ilave bir kamera da üzerindedir. Yüksek faydalı yük kapasitesi farklı sensör ve kameraların takılmasına olanak vermektedir.



Şekil 20 POP-300 Gece Gündüz Kamerası

CAMCOPTER® S-100'ün detaylı özellikleri Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6 CAMCOPTER S100 Teknik Özellikler

Özellikler	CAMCOPTER S-100
Kanat Açıklığı	3400 mm
Boy	3110 mm
Faydalı Yük Kapasitesi	50 Kg
Yüklü Ağırlığı	200 kg
İniş	Dikey
Kalkış	Dikey
İtke	55 beygir pistonlu
Seyir Süresi	6 saat
Maksimum Sürati	220 km/saat
Stall Sürati	0
Seyir Sürati	180 km/saat
Uçuş Tavanı	4900 m
Menzil	600 km
Kontrol Menzili	160 km
Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	Dijital
Faydalı Yük ile iletişim	Dijital veya Analog
Diğer Hava Araçlarıyla İletişim	✓
Otonomi	Tam Otonom Kalkış ve İniş, Mihenik Noktası belirleme
Geliştirilebilirlik	✓
Güvenilirlik	✓
Birlikte İşlerlik	✓

3.4.2.2.3. RQ-2 Pioneer

İsrail 1980'lerde İHA konusunda önemli çalışmalarda bulundu ve bu çalışmaların karşılığını da aldı. Pioneer İsrail'in geliştirdiği ilk İHA'lardan biridir. İsrail'in İnsansız Hava Aracı başarı öykülerinden etkilenen ABD donanması hızlandırılmış bir İHA alımı başlattı. ABD donanması 1985 yılında görsel istihbarat amaçlı Pioneer alımı için imza attı. Sonrasında Amerikan Havacılık Endüstrisi (American Aerospace Industries) kuruluşu ve Pioneer'ın gerçek üreticisi olan İsrail Uçak Endüstrisi (Israel Aircraft Industries, Ltd) 1991 yılında birlikte Pioneer isimli bir ortak şirket kurdular. Pioneer Operasyonel olarak ilk kez yine aynı yıl Çöl Fırtınası operasyonunda kullanıldı. 10000 binlerce uçuş saatiyle Pioneer oldukça güvenilir bir hava aracıdır.



Şekil 21 RQ-2 Pioneer

Normal pistten iniş kalkış yapabildiği gibi, katapult ve pnömatik fırlatma yöntemiyle kalkıp, kurtarma ağıyla ağ üzerine de iniş yapabilmektedir. Üzerindeki otopilotu dahili navigasyon sistemiyle donatılmıştır. Üzerindeki iki yönlü alıcı verici ünitesiyle 185 km'ye kadar yer kontrol istasyonuyla iletişim kurabilmektedir. 45 kiloluk faydalı yük kapasitesi çok farklı sensörleri takabilme imkanı sunar. RQ-2 Pioneer'ın detaylı özellikleri Tablo 7'de sunulmuştur. (DOD, 2007:67) (Pioneer UAV Inc, 2008)

Tablo 7 RQ-2 Pioneer Teknik Özellikler

Özellikler	Pioneer
Kanat Açıklığı	5110 mm
Boy	4200 mm
Faydalı Yük Kapasitesi	44,5 Kg
Yüklü Ağırlığı	201 Kg
İniş	Konvansiyonel / durdurma halatı ile/ kurtarma ağı ile
Kalkış	Konvansiyonel / pnömatik fırlatma / katapult ile
İtici	26 beygir pistonlu
Seyir Süresi	5 Saat
Maksimum Sürati	200 km/saat
Stall Sürati	90 km/saat
Seyir Sürati	150 km/saat
Uçuş Tavanı	4500 m
Menzil	600 km
Kontrol Menzili	185 km
Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	Dijital
Alt Kriterler	Pioneer
Geliştirilebilirlik	✓
Güvenilirlik	✓
Birlikte İşlerlik	✓

3.4.2.2.4. Orbiter

Orbiter, askeri ve iç güvenlik amacıyla tasarlanmış hafif ve modüler bir İnsansız Hava Aracıdır. İsrail'in Aeronautics Savunma Sistemleri tarafından geliştirilen Orbiter düşük yoğunluklu karışıklıklar ve çatışmalar için ideal bir çözüm sunmaktadır. Sistem 20000 saate ulaşan görev uçuş saatiyle güvenilir bir şekilde yakın mesafe keşif ve gözetleme görevlerini yerine getirebilmektedir. (Aeronautics, 2008)

Sistem ayrıntılı uçuş rotasıyla ya da kamera kontrolüne göre rota belirlenmesi suretiyle kontrol edilebilmektedir. Orbiter'in taşınması, kurulumu, kalkışı ve kullanımı için sadece iki kişiye ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 22 Orbiter

Orbiter İç güvenlikte terörle mücadele, istihbarat ya da stratejik bölge koruma görevlerinde kullanılabilmektedir. Orbiter'in detaylı özellikleri aşağıda Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8 Orbiter Teknik Özellikler

Özellikler	Orbiter
Kanat Açıklığı	2200 mm
Boy	1000 mm
Faydalı Yük Kapasitesi	1,5 Kg
Yüklü Ağırlığı	6,5 Kg
İniş	Paraşüt ile
Kalkış	Elden, katapult ya da bangee ile
İtici	Elektrik motoru
Seyir Süresi	3 Saat
Maksimum Sürati	140 km/saat
Stall Sürati	45 km/saat
Seyir Sürati	80 km/saat
Uçuş Tavanı	4500 m
Menzil	150 km
Kontrol Menzili	40 km
Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	Dijital
Geliştirilebilirlik	✓
Güvenilirlik	✓
Birlikte İşlerlik	✓

3.4.2.2.5. Aerostar

İsrail'in Aeronautics Savunma Sistemleri tarafından 2000 yılında tanıtılmasından bugüne Aerostar insansız hava aracı güvenilirlikte, kullanım kolaylığında, seyir süresinde çok yüksek standartlar koymuştur. Sistem performansı ve güvenilirliğinde kategorisinde en iyilerindendir.



Şekil 23 Aerostar

12 saat gibi oldukça uzun bir seyir süresine sahip Aerostar İsrail polisi tarafından iç güvenlikte kullanmak üzere 2006 Şubat ayında denemelere başlamıştır.



Şekil 24 Aerostar Polis Uygulamasında

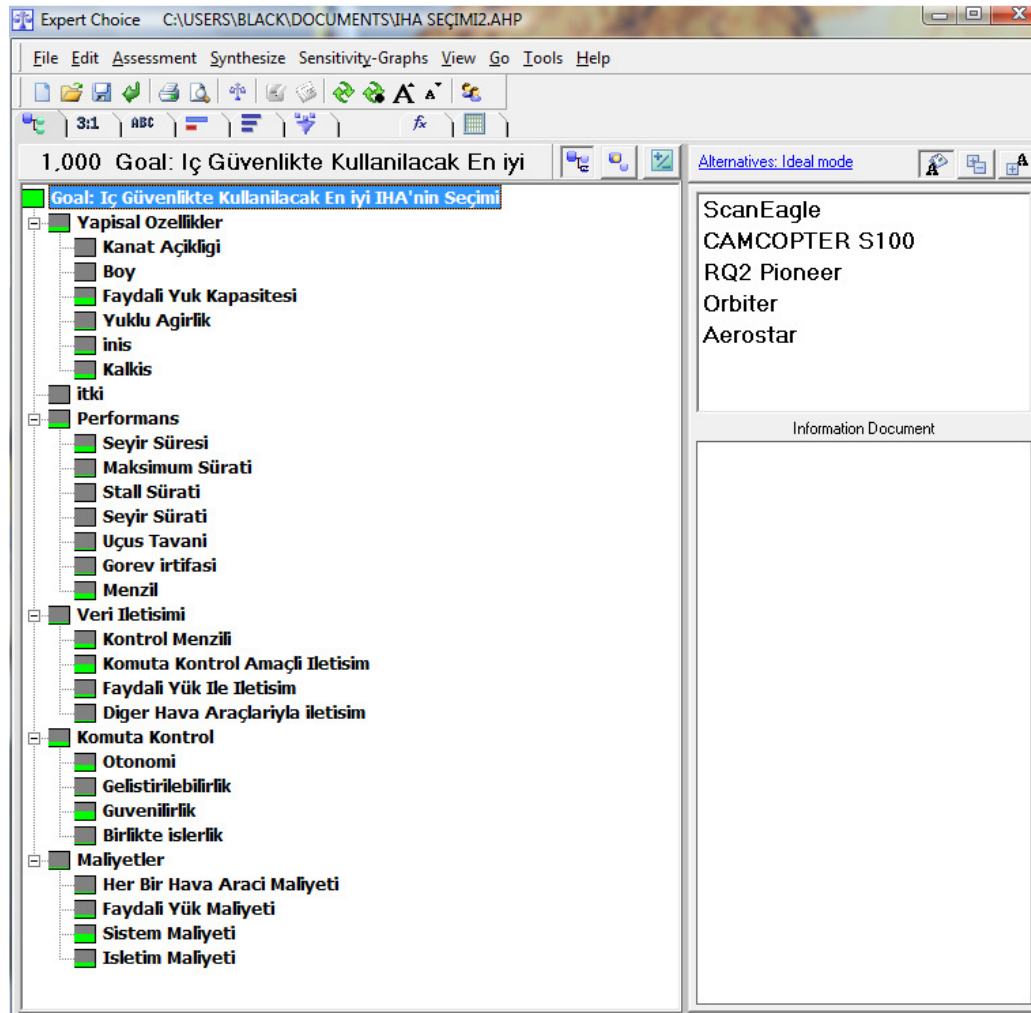
Aerostar insansız hava aracının Aeronautics firmasının web sitesinden elde edilen detaylı özellikleri Tablo 9'de görülmektedir.

Tablo 9 Aerostar Teknik Özellikler

Özellikler	Aerostar
Kanat Açıklığı	6500 mm
Boy	4500 mm
Faydalı Yük Kapasitesi	50 Kg
Yüklü Ağırlığı	200 Kg
İniş	Konvansiyonel
Kalkış	Konvansiyonel
İtke	38 beygir pistonlu
Seyir Süresi	12 Saat
Maksimum Sürati	200 km/saat
Seyir Sürati	110km/saat
Uçuş Tavanı	5500 m
Görev İrtifası	1000 m
Menzil	1300 km
Kontrol Menzili	200 km
Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	Dijital
Geliştirilebilirlik	✓
Güvenilirlik	✓
Birlikte İşlerlik	✓

3.4.2.3. Hiyerarşinin Oluşturulması

Uygulamanın bu aşamasında karar probleminin amaç, ana kriter, alt kriterler ve alternatifleri içeren üç seviyeli hiyerarşik yapı Expert Choice programında oluşturulmuştur. Oluşturulan bu hiyerarşik yapı problemin iskeletini net olarak gösterebilmesi açısından yeterince açık olmalıdır. Expert Choice 11.5 ile kurulan Şekil 25'deki hiyerarşik yapıda amaç, altı ana kriter ve alt kriterler, alternatifler açıkça görülmektedir.



Şekil 25 Expert Choice 11.5 ile Kurulan Hiyerarşik Yapı

Burada problemin amacı iç güvenlikte kullanılacak en iyi İHA'nın seçilmesidir. Bu amaç hiyerarşide en üstte yer almıştır. Hiyerarşinin birinci seviyesinde altı ana kriter; yapısal özellikler, itki, performans, veri iletişimi, komuta kontrol ve maliyetler yer almıştır. Hiyerarşinin ikinci seviyesinde bu altı ana kriterden yapısal özellikler kriterinin; kanat açıklığı, boy, faydalı yük kapasitesi, yüklü ağırlık, iniş ve kalkış alt kriterleri, performans kriterinin; seyir süresi, maksimum sürat, stall sürati, seyir sürati, uçuş tavanı, görev istifası ve menzil alt kriterleri, veri iletişimi kriterinin; kontrol menzili, komuta kontrol amaçlı iletişim, faydalı yük ile iletişim, diğer hava araçlarıyla iletişim alt kriterleri, komuta kontrol kriterinin; otonomi, geliştirebilirlik, güvenilirlik, birlikte işlerlik alt kriterleri, maliyetler kriterinin; her bir hava aracının maliyeti, faydalı yük maliyeti, sistem maliyeti, işletim maliyeti alt kriterleri yer almaktadır. Hiyerarşinin üçüncü ve son seviyesinde de İHA alternatiflerinden ScanEagle, CAMCOPTER S100, RQ2 Pioneer, Orbiter ve Aerostar yer almıştır.

3.4.3. İkili Karşılaştırmalar

Hiyerarşi oluşturulduktan sonraki aşama, AHP hiyerarşisindeki kriterler, alt kriterler ve alternatifler için ikili karşılaştırmaların yapılması aşamasıdır. Hiyerarşinin her seviyesindeki elemanların ikili karşılaştırmalarından elde edilecek sonuçlar, Saaty tarafından geliştirilen ikinci bölümde Tablo 2'de verilen AHP'nin temel ölçeği, göreceli önemlilik ölçeğinde yer alan sayılar cinsinden ifade edilir.

Bu çalışmada ikili karşılaştırmalar, uzmanlar tarafından bir araya gelerek, fikir birliği ve uzlaşmayla yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar hiyerarşinin yukarisından başlanarak yapılmıştır. İlk önce kriterlerin amaca göre ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Expert Choice programında, Şekil 26'da görüldüğü gibi altı ana kriter ikişerli olarak karşılaştırılmıştır. Oluşturulan karşılaştırma matrisinde birinci satırda yapısal özellikler kendi haricindeki diğer kriterlerle sırasıyla karşılaştırılmıştır. Burada yapısal özelliklerle itki

karşılaştırılmış, yapısal özellikler itkiye göre kuvvetli derecede önemli görüldüğünden birinci satır ikinci sütuna 5 değeri girilmiştir. Yine yapısal özelliklerle performans karşılaştırılmış eşit öneme sahip oldukları değerlendirilmiş ve 1 değeri girilmiştir. Bunun gibi tüm karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegen değerlerin 1 olmasının sebebi kriterlerin kendileriyle karşılaştırılmasıdır. Köşegenin altındaki değerlerde üstündeki değerlerin tersleridir.

Yapısal Özellikler

9 8 7 5 5 4 3 2 1 2 3 4 5 5 7 3 9

Şekil 26 Kriterlerin İkili Karşılaştırması

Ana kriterlerin ikili karşılaştırmalarından sonra her ana kriterin alt kriterleri sırasıyla kendi içlerinde ikili olarak karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırmalar ana kriterlerde olduğu gibi matris üzerinde yapılabildiği gibi grafik, anket ya da sözel karşılaştırmalarla da yapılabilir. Şekil 27'de ana kriterlerden yapısal özelliklerin altı alt kriterinin kanat açıklığı, boy, faydalı yük kapasitesi, yüklü ağırlık, iniş ve kalkışın ikili karşılaştırmaları anket karşılaştırmalarıyla elde edilmiştir. Burada yine bütün alt kriterler sırasıyla birbiriyle karşılaştırılıp Saaty'nin göreceli önemlilik ölçeğine göre değerlendirilmektedirler. Şekil 27'nin ilk beş satırını yorumlayacak olursak; kanat açıklığı, boya göre kuvvetli derecede önemli, faydalı yük kapasitesi ile eşit öneme sahip, yüklü ağırlığa göre çok az önemli, inişle aynı öneme sahip,

kalkıştan çok az önemli bir alt kriter diyebiliriz. Burada belirlemeye çalıştığımız, yapısal özellikler alt kriterlerinin yapısal özelliklere göre önemidir.

Compare the relative preference

KANAT AÇIKLIĞI

versus

BOY

with respect to: Yapısal Özellikler (L: ,250 G: ,250)

1	Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Boy
2	Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yuk Kapasitesi
3	Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
4	Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
5	Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkış
6	Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yuk Kapasitesi
7	Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
8	Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
9	Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkış
10	Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
11	Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
12	Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkış
13	Yuklu Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
14	Yuklu Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkış
15	inis	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkış

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

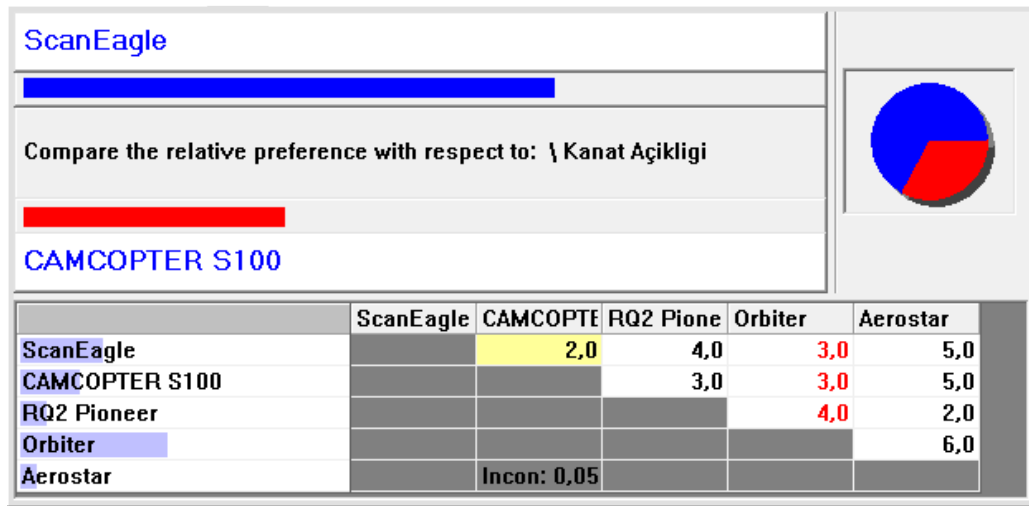
9 = Extreme

Şekil 27 Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Yapısal özelliklerin alt kriterlerinde olduğu gibi diğer bütün kriterlerin alt kriterleri de kendi aralarında ana kritere göre ikili olarak karşılaştırılır. Diğer ikili karşılaştırma değerlerine çalışmanın Ekler kısmında (Ek-1: Expert Choice Kriterler İkili Karşılaştırmalar Anketi) görülebilir.

Alt kriterlerin de ikili karşılaştırmaları yapıldıktan sonra sıra alternatiflerin ikili karşılaştırmalarına gelir. Burada alternatifler hiyerarşide bir üstlerinde bulunan alt kritere göre ikili karşılaştırılırlar. Eğer alt kriteri olmayan bir kriter varsa da o kritere göre karşılaştırılırlar. Örnek olarak Şekil 28'de yapısal özellikler ana kriterinin alt kriterlerinden kanat açıklığına göre bütün alternatifler ikili olarak karşılaştırılır. Burada elde edilen değer alternatiflerin

kanat açıklığı alt kriterine göre tercih değerlerinin belirlenmesidir. Buna göre ScanEagle ve CAMCOPTER S100 karşılaştırılmış, ScanEagle kanat açıklığı alt kriterine göre çok az daha tercih edilir görülmüş (2), ScanEagle ve Aerostar karşılaştırılmış, ScanEagle Aerostar'a göre kanat açıklığı alt kriterine göre kuvvetli derecede tercih edilir olarak (5) değerlendirilmiştir.



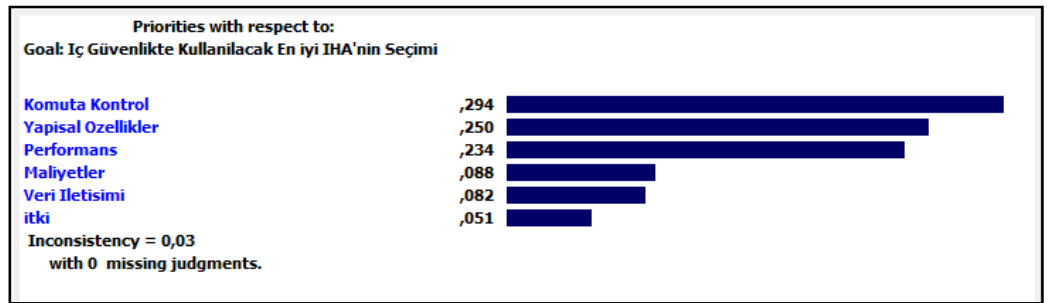
Şekil 28 Alternatiflerin Alt kriterlere Göre İkili Karşılaştırılması

Burada olduğu gibi alternatifler, bütün ana kriterlerin alt kriterlerine göre tek tek ikili olarak karşılaştırılmıştır.

3.4.4. Önceliklerin Belirlenmesi

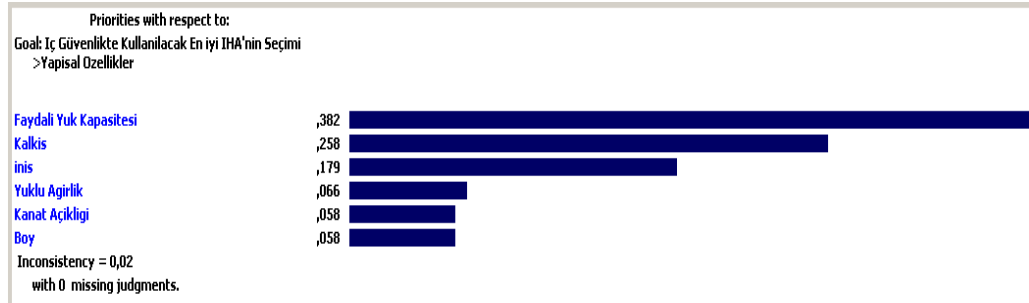
Birbirlerine göre farklı önem derecelerine sahip kriterlerin önceliklerinin belirlenmesi Saaty'nin geliştirdiği ikili karşılaştırma metodu ile yapılır. Bölüm 2.3'te AHP karar sürecinde sayısal olarak hesaplanması gösterilen öncelikler ve tutarlılık oranı burada Expert Choice 11.5 programı ile ikili karşılaştırmaların sonuçlarına göre hesaplanmaktadır.

Çalışmada öncelikle yapısal özellikler, itki, performans, veri iletişimi, komuta kontrol, maliyetler olan altı ana kriterin ikili karşılaştırmaları uzman kişilerce gerçekleştirilmiştir. Yapılan ikili karşılaştırma sonucuna göre kriterlerin öncelik sırası ve değerleri Şekil 29'daki gibidir. Bu sonuçlara göre komuta kontrol, yapısal özellikler ve performansın diğer kriterlere göre oldukça önemli oldukları ortaya çıkmıştır. Şekilden de anlaşıldığı gibi ana kriterlerin önem sırası komuta kontrol, yapısal özellikler, performans, maliyetler, veri iletişimi ve itki olarak belirlenmiştir. Buradaki tutarlılık oranı da Expert Choice programı tarafından hesaplanmıştır ve 0.03 çıkmıştır. Tutarlılığın kontrolü sonraki bölümde anlatılacaktır.



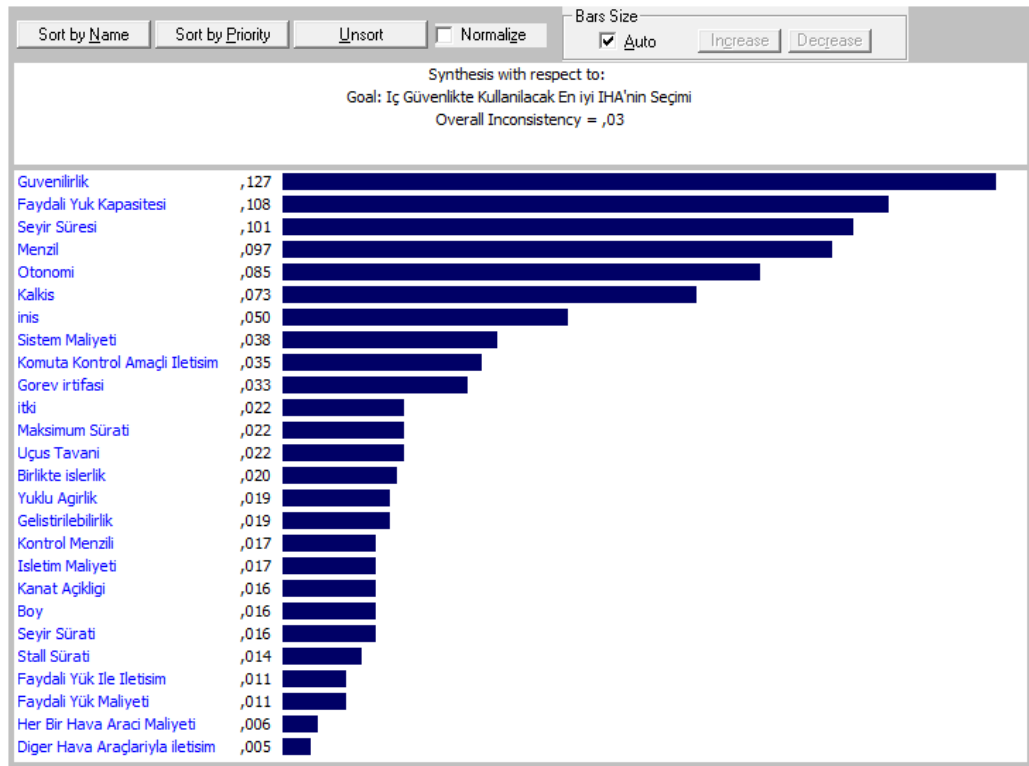
Şekil 29 Ana Kriterlerim Önem Sıralaması

Sonrasında tek tek bu ana kriterlerin alt kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Expert Choice programında bu ikili karşılaştırmalar sonucunda tüm ana kriterlerin alt kriterlerinin öncelik ya da önem sıraları elde edilmiş olacaktır. Örnek olarak yapısal özellikler ana kriteri alacak olursak Şekil 30'da görüldüğü gibi alt kriterlerin önem sıralaması faydalı yük kapasitesi, kalkış, iniş, yüklü ağırlık, kanat açıklığı ve boy olarak ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre faydalı yük kapasitesi, kalkış ve inişin yapısal özelliklerin en önemli alt kriterleri olduklarını söyleyebiliriz.



Şekil 30 Yapısal Özelliklerin Alt Kriterlerinin Önem Sırası

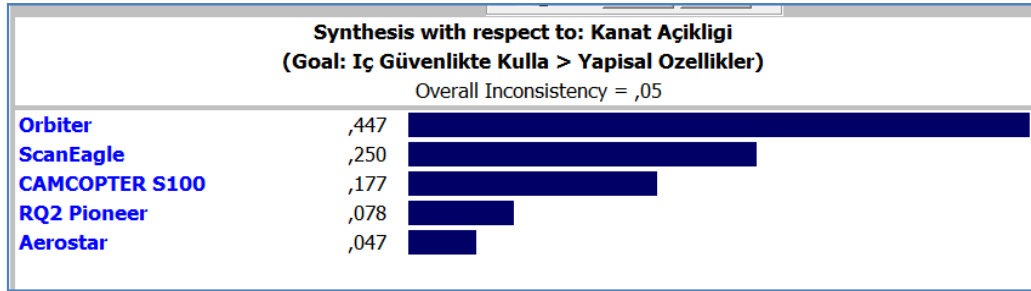
Bütün ana kriterlerin alt kriterlerinin önem dereceleri kendi içlerinde belirlendikten sonra, ana kriterlerin de önem dereceleri belirlenmiş olduğundan En İyi İHA'nın seçiminde etkin bütün alt kriterlerin öncelik sırası ve değerleri Şekil 31'deki gibi sıralanabilir.



Şekil 31 Alt Kriterlerin Önem Sıralaması

Buradaki en önemli alt kriterler güvenilirlik, faydalı yük kapasitesi, seyir süresi, menzil, otonomi, kalkış ve iniş olarak sıralanmıştır. Tutarlılık oranı da sınırlar içerisinde olup 0.03'tür.

Kriter ve alt kriterlerin öncelikleri, kabul edilebilir tutarlılık oranları çerçevesinde belirlendikten sonra alternatiflerin bütün alt kriterlere göre tek tek öncelikleri ya da tercih değerleri hesaplanır. Örnek olarak Şekil 28'deki ikili karşılaştırma alınacak olursa burada kanat açıklığı alt kriterine göre İHA alternatiflerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonucu olan Şekil 32'de kanat açıklığı açısından alternatiflerin tercih sıralamasına bakacak olursak, kanat açıklığına göre en öncelikli alternatif Orbiter, en son alternatif Aerostar'dır. Çünkü burada uzmanlar kanat açıklığının düşük olmasını avantaj olarak değerlendirmişler ve kanat açıklığı en küçük olan Orbiter bu alt kriter açısından en çok tercih edilen, kanat açıklığı en büyük olan Aerostar ise bu kriter açısından en az tercih edilen alternatif olarak çıkmıştır.

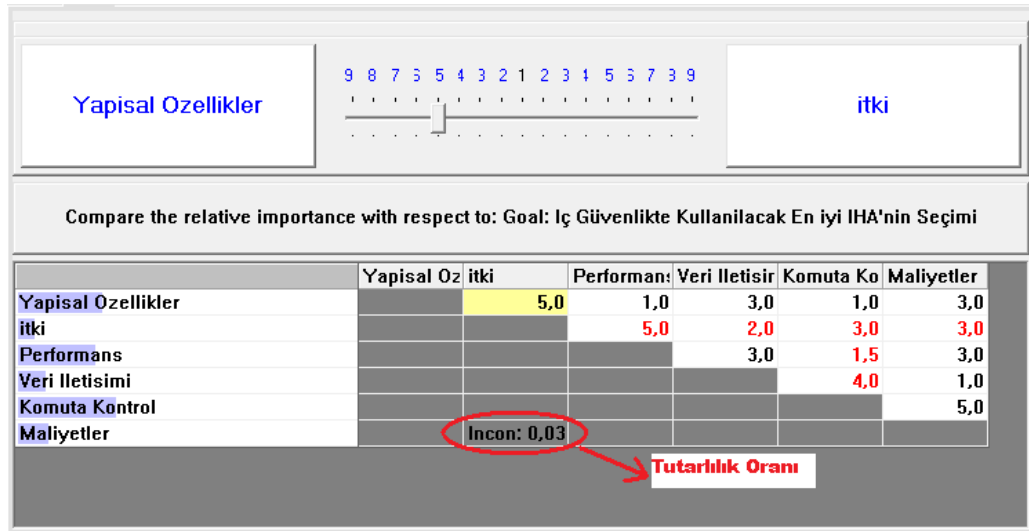


Şekil 32 Alternatiflerin Alt Kriterlere Göre Tercih Değerleri

Bu şekilde bütün alt kriterlere göre alternatifler karşılaştırılmış olup alternatiflerin tercih değerleri belirlenmiştir. Bu karşılaştırmaların sonuçları ve tutarlılık oranları tüm alt kriterler için çalışmanın Ekler kısmında (EK-2 Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları) sunulmuştur.

3.4.5. Tutarlılığın Kontrolü

İkili karşılaştırmalar her ne kadar uzman bir heyetin yargıları doğrultusunda yapılsa da yapılan ikili karşılaştırmalarda bazen tutarsızlıklar olabilmektedir. İkili karşılaştırmalarda tutarlı davranıp davranmadıklarını ölçmek için tutarlılık oranı hesaplanmalıdır. Tutarlılık oranının nasıl hesaplandığı, bölüm 2.3.4.'te detaylı şekilde açıklanmıştır. Burada uygulamanın yapıldığı Expert Choice programı tutarlılık oranını ikili karşılaştırmalarda girilen yargılara göre hesaplayabilmektedir. Örnek olarak Şekil 33'te ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları için girilen yargıların tutarlılık oranı işaretlenmiştir. Burada tutarlılık oranı 0,03 olarak hesaplanmıştır. Yargılarının tutarlı olması için bu oranının 0,10'dan daha küçük olması gerekmektedir. Dolayısıyla uzmanların yargılarıyla yapılan ikili karşılaştırmalarda tutarlılık derecesi kabul edilebilir düzeydedir. Eğer tutarlılık oranı 0,10'dan daha büyük olsaydı karar vericilerin tutarlılık oranını istenilen seviyeye düşürmek için yargılarını yeniden gözden geçirmeleri gerekecekti.



Şekil 33 Expert Choice Programında Tutarlılık Oranı

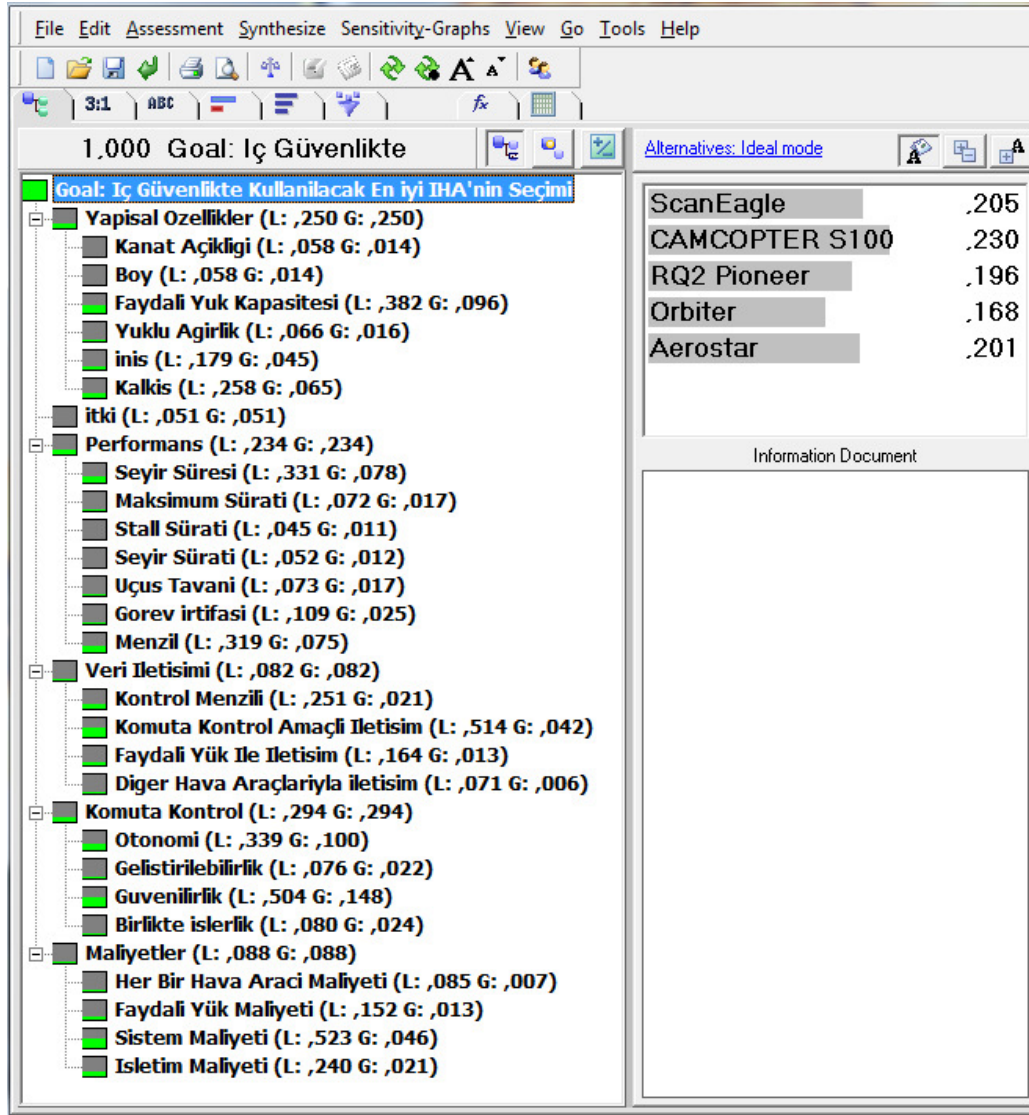
Bu çalışmada bütün ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranları Expert Choice 11.5 programıyla kontrol edilmiştir. Tutarlılık oranı 0,10'dan büyük olan ikili karşılaştırmalarda, uzmanlar yargılarını tekrar gözden geçirmiş,

tutarlılık oranları kabul edilebilir seviyelere indirilmiştir. Böylece uygulamada yapılan bütün ikili karşılaştırmaların tutarlı bir şekilde yapılması sağlanmıştır.

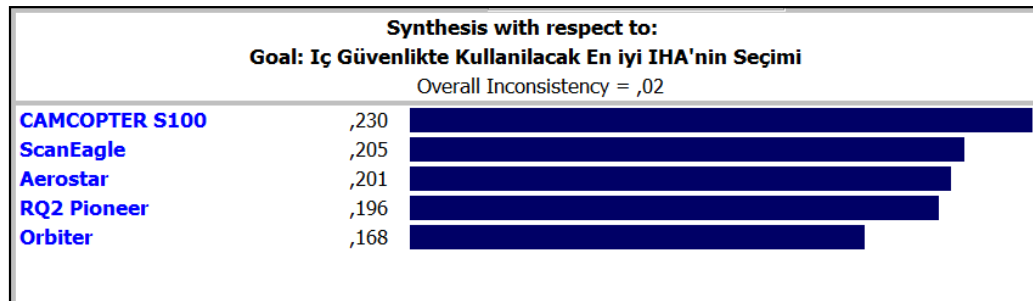
3.4.6. En İyi Alternatifin Seçilmesi

Belirlenen kriterlerin her birine göre mevcut alternatiflerin ayrı ayrı ikili karşılaştırmalarının yapılması, sentezlenmesi ve her bir kritere yönelik önceliklerin belirlenmesinden sonraki aşama genel amaca göre alternatiflerin kendi aralarında sıralamasının belirlenmesidir. Bu son ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulabilmesi için karar vericinin, sondan bir önceki seviyedeki her alt kriterin global önceliği ile alternatifin o alt kritere göre tercih değerlerini çarparak ağırlıklı değerleri belirlemesi gerekmektedir. Expert Choice programı bu işlemleri otomatik olarak gerçekleştirmektedir.

Son haliyle hiyerarşi Şekil 34'deki gibidir. Burada varılmak istenen amaç "İç Güvenlikte Kullanılacak En İyi İHA'nın Seçimi" 1,000 olarak kabul edildiğinde, kriterler ve alternatiflerin karşılaştırmalar sonucu kriterlerin global ve lokal öncelikleri kriter isimlerinin sağında, alternatiflerin tercih değerleri yine alternatif isimlerinin sağında mevcuttur. Şekil 35'de bu değerlerin bir karşılaştırması sunulmuştur. Buna göre oluşturulan hiyerarşideki bütün kriter, alt kriterler ve alternatifler hesaba katılıp karşılaştırmalar yapıp öncelikler belirlendiğinde ortaya çıkan sonuçta CAMCOPTER S-100, ScanEagle, Aerostar, Pioneer ve Orbiter sıralaması elde edilir.

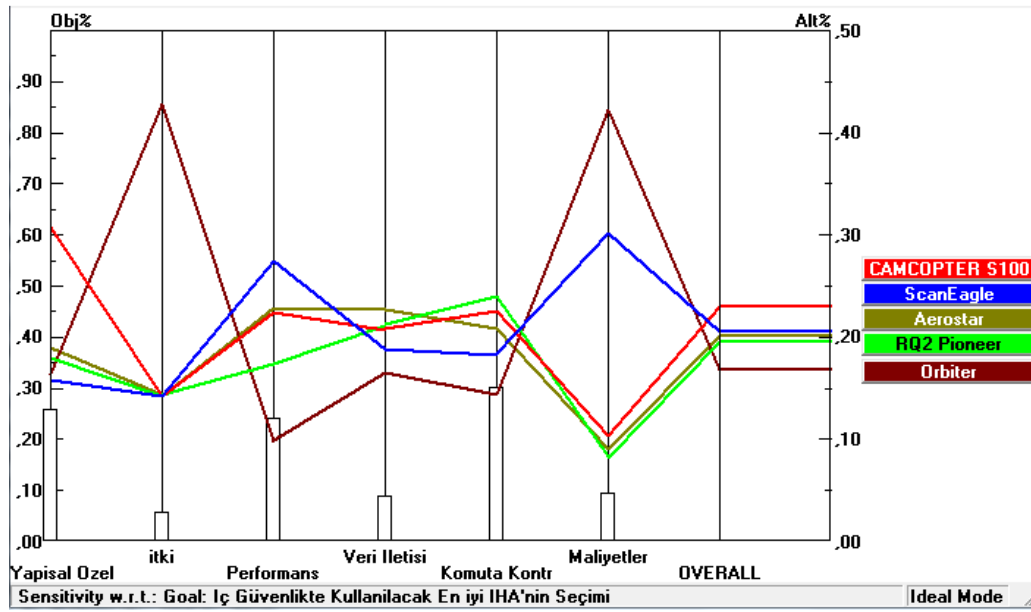


Şekil 34 Hiyerarşinin Son Hali



Şekil 35 Alternatiflerin Genel Tercih Değerleri

Şekil 36'daki grafikte ana kriterlerin önem seviyeleri, İHA'ların bu kriterlere göre ve genel toplama (overall) göre tercih değerleri verilmiştir. Sıralamaya bakıldığında genel toplamda Camcopter S100 en üstte yer almakta sonrasında birbirine çok yakın değerlerle ScanEagle, Aerostar ve Pioneer İHA'ları gelmektedir. En son olarak da Orbiter görülmektedir.



Şekil 36 Alternatiflerin Performans Grafiği

Alternatifler arasından tek VTOL olan, dikey kalkıp inebilen İHA olan, Schiebel firmasının CAMCOPTER S100'ü iç güvenlikte kullanılacak en iyi İHA seçilmiştir.

SONUÇ

Çalışmanın birinci bölümünde birçoğundan bahsedilen ÇKKV teknikleri arasında AHP yöntemi karar verme problemlerinde diğer pek çok yöntemle göre gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Konuyla ilgili uzman kişilerin görüş ve değerlendirmelerine dayanan bu yöntem en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. AHP için; anlaşılması kolay, kolay uygulanabilir, ikili kıyaslamalarla önceliklendirmeyi kolayca gösterebilen ve daha anlaşılır kılan, kendi içerisinde tutarlılığı olan bir yöntem olduğu söylenebilir.

Karmaşık karar problemleri AHP yardımı ile hiyerarşik olarak ifade edilebilmekte, problemler bileşenlerine ayrılarak basit ve sistematik bir yapıya kavuşturulabilmektedir. Karar vericinin alternatiflere ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak veren yöntem, nicel ve nitel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak vermektedir.

Bu çalışmada İç Güvenlikte Kullanılacak İnsansız Hava Aracının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılarak farklı alternatifler arasından seçim gerçekleştirilmiştir. Bu seçme işlemi AHP'nin yazılım programı diyebileceğimiz Expert Choice programıyla gerçekleştirilmiştir. Uzmanlarla birlikte kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenmiştir. Dikkate alınan altı ana kriter ve yirmi beş alt kriter ışığında hiyerarşi oluşturulmuştur.

İç güvenlikle kullanılacak en iyi insansız hava aracının hangisi olduğunun belirlenmesinde öncelikle ana kriterler arasında ikili karşılaştırmalar Expert Choice 11.5 programında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu ikili karşılaştırmalar sonucunda en yüksek öneme sahip ana kriterler belirlenmiştir. Buna göre komuta kontrol, yapısal özellikler ve performansın diğer kriterlere göre oldukça önemli oldukları belirlenmiştir.

Sonrasında tek tek bu kriterlerin alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu ikili karşılaştırmalar sonucunda tüm alt kriterlerin öncelikleri,

önem sıraları elde edilmiştir. Çalışmada komuta kontrol ana kriterini göz önüne alan uzmanların en çok güvenilirlik ve otonomi alt kriterlerine önem verdikleri görülmüştür. Yine önemli ana kriterlerden yapısal özelliklerde ise en önemli alt kriterler faydalı yük kapasitesi, kalkış ve iniştir. Bir diğer önemli ana kriter performansta; seyir süresi, menzil gibi önemli alt kriterler bulunmaktadır.

Çalışmada günümüzde yaygın olarak kullanılan ve güvenilirlikleri uçuş saatleriyle ispatlanmış olan İHA'lerden, ScanEagle, CAMCOPTER S100, RQ2 Pioneer, Orbiter ve Aerostar alternatif olarak ele alınmıştır. Kriter ve alt kriterlerin öncelikleri belirlendikten sonra alternatifler alt kriterlere göre karşılaştırılmıştır. Her bir alt kriteri sağlayan en iyi alternatif tespit edilmiştir.

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan ve öncelikler belirlendikten sonra tutarlılık kontrol edilmiştir. İkili karşılaştırmalar her ne kadar uzman bir heyetin eşliğinde yapılsa da yapılan ikili karşılaştırmalarda bazen tutarsızlıklar olabilmektedir. Burada bütün ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranları kontrol edilmiş, tutarsızlık tespit edilen karşılaştırmalarda, uzmanlardan yargılarını tekrar gözden geçirmeleri istenerek uygulamada yapılan bütün ikili karşılaştırmaların tutarlı bir şekilde yapılması sağlanmıştır.

Belirlenen alt kriterlerin her birine göre mevcut alternatiflerin ayrı ayrı ikili karşılaştırmalarının yapılmasından sonra genel amaca göre alternatiflerin sıralaması belirlenmiştir. Buna göre varılmak istenen amaç "İç Güvenlikte Kullanılacak En İyi İHA'nın Seçimi" 1,000 olarak kabul edildiğinde alternatiflerin tercih değerleri; CAMCOPTER S100 için 0.23, ScanEagle için 0.205, Aerostar için 0.201, Pioneer için 0.196 ve Orbiter için 0.168 çıkmıştır. Buna göre iç güvenlikte kullanılacak en iyi İHA sıralaması;

1. CAMCOPTER S100
2. ScanEagle, Aerostar, RQ2 Pioneer,
3. Orbiter

şeklinde elde edilmiştir.

Yaygın olarak kullanılan AHP yöntemi, bu çalışmada da uzman bir grup eşliğinde karar verme sürecinde başarıyla uygulanmıştır. Yöntem karmaşık, çözümü zor görülen ve birçok kriterin kararda etkili olduğu iç güvenlikle kullanılacak en iyi insansız hava aracının belirlenmesi problemini, aşama aşama izlenebilen, daha basit hiyerarşik bir yapıya dönüştürmüştür. İkili karşılaştırmaların, yöntemde kolay uygulanabilir olması ve yöntemin tutarlılığı ölçümleyebilmesiyle tutarlı bir çözüm elde edilebilmiştir.

Çalışmada AHP yönteminin ve Expert Choice programının getirdikleri kullanım kolaylığı, kolay uygulanabilirliği ve anlaşılabilirliğinin, AHP yöntemine eleştiri olarak getirilen ikili karşılaştırmalarda yaşandığı belirtilen zaman kaybını da azalttığı görülmüştür.

Karar vermeye gereksinim duyulan durumlarda, çok ölçütlü bir yapıda bulunan problemlerde bu yöntem çok kolay şekilde kullanılabilir. Gerek kişisel kararlarda gerek şirket veya kurumlarla ilgili daha stratejik ve önemli kararlarda, seçim problemlerinde, akademik çalışmalarda AHP metodu kolaylıkla uygulanabilir.

Yöntemin problemleri çözüme ulaştırma ve tutarlı sonuçlar elde etmede kolay uygulanabilir olması, ilaveten yöntemin Expert Choice gibi kullanımı kolay, karşılaştırma metodunu kullanarak algılamalarınızı ve değerlendirmelerinizi doğru bir şekilde yansıtan bir programa sahip olması, karar vericinin uygulamayı hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmesine imkan vermektedir. AHP çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA

Aeronautics “The Aerostar UAV System”, <http://www.aeronautics-sys.com>, Erişim Tarihi Haziran, 2008

AHP References Partial Listing, <http://www.expertchoice.com/markets/ahpinopq.html> Erişim Tarihi: 16 Haziran 2008

ALPOGLU T., “Üniversite Gençliğinin İş Seçimi Probleminde Analitik Hiyerarşi Süreci”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara 2003.

ALVİ, A. U., LABİB A.W. “Selecting Next- Generation Manufacturing Paradigms- an Analytic Hierarchy Process Based Criticality Analysis”, **Proc Institute Mechanical Engineers**, Vol 215, Part B. 2001.

ANIK, Zelal, “Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi Ve Analitik Network Prosesi İle Karşılaştırılması Ve Değerlendirilmesi” Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

ATAN, M., MADEN, U., AKYILDIZ, E., “Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kullanımı ile Bir Bankada Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesi” III. Ulusal Finans Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Maçka Kampüsü İşletme Fakültesi, Maçka / İSTANBUL, 26 - 28 Ekim 2004,

AYTÜRK, Saim, “Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi Ve Analitik Şebeke Prosesi İle Hafif Makineli Tüfek Seçimi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

CAN, C. İnan, “Çok Kriterli Karar Verme Süreci İçin Bir Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi Ve Savunma Sanayinde Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.

CHEN, Shu-Jen, HWANG, Ching Lai, **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer-Verlag, Germany, 1992.

CLEMEN, Robert T. & REILLY, Terence, **Making Hard Decisions with Decision Tools**, Pacific Grove, California, U.S.A, 2001.

COPPINGER Rob, "Swiss use UAV to monitor soccer crowds" <http://www.flightglobal.com/articles/2007/11/30/219988/swiss-use-uav-to-monitor-soccer-crowds.html>, Erişim tarihi: 15 Haziran 2008

CROFT, John," UAV'S - Police Pioneers",<http://www.flightglobal.com/articles/2008/05/30/224350/uavs-police-pioneers.html>, Erişim tarihi: 15 Haziran 2008

ÇAKIR S., "Türk Kara Kuvvetleri Ana Muharebe Tankı Seçiminde Analitik Hiyerarşı Metodu Ve Bulanık Kümeler", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , 2001

ÇAVDAR Zeynep, "Fiyatlandırma Stratejilerinin Analitik Hiyerarşı Süreciyle Değerlendirilmesi" : Türk Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Sosyal bilimler Enstitüsü, 2006

ÇİTLİ, Neslihan, "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

DEY, P. K., "Integrated Project Evaluation And Selection Using Multiple-Attribute Decision-Making Technique", **International Journal of Production Economics**, Volume 103, Issue 1, P. 90-103. 2006

DOD (Department of Defence), Office of the Secretary of Defense "Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030", August 2005

DOD (Department of Defence), Office of the Secretary of Defense "Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2007-2032", December 2007

ERASLAN, E., ALGÜN, O. "ideal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşı Yöntemi Yaklaşımı", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 20, No 1, s.95-106, 2005

EREN, Erol, **Yönetim ve Organizasyon**, 5. Baskı, Beta Basım, İstanbul, Ocak, 2001.

EREN, Erol, **Yönetim Ve Organizasyon: Çağdaş Ve Küresel Yaklaşımlar**, Beta Basım, 6.Baskı, İstanbul, 2003.

“Expert Choice Software Tutorials”, www.experchoice.com Erişim Tarihi Haziran, 2008

EVREN R. ve ÜLENGİN F, **Yönetimde Karar Verme**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, Sayı: 1478, İstanbul, 1992.

GOLUB, Andrew Lang, **Decision Analysis An Integrated Approach**, John Wiley & Sons Inc. Amerika, 1997.

GORDON, Gilbert, PRESSMAN, Israel, **Quantitative Decision-Making For Business**, 2nd Edition, Prentice/Hall International editions, Englewood Cliffs, New Jersey, 1983.

GÖK, Murat, “Analitik Hiyerarşi Yöntemini Kullanan Bir Karar Destek Yazılımının Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

GÜLEN, Murat, “İnsansız Hava Aracı Kazalarının Önlenmesinde Örnek Bir Risk Yönetimi Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.

GÜNGÖR, Sevim, “Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde AHP Yöntemi Ve Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma” Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, 2007.

HALAÇ, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri :Yöneylem Araştırması**, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2001.

HARKER, Patrick T., VARGAS, Luis G., “The theory of Ratio Scale Estimation:Saaty’s AHP”, **Management Science**, 33/11, 1987, 1383-1403.

HASGÜL, F., KOPARAL, C.. “Bilgi Teknolojilerinin Değişim Kararlarında Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanımı, Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep–Adana., 15-18 Haziran 2004.

Insitu Inc. Web sitesi “Boeing-Insitu Achieves ScanEagle Service Milestones for U.S. Marine Corps, Navy” www.insitu.com Erişim Tarihi: Haziran 2008

KABLAN, M. M., “Decision Support For Energy Conservation Promotion:An Analytic Hierarchy Process Approach”, **Energy Policy**, Volume 32, Issue 10, P. 1151-1158, 2004

KIVRAK, Ersin, “Karar Vermede Çok Kriterli Karar Verme Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 2001.

KOÇEL, Tamer, **İşletme Yöneticiliği, Yönetim Ve Organizasyon, Organizasyonlarda Davranış, Klasik-Modern-Çağdaş Ve Güncel Yaklaşımlar**, Arıkan Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 10. Baskı, 2005.

KURUÜZÜM, Ayşe, ATSAN, Nuray, “Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”, **Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 2001, C.1, S.1, Antalya s.84.

LA FRANCHI, Peter, “Uk Home Office Plans National Police Uav Fleet”, <http://www.flightglobal.com/articles/2007/07/17/215507/uk-home-office-plans-national-police-uav-fleet.html>, Erişim tarihi: 15 Haziran 2008.

LAI, V. S., WONG, B. K., CHEUNG, W. “Group Decision Making In a Multicriteria Environment: A Case Using The AHP In Software Selection”, **European Journal Of Operational Research**, Volume 137, Issue 1, P.134-144, 2002.

OLLERO, An’lbal, MAZA, Iv’An, **Multi Heterogeneous Unmanned Aerial Vehicles**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007.

ÖZARPACI, Cem Görkem, “Analitik Hiyerarşik Prosesi Yardımıyla Kalite Fonksiyon Açınımında Önceliklendirme”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.

ÖZDAMAR, Devrim Yücel, “Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi: Bir Satın Alma İhalesinde Uygulanması”, Ankara, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2004.

PARTOVI, Fariborz ve HOPTON, Walter , “The Analytic Hierarchy Process as Applied to Two Types of Inventory Problems”, **Production and Inventory Management Journal**, Sayı First Quarter,13-19,1994

PÉREZ Joaquin, “Some comments on Saaty's AHP”, **Management Science**, v.41 n.6, p.1091-1095, Haziran 1995

Pioneer UAV Inc. Web sitesi www.puav.com Erişim Tarihi: Haziran 2008
Aeronautics “The Orbiter Mini UAV System” <http://www.aeronautics-sys.com/?CategoryID=254&ArticleID=169&Page=1> Erişim Tarihi Haziran, 2008,

ROSENBLOOM, E. S. ,“ A Probabilistic Interpretation Of The Final Ranking in AHP ”, **European Journal Of Operational Research** 96:p371–378, 1996

SAATY, Thomas L., **The Analytic Hierarchy Process - Planning, Priority Setting, Resource Allocation**, McGraw-Hill, New York, U.S.A, 1980.

SAATY, Thomas L., "Absolute and Relative Measurement with the AHP: The Most Livable Cities in the United States", **Socio-Economic Planning Sciences** 20/6, 1986, s. 327-331.

SAATY, Thomas L., “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, **Interfaces**, 24 (6), 1994, s. 19-43.

SAATY, Thomas L., **The Seven Pillars of The Analytic Hierarchy Process**, 322 Mervis Hall, Pittsburg, USA, 1999.

SAATY, T. L. “Decision-Making With The AHP: Why is The Principal Eigenvector Necessary”, **European Journal of Operational Research**, Volume 145, Issue 1, P: 85-91, 2003

SAATY, Thomas L., “Multi-decisions Decision-making: In Addition To Wheeling And Dealing, Our National Political Bodies Need a Formal Approach For Prioritization”, **Mathematical and Computer Modelling** 46 2007, s.1001–1016.

SAATY, Thomas L. "Time Dependent Decision-Making; Dynamic Priorities In The Ahp/Anp: Generalizing From Points To Functions And From Real To Complex Variables", **Mathematical and Computer Modelling** 46, 2007, s. 860–891.

SARIÇİÇEK İ., Dağdeviren, M., Yüzügüllü, N. "Bir İşletmede Tedarikçi Seçimine Yönelik Bir Model Ve Uygulaması", **Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 14, Sayı 1, S.1- 18, 2001

Schiebel Elektronische Geraete GmbH Web Sitesi "Schiebel CAMCOPTER® S-100 Unmanned Aerial Vehicle System", www.schiebel.net Erişim Tarihi: Haziran 2008

SEZEN, Hayrettin Kemal, **Yöneylem Araştırması Sayımlama Yöntemleri**, Ekin Kitabevi, İstanbul, 2004.

SİPAHİ, S., BERBER, A. "Dönüşümsel Liderlik Perspektifinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ile Analizi", **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt 31, Sayı 1, S.7-30, 2002

TRIANANTAPHYLLOU, Evangelos. **Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.

TRIMBLE, Stephen, "Uavs Enforce The Law", **Flight International**; 6/15/2004, Vol. 165 Issue 4938, p.4.

XIA, W., WU, Z. "Supplier Selection With Multiple Criteria In Volume Discount, Omega **The International Journal of Mangement Science**, In Press, P. 1-11, 2005

VALAVANIS, K. P. (Editor) "**Advances in Unmanned Aerial Vehicles: State of the Art and the Road to Autonomy**", Springer, Printed in the Netherlands, 2007.

VARGAS, Luis G., "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications", **European Journal of Operational Research**. 48, s,2-8,1990

WARWICK, Graham, "Honeywell Micro Air Vehicle Joins Police", **Flight International** 2/26/2008, Vol. 173 Issue 5127, p.39.

WEI, C-C., CHIEN, C-F., WANG, M-J. J., " An AHP-Based Approach To Erp System Selection, **International Journal of Production Economics**, Volume 96, P.47-62, 2005

YARALIOĞLU, K. "Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarsi Proses", **Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 16, Sayı 1, 2001.

YOOA, K. E., CHOIB, Y. C. "Analytic Hierarchy Process Approach For identifying Relative Importance Of Factors To Improve Passenger Security Checks At Airports", **Journal of Air Transport Management**, Volume 12, Issue 3, P.135-142., 2006

ZAHEDI, F., "The Analytical Hierarchy Process A Survey of the Method and itsApplications", **Interfaces**, 50-73,1986

ZELENY, Milan, **Multiple Criteria Decision Making**, Mc-Graw-Hill, New York, ABD, 1982.

EKLER

EK-1 Expert Choice Kriterler İkili Karşılaştırmalar Anketi

Compare the relative preference

YAPISAL OZELLIKLER

versus

ITKI

with respect to: Goal: İç Güvenlikte Kullanılacak En iyi IHA'nin Seçimi

1	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	itki
2	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans
3	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
4	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
5	Yapısal Özellikler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
6	itki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans
7	itki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
8	itki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
9	itki	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
10	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Veri İletisimi
11	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
12	Performans	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
13	Veri İletisimi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol
14	Veri İletisimi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler
15	Komuta Kontrol	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maliyetler

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

9 = Extreme

Compare the relative preference

KONTROL MENZİLİ

versus

KOMUTA KONTROL AMAÇLI İLETİSİM

with respect to: Veri İletisimi (L: ,082 G: ,082)

1	Kontrol Menzili	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Komuta Kontrol Amaçlı İletişim
2	Kontrol Menzili	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yük İle İletişim
3	Kontrol Menzili	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diğer Hava Araçlarıyla İletişim
4	Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yük İle İletişim
5	Komuta Kontrol Amaçlı İletişim	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diğer Hava Araçlarıyla İletişim
6	Faydalı Yük İle İletişim	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diğer Hava Araçlarıyla İletişim

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

9 = Extreme

EK-1 (Devam) Expert Choice Kriterler İkili Karşılaştırmalar Anketi

Compare the relative preference

OTONOMI

versus

GELİSTİRİLEBİLİRLİK

with respect to: Komuta Kontrol (L: ,294 G: ,294)

1 Otonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gelistirilebilirlik
2 Otonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Guvenilirlik
3 Otonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Birlikte islerlik
4 Gelistirilebilirlik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Guvenilirlik
5 Gelistirilebilirlik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Birlikte islerlik
6 Guvenilirlik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Birlikte islerlik

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

9 = Extreme

Compare the relative preference

KANAT AÇIKLIĞI

versus

BOY

with respect to: Yapısal Özellikler (L: ,250 G: ,250)

1 Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Boy
2 Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yuk Kapasitesi
3 Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
4 Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
5 Kanat Açıklığı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkis
6 Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yuk Kapasitesi
7 Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
8 Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
9 Boy	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkis
10 Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yuklu Ağırlık
11 Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
12 Faydalı Yuk Kapasitesi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkis
13 Yuklu Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	inis
14 Yuklu Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkis
15 inis	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kalkis

1 = Equal

3 = Moderate

5 = Strong

7 = Very Strong

9 = Extreme

EK-1(Devam) Expert Choice Kriterler İkili Karşılaştırmalar Anketi

Compare the relative preference

HER BİR HAVA ARACI MALİYETİ

versus

FAYDALI YÜK MALİYETİ

with respect to: Maliyetler (L: ,088 G: ,088)

1 Her Bir Hava Aracı Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Faydalı Yük Maliyeti
2 Her Bir Hava Aracı Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistem Maliyeti
3 Her Bir Hava Aracı Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İsletim Maliyeti
4 Faydalı Yük Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistem Maliyeti
5 Faydalı Yük Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İsletim Maliyeti
6 Sistem Maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İsletim Maliyeti

Compare the relative preference

SEYİR SÜRESİ

versus

MAKSİMUM SÜRATI

with respect to: Performans (L: ,234 G: ,234)

1 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maksimum Sürati
2 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Stall Sürati
3 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Seyir Sürati
4 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uçuş Tavani
5 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Görev irtifası
6 Seyir Süresi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil
7 Maksimum Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Stall Sürati
8 Maksimum Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Seyir Sürati
9 Maksimum Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uçuş Tavani
10 Maksimum Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Görev irtifası
11 Maksimum Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil
12 Stall Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Seyir Sürati
13 Stall Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uçuş Tavani
14 Stall Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Görev irtifası
15 Stall Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil
16 Seyir Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uçuş Tavani
17 Seyir Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Görev irtifası
18 Seyir Sürati	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil
19 Uçuş Tavani	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Görev irtifası
20 Uçuş Tavani	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil
21 Görev irtifası	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Menzil

1 = Equal

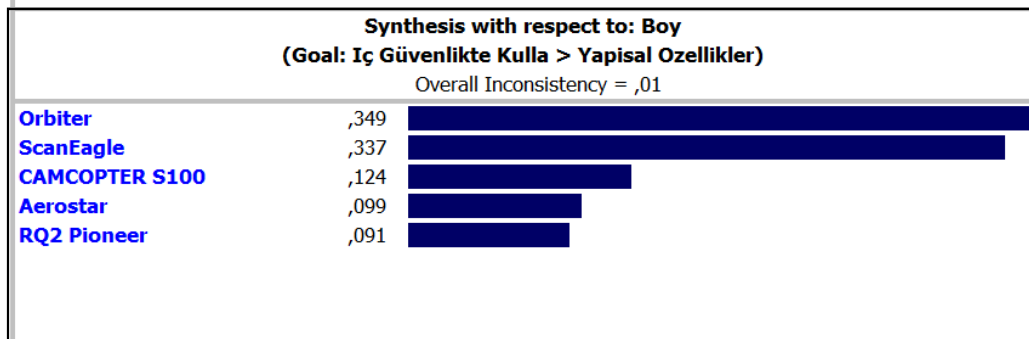
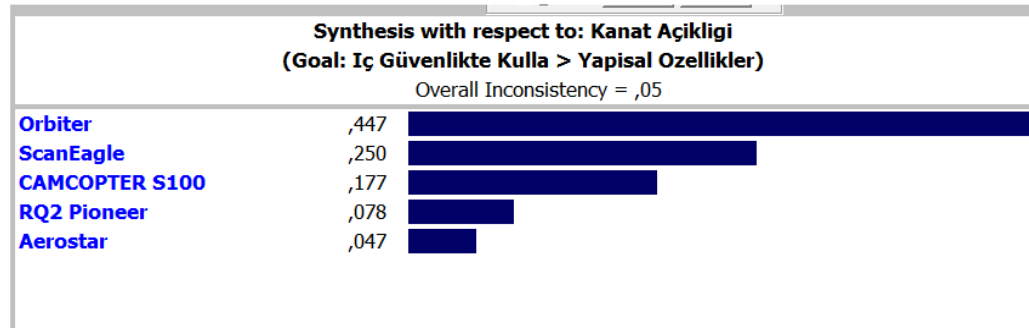
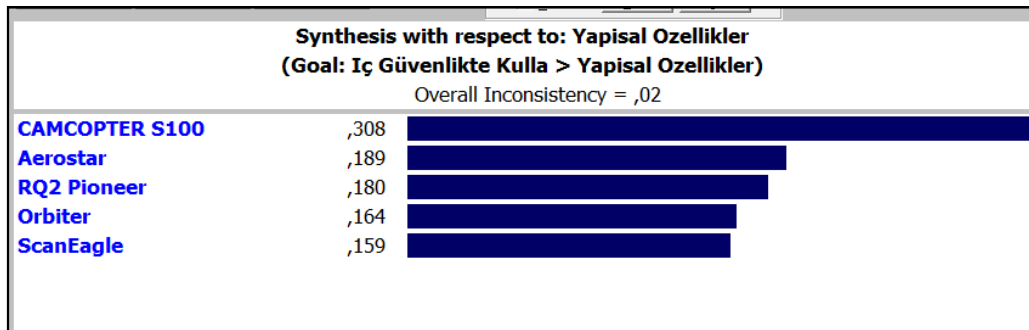
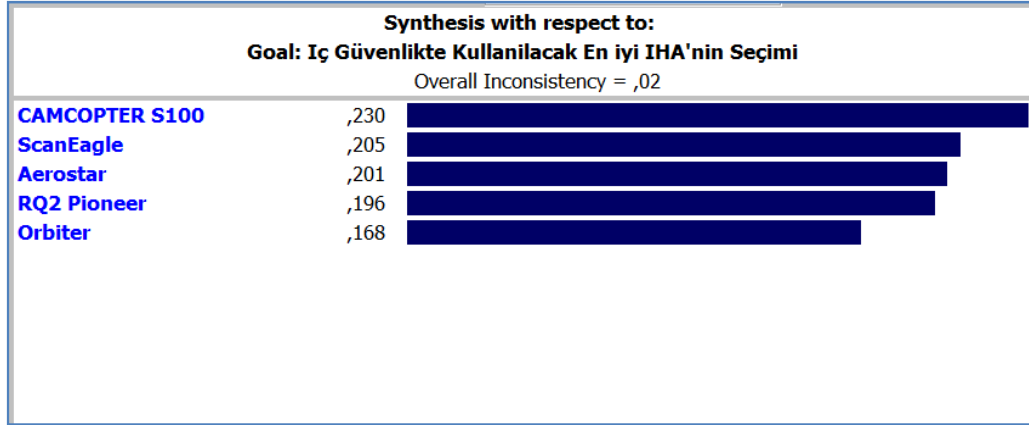
3 = Moderate

5 = Strong

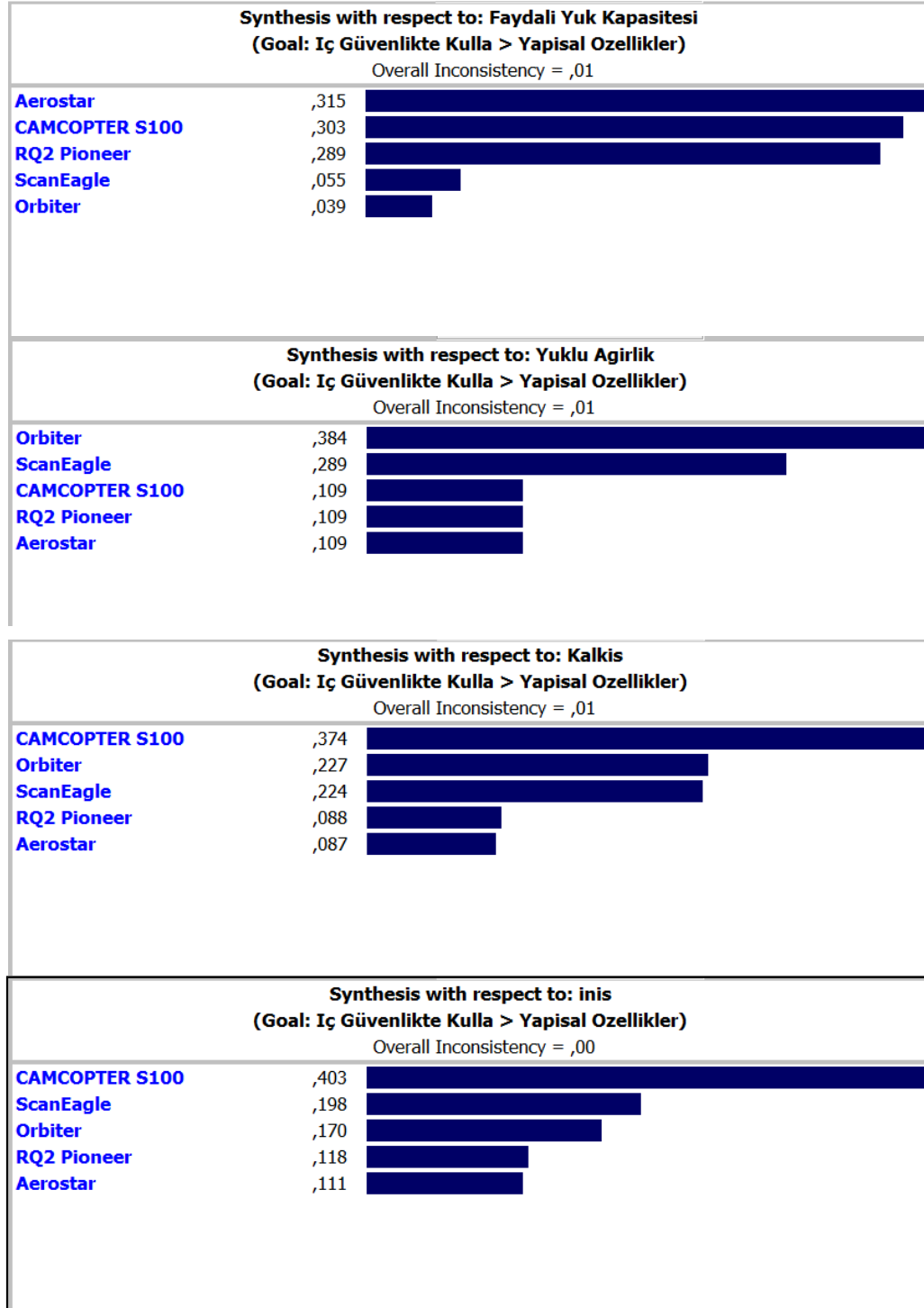
7 = Very Strong

9 = Extreme

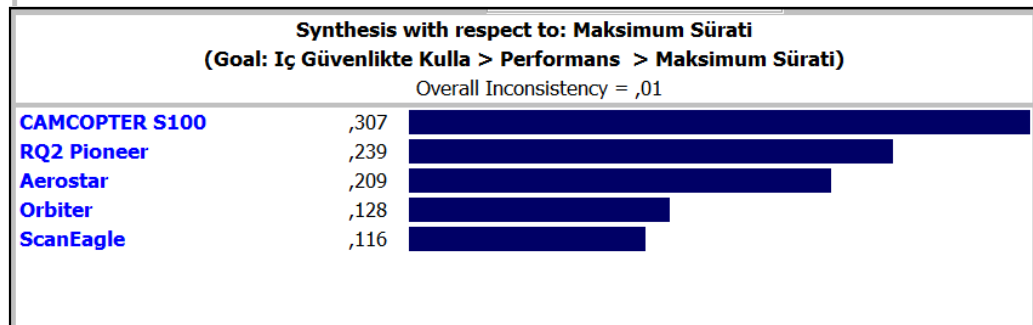
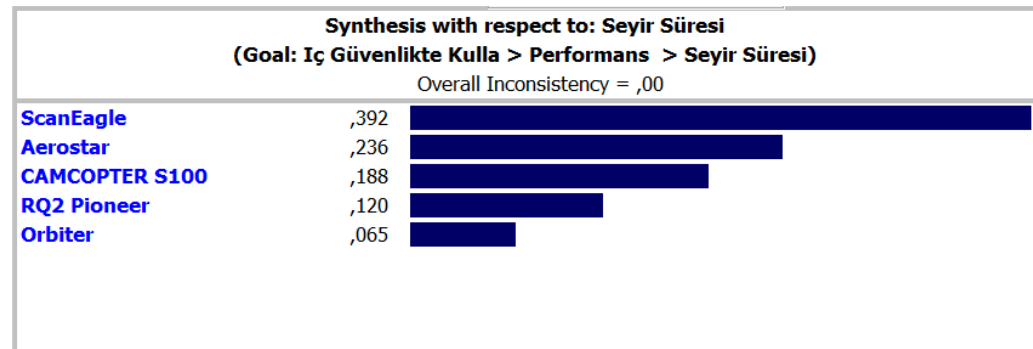
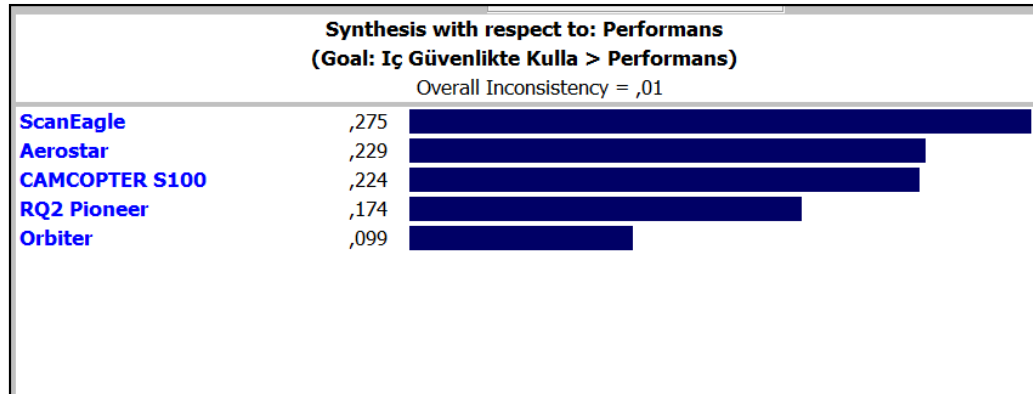
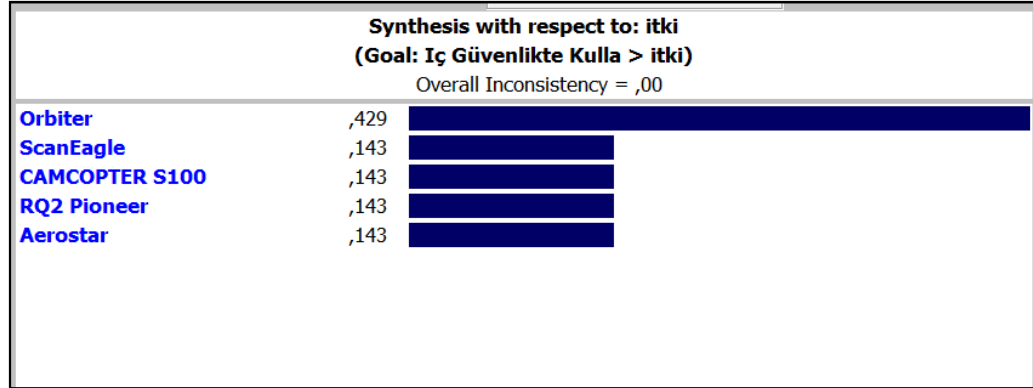
EK-2 Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



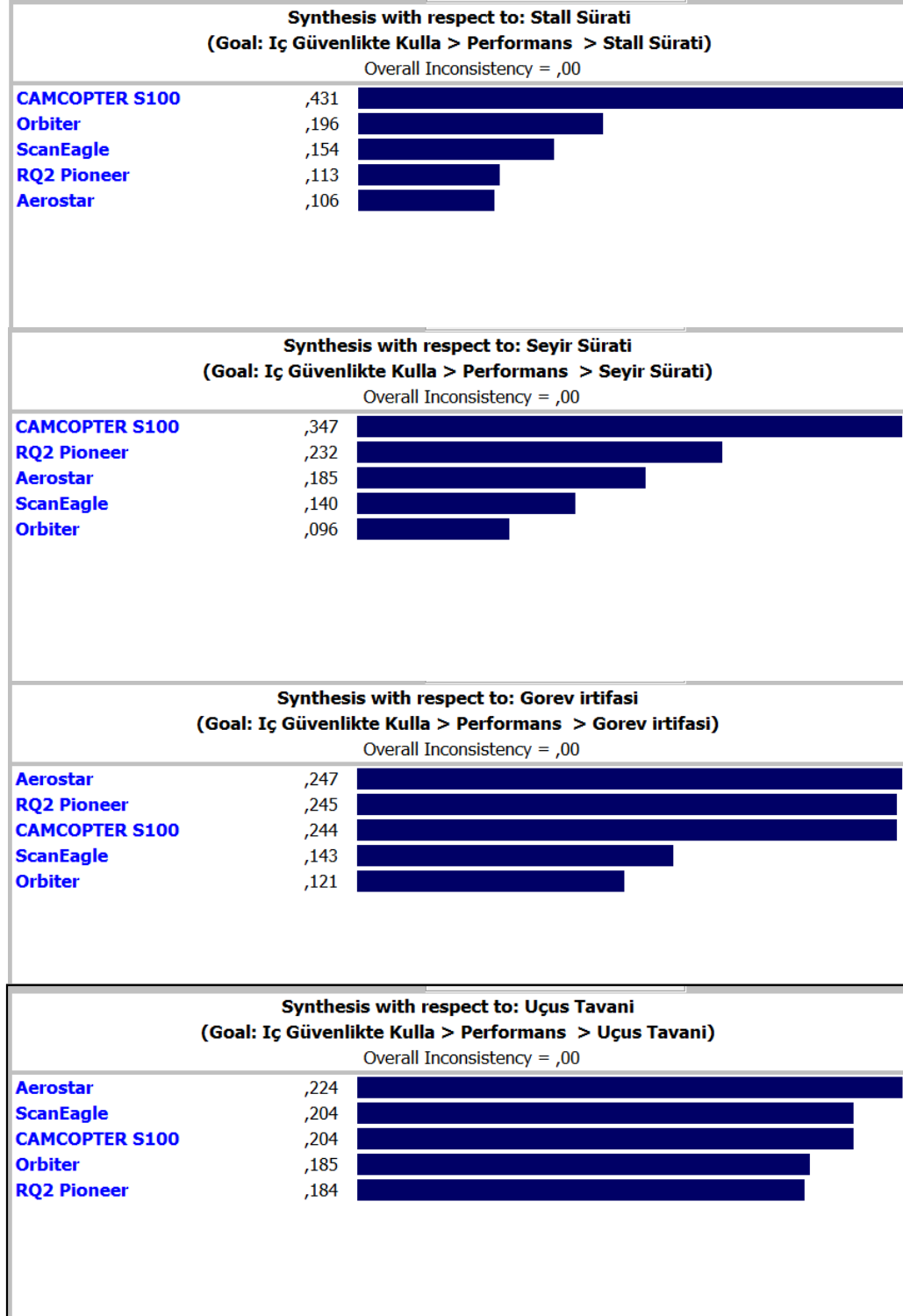
EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



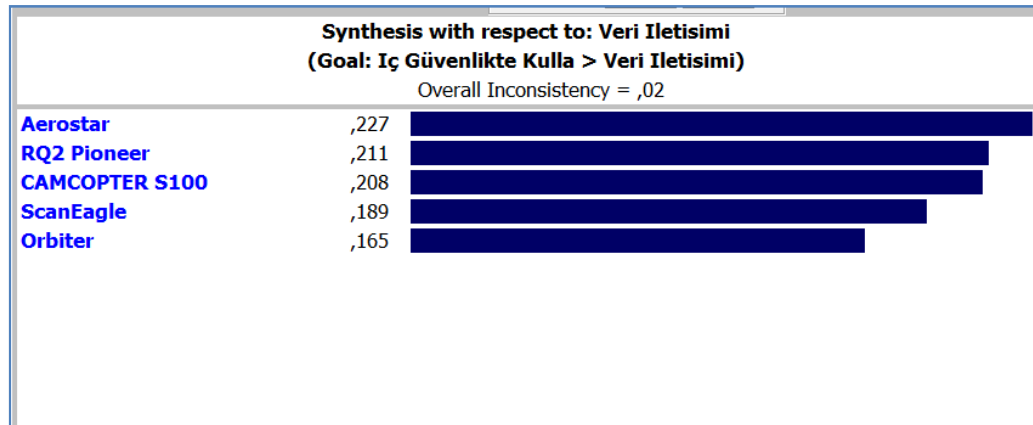
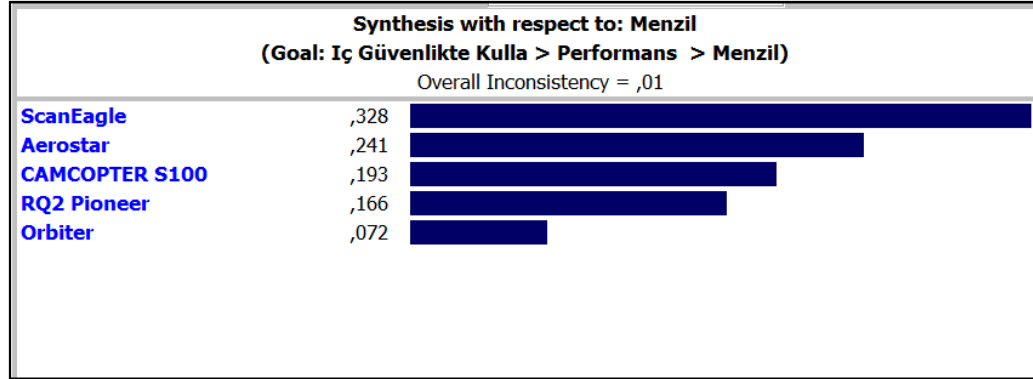
EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



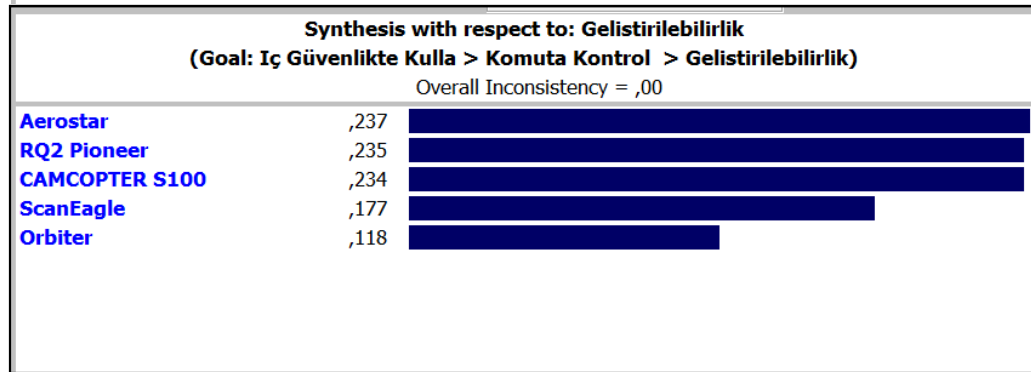
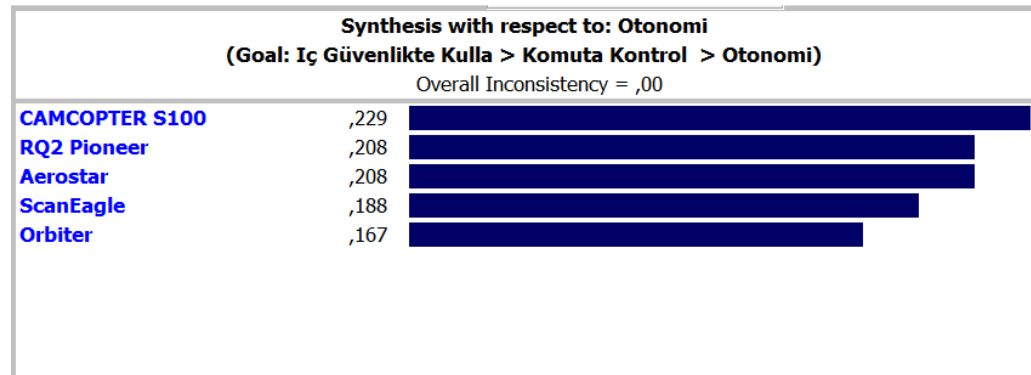
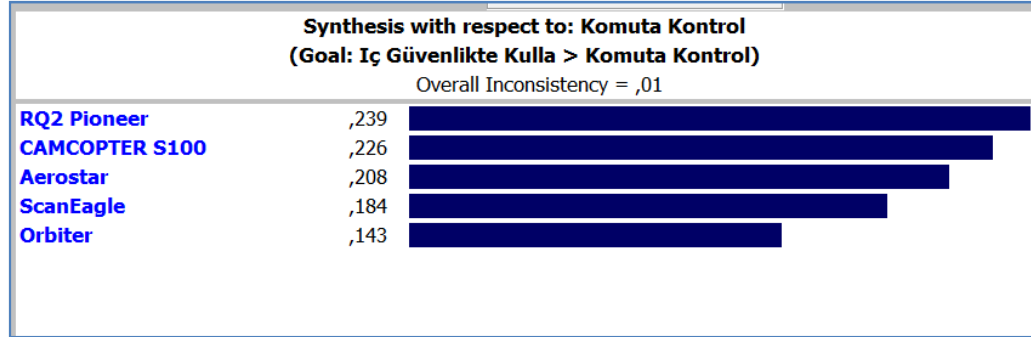
EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



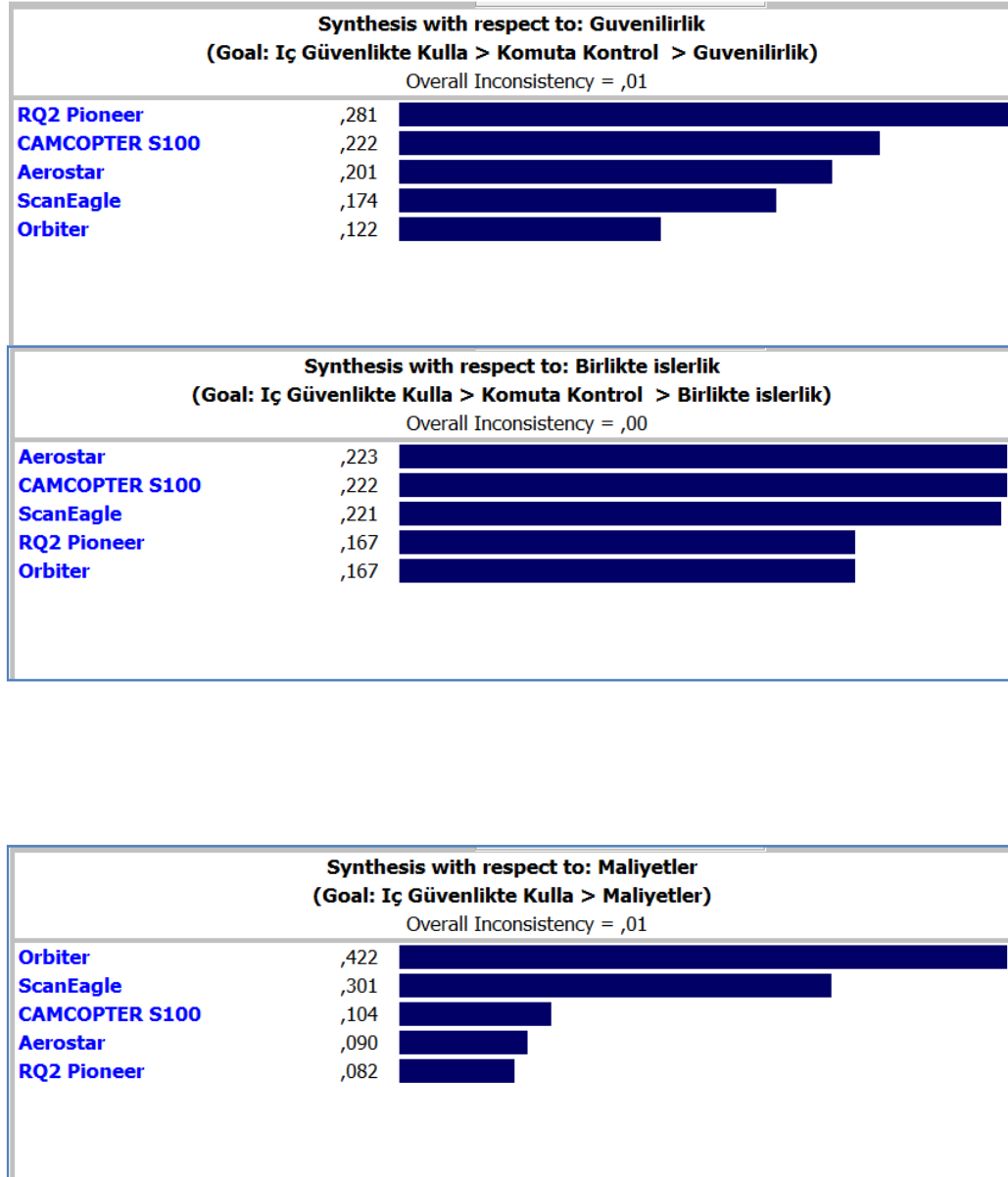
EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları

Synthesis with respect to: Kontrol Menzili (Goal: İç Güvenlikte Kulla > Veri İletisimi > Kontrol Menzili) Overall Inconsistency = ,00		
Aerostar	,300	
RQ2 Pioneer	,248	
CAMCOPTER S100	,200	
ScanEagle	,151	
Orbiter	,101	
Synthesis with respect to: Komuta Kontrol Amaçlı İletisim (Goal: İç Güvenlikte Kulla > Veri İletisimi > Komuta Kontrol Amaçlı İle) Overall Inconsistency = ,00		
ScanEagle	,200	
CAMCOPTER S100	,200	
RQ2 Pioneer	,200	
Orbiter	,200	
Aerostar	,200	
Synthesis with respect to: Faydalı Yük İle İletisim (Goal: İç Güvenlikte Kulla > Veri İletisimi > Faydalı Yük İle İletisim) Overall Inconsistency = ,00		
Aerostar	,236	
CAMCOPTER S100	,235	
RQ2 Pioneer	,235	
ScanEagle	,176	
Orbiter	,118	
Synthesis with respect to: Diğer Hava Araçlarıyla İletisim (Goal: İç Güvenlikte Kulla > Veri İletisimi > Diğer Hava Araçlarıyla il) Overall Inconsistency = ,00		
CAMCOPTER S100	,231	
Aerostar	,231	
ScanEagle	,230	
RQ2 Pioneer	,154	
Orbiter	,154	

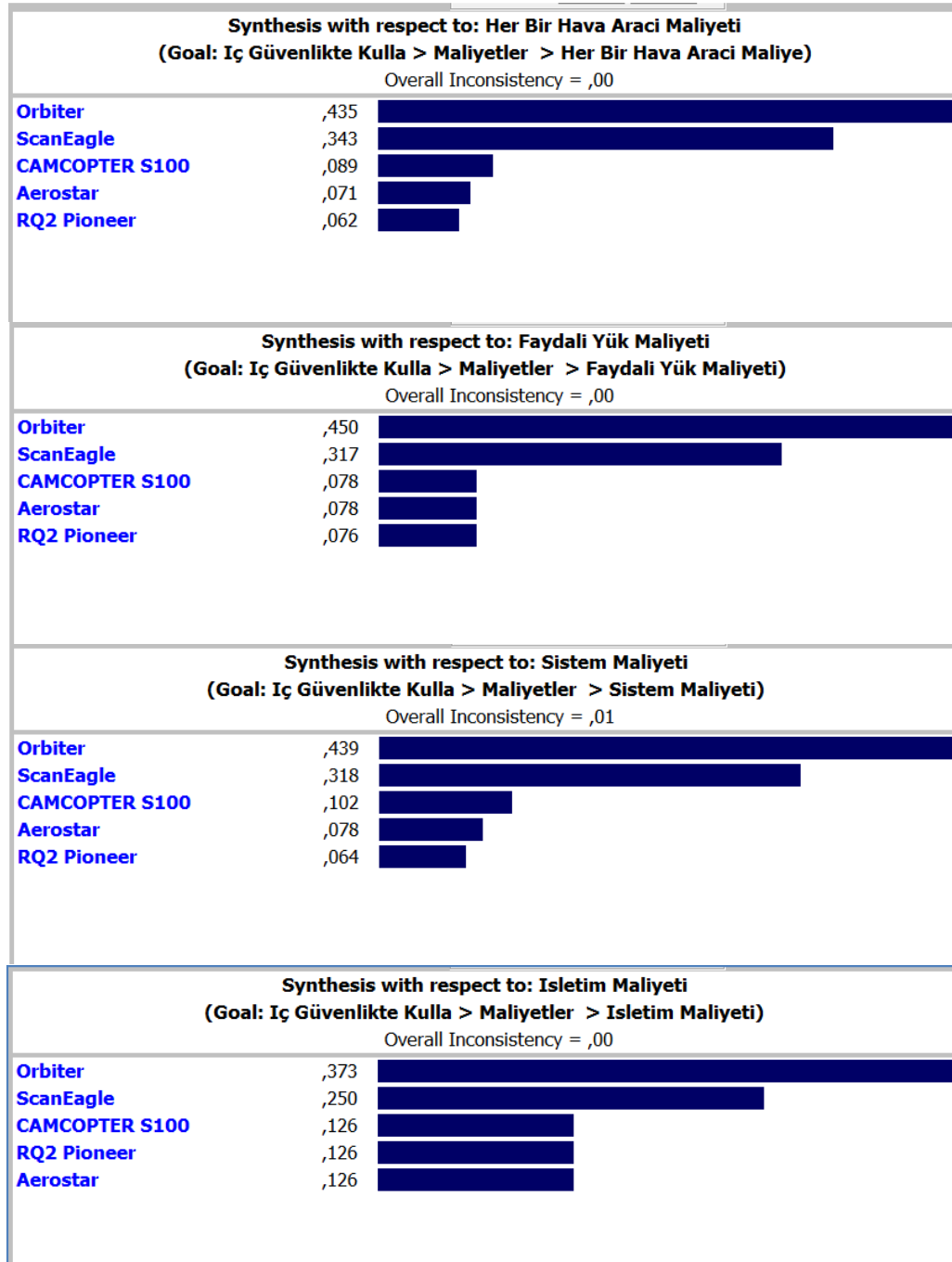
EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



EK-2 (Devam) Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçları



ÖZET

[ÖZGE, İhsan]. [İç Güvenlikte Kullanılacak İnsansız Hava Aracı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodunun Kullanılması], [Yüksek Lisans Tezi], Ankara, [2008].

İnsansız hava araçlarındaki (İHA) gelişmelere paralel olarak İHA'ların askeri ve sivil alanda kullanımları yaygınlaşmıştır. İHA'ların insanlı hava araçlarına göre daha verimli olmaları, işletim maliyetlerinin düşük olması ve en önemlisi insan hayatını riske atmamalarından dolayı iç güvenlikte de kullanılabilirliği ortaya çıkmıştır. İç güvenlikte İHA'lar, keşif gözetleme, hedef belirleme ve görsel istihbarat amaçlı kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında iç güvenlikte en etkin bir şekilde kullanılacak İHA, beş alternatif arasından, en çok kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Metotlarından biri Analitik hiyerarşi metodu kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Seçimde kullanılacak kriterler uzman görüşleri alınarak belirlenmiş hiyerarşi modeli oluşturulmuştur. Yine bu kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırmalarında, İHA sistemleri üzerinde uzmanlaşmış personelin tecrübelerinden yararlanılmıştır. Uygulamalar ve sonuç elde edilirken Expert Choice 11.5 programı kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler:

1. Çok Kriterli Karar Verme
2. Analitik Hiyerarşi Süreci
3. İnsansız Hava Aracı
4. İç Güvenlik
5. Karar verme

ABSTRACT

[OZGE, Ihsan]. [Selection Of Unmanned Aerial Vehicle for Law Enforcement via Using Analytic Hierarchy Method], [Master Thesis], Ankara, [2008].

With respect to improvements in Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology, military and civilian applications of the UAV's become widespread. Due to the effectiveness, low maintenance costs of the UAVs with respect to manned aerial vehicles, and more importantly having no risk of losing human life make UAV's applicable in law enforcement. In law enforcement, UAV's may be used in observation, reconnaissance, target designation, and visual intelligence.

In the scope of this study the most effective UAV to be used in law enforcement, is tried to be determined among five UAV alternatives via using Analytic Hierarchy Process Method, one of the most popular Multi Criteria Decision Making Methods. The criteria are determined and hierarchy is constructed by means of experts opinions. And also while doing pairwise comparisons of those criteria and alternatives the experience of UAV experts and personnel are exploited. In this study Expert Choice 11.5 software is used.

Keywords:

1. Multi Criteria Decision Making
2. Analytic Hierarchy Process
3. Unmanned Aerial Vehicle
4. Law Enforcement
5. Decision Making